

Das Makrozoobenthos im Elbe-Urstromtal

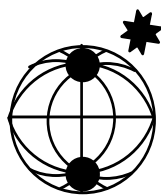
Diplomarbeit

vorgelegt dem
Fachbereich Biologie der Philipps-Universität Marburg

Peter Rehm



Marburg, August 2002



Inhaltsverzeichnis	Seite
Zusammenfassung	IV
1 Einleitung	1
2 Untersuchungsgebiet	3
2.1 Morphologie	3
2.2 Sediment	6
2.3 Hydrographie	6
3 Material und Methoden	9
3.1 Probennahme	9
3.2 van Veen-Greifer	10
3.3 Baumkurre	13
3.4 Bestimmung der Arten	14
3.5 Bestimmung der Biomasse und Abundanzen	14
3.6 Gemeinschaftsanalyse	15
3.6.1 Similaritätsmatrix und Transformation	16
3.6.2 Clusteranalyse	18
3.6.3 Nicht metrische Multidimensionale Skalierung	18
3.7 Charakterisierung der Stationen und Stationsgruppen	19
3.7.1 Berechnung von Diversität, Äquität (Evenness) und S(90%)	19
3.7.2 Diskriminatoren	20
3.7.3 Charakterarten	21
3.8 Vergleich mit weiteren Proben des F+E Vorhabens des BfN	22
4 Ergebnisse	23
4.1 Artenliste und Verteilung der Arten	23
4.2 Gemeinschaftsanalyse	31

4.2.1 Clusteranalyse	31
4.2.2 Multidimensionale Skalierung	33
4.2.3 Charakterisierung der Stationen und Stationsgruppen	34
4.2.3.1 Diversitäten und Artenverteilung	34
4.2.3.2 Dominante- und Charakterarten	36
4.2.3.3 Diskriminatoren	38
4.3 Ergebnisse im Zusammenhang mit dem Gesamtprojekt	40
4.3.1 Clusteranalyse	40
4.3.2 Multidimensionale Skalierung	42
4.4 Abundanzen und Biomassen der Greiferproben des Elbe-Urstromtals	44
4.4.1 Abundanzen	44
4.4.2 Biomassen	48
5 Diskussion	51
5.1 Effektivität der Probennahme	51
5.1.1 van Veen-Backengreifer	51
5.1.2 Baumkurre	53
5.2 Vergleich der Beprobungszeiträume der Station 471 / UT 13	54
5.3 Statistische Auswertung	56
5.3.1 Clusteranalyse und Multidimensionale Skalierung im Vergleich ...	56
5.3.2 Betrachtung zur Wahl der Siebfraktion und zur Transformation ...	56
5.4 Zum Begriff des Grades der Assoziation (GAI, GAS)	57
5.5 Biomasse und Diversität	58
5.6 Assoziationen und charakterisierende Arten des Elbe-Urstromtals	61
5.7 Gliederung der Bodenfauna des Elbe-Urstromtals	69

5.7.1 Das Elbe-Urstromtal	69
5.7.2 Das Elbe-Urstromtal und seine Umgebung	73
5.8 Vergleich mit den Arbeiten von BÜSSELBERG (1985) und KÜNITZER (1990)	74
5.8.1 Zu BÜSSELBERG (1985)	74
5.8.2 Zu KÜNITZER	78
5.9 Das Elbe-Urstromtal als Einwanderungsweg kälteliebender Arten in der Deutschen Bucht	79
5.10 Rote-Liste-Arten	84
Literatur	87
Bestimmungsliteratur	92
Anhang	95
Danksagung	104

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war die Beschreibung der Struktur des Makrozoobenthos entlang eines Transektes im Elbe-Urstromtal in der südlichen Nordsee. Dazu wurden vom 30.05. bis 24.06.2000 mit dem Forschungsschiff „Heincke“ und vom 22.03 bis 22.03.2001 mit dem Forschungskutter „Uthörn“ insgesamt 13 Stationen mit einem van Veen-Backengreifer beprobt. Ergänzend kam im Jahre 2000 eine Baumkurre an 7 Stationen zum Einsatz.

Im gesamten Untersuchungsgebiet waren 267 Taxa aus 12 Tierstämmen vertreten. Dabei war der mittlere Teil des Elbe-Urstromtals durch verhältnismäßig wenige Arten gekennzeichnet. Die Biomasse nahm mit Entfernung zur Küste ab, wobei die Anteile der taxonomischen Großgruppen erhalten blieben. Die Echinodermata dominierten sowohl die Biomasse als auch die Abundanz. Weitere dominante Gruppen waren Polychaeta und Mollusca.

Zur Differenzierung von Faunengemeinschaften diente einerseits die Clusteranalyse, andererseits wurde aber auch die Multidimensionale Skalierung verwendet. Beide Verfahren beruhten auf der Analyse von Abundanzen. Als Ergebnis beider Methoden ergaben sich drei Assoziationen, welche nach charakterisierenden Arten benannt wurden. Die im südlichen Elbe-Urstromtal gelegene *Amphiura-brachiata-Tellimya-ferruginosa*-Assoziation ist vergleichsweise einheitlich, während die mittlere Übergangsassoziation und die nördliche *Amphiura-filiformis-Galathowenia-oculata-Nuculoma-tenuis*-Assoziation eine graduelle Verteilung entlang des Elbe-Urstromtales aufweisen.

Unter Berücksichtigung der besonderen hydrographischen Verhältnisse zeigt sich das Elbe-Urstromtal als Einwanderungsweg für kälteliebende Arten. Der nördliche Teil des Tales ist stark durch Faunenelemente der zentralen Nordsee beeinflusst, wie *Galathowenia oculata* und *Nuculoma tenuis*. Im mittleren Bereich des Elbe-Urstromtales nehmen sowohl die Abundanz als auch die Anzahl der kälteliebenden Arten ab. Südliche Stationen in der Nähe Helgolands zeichneten sich durch ein vermehrtes Auftreten arktischer-borealer Arten aus.

Diese Parallele der beiden tiefsten Bereiche der südlichen Nordsee spiegelt die Besonderheit beider Regionen wieder.

In Verbindung mit weiteren Daten des Projektes „Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee“ des Bundesamtes für Naturschutz (BfN), deutet sich eine Bestätigung des Elbe-Urstromtales als besonderen Lebensraum innerhalb der schlickigen Gebiete der südöstlichen Nordsee an.

Der Vergleich von älteren Arbeiten machte eine Verschiebung der Bodengemeinschaften im südlichen Elbe-Urstromtal deutlich. Einige Arten zogen sich in tiefere Bereiche zurück, andere verschwanden ganz aus diesem Bereich. Der Schlangensterne *Amphiura filiformis* als charakteristische Art scheint in einigen Gebieten durch *A. brachiata* verdrängt. Dieses Verhältnis deutet eine faunistische Zonierung an, wie sie sich in der Biskaya darstellt.

1 Einleitung

Das Makrozoobenthos der Nordsee ist schon seit Ende des 19. Jahrhunderts Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Erste quantitative Erfassungen begannen mit den Arbeiten von PETERSEN (1913) und HAGMEIER (1925). Standen bei diesen Arbeiten noch fischereibiologische Überlegungen im Zentrum der Fragestellungen, so folgte seitdem eine Reihe von Untersuchungen mit dem Ziel, genauere Bilder über die Struktur der Lebensgemeinschaften des Meeresbodens und deren Zusammenhänge mit dem Lebensraum und Belastungen entstehen zu lassen (CASPER 1939, STRIPP 1969a, SALZWEDEL et al. 1985, DUINEVELD et al. 1991, KÜNITZER et al. 1992, HEIP et al. 1992 u.a.). Dabei wurden die eingesetzten Geräte und Methoden weiter verbessert. Mit Einführung des Computers war es möglich, die oft sehr umfangreichen Datenmengen auch flächendeckender Untersuchungen statistisch auszuwerten.

Außergewöhnliche geographisch beschränkte Strukturen wie das Elbe-Urstromtal und die Helgoländer Tiefe Rinne mit ihren hydrographischen Eigenheiten erweckten in besonderem Maße das Interesse der Wissenschaft (CASPER 1939, FIGGE 1980, RACHOR & ALBRECHT 1983, BÜSSELBERG 1985, BERBERICH 1989, KÜNITZER 1990). Das Elbe-Urstromtal ist durch seine tiefere Lage im Vergleich mit dem umgebenden Meeresboden gekennzeichnet, daher können Kaltwasser-Einbrüche entlang des Tales bis in die Deutsche Bucht vordringen. Darüber hinaus stellten RACHOR & ALBRECHT in den Jahren 1981 bis 1983 auffällig niedrige Sauerstoffgehalte im Bodenwasser fest, die in benachbarten Gebieten zur Schädigung der Bodenfauna führten.

Die Analyse des Makrozoobenthos im Elbe-Urstromtal von BÜSSELBERG im Jahre 1984 beschränkte sich auf das südöstliche Elbe-Urstromtal westlich Helgolands bis östlich der Weißen Bank. KÜNITZER (1990) untersuchte das Elbe-Urstromtal auf ganzer Länge, der Schwerpunkt ihrer Arbeit lag jedoch auf der zentralen Nordsee und der saisonalen Variabilität der Umweltbedingungen.

Das Ziel meiner Arbeit ist die vergleichende Beschreibung des Makrozoobenthos entlang des gesamten Elbe-Urstromtales. Angrenzende Bereiche der südöstlichen Nordsee werden zusätzlich betrachtet, um die Stellung des Elbe-

Urstromtales im Zusammenhang mit Forschungsvorhaben des Bundesamtes für Naturschutz zur „Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee“ zu beurteilen. Ein besonderes Anliegen soll die Klärung des Elbe-Urstromtales als Einwanderungsweg für kälteliebende Arten in die Deutsche Bucht unter Berücksichtigung der besonderen hydrographischen Verhältnisse sein.

2 Untersuchungsgebiet

2.1 Morphologie

„Während der letzten Vereisung Europas bis vor etwa 15.000 Jahren lag der größte Teil des heutigen Nordseebodens oberhalb des Seewasserspiegels, und viele der jetzigen Bodenformen sind noch Relikte der glazialen Eisbedeckung“ (BECKER 1990, S.12). Auch das Elbe-Urstromtal ist eines jener eiszeitlichen Relikte in der ansonsten relativ ruhigen Morphologie der Nordsee und insbesondere der südlichen Nordsee und der Deutschen Bucht.

Das Flussbett des Elbe-Urstromtals stellt sich als eine von ca. 25 km auf ca. 40 km verbreiternde Rinne dar, die sich von Südost nach Nordwest erstreckt. Das rechte Ufer ist vergleichsweise steil, während sich das linke Ufer sanfter an weite Flächen anschließt. Dies entspricht dem morphologischen Bild der heutigen Nordsee. Die ursprüngliche Sohle liegt, in der Mitte etwa 2 m tiefer als an den Rändern, bei SKN (Seekartennull) - 38 m südwestlich von Helgoland und SKN - 56 m bei der Weißen Bank. Zu beiden Seiten wird das Ufer von einer unterschiedlich breiten Terrasse begleitet, diese fällt weniger steil nach Nordwesten ab als die ehemalige Flusssohle (**Abb. 2.1**). Im Südosten befindet sich die Terrasse 3,5 m und im Nordwesten 10 m über der alten Sohle. Südwestlich von Helgoland besitzen die Sedimente des Holozäns eine Mächtigkeit von 4,5 m; sie wachsen im Bereich der Weißen Bank auf 16 m an, so dass die tatsächliche Tiefe der heutigen Rinne in diesem Bereich SKN -33,5 m bis SKN -40 m beträgt (FIGGE 1980).

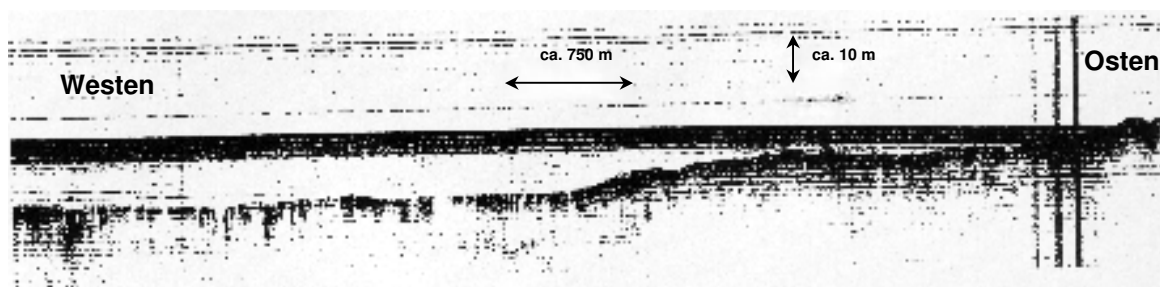


Abb. 2.1 Sedimentechograph-Querprofil durch das Elbe-Urstromtal: Ostufer mit Terrasse, die Streifen rechts im Bild sind bedingt durch Funkverkehr. Nach FIGGE (1980).

Die Weiße Bank liegt annähernd auf halber Strecke randlich im Elbe-Urstromtal. Bis zum küstenfernen Ende des Elbe-Urstromtales nordöstlich der Doggerbank nimmt die Tiefe bis auf 54 m zu. **Abb. 2.2** zeigt den Verlauf des südlichen Elbe-Urstromtales bis etwa zur Weißen Bank.

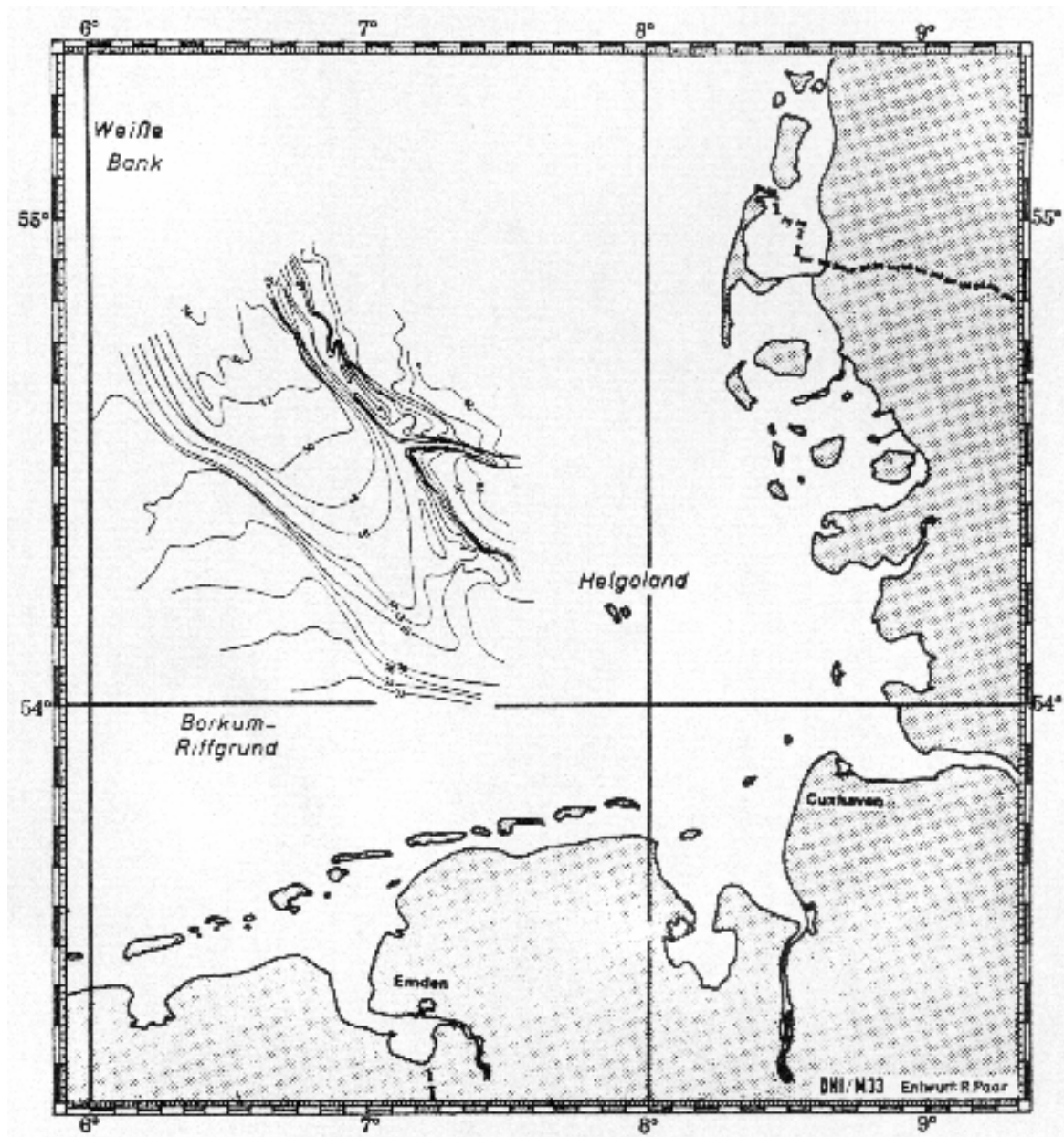


Abb 2.2 Das südliche Elbeurstromtal mit Tiefenangaben zur Holozänbasis (FIGGE 1980, S.209).

Wie sich das Elbe-Urstromtal in südlicher Richtung fortsetzt, und wie es mit dem Gewässernetz des heutigen Festlandes in Verbindung gebracht werden kann, lässt sich nur vermuten. Es ist von einem Tiefenbereich auszugehen, in dem durch die nacheiszeitliche Nordsee eine flächenhafte Abrasion stattfand. Die Folge ist eine weitgehende Einebnung des früheren Reliefs. Wahrscheinlich vereinten sich Elbe und Weser und ergossen sich gemeinsam mit den von Schleswig-Holstein nach Westen entwässernden Schmelzwasserrinnen in einen Vorfluter (FIGGE 1980). Eine Rekonstruktion der Deutschen Bucht am Ende der letzten Kaltzeit zeigt **Abb. 2.3**.

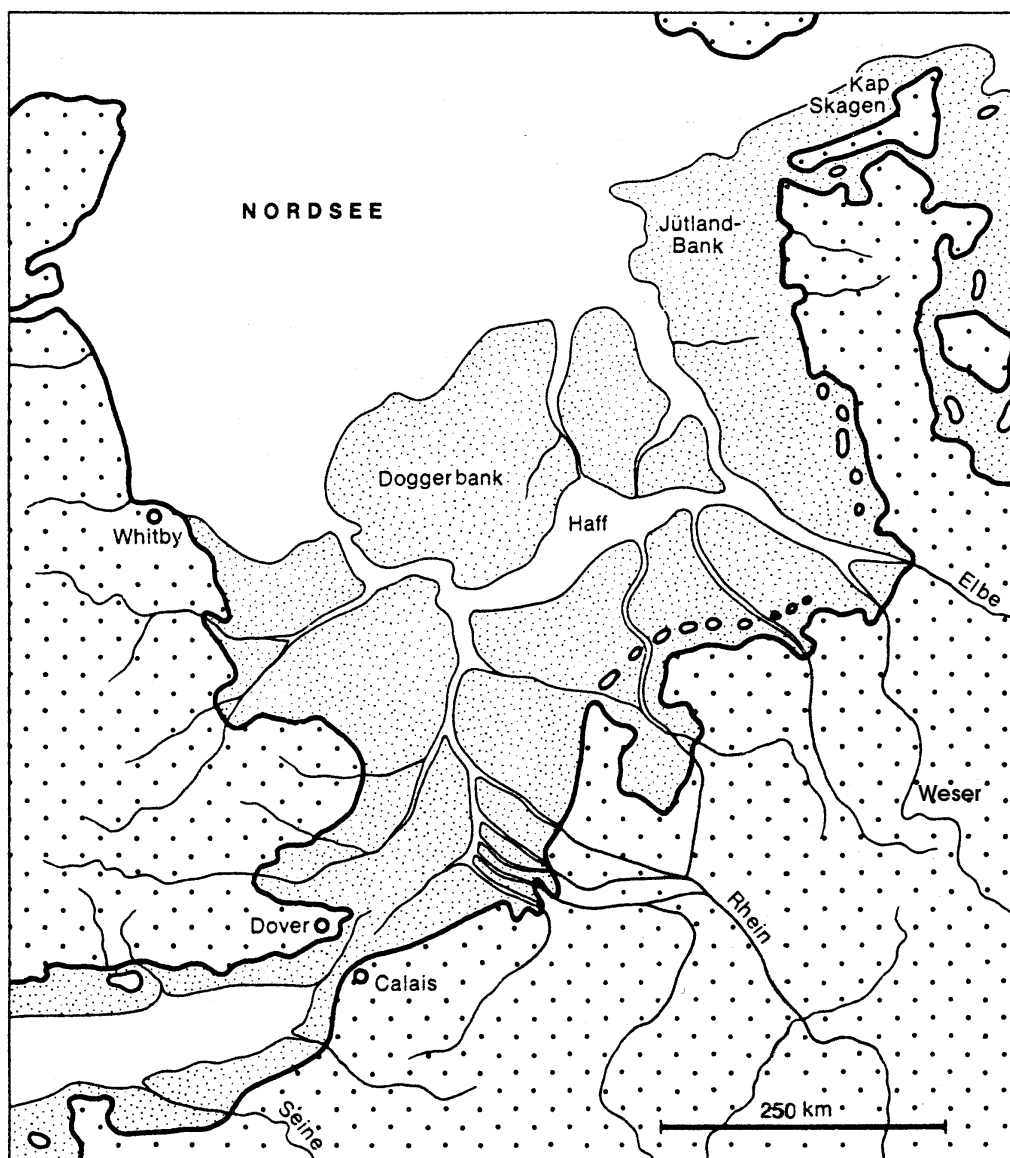


Abb. 2.3 Wahrscheinliche Gestalt der Nordsee am Ende der Weichsel-Kaltzeit, aus SEEDORF et al. (1977).

2.2 Sediment

Das Sediment im Bereich des Elbe-Urstromtals stammt z. T. aus der letzten Kaltzeit (Weichsel) und dann vor allem aus dem Holozän. Es besteht aus Schlick und Feinsand mit und ohne Schillanteile in verschiedenen Zusammensetzungen, wobei die gröberen Sedimente im Südosten anzutreffen sind. Seltener finden sich mittelsandige Anteile (FIGGE 1980).

Mit Schlickgehalten von über 30 % ist das Sediment des Elbe-Urstromtals in der südlichen und zentralen Nordsee einmalig. Sonst werden nur noch im Gebiet der holländischen Front Schlickgehalte von über 10 % angetroffen (KÜNITZER 1990), abgesehen vom Schlickgebiet direkt vor der Elbe-Mündung (pers. Mitt. RACHOR).

2.3. Hydrographie

In den Jahren 1981/82 konnte durch RACHOR & ALBRECHT (1983) gezeigt werden, dass entlang des Elbe-Urstromtales in sehr warmen Sommern mehrfache Kaltwasser-Einbrüche von Nordseebodenwasser im Außenbereich des Elbe-Urstromtales stattfanden und vermutlich teilweise bis in den Bereich der Helgoländer Tiefen Rinne vordrangen. Dabei zeigten sich auffallend niedrige Sauerstoffwerte (50 % Sättigung), was bis dahin als unwahrscheinlich galt. Das sauerstoffarme Wasser war bis zu den mittleren Tiefen südlich der Doggerbank zu finden. Planktonreste aus dem Küstenwasser verringerten die O₂-Sättigung durch Zehrung auf 20 %. Dies ist von ökologischer Bedeutung, da sich bei derartigen Konstellationen Sauerstoffmangelsituationen für die Bodenfauna ergeben (siehe **Abb. 2.4**)

Das schwerere, kalte und salzreiche Wasser kann sich nicht über das ganze Jahr halten, da es durch starke Winde und die Gezeiten mit dem wärmeren Küstenwasser vermischt wird. 1982 hielt sich jedoch nördlich der Weißen Bank in einer Tiefe unter 40 m selbst bei stürmischem Wetter ein kälterer Bodenkörper. In **Abb. 2.5** ist ein Querprofil durch die äußere Deutsche Bucht zu sehen, gezeigt werden die Gradienten der Temperatur und des Salzgehaltes. Das Längsprofil der Temperaturverteilung des Elbe-Urstromtales im Vergleich mit Bereichen westlich und östlich davon sind in **Abb. 2.6** dargestellt. **Abb. 2.4** zeigt die O₂-Werte des Bodenwassers und gibt die Messpunkte aus **Abb. 2.6** wieder.

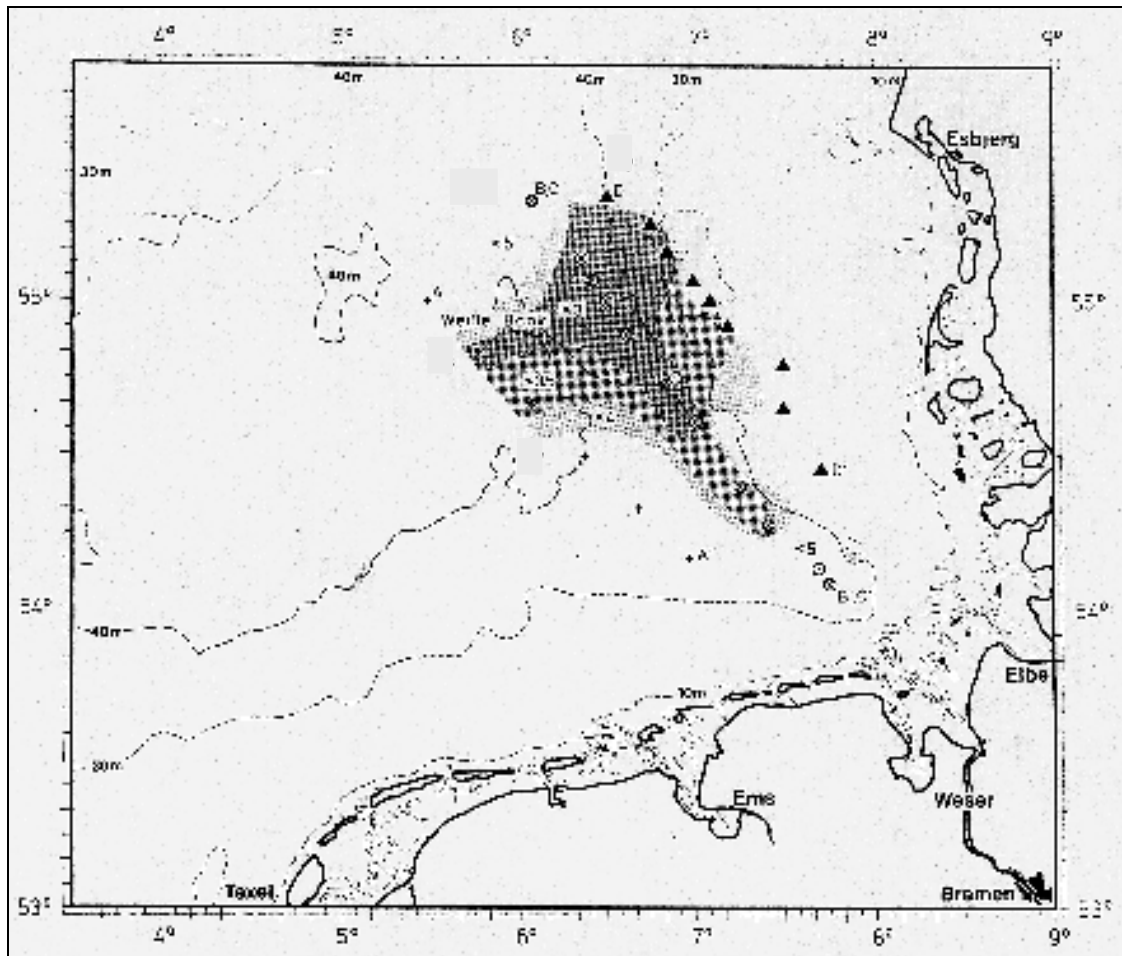


Abb. 2.4 Darstellung der Sauerstoffanreicherung mit weniger als $4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ im Bodenwasser der Deutschen Bucht im Bereich des Elbe-Urstromtales. Buchstaben und Symbole geben die Lage der Messpunkte aus **Abb. 2.6** wieder. Nach RACHOR & ALBRECHT (1983).

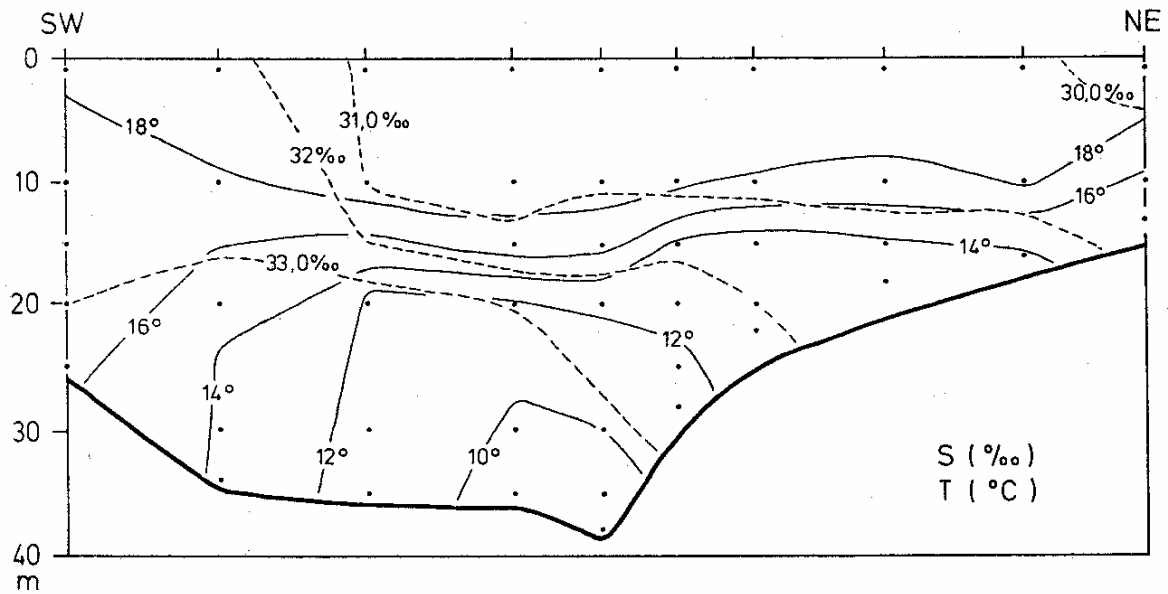


Abb. 2.5 Querprofil durch die äußere Deutsche Bucht. Dargestellt sind Temperatur- und Salzgehalt über die ganze Wassersäule zwischen 03. und 04. August 1982 (RACHOR & ALBRECHT 1983, S. 219).

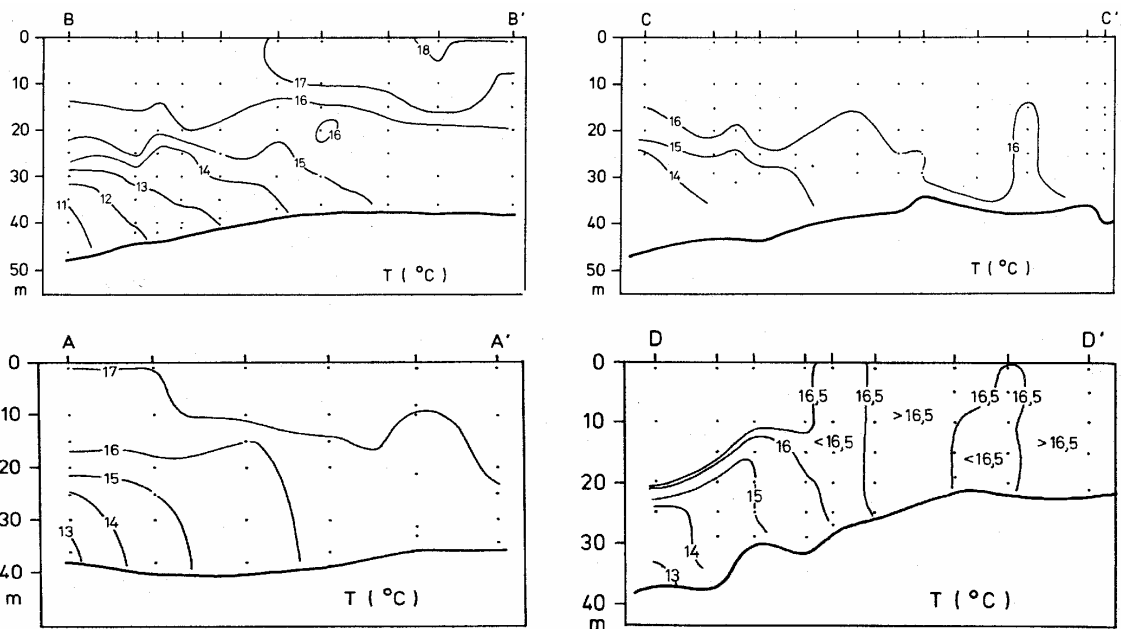


Abb. 2.6 Längsprofile der Temperaturverteilung durch die Deutsche Bucht: A-A' westlich, D-D' östlich und B-B' und C-C' im Elbe-Urstromtal. Die Messpunkte sind in **Abb. 2.4.** angegeben. Nach RACHOR & ALBRECHT (1983).

3 Material und Methoden

3.1 Probennahme

Zwischen dem 30.05. und dem 24.06.2000 wurden bei einer Ausfahrt mit dem Forschungsschiff „Heincke“ im Rahmen des F+E-Vorhabens: „Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee“ des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) durch das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung 11 Stationen entlang eines Transektes im Elbe-Urstromtal beprobt. An jeder Station erfolgte die Entnahme von zwei van Veen-Backengreifern. Der Abstand der einzelnen Proben untereinander beträgt im Mittel etwa 30 Seemeilen. Zusätzlich wurden bei der Ausfahrt von 22.03. bis 23.03.2002 mit dem Forschungskutter „Uthörn“ zwei Stationen auf die gleiche Weise beprobt. Die Station UT13 ist identisch mit Station 471 aus dem Jahr 2000 (siehe Stationskarte **Abb. 3.1**). UT26 schließt sich nach Südosten an die Stationen der Fahrt mit der FS „Heincke“ an.

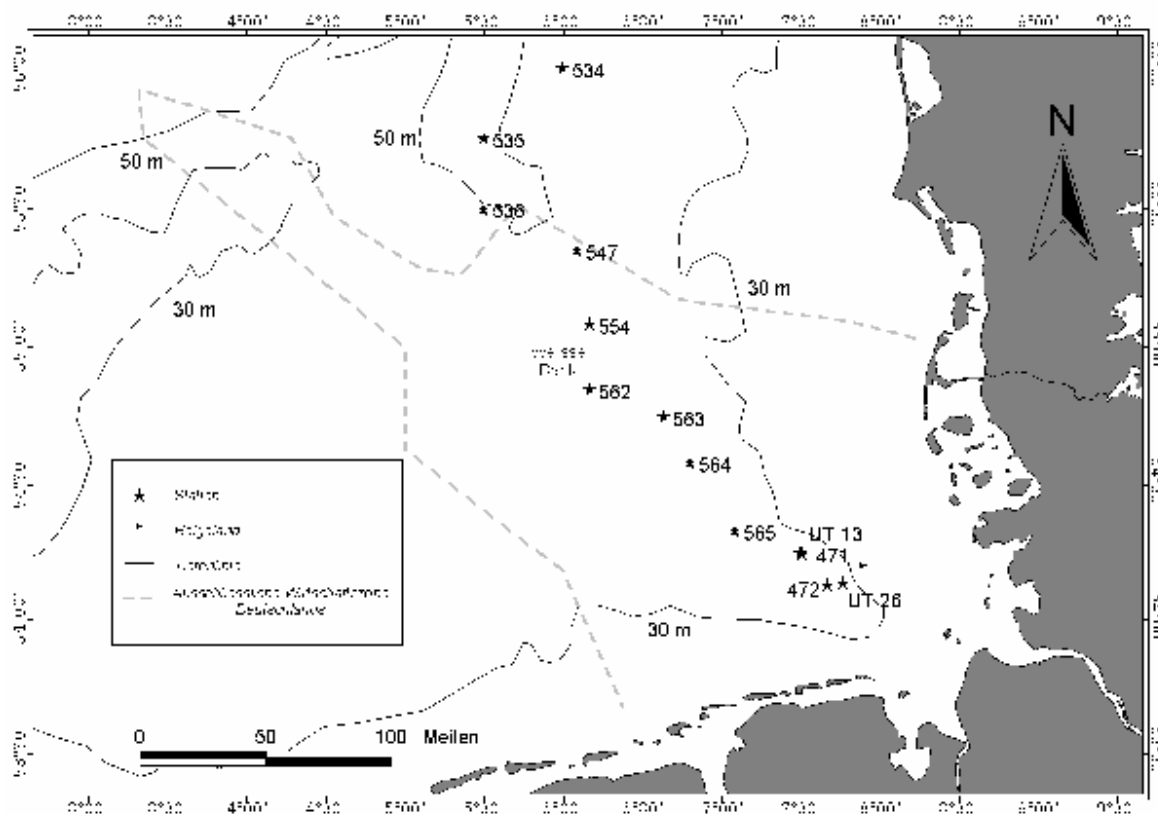


Abb. 3.1 Stationskarte der Beprobungen von 2000 und 2002.

Zur Erfassung der Epifauna wurde 2000 außerdem eine 2 m Baumkurre eingesetzt. Dazu wurde sie an sieben Stationen mit einer Geschwindigkeit von etwa 3 kn über einen Zeitraum von ca. 5 min. geschleppt (**Tab. 3.1**).

Tab. 3.1 Stationsdatenübersicht

Übersicht über die Probennahmen in den Jahren 2000 und 2002; vV = van Veen-Backengreifer, BK = Baumkurre; fsts = feinstsandig; ms = mittelsandig; s = sandig; sch = schlickig; Fs = Feinsand; Fsts = Feinstsand; Sch = Schlick; Sl = Schluff; sw = schwach

Station	Datum	Uhrzeit MEZ	Breite N	Länge O	Gerät	Tiefe m	Sediment
UT13	12.03.02	11:28	54°14,87'	07°30,56'	2 vV -	40	sch Fs
UT26	13.03.02	11:35	54°08,04'	07°45,92'	2 vV -	38	ms Fs
471	09.06.00	3:14	54°15,09'	07°30,00'	2 vV BK	41	Fs
472	09.06.00	4:48	54°08,10'	07°40,07'	2 vV -	40	sch Fs
534	13.06.00	2:00	56°00,00'	05°59,07'	2 vV BK	48	fsts Sl
535	13.06.00	5:59	55°45,11'	05°30,21'	2 vV -	54	Sch mit Fs
536	13.06.00	8:47	55°29,98'	05°29,94'	2 vV BK	53	fsts Sch
547	14.06.00	0:26	50°20,98'	06°04,96'	2 vV -	49	s Sch
554	14.06.00	8:40	55°04,92'	06°09,76'	2 vV BK	47	sch Fsts
562	15.06.00	6:03	54°51,94'	06°09,91'	2 vV -	40	sw sch Fs
563	15.06.00	8:45	54°45,09'	06°38,00'	2 vV BK	41	sch Fsts
564	15.06.00	10:17	54°34,90'	06°47,97'	2 vV BK	39	Fsts mit Sch
565	15.06.00	12:42	54°19,96'	07°05,19'	2 vV BK	41	sw sch Fs

3.2 van Veen-Greifer

Es wurde ein van Veen-Backengreifer (**Abb. 3.2**) mit der Fläche von 0,1 m² verwendet, dessen Backen beim Fieren (Herablassen) geöffnet sind. Trifft der Greifer auf den Boden, löst sich ein Sperrhaken, wodurch beim Hieven (Einholen) des Greifers über einen Rollenmechanismus die Backen geschlossen werden. Zuerst wird über diesen Mechanismus der Zug hauptsächlich zum Schließen des Greifers übertragen, wodurch die Aufwärtsbewegung des Greifers vermindert, und ein nahezu rechteckiges Greifprofil vollständig bis zur anfänglichen Eindringtiefe ausgehoben wird (ANKAR 1977, RIDDLE 1989). Seitlich an den Backen des Greifers befinden sich Bleigewichte, welche die Eindringtiefe des Greifers erhöhen. Bei dieser Untersuchung war es nicht nötig, das Probenvolumen zu berechnen, da alle Eindringtiefen bei mind. 10 cm lagen. Nach RACHOR (pers. Mitt.) werden aber schon bei geringeren Eindringtiefen nahezu alle Organismen

erfasst, abgesehen von sehr tief im Boden lebenden Arten wie Callianassiden (Maulwurfskrebse).

Auf den Oberseiten der Greiferbacken befinden sich Siebfenster mit einer Maschenweite von $0,5 \text{ mm}^2$. Diese verringern die Schockwelle beim Auftreffen des Greifers auf das Sediment, dadurch vermindert sich der Verlust an Oberflächenmaterial.



Abb. 3.2 van Veen-Backengreifer, Foto: A. SCHRÖDER AWI Bremerhaven

Der Vorteil des van Veen-Backengreifers gegenüber geschleppten Geräten ist, dass eine genau definierte Fläche beprobt wird. Daher ist es möglich, die Greiferproben quantitativ auszuwerten.

Sobald der Greifer an Deck gehievt ist, wird bei geöffnetem Siebdeckel mittels Fingerprobe die Sedimentzusammensetzung angesprochen und die Füllhöhe an der größten Backentiefe mit einem Maßstab gemessen. Durch anschließendes Öffnen und Spülen des Greifers gelangt der Inhalt in eine Sedimentspülmaschine

(**Abb. 3.3**), wo er aufgeschwemmt und über einem Sieb mit in der Regel 0,5 mm Maschenweite gesiebt wird.

In der Spülmaschine werden Sedimentklumpen mit Wasserstrahlen auf- und die Fauna aus dem Sediment gelöst. Dies trägt dazu bei, dass die Fauna möglichst schonend aus dem Sediment gewonnen wird und verringert die Gefahr, dass kleine und empfindliche Organismen zerrieben werden.



Abb. 3.3 van Veen-Backengreifer auf Sedimentspülmaschine, Foto: A. SCHRÖDER AWI Bremerhaven.

Der so gewonnene Rest wurde nun über einem 1 mm- und einem 0,5 mm-Sieb fraktioniert. Bei der Probenahme auf dem FK „Uthörn“ wurde aus zeitlichen Gründen nur über 1 mm gesiebt und auch von Station 471 konnte aus technischen Gründen nur die 1 mm-Fraktion ausgewertet werden. Beide Fraktionen wurden in Kautex-Gefäßen in einer 5 prozentigen Formalin-Seewasserlösung fixiert, die mit Borax gepuffert wurde. Nach Abgießen des

Formalins im Labor des Alfred-Wegener-Institutes wurden die Organismen in Wasser unter der Stereolupe vom Sediment und organischen Resten getrennt und sortiert. Um das Auslesen zu erleichtern, wurden die Tiere mit Bengal-Rosa gefärbt. Bengal-Rosa färbt nur Aminosäuren, auf diese Weise können die Organismen leicht von Sediment, Polychaetenröhren und Hartteilen wie Muschelschalen getrennt werden.

3.3 Baumkurre

Die bei der Ausfahrt mit FS „Heincke“ verwendete Baumkurre (**Abb. 3.4**) besteht aus einem Netz mit einer Maschenweite von 1 cm². Dieses ist an einem Querbalken (Kurrbalken) von 3 m Breite aufgehängt, welcher rechts und links auf einer Kufe sitzt. Das ganze Gerät wird wie ein Schlitten über den Meeresboden geschleppt.

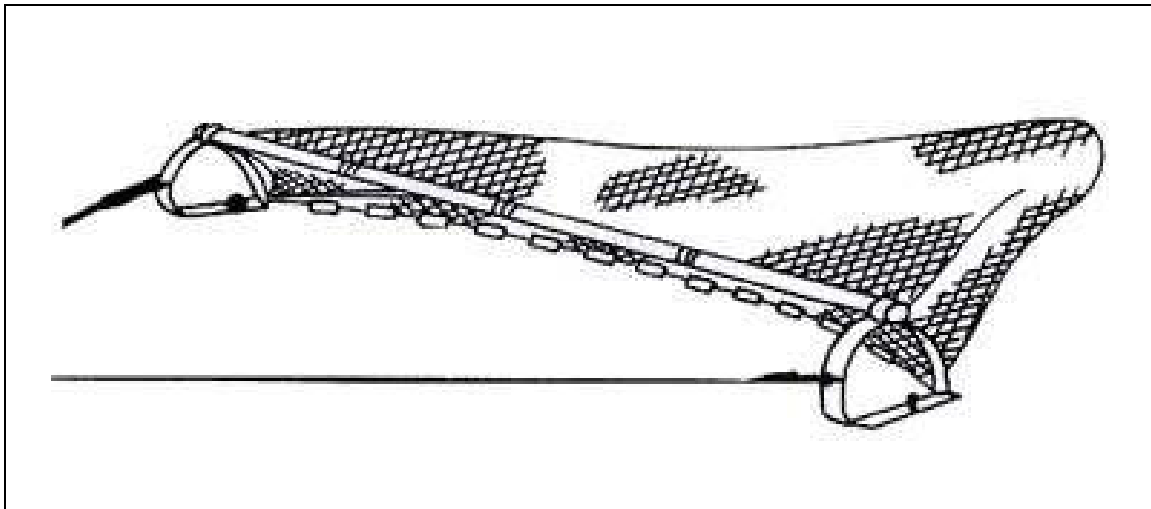


Abb. 3.4 Baumkurre,
Quelle: <http://www.fischmarkt-bremerhaven.de/fischfang/fischfang.html>

Aufgrund von Unsicherheiten beim Einsatz einer Baumkurre empfiehlt RUMOHR (1999) kritisch mit den Daten umzugehen. So können Unebenheiten, Steine auf dem Meeresboden oder einfach der Seegang bewirken, dass der Bodenkontakt für einige Zeit verloren geht. Auch Schwankungen der Schleppgeschwindigkeit können zu fehlerhaften Annahmen über die beprobte Fläche führen. Trotzdem sind die Daten eine hilfreiche Ergänzung zu den Greiferdaten. Eine Baumkurre

erfasst auch größere und seltenere, vor allem auch beweglicher, Tiere, speziell der Epifauna, da die beprobte Fläche beim Einsatz einer Baumkurre um ein Vielfaches größer ist.

Die Daten der Baumkurrenfänge dienten in dieser Arbeit nur zur Ergänzung der Greiferdaten.

Die Baumkurren wurden über einer Wanne mit einem Gitterboden (Maschenweite 1 cm) geleert und sortiert. Einige Organismen wurden wie die Greiferproben fixiert und später im Labor bestimmt.

3.4 Bestimmung der Arten

Die Bestimmung der Greiferfänge erfolgte anhand der im Literaturverzeichnis angeführten Bestimmungsliteratur im Labor. Da es sich in den Baumkurrenfängen um große Tiere handelte, erfolgte die Bestimmung größtenteils direkt an Bord. Es wurde versucht, möglichst bis auf Artniveau zu bestimmen.

Das war nicht immer möglich. Zum einen befanden sich in den Sommerproben vom Juni 2000 viele Jungtiere, zum anderen gab es immer wieder Tiere, die nur unvollständig erhalten waren.

3.5 Bestimmung der Biomasse und Abundanzen

Die Biomasse wurde über das Feuchtgewicht (wet weight = WW) bestimmt. Die Tiere wurden nach Groß-Taxa getrennt und anschließend auf Fließpapier kurz getrocknet, um das Haftwasser zu entfernen. Danach wurde auf einer Präzisionswaage (Satortius BP 410S) auf ± 1 mg genau gewogen. Die Bestimmung der Biomasse der Baumkurrenproben erfolgte ohne vorheriges Trocknen auf ± 1 g genau direkt an Bord. Bei Intervallen von 1 g und den relativ großen Gewichten ist das Haftwasser vernachlässigbar.

Tab. 3.2 Umrechnungsfaktoren für WW in AFDW

Quelle: nach RUMOHR et al. (1987), * nach SALZWEDEL et al. (1985)

Taxon	
Asciacea	0,025
Cnidaria	0,07
Crustacea	0,145
Echinodermata	0,08
Mollusca	0,07
Nemertini	0,132
Pantopoda	0,145
Polychaeta	0,132
Sipunculida	0,132
Phoronida und Sonstige*	0,1175

Das so ermittelte Feuchtgewicht wurde mit den Umrechnungsfaktoren von RUMOHR et al. (1987) und SALZWEDEL et al. (1985) in aschefreies Trockengewicht (ash free dry weight = AFDW) umgerechnet (**Tab. 3.2**). Weil die Auswertung auf der 1 mm-Fraktion beruhten und die Biomassen der 0,5 mm-Fraktion mit Ausnahme von Station 547 unter 1,3 % der Gesamtbiomasse (AFDW)

liegen, beziehen sich Angaben zur Biomasse nur auf den Teil, der in der 1 mm-Fraktion enthalten war. Auch die Abundanzen beziehen sich nur auf diese Fraktion (vergl. **Kap. 3.6**).

Die Abundanzen wurden für jedes Taxon einzeln bestimmt, wobei die Abundanz von Arten mit hoher Individuendichte, wie etwa *Phoronis spp.* oder *Owenia fusiformis*, durch Berechnung aus Unterproben ermittelt wurden. Um einen Vergleich mit anderen Daten zu erleichtern, sind sowohl die Werte der Abundanzen als auch der Biomassen auf 1 qm standardisiert.

3.6 Gemeinschaftsanalyse

Zur Beschreibung der Faunengemeinschaften wurden sowohl Clusteranalyse als auch nicht metrische Multidimensionale Skalierung (MDS) verwendet. Beide statistische Verfahren beinhalten die Erstellung der gleichen Similaritätsmatrix, welche auf den Abundanzen der Arten an den verschiedenen Stationen basiert.

Von der Analyse wurden juvenile Tiere ausgeschlossen, die zum einen nicht genau bestimmt werden konnten und zum anderen den Vergleich der Proben vom Sommer 2000 mit den Proben vom Frühjahr 2002 erschwert hätten.

Des Weiteren wurden auch die Arten nicht berücksichtigt, die nur ein Mal im ganzen Untersuchungsgebiet vorkamen, da sie als zufällig auftretende Arten gewertet werden müssen. MDS und Clusteranalyse wurden nur mit der 1 mm-

Fraktion durchgeführt, damit alle Stationen in die Analyse einbezogen werden konnten.

Zur Analyse wurde das Programm Primer (Version 5.1.2) des Plymouth Marine Laboratory verwendet (CLARKE & GORLEY 2000).

3.6.1 Similaritätsmatrix und Transformation

Eine Similaritätsmatrix gibt Distanzen (Ähnlichkeit, Similarität S) unterschiedlicher Objekte (Stationen) in Tabellenform wieder. Die Distanz zwischen zwei Objekten berechnet sich nach einem Index anhand der Werte (Abundanzen) bestimmter Merkmale (Arten). In dieser Arbeit wurde der quantitative Bray-Curtis-Index (BRAY & CURTIS 1957) verwendet, der ein gemeinsames Fehlen eines Merkmals nicht in die Berechnung der Ähnlichkeit mit einbezieht (FIELD et al. 1982).

$$S_{ij} = 100 \left[1 - \frac{\sum_{k=1}^n |f_{ki} - f_{kj}|}{\sum_{k=1}^n (f_{ki} + f_{kj})} \right]$$

$$0 \leq S_{ij} \leq 100$$

n = Anzahl der Merkmale (Arten)

S_{ij} = Distanz zwischen Objekt i und j

f_{ki} = Wert (Abundanz) für das Merkmal (Art) k bei Objekt (Station) i

f_{kj} = Wert (Abundanz) für das Merkmal (Art) k bei Objekt (Station) j

Der Bray-Curtis-Index gewichtet Arten mit hohen Abundanzen stärker als Arten mit geringen Abundanzen. Um zu verhindern, dass hohe Abundanzen einen zu starken Einfluss auf die Auswertung nehmen, wurden die Daten vor Erstellung der Similaritätsmatrix transformiert. Eine starke Transformation stellt die Artunterschiede unter Vernachlässigung der Abundanzen in den Vordergrund. CLARKE & WARWICK (1994) schlagen vor, den Logarithmus der Standardabweichung gegen den Logarithmus der Mittelwerte der Abundanzen bezüglich der Stationen aufzutragen und die Steigung β der Regressionsgeraden abzuschätzen. Die Daten f sollen nun nach $f^{1-\beta}$ transformiert werden. Für $\beta = 1$ sollte die Transformation $\log(f)$ sein.

Wie aus **Abb. 3.5** hervorgeht, ergibt sich für den vorliegenden Datensatz eine Transformation mit $\log(f)$, da die Steigung der Regressionsgeraden etwa bei 1 liegt. Diese Transformation ist jedoch unpraktisch, da die vielen Nullwerte bei Faunenanalysen $\log(0) \rightarrow -\infty$ liefern. Gängige Praxis ist es, $\log(1+f)$ statt des $\log(f)$ zu verwenden. Bei dieser modifizierten Transformation werden jedoch geringere Abundanzen stärker transformiert als größere. Praktisch zeigen sich selten Unterschiede zwischen Transformationen mit $\log(1+f)$ und $\sqrt[4]{f}$ ($= f^{0,25}$). Sie sind effektiv gleichwertig bei der Betrachtung ganzer Gemeinschaften und der Gewichtung häufiger und seltener Arten (CLARKE & WARWICK 1994). Es wurde die $\sqrt[4]{f}$ verwendet, da sie sich bei Verwendung des Bray-Curtis-Index als invariant gegenüber Skalenwechsel, also auch der Standardisierung der Werte auf 1 m^2 zeigt (FIELD et al. 1982).

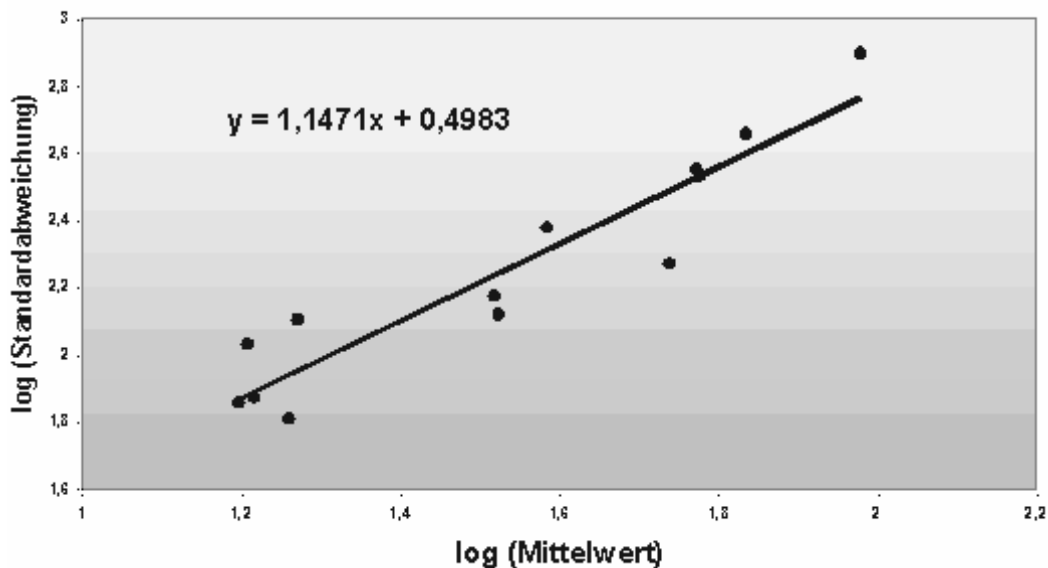


Abb. 3.5 Regressionsgerade des log der Standardabweichung aufgetragen gegen den log des Mittelwertes der Abundanzen an den einzelnen Stationen.

3.6.2 Clusteranalyse

Die Clusteranalyse gruppiert aufgrund der für die Similaritätsmatrix berechneten Werte in mehreren Durchgängen die beiden jeweils ähnlichsten Objekte (Stationen). Die jeweils gebildeten Gruppen (Cluster) gingen mit dem „group average“ als ein neues Objekt in den nächsten Durchgang ein. Dabei wird das arithmetische Mittel der Ähnlichkeiten der Objekte eines Clusters ermittelt. Diese ist nach Anzahl der Objekte der Teilcluster gewichtet. Das Verfahren wurde gewählt, da es gegenüber anderen Verfahren ein ausgewogenes Ergebnis für die Clustergrößen liefert (CLARKE & WARWICK 1994).

Das Ergebnis der Clusteranalyse wird in Form eines Dendrogramms dargestellt, das den Grad der Isolation von Stationen und Stationsgruppen voneinander graphisch repräsentiert.

3.6.3 Nicht metrische Multidimensionale Skalierung (MDS)

Die Ergebnisse der nicht metrischen MDS berechnen sich aus der Similaritätsmatrix, die zuvor beschrieben wurde (**Kap. 3.6.1**). Den Similaritäten werden Ränge zugeordnet, die alle gleichzeitig in einem multidimensionalen Raum zueinander in Beziehung gesetzt werden. Dieser multidimensionalen Raum wird nun auf eine Fläche projiziert. Similaritäten werden als Abstände zwischen Punkten (Objekten; Stationen) dargestellt. Punkte, die nahe beieinander liegen, stellen Stationen mit ähnlicher Faunenzusammensetzung dar.

Der Algorithmus, welcher der 2d-Projektion zugrunde liegt, ist iterativ und versucht ausgehend von einer Anfangskonfiguration die bestmögliche Darstellung der Similaritäten zwischen den Punkten im multidimensionalen Raum zu konstruieren. Wie gut die Projektion den Beziehungen der Punkte im multidimensionalen Raum entspricht, gibt der „stress“-Faktor wieder. Als Ziel soll ein Minimum für die „stress“-Funktion erreicht werden. Ein lokales Minimum muss jedoch nicht unbedingt die zweckmäßigste Konstruktion wiedergeben. Aus diesem Grunde sollten mindestens 10 Neustarts, mit vom Programm zufällig bestimmten Konfigurationen (im vorliegenden Fall 40), für die Analyse angesetzt werden. Je häufiger der niedrigste „stress“-Wert bei den Neustarts erreicht wird, desto wahrscheinlicher entspricht das 2-dimensionale Ergebnis dem Bild im multidimensionalen Raum. Ab „stress“-Werten $< 0,05$ ist eine Missinterpretation

nahezu ausgeschlossen. Selbst Werte zwischen 0,05 und 0,9 liefern immer noch gute Ergebnisse, die eine Missinterpretation unwahrscheinlich machen. 2-Dimensionale Darstellungen mit einem „stress“ zwischen 1 und 1,9 sind durchaus nützlich, doch sollten sie mit anderen Verfahren wie der Clusteranalyse verifiziert werden (CLARKE & WARWICK 1994).

3.7 Charakterisierung der Stationen und Stationsgruppen

Es wurden Diversität und Evenness und S(90%) für die einzelnen Stationen berechnet. Die Verfahren für Diskriminatoren, Charakterarten und Anzahl der dominanten Arten S(90%) wurden für die aus Clusteranalyse und MDS resultierenden Stationsgruppen angewandt, um deren Eigenschaften zu vergleichen und zu interpretieren.

3.7.1 Berechnung von Diversität, Äquität (Evenness) und S(90%)

Nach SHANNON & WEAVER (1949) berechnet sich die Diversität (H') wie folgt:

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln(p_i) \quad p_i = n_i/N$$

N = Gesamtindividuenzahl

n_i = Individuen der Art i

s = Anzahl der Arten

Basierend auf der Diversität lässt sich nach PIELOU (1966) die Äquität (J') berechnen:

$$J' = H'/H_{\max} \quad H_{\max} = \ln(s)$$

Die Äquität beschreibt die Verteilung der Individuen auf die Arten. Bei gleicher Verteilung der Individuen auf alle Arten nimmt J' den Wert 1 an, ist nur eine Art vorhanden, so liegt der Wert bei 0.

Der S(90%)-Wert entspricht der Anzahl der dominantesten Arten, deren Individuen 90% der Stationsgruppenorganismen stellen.

3.7.2 Diskriminatoren

Merkmale (Arten), die für die Unterscheidung zweier Gruppen von Objekten (Stationen) von Bedeutung sind, sogenannte Diskriminatoren, kann man folgendermaßen berechnen: Es werden alle Objekte der ersten Gruppe mit allen Objekten der zweiten Gruppe verglichen. Für jedes dieser Paare wird die durchschnittliche Dissimilarität (δ) und der Anteil der einzelnen Arten berechnet.

$$\delta = 100 - S$$

S = Similarität nach BRAY-CURTIS (1957) (siehe auch **Kap. 2.8.1**)

Für Bray-Curtis-Dissimilaritäten

$$\delta_{ij} = 100 \cdot \frac{\sum_{k=1}^n |f_{ki} - f_{kj}|}{\sum_{k=1}^n (f_{ki} + f_{kj})}$$

zwischen den Objekten i und j ist der Anteil des k -ten Merkmales ($\delta_{ij}(k)$) definiert als k -ter Term dieser Gleichung:

$$\delta_{ij}(k) = 100 \cdot \frac{|f_{ki} - f_{kj}|}{\sum_{k=1}^n (f_{ki} + f_{kj})}$$

Für $\delta_{ij}(k)$ wird dann der Mittelwert aller Paare (i, j), mit i in der ersten und j in der zweiten Gruppe, gebildet, um den durchschnittlichen Anteil (δ_k) der k -ten Spezies

an der Dissimilarität (δ) zwischen den betreffenden Gruppe wiederzugeben. Diskriminatoren sollten möglichst gleichmäßig innerhalb der Stationsgruppen verteilt sein, Die Standardabweichung $SD(\delta_k)$ sollte also bei möglichst großen Dissimilaritätsanteilen (δ_k) gering sein. Gute Diskriminatoren erkennt man demnach an einem hohen Wert für $\delta_k / SD(\delta_k)$ (CLARKE & WARWICK 1994).

3.7.3 Charakterarten

Im Unterschied zu den Diskriminatoren beruhen Charakterarten nicht auf trennenden Eigenschaften. Sie beschreiben vielmehr wichtige Arten in einer Stationsgruppe (Assoziation) anhand folgender von SALZWEDEL et al. (1985) eingeführter Kriterien.

- Individuen Dominanz innerhalb der Assoziation $\geq 5 \%$
- Präsenz innerhalb der Assoziation $\geq 80 \%$
- GAI $\geq 66 \%$
- GAS $\geq 66 \%$

Der GAI (Grad der Assoziation betreffend der Individuen) ist definiert als der Anteil der Individuen einer Art innerhalb einer Stationsgruppe an der gesamten Individuenzahl dieser Art im Untersuchungsgebiet. Der GAS (Grad der Assoziation betreffend der Stationen) ist definiert als der Anteil der Stationen, an denen eine Art in der Stationsgruppe auftritt, gemessen an der Gesamtzahl der Stationen an denen diese Art im gesamten Untersuchungsgebiet auftritt.

Unter den Arten, die mit einer Dominanz von mindestens 1 % auftreten, gelten jene als Charakterart im Sinne von SALZWEDEL et al. (1985), für welche mindestens drei dieser Kriterien zutreffen.

Statt des Begriffs des Grades der Assoziationen wird in dieser Arbeit die Treue verwendet. Die **Abundanztreue** bezeichnet den GAI und den GAS benennt die **Präsenztreue** (vergl. Kap. 5.4).

3.7.4 Vergleich mit weiteren Proben des F+E-Vorhabens des BfN

Das Elbe-Urstromtal ist keine isolierte Struktur, sondern es steht im Zusammenhang mit den angrenzenden Meeresgebieten. Es war möglich einen Vergleich mit weiteren Proben des F+E-Vorhabens des BfN (siehe **Kap. 3.1**) durchzuführen. Dazu wurden zusätzliche Proben innerhalb und an den Rändern des Elbe-Urstromtales verwendet. Die Daten der 27 zusätzlichen Stationen wurden mir von Frau Petra Nehmer (AWI Bremerhaven) zu Verfügung gestellt.

Um zu beantworten, welche Ergebnisse sich ergeben, wenn man ein größeres Gebiet betrachtet, wurden Clusteranalyse und MDS für alle zur Verfügung stehenden 1 mm-Fractionen der Proben aus dem Jahr 2000 durchgeführt. Dabei wurde verfahren, wie unter **Kap. 3.6** beschrieben.

4 Ergebnisse

4.1 Artenliste und Verteilung der Arten

An 13 Stationen wurden insgesamt 26 van Veen-Greifer und 7 Baumkurren genommen. Dabei wurden 52736 Individuen aus 267 Taxa identifiziert. Von diesen wurden 28610 Individuen aus 221 Taxa mit den Greifern und 24126 Individuen aus 78 Taxa mit den Baumkurren erfasst. An Station 554 war *Corbula gibba* 18717 mal in der Baumkurre enthalten und machte damit etwa zwei Drittel der Gesamtindividuenzahl der Baumkurren aus. Ähnliches trifft für juvenile Individuen des Herzseeigels *Echinocardium* zu, die mit 11212 Individuen ca. ein Drittel der Gesamtabundanz der van Veen-Greifer stellten, jedoch waren diese an allen Stationen und fast ausschließlich in der 5 mm-Fraktion zu finden. 32 Taxa wurden in den Proben beider Geräte gefunden, 46 Taxa wurden nur in den Baumkurren gefunden.

In **Tab. 4.1** sind alle im Untersuchungsgebiet erfassten Taxa taxonomisch und alphabetisch geordnet, zusätzlich befinden sich dort Angaben zur Gefährdung (Rote Liste) und über die Art des Gerätes, mit dem die Art erfasst wurde.

Tab. 4.1: Artenliste

BK = Baumkurre; vV = van Veen-Greifer; Rote Liste Einstufungen: G = potentiell gefährdet, 3 = gefährdet, 2 = stark gefährdet, 1 = vom Austerben bedroht, alle Rote Liste Angaben beziehen sich auf das Gebiet der Nordsee innerhalb der ausschließlichen Wirtschaftszone Deutschlands

	Taxa	Gerät	Rote Liste
FORAMINIFERA			
	<i>Ammonia beccarii</i> (LINNÉ)	vV	
	<i>Astrorhiza limicola</i> SANDAHL, 1858	BK	
	Cornuspiridae sp. SCHULZE, 1854	vV	
	Foraminifera sp.	vV	
	<i>Nonion fabulum</i> (FICHTEL & MOLL, 1798)	vV	
	<i>Polymorphina</i> sp. D'ORBIGNY, 1826	vV	
	<i>Quinqueloculina seminulum</i> (LINNÉ, 1758)	vV	
	<i>Textularia</i> aff. <i>pseudogramen</i> (CHAPMAN & PARR, 1937)	vV	
CNIDARIA			
Anthozoa	Actiniaria spp.	BK/vV	
	Anthozoa spp.	vV	
	<i>Cerianthus lloydii</i> GOSSE, 1859	vV	
	<i>Edwardsia</i> spp. QUATREFAGES, 1841	vV	
	<i>Metridium</i> aff. <i>senile</i> DE BLAINVILLE, 1824	BK	G

Hydrozoa	Athecata spp.	vV		
	<i>Bougainvilla</i> sp. LESSON, 1830	vV		
	<i>Hydractinia echinata</i> (FLEMING, 1828)	BK		
	Hydrozoa spp.	BK/vV		
	<i>Laomedea</i> sp. LAMAROUX, 1812	BK		
	<i>Obelia longissima</i> (PALLAS, 1766)	BK		
	<i>Opercularella</i> cf. <i>lacerata</i> (JOHNSTON, 1847)	vV		
	<i>Sertularia cupressina</i> LINNÉ, 1758	BK	G	
	Thecata spp.	vV		
NEMATHELMINTHES				
Priapulida	<i>Priapulus caudatus</i> LAMARCK, 1816	BK		
NEMERTINI				
	Nemertini spp.	vV		
SIPUNCULA				
	<i>Golfingia</i> sp. LANKESTER, 1885	vV		
	Golfingiidae sp.	vV		
	Sipuncula spp.	vV		
PLATHELMINTHES				
„Turbellaria“	„Turbellaria“ spp.	vV		
MOLLUSCA				
Bivalvia	<i>Abra alba</i> (W. WOOD, 1802)	BK/vV		
	<i>Abra nitida</i> (O. F. MÜLLER 1776)	vV	G	
	<i>Abra</i> spp. LAMARCK, 1818	vV		
	<i>Acanthocardia echinata</i> (LINNÉ, 1758)	BK	G	
	<i>Acanthocardia</i> spp. J. E. GRAY, 1851	vV		
	<i>Angulus</i> sp. MEGERLE VON MUHLFELD, 1811	vV		
	Bivalvia spp.	BK/vV		
	<i>Chamelea gallina</i> (LINNÉ, 1758)	BK/vV		
	<i>Clausinella fasciata</i> (DA COSTA, 1778)	vV		
	<i>Corbula gibba</i> (OLIVI, 1792)	BK/vV	G	
	<i>Dosinia</i> spp. SCOPOLI, 1777	vV		
	<i>Ensis</i> spp. SCHUMACHER, 1817	BK/vV		
	<i>Fabulina fabula</i> (GMELIN, 1791)	vV		
	<i>Fabulina</i> cf. <i>fabula</i> (GMELIN, 1791)	vV		
	<i>Lutraria lutraria</i> (LINNÉ, 1758)	vV		
	<i>Mactra stultorum</i> (LINNÉ, 1758)	BK	G	
	<i>Mya truncata</i> (LINNÉ, 1758)	BK	3	
	<i>Mysella bidentata</i> (MONTAGU, 1803)	vV	V	
	<i>Mysia undata</i> (PENNANT, 1777)	vV		
	<i>Nucula nitidosa</i> WINCKWORTH, 1930	BK/vV		
	Nuculidae spp.	vV		
	<i>Nuculoma tenuis</i> (MONTAGU, 1808)	vV		
	<i>Phaxas pellucidus</i> (PENNANT, 1777)	BK/vV	G	
	<i>Spisula</i> spp. J. E. GRAY, 1837	vV		
	<i>Spisula subtruncata</i> (DA COSTA, 1778)	vV	G	
	<i>Tellimya ferruginosa</i> (MONTAGU, 1808)	vV		
	<i>Thracia phaseolina</i> (LAMARCK, 1818)	vV		
	<i>Thracia</i> spp. J. DE C. SOWERBY, 1823	vV		
	<i>Thyasira flexuosa</i> MONTGU, 1803	vV		
	Caudofoveata	<i>Chaetoderma nitidulum</i> LOVÉN, 1844	vV	
	Gastropoda	<i>Acanthodoris pilosa</i> (ABILDGAARD IN O. F. MÜLLER, 1789)	BK	
		<i>Aclis minor</i> (BROWN, 1827)	vV	
		<i>Acteon tornatilis</i> (LINNÉ, 1758)	BK/vV	
		<i>Aporrhais pespelecani</i> (LINNÉ, 1758)	BK	G
<i>Brachystomia</i> aff. <i>rissoides</i> (HANLEY, 1844)		vV	G	
<i>Brachystomia</i> sp. MONTEROSATO, 1884		vV		
<i>Buccinum undatum</i> LINNÉ, 1758		BK	2	
<i>Colus gracilis</i> (DA COSTA, 1778)		BK		
<i>Cylichna alba</i> (BROWN, 1827)		vV		
<i>Cylichna cylindracea</i> (PENNANT, 1777)		vV		
<i>Cylichna</i> sp. LOVÉN, 1846		vV		

Eulimidae spp.	vV	
<i>Hyalia vitrea</i> (MONTAGU, 1803)	vV	
<i>Hydrobia neglecta</i> (MUUS, 1963)	vV	
<i>Melanella alba</i> (DA COSTA, 1778)	vV	
Opisthobranchia spp.	vV	
<i>Philine</i> spp. (ASCANIUS, 1772)	vV	
<i>Polinices pulchellus</i> (RISSO, 1826)	BK/vV	
Prosobranchia spp.	vV	
Pyramidellidae spp.	vV	
<i>Roxania utriculus</i> (BROCCHI, 1814)	vV	
Scaphandridae spp.	vV	
<i>Turritella communis</i> (RISSO, 1826)	BK/vV	G
ANNELIDA		
Polychaeta		
<i>Ampharete baltica</i> ELIASON, 1955	vV	
<i>Ampharete finmarchica</i> (M. SARS, 1865)	vV	
<i>Ampharete lindstroemi</i> HESSLE, 1917	vV	
<i>Amphictene auricoma</i> (O. F. MÜLLER, 1776)	BK/vV	
<i>Anaitides groenlandica</i> (OERSTED, 1842)	vV	
<i>Anaitides rosea</i> (MCINTOSH, 1877)	vV	
<i>Anaitides</i> spp. CZERNIAVSKY, 1882	vV	
<i>Antinoella sarsi</i> (MALMGREN, 1867)	vV	
<i>Aonides paucibranchiata</i> SOUTHERN, 1914	vV	
<i>Aphrodita aculeata</i> LINNÉ, 1758	BK/vV	
<i>Capitella minima</i> (LANGERHANS, 1880)	vV	
<i>Capitella</i> sp. BLAINVILLE, 1828	vV	
Capitellidae spp.	vV	
<i>Chaetopterus variopedatus</i> (RENIER, 1804)	BK/vV	G
<i>Chaetozone</i> sp. (MALMGREN, 1867)	vV	G
<i>Chaetozone</i> sp. F-group	vV	G
<i>Chone duneri</i> MALMGREN, 1867	vV	
<i>Diplocirrus glaucus</i> (MALMGREN, 1867)	vV	
<i>Eteone</i> cf. <i>longa</i> (FABRIZIUS, 1780)	vV	
<i>Eteone spetsbergensis</i> MALMGREN, 1865	vV	
<i>Eumida bahusiensis</i> BERGSTROM, 1914	vV	
<i>Eunereis longissima</i> JOHNSTON, 1840	vV	
<i>Galathowenia oculata</i> ZACHS, 1922	vV	
<i>Gattyana amondseni</i> (MALMGREN, 1868)	vV	
<i>Gattyana cirrosa</i> (PALLAS, 1766)	BK/vV	
<i>Glycera lapidum</i> QUATREFAGES, 1866	vV	G
<i>Glycinde nordmanni</i> (MALMGREN, 1866)	vV	
<i>Goniada maculata</i> OERSTED, 1843	BK/vV	
<i>Harmothoë antilopes</i> MCINTOSH, 1876	vV	
<i>Harmothoë glabra</i> (MALMGREN, 1865)	vV	
<i>Harmothoë</i> spp. KINBERG, 1855	vV	
<i>Heteromastus filiformis</i> (CLAPAREDE, 1864)	vV	
<i>Laetmonice filicornis</i> KINBERG, 1855	vV	
<i>Lagis koreni</i> MALMGREN, 1866	vV	G
<i>Lanice conchilega</i> (PALLAS, 1766)	vV	
<i>Levinsenia gracilis</i> (TAUBER, 1879)	vV	G
<i>Lumbrineris gracilis</i> (EHLERS, 1868)	vV	
<i>Lumbrineris latreilli</i> AUDOUIN & MILNE-EDWARDS, 1833	vV	
<i>Lumbrineris tetraura</i> (SCHMARDA, 1861)	vV	
<i>Lysilla loveni</i> MALMGREN, 1866	vV	
<i>Magelona alleni</i> WILSON, 1958	vV	G
<i>Magelona filiformis</i> WILSON, 1959	vV	
<i>Magelona johnstoni</i> FIEGE, 2000	vV	
<i>Magelona minuta</i> ELIASON, 1959	vV	
<i>Malmgreniella arenicolae</i> (SAINT-JOSEPH, 1888)	vV	
<i>Nephtys assimilis</i> OERSTED, 1843	BK/vV	
<i>Nephtys caeca</i> (FABRICIUS, 1780)	vV	
<i>Nephtys hombergii</i> SAVIGNY, 1818	BK/vV	
<i>Nephtys incisa</i> MALMGREN, 1865	vV	
<i>Nephtys</i> spp. CUVIER, 1814	vV	
<i>Nereis elitoralis</i> ELIASON, 1962	vV	
<i>Nereis longissima</i> JOHNSTON, 1840	vV	
<i>Notomastus latericeus</i> M SARS, 1851	BK/vV	
<i>Ophelina acuminata</i> OERSTED, 1843	vV	
<i>Ophelina modesta</i> STØP-BOWITZ, 1958	vV	
<i>Ophelina</i> sp. OERSTED, 1843	vV	
<i>Ophiodromus flexuosus</i> (CHIAJE, 1827)	vV	
<i>Owenia fusiformis</i> CHIAJE, 1842	vV	
Oweniidae spp. CHIAJE, 1842	vV	
Pectinariidae spp.	vV	
<i>Pholoe baltica</i> (FABRICIUS, 1780)	vV	

		<i>Pisione remota</i> (SOUTHERN, 1914)	vV	
		<i>Podarkeopsis helgolandica</i> (HILBIG & DITTMER, 1979)	vV	
		<i>Poecilochaetus serpens</i> ALLEN, 1904	vV	
		Polychaeta spp.	BK/vV	
		<i>Polydora caeca</i> (OERSTED, 1843)	vV	
		<i>Polydora</i> sp. BOSC, 1802	vV	
		<i>Polyphysia crassa</i> (OERSTED, 1843)	vV	
		<i>Protodorvillea kefersteini</i> (MCINTOSH, 1869)	vV	
		<i>Pseudopolydora pulchra</i> (CARAZZI, 1895)	vV	
		<i>Rhodine gracilior</i> (TAUBER, 1879)	vV	G
		<i>Rhodine loveni</i> (MALMGREN, 1865)	vV	
		<i>Scalibregma inflatum</i> RATHKE, 1843	vV	G
		<i>Scoloplos armiger</i> (O. F. MÜLLER, 1776)	vV	
		<i>Sphaerodoropsis baltica</i> (REIMERS, 1933)	vV	G
		<i>Sphaerodorum flavum</i> (RATHKE, 1843)	vV	
		<i>Spio filicornis</i> (O. F. MÜLLERT, 1766)	vV	
		Spionidae spp.	vV	
		<i>Spiophanes bombyx</i> (CLAPARÈDE, 1870)	vV	
		<i>Spiophanes krøyeri</i> GRUBE, 1860	vV	
		<i>Spiophanes</i> spp. GRUBE, 1870	vV	
		<i>Sthenelais limicola</i> (EHLERS, 1864)	vV	
		<i>Sthenelais</i> sp. KINBERG, 1855	vV	
		<i>Synelmis klattii</i> (FRIEDRICH, 1950)	vV	
Clitellata		"Oligochaeta" sp.	vV	
ARTHROPODA				
Chelicerata	Pygogonida	<i>Anoplodactylus petiolatus</i> (KRÖYER, 1844)	vV	
Crustacea	Cirripedia	<i>Semibalanus balanoides</i> (LINNÉ, 1767)	vV	
	Ostracoda	<i>Acanthocythereis dunelmensis</i> (NORMAN, 1865)	vV	
		<i>Asterope abyssicola</i> G. O. SARS, 1870	vV	
		<i>Jonesia acuminata</i> G. O. SARS, 1866	vV	
		<i>Philomedes brenda</i> (BAIRD, 1850)	vV	
		<i>Pterygocythereis jonesi</i> (BAIRD, 1850)	vV	
		<i>Robertsonites tuberculatus</i> G. O. Sars, 1922	vV	
	Amphipoda	<i>Ampelisca brevicornis</i> (COSTA, 1853)	BK/vV	
		<i>Ampelisca macrocephala</i> LILJEBORG, 1852	vV	
		<i>Ampelisca tenuicornis</i> LILJEBORG, 1855	vV	
		Amphipoda sp.	vV	
		<i>Argissa hamatipes</i> (NORMAN, 1869)	vV	
		<i>Bathyporeia elegans</i> (WATKIN, 1933)	vV	
		<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i> (BATE, 1856)	vV	
		<i>Dyopedes</i> sp. BATE, 1857	vV	
		<i>Eriopisa elongata</i> (BRUZELIUS, 1859)	vV	
		<i>Harpinia antennaria</i> MEINERT, 1890	vV	
		<i>Harpinia crenulata</i> (BOECK, 1871)	vV	
		<i>Harpinia laevis</i> G. O. SARS, 1891	vV	
		<i>Harpinia pectinata</i> G. O. SARS, 1891	vV	
		<i>Hippomedon denticulatus</i> (BATE, 1857)	vV	
		Lysianassidae sp.	vV	
		<i>Melita</i> cf. <i>dentata</i> (KRÖYER, 1842)	vV	
		<i>Pariambus typicus</i> (KRÖYER, 1845)	vV	
		<i>Perioculodes longimanus</i> (BATE & WESTWOOD, 1886)	vV	
		<i>Pontocrates altamarinus</i> (BATE & WESTWOOD, 1862)	vV	
		<i>Synchelidium maculatum</i> STEBBING, 1906	vV	
		<i>Synchelidium</i> sp. G. O. SARS, 1892	vV	
	Cumacea		vV	
		<i>Diastylis bradyi</i> NORMAN 1897	vV	
		<i>Diastylis laevis</i> NORMAN, 1869	vV	
		<i>Diastylis lucifera</i> KRÖYER, 1841	vV	
		<i>Eudorella emarginata</i> (KRÖYER, 1846)	vV	
		<i>Eudorella</i> spp. NORMAN, 1867	vV	
		<i>Eudorella truncatula</i> (BATE, 1856)	vV	
		<i>Eudorellopsis deformis</i> (KRÖYER, 1846)	vV	
		<i>Pseudocuma</i> aff. <i>gilsoni</i> BACESCU, 1950	vV	
		<i>Pseudocuma longicornis</i> (BATE, 1858)	vV	
	Isopoda		vV	
		<i>Cirolana borealis</i> LILJEBORG, 1851	BK	
		<i>Munna</i> spp. KRÖYER, 1839	vV	
		<i>Pleurogonium rubicundum</i> G.O. SARS, 1897	vV	
	Tanaidacea		vV	
		Tanaidacea spp.	vV	
	Decapoda	<i>Callianassa subterranea</i> (MONTAGU, 1808)	vV	G
		<i>Corystes cassivelaunus</i> (PENNANT, 1777)	BK/vV	

	<i>Crangon allmanni</i> KINAHAN, 1857	BK	
	<i>Crangon crangon</i> (LINNÉ, 1758)	vV	
	<i>Decapoda</i> sp.	vV	
	<i>Ebalia cranchii</i> LEACH, 1817	BK	
	<i>Ebalia tumefacta</i> (MONTAGU, 1808)	BK	
	<i>Hyas coarctatus</i> LIACH, 1815	BK	
	<i>Liocarcinus depurator</i> (LINNÉ, 1758)	BK	
	<i>Liocarcinus holsatus</i> (FABRICIUS, 1798)	BK	
	<i>Macropodia rostrata</i> (LINNÉ, 1761)	BK	
	<i>Nephrops norvegicus</i> (LINNÉ, 1758)	BK	G
	<i>Pagurus bernhardus</i> (LINNÉ, 1758)	BK	
	<i>Processa noveli holthuisi</i> (AL-ADHUB & WILLIAMSON, 1975)	BK	3
	<i>Upogebia stellata</i> (MONTAGU, 1808)	BK	1
TENTACULATA			
Phoronida	<i>Phoronis</i> spp. WRIGHT, 1856	BK/vV	
Bryozoa	<i>Alcyonidium gelatinosum</i> (LINNÉ, 1761)	BK	
	<i>Electra pilosa</i> (LINNÉ, 1767)	BK	
ECHINODERMATA			
Asteroida	<i>Asterias rubens</i> LINNÉ, 1758	BK/vV	
	Asteroida spp.	vV	
	<i>Astropecten irregularis</i> (PENNANT, 1777)	BK/vV	3
Ophiuroida	<i>Amphiura brachiata</i> (MONTAGU, 1804)	vV	3
	<i>Amphiura filliformis</i> (O. F. MÜLLER, 1776)	BK/vV	3
	<i>Amphiura</i> spp. FORBES, 1843	vV	
	<i>Ophiura albida</i> FORBES, 1839	BK/vV	
	<i>Ophiura ophiura</i> (LINNÉ, 1758)	BK	
	<i>Ophiura</i> spp. LAMARCK, 1916	vV	
Echinoida	<i>Brissopsis lyrifera</i> (FORBES, 1841)	BK	
	<i>Echinocardium cordatum</i> (PENNANT, 1777)	BK/vV	
	<i>Echinocardium flavescens</i> (O. F. MÜLLER, 1776)	BK/vV	
	<i>Echinocardium</i> spp. J. E. GRAY, 1825	vV	
	<i>Echinocyamus pusillus</i> (O. F. MÜLLER, 1776)	vV	G
	Echinoida spp.	vV	
	<i>Psammechinus miliaris</i> (GMELIN, 1778)	BK	3
Holothuroida	Holothuroida spp.	BK/vV	
	<i>Trachythyone elongata</i> (DÜBEN & KOREN)	BK/vV	G
TUNICATA			
Asciacea	Asciacea spp.	BK	
CHORDATA			
Osteichthyes	<i>Agonus cataphractus</i> (LINNÉ, 1758)	BK	
	Steinpicker		
	<i>Arnoglossus laterna</i> (WALBAUM, 1792)	BK	
	Lammzunge		
	<i>Buglossidium luteum</i> (RISSO, 1810)	BK	
	Zwergzunge		
	<i>Callionymus lyra</i> LINNÉ, 1758	BK	
	Gestreifter Leierfisch		
	<i>Enchelyopus cimbrius</i> (LINNÉ, 1766)	BK	
	Vierbärtelige Seequappe		
	<i>Gadus morhua</i> LINNÉ, 1758	BK	
	Dorsch, Kabeljau		
	<i>Gaidropsaurus mediterraneus</i> (LINNÉ, 1758)	BK	
	Dreibärtelige Seequappe		
	<i>Hippoglossoides platessoides</i> (FABRICIUS, 1780)	BK	
	Doggerscharbe		
	<i>Limanda limanda</i> (LINNÉ, 1758)	BK	
	Kliesche		
	<i>Microstomus kitt</i> (WALBAUM, 1792)	BK	
	Rotzunge		
	Osteichthyes spp.	BK	

<i>Phrynorhombus norvegicus</i> (GUNTHER, 1862) Zwergbutt	BK
<i>Pleuronectes platessa</i> (LINNE, 1758) Scholle	BK
<i>Pomatoschistus minutus</i> (PALLAS, 1770) Sandgrundel	BK

Insgesamt waren in den Proben 12 Tierstämme vertreten. **Tab. 4.2** zeigt die Aufteilung der Arten auf die einzelnen Stämme, sowohl gesamt als auch nach Greifer und Baumkurre getrennt. Zusätzlich sind die Taxa der Roten Liste des BfN (1998) angegeben. Ausgenommen sind Foraminifera und Ostracoda. Überdies wurden auch die bodenlebenden Fische nicht angegeben. Die einzelnen Nemertinen-Arten wurden nicht näher bestimmt und sind aus diesem Grund auch nicht angeführt.

Prozentuale Anteile der Stämme bezogen auf die Gesamtzahl der Taxa sind **Tab. 4.3** zu entnehmen. Es dominieren die Polychaeta, welche mit Ausnahme des Taxons „Oligochaeta sp.“ die Annelida stellen. Es folgen in dieser Reihenfolge die Mollusken und Arthropoda vor den Echinodermata und Cnidaria. Die Arthropoden enthalten ähnlich den Annelida nur ein Taxon (*Anoplodactylus petiolatus*), welches nicht zu den Crustacea gehört. Die Mollusca sind in den Greiferproben mit einer höheren Artenzahl vertreten als die Arthropoda.

Für die Baumkurrenproben stellt sich die Verteilung der Arten verändert dar, denn hier dominieren die Mollusken vor den Arthropoda und den Echinodermata, erst dann folgen die Annelida. Sowohl in den gesamten Proben als auch in den Baumkurren machen die Mollusken den größten Anteil der Rote Liste-Arten aus. Bei den Greifern sind es die Annelida.

Tab. 4.2 Verteilung der Taxa auf die Stämme und untergeordnete Taxa

BK = Baumkurre; vV = van Veen-Greifer; Ges = Gesamt; RL = Rote Liste Arten

Taxon	Ges	RL Ges	vV	RL vV	BK	RL BK
CNIDARIA	14	2	9	-	7	2
Anthozoa	5	1	4	-	2	1
Hydrozoa	9	1	5	-	5	1
NEMATHELMINTHES	1	-	-	-	1	-
SIPUNCULA	3	-	3	-	-	-
PLATHELMINTHES	1	-	1	-	-	-
MOLLUSCA	53	12	46	7	17	8
Bivalvia	29	8	26	5	10	5
Caudofoveata	1	-	1	-	-	-
Gastropoda	23	4	19	2	7	3
ANNELIDA	84	10	84	10	9	2
ARTHROPODA	53	4	41	1	14	3
Pygnogonida	1	-	1	-	-	-
Cirripedia	1	-	1	-	-	-
Amphipoda	21	-	21	-	1	-
Cumacea	9	-	9	-	-	-
Isopoda	4	-	3	-	1	-
Tanaidacea	2	-	2	-	-	-
Decapoda	15	4	4	1	12	3
TENTACULATA	3	-	1	-	3	-
ECHINODERMATA	18	6	15	5	11	4
Asteroidea	3	1	3	1	2	1
Ophiuroidea	6	1	5	2	3	1
Echinoidea	7	3	5	1	4	1
Holothuroidea	2	1	2	1	2	1
TUNICATA	1	-	-	-	1	-
Summe	231	34	200	23	63	19

Tab:4.3 Prozentuale Verteilung der Taxa auf die Stämme nach Tab. 4.2

BK = Baumkurre; vV = van Veen-Greifer; Ges = Gesamt; RL = Rote Liste Arten.

Taxon	Ges	RL Ges	vV	RL vV	BK	RL BK
CNIDARIA	6,1	5,9	4,5	0,0	11,1	10,5
NEMATHELMINTHES	0,4	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0
SIPUNCULA	1,3	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0
PLATHELMINTHES	0,4	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
MOLLUSCA	22,9	35,3	23,0	30,4	27,0	42,1
ANNELIDA	36,4	29,4	42,0	43,5	14,3	10,5
ARTHROPODA	22,9	11,8	20,5	4,3	22,2	15,8
TENTACULATA	1,3	17,6	0,5	21,7	4,8	0,0
ECHINODERMATA	7,8	0,0	7,5	0,0	17,5	21,1
TUNICATA	0,4	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0

Die Artenzahl gibt **Tab. 4.4** an den von Nordwest nach Südost geordnet Stationen wieder. Für die Stationen 471, UT 13 und UT 26 lagen keine Daten für die 0,5 mm-Fraktion vor. Der durchschnittliche Anteil der 1 mm-Fraktion an der Gesamtartenzahl für alle übrigen Stationen beträgt 72,6 %. Aus diesem wurde die Gesamtartenzahl für die Stationen 471, UT 13 und UT 26 berechnet. Station 547 ging in die Berechnung nicht ein, da sie deutlich von den anderen Stationen abweicht. Dies machen die geringen Artenzahlen beider Fraktionen dieser Station deutlich. Ähnliche Werte zeigen sich sonst nur an Station 562.

Im Nordwesten und Südosten sind die größten Artenzahlen mit Werten von 60 - 69 zu verzeichnen. Im mittleren Bereich des Elbe-Urstromtales sind deutlich weniger Arten (42 - 58 Arten) vorhanden; einzige Ausnahme bildet Station 554, die mit Abstand die meisten Arten (81) im gesamten Untersuchungsgebiet aufweist.

Tab. 4.4 Artenzahlen an den Stationen

Mit * gekennzeichnete Werte sind theoretische Werte, die sich aus den gemittelten Anteilen der 1 mm-Fraktion der übrigen Stationen mit Ausnahme von Station 547 an den Gesamtartenzahlen errechnen.

Station	Anzahl der Arten Gesamt	Anzahl der Arten 0,5mm	Anzahl der Arten 1mm	Arten beider Fraktionen	
534	62	38	43	19	30,6%
535	69	38	53	22	31,9%
536	67	37	49	19	28,4%
547	42	22	25	5	11,9%
554	81	55	50	24	29,6%
562	43	28	31	16	37,2%
563	58	25	52	19	32,8%
564	56	32	42	18	32,1%
565	50	33	32	15	30,0%
471	52*	-	38	-	-
UT 13	61*	-	44	-	-
472	60	37	43	20	33,3%
UT 26	66*	-	48	-	-

4.2 Gemeinschaftsanalyse

Die Gemeinschaftsanalyse wurde anhand einer reduzierten Artenstationstabelle durchgeführt. Es wurde dabei wie unter **Kap. 3.6** beschrieben vorgegangen und die Taxa auf 100 verringert.

4.2.1 Clusteranalyse

Bei einer Ähnlichkeit von etwa 45 % ergeben sich drei Cluster (**Abb. 4.1**). Station 547 fällt in keines der Cluster und wurde daher bei der Charakterisierung der Stationsgruppen nicht berücksichtigt. Die drei Gruppen entsprechen ihrer geographischen Lage im Elbe-Urstromtal. An dieser orientiert sich auch die Namensgebung. Stationsgruppe SÜDOST enthält die 6 küstennächsten Stationen. Im mittleren Bereich, etwa auf halber Strecke, bei der Weißen Bank, liegt die Stationsgruppe MITTE. Mit nur zwei Stationen bildet sie die kleinste Gruppe. Zu Stationsgruppe NORDWEST gehören die 4 küstenfernen Stationen.

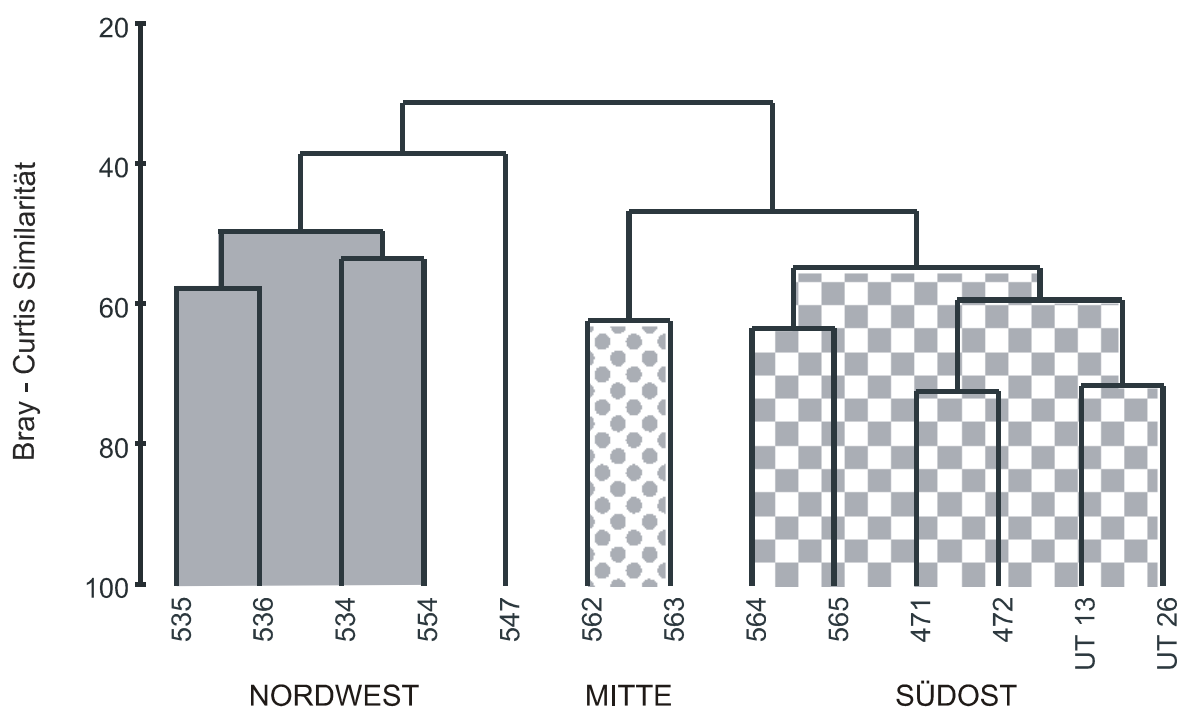


Abb. 4.1 Clusteranalyse für Elbe-Urstromtal mit Bray – Curtis Similaritäten und $\sqrt[4]{}$ -Transformation bei „group average“-Verfahren.

Auf einem Ähnlichkeitsniveau von etwa 30 % lassen sich nur zwei Cluster unterscheiden, wobei Stationsgruppen SÜDOST und MITTE zu einem Cluster zusammengefasst sind. Auch die beiden Stationen mit der größten Wassertiefe 535 (54 m) und 536 (52,9 m) bilden auf höherem Ähnlichkeitsniveau bei allen Verfahren ein Cluster.

Die Lage der Stationsgruppen zeigt die Stationsgruppenkarte in **Abb 4.2**.

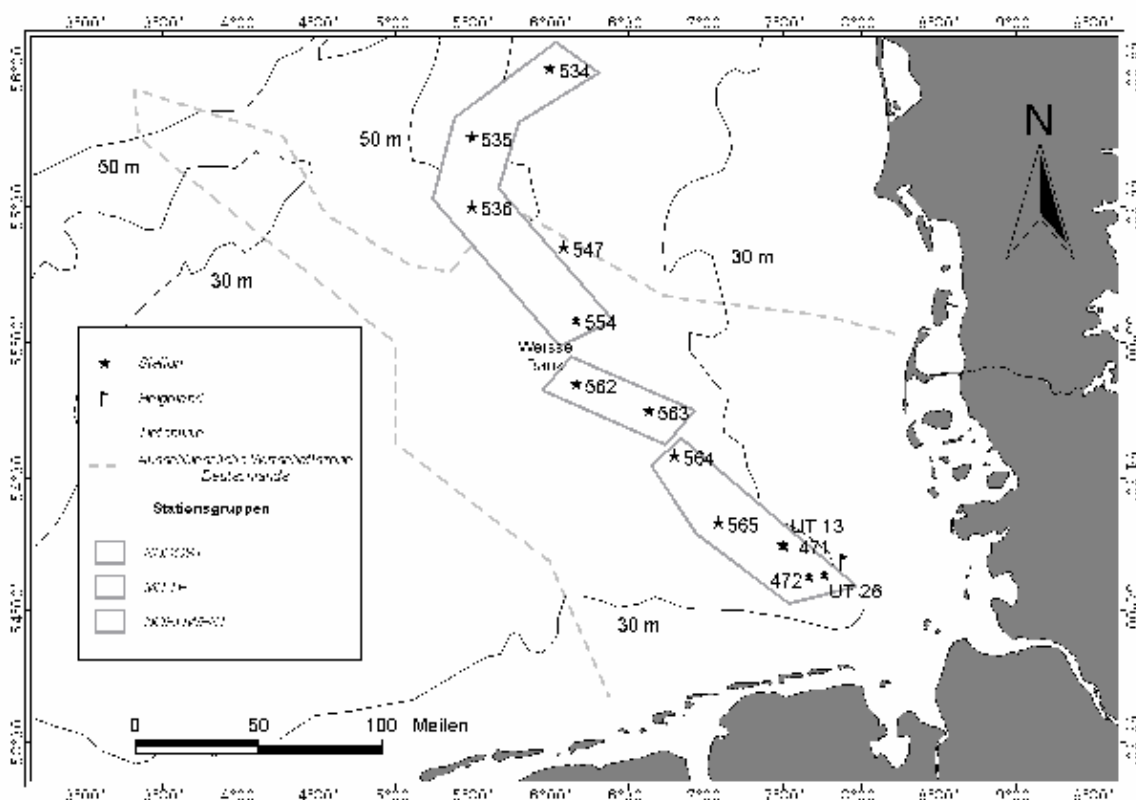


Abb. 4.2. Stationsgruppenkarte

4.2.2 Multidimensionale Skalierung

Das Ergebnis der MDS fällt ähnlich, aber doch mit Unterschieden zur Clusteranalyse aus (**Abb. 4.3**). Es zeigen sich keine so eindeutigen Gruppen wie bei der Clusteranalyse, obwohl die Stationen der Stationsgruppe SÜDOST näher beisammen stehen als die übrigen Stationen. Der MDS-Plot zeigt, dass UT 13 und UT 16 eine engere Beziehung untereinander aufweisen als zu den übrigen Stationen der Stationsgruppe SÜDOST. Station 547 tritt in weiter Entfernung zu den übrigen Stationen auf. Alle Abstände der Stationen, die bei der Clusteranalyse als Stationsgruppen MITTE und NORDWEST angesprochen wurden, sind ähnlich groß. Jedoch wird wie bei der Clusteranalyse eine Anordnung deutlich, die annähernd der geographischen Lage der Stationen im Elbe-Urstromtal entspricht.

Aus der gleichmäßigen Verteilung der Stationen entsprechend ihrer geographischen Lage geht hervor, dass sich die Faunenzusammensetzung graduell ändert.

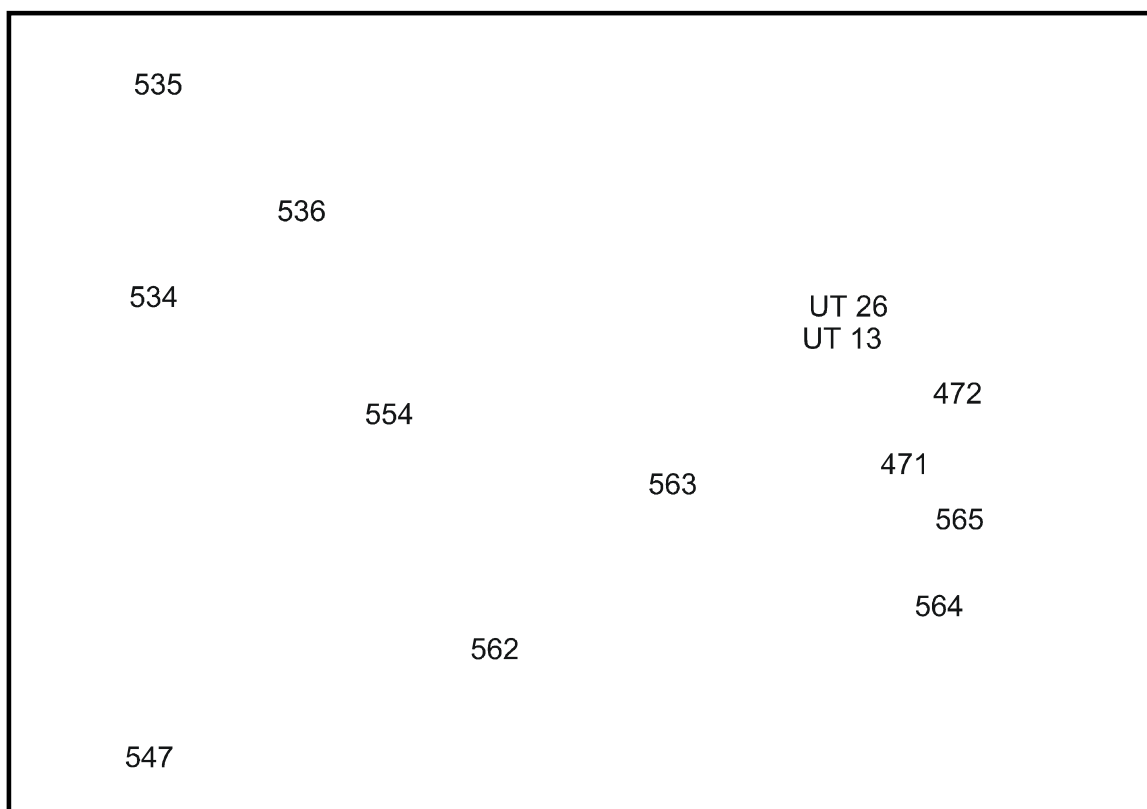


Abb. 4.3 MDS-Plot für Elbe-Urstromtal mit Bray – Curtis Similaritäten und $4\sqrt{\cdot}$ -Transformation; „stress“ = 0,07 bei 40 Neustarts

4.2.3 Charakterisierung der Stationen und Stationsgruppen

4.2.3.1 Diversitäten und Artenverteilung

Es wurden für alle Stationen anhand der Artenstationstabelle der 1mm-Fraktion die Diversität (H') nach SHANNON & WEAVER (1949) und die Äquität (J') nach PIELOU (1966) berechnet. Zusätzlich gibt **Tab. 4.5** die Zahl der Arten und der Rote Liste-Arten an den Stationen und in den Stationsgruppen, sowie S(90%) wieder.

Tab. 4.5 Diversität der Stationen und Stationsgruppen

Md = Median, Mi = Mittelwert

Werte in Klammern beziehen sich nur auf die reduzierte Artenstationstabelle, die Angaben zu den Rote Liste-Arten beruhen auf dem Gesamtmaterial der Erhebung.

Station / Gruppe	Artenzahl	S(90%)	Diversität	Äquität	Rote Liste
SÜDOST	76 (67)	15 (15)	Mi 1,90 (2,00)	Mi 0,58 (0,57)	17
	Md 36,5 (36)		Md 2,11 (2,26)	Md 0,65 (0,66)	
UT 26	43 (38)	3 (3)	0,9 (0,88)	0,24 (0,24)	13
UT 13	40 (38)	6 (6)	1,41 (1,40)	0,38 (0,39)	8
472	39 (38)	16 (16)	2,58 (2,6)	0,71 (0,71)	8
471	34 (34)	18 (18)	2,67 (2,67)	0,76 (0,76)	8
565	27 (27)	10 (9)	2,2 (2,18)	0,67 (0,66)	6
564	34 (34)	15 (15)	2,32 (2,32)	0,66 (0,66)	9
MITTE	49 (44)	14 (14)	Mi 1,96 (2,15)	Mi 0,62 (0,62)	13
	Md 34,5 (32)		Md 1,96 (2,15)	Md 0,62 (0,62)	
563	40 (36)	11 (12)	2,17 (2,12)	0,59 (0,6)	12
562	29 (28)	12 (12)	2,17 (2,16)	0,64 (0,65)	8
NORDWEST	82 (71)	11 (11)	Mi 1,41 (1,6)	Mi 0,44 (0,44)	30
	Md 41 (38,5)		Md 1,44 (1,6)	Md 0,43 (0,44)	
554	40 (39)	4 (4)	1,44 (1,43)	0,39 (0,39)	15
536	42 (38)	11 (11)	1,79 (1,76)	0,48 (0,48)	13
535	46 (43)	7 (7)	1,66 (1,65)	0,43 (0,44)	10
534	34 (32)	12 (12)	1,57 (1,54)	0,45 (0,45)	20
547	21 (20)	5 (5)	1,33 (1,31)	0,44 (0,44)	7

Stationsgruppe SÜDOST:

Die Stationsgruppe SÜDOST zeigt bei dem Vergleich mit den anderen Clustern den höchsten Median für die Diversität als auch Äquität. Die Diversität variiert zwischen 0,9 und 2,7. Die Äquität schwankt zwischen 0,2 und 0,8. Dies beruht auf den Stationen der Ausfahrt von März 2002, denn die Stationen UT 13 und UT 26 weichen mit ihren niedrigen Diversitäten und Äquitäten stark von den übrigen im Jahr 2000 beprobten Stationen ab. Daher sind auch die Mittelwerte gering. *Phoronis* trat massenhaft in den „Uthörn“-Proben auf. Berechnet man daher

Diversität und Äquität unter Ausschluss von *Phoronis*, so ergeben sich folgende Werte:

$$H'_{UT\ 13} = 2,14 \quad J'_{UT\ 13} = 0,58; \quad H'_{UT\ 26} = 2,74 \quad J'_{UT\ 26} = 0,73$$

Diese Werte von Station UT 26 sind auf dem Niveau der für die übrigen Stationen der Gruppe SÜDOST ermittelten Werte, die Werte für UT 13 liegen etwas darunter. Weiter zeigen die UT-Stationen innerhalb der Stationsgruppe die niedrigsten S(90%)-Werte (3 und 6). Die Berechnung des S(90%) ohne *Phoronis* führt auch hier zu Werten, die dem S(90%) der übrigen Stationen in Stationsgruppe SÜDOST entsprechen:

$$S(90\%)_{UT\ 13} = 16; \quad S(90\%)_{UT\ 26} = 19$$

Trotzdem ist der S(90%) für den gesamten Cluster mit 15 am größten. Es wurden 17 Arten der Roten Liste gefunden.

Stationsgruppe MITTE:

Der S(90%)-Wert (14) und die Mediane für Diversität (2,2) und Äquität (0,6) der Stationsgruppe MITTE befinden sich genau zwischen denen, der beiden anderen Gruppen. Betrachtet man die Mittelwerte, sind Diversität und Äquität an dieser Stationsgruppe am größten. Die Anzahl der Rote Liste-Arten (13) sowie die Zahl der Arten (49; Median 34,5) ist jedoch die geringste.

Die Einzelwertwerte für Diversität und Äquität liegen in größerer Nähe zu den Werten für die Stationen 565 und 564 als zu den übrigen Stationen der Stationsgruppe SÜDOST. Dies entspricht der geographischen Nähe der Stationen.

Stationsgruppe NORDWEST:

Obwohl die Werte für den S(90%), die Diversität und Äquität am niedrigsten sind, wurden im Cluster NORDWEST die meisten Arten (81) gefunden. Dies zeigt, dass die Artenzusammensetzungen der Einzelstationen untereinander heterogen sind. Gleichzeitig sind die Individuen ungleichmäßig auf die Arten verteilt und wenige Arten dominieren. Die Zahl der Rote Liste-Arten in Stationsgruppe NORDWEST

beträgt 30. Dies sind nur 4 Arten weniger als die Gesamtzahl der im Untersuchungsgebiet gefundenen Arten der Roten Liste

4.2.3.2 Dominante- und Charakterarten

SALZWEDEL et al. (1985) bestimmten die Charakterarten unter jenen Arten der einzelnen Assoziationen, welche eine Dominanz von mindestens 1 % hatten. In der vorliegenden Untersuchung erfüllten in der Stationsgruppen SÜDOST 7 und in der Stationsgruppe NORDWEST 3 Arten die Kriterien für eine Charakterart. Dies sind vergleichsweise viele der Arten (12 bzw. 9), die mit einer Dominanz von mindestens 1% auftraten. Im Gegensatz dazu ergibt sich an Stationsgruppe MITTE keine Charakterart aus 15 Arten (**Tab. 4.6**).

Tab. 4.6 Charakterarten aus Arten mit einer Dominanz \geq 1%

Ind = Individuen pro qm; Med = Median; Mittel = Mittelwert; Min, Max = Minimal-, Maximalwert den diese Art an einer Station annimmt; Dom = Individuendominanz in %; Prä = Präsenz in %; Biv = Bivalvia; Cru = Crustacea; Ech = Echinodermata; Gas = Gastropoda; Pol = Polychaeta; Ten = Tentaculata; AT = Abundanztreue; PT = Präsenztreue; Charakterart nach Salzwedel et al (1985) sind fett gedruckt.

Stationsgruppe SÜDOST

Art	Taxon	Ind	Med	Mittel	Min	Max	Dom	Prä	AT	PT
<i>Phoronis spp.</i>	Ten	13870	688	2312	30	7980	50,4	100,0	98,1	54,5
<i>Nucula nitidosa</i>	Biv	3185	550	531	55	1075	11,6	100,0	75,5	60,0
<i>Owenia fusiformis</i>	Pol	1980	75	330	10	1275	7,2	100,0	88,9	60,0
<i>Abra alba</i>	Biv	1406	23	234	0	1240	5,1	83,3	100,0	100,0
<i>Scalibregma inflatum</i>	Pol	1090	80	182	0	760	4,0	83,3	99,9	83,3
<i>Amphiura brachiata</i>	Ech	630	105	105	70	155	2,3	100,0	100,0	100,0
<i>Phaxas pellucidus</i>	Biv	460	40	77	25	205	1,7	100,0	87,3	60,0
<i>Tellimya ferruginosa</i>	Biv	435	70	73	35	125	1,6	100,0	95,6	85,7
<i>Nephtys hombergii</i>	Pol	370	58	62	25	105	1,3	100,0	64,9	50,0
<i>Corbula gibba</i>	Biv	326	33	54	0	140	1,2	83,3	10,0	50,0
<i>Mysella bidentata</i>	Biv	335	60	56	0	115	1,2	66,7	33,0	40,0
<i>Abra nitida</i>	Biv	280	0	47	0	280	1,0	16,7	88,9	33,3

Stationsgruppe MITTE

Art	Taxon	Ind	Med	Mittel	Min	Max	Dom	Prä	AT	PT
<i>Amphiura filiformis</i>	Ech	1780	890	890	625	1155	36,6	100,0	15,9	22,2
<i>Nucula nitidosa</i>	Biv	1000	500	500	45	955	20,5	100,0	23,7	20,0
<i>Corbula gibba</i>	Biv	540	270	270	125	415	11,1	100,0	16,6	20,0
<i>Phoronis spp.</i>	Ten	220	110	110	60	160	4,5	100,0	1,6	18,2
<i>Owenia fusiformis</i>	Pol	220	110	110	0	220	4,5	50,0	9,9	10,0
<i>Nephtys hombergii</i>	Pol	105	53	53	35	70	2,2	100,0	18,4	16,7
<i>Polinices pulchellus</i>	Gas	100	50	50	40	60	2,1	100,0	27,0	20,0
<i>Spiophanes bombyx</i>	Pol	85	43	43	30	55	1,7	100,0	20,0	18,2
<i>Pholoe baltica</i>	Pol	85	43	43	40	45	1,7	100,0	14,4	18,2
<i>Magelona filiformis</i>	Pol	80	40	40	30	50	1,6	100,0	52,6	33,3
<i>Phaxas pellucidus</i>	Biv	65	33	33	15	50	1,3	100,0	12,3	20,0
<i>Corystes cassivelaunus</i>	Cru	55	28	28	25	30	1,1	100,0	40,1	25,0
<i>Thyasira flexuosa</i>	Biv	55	28	28	0	55	1,1	50,0	20,7	12,5
<i>Echinocardium cordatum</i>	Ech	51	26	26	1	50	1,0	100,0	17,2	20,0

Stationsgruppe NORDWEST

Art	Taxon	Ind	Med	Mittel	Min	Max	Dom	Prä	AT	PT
<i>Amphiura filiformis</i>	Ech	8345	2053	2086	1270	2970	48,0	100,0	74,6	44,4
<i>Galathowenia oculata</i>	Pol	3211	105	803	1	3000	18,5	100,0	100,0	100,0
<i>Corbula gibba</i>	Biv	2085	10	521	0	2065	12,0	50,0	63,9	20,0
<i>Mysella bidentata</i>	Biv	635	158	159	25	295	3,7	100,0	62,5	40,0
<i>Pholoe baltica</i>	Pol	390	73	98	35	210	2,2	100,0	66,0	36,4
<i>Lanice conchilega</i>	Pol	305	68	76	0	170	1,8	50,0	68,8	25,0
<i>Lagis koreni</i>	Pol	222	11	56	1	200	1,3	100,0	75,0	33,3
<i>Nuculoma tenuis</i>	Biv	186	30	47	1	125	1,1	100,0	100,0	100,0
<i>Diplocirrus glaucus</i>	Pol	186	20	46,5	1	145	1,1	100,0	91,6	57,1

Stationsgruppe SÜDOST:

In Stationsgruppe SÜDOST tritt *Phoronis* mit 50% aller Individuen auf und erfüllt gleichzeitig die Kriterien für eine Charakterart. Insgesamt treten 6 weitere Charakterarten auf, von denen 3 zu den Bivalvia gehören. Unter den 12 dominantesten Arten dieser Stationsgruppe befinden sich 7 Bivalvia und 3 Polychaeta. Nur jeweils eine Art gehört zu den Echinodermata und Tentaculata. 4 Charakterarten kommen an allen Stationen der Stationsgruppe SÜDOST vor. Die Muschel *Abra alba* und der Ophiuroide *Amphiura brachiata* kommen ausschließlich in dieser Stationsgruppe vor, *Amphiura brachiata* tritt zudem an allen Stationen dieser Gruppe auf.

Stationsgruppe MITTE:

Der Ophiuroide *Amphiura filiformis* zeigt in der Stationsgruppe MITTE die größte Dominanz (37 %). 13 der 15 Arten treten an beiden Stationen auf. Alle Arten kommen aber mindestens an 2 weiteren Stationen vor, daher sind die Werte für die Abundanztreue und Präsenztreue zu niedrig, um die Kriterien für eine Charakterart zu erfüllen (vergl. **Tab. 4.6.**). 5 der dominantesten Arten der Stationsgruppe MITTE sind Polychaeten. Zu den Bivalvia zählen 4 und 2 Arten gehören zu den Echinodermata. Tentaculata, Gastropoda und Crustacea sind mit je 1 Art vertreten.

Stationsgruppe NORDWEST:

Auch in der Stationsgruppe NORDWEST ist *Amphiura filiformis* (48%) die dominanteste Art. Zudem erfüllt sie die Kriterien für die Charakterarten nach SALZWEDEL et al. (1985). Weitere Charakterarten sind der Polychaet *Galathowenia filiformis* und die Muschel *Nuculoma tenuis*. 7 der 9 dominantesten Arten kommen an allen Stationsgruppen vor. Dazu gehören auch die 3 Charakterarten. Ferner betragen die Werte für die Abundanz- und Präsenztreue bei *Galathowenia filiformis* und *Nuculoma tenuis* 100%. Über die Hälfte der dominantesten Arten (5) der Stationsgruppe NORDWEST sind Polychaeta. Die Bivalvia stellen 3 Arten und die Echinodermata 1 Art.

4.2.3.3 Diskriminatoren

Arten, welche als Diskriminatoren ermittelt werden, charakterisieren zwei Stationsgruppen aufgrund von trennenden Eigenschaften. Die Dominanz spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle. Wichtig ist der Einfluss, den eine Art auf die mittlere Dissimilarität (δ) hat. Daher müssen die Diskriminatoren und Charakterarten nicht identisch sein. Nach CLARK UND WARWICK (1994) sind gute Diskriminatoren (**Tab. 4.7**) durch ein großen Wert für $\delta_k / SD(\delta_k)$ gekennzeichnet. Die mittlere Dissimilarität (δ) variiert im Untersuchungsgebiet zwischen 53,6 und 70,71.

Tab. 4.7 Diskriminatoren

Ind Dom = Individuendominanz δ_k = Dissimilaritätsanteil der k-ten Art; δ = mittlere Dissimilarität; SD = Standardabweichung; SO = SÜDOST; MI = MITTE, NW = NORTHWEST; Biv = Bivalvia; Cni = Cnidaria; Cru = Crustacea; Ech = Echinodermata; Gas = Gastropoda; Pol = Polychaeta; Ten = Tentaculata

Stationsgruppenpaar SÜDOST & NORTHWEST $\delta = 70,71$

	Taxon	Mittlere Abundanz		Ind Dom %	δ_k	$\delta_k/SD(\delta_k)$	Anteil an δ
		SO	NW				
<i>Amphiura filiformis</i>	Ech	3,5	2086,3	48,0	3,94	5,72	5,6
<i>Amphiura brachiata</i>	Ech	105,0	0,0	2,3	2,02	13,14	2,9
<i>Tellimya ferruginosa</i>	Biv	72,5	0,0	1,6	1,82	8,13	2,6
<i>Harpinia antennaria</i>	Cru	0,0	41,3	0,9	1,49	4,74	2,1

Stationsgruppenpaar SÜDOST & MITTE $\delta = 53,36$

	Taxon	Mittlere Abundanz		Ind Dom %	δ_k	$\delta_k/SD(\delta_k)$	Anteil an δ
		SO	MI				
<i>Amphiura filiformis</i>	Ech	3,5	890,0	36,3	3,31	4,68	6,2
<i>Amphiura brachiata</i>	Ech	105,0	0,0	2,3	2,14	11,25	4,0
<i>Abra nitida</i>	Biv	46,7	17,5	1,0	1,36	9,63	2,6
<i>Harpinia antennaria</i>	Cru	0,0	15,0	0,6	1,33	5,29	2,5
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Poly	1,7	1,0	0,0	0,65	6,27	1,2
<i>Cylichna cylindracea</i>	Gas	7,5	1,0	0,2	0,60	5,22	1,1

Stationsgruppenpaar NORTHWEST & MITTE $\delta = 58,04$

	Taxon	Mittlere Abundanz		Ind Dom %	δ_k	$\delta_k/SD(\delta_k)$	Anteil an δ
		NW	MI				
<i>Mysella bidentata</i>	Biv	158,8	0,5	3,7	1,91	4,03	3,3
<i>Phoronis</i> spp.	Ten	0,5	110,0	4,5	1,82	3,98	3,1
<i>Magelona filiformis</i>	Pol	0,3	40,0	1,6	1,57	3,41	2,7
<i>Abra nitida</i>	Biv	0,0	17,5	0,7	1,37	11,81	2,4
<i>Cerianthus lloydii</i>	Cni	11,5	0,0	0,3	1,18	3,25	2,0

Stationsgruppe SÜDOST:

Der wichtigste Diskriminator der Stationsgruppe SÜDOST ist der Ophiuroide *Amphiura brachiata*. Im Vergleich mit Stationsgruppe MITTE, wie auch mit Stationsgruppe NORTHWEST tritt diese Art als Diskriminator auf. Als zweite Diskriminatorart trägt die Muschel *Tellimya ferruginosa* zur Abgrenzung gegen die Assoziation der Stationsgruppe NORTHWEST bei. Trennende Arten der Stationsgruppe SÜDOST zu Stationsgruppe MITTE sind die Muschel *Abra nitida*, der Polychaet *Ophiodromus flexuosus* und die Schnecke *Cylichna cylindracea*. Letztere kamen jedoch auch in der Gemeinschaft der Stationsgruppe MITTE vor.

Stationsgruppe MITTE:

Besonders wichtige Arten der Stationsgruppe MITTE bei der Gegenüberstellung mit Stationsgruppe SÜDOST sind der Amphipode *Harpinia antennaria* und der Ophiuroide *Amphiura filiformis*. Letzterer tritt in geringen Abundanzen auch in der Assoziation SÜDOST auf. Die Muschel *Abra nitida* nimmt in Bezug auf die Assoziation NORDWEST als Diskriminator einen hohen Rang ein. Aber auch der Polychaet *Magelona filiformis* und *Phoronis* spp. sind Diskriminatoren in diesem Stationsgruppenpaar. Das Vorkommen beider Taxa ist jedoch nicht auf Stationsgruppe MITTE beschränkt.

Wie im Vergleich der beiden küstennahen Assoziationen zeigt sich auch für Stationsgruppe NORDWEST, in Gegenüberstellung mit Stationsgruppe SÜDOST, dass *Harpinia antennaria* und *Amphiura filiformis* Diskriminatoren sind.

4.3 Ergebnisse im Zusammenhang mit dem Gesamtprojekt

4.3.1 Clusteranalyse

Unter Verwendung 27 weiterer Proben des BfN F+E-Vorhabens: „Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee“ ergaben sich die in **Abb. 4.4** dargestellten Cluster. Es zeigen sich bei einer Ähnlichkeit von etwa 30% 5 Cluster und eine Einzelstation.

Zwei Stationen in der HELGOLÄNDER TIEFEN RINNE trennen sich sehr früh von den 4 übrigen Stationsgruppen. Das Sediment ist in diesem Gebiet von unterschiedlicher Struktur und kann sowohl schlickig als auch sandig sein. Insbesondere zeichnen hohe Schillanteile und grober Untergrund wie Kies und Fels die Helgoländer Tiefe Rinne aus (CASPER 1939).

Die Stationsgruppe KÜSTENNAH-SAND enthält bis auf 2 Stationen alle Stationen, die zwischen der Küste und der 30 m-Linie liegen.

In der Stationsgruppe KÜSTENNAH-SAND handelt es sich um sandige Sedimente mit einem Sandanteil von mindestens 20 %. Das Sediment der beiden Stationsgruppen MITTLERER BEREICH-SCHLICK und KÜSTENFERN-SCHLICK hat einen Schlick- und Tonanteil von mindestens 5 %, stellenweise bis über 50 %

(FIGGE 1981). Die Stationen 435 und 547 sind mit sandigen Sedimenten die Ausnahmen.

Stationsgruppe MITTLERER BEREICH-SCHLICK liegt in größerer Nähe zur Küste als Stationsgruppe KÜSTENFERN-SCHLICK.

Stationsgruppe FLECKEN besteht aus drei Stationen mit sowohl schlickigen als auch sandigen Sedimenten. Zusätzlich liegen diese Stationen verhältnismäßig weit auseinander. Station 386 liegt isoliert in Stationsgruppe KÜSTENFERN-SCHLICK. Sie liegt am Rand der Weißen Bank, welche flacher und wesentlich sandiger als das umliegende Gebiet ist. Die Lage der Stationsgruppen zeigt die Stationsgruppenkarte in **Abb. 4.5**.

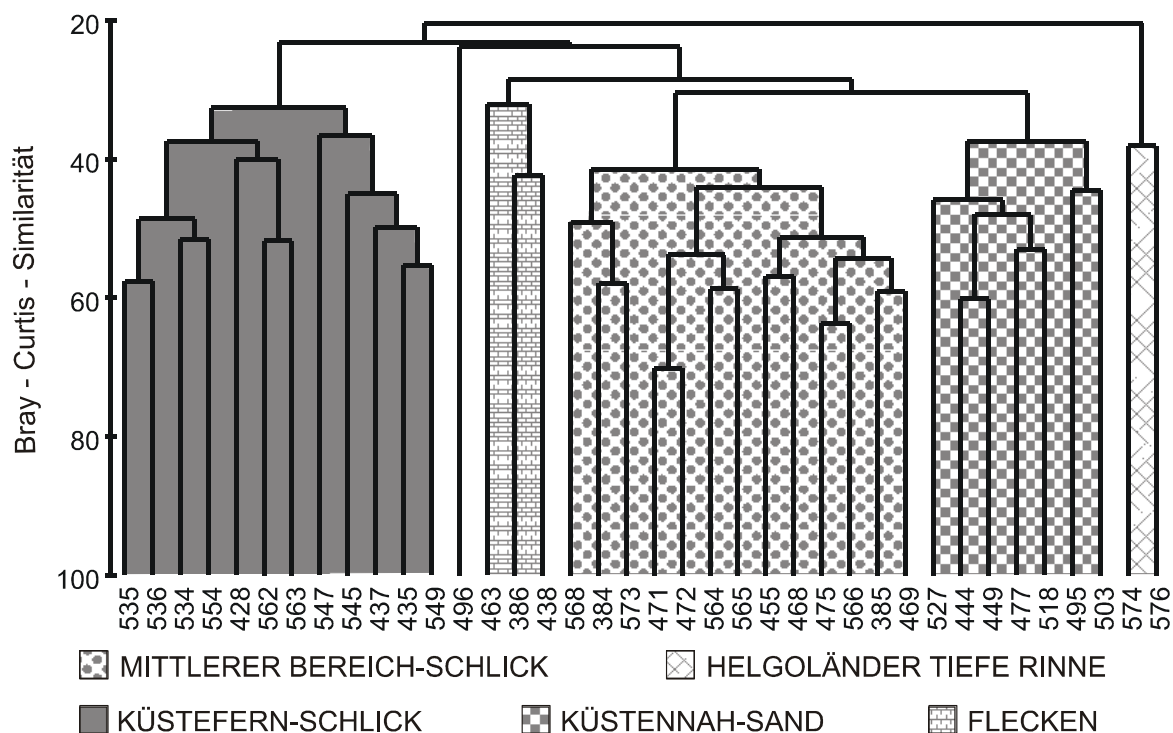


Abb. 4.4 Clusteranalyse für Elbe-Urstromtal und Umgebung mit Bray – Curtis Similaritäten und $\sqrt[4]{}$ -Transformation bei „group average“-Verfahren.

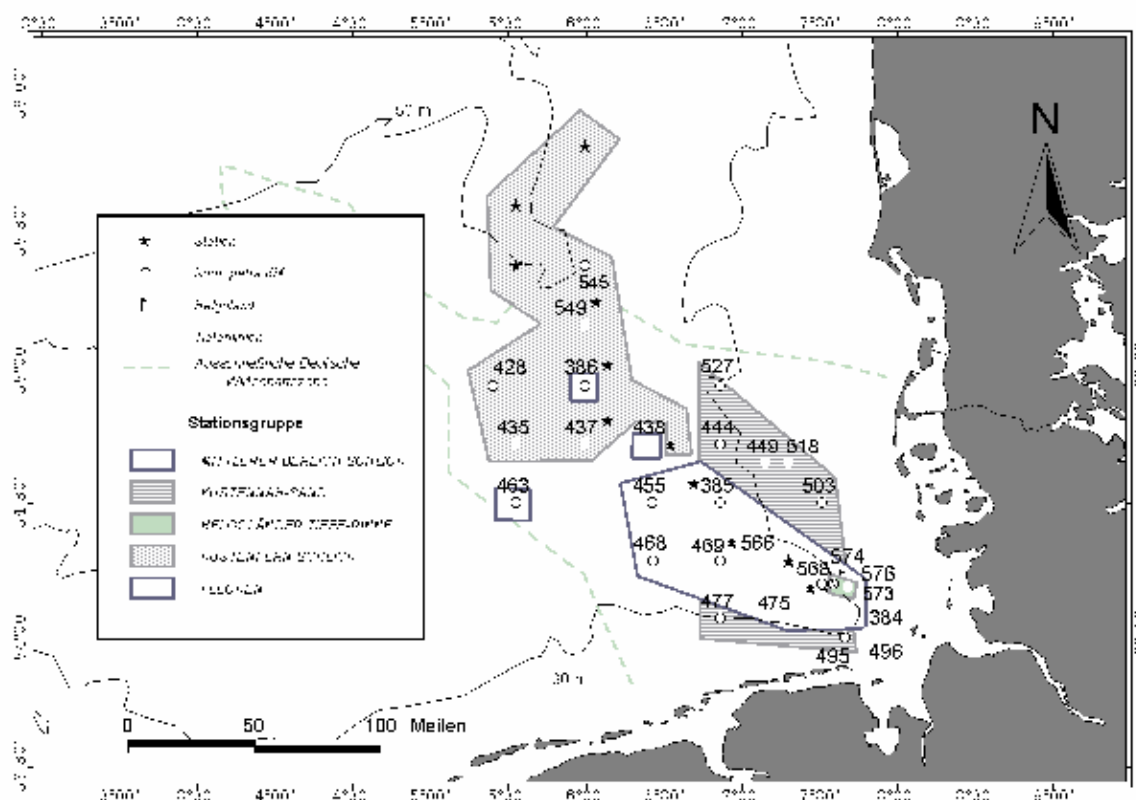


Abb. 4.5 Stationsgruppenkarte des Elbe-Urstromtales und umgebender Stationen

4.3.2 Multidimensionale Skalierung

In **Abb. 4.6** ist das Ergebnis der MDS dargestellt, welches Ähnlichkeiten zur Clusteranalyse zeigt. Allerdings ergeben sich wie in **Kap. 4.2** auch einige deutliche Unterschiede. Abseits von allen anderen Stationen stehen die Stationen der Helgoländer Tiefen Rinne. Die Stationen 384, 472, 568 und 573 liegen in der Nähe von Helgoland, alle 4 stehen auch in der Abbildung den Stationen der Helgoländer Tiefen Rinne vergleichsweise nahe (**Abb. 4.6**). Als einzige enge Gruppe kann nur MITTLERER BEREICH-SCHLICK angesprochen werden. Links von dieser Gruppe stehen alle weiteren Stationen, deren Sedimente Schlick- und Schluffanteile enthalten. Zusätzlich sind die Stationen 435 und 547 mit sandigeren Sedimenten in diesem Bereich abgebildet. Unten rechts von der Gruppe in der Mitte der Abbildung befinden sich die Stationen mit sandigem Sediment, dazu gehören auch die Stationen 386 und 527. Allerdings stehen diese etwas abgesetzt den Stationen mit schlickigem Sediment am nächsten. Das deutet deren geographische Nähe zu den letztgenannten Stationen an.

In der Abbildung der MDS sind die Stationen offensichtlich nach Sediment und geographischer Nähe geordnet dargestellt, wobei das Sediment prägender für das Bild ist. Zusätzlich sind alle Stationen des Elbe-Urstromtals von den anderen Stationen mit schlickigen Sedimenten in der Abbildung nach oben abgesetzt.

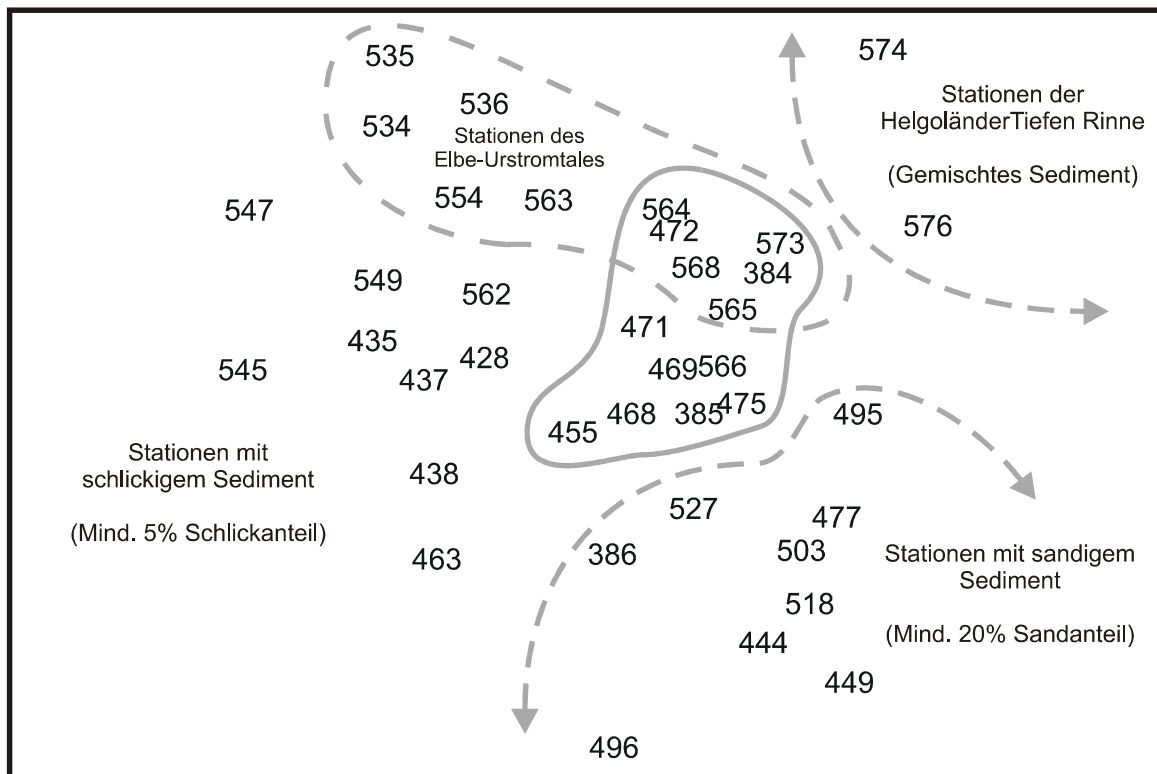


Abb. 4.6 MDS-Plot für Elbe-Urstromtal und Umgebung mit Bray – Curtis Similaritäten und $\sqrt[4]{}$ -Transformation; „stress“ = 0,18 bei 40 Neustarts.

4.4 Abundanzen und Biomassen der Greiferproben des Elbe-Urstromtals

4.4.1 Abundanzen

Die absoluten Abundanzen der Groß-Taxa sind in **Abb. 4.7** für die einzelnen Stationen in ihrer Lage von Nordwest nach Südost dargestellt. Gleichzeitig sind die Werte für 1 qm Beprobungsfläche tabellarisch angegeben. Es fallen die hohen Werte für Sonstige an den Stationen der „Uthörn“-Fahrt auf. Ausschlaggebend dafür ist *Phoronis* mit bis zu 7980 Individuen pro qm. Da *Phoronis* mit hohen Schwankungen auftritt, wurden die Tentakulata bei der Betrachtung der relativen Abundanzen nicht berücksichtigt.

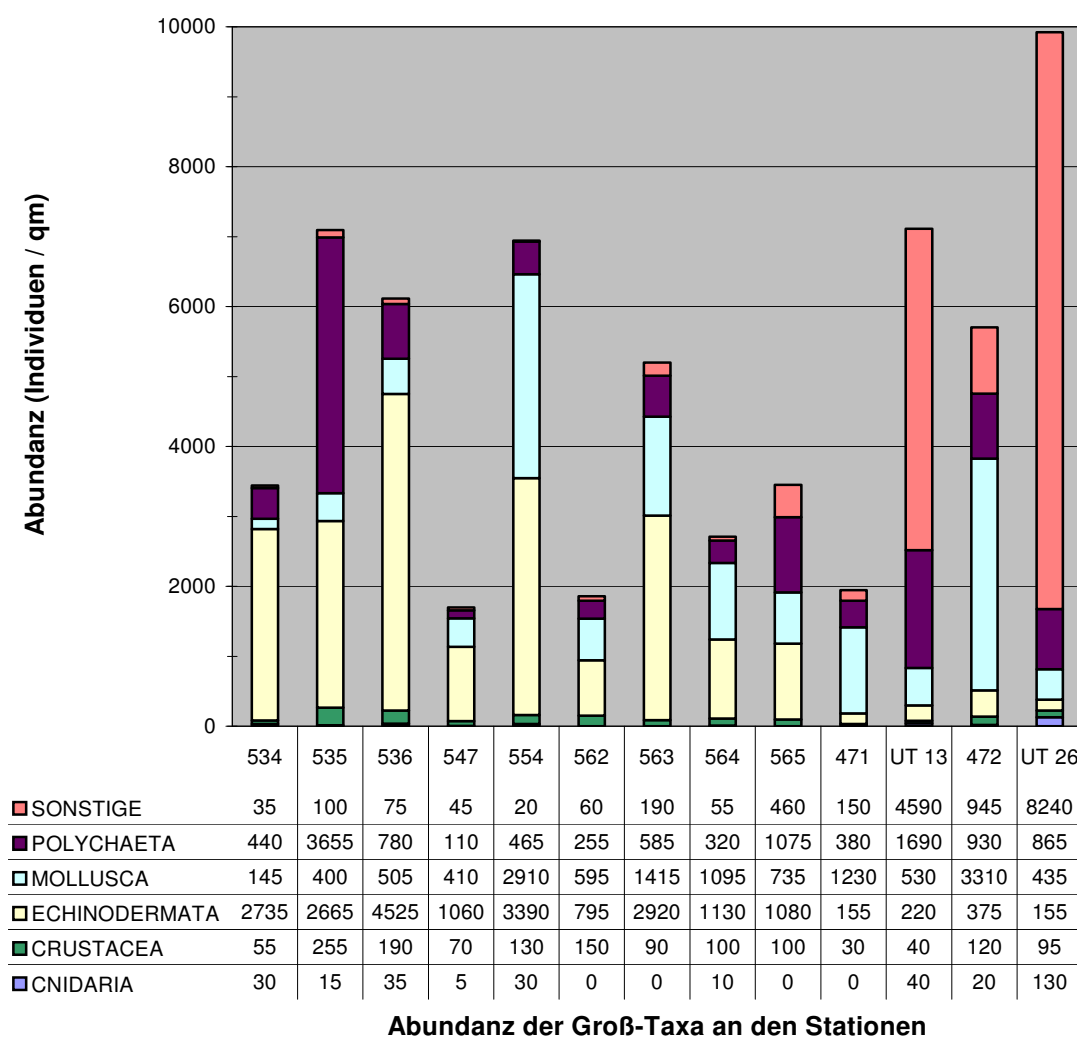


Abb. 4.7 Absolute Abundanzen der Groß-Taxa, dem Median entspricht Station 563.

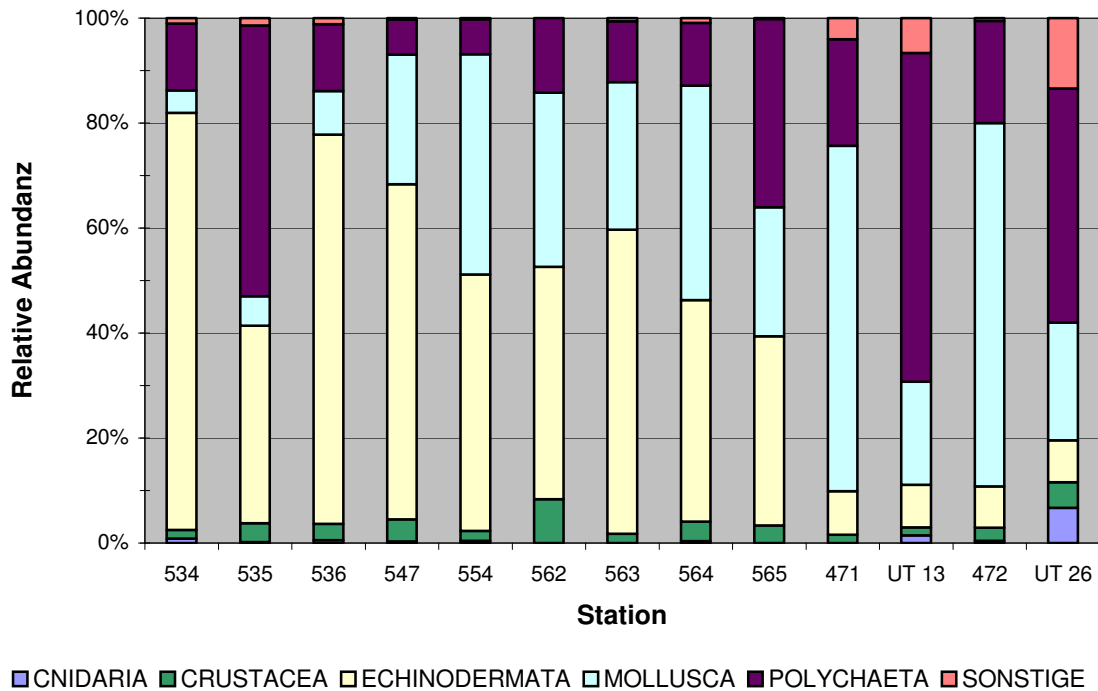


Abb. 4.8 Relative Abundanzen der Groß-Taxa ohne *Phoronis*.

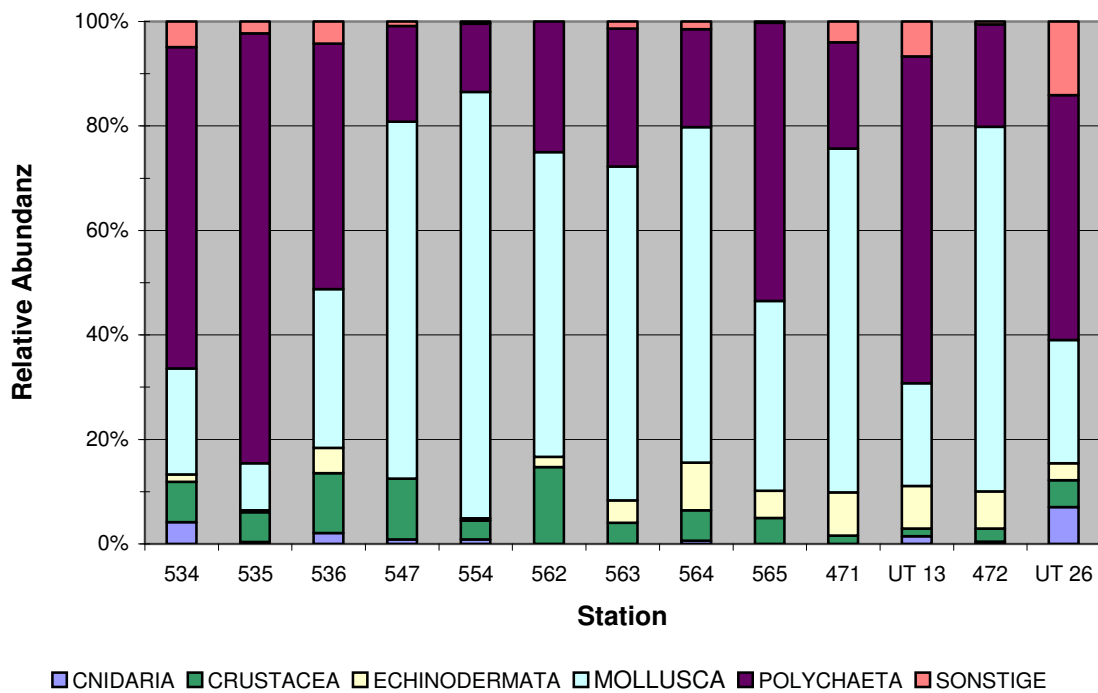


Abb. 4.9 Relative Abundanzen der Groß-Taxa ohne *Phoronis* und ohne juvenile Individuen der Gattungen *Amphiura* und *Echinocardium*.

Juvenile Individuen der Gattungen *Echinocardium* und *Amphiura* traten oft in Massen auf. Berücksichtigt man diese bei den Abundanzen nicht, ergibt sich das in **Abb. 4.9** dargestellte Bild.

Die Echinodermata als größte Gruppe dominieren mit Mollusca und Polychaeta durch die Anzahl der Individuen. Bei den Mollusca nimmt die relative Individuenzahl leicht in nordwestliche Richtung ab (**Abb. 4.8**). Bei den Echinodermata ist deutlich ein gegenläufiger Trend zu erkennen. Betrachtet man jedoch die Abundanzen ohne juvenile der beiden Echinodermatengattungen (**Abb. 4.9**), ergibt sich ein anderes Bild: Mollusca und Polychaeta dominieren nun und die Echinodermata spielen nur eine untergeordnete Rolle. Auch lässt sich keiner der beiden zuvor genannten Trends deutlich wiederfinden. Statt dessen ist der Crustacea-Anteil ab Station 562 in nordöstliche Richtung etwas höher. Die Polychaeta treten an den Randgebieten häufiger auf als im mittleren Bereich des Elbe-Urstromtales. Dieser zeichnet sich weiter durch einen geringeren Anteil an Cnidaria aus. Der höhere Anteil der randlichen Stationen in Küstennähe, beschränkt sich auf die Beprobung im März 2002. Die doppelt beprobte Station UT 13 / 471 zeigte im Juni 2000 keine Cnidara.

Bei den verschiedenen Ausfahrten unterscheidet sich Station 471 / UT 13 durch eine Verschiebung im Anteil der Polychaeten und Mollusca, im März 2002 sind an dieser Station mehr Polychaeta und dafür weniger Mollusca gefunden worden, diese Verschiebung zeigt sich auch in den absoluten Werten.

Für die unter **Kap. 4.2.1** beschriebenen Stationsgruppen ergeben sich relative Abundanzen wie in **Abb. 4.10** dargestellt. Dort finden sich auch Angaben über das gesamte Untersuchungsgebiet.

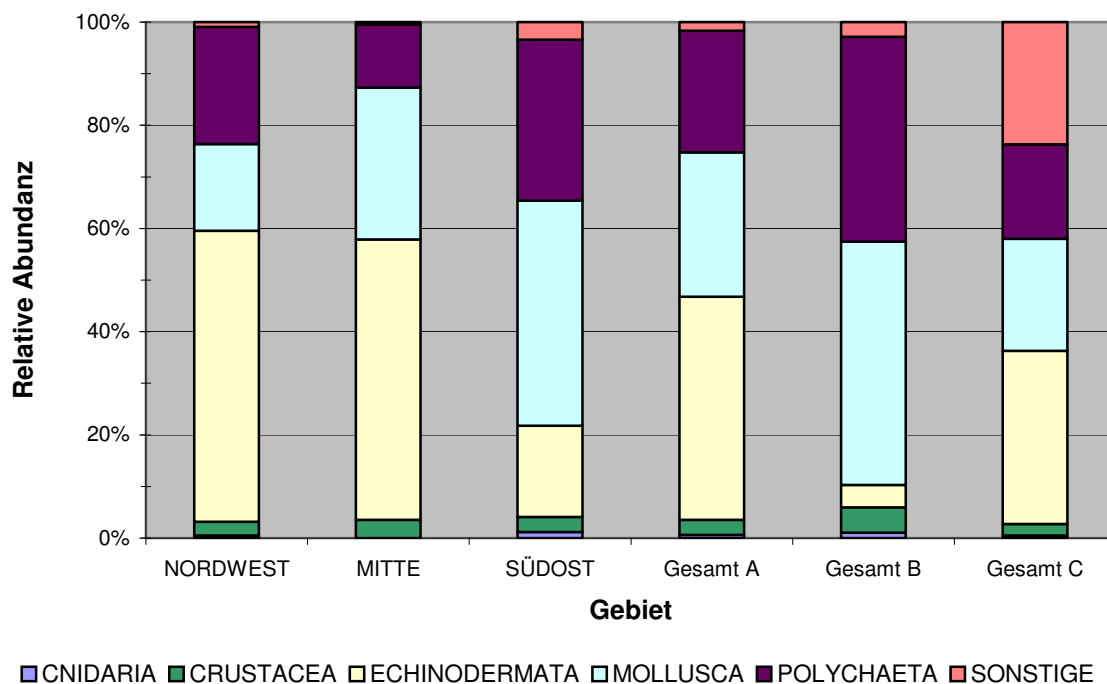


Abb.4.10 Relative Abundanzen der Groß-Taxa der Stationsgruppen und Gesamt A ohne *Phoronis*; Gesamt B ohne *Phoronis* und juvenile der Gattungen *Amphiura* und *Echinocardium*; Gesamt C gesamtes Erhebungsmaterial.

In der Stationsgruppe SÜDOST überwiegen die Mollusken mit 43,6% gefolgt von den Polychaeten (31,3%) und den Echinodermaten (17,7%). Die Stationsgruppe MITTE wird von den Echinodermaten dominiert (54,4%), es folgen Mollusken mit 29,4% und Polychaeten mit 12,3% der Individuen. Wie an Stationsgruppe MITTE dominieren die Echinodermaten in Stationsgruppe NORDWEST, jedoch sind hier die Polychaeten (22,7%) stärker vertreten als die Mollusken (16,8%). Die Stationsgruppen MITTE und NORDWEST sind einander ähnlicher als jeweils im Vergleich mit Stationsgruppe SÜDOST.

4.4.2 Biomassen

Die absoluten Biomassen (AFDW) in g / qm sind in **Abb. 4.11** dargestellt. Wie bei den Abundanzen zeigt sich hier ein hoher Wert für Sonstige an den Stationen der „Uthörn“-Fahrt. Auch bei den Biomassen liegt das an dem massenhaften Auftreten von *Phoronis* (bis zu 84,54 g / qm). So wurde *Phoronis* auch bei den relativen Biomassen in **Abb. 4.12** nicht mit einbezogen. Bei den Crustacea an Station 564 gibt es einen Extremwert, der durch zwei Exemplare von *Corystes cassivelaunus* mit einem aschefreien Trockengewicht von 6,95 g / qm verursacht wird. Dieses wurde grundsätzlich nicht in die relativen Biomassen eingerechnet.

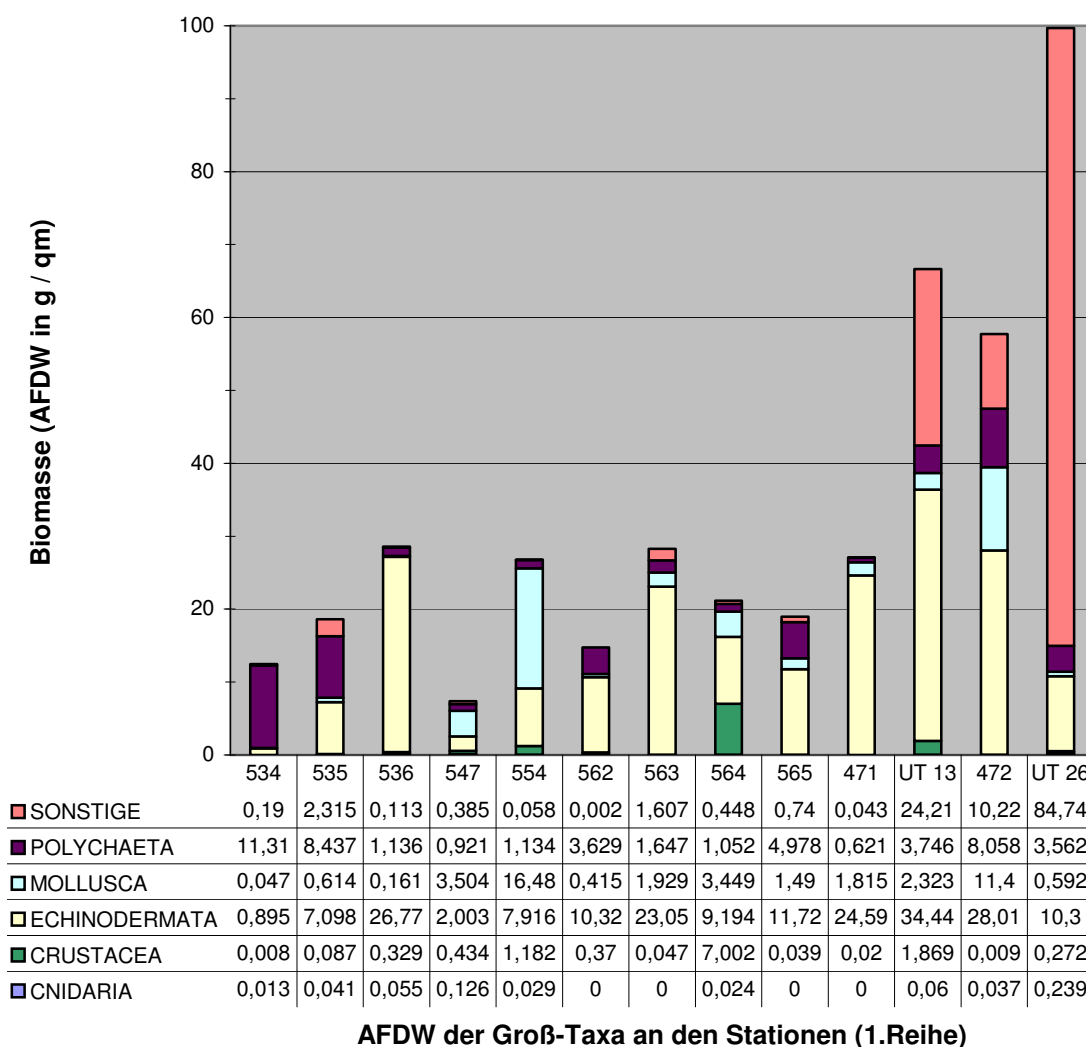


Abb. 4.11 Absolute Biomassen (AFDW) der Groß-Taxa, die Station 554 entspricht dem Median.

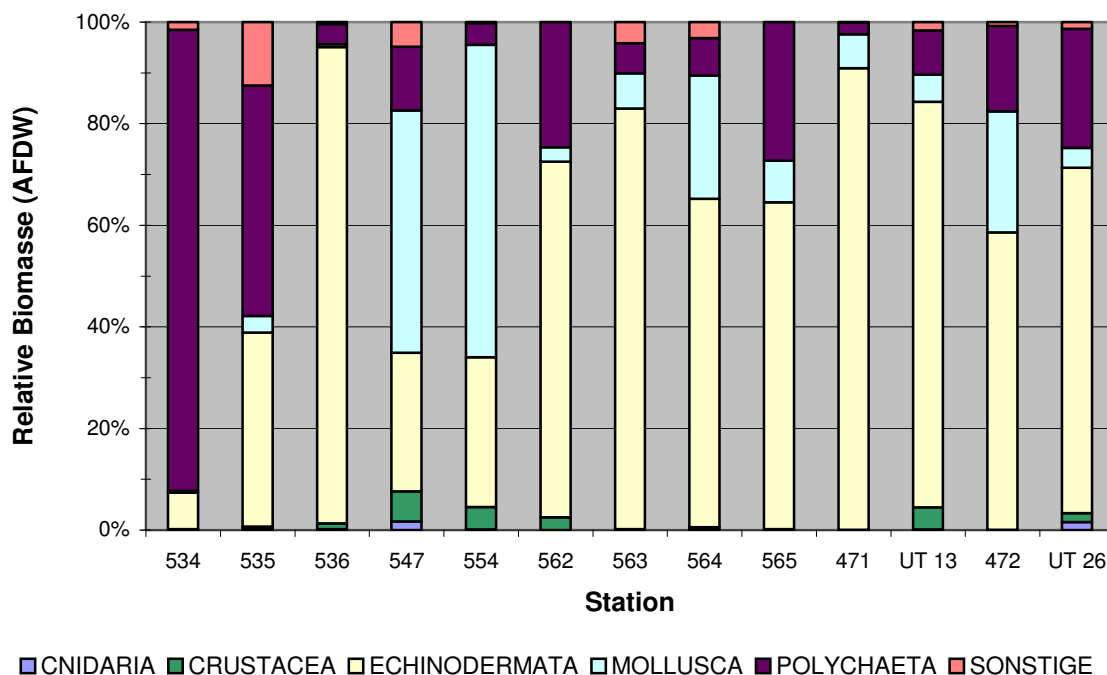


Abb. 4.12 Relative Biomassen (AFDW) der Groß-Taxa ohne *Phoronis*.

Noch eindeutiger als bei den Abundanzen dominieren die Echinodermata (65%) auch die Biomasse, gefolgt von den Polychaeta (16%) und Mollusca (13%). Der große Gewichtsanteil der Echinodermata beruht jedoch auf meist wenigen schweren Individuen. Ohne diese wären die Polychaeta (37 %) vor den Mollusca (33 %) und Echinodermata (16 %) die größte Gruppe.

Die relativen Verteilungen der Biomassen innerhalb der Stationsgruppen gibt **Abb. 4.13** wieder. In allen Stationsgruppen ist die Verteilung der drei dominantesten Gruppen ähnlich. Die Echinodermata überwiegen deutlich mit 49,4 – 78,4%, der Anteil der Polychaeta beträgt zwischen 12,4 und 25,5% und für die Mollusca sind es noch 5,5 – 20,0%. Im Vergleich der Stationsgruppen untereinander zeigt sich im Gegensatz zur Abundanz, dass die größte Ähnlichkeit zwischen den Stationsgruppe SÜDOST und MITTE besteht.

Zusätzlich macht **Abb. 4.13** die Verteilung der aschefreien Trockengewichte im gesamten Untersuchungsgebiet deutlich.

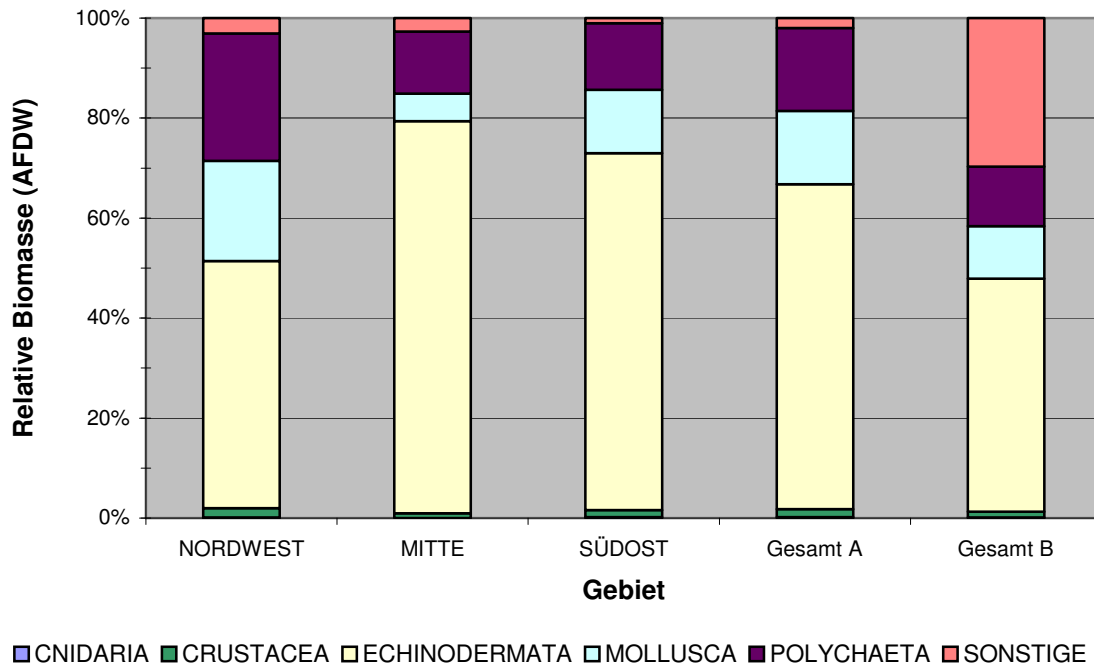


Abb. 4.13 Relative Biomassen (AFDW) der Groß-Taxa der Stationsgruppen und Gesamt A ohne *Phoronis*; Gesamt B mit *Phoronis*.

5 Diskussion

5.1 Effektivität der Probennahme

5.1.1 van Veen-Backengreifer

Für die Untersuchung von Makrozoobenthos existiert kein spezielles Standardgerät. Die Wahl des Gerätes ist von verschiedenen Faktoren wie der wissenschaftlichen Fragestellung abhängig. Dazu kommen aber auch eher praktische Überlegungen, wie finanzielle Möglichkeiten und Handhabbarkeit des Gerätes auf See. Dabei spielt eine Rolle, ob das Gerät bei schlechtem Wetter eingesetzt werden kann und ob das benutzte Schiff die entsprechenden Möglichkeiten bietet. Ferner müssen Faktoren wie der Beprobungszeitraum und die Genauigkeit des verwendeten Gerätes berücksichtigt werden (RUMOHR 1999). Das traditionelle Gerät zur Erfassung von Makrofauna ist der van Veen-Backengreifer. Dieser zeichnet sich durch leichte Handhabung aufgrund des vergleichsweise geringen Gewichtes aus. Des Weiteren wird bei der Beprobung mit dem van Veen-Greifer eine exakte, durch die Bauart bedingte, Fläche beprobt. Dies ermöglicht eine quantitative Bewertung der Proben. Der Nachteil eines Greifers liegt in der unzureichenden Erfassung der Epifauna. Durch relativ kleine Beprobungsflächen werden weiträumig verteilte und große bewegliche Tiere nur selten erfasst.

Die Eindringtiefe des van Veen-Greifers in das Sediment nimmt mit zunehmender Sedimenthärte, u. a. der Korngröße ab (CHRISTIE 1975, ANKAR 1977, ELEFThERIOU & HOLME 1984). Er eignete sich jedoch gut für diese Untersuchung, da im Bereich des Elbe-Urstromtales nahezu die feinsten Sedimente der zentralen und südlichen Nordsee vorkommen (vergl. **Kap. 2.2**).

Bei der Erfassung der Arten spielen Eindringtiefe und Anzahl der Greifer pro Station eine Rolle. Die Eindringtiefe der Greifer während beiden Ausfahrten war tief genug, um die Infaunaarten weitgehend zu erfassen (vergl. **Kap. 3.2**). Mit jedem Greifer wird nur ein Teil des beprobten Artenspektrums einer Station erfasst, mit steigender Anzahl an Greifern erhöht sich auch der Anteil der erfassten Arten. Nach STRIPP (1969b) werden mit zwei Greifern etwa 50% des Artenspektrums einer Station erfasst (**Abb. 5.1**).

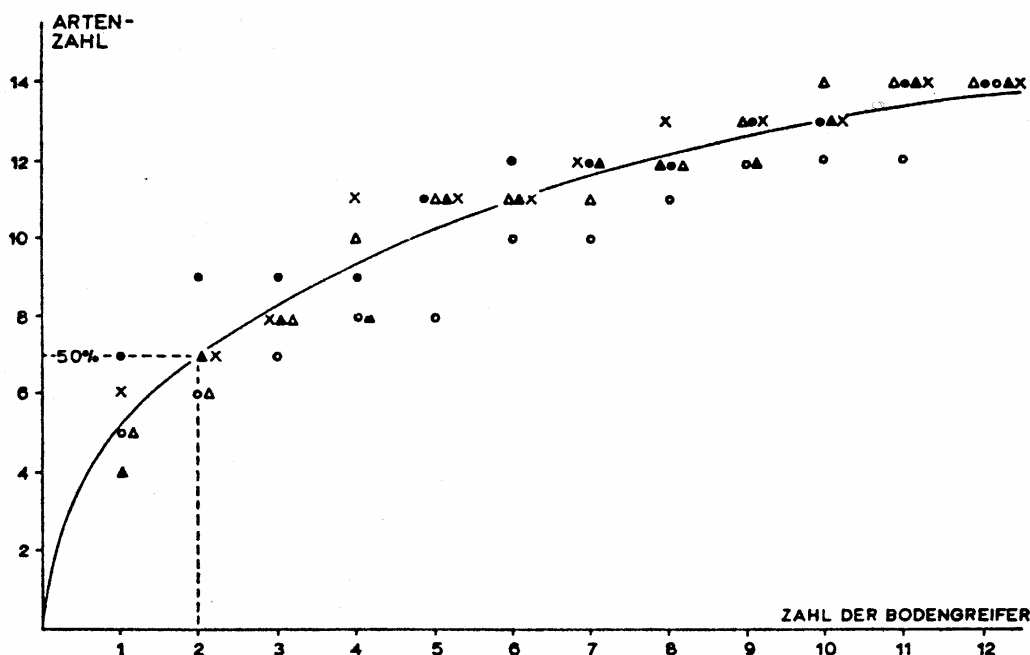


Abb. 5.1. Mit dem Bodengreifer ermittelte Artenmenge in Abhängigkeit der Greiferanzahl (STRIPP 1969b).

Die Wahl der Probenzahl muss letztendlich ein Kompromiss zwischen dem Zeitaufwand, der zur Bearbeitung der Proben nötig ist, und der bestmöglichen Erfassung der Arten sein. Deswegen geben die bearbeiteten Proben nur einen Ausschnitt des Artenspektrums an den einzelnen Stationen des Elbe-Urstromtales wieder.

Es ist üblich, mehr als zwei Greifer einzusetzen; oft aber muss die Zahl der Greifer aus zeitlichen Gründen auf zwei beschränkt bleiben. Bei derzeitigen Untersuchungen zum Einfluss von Offshore-Windparks auf das Makrozoobenthos wird mit zwei Greifern pro Station gearbeitet (pers. Mitt. HEUERS AWI Bremerhaven). Und auch an den meisten der übrigen Stationen des BfN-Projektes, in dessen Rahmen diese Arbeit durchgeführt wurde, kamen zwei Greifer zum Einsatz; maximal handelte es sich um drei Proben, die ausgewertet wurden. Daher sind die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung gut mit anderen Arbeiten zu vergleichen.

Beim Sieben der Proben wurden zwei Siebgrößen verwendet. Bei der statistischen Auswertung wurde jedoch nur die 1 mm-Fraktion verwendet. Viele der Jungtiere verdriften als planktische Larven auch an Orte, die sie als adulte Tiere meiden würden. Aus diesem Grund lag es nahe, bei den Analysen die

0,5 - mm-Fraktion kritisch zu bewerten, denn die kleineren Jungtiere finden sich gehäuft genau in dieser Fraktion. Auch der Vergleich der beiden Erhebungsfahrten mit FS „Heincke“ und FK „Uthörn“ wäre bei Verwendung der 0,5 mm-Fraktion erschwert worden. Nach KÜNITZER (1990) hat die Ansiedelung von Jungtieren ihren Tiefststand etwa im März / April erreicht, dem Zeitraum der Beprobung von 2002. Der Höchststand der Jungtieransiedlung wird hingegen zwischen Juni und September erreicht; dies wiederum entspricht dem Zeitraum der Probennahme des Jahres 2000. Deshalb wurde nur mit der 1 mm-Fraktion gearbeitet, damit die Proben der verschiedenen Ausfahrten vergleichbar bleiben. Überdies werden auch bei den schon weiter oben erwähnten Projekten nur 1 mm-Fraktionen ausgewertet, so dass ein direkter Vergleich möglich ist.

5.1.2 Baumkurre

Aus geschleppten Geräten gewonnene Daten lassen sich schwer quantitativ auswerten. Dazu müsste ein genaues Fangprotokoll eingehalten werden. Dies betrifft die Probenzeit, die Schiffsgeschwindigkeit während der Probennahme und das Ausbringen und Einholen des Gerätes (RUMOHR 1999). Allein diese Parameter konstant zu halten, gestaltet sich nicht immer einfach. Zusätzlich kann das Gerät den Bodenkontakt verlieren, indem es durch Unebenheiten bedingte Hüpfbewegungen ausführt. PETERSEN (1913) nennt ein weiteres Problem, welches sich beim Einsatz von geschleppten Geräten ergibt. Durch das Schleppen des Gerätes über größere Distanz können mehr als nur eine Gemeinschaft mit nur einem Hol erfasst werden. Kleinräumige Strukturen der Gemeinschaft könnten auf diese Weise unentdeckt bleiben.

Dessen ungeachtet haben Geräte wie die Baumkurre den Vorteil, dass sie eine große Fläche beproben und auf diese Weise das Fangen seltener und beweglicher Arten ermöglichen. Generell eignet sich die Baumkurre weitaus besser zur Erhebung der Epifauna als ein Greifer.

5.2 Vergleich der Beprobungszeiträume der Station 471 / UT 13

Während dieser Untersuchung wurden zwei Fahrten zu unterschiedlichen Jahreszeiten in unterschiedlichen Jahren unternommen; beide Male wurde die Station 471 / UT 13 beprobt. Schon bei zeitgleicher Probennahme ergeben sich Schwierigkeiten im Vergleich einzelner Greiferproben. Selbst bei konstanten Umweltbedingungen sind Organismen eines Gebietes nicht gleichmäßig verteilt (RACHOR & GERLACH 1978). Daher können sogar durch geringes Verdriften des Schiffes große Unterschiede in den Proben einer Station auftreten. Bei der Beprobung in verschiedenen Jahreszeiten und Jahren kommen eine Reihe andere Faktoren hinzu. RACHOR & GERLACH (1978) zeigten z.B. für sandige Böden der Deutschen Bucht, dass extreme Winter und Erosion durch starke Stürme einen erheblichen Einfluss auf Benthosgemeinschaften haben. Hinzu kommen biotische Faktoren wie Phytoplanktonblüten. Das Benthos reagiert abhängig von der Temperatur innerhalb von einigen Wochen mit einem Anstieg der Abundanz und Biomasse (GRAF et al. 1982).

Die absoluten Abundanzen (**Abb. 4.7**) beider Proben liefern konträre Bilder. Nur Echinodermaten und Crustaceen sind ähnlich stark vertreten; diese spielen aber in beiden Proben nur eine untergeordnete Rolle. Die von *Phoronis* bereinigten relativen Abundanzen machen deutlich, dass es eine Verschiebung von den Mollusken als dominante Gruppe 2000 zu den Polychaeten in den Proben von 2002 gab.

Die Biomassen sind in beiden Proben ähnlich. Das relative AFDW ohne *Phoronis* unterscheidet sich nur geringfügig vor allem durch Sonstige und Crustacea (**Abb. 4.11 / 4.12**).

Dies zeigt, dass der direkte Vergleich der Abundanzen für diesen Fall anfälliger gegenüber saisonalen und jährlichen Schwankungen war als der Vergleich der Biomassen. Daher schlagen DENISENKO et al. (Arbeit eingereicht) vor, Gemeinschaftsanalysen durch den sogenannten „relative production value“ zu beschreiben; dieser kombiniert Abundanz und Biomasse. Zusätzlich bietet die Methode den Vorzug, dass Gemeinschaften nicht durch kleine Tiere mit hohen Abundanzen und einzelne große Tiere mit großen Biomassen verzerrt werden, wie es bei getrennter Betrachtung für Abundanz und Biomasse vorkommen kann. Die Biomasse muss dann zur Analyse der Gemeinschaften getrennt für jede Art bestimmt werden. Dabei stellt sich jedoch die Frage, wie genau die Messungen

für sehr kleine Tiere mit geringen Individuenzahlen sein können. Es ist durchaus möglich, dass ein hoher Anteil der gemessenen Biomasse auf Haftwasser zurückzuführen ist.

Durch das Entfernen juveniler Tiere aus der Arten-Stationstabelle konnte ein zu starker Einfluss durch deren hohe Abundanz verhindert werden. Dafür spricht, dass viele dieser Tiere nicht die Geschlechtsreife erreichen werden und damit keine längerfristige Bedeutung für die Zusammensetzung der Gemeinschaft haben. Andererseits kann das Entfernen von Arten, deren Adulte klein sind, die Artenzusammensetzung verfälschen. Grundsätzlich ist daher der Ansatz, Abundanz und Biomasse zu verbinden, als positiv zu betrachten. Bei dieser Arbeit wurde jedoch mit den Abundanzen gearbeitet, um die Ergebnisse mit anderen Arbeiten vergleichen zu können.

Der Vergleich der beiden Beprobungszeiträume zeigte bei 23 Arten Übereinstimmung, gegenüber 27 Arten, die jeweils nur an einem Termin vorkommen. Trotzdem befinden sich beide Stationen (471 und UT 13) im gleichen und geographisch richtigen Cluster. Die Stationen UT 13 und UT 26 bilden einen eigenen Cluster innerhalb der Stationsgruppe SÜDOST. Auch die MDS bestätigt die Erwartung einer engeren Beziehung der Proben aus dem Frühjahr 2002 innerhalb der küstennahen Stationen.

Die Winter in den Jahren 2000 und 2001 waren mild, und möglicherweise trägt auch die Lage im tieferen vor Seegang besser geschützten Elbe-Urstromtal dazu bei, dass die Unterschiede der beiden Beprobungszeiträume vergleichsweise gering sind.

5.3 Statistische Auswertung

5.3.1 Clusteranalyse und Multidimensionale Skalierung im Vergleich

Die Clusteranalyse hat sich in den letzten 20 Jahren als ein sehr nützliches Instrument zur Analyse ökologischer Fragestellungen erwiesen (CLARKE & WARWICK 1994). Dennoch hat die Clusteranalyse den Nachteil, dass durch das Erstellen der Cluster die Eigenschaften der Einzelobjekte bei der weitergehenden Gruppenbildung verloren gehen. Genau darin liegt der Vorzug der MDS, denn bei dieser bleiben die einzelnen Similaritäten erhalten.

Während die Clusteranalyse Stationsgruppen (Cluster) bilden muss, ergibt die MDS authentischere Bilder gerade bei graduellen Änderungen von Gemeinschaften. Dennoch sollten immer beide Verfahren angewandt werden, um die Einzelergebnisse zu bekräftigen, da eine Fehlinterpretation der MDS selbst bei niedrigen „stress“-Werten nicht völlig ausgeschlossen werden kann (CLARKE & WARWICK 1994).

5.3.2 Betrachtung zur Wahl der Siebfraktion und zur Transformation

Verzichtet man auf die Bewertung der Stationen (UT 13, UT 26 und 471), an denen die Auswertung der 0,5 mm-Fraktion nicht möglich war, und wertet beide Fraktionen zusammen aus, ergeben sich nahezu keine Änderungen. Es besteht ein Unterschied in den Ähnlichkeitsniveaus, die Cluster bleiben jedoch bestehen wie zuvor. Die Transformation mit $\log(1+f)$ sollte ein analoges Ergebnis zur Transformation mit der $^4\sqrt{\quad}$ liefern (vergl. **Kap. 3.6.1**). Tatsächlich zeigt sich, dass sowohl die kombinierten Fraktionen als auch die 1 mm-Fraktion ein identisches Bild mit drei Stationsgruppen wie bei der $^4\sqrt{\quad}$ -Transformation liefern.

Starke Transformationen der Daten verhindern, dass punktuell in Massen auftretende Arten das Bild der Assoziationen verzerren. Andererseits bergen diese auch die Gefahr, seltene Arten zu stark zu gewichten (CLARKE & WARWICK 1994). Daher schlagen CLARKE & WARWICK (1994) vor, prinzipiell eine moderate ($^2\sqrt{\quad}$) bis mittelschwere Transformation ($^4\sqrt{\quad}$ oder $\log(1+f)$) zu wählen.

Die Transformation mit der $^2\sqrt{\quad}$ liefert ein leicht verändertes Ergebnis für kombinierte 1 mm- und 0,5 mm-Fraktion. Die Grundgliederung der drei Stationsgruppen SÜDOST, MITTE und NORDWEST bleibt jedoch erhalten. Die

Änderungen für die 1 mm-Fraktion bei $^2\sqrt{}$ sind gravierender. Die Einzelstation 547 sowie die Station 554 aus der Stationsgruppe NORDWEST werden der Stationsgruppe Mitte angegliedert. Die geographische Lage der Stationen lässt aber auch diese Gruppierungen durchaus sinnvoll erscheinen, da nur der Übergang der mittleren zur küstenfernen Gruppe weiter vor die Küste verlagert ist. Insgesamt bestätigen sich jedoch die drei Stationsgruppen der 1 mm-Fraktion bei $^4\sqrt{}$ -Transformation auch durch die andere Fraktion und Transformationen.

Die Ergebnisse der MDS bei geänderter Fraktion und Transformation stimmen weitgehend überein. Es zeigt sich eine graduelle Verteilung der Stationen entlang des Elbe-Urstromtales, wobei die Stationen der aus der Clusteranalyse resultierenden Stationsgruppe SÜDOST enger beieinander stehen.

Eine Übersicht über die Dendrogramme und MDS-„Plots“ befindet sich im Anhang.

5.4 Zum Begriff des Grades der Assoziation (GAI, GAS)

Der Grad der Assoziation betreffend der Individuen (GAI) ist nach SALZWEDEL et al. (1985) definiert als die Zahl der Individuen einer Art innerhalb einer Assoziation geteilt durch die Gesamtzahl der im Untersuchungsgebiet auftretenden Individuen dieser Art. Der Grad der Assoziation betreffend der Stationen (GAS) ist dementsprechend die Zahl der Stationen innerhalb der Assoziation, an der die Art auftritt, geteilt durch die Gesamtzahl der beprobten Stationen. Beide Grade bezeichnen das Vorkommen einer Art in Bezug auf Stationsgruppe (Assoziation) und Gesamtgebiet.

REMANE (1940) spricht in diesem Zusammenhang von dem Grad der Bindung einer Art an die Assoziation bzw. den Biotop. In Anlehnung an BRAUN-BLANQUET (1951) und die Pflanzensoziologie schlägt er jedoch die Bezeichnung Treue vor. Nach BRAUN-BLANQUET (1951) ist die Treue (Fidelität) ein maßgebliches Kriterium zur Bestimmung einer Charakterart, und meint die Bindung einer Art an eine Pflanzengesellschaft. REMANE (1940) gibt zu bedenken, dass die Biologie der Arten in der zoologischen Biozönotik in wesentlich höherem Maße zu berücksichtigen ist, als dies für die Pflanzensoziologie nötig ist. So dürfen zur Bestimmung der Besiedlungsdichte nur biotopeigene Stadien berücksichtigt

werden. Dennoch sieht er keine Schwierigkeit, die Termini der Pflanzensoziologie direkt auf die zoologische Biozönotik zu übertragen.

In Anbetracht der Tatsache, dass die Begriffe GAI und GAS vergleichsweise unhandlich sind und zu Missverständnissen führen können, halte ich es für sinnvoll, einen eindeutigeren Begriff für den Grad der Assoziation einzuführen. REMANE (1940) hat auf verständliche Weise dargelegt, dass die Treue - unter Berücksichtigung der speziellen Verhältnisse der Zoologie – auch auf zoologische Fragestellungen angewendet werden kann. Es liegt also nahe, den Begriff der Treue (fidelity) statt des Grades der Assoziation (GAI, GAS) zu verwenden.

So ergeben sich für die Kriterien der Charakterarten nach SALZWEDEL et. al. (1985) folgende Bezeichnungen:

- Dominanz (Numerische Dominanz, Individuendominanz)
- Präsenz
- Abundanztreue
- Präsenztreue

5.5 Biomasse und Diversität

Die Biomasse nimmt in der Regel von der Küste zur offenen See hin ab. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen einen ähnlichen Verlauf entlang des Elbe-Urstromtales; nur Station 547 fällt mit geringer Biomasse auf. Möglicherweise ist dies auf kleinräumige Ereignisse wie z. B. Fischerei zurückzuführen. Grundsätzlich bestätigen sich jedoch die Ergebnisse anderer Autoren. So finden sich die höchsten Werte in den küstennahen Gebieten. Dazu gehören die schlickigen Gebiete der inneren Deutschen Bucht sowie küstennahe Bereiche Schottlands und südlich und östlich der Shetlandinseln (RACHOR 1982). Nach HEIP et al. (1992) nimmt die Biomasse in der Nordsee auch mit der geographischen Breite ab. Dabei bleiben die Verhältnisse der großen benthischen Tiergruppen erhalten. Direkt sind auch Sedimentzusammensetzung und Chlorophyll-a-Gehalt des Sedimentes beeinflussende Faktoren der Biomasse. KRÖNKCKE & RACHOR (1992) bestätigen die Abnahme der Biomasse in der Deutschen Bucht mit Entfernung zur Küste. DUINEVELD et al. (1991) zeigen, ein komplexeres Bild mit höheren Biomassen südlich der Doggerbank (**Abb. 5.2**).

Die absoluten Werte für die Biomasse lagen jedoch teilweise beträchtlich über denen anderer Autoren (SALZWEDEL et.al 1985, DUINEVELD et al. 1991). Im Bereich Helgolands ist die Biomasse zwischen 2 bis 3 mal größer. Im weiteren Verlauf bis zum nördlichsten Teil des Elbe-Urstromtales nähern sich die Werte etwas an. 1995 fanden THATJE & GERDES (1997) bei Helgoland zwar geringere Biomassen, nördlich davon entsprechen die Werte jedoch denen meiner Untersuchung. Des weiteren zeigten sich am Rande des Schlicksand-Gebietes südlich von Helgoland Feuchtgewichte von bis zu 2470 g / qm. Diese waren auf massenhaftes Auftreten des Polychaeten *Lanice conchilega* zurückzuführen. Die von mir gefundenen hohen Biomassen im Bereich Helgolands sind ebenfalls auf ein Massenaufreten zurückzuführen – in diesem Fall von *Phoronis*. Demnach sollten die Unterschiede zu älteren Daten nicht überbewertet werden; insgesamt bestätigen die Werte den hohen Trophiegrad der südlichen Nordsee.

Nach RACHOR (1990) ist ein Anstieg der Biomasse durch Eutrophierung nach den niedrigen Werten von HAGMEIER (1925) im Jahre 1923 schon 1975 zu verzeichnen. KRÖNKKE & RACHOR (1992) vermuten, dass sich dieser Trend auch in den achtziger Jahren fortgesetzt hat. Für den südlichsten Teil des Elbe-Urstromtales könnte sich diese Vermutung bestätigen. Um dies zu stützen, müsste aber ein engeres Stationsnetz, über verschiedene Jahreszeiten beprobt werden.

Diversität und Evenness nehmen im Elbe-Urstromtal mit Entfernung zur Küste ab. Dies deckt sich nicht mit den Daten anderer Untersuchungen. Nach HEIP et al (1992) nimmt die Diversität in der Nordsee generell in nördlicher Richtung zu. Auch nach KRÖNKKE & RACHOR (1992) nehmen Diversität und Evenness in der Deutschen Bucht signifikant in Richtung zur offenen See zu.

Bei der Zunahme der Arten- und Individuenzahl zur offenen See zeigt sich eine bessere Übereinstimmung mit KRÖNKKE & RACHOR (1992).

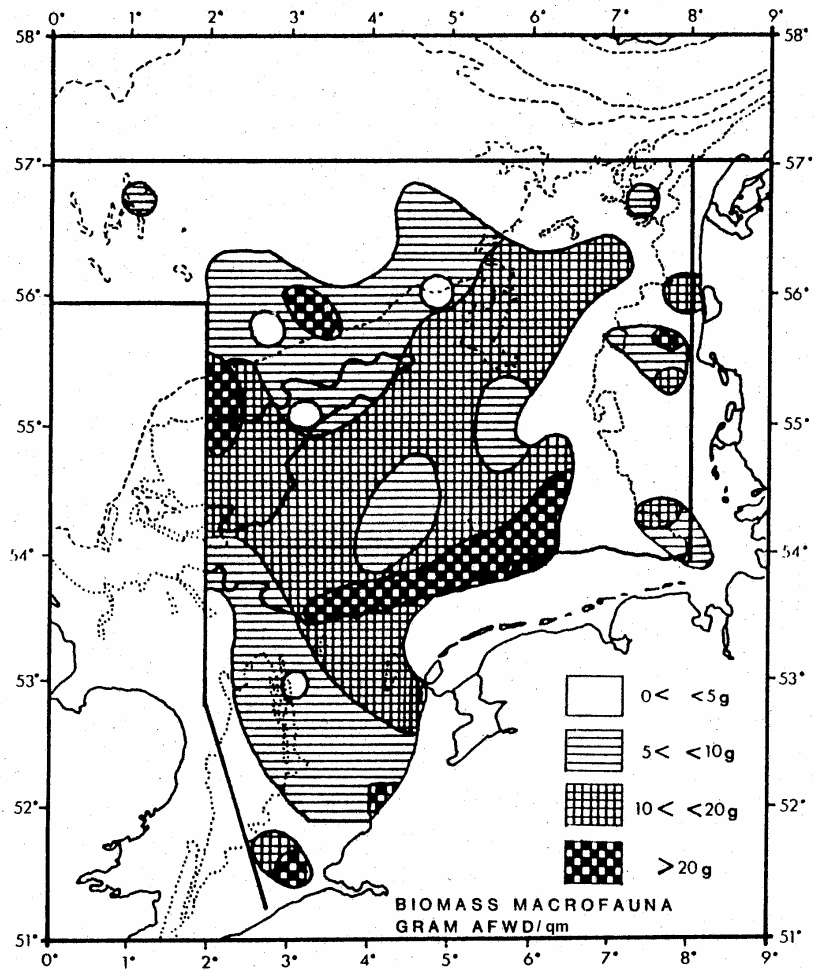


Abb. 5.2 Biomassenverteilung der zentralen und südlichen Nordsee nach DUINEVELD et al. (1991).

5.6 Assoziationen und charakterisierende Arten des Elbe-Urstromtals

Um die 3 Assoziationen (Stationsgruppen) des Untersuchungsgebietes zu beschreiben, wurde zum einen das Verfahren von SALZWEDEL et. al. (1985) zur Bestimmung der Charakterarten und zum anderen die Berechnung der Diskriminatoren nach CLARKE & WARWICK (1994) angewandt.

Als erster führte PETERSEN (1913) eine Charakterisierung benthischer Tiergemeinschaften durch Charakterarten ein. Diese sollten nicht saisonal auftreten und eine hohe Biomassen- oder Individuendominanz besitzen. THORSEN (1957) forderte Langlebigkeit als zusätzliches Kriterium, außerdem sollten Ubiquisten und Räuber sowie sehr mobile Tiere ausgeschlossen werden. Zur Bewertung von juvenilen Tieren als Charakterart setzte REMANE (1940, S.36) die Notwendigkeit voraus, „dass die Art die für den Lebensraum charakteristische Lebensphase im Lebensraum normal durchzuführen imstande ist“. Die Larve muss also in dem Biotop, den sie charakterisiert, zur Geschlechtsreife heranreifen. Demzufolge sollte eine Charakterart nicht allein durch das Auftreten von Jungtieren begründet werden.

Charakterarten nach SALZWEDEL et. al. (1985) zeichnen sich durch die Dominanz, ihre Präsenz innerhalb einer Stationsgruppe und die Beschränkung auf die Stationsgruppe aus. Diskriminatoren beschreiben die Unähnlichkeit (Dissimilarität) eines Stationsgruppenpaares. Sie werden unabhängig berechnet und können somit für jedes Paar variieren.

Wie DEUBEL (2000) feststellte, zeigt sich eine Schwäche in der Methode von CLARKE & WARWICK (1994), indem die Präsenz der Arten innerhalb einer Stationsgruppe bei der Bestimmung der Diskriminatoren nicht ausreichend berücksichtigt wird. Die berechneten Diskriminatoren hatten an den beiden küstenfernen Stationsgruppen im Elbe-Urstromtal fast immer eine niedrige Präsenztreue.

Die Muschel *Mysella bidentata* ist ein Diskriminator für die Stationsgruppe NORDWEST im Vergleich mit Stationsgruppe MITTE. Sie hat innerhalb der Stationsgruppe NORDWEST aber nur eine Präsenztreue von 40%, während sie an 66% der Stationen von Stationsgruppe SÜDOST vorkommt. Außerdem sind die Abundanzen von *Mysella bidentata* an den Stationen der Stationsgruppe SÜDOST vergleichsweise groß. Sie ist als eine der 4 dominantesten Arten von Bedeutung für die Stationsgruppe NORDWEST, kann jedoch im Sinne von

SALZWEDEL et al. (1985) hier nicht als Charakterart der Stationsgruppe NORDWEST betrachtet werden. Wie dieses Beispiel zeigt, dürfen die Diskriminatoren nicht mit Charakterarten gleichgesetzt werden.

Die Stationsgruppe SÜDOST zeichnet sich durch viele Charakterarten aus. Die *Phoronis*-Arten erfüllen zwar die Bedingungen für eine Charakterart, sie treten jedoch mit hohen Schwankungen auf und sollten daher nicht als Charakterart betrachtet werden. 2002 war an den Stationen UT 13 und UT 26 ein Massenaufreten von *Phoronis* zu registrieren. Lässt man diese Stationen außer acht, läge die Dominanz für *Phoronis* unter 1%. Im Jahr 2000 war *Phoronis* demzufolge keine Charakterart. Die 6 übrigen Charakterarten sind die drei Muscheln *Nucula nitidosa*, *Abra alba* und *Tellimya ferruginosa*, die Polychaeten *Scalibregma inflatum* und *Owenia fusiformis* und der Ophiuroide *Amphiura brachiata*.

Die größte Bedeutung für die Stationsgruppe SÜDOST hat *Amphiura brachiata*, denn dieser ist auch Diskriminator im Vergleich zu den beiden küstenfernen Stationsgruppen. *Tellimya ferruginosa* tritt als Diskriminator zur Stationsgruppe NORDWEST auf, weshalb auch ihr eine größere Bedeutung beigemessen werden muss.

Der Amphipode *Harpinia antennaria* und der Ophiuroide *Amphiura filiformis*, die Muschel *Abra nitida* und der Polychaet *Magelona filiformis* sowie die *Phoronis*-Arten sind Diskriminatoren der Stationsgruppe MITTE. Von diesen gehören *Amphiura filiformis* und *Magelona filiformis* zwar zu den dominantesten Arten, dessen ungeachtet, konnte aber an Stationsgruppe MITTE keine Charakterart ermittelt werden. Dies ist verständlich, da die dominanten Arten alle an mindestens 4 weiteren Stationen auftreten. Deshalb ist die Stationsgruppe Mitte als Übergangsassoziation ohne eigene Charakterart zu betrachten.

Das wichtigste Faunenelement der Stationsgruppe NORDWEST ist der Ophiuroide *Amphiura filiformis*; er ist sowohl Charakterart als auch Diskriminator im Vergleich mit Stationsgruppe MITTE. Problematisch ist in dem Zusammenhang jedoch, dass *Amphiura filiformis* auch an der Stationsgruppe MITTE mit hoher Individuendominanz (36,6%) anzutreffen ist. Deshalb sind zur Beschreibung der

Stationsgruppe NORDWEST die beiden weiteren Charakterarten *Galathowenia oculata* (Polychaeta) und *Nuculoma tenuis* (Bivalvia) erforderlich.

Es wurden oben 5 Schlüsselarten zur Beschreibung der drei aus der Clusteranalyse resultierenden Stationsgruppen (Assoziationen) herausgearbeitet. Dabei wurden als Kriterien Charakterarten nach SALZWEDEL et. al (1985) und Diskriminatoren nach CLARKE & WARWICK (1994) angewendet. Nach den „diskriminatorischen Charakterarten“ werden die folgenden Assoziationen unterschieden:

***Amphiura-brachiata-Tellimya-ferruginosa*–Assoziation**

für das südöstliche Elbe-Urstromtal (Stationsgruppe SÜDOST)

***Amphiura-filiformis-Galathowenia-oculata-Nuculoma-tenuis*-Assoziation**

für den nördlichen Teil des Elbe-Urstromtales (Stationsgruppe NORDWEST)

als Übergang zwischen beiden Assoziationen findet sich eine Assoziation (Stationsgruppe MITTE), welche durch keine charakterisierende Art beschrieben werden kann, da ihre wichtigen Elemente zu stark in einer der beiden anderen Assoziationen vertreten sind.

Im Folgenden werden die „diskriminatorischen Charakterarten“ kurz beschrieben.

***Amphiura brachiata* (MONTAGU, 1804)**

Synonyme:

Acrocnida brachiata (MONT.)

Amphiocnida brachiata (MONT.)

Ophicentrus brachiata (MONT.)

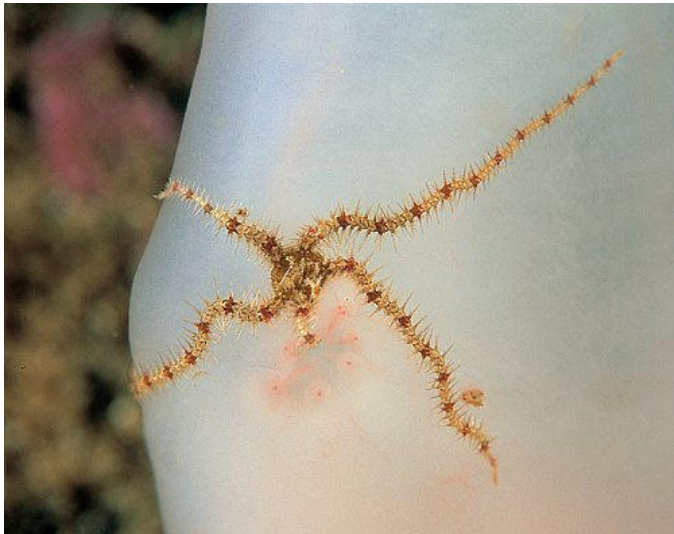
Ophiocnida brachiata (MONT.)

Abb. 5.2 *Amphiura brachiata* eingegraben in typischer Lebensstellung.

Quelle: <http://www.itsligo.ie/biomar/ECHINODE/AMPBRA.HTM>

Aus Tiefen über 40 m ist *Amphiura brachiata* nicht bekannt. Lebende Tiere sind blau- bis braun-grau. Die Zentralscheibe erreicht eine Größe von bis zu 13 mm, die Arme werden ca. 15 mal so lang.

Als Kommensalen treten die Muschel *Mysella bidentata* und der Polychaet *Harmothoë lunulata* auf. *Amphiura brachiata* ist ein Bewohner schlickig-sandiger Böden. Dort lebt er eingegraben; dabei hält er die Spitzen der Arme über die Sedimentoberfläche in die Strömung. *Amphiura brachiata* kennt man von der Westküste Schwedens, den Britischen Inseln, der dänischen und französischen Küste (MORTENSEN 1927).

***Amphiura filiformis* (O. F. MÜLLER, 1776)****Abb 5.3** *Amphiura filiformis*

Quelle: <http://privat.egersund.com/erling/Pigghuder/page4.htm>

Die Farbe lebender Tiere ist rot- bis grau-braun, außerdem besitzen sie die Fähigkeit zur Phosphoreszenz durch Bakterien. Die Zentralscheibe erreicht eine Größe von 8-10 mm, die Arme werden etwa 10 mal so lang.

Die Art ist *Amphiura brachiata* sehr ähnlich. An der Unterseite ist die Zentralscheibe von im Gegensatz zu *A. brachiata* unbeschuppt. Es fehlen Tentakelschuppen am proximalen Teil der Arme (bei *A. brachiata* zwei Schuppen). Außerdem besitzt *A. filiformis* keulenartig an der Spitze verbreiterte Armstacheln.

Durch die fehlenden Schuppen kann die Ventralseite samt Magen und Genitalorganen leicht verloren gehen, das ist besonders bei der rauen Beprobung mit einer Dredge oder Baumkurre der Fall. Dennoch sind die Tiere in der Lage diese Verletzung zu überleben. Wenn keine weitere Störung stattfindet, können die fehlenden Organe regeneriert werden. *Amphiura filiformis* lebt wie *Amphiura brachiata* Sediment eingegraben mit über die Sedimentoberfläche ragenden Armen.

Die Tiefenverteilung erstreckt sich bis auf 1200 m. Die Art ist vom Trondhjemfjord bis ins Mittelmeer verbreitet. Fische wie die Scholle ernähren sich von *Amphiura filiformis* (MORTENSEN 1927).

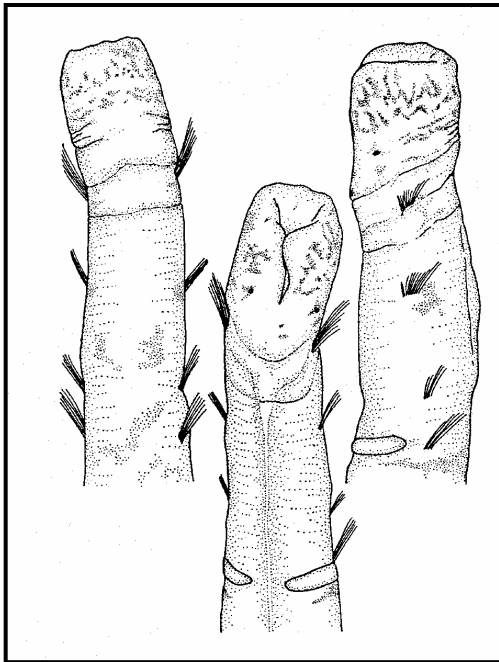
***Nuculoma tenuis* (MONTAGU 1808)**

Synonym:

Nucula tenuis (MONT.)**Abb. 5.4** *Nuculoma tenuis*Quelle: http://www.bigai.ne.jp/pic_book/img19/r001882.jpg

Das Periostracum ist glänzend, gelb mit Grün- und Brauntönen. Die Schale ist dünn, nahezu brüchig. Als Skulptur finden sich feine radiäre Rippen, dazu ist die Schale konzentrisch gebändert. Anterior befinden sich zwischen 14 und 18 Schlosszähne, posterior sind es 6-10. Die Größe ist geringer als 1,3 cm.

Als Bewohner von sandigem Schlick, Schlick und schlickigen Kiesböden trifft man *Nuculoma tenuis* bis in Tiefen von 300 m an. Sie ist in der nördlichen Hemisphäre weit verbreitet. Sie tritt bei Grönland und in der Barentssee auf. Die südliche Grenze ihrer Verbreitung liegt im Mittelmeer und bei Gibraltar sowie Florida. Im Pazifik reicht sie von Alaska und Sibirien nach Kalifornien und Japan (TEBBLE 1966).

***Galathowenia oculata* Zachs, 1922**

Synonyme:

Myriochele oculata NIELSEN & HOLTHE (1885)

Myriochele danielseni THORSEN (1946)

Abb. 5.5 *Galathowenia oculata*, Vorderende von rechts nach links: dorsal, ventral und lateral (aus HARTMANN-SCHRÖDER 1996, S. 476)

Die Kopfgregion ist lang mit einem hohen Kragen und zwei kleinen Ventrolateraläugen. Die dorsalen Borsten sind alle kapillar und fein gedorn. Ventral liegen die Haken, sie sind langschäftig und besitzen zwei schräg gegeneinander versetzte Zähne. Am Pygid sitzen zwei laterale Lappen. *Galathowenia oculata* besitzt 24 – 34 Segmente bei einer Länge von 23 – 30 mm. Im Öresund liegt die Hauptreproduktionszeit im Frühjahr; die Metamorphose von der Larve zum Bodentier findet im Juli und August statt.

Galathowenia oculata lebt auf reinen Fein- und Grobsanden, Mischböden mit oder ohne Lehm sowie auf reinem Schlick. Die vertikale Verbreitung reicht bis etwa 2800 m Tiefe. Man findet *G. oculata* auf der nördlichen Hemisphäre in der Arktis, in Nordpazifik und -atlantik, sowie in der gesamten Nordsee, dem Skagerrak, Kattegat und dem Öresund (HARTMANN-SCHRÖDER 1996).

***Tellimya ferruginosa* (Montagu, 1808)**

Synonym:

Montacuta ferruginosa (MONT.)

Abb. 4.5 *Tellimya ferruginosa*

Quelle: <http://www.eti.uva.nl/Database/Database.html>

Die Schale ist zerbrechlich. Große Exemplare erreichen eine Länge von etwa 0,8 cm. Die Farbe ist weiß, das Periostracum dünn und oft mit einer dicken rostfarbenen Ablagerung bedeckt. Die Skulptur besteht aus dünnen konzentrischen Linien und sehr dünnen Radiallinien. Die rechte Schale besitzt einen Kardinalzahn, der an der Basis lang ausgezogen ist. An der Linken Seite ist nur der anteriore Lateralzahn vorhanden. Der Adduktorabdruck ist anterior etwas größer als posterior. Der Schalenrand ist glatt.

Tellimya ferruginosa ist ein verbreiteter Kommensale des Herzseeigels *Echinocardium cordatum*.

Besonders auf schlickigen Feinsanden ist *Tellimya ferruginosa* in geringen Tiefen gerade unter der Niedrigwasserlinie anzutreffen. Die Verbreitung der Muschel reicht vom Norden Norwegens nach Süden bis zum Mittelmeer, entlang der Atlantikküste nach Marokko und nach Madeira (TEBBLE 1966).

5.7 Gliederung der Bodenfauna des Elbeurstromtals

5.7.1 Das Elbeurstromtal

Aus der Clusteranalyse ergeben sich drei Assoziationen entlang des Elbeurstromtales. Die Assoziation, welche zwischen den beiden äußeren gelegen ist, kann nicht durch charakteristische Arten definiert werden. Die Ursache liegt in der Übergangslage dieses Bereichs und in der Verteilung der Arten. Nur der Polychaet *Podarkeopsis helgolandica* konnte mit 2 Individuen ausschließlich in dieser Übergangsassoziation nachgewiesen werden. Dafür ist für viele Arten in diesem Bereich entweder in Richtung zur Küste oder zur zentralen Nordsee hin eine Verbreitungsgrenze.

Die interessantesten Beispiele sind die Schlangensterne *Amphiura filiformis* und *Amphiura brachiata* und die Muscheln *Nucula nitidosa* und *Nuculoma tenuis*. *A. brachiata* war nur an den Stationen der **Amphiura-brachiata-Tellimya-ferruginosa-Assoziation** zu finden; alle küstenferneren Stationen und die Stationen UT 13 und UT 26 enthielten *A. filiformis*. Dieser hat eine bathymetrische Verbreitung von 5 – 1200 m. *A. brachiata* ist dagegen nur bis in eine Tiefe von 40 m anzutreffen (MORTENSEN 1927).

Die Verbreitung von *N. nitidosa* erstreckt sich über den gesamten südlichen Teil des Untersuchungsgebietes bis zur südlichsten Station (554) der **Amphiura-filiformis-Galathowenia-oculata-Nuculoma-tenuis-Assoziation**. Zudem wurden 3 Exemplare ganz im Norden an Station 534 gefunden. Die Sedimente dieser Stationen sind schlickige Fein- bis Feinstsande, die Sedimente der beiden übrigen Stationen dieser nordwestlichen Stationsgruppe (535, 536) sind sandige Schlicke. Außerdem sind die Stationen 535 (54 m) und 536 (53 m) die tiefsten im Elbe-urstromtal. Auch die Clusteranalyse trennt diese und die beiden flacheren Stationen als Teilcluster in der Stationsgruppe NORDWEST. *Nucula nitidosa* bewohnt sowohl Feinsand- als auch Schlickböden in Tiefen von 7 – 250 m. Dagegen bevorzugt *N. tenuis* schlickige der Küste vorgelagerte (off-shore) Böden bis 300 m Tiefe (TEBBLE 1966).

Alle oben genannten Arten sind von Bedeutung für die Einteilung der Assoziationen. Außer *N. nitidosa* erfüllen alle der Kriterien von SALZWEDEL et al. (1985) für Charakterarten. *A. brachiata* und *N. tenuis* besitzen sogar eine

Abundanz- und Präsenztreue von 100%, und beide Ophiuroiden treten als Diskriminatorarten auf.

GLÉMAREC (1973) stellte fest, dass Tiere selbst dann nie den gleichen Lebensort teilen, wenn sie zur selben Gattung gehören und ähnliches Sediment bevorzugen. Als Grund nennt er die jährlichen Schwankungen in der Bodenwasser-Temperatur und teilt die Nordsee¹ anhand dieses Kriteriums in drei verschiedene „étages“ ein. Der „Étage du large“ gehören Bereiche über 100 m Tiefe mit einer konstanten Bodentemperatur von etwa 10 °C und einer jährlichen Schwankung von unter einem Grad Celsius an. Dazu gehört auch die nördliche Nordsee. GLÉMAREC (1973) merkt an, dass das Wasser der offenen See keinem bathymetrischen Limit unterliegt. Abhängig von Topographie und hydrodynamischen Einflüssen (z.B. geringe Gezeiten) wird vereinzelt sogar die 40 m-Tiefenlinie erreicht. Vor allem dann, wenn das Wasser ruhig und die Thermokline ungestört ist.

Die zentrale Nordsee mit Tiefen zwischen 60 und 100 m, Bodentemperaturen bis 16 °C und Temperaturschwankungen von 7 bis 8 °C befindet sich in der „Étage cotier“. Die südliche Nordsee mit Wassertiefen bis zu 60 m, Bodentemperaturen bis 18 °C und Temperaturschwankungen von über 10 ° gehört zur „Infralittoral Étage“.

1986 wurde diese Einteilung durch Untersuchungen des „ICES North Sea Benthos Survey“ erweitert (DUINEVELD et al. 1991, Heip et al 1992, KÜNITZER et al. 1992). Danach existieren Faunengrenzen bei 100 m, 70 m und 50 m. GLÉMARECS (1973) „Infralittoral Étage“ lässt sich in zwei Zonen einteilen, welche durch die 30 m-Tiefenlinie getrennt sind. Der nördlichste Teil des Elbe-Urstromtals gehört demnach zum flacheren Teil der „Étage cotier“. Der südlichere Teil des Elbe-Urstromtals ist dem tieferen Teil der „Infralittoral Étage“ zuzuordnen, da es im Osten ungefähr durch die 30 m-Tiefenlinie begrenzt ist.

Nach KÜNITZER et al. (1992) zeichnet sich die Zone unter 100 m Tiefe durch Kaltwasserarten aus, die flachen Bereiche bis 50 m Tiefe werden von Warmwasserarten bewohnt und die Zone dazwischen ist sowohl durch Warm- als auch durch Kaltwasserarten geprägt. Auch DYER et al. (1983) und FRAUENHEIM et al. (1989) bestätigen eine Faunengrenze bei etwa 60 m.

DUINEVELD et al. (1991) beschreiben als Charakterart nach SALZWEDEL et. al. (1985) für flache schlicksandige Bereiche (30 - 50 m) *Amphiura filiformis*, dazu kommen

¹ Der Autor bezieht sich im Original auf den europäischen Nordatlantik und die Nordsee; da sich diese Arbeit mit einem speziellen Teil der Nordsee beschäftigt, ist nur diese im Text erwähnt.

als dominante Arten *Myriochele* (*Galathowenia*) *oculata*, *Mysella bidentata*, *Phoronis* sp. und *Pholoe baltica*. Von diesen wurden in der **Amphiura-brachiata-Tellimya-ferruginosa-Assoziation** nur *Phoronis*-Arten als „Charaktergenus“ gefunden. Die Muschel *Mysella bidentata* gehört zwar zu den dominanten Arten, besitzt jedoch nur eine vergleichbar geringe Dominanz von 1,2 %. Mit der **Amphiura-filiformis-Galathowenia-oculata-Nuculoma-tenuis-Assoziation** ergeben sich gute Übereinstimmungen. Es fehlen zwar die *Phoronis*-Arten und *Corbula gibba* stellt die dritte dominante Art, sonst zeigen die dominanten Arten die gleiche Reihenfolge wie für den Bereich von 30 – 50 m nach DUINEVELD et al. (1991).

Dominante Arten für tiefe Schlick-Sande (>70 m) sind *Amphiura filiformis* und die Polychaeten *Galathowenia oculata*, *Scoloplos armiger*, *Spiophanes bombyx* und *Goniada maculata*. *Amphiura filiformis* tritt jedoch nicht mehr als Charakterart auf. Die Artenstationstabelle im Anhang zeigt, dass *Galathowenia oculata*, *Scoloplos armiger* und *Goniada maculata* nahezu auf die drei nördlichsten Stationen (534 – 536) beschränkt sind. *G. maculata* besitzt einen zweiten Verbreitungsschwerpunkt in der Nähe Helgolands. *Spiophanes bombyx* ist über das gesamte Elbe-Urstromtal verbreitet. Die Abundanz des Schlangensterne *Amphiura filiformis*, hat an diesen Stationen eine Tendenz zur Abnahme. Außerdem enthielt die an Station 534 genommene Baumkurre 18 Exemplare des Seeigels *Brissopsis lyrifera*; GLÉMAREC (1973) beschreibt diese Art als charakteristisch für sandige Schlicke der offenen See. Dieser Einzelfund sollte nicht überbewertet werden, dennoch bekräftigt er den Befund der van Veen-Greifer, dass im Norden des Elbe-Urstromtales Faunenelemente der zentralen Nordsee auftreten. Zudem war *Brissopsis lyrifera* auch nach KÜNITZER (1990) regelmäßig in den Infauna- und Epifaunaprobe der Jahre 1983 –1988 enthalten und trat bisweilen in Massen auf.

Wie in **Kap. 2.3** erläutert, wurde in den Jahren 1981/82 durch RACHOR & ALBRECHT (1983) gezeigt, dass entlang des Elbe-Urstromtales mehrfach kaltes Nordseebodenwasser über das Elbeurstromtal bis fast in den Bereich der Helgoländer Tiefen Rinne vordringt. In einer Tiefe von mehr als 40 m nördlich der Weißen Bank kann sich ein solcher kälterer Wasserkörper selbst bei stürmischem Wetter bis Ende August halten. Auch aus Daten von 1902 bis 1954 ergeben sich

ab 40 m Durchschnittsbodentemperaturen im Bereich des Elbeurstromtales von 11 – 12 °C im Juli und 14 – 16 °C im September bei Schwankungen von durchschnittlich 11 °C (TOMCZAK & GOEDECKE 1962, 1964).

Das Elbe-Urstromtal zeichnet sich durch zwei Hauptgemeinschaften aus. Die Gemeinschaft des südlichen Elbe-Urstromtales befindet sich zwischen der 30 m-Tiefenlinie bis etwa 40 m Tiefe (Station 564, 54°35' N, 06°48' O). Für den nördlich anschließenden Teil des Elbe-Urstromtals zeigt sich eine graduelle Änderung (vergl. **Abb. 4.3**) - bedingt durch kälteres Bodenwasser - zur Gemeinschaft, die DUINEVELD et al. (1991) und KÜNITZER et al. (1992) zwischen 30 m und 50 m beschreiben. Im Bereich um etwa 40 m befindet sich eine Übergangsgemeinschaft. In nördlicher Richtung. Ab Station 544 (55°05' N, 06°10' O, bei 47 m Tiefe) ist die Artenzusammensetzung so ausgeprägt, dass man von einer eigenständigen Gemeinschaft sprechen kann. In diesem Bereich des Elbe-Urstromtales ist kaltes Bodenwasser vor Durchmischung besser geschützt als in flacheren Bereichen. Dadurch können sich kälteliebende Faunenelemente, welche gewöhnlich in der zentralen Nordsee anzutreffen sind, auch in der südlichen Nordsee ansiedeln und teilweise sogar sehr weit in Küstennähe vordringen (vergl. **Kap. 5.9**). Der nördlichste Teil des Elbe-Urstromtales zeigt bei Tiefen zwischen 50 m und 60 m schon Elemente der Gemeinschaft aus der zentralen und nördlichen Nordsee.

Die Gemeinschaft schluffiger und schlickiger Sedimente der Biskaya zeichnet sich in der „Infralittoral Étage“ durch *Amphiura brachiata* und *Clymene oerstedii* aus. In der „Étage du large“ sind *Amphiura filiformis* und *Tellina serrata* charakteristisch (GLÉMAREC 1973). Beide Ophiuroiden-Arten sind auch die charakteristischsten Arten der Assoziationen des Elbe-Urstromtales. Daher deuten die „diskriminatorischen Charakterarten“ eine Ähnlichkeit zu den von GLÉMAREC beschriebenen Verhältnissen an der Atlantikküste an.

5.7.2 Das Elbeurstromtal und seine Umgebung

Der Vergleich mit dem Gesamtprojekt des BfN ergab großflächig eine Dreigliederung des Gebietes in der Umgebung des Elbe-Urstromtales. Dazu kommen das Gebiet der Helgoländer Tiefen Rinne und eine in die Schlickgebiete fleckenhaft eingestreute Gruppe.

Die Assoziation der Stationsgruppe KÜSTENNAH-SAND ist durch Sedimente mit einem Sandanteil über 20% und einer Tiefe von weniger als 30 m gekennzeichnet. Dies entspricht der Trennungslinie, welche von DUINEVELD et al. (1991) und KÜNITZER et al. (1992) beschrieben wurde. Die Assoziation der Stationsgruppe MITTLERER BEREICH-SCHLICK umfasst den schlickigen Teil der Deutschen Bucht mit Tiefen bis etwa 40 m. Die dritte Assoziation (Stationsgruppe KÜSTENFEHRN-SCHLICK) schließt sich mit schlickigen Sedimenten in Richtung offene See an. Im Grenzbereich der beiden schlickbesiedelnden Assoziationen tritt eine fleckenhaft verteilte vierte Assoziation (Stationsgruppe FLECKEN) auf. Hierbei handelt es sich möglicherweise um einen Übergang zwischen den beiden Assoziationen, wie er sich bei der alleinigen Betrachtung des Elbe-Urstromtales gezeigt hat. Die fünfte und letzte Assoziation (Stationsgruppe HELGOLÄNDER TIEFE RINNE) tritt in der Helgoländer Tiefen Rinne auf. Diese zeichnet sich durch vielfältige und besonders grobe Sedimente aus. Ferner erreicht die Rinne Tiefen bis zu 60 m (CASPER 1939). Wenngleich sich das Elbeurstromtal in dieser groben Gliederung nicht von diesen 5 Assoziationen abhebt, heben sich die Stationen des Elbe-Urstromtales jedoch auf der Abbildung der MDS in einer Richtung von den anderen Stationen mit schlickigen Sedimenten ab. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind früheren Untersuchungen sehr ähnlich. KINGSTON & RACHOR (1982) und SALZWEDEL et al. (1985) haben jedoch keine Zweiteilung des Schlicksand-Gebietes jenseits der 30 m-Tiefenlinie festgestellt. Auch DUINEVELD et al. (1991) beschreiben eine einheitliche Gemeinschaft für diesen Bereich der Deutschen Bucht. So scheint sich eine neue Entwicklung in den Benthosgemeinschaften der Deutschen Bucht abzuzeichnen. In Hinblick auf die „diskriminatorischen Charakterarten“ des Elbe-Urstromtales hat möglicherweise eine - auf die milden Winter der letzten Jahre zurückzuführende - „Atlantisierung“ eingesetzt. Mit Abschluss des F+E-Vorhabens: „Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee“ wird sich zeigen, ob die beiden *Amphiura*-Arten auch außerhalb des

Elbe-Urstromtales charakteristisch sind. An nahezu allen Stationen der Stationsgruppe MITTLERER BEREICH-SCHLICK war ausschließlich *A. brachiata* anzutreffen. Das gleiche gilt in Bezug auf *A. filiformis* für die Stationsgruppe KÜSTENFERN-SCHLICK. Ich halte es daher für unwahrscheinlich, dass die statistische Auswertung des Gesamtprojektes die Stationsgruppen MITTLERER BEREICH-SCHLICK und KÜSTENFERN-SCHLICK zusammenführen wird.

5.8 Vergleich mit den Arbeiten von BÜSSELBERG (1985) und KÜNITZER (1990)

5.8.1 Zu BÜSSELBERG (1985)

BÜSSELBERG (1985) untersuchte den mittleren bis südlichen Teil des Elbe-Urstromtals. Neben zwei van Veen-Backengreifern (0,1 qm) verwendete er auch an jeder Station einen Reineck-Kastengreifer (0,2 qm). Zusätzlich kamen vereinzelt Dredgen zum Einsatz. Weiter wertete er auch die 0,5 mm-Fraktion in der Faunenanalyse aus. Zur Analyse der Assoziationen verwendete er die Clusteranalyse mit verschiedenen Methoden (Single Linkage, Weighted Average und Ward's Method) und Ähnlichkeitskoeffizienten (z.B. Bray-Curtis). Desweiteren benutzte er die in der Pflanzensoziologie übliche Methode der Differentialartenanalyse, bei welcher die Arten zusammengefasst werden, die eine ähnliche Verbreitung aufweisen. Dadurch können Gruppen von Stationen gebildet werden, die ähnlich der Clusteranalyse dazu dienen, Assoziationen zu unterscheiden. Beide Analysen führten zu beinahe identischen Ergebnissen. Die Clusteranalyse unterteilte jedoch die ***Amphiura-filiformis/Tellina-fabula*** (Übergangsassoziatiön) in zwei Teilassoziatiönen.

Die ***Amphiura-filiformis***-Assoziatiön umfasst den nördlich 54,45 °N liegenden Teil des südlichen Elbe-Urstromtals und stimmt mit meinen Stationen 554 und 562 überein. Dieser Bereich des Elbe-Urstromtals ist nach den von mir ermittelten Daten sehr artenarm. Die Muschel *Chamelea gallina*, der Caudofoveat *Chaetoderma nitidulum*, der Amphipode *Bathyporeia guilliamsoniana* und die Polychaeten *Galathowenia oculata*, *Lumbrineris gracilis* und *Lumbrineris latreilli* traten in meiner Untersuchung ausschließlich im Bereich dieser Assoziatiön auf. Jedoch waren alle nur an einer der beiden Stationen in den Proben und nur

Chamelea gallina und *Bathyporeia guilliamsoniana* waren mit mehr als zwei Individuen vertreten. Der Amphipode *Harpinia antennaria* war an beiden Stationen und an der nach Süden anschließenden Station anzutreffen. Die Muschel *Corbula gibba* trat im ganzen südlichen Elbe-Urstromtal auf, hatte jedoch in dem Gebiet der *Amphiura-filiformis*-Assoziation die höchsten Abundanzen und war mit über 30% dominanteste Art nach *Amphiura-filiformis* (47,5%).

Die *Amphiura-filiformis*-Assoziation zeichnet sich nach BÜSSELBERG (1985) als artenreichste Assoziation aus. Erst an der Nordgrenze des Untersuchungsgebietes von 1984 nimmt die Artenzahl wieder zu. Typische Arten waren 1984 die Schnecke *Eulima alba*, der Polychaet *Amphictene (Pectinaria) auricoma* und die Crustaceen *Harpinia antennaria* und *Dyastilis rathkei*. Die einzige Art, welche auch in meiner Untersuchung nachgewiesen werden konnte, ist *Harpinia antennaria*. *Amphictene auricoma* konnte nur nördlich dieses Abschnittes und westlich Helgolands nachgewiesen werden. *Chamelea gallina* war 1984 im Unterschied zu meinen Daten im ganzen südlichen Elbe-Urstromtal zu finden.

Die Biomasse dieser Assoziation ist durch eine Verschiebung des Echinodermata-Anteils zu den Polychaeta gekennzeichnet. Machten die Echinodermata um 1984 noch mehr als $\frac{3}{4}$ der Biomasse aus, so sind es jetzt nur etwa $\frac{2}{3}$. Bei den Polychaeta stieg der Anteil von 14 % auf etwa 25 %. Ein Vergleich der in den Dredgen gefundenen Epifauna war nicht möglich, da 2000 in diesem Bereich keine Baumkurre genommen wurde.

Die ***Amphiura-filiformis*-Assoziation mit Arten der *Nucula-nitidosa*-Assoziation** ist westlich von Helgoland gelegen (meine Stationen 471 / UT 13 und 472). Die Polychaeten *Magelona filiformis* und *Gattyana cirrosa* sind vergleichsweise treue Arten im Gebiet dieser Assoziation. *M. filiformis* wurde zusätzlich an der nach Norden anschließenden Station gefunden, *G. cirrosa* befand sich nicht in der südlichsten Station dieses Gebietes.

BÜSSELBERG (1985) bezeichnet die Arten *Chaetopterus variopedatus*, *Gattyana cirrosa*, *Ampharete* spp., *Lagis (Pectinaria) koreni* und *Scalibregma inflatum* als charakteristische Vertreter der *Amphiura-filiformis*-Assoziation mit Arten der *Nucula-nitidosa*-Assoziation. *Chaetopterus variopedatus* war nur im nördlichsten Teil des Elbe-Urstromtales vertreten. *Lagis koreni* wurde fast im ganzen

Untersuchungsgebiet gefunden. *Scalibregma inflatum* ist beinahe im gesamten südlichen Elbe-Urstromtal vertreten. Der Polychaet zeigte aber auch an der nächst nördlich gelegenen Station die höchste Abundanz. *Amphiura filiformis* trat nur an Station UT 13 mit 4 Individuen auf. Die Dredgen enthielten 1984 *Astropecten irregularis*, *Asterias rubens*, *Ophiura ophiura*, *Aphrodita aculeata*, *Pagurus bernhardus*, *Spisula* sp. und weitere. *Asterias rubens*, *Aphrodita aculeata* und *Pagurus bernhardus* wurden 2000 in Baumkurrenproben bestätigt.

Das aschefreie Trockengewicht (AFDW) war 1984 wie 2000/01 in diesem Bereich am höchsten. Jedoch lag es 2000/01 mit ca. 50 g / qm bei etwa 150% des 1985 beobachteten Wertes. Nach BÜSSELBERG (1985) sind die relativ hohen Werte für die Biomasse auf den hohen Anteil an Polychaeten und die geringe Bedeutung der Echinodermata zurückzuführen. Dazu ist der Echinoidea-Anteil der anderen Assoziationen höher. Beides konnte ich so nicht bestätigen. Die Echinodermata machen in diesem Teil des Elbeurstromtales einen der größten Anteile an der Biomasse aus und die Polychaeten haben eher geringe Werte.

Die ***Amphiura-filiformis/Tellina-fabula*-Assoziation** befindet sich zwischen den beiden schon beschriebenen Assoziationen (Stationen 563, 564 und 565) und erstreckte sich 1984 über den gesamten mittleren Teil des südlichen Elbeurstromtales. Die Muschel *Spisula subtruncata* und die Polychaeten *Harmothoë glabra*, *Glycinde nordmanni*, *Notomastus latericeus* waren in der vorliegenden Untersuchung Arten mit der größten Treue.

Neben den Arten die im gesamten Untersuchungsgebiet von 1984 vorkommen waren *Magelona papillicornis* (*M. johnstoni*), *Magelona minuta*, *Fabulina* (*Tellina*) *fabula* und *Perioculodes longimanus* dominante Arten. In der vorliegenden Arbeit wurde *M. johnstoni* mit 4 Individuen an Station 471 und *Magelona minuta* mit nur 3 Individuen in der 0,5 mm-Fraktion der Station 562 gefunden. *Fabulina fabula* konnte an allen Stationen bestätigt werden. *Perioculodes longimanus* ist über diesen Bereich hinaus auch an nahezu allen nördlicheren Stationen anzutreffen. Übereinstimmung zeigt sich mit der von BÜSSELBERG (1985) als vergleichsweise treu (40 %) beschriebenen Art *Anaitides subulifera* (*Anaitides rosea*). Aber auch diese kleine Art wurde nur an den Stationen 564 und 565 in der 0,5 mm-Fraktion nachgewiesen. *Amphiura filiformis* trat 2000 nur an der nördlichsten Station auf.

Aber auch 1984 fehlte der Schlangensterne in der Nähe den von mir südlicher beprobten Stationen.

Die Dredgen enthielten 1984 *Asterias rubens*, *Crangon allmanni*, *Liocarcinus (Macropipus) holsatus* und Einsiedlerkrebse der Familie Paguridae. *Crangon allmanni* konnte nicht bestätigt werden, die anderen Arten befanden sich alle auch im Jahr 2000 in den Baumkurrenproben. Als sehr bewegliche Art darf *Crangon allmanni* allerdings nicht überbewertet werden. Die Befunde aus den Biomassen stimmen mit Echinodermata als dominantestes Groß-Taxon überein.

Nur bei den relativen Anteilen der Biomassen von Echinodermata und Polychaeta tritt westlich von Helgoland ein deutlicher Unterschied auf. Insgesamt betrachtet hat an der Biomasseverteilung entlang des südlichen Elbe-Urstromtales seit 1985 jedoch keine wesentliche Änderung stattgefunden. Anders verhält es sich mit der absoluten Biomasse. Das AFDW / qm liegt in der Nähe Helgolands etwa $\frac{1}{4}$ über dem von BÜSSELBERG (1985) beschriebenen Wert.

Es bestehen gravierende Unterschiede in den charakteristischen Arten, von denen 2000 verschiedene ganz fehlten und einige eine Tendenz zur Verlagerung des Schwerpunktes in tiefere Bereiche des Elbe-Urstromtales zeigen. Die Änderungen in der *Amphiura-filiformis/Tellina-fabula*-Assoziation sind am geringsten. Es ist schwierig, für die Baumkurren- und Dredgeproben exakte Aussagen zu treffen, da sie zum einen schwer quantitativ ausgewertet werden können und zum anderen in beiden Untersuchungen nicht regelmäßig eingesetzt wurden. Bei den von BÜSSELBERG (1985) genannten Arten zeigte sich jedoch eine größere Übereinstimmung als bei der mit Greifern erhaltenen Endofauna.

BÜSSELBERG vergleicht seine Ergebnisse mit denen von HAGMEIER (1925) und SALZWEDEL et al (1985). Dabei ändern sich auf Grund der Wahl der „Leitformen“ die Namen der Assoziationen, die gefundenen Gemeinschaften stimmen jedoch weitgehend überein.

5.8.2 Zu KÜNITZER (1990)

Auffällig ist, dass die von KÜNITZER (1990) gefundenen Stationsgruppen gut mit den von mir beschriebenen Stationsgruppen übereinstimmen. So zeigt sie, dass sich das Elbe-Urstromtal in drei Bereiche gliedern lässt und begründet dies mit den vorherrschenden Wasserkörpern. Demnach ist der südlichste Teil des Elbe-Urstromtals von durch die Flüsse Elbe und Weser beeinflusstem Küstenwasser geprägt, während der nördliche Teil von salzreicherem atlantischen Wasser dominiert wird (Goedecke et al. 1967). Dazwischen befindet sich eine Mischwasserzone.

Im Zusammenhang mit den Charakterarten von DUINEVELD et al. (1991) wurden die Daten von KÜNITZER (1990) schon im **Kap. 5.7.1** diskutiert. Es zeigen sich Übereinstimmungen der Ergebnisse im nördlichen Teil des Elbeurstromtales. Die von mir gefundenen „diskriminatorischen Charakterarten“ treten regelmäßig (1983 – 1988) in gleichbleibender Dominanz an den nördlichen Stationen auf.

Im mittleren Bereich stimmt nur die Art *Spiophanes bombyx* als eine der dominanten Arten überein. Im südlichen Elbe-Urstromtal fanden sich in beiden Untersuchungen *Phoronis* spp., *Nucula nitidosa*, *Scalibregma inflatum*, *Nephtys hombergii* und *Mysella bidentata* als dominante Arten. Die dominanteste Art in der Untersuchung von KÜNITZER war *Ophiura albida*, welche unter den von mir ermittelten dominanten Arten nicht auftritt (**Kap 4.2.3.2**). *Nucula nitidosa* ist in beiden Arbeiten die Art mit der zweitgrößten Dominanz.

KÜNITZER et al. (1992) nennen als Indikatoren schlickiger Feinsande der südlichen Nordsee *Nucula nitidosa*, *Callianassa subterranea* und *Eudorella truncatula*. Diese ergaben sich aus der TWINSPAN-Analyse. Indikatorarten dieser Methode sind Arten, welche entweder möglichst ausschließlich oder mit höherer Dominanz in dem entsprechenden Gebiet auftreten. *Nucula nitidosa* ist eine der „diskriminatorischen Charakterarten“, daher stimmen die beiden Ergebnisse in diesem Punkt überein. *Callianassa subterranea* lebt tief im Sediment eingegraben und konnte während der Fahrt mit FS „Heincke“ bei der Beprobung mit einem Großkastengreifer noch 40 cm tief im Sediment nachgewiesen werden. Im Jahre 2000 wurde *Callianassa subterranea* ansonsten nur vereinzelt erfasst, so dass es nicht möglich ist, diese Ergebnisse beider Arbeiten zu vergleichen. Ich halte es daher für problematisch diese Art als Indikatorart zu verwenden. *Eudorella truncatula* besitzt keine auffällige Verteilung und ist über das ganze Elbe-

Urstromtal vereinzelt zu finden, darum ist für diese Art auch keine besondere Treue zu einem bestimmten Gebiet festzustellen.

5.9 Das Elbe-Urstromtal als Einwanderungsweg kälteliebender Arten in der Deutsche Bucht

Wie schon im Kapitel zur Bodenfauna (**Kap.5.7**) erwähnt, zeichnen sich die nördliche und zentrale Nordsee durch Kaltwasserarten aus. In der Regel findet man diese in der südlichen Nordsee nicht. Die Gemeinschaft des nördlichen Elbe-Urstromtales ist jedoch durch Arten der zentralen Nordsee beeinflusst. Mit der gegenwärtigen Arbeit sollte geklärt werden, wie weit sich der Einfluss dieser und arktisch-borealer Arten über das Elbeurstromtal in die südliche Nordsee fortsetzt. Die arktisch-boreale Fauna ist in beiden Klimazonen zu finden, der Schwerpunkt ihrer Verbreitung liegt in der „subarctic transitional zone“. Diese umfasst den Nordosten Norwegens, den südöstlichen Teil der Barentssee, flache Teile des Weißen Meeres, Nord- und Ost-Island, den südwestlichsten Teil Grönlands sowie den unterseeischen Rücken zwischen den Shetland- und Färör Inseln und Island (EKMAN 1953).

Es wurden Arten ausgewählt, die mit den von KÜNITZER (1990) in der zentralen Nordsee gefundenen übereinstimmen. Diese wurden dann mit Arten aus Arbeiten über die südliche Nordsee verglichen (SALZWEDEL et al. 1985, BÜSSELBERG, 1985). Arten, die SALZWEDEL et al. für weite Bereiche der Deutschen Bucht beschrieben, sind nicht berücksichtigt, da man davon ausgehen muss, dass es sich bei diesen in der Regel nicht um kälteliebende Tiere handelt. Die Identifikation der arktisch borealen Fauna erfolgte anhand der Bestimmungsliteratur.

Folgende Arten der zentralen Nordsee treten im Rahmen meiner Untersuchung nur im nördlichen Elbe-Urstromtal auf. Fett gedruckte Arten sind stetig verteilt, oder treten wenigstens an einer Station mit einer Abundanz von über 10 Individuen auf.

Fauna der zentralen Nordsee:

Arktisch-boreale Fauna:

Gastropoda

Colus gracilis

Bivalvia

*Acanthocardia echinata****Nuculoma tenuis****Mya truncata*

Caudofoveata

Chaetoderma nitidulum

Polychaeta

*Ampharete baltica**Ampharete finmarchica**Ampharete lindströmi**Aphrodita aculeata****Galathowenia oculata****Glycera lapidum**Heteromastus filiformis**Laetmonice filicornis**Lumbrineris tetraura**Rhodine gracilior*

Gastropoda

Buccinum undatum

Bivalvia

Mya truncata

Polychaeta

*Ampharete baltica**Ampharete finmarchica**Ampharete lindströmi**Anaitides groenlandica**Antionella sarsi**Eteone spetsbergensis****Galathowenia oculata****Gattyana amondseni**Gattyana cirrosa**Harmothoe glabra**Malmgreniella arenicolae*

Crustacea

*Ampelisca macrocephala**Ampelisca tenuicornis**Diastylis lucifera**Eriopisa elongata**Eudorella truncatula**Eudorellopsis deformis**Harpinia antennaria**Harpinia crenulata*

Crustacea

*Ampelisca macrocephala**Ampelisca brevicornis**Melita dentata*

Echinodermata

*Astropecten irregularis****Brissopsis lyrifera******Echinocardium flavescens****Trachythyone elongata*

Beschreibung der Fauna der zentralen Nordsee:

Alle Echinodermaten, die Muscheln *Acanthocardia echinata* und *Mya truncata* und die Schnecke *Colus gracilis* wurden hauptsächlich mit der Baumkurre gefangen. Neben den „diskriminatorischen Charakterarten“ *Nuculoma tenuis* und *Galathowenia oculata* waren die beiden Seeigel *Brissopsis lyrifera* und *Echinocardium flavescens* vergleichsweise häufig. *Chaetoderma nitidulum* war mit 8 Individuen bis auf Station 547 in der ganzen Stationsgruppe NORDWEST zu

finden. Insgesamt sind die übrigen Arten alle bis zu vier Individuen im Untersuchungsgebiet vertreten und wurden zum Teil nur in der 0,5 mm-Fraktion gefunden. Diese Arten sollten daher nicht überbewertet werden. Alle Arten außer *Glycera lapidum* und *Astropecten irregularis* kommen jedoch nur an den drei nördlichsten Stationen vor oder haben dort ihren Schwerpunkt. Es ist deshalb unwahrscheinlich, dass es sich bei all diesen Arten um zufällige Funde handelt. BÜSSELBERG (1985) bestätigt im Bereich der südlichsten Station (554) der Stationsgruppe NORTHWEST *Chaetoderma* sp. und *Harpinia crenulata* mit 2-10 Individuen und *Astropecten irregularis* mit einem Individuum an der nördlichsten Station seines Untersuchungsgebietes. Nach SALZWEDEL et al. war *Harpinia crenulata* 1975 etwa entlang der 40 m Tiefenlinie¹ zu finden; das maximale Auftreten hatte die Art im tieferen Bereich des Elbe-Urstromtales. *Acanthocardia echinata* wurde mit 2-10 Individuen nicht genauer aufgeführt. Von weiteren der oben aufgeführten Arten sind in der Deutschen Bucht keine Funde beschrieben. *Ampharete baltica* und *Galathowenia oculata* sind jedoch möglicherweise mit anderen Arten unter Ampharetidae spp. und Owenidae spp. zusammengefasst. Arten, welche bis in den mittleren Bereich des Elbe-Urstromtales vordringen, sind oft nicht eindeutig abzugrenzen, weil die Verbreitung nicht kontinuierlich ist. Die Cumacee *Diastylis lucifera* und der Amphipode *Harpinia antennaria* traten sowohl im mittleren als auch im nördlichen Teil des Elbe-Urstromtales vergleichsweise kontinuierlich auf und zeigten in der Abundanz eine Abnahme in Richtung Küste. Die Cumacee *Eudorella truncatula* befand sich 2000 sowohl im nördlichen als auch im südlichen Elbe-Urstromtal. In den Arbeiten von SALZWEDEL et al. (1985) und BÜSSELBERG (1985) ist *D. lucifera* nicht erwähnt. BÜSSELBERG beschreibt *E. truncatula* in weiten Teilen des südlichen und mittleren Elbe-Urstromtals. SALZWEDEL et al. verweisen auf nur einen nicht näher definierten Einzelfund in der gesamten inneren Deutschen Bucht. Weiter beschreiben sie auch für *Harpinia antennaria* eine Verbreitung entlang der 40 m-Tiefenlinie, mit Schwerpunkt im tieferen Elbe-Urstromtal.

Des Weiteren traten der Amphipode *Ampelisca tenuicornis* und die Polychaeten *Heteromastus filiformis* und *Ampharete finmarchica* im nördlichen Elbe-Urstromtal und an Stationen in der Nähe Helgolands auf. Dies trifft auch für die zu den Polychaeten gehörende Seemaus *Aphrodita aculeata* zu, die aber zusätzlich mit

¹ Die 40 m-Tiefenlinie entspricht bezogen auf das Schlicksand-Gebiet in nordwestlicher Richtung in etwa der Grenze des Untersuchungsgebietes von SALZWEDEL et al. (1985).

einem Fund im mittleren Elbe-Urstromtal gefunden wurde. Ähnlich den beiden *Harpinia*-Arten erfassten SALZWEDEL et al. (1985) auch die Seemaus vermehrt in dem tieferen Bereich des Elbe Urstromtales. *Ampharete lindströmi* wurde nur im Gebiet Helgolands angetroffen.

Beschreibung der arktisch-borealen Fauna:

Buccinum undatum und *Mya truncata* waren nur in Baumkurrenfängen enthalten, von den Arten *Ampharete baltica*, *Antionella sarsi*, *Eteone spetsbergensis* und *Melita dentata* wurde nur ein Individuum gefunden und *Ampharete lindströmi* und *Malmgreniella arenicolae* traten nur in den Proben der „Uthörn“-Fahrt auf.

Ausschließlich nördlich traten *Buccinum undatum*, *Mya truncata*, *Ampharete baltica*, *Eteone spetsbergensis* und *Galathowenia oculata* auf. Nur zwei Arten (*Antionella sarsi* und *Anaitides groenlandica*) wurden mit maximal zwei Individuen ausschließlich im mittleren Elbe-Urstromtal an Station 563 gefunden. Die übrigen Arten traten alle wenigstens im südlichen Elbe-Urstromtal auf.

Eine Erklärung des besonderen Vorkommens bei Helgoland liegt in den besonderen hydrographischen Bedingungen der Helgoländer Tiefen Rinne. Nach CASPERS (1939) kann durch die extreme Tiefe (bis 60 m) und besondere Strömungsverhältnisse der Rinne eine Schichtung des Wasserkörpers entstehen. Kälteres salzreiches Wasser wird von wärmerem und ausgesüßtem Wasser überschichtet. Unabhängig von der Jahreszeit kann sich das Bodenwasser über längere Zeiträume halten. Die Rinne zeichnet sich u. a. daher als ein besonderer Lebensraum aus, in dem sich eine eigene Fauna halten kann. Isolierte Wasserkörper mit salzreicherem und kälterem Wasser werden leicht in der Rinne festgehalten. CASPERS (1939) vermutet, dass dadurch sogar weit entfernt lebende Tiere in der Lage sind, sich in der Rinne anzusiedeln und zu reproduzieren.

Der Einfluss der Arten aus der zentralen Nordsee nimmt stark ab, sobald die Tiefe 50 m unterschreitet. Im mittleren Bereich des Elbeurstromtales sind es schon nur noch vier Arten. In der Nähe Helgolands treten jedoch Arten auf, die sonst sehr weit nördlich im Elbe-Urstromtal anzutreffen sind. Dies bestätigt in gewissem Sinne CASPERS (1939) Vermutung. Da nur unzureichende Daten zu den nördlicheren Gebieten der südlichen Nordsee zu Verfügung standen, ist es möglich, dass die beschriebenen Arten nicht nur auf das Elbe-Urstromtal

beschränkt sind, sondern in weiteren Bereichen der südlichen Nordsee verbreitet sind. Weitere Untersuchungen müssten daher auch das Umfeld des nördlichen Elbe-Urstromtals einbeziehen, um ein klareres Bild zu schaffen. Deutlich ist aber schon jetzt, dass es sich beim nördlichsten Teil des Elbe-Urstromtals ab einer Tiefe von 50 m um ein Siedlungsgebiet von Arten der zentralen Nordsee handelt. Auch dem 40 m-Tiefenbereich muss eine größere Bedeutung beigemessen werden, da sich gerade unterhalb dieser Tiefe verschiedene Arten im Elbeurstromtal häufen. In diesem Bereich zeigt sich auch, dass Arten innerhalb des Elbe-Urstromtales verstärkt in die südliche Nordsee vordringen. Neben der Helgoländer Tiefen Rinne ist das nördlichste Elbe-Urstromtal das tiefste Gebiet der südlichen Nordsee. Aufgrund der gemeinsamen Arten, die nur in diesen Bereichen auftreten, lässt sich vermuten, dass diese Tiere über ihre Larven durch Kaltwassereinbrüche (vergl. **Kap. 5.7.1**, Diskussion der Ergebnisse RACHOR & ALBRECHT 1983) über das Elbe-Urstromtal bis Helgoland vordringen können.

Für die größeren Arten aus den Baumkurren muss jedoch die Fischerei als zusätzlich störender Faktor betrachtet werden, ohne den die Verteilung dieser Arten möglicherweise weitere Bereiche umfassen würde. Nach BERGMAN et al. (1998) starben je nach Art der Baumkurre von den Arten *Acanthocardia echinata*, *Aphrodita aculeata*, *Astropecten irregularis* und *Buccinum undatum* bis zu 49 % der Tiere während des Fangs und innerhalb von drei Tagen.

Entlang des Elbe-Urstromtales sind zwei Verteilungsschwerpunkte der Artenzahlen und Abundanzen arktisch-borealer Fauna zu erkennen; dabei handelt es sich um die beiden Randbereiche bei Helgoland (Stationen 472, UT 13 und UT 26) und im Norden (Stationen 534 – 536). An Station 471 / UT 13 war im Jahr 2000 nur eine Art zu verzeichnen, im Jahr 2001 waren es 5 Arten. Wie schon erwähnt wurde, bestätigt sich die These von CASPERS (1939) zur besonderen Lebensgemeinschaft der Tiefen Rinne Helgolands.

5.10 Rote Liste-Arten

Insgesamt wurden in den Proben der Baumkurren und der van Veen-Greifer 34 Arten der Roten Liste (BfN 1998). Die Situation einiger als potentiell gefährdet eingestuften Arten bedürfen einer neuen Betrachtung. Die Muschel *Corbula gibba* trat in solchen Mengen auf, dass sie für das Elbe-Urstromtal nicht mehr als gefährdet eingestuft werden muss. Die Muscheln *Mysella bidentata* und *Phaxas pellucidus* sowie die Polychaeten *Lagis (Pectinaria) koreni* und *Scalibregma inflatum* waren zwar nicht so häufig vertreten wie *Corbula gibba*, zeigten jedoch im Vergleich mit der Arbeit von BÜSSELBERG (1985) eine Zunahme der Häufigkeit. Für die Art *Phaxas pellucidus* muss einschränkend erwähnt werden, dass viele der gefundenen Tiere die Größe von 1 cm nicht überschritten. *Amphiura filiformis* und *Amphiura brachiata* gehören zu den gefährdeten Arten, sollte sich der schon beschriebene Trend dieser Arten fortsetzen, so müsste *A. brachiata* als nicht gefährdet für das südliche Elbe-Urstromtal eingestuft werden. *A. filiformis* wäre dementsprechend nur in diesem Teil gefährdet.

5.11 Schlussbetrachtung

Diese Arbeit beschreibt die Struktur des Makrozoobenthos entlang des Elbe-Urstromtales in der südöstlichen Nordsee im Jahre 2000/01 unter Hervorhebung einzelner Arten. Ein besonderes Augenmerk lag auf Arten, welche vor allem in kälteren Gewässern auftreten.

Das Makrozoobenthos bildet drei Assoziationen, die entlang des Elbe-Urstromtals aufeinander folgen. Die südlich gefundene ***Amphiura-brachiata-Tellimya-ferruginosa*-Assoziation** zeichnet sich durch eine geschlossene Verteilung aus, während die Übergangsassoziation des mittleren und die ***Amphiura-filiformis-Galathowenia-oculata-Nuculoma-tenuis*-Assoziation** des nördlichen Elbe-Urstromtales sich graduell zur offenen See hin ändern. Es bestätigten sich zwei Hauptgemeinschaften für das Schlicksandgebiet der südöstlichen Nordsee im Zusammenhang mit weiteren Daten aus der Umgebung des Elbe-Urstromtales. Die von mir gefundenen Assoziationen fügen sich in diese Gemeinschaften ein, jedoch zeigte die MDS, dass eine gewisse Eigenständigkeit des Elbe-Urstromtales erhalten bleibt. Jedoch bleibt dies noch durch die Auswertung des

gesamten BfN Projektes zur „Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee“ zu bestätigen.

Die Tiefe spielt bei der Zonierung des Makrozoobenthos des Elbe-Urstromtales indirekt eine bedeutende Rolle.

Bedingt durch Kaltwassereinbrüche entlang des Elbe-Urstromtales bis weit in die Deutsche Bucht, herrschen im Elbe-Urstromtal zumindest zeitweise kältere Temperaturen vor, so dass dort kälteliebende Arten ansiedeln, die sogar arktisch-boreale Faunenelemente enthalten. Dabei zeigen sich Parallelen zwischen dem nördlichsten Teil des Elbe-Urstromtales und der Tiefen Rinne bei Helgoland. Beide Bereiche sind die tiefsten der südlichen Nordsee und zeichnen sich zeitlich begrenzt durch kältere und salzreiche Wasserkörper aus als die umgebenden Gebiete.

Das Elbe-Urstromtal ist jedoch nicht in jedem Jahr gleichermaßen durch Kaltwassereinbrüche betroffen. Demgemäß muss man von größeren jährlichen Schwankungen ausgehen. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse dieser Arbeit nicht abschließend zu interpretieren. Das gilt auch für den Vergleich der Biomasseverhältnisse mit früheren Arbeiten. Er zeigt, dass die Auswirkungen der Eutrophierung der südlichen Nordsee wenigstens im Bereich um Helgoland eher zugenommen als abgenommen haben.

Die möglicherweise bedeutendste Erkenntnis dieser Arbeit betrifft die Veränderung der Faunenzusammensetzung und –verbreitung der Deutschen Bucht. So zogen sich einige Arten wie die Polychaeten *Amphictene (Pectinaria) auricoma*, *Gattyana cirrosa* und *Chaetopterus variopedatus*, die bisher als charakteristisch für das südliche Elbe-Urstromtal und die Deutsche Bucht galten, in tiefere Bereiche nach Norden und in die nähere Umgebung Helgolands zurück. Eine besondere Bedeutung kommt den Schlangensterne *Amphiura filiformis* und *Amphiura brachiata* zu, denn beide sind die wichtigsten charakterisierenden Arten der von mir beschriebenen Assoziationen. *A. brachiata* wurde in früheren Jahren selten gefunden; jetzt scheint die Art jedoch *A. filiformis* bereichsweise zu verdrängen. Dies spiegelt die Verhältnisse in der Biskaja wieder (GLÉMAREC 1973), und dürfte auf die milden Winter der letzten Jahre zurückzuführen sein:

Nach KRÖNCKE et al. (2001) steht eine Verschiebung der Makrozoobenthosgemeinschaft Norderneys seit 1988 im Zusammenhang mit der Zunahme des „North Atlantic Oscillation Index“ (NAOI). Der NAOI ist definiert als die Differenz der normalisierten (durch Dividieren mit der mittleren Langzeit-Standardabweichung) winterlicher Druckanomalien von Lissabon und Island (HURREL 1995). Positive Werte sind verbunden mit häufigeren und stärkeren Westwinden. Die Folge sind wärmere und feuchtere Winter. Seit den 1971 gab es keine „kalten Phasen“ mit negativen Werten in mindestens drei aufeinanderfolgenden Jahren¹.

Sollte sich dieser Trend fortsetzen, muss mit einer zunehmenden „Atlantisierung“ der südöstlichen Nordsee gerechnet werden.

In diesem Fall dürfte der Helgoländer Tiefen Rinne eine wichtige Funktion als Refugium ehemals weit verbreiteter Arten der Deutschen Bucht zukommen.

¹ Quelle: http://tao.atmos.washington.edu/data_sets/nao/

Literatur

ANKAR, S. (1977): Digging profile and penetration of the van Veen grab in different sediment types. Contributions from the Askö Lab. Univ. of Stockholm, Sweden, 19: 62pp.

BECKER, G.A. (1990): Die Nordsee als physikalisches System. In: LOZÁN, J.L., LENZ W., RACHOR, E., WATERMANN, B., WESTERNHAGEN, H.V., (1990): Warnsignale aus der Nordsee. P. Parey, Berlin und Hamburg: 11-27.

BREBERICH, D. (1989): Vergleichende Untersuchungen zur Artenzusammensetzung, Abundanz und Biomasse des Makrozoobenthos der Helgoländer Tiefen Rinne von 1936/37 und 1988/89. Diplomarbeit, Technische Hochschule Darmstadt: 142pp.

BERGMAN, M.J.N., BALL, B., BIJLEVELD, C., CRAEYMERSCH, J.A., MUNDAY, B.W. & VAN SANTBRINK, J.W. (1998): Direct mortality due to trawling. In: LINDEBOOM, H.J., DE GROOT, S.J. (Eds.): Impact-II, The effects of different types of fisheries on the North Sea and Irish Sea benthic ecosystems. NIOZ-Rapport 1998 – 1, RIVO-DLO Report C003/98: 167-185.

BfN (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Zusammengestellt und bearbeitet von BINOT, M., BLESS, R., BOYE, P., GRUTTKE, H., PRETSCHER, P. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg: 434pp.

BRAUN-BLANQUET, J. (1951): Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde. Springer, Wien: 613pp.

BRAY, J.R. & CURTIS, J.T (1957): An ordination of the upland forest of southern Wisconsin. Ecol. Monogr., 27: 225-349.

BÜSSELBERG, D. (1985): Kartierung des Makrozoobenthos im Elbe-Urstromtal der Deutschen Bucht. Diplomarbeit, Universität Hohenheim: 92pp.

CASPERS, H. (1939): Die Bodenfauna der Helgoländer Tiefen Rinne. Helgoländer wiss. Meeresuntersuchungen, 2 (1): 111pp. (Sonderdruck bereits 1938 erschienen!)

CHRISTIE, N.D. (1975): Relationship between sediment texture, species richness and volume of sediment sampled by a grab. Marine Biology 30: 89-90.

CLARKE, K.R., GORLEY, R.N. (2000): Primer 5 for Windows, version 5.2.1. PRIMER-E Ltd.

CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. (1994): Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, U.K., Plymouth: 136pp.

DENISENKO, N.V., RACHOR, E., DENISENKO, S.G. (2002 eigereicht): Benthic fauna in the southern part of the Kara Sea. Proceedings of Marine Science, Elsevier Science

DEUBEL, H. (2000): Struktureigenschaften und Nahrungsbedarf der Zoobenthosgemeinschaften im Bereich des Lomonossowrückens im Arktischen Ozean. Berichte zur Polarforschung, Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, 370: 145pp.

DUINEVELD, G.C.A., KÜNITZER, A., NIERMANN, U., DE WILDE, P.A.W.J., GRAY, J.S. (1991): The macrozoobenthos of the North Sea. Neth. J. Sea Res., 28 (1/2): 53-65.

DYER, M.F., FRY, W.G. & CRANMER, G.J., (1983): Benthic regions in the North Sea. J. Mar. Biol. Assoc., U.K., 63: 683-693.

EKMAN, S. (1953) Zoogeography of the sea. Sidgwick & Jackson, London: 417pp.

ELEFTHERIOU, A. & HOLME, N.A. (1984) Macrofauna techniques. In: HOLME, N.A., MCINTYRE, A.D. (Eds.): Methods for the study of marine benthos. IBP Handbook 16. Blackwell, Oxford: 140-216.

FIELD, J.G., CLARKE, K.R., WARWICK, R.M. (1982): A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. Mar. Ecol. Progr. Ser., 8: 37-52.

FIGGE, K. (1980): Das Elbe-Urstromtal im Bereich der Deutschen Bucht (Nordsee). Eiszeitalter u. Gegenwart, 30: 203-211.

FIGGE, K. (1981): Nordsee Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht. Karte 1:250.000, Nr. 2900, Dt. Hydrogr. Inst., Hamburg

FRAUENHEIM, K., NEUMANN, V., THIEL, H., TÜRKAY, M., (1989): The distribution of the larger epifauna during summer and winter in the North Sea and its suitability for environmental monitoring. Senckenbergiana marit., 20: 101-118.

GLÉMAREC, M. (1973): The benthic communities of the european north Atlantic shelf. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 11: 263-289.

GOEDECKE, E., SMED, J., TOMCZAK, G.(1967): Monatskarten des Salzgehalts der Nordsee dargestellt für verschiedene Tiefenhorizonte. Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Ergänzungsheft, B(4°), No. 9

GOEDECKE, E. (1968): Über die hydrographische Struktur der Deutschen Bucht im Hinblick auf die Verschmutzung in der Konvergenzzone. Helgoländer wiss. Meeresunters., 17: 108-125.

GRAF, G., BENGTTSSON, W., DIESNER, U., SCHULZ, R. & THEEDE, H. (1982): Benthic response to sedimentation of a spring phytoplankton bloom: Process and budget. Marine Biology, 67: 201-208.

HAGMEIER, A. (1925): Vorläufiger Bericht über die vorbereitenden Untersuchungen der Bodenfauna der Deutschen Bucht mit dem Petersen-Bodengreifer. Ber. dt. wiss. Komm. Meeresforsch. N.F., 1: 247-272.

HARTMANN-SCHRÖDER, G. (1996): Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta. Gustav Fischer, Jena: 648pp.

HEIP, C., BASFORD, D., CRAEYMEERSCH, J.A., DEWARUMEZ, J.-M., DÖRJES, J., DE WILDE, P., DUINEVELD, G., ELEFTHERIOU, A., HERMAN, P.M.J., NIERMANN, U., KINGSTON, P., KÜNITZER, A., RACHOR, E., RUMOHR, H., SOETAERT, K. AND SOLTWEDEL, T. (1992): Trends in biomass, density and diversity of the North Sea macrofauna. ICES J. mar. Sci., 49: 13-22.

HURREL, J.W. (1995): Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. Science, 269: 676-679.

KINGSTON, P.F. & RACHOR, E. (1982): North Sea level bottom communities. ICES C.M. 1982/L, 41: 1-16.

KRÖNCKE, I. & RACHOR, E. (1992): Macrofauna investigations along a transect from the inner German Bight towards the Dogger Bank. Mar. Ecol. Prog. Ser., 91:269-276.

KRÖNCKE, I., ZEISS, B. & RENSING, C. (2001) Long-term variability in macrofauna species composition off the island of Norderney (East Frisia, Germany) in relation to changes in climatic and environmental conditions. Senckenbergiana maritima, 31(1): 65-82.

KÜNITZER, A. (1990): Zur Verbreitung und Populationsdynamik der Bodenfauna der zentralen Nordsee. Diss. Univ. Bremen: 218pp.

KÜNITZER, A., BASFORD, D., CRAEYMEERSCH, J.A., DEWARUMEZ, J.M., DOERJES, J., DUINEVELD, G.C.A., ELEFTHERIOU, A., HEIP, C., HERMAN, P., KINGSTON, P., NIERMAN, U., RACHOR, E., RUMOHR, H. & DE WILDE, P.A.J. (1992): The benthic infauna of the North Sea: species distribution and assemblages. ICES J. Mar. Sci., 49 (2): 127-143.

MORTENSEN, T. (1927) Handbook of the echinoderms of the British Isles. Oxford University Press, London: 447pp.

PETERSEN, C.G.J. (1913): Valuation of the sea II. The animal communities of the sea-bottom and their importance for marine zoogeography. Rep. Dan. biol. Stat., 21: 44pp.

PIELOU, E.C. (1966): The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theor. Biol., 13: 131-144.

RACHOR, E. (1982): Biomass distribution and production estimates of macroendofauna in the North Sea. ICES, C.M. 1982/L: 2: 10pp.

- RACHOR, E. (1990):** Changes in sublittoral zoobenthos in the German Bight with regard to eutrophication. *Neth. J. Sea Res.*, 25 (1/2): 209-227.
- RACHOR, E. & GERLACH, S.A. (1978):** Changes of macrozoobenthos in a sublittoral sand area of the German Bight, 1967 to 1975. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 172: 418-431.
- RACHOR, E. & ALBRECHT, H. (1983):** Sauerstoff-Mangel im Bodenwasser der Deutschen Bucht. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.*, 19: 209-227.
- REMANE, A. (1940):** Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. Akademische Verlagsgesellschaft Becker & Erler Kom. - Ges., Leipzig, 1: 32-49.
- RIDDLE, M.J. (1989):** Bite profiles of some benthic grab samplers. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 29: 285-295.
- RUMOHR, H. (1999):** Soft bottom macrofauna: Collection, treatment, and quality assurance of samples. *ICES Techniques in Environmental Sciences*, 8: pre-print Version 19pp.
- RUMOHR, H., BREY, T. & ANKAR, S. (1987):** A compilation of biometric conversion factors for benthic invertebrates of the Baltic Sea. *Baltic Marine Biologists*, 9: 1-56.
- SALZWEDEL, H.L., RACHOR, E. & GERDES, D. (1985):** Benthic macrofauna communities in the German Bight. *Veröff. Inst. für Meeresforsch. Bremerh.*, 20: 199-267.
- SEEDORF, H.H., GROTHENN, D., KOST, W., THIEM W. (1977):** Topographischer Atlas Niedersachsen und Bremen. Karl Wachholz Verlag Neumünster, Niedersächsisches Landesverwaltungsamt: 289pp.
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W. (1949):** The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana: 1-117.
- STRIPP, K. (1969a):** Die Assoziationen des Benthos in der Helgoländer Bucht. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.*, 12: 95-142.
- STRIPP, K. (1969b):** Jahreszeitliche Fluktuationen von Makrofauna und Meiofauna in der Helgoländer Bucht. *Veröff. Inst. für Meeresforsch. Bremerh.*, 12: 143-148.
- THATJE, S. & GERDES, D. (1997):** The macrofauna of the inner German Bight. *Arch. Fish. Mar. Res.*, 45(2), 93-112.
- TEBBLE, N. (1966):** British bivalve seashells. British Museum (Natural History): 212pp.
- THORSEN, G. (1957):** Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). In: HEDGEPEETH, J.W. (ed.): *Treatise on marine ecology and paleoecology*. Mem. geol. Soc. Am. N.Y., 1 Ecology: 461-534.

TOMCZAK, G., GOEDECKE, E. (1962): Monatskarten der Temperatur der Nordsee, dargestellt für verschiedene Tiefenhorizonte. Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Ergänzungsheft, B(4°), No. 7:

TOMCZAK, G., GOEDECKE, E. (1964): Die thermische Schichtung der Nordsee auf Grund des mittleren Jahresgangs der Temperatur in $\frac{1}{2}^{\circ}$ - und 1° Feldern. Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Ergänzungsheft, B(4°), No. 8: 182pp.

Bestimmungsliteratur

ATHERSUCH, J. HORNE , D.J. & WHITTAKER, J.E. (1989): Marine and brackish water ostracods. Synopsis of the British Fauna (New Series), 43: 343pp.

CORNELIUS, P. F. S. (1995): North-west European thecate hydroids and their medusae - Laodiceidae to Haleciidae. Synopsis of the British Fauna (New Series), 50 (1): 347pp.

CORNELIUS, P. F. S. (1995): North-west European thecate hydroids and their medusae - Sertulariidae to Campanulariidae. Synopsis of the British Fauna (New Series), 50 (2): 386pp.

DAHL, M. & BISCHOFF, H. (1930): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise - Muschellinge oder Molluscoidea und Manteltiere oder Tunicata - (Kamptozoa - Phoronoidea - Bryozoa - Tunicata - Ascidae). Verlag von Gustav Fischer, Jena, 17: 188pp.

DE HAAS, W. & KNORR, F. (1966): Was Lebt im Meer. Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde, Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart: 360pp.

FIEGE, D. LICHER , F. & MACHIE, S.Y. (2000): A partial review of the European Magelonidea (Annelida: Polycyhaeta): *Magelona mirabilis* redefined and *M. johnstoni* sp. nov. distinguished. J. Mar. Biol. Ass. U.K., Cambridge University Press, 80: 215-234

Gibbs, P. E. (1977): British sipunculans. Synopsese of the British Fauna (New Series), 12: 34pp.

GRAHAM, A. (1971): British prosobranchs and other operculate gastropod molluscs. Keys and notes for the identification of the species. Synopsis of the British Fauna (New Series), 2: 112pp.

HAYWARD, P. J. & RYLAND, J.S. (1979): British ascophoran bryozoans. Synopsis of the British Fauna (New Series), 14: 312pp.

HAYWARD, P. J. & RYLAND, J.S. (1990): The marine fauna of the British Isles and north-west Europe - introduction and protozoans to arthropods. Clarendon Press, Oxford, 1: 627pp.

HAYWARD, P. J. & RYLAND, J.S. (1990): The marine fauna of the British Isles and north-west Europe - molluscs to Chordates. Clarendon Press, Oxford, 2: 626 – 996.

HOLDICH, D. M. & JONES, J.A. (1983): Tanaids. Synopsis of the British Fauna (New Series), 27: 98pp.

INGLE, R. W. (1983): Shallow-water Crabs. Synopsis of the British Fauna (New Series), 25: 206pp.

- JIRKOV, I. A. (2001):** Polychaeta of the Arctic Ocean. Yanus-K, Moskva: 632pp.
- JONES, A. M. & BAXTER, J.M. (1987):** Molluscs: Caudofoveata Solenogastres Polyplacophora and Scaphopoda. Synopsis of the British Fauna (New Series), 37: 123pp.
- JONES, N. S. (1976):** British cumaceans. Synopsis of the British Fauna (New Series), 7: 66pp.
- KAAS, P. & VAN BELLE, R.A. (1985):** Monograph of living chitons (Mollusca: Polyplacophora). Suborder Ischnochitonina Ischnochitonidae: Schizoplacinae, Callochitoninae & Lepidochitoninae. Brill, E.J. & Backhuys, E.J., Leiden, London, Köln, København, 2: 198pp.
- LILL, K. (1990):** Muscheln und Schnecken der Südlichen Nordsee - Ein Bestimmungsbuch für Besucher der deutschen Nordseeküste und Inseln. Sonderheft: Beiträge zur Naturkunde Niedersachsens, 1: 73pp.
- LINCOLN, R. J. (1979):** British marine Amphipoda: Gammaridea. British Museum (Natural History), London: 657pp.
- MAUCLINE, J. (1984):** Euphausiid, Stomatopod and Leptostracan crustaceans. Synopsis of the British Fauna (New Series), 30: 91pp.
- MILLAR, R. H. (1970):** British Ascidiaceans. Synopsis of the British Fauna (New Series), 1: 92pp.
- MORTENSEN, T. (1927):** Handbook of the echinoderms of the British Isles. Oxford University Press, London: 471pp.
- MURRAY, J. W. (1979):** British nearshore foraminiferids. Synopsis of the British Fauna (New Series), 16: 68pp.
- MUUS, B. J. & DAHLSTRÖM, P. (1978):** BLV Bestimmungsbuch - Meeresfische der Ostsee, der Nordsee, des Atlantiks - in Farbe abgebildet und beschrieben. Biologie, Fang, wirtschaftliche Bedeutung. BLV Verlagsgesellschaft, München: 244pp.
- NAYLOR, E. (1972):** British marine isopods. Synopsis of the British Fauna (New Series), 3: 86pp.
- NORDSIECK, F. (1969):** Die europäischen Meeresmuscheln (Bivalvia) - Vom Eismeer bis Kapverden, Mittelmeer und Schwarzes Meer. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 256pp.
- POPPE, G. T. & GOTO, Y. (1991):** European seashells, (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda). Verlag Crista Hemmen, Wiesbaden, Vol. I: 352pp.

POPPE, G. T. & GOTO, Y. (1993): European seashells, (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda). Verlag Crista Hemmen, Wiesbaden, 2: 221pp.

RYLAND, J. S. & HAYWARD, P.J. (1977): British anascan bryozoans. Synopsis of the British Fauna (New Series), 10: 188pp.

SARS, G. O. (1895): An account of the Crustacea of Norway - Vol I. Amphipoda (pates). Alb. Cammermeyers Forlag, Cristiana and Copenhagen

SARS, G. O. (1895): An account of the Crustacea of Norway - Vol I. Amphipoda (text). Alb. Cammermeyers Forlag, Cristiana and Copenhagen: 711pp.

SARS, G. O. (1899): An account of the Crustacea of Norway - Vol. II. Isopoda. Bergen Museum, Bergen: 270pp.

SARS, G. O. (1900): An account of the Crustacea of Norway - Vol. III. Cumacea. Bergen Museum, Bergen: 115pp.

SARS, G. O. (1928): An account of the Crustacea of Norway - Vol. IX. Ostracoda. Bergen Museum, Bergen: 277pp.

SMALDON, G. (1979): British coastal shrimps and prawns. Synopsis of the British Fauna (New Series), 15: 126pp.

STRESEMANN, E. (1967): Exkursionsfauna von Deutschland - Wirbellose I. Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin: 494pp.

THOMPSON, T. E. (1988): Molluscs: benthic opisthobranchs (Mollusca: Gastropoda). Synopsis of the British Fauna (New Series), 8 (Second Edition): 356pp.

TISCHLER, W. (1979): Brohmer - Fauna von Deutschland. Quelle & Meier, Heidelberg: 581pp.

ZARIQUIEY ALVAREZ, R. (1968): Investigacion Pesquera - Crustáceos decápodos ibéricos. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona, 32: 510pp.

ZIEGENMELKER, E. (1966): Die Schnecken (Gastropoda Prosobranchia) der deutschen Meeresgebiete und brackigen Küstengewässer. Sonderdruck aus: Helgol. wiss. Meeresunters., 13 (1/2): 66pp. (Veränderter Nachdruck 1973)

ZIEGENMELKER, E. (1957): Die Muscheln (Bivalvia) der deutschen Meeresgebiete. Sonderdruck aus: Helgol. wiss. Meeresunters., 6 (1): 64pp.m (Veränderter Nachdruck 1974)

Tab. A.1 Relative Biomasse der Stationen und Stationsgruppen

In der Berechnung von Gesamt B ist *Phoronis* enthalten. Alle weiteren Angaben beruhen auf aschefreien Trockengewichten ohne *Phoronis*.

CNI = Cnidaria; CRU = Crustacea; ECH = Echinodermata; MOL = Mollusca; POL = Polychaeta; SON = Sonstige

Station / Gruppe	CNI	CRU	ECH	MOL	POL	SON
SÜDOST	0,2	1,4	71,4	12,7	13,3	1,0
UT 26	1,6	1,8	67,9	3,9	23,5	1,3
472	0,1	0,0	58,5	23,8	16,8	0,7
UT 13	0,1	4,3	79,8	5,4	8,7	1,6
471	0,0	0,1	90,8	6,7	2,3	0,1
565	0,0	0,2	64,3	8,2	27,3	0,0
564	0,2	0,4	64,7	24,3	7,4	3,1
MITTE	0,0	1,0	78,4	5,5	12,4	2,7
563	0,0	0,2	82,8	6,9	5,9	4,1
562	0,0	2,5	70,0	2,8	24,6	0,0
NORWEST	0,2	1,9	49,4	20,0	25,5	3,1
554	0,1	4,4	29,5	61,5	4,2	0,2
536	0,2	1,2	93,7	0,6	4,0	0,4
535	0,2	0,5	38,2	3,3	45,4	12,4
534	0,1	0,1	7,2	0,4	90,7	1,5
547	1,7	5,9	27,2	47,5	12,5	5,2
Gesamt A	0,2	1,6	65,0	14,6	16,6	2,0
Gesamt B	0,1	1,1	46,6	10,5	11,9	29,7

Tab. A.2 Relative Abundanz der Stationen und Stationsgruppen

Gesamt B beinhaltet nicht die Abundanzen von *Phoronis* und den juvenilen Individuen der Gattungen *Amphiura* und *Echinocardium*. Gesamt C beinhaltet alle Abundanzen. Alle weiteren Angaben beruhen auf Abundanzen ohne *Phoronis*.

CNI = Cnidaria; CRU = Crustacea; ECH = Echinodermata; MOL = Mollusca; POL = Polychaeta; SON = Sonstige

Station / Gruppe	CNI	CRU	ECH	MOL	POL	SON
SÜDOST	1,2	2,9	17,7	43,6	31,3	3,4
UT 26	6,7	4,9	8,0	22,4	44,6	13,4
472	0,4	2,5	7,8	69,2	19,5	0,5
UT 13	1,5	1,5	8,1	19,6	62,6	6,7
471	0,0	1,6	8,3	65,8	20,3	4,0
565	0,0	3,3	36,1	24,5	35,9	0,2
564	0,4	3,7	42,2	40,9	11,9	0,9
MITTE	0,0	3,5	54,4	29,4	12,3	0,4
563	0,0	1,8	57,9	28,1	11,6	0,6
562	0,0	8,4	44,3	33,1	14,2	0,0
NORDWEST	0,5	2,7	56,4	16,8	22,7	0,9
554	0,4	1,9	48,8	41,9	6,7	0,2
536	0,6	3,1	74,1	8,3	12,8	1,1
535	0,2	3,6	37,6	5,6	51,6	1,4
534	0,9	1,6	79,5	4,2	12,8	1,0
547	0,3	4,2	63,9	24,7	6,6	0,3
Gesamt A	0,6	2,9	43,2	28,0	23,6	1,7
Gesamt B	1,1	4,9	4,3	47,1	39,7	2,8
Gesamt C	0,5	2,3	33,6	21,7	18,3	23,7

Tab. A.3 Artenstationstabelle der Baumkurren

Angegeben sind die Zahlen der gefundenen Individuen sowie das aschefreie Trockengewicht in Gramm.

* Bei den nördlich im Elbeurstromtal gefundenen Individuen der Art *Nucula nitidosa* handelt es sich vermutlich um *Nuculoma tenuis*. Da das Material nicht zugänglich ist muss jedoch eine genauere Bestimmung offen bleiben. x = es erfolgte nur eine qualitative Erfassung.

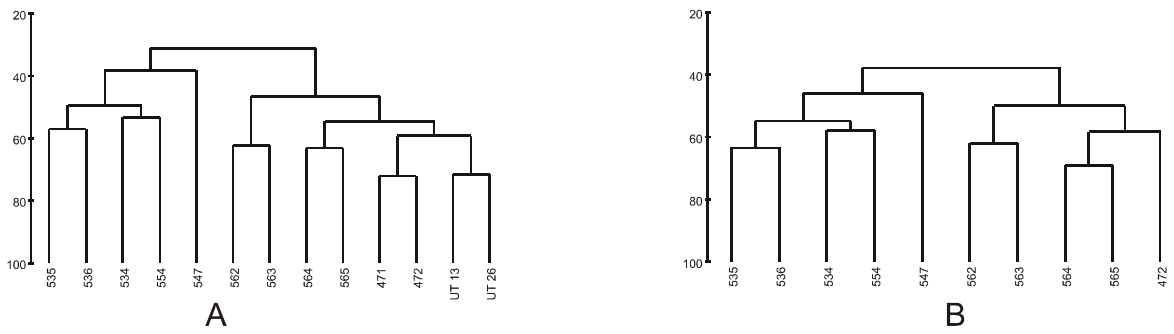
Taxon / Station	534	536	554	563	564	565	471
CNIDARIA							
Actiniaria sp.	1						
Metridium aff. senile		1					
Hydractinia echinata					1		
Hydrozoa spp.			1				
Laomedea sp.		1					
Obelia longissima			1				
Sertularia cupressina		1					
BIVALVIA							
Abra alba	1				1		
Acanthocardia echinata			2				
Bivalvia sp.	1						
Chamelea gallina	2		8				
Corbula gibba			18717	75	85		
Ensis sp.				1			
Mactra stultorum		1					
Mya truncata	2						
Nucula nitidosa	15*	5*		9	264	1	
Phaxas pellucidus					20		
GASTROPODA							
Acanthodoris pilosa		5					
Acteon tornatilis					2		
Aporrhais pespelecani	3			3	2		
Buccinum undatum			5				
Colus gracilis		2					
Polinices pulchellus			491	217	53	6	
Turritella communis	25		64	2			
POLYCHAETA							
Amphictene auricoma	1						
Aphrodita aculeata	7		27				2
Chaetopterus variopedatus	2						
Gattyana cirrosa	6						
Goniada maculata	1						
Nephtys assimilis	1						
Nephtys hombergii	1						
Nephtys incisa	1						
Notomastus latericeus	1						
Polychaeta spp.	1						
CRUSTACEA							
Ampelisca brevicornis	1						
Corystes cassivelaunus	29	10	15	25	14	4	8
Cirolana borealis			1				
Crangon allmanni	22						
Ebalia cranchii			1				
Ebalia tumefacta			1				
Hyas coarctatus		2				2	
Liocarcinus depurator			8	3	1		1
Liocarcinus holsatus	6	9	2	2	12	12	13
Macropodia rostrata	1	1	4	15	2		

Taxon / Station	534	536	554	563	564	565	471
Nephrops norvegicus	1						
Pagurus bernhardus	6	13	16	11	16	14	6
Processa nouveli holthuisi	21						
Upogebia stellata	1						
ECHINODERMATA							
Amphiura filiformis	8						
Asterias rubens	14	25	131	31	43	179	99
Astropecten irregularis	59	4	13	11	10		
Brissopsis lyrifera	18						
Echinocardium cordatum	3	81	40	56	436	3	3
Echinocardium flavescens	8	203					
Holothuroida sp.			2				
Ophiura albida			20		124	878	917
Ophiura ophiura			5				
Psammechinus miliaris	1	6					1
Trachythone elongata	4						
SONSTIGE							
Alcyonidium gelatinosum		50					
Asciacea spp.		47					
Astrorhiza limnicola		x					
Electra pilosa		1	1				
Priapulid caudatus	1						
Phoronis sp.		4					
„FISCHE“							
Agonus cataphractus				2	1		
Arnoglossus laterna	1					2	
Buglossidium luteum	2			3	16	27	2
Callionymus lyra	3			2			
Enchelyopus cimbrius	1	1					
Gadus morhua	1						
Gaidropsarus mediterraneus	1						
Hippoglossoides platessoides		1					
Limanda limanda	3	2	5	1	2	1	2
Microstomus kitt			1				
Phrynorhombus norvegicus	1						
Pleuronectes platessa			1	2	1	3	
Pomatoschistus minutus				1	6	11	
Summe	288	476	19583	472	1112	1143	1054
Biomasse	2,7	161,6	335,8	184,3	72,3	2,7	161,6

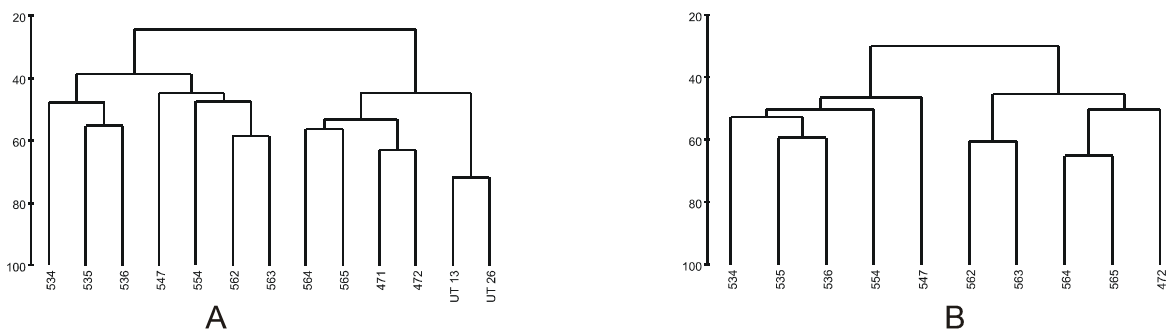
Station Taxon / Fraktion [mm]	534 0,5	534 1	535 0,5	535 1	536 0,5	536 1	547 0,5	547 1	554 0,5	554 1	562 0,5	562 1	563 0,5	563 1	564 0,5	564 1	565 0,5	565 1	471 1	UT 13 1	472 0,5	472 1	UT 26 1	
Lumbrineris latreilli									10															
Lumbrineris tetraura		10																					5	
Lysilla loveni									5										40	35	5	20	60	
Magelona alleni										5														
Magelona filiformis	10			5			10		5			50	5	30	65	50	30	20			5			
Magelona johnstoni																				20				
Magelona minuta											15													
Malmgreniella arenicolae																					20			
Nephtys assimilis									10					5				15	5	10			15	
Nephtys caeca																		30						
Nephtys hombergii	5	20		10		25	10		20	40	20	35	15	70	5	65		90	35	50	10	105	25	
Nephtys spp.				15				10		5				30		20		15	30	10	15	55		
Nereis elitralis																							5	
Nereis longissima																5							5	
Notomastus latericeus		10				20		15											5				175	
Ophelina acuminata																	5				35	30		
Ophelina modesta									5															
Ophelina sp.															5									
Ophiodromus flexuosus	5			5	5		5	10	10	5		5									10			
Owenia fusiformis		10				5				15														
Oweniidae spp.	20																							
Pectinariidae spp.																				5				
Pholoe baltica	110	35	65	110	290	210	130	5	380	35	35	45	10	40	5									
Pisone remota					5																		15	
Podarkeopsis helgolandica														10										
Poecilochaetus serpens												5											5	
Polychaeta sp.					10																			
Polydora caeca								10							5		5							
Polydora sp.													5											
Polyphysia crassa								5																
Protodorvillea kefersteini																							5	
Pseudopolydora pulchra															5									
Rhodine gracillor			5		5																			
Rhodine loveni				50		5																		
Scalibregma inflatum									10	5						15	30	760	155			100	135	25
Scoloplos armiger		15	5	5	5	85										10								
Sphaerodoropsis balticum					5																			
Sphaerodorum flavum																							5	5
Spio filicornis			10																					
Spionidae sp.					5											5								
Spiophanes bombyx				30	15	65			95	50	20	55		30	45	35	35	60	25	30	30	15	30	
Spiophanes kroyeri			10	10	65							5								5				
Spiophanes spp.					15																			
Sthenelais limicola		20				30	5	10	30	30	5	10			5			10	5	25		15	5	
Sthenelais sp.																								
Synelmis klattii									5															
CRUSTACEA																								
Acanthocythereis dunelmensis	x		x				x		x															
Ampelisca brevicornis																5					15		10	
Ampelisca macrocephala					15																			
Ampelisca tenuicornis		5		10						10											5			
Amphipoda sp.																					5			
Argissa hamatipes												5					10							
Asterope abyssicola			x																					
Bathyporeia elegans											20													
Bathyporeia guilliamsoniana				5		5						40												
Callianassa subterranea							10			10											5		85	
Corystes cassivelaunus						5				30		30		25		10		20	20			5		
Orangon crangon																								
Decapoda sp.				5																		5		
Diastylis bradyi						15								5				5			5			
Diastylis laevis						10			5						5						5			
Diastylis lucifera			10	50		10			10	10				5	5									
Dyopedos sp.				5																				
Eriopisa elongata		10	5	10																				
Eudorella emarginata	5		90	65			10	5																
Eudorella sp.			5	5																				
Eudorella truncatula	15	10	20	5			5		35	20			5					5	10				15	
Eudorelopsis deformis			5																					
Harpinia antennaria	25	10	35	30	95	105	5	5	10	20	50	20		10										
Harpinia crenulata	50		15	10		5	5		25															
Harpinia laevis	10								5															
Harpinia pectinata	5					10	10																	
Hippomedon denticulatus				5								10												
Jonesia acuminata					x																			
Leptognathia gracilis							x																	
Lysianassidae sp.																5								
Meilita cf. dentata																	5							
Murina spp.			140																					
Pariambus typicus		5							5								45				25	35		
Philomedes brenda					x																			
Pleurogonium rubicundum			5						10															
Pontocrates altamarinus																		5						
Pseudocuma cf. gilsoni		5																						
Pseudocuma longicornis	5			5			5		10		20	5				5	20	5					5	
Periocloides longimanus	5	10	15	5	35			10	5		30	15	15	10	25	25	10	5						
Pterygocythereis jonesi	x	x					x		x		x				x									
Robertsonites tuberculatus				30																				
Semibalanus balanoides	x	x		x			x		x															
Synchelidium maculatum												5												
Synchelidium sp.																		5						
Tanaidacea spp.	5		10																					
ECHINODERMATA																								
Amphiura brachiata																70		95	80	115		155	115	
Amphiura filiformis		1270		1715		2390		1045		2970		625		1155							20		5	
Amphiura spp.	1700		605		2295		630		3395		1405		910		245	250	50	95				60		
Asterias rubens																							5	
Asteroida spp.	245	5													85	65	50	10			60			
Astropecten irregularis				5						5														
Echinocardium cordatum						30	3020				5		5		50		15		885	30	40		95	20
Echinocardium flavescens				5																				
Echinocardium spp.	3380	1455	16065	935	10870	2055		15	880															

Station Taxon / Fraktion (mm)	534 0,5	534 1	535 0,5	535 1	536 0,5	536 1	547 0,5	547 1	554 0,5	554 1	562 0,5	562 1	563 0,5	563 1	564 0,5	564 1	565 0,5	565 1	471 1	UT 13 1	472 0,5	472 1	UT 26 1	
Nemertini spp.	20	10	10	20	10	30			35	15			5	25	25	20	45	5	75	180	35	20	255	
Golfingia sp.								5																
Golfingidae sp.		5																						
"Oligochaeta" sp.					10																			
Phoronis spp.			5			5		40	5	5		60	15	160	20	30	30	455	75	4410	45	920	7980	
Sipuncula sp.									5													5		
Turbellaria sp.				5		20			10						5									

4. Wurzel -Transformation



2. Wurzel -Transformation



Log(1+x) -Transformation

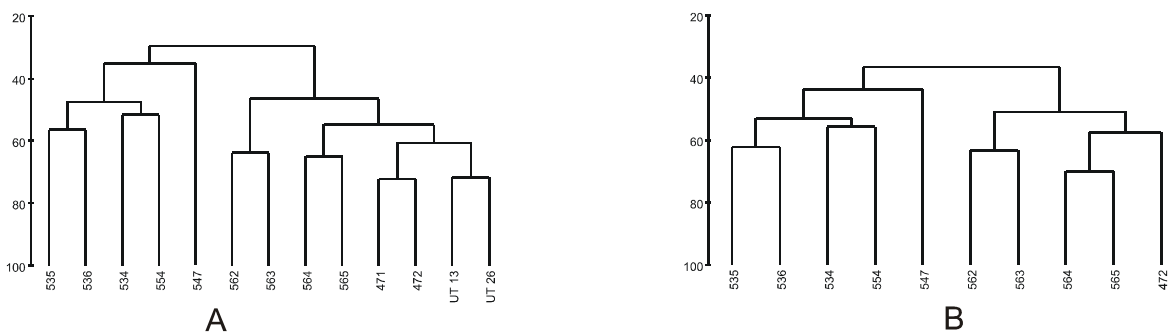
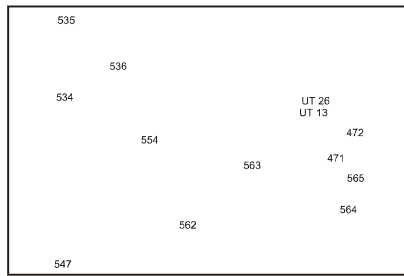
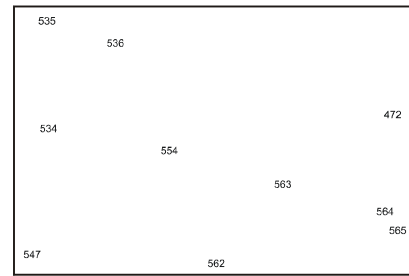


Abb. A.1 Clusteranalysen der A: 1 mm-Fraktion und B: 0,5 & 1mm-Fraktionen mit Bray-Curtis-Similaritäten und „group average“ - Verfahren.

4. Wurzel -Transformation

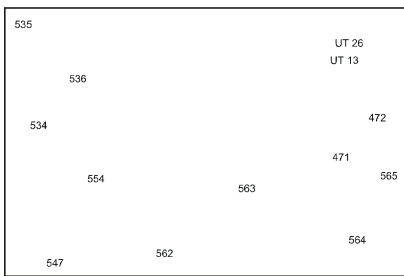


A

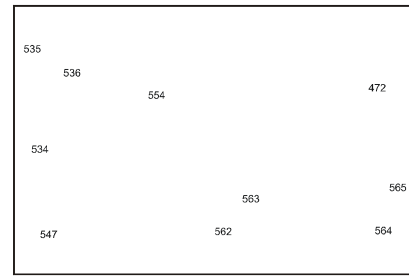


B

2. Wurzel -Transformation

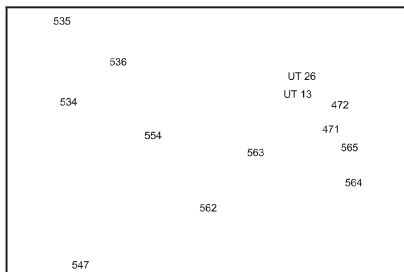


A

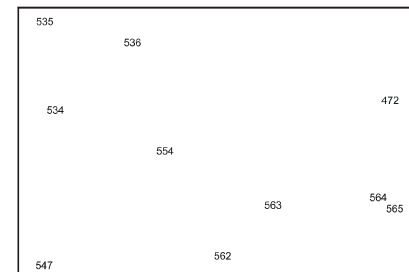


B

Log(1+x) - Transformation



A



B

Abb. A.2 MDS-Plots der A: 1mm-Fraktion und B: 0,5 & 1 mm-Fraktion bei 40 Neustarts. Die „stress“-Werte liegen zwischen 0,02 und 0,04.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Peter Rehm, dass die vorliegende Arbeit eigenständig und ohne fremde Hilfe von mir angefertigt wurde. es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet. Aus der Literatur übernommene Inhalte wurden als solche gekennzeichnet.

Bremerhaven, den 12.08.2002

(Unterschrift)