

Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt,  
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Wasser

Forschungsbericht 102 04 250

**Einschleppung fremder Organismen in Nord- und Ostsee:  
Untersuchungen zum ökologischen Gefahrenpotential  
durch den Schiffsverkehr**

Prof. Dr. J. Lenz<sup>1)</sup>, Dr. H.-G. Andres<sup>2)</sup>,  
Dipl.-Biol. S. Gollasch<sup>3)</sup>, Dipl.-Biol. M. Dammer<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Institut für Meereskunde an der Universität Kiel

<sup>2)</sup> Taxonomische Arbeitsgruppe an der Biologischen Anstalt Helgoland,  
Zoologisches Institut und Museum, Universität Hamburg

<sup>3)</sup> Zoologisches Institut und Museum, Universität Hamburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

September 1996

## Vorwort

Der Transport fremder Organismen (exotischer Arten) durch den Schiffsverkehr ist durch Angaben, die verstreut in den unterschiedlichsten Publikationen gemacht wurden, seit der Jahrhundertwende wiederholt dokumentiert worden. Doch erst in den achtziger Jahren wuchs die Erkenntnis, daß dieser Transportmechanismus offensichtlich der herausragende Vektor für die Einschleppung / Verschleppung aquatischer Organismen ist. So wird heute die weltweite Verbreitung mariner toxischer Algen auf das Transportmedium Ballastwasser zurückgeführt.

Im Rahmen des vom Umweltbundesamt, Berlin geförderten Forschungsvorhabens 'Einschleppung fremder Organismen in Nord- und Ostsee: Untersuchungen zum ökologischen Gefahrenpotential durch den Schiffsverkehr', angeregt von Dr. M. Rolke (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg) und unterstützt durch Prof. Dr. G. Hartmann (Universität Hamburg), wurde erstmals für die deutschen Küstengewässer mit standardisierter Methodik eine übergreifende Bestandsaufnahme der im Überseeverkehr transportierten Organismen erstellt. Als Transportmedien wurden Ballastwasser, abgesetztes Sediment in Ballasttanks und Aufwuchs auf der Schiffsaußenhaut untersucht. Spezielle Beachtung fanden dabei die exotischen Arten mit einem hohen Ansiedlungspotential.

Die wissenschaftliche Leitung des Projekts lag in den Händen von Prof. Dr. J. Lenz (Institut für Meereskunde, Kiel) und Dr. H.-G. Andres (Taxonomische Arbeitsgruppe an der Biologischen Anstalt Helgoland im Zoologischen Institut und Museum der Universität Hamburg). Die Koordination und Mittelverwaltung erfolgte im Institut für Meereskunde, Kiel. Das Projekt untergliederte sich in zwei gleichwertige Teilvorhaben, für die von 1992 bis 1995 je eine Doktorandenstelle zur Verfügung stand. Die Flora wurde von Dipl.-Biol. M. Dammer in Kiel und die Fauna in Hamburg von Dipl.-Biol. S. Gollasch, der Dipl.-Biol. M. Risch (Januar - März 1992) nachfolgte, bearbeitet. Das Probenmaterial wurde in enger zeitlicher Abstimmung gemeinsam für beide Teilvorhaben gewonnen.

Aus Erhebungen zu Schiffsverkehr und Güterumschlag in deutschen Häfen sowie der Bedeutung der Schifffahrtsrouten ging eindeutig die Vorrangstellung des Hamburger Hafens im deutschen Überseeverkehr hervor. Diese Tatsache führte dazu, daß die meisten Schiffsbeprobungen in Hamburg stattfanden. So wurde auch die Planung und Koordinierung der Probentermine mit Reedereien und Schiffsbesatzungen überwiegend von S. Gollasch in Hamburg durchgeführt. Erste Kontaktaufnahmen zu Reedereien fanden hilfreiche Unterstützung durch H.-J. Golchert (Verband Deutscher Reeder, Hamburg).

Beide Mitarbeiter nahmen im Mai 1995 an einem dreiwöchigen Fahrtabschnitt des deutschen Containerschiffes DSR- America von Singapur nach Bremerhaven teil, um durch tägliche Probennahmen und Erfassung der abiotischen Faktoren die Bestandsentwicklung der Ballastwasserorganismen in ausgewählten Tanks während der Reisedauer verfolgen zu können.

Parallel zu der biologischen Beprobung erfolgte eine umfangreiche, fachrelevante Literaturrecherche über die Einschleppung / Verschleppung exotischer Organismen durch den Schiffsverkehr unter spezieller Berücksichtigung der deutschen Küstengewässer. Diese Arbeiten wurden wegen der technischen Ausstattung im wesentlichen in Hamburg geleistet.

Die geplanten Kulturexperimente zur Überlebensfähigkeit gefundener fremder Arten unter verschiedenen Temperatur- und Salzgehaltsverhältnissen konnten wegen der zu geringen Individuenzahl nur in sehr eingeschränktem Umfang durchgeführt werden. Dies schloß die erhofften ergänzenden Schlußfolgerungen zum Ansiedlungspotential der untersuchten Arten aus.

Die Beprobung, Datenaufnahme und Auswertung aller gewonnener Daten wurden von den beiden Mitarbeitern in enger Zusammenarbeit eigenverantwortlich durchgeführt. Die gemeinsame Arbeit spiegelt sich ebenfalls in den zahlreichen Tabellen und

Abbildungen wider, soweit sich diese nicht speziell auf die Flora oder Fauna beziehen. Bei der Abfassung des vorliegenden Berichtes war S. Gollasch federführend. Die Kapitel Einleitung, Material und Methoden sowie Diskussion hat er weitgehend allein verfaßt. M. Dammers Beitrag konzentriert sich auf alle Abschnitte, die sich mit der Flora beschäftigen.

Die beiden Projektleiter haben das Projekt während der gesamten Laufzeit als wissenschaftliche Berater begleitet. Ein wesentlicher Bestandteil waren die mehrmals im Jahr alternierend in Hamburg und Kiel stattfindenden Projekttreffen. Die Mitarbeit an dem Bericht beschränkt sich in erster Linie auf die Herausgebere Tätigkeit wie die Vorgabe der Inhaltsgliederung und die notwendigen Korrekturen vor der Fertigstellung.

Hamburg und Kiel, im September 1996

H.-G.Andres und J. Lenz

## **Gliederung / Inhalt**

### **Abbildungs- und Tabellenverzeichnisse**

Abbildungsverzeichnis (Abb. 1 – Abb. 47)

Content of Figures (Fig. 1 – Fig. 47)

Tabellenverzeichnis (Tab. 1 – Tab. 49)

Content of Tables (Tab. 1 – Tab. 49)

Anhang (vorliegender Band)

Tabellenverzeichnis (Anhang, Tab. 1 – Tab. 10)

Content of Tables in the Annex (Annex, Tab. 1 – Tab. 10)

Liste der Abkürzungen

### **Tabellenband:**

Tabellenverzeichnis (Tabellenband, Tab. 1 – Tab. 11)

Literaturliste II (Bestimmungsliteratur)

Literaturliste III (Bestandsaufnahmen heimischer Fauna)

## **Inhaltsverzeichnis**

1 Einleitung.....	1
2 Material und Methoden.....	11
2.1 Untersuchungszeitraum.....	11
2.2 Auswahl der Häfen und der zu untersuchenden Schiffe.....	12
2.2.1 Häfen.....	12
2.2.2 Güter.....	13
2.2.3 Schiffstypen.....	15
2.2.4 Schifffahrtsrouten.....	15
2.3 Volumen- und Gewichtsmaße von Schiffen.....	16
2.4 Beschreibung der untersuchten Schiffstypen.....	17
2.4.1 Containerschiffe.....	18
2.4.2 Kombischiffe.....	19
2.4.3 Schüttguttransporter und Tanker.....	19
2.4.4 Autotransporter und Ro-Ro-Transporter.....	20
2.4.5 Passagier-, Forschungsschiffe und Schiffstypen der Marine.....	20
2.4.6 Fruchtschiffe.....	20
2.4.7 Versorger.....	21
2.4.8 Schwimmdock.....	21
2.5 Ballasttanktypen.....	21
2.5.1 Vorpiek.....	23
2.5.2 Seitentank.....	23
2.5.3 Doppelbodentank.....	23
2.5.4 Quertank.....	24
2.5.5 Achterpiek.....	24
2.6 Aufwuchs der Schiffsaußenhaut.....	24
2.7 Ermittlung der Herkunftsgebiete angetroffener Organismen.....	25
2.7.1 Einteilung der Herkunftsgebiete.....	25
2.7.1.1 Temperaturzonen.....	25

2.7.1.2 Herkunftsgebiete .....	27
2.7.2 Ballastwasser .....	27
2.7.3 Sediment.....	27
2.7.4 Außenhaut.....	28
2.8 Proben nach Herkunftsgebieten der Schiffe .....	30
2.8.1 Ballastwasserproben.....	32
2.8.2 Sedimentproben .....	33
2.8.3 Außenhautproben .....	34
2.9 Probenahme.....	35
2.9.1 Terminabsprache .....	35
2.9.2 Geräte zur Probenahme .....	36
2.9.3 Sicherheitsbestimmungen .....	36
2.10 Beschreibung der Probenahmen.....	36
2.10.1 Ballastwasser .....	37
2.10.1.1 Beprobung des Wasserkörpers durch geöffnete "Mannlöcher" .....	39
2.10.1.3 Beprobung über Peilrohre.....	41
2.10.1.4 Beprobungen am Manometer der Ballastwasser-Lenzpumpe .....	42
2.10.1.5 Proben im Dock .....	43
2.10.2 Tanksediment.....	43
2.10.3 Außenhautproben.....	44
2.11 Verweildauer des Ballastwassers im Schiff .....	45
2.11.1 Reisedauer .....	45
2.11.2 Wetterbedingungen.....	45
2.11.3 Verweildauer des untersuchten Ballastwassers im Ballasttank .....	47
2.11.4 Wechsel der Ballastwasserladung.....	47
2.11.5 Vorzeitiger Austausch oder Lenzen des Ballastwassers.....	47
2.12 Probenahmen nach Schiffstypen.....	48
2.13 Probenbearbeitung .....	49
2.13.1 Umweltfaktoren .....	49
2.13.2 Probenfixierung.....	49
2.13.3 Flora .....	49

2.13.3.1 Ballastwasserproben.....	49
2.13.3.2 Außenhautproben.....	50
2.13.3.3 Sedimentproben.....	50
2.13.3.4 Taxonomische Bestimmung.....	51
2.13.4 Fauna .....	51
2.13.4.1 Probensortierung.....	51
2.13.4.2 Naßgewichte.....	51
2.13.4.3 Taxonomische Bestimmung.....	51
2.14 Schiffsbegleitung .....	52
2.15 Internationale Zusammenarbeit.....	53
2.16 Fragebogenaktion und Literaturrecherche .....	53
2.17 Ermittlung nichtheimischer Arten .....	54
2.18 Kalkulation des eingetragenen Ballastwasservolumens .....	54
2.19 Kulturversuche.....	55
2.19.1 Flora .....	55
2.19.2 Fauna .....	56
2.20 Zusammenfassung Material und Methoden.....	58
3 Ergebnisse.....	60
3.1 Flora .....	60
3.1.1 Ballastwasser .....	60
3.1.1.1 Allgemeiner Überblick .....	60
3.1.1.2 Artenzusammensetzung des Planktons .....	62
3.1.1.3 Nichtheimische Arten.....	63
3.1.1.4 Häufig im Ballastwasser angetroffene Phytoplanktonarten .....	63
3.1.1.5 Herkunft des gefundenen Planktons .....	65
3.1.1.6 Aufenthaltsdauer des Planktons im Ballastwasser.....	67
3.1.1.7 Vergleich der verschiedenen Tanktypen.....	73
3.1.2 Sediment.....	73
3.1.2.1 Allgemeiner Überblick .....	73
3.1.2.2 Artenzusammensetzung in den Sedimentproben.....	73

3.1.2.3 Dinoflagellatencysten.....	74
3.1.2.4 Nichtheimische Arten.....	76
3.1.2.5 Herkunft der in den Tanksedimenten gefundenen Organismen.....	76
3.1.2.6 Vergleich der verschiedenen Tanktypen.....	79
3.1.3 Außenhaut.....	79
3.1.4 Kulturversuche .....	79
3.2 Fauna .....	79
3.2.1 Gesamtartenzahl.....	79
3.2.2 Ballastwasser .....	84
3.2.2.1 Abiotik des Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme.....	84
3.2.2.2 Wechsel der Ballastwasserladung .....	87
3.2.2.3 Artfunde in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben.....	88
3.2.2.4 Tiergruppen in Ballastwasserproben .....	89
3.2.2.5 Artenzahl und Individuenzahl nach Verweildauer im Tank .....	90
3.2.2.6 Artenzahl nach Herkunftsgebieten.....	93
3.2.2.7 Artenzahl in Abhängigkeit des Ballastwasserzugangs .....	94
3.2.2.8 Artfunde nach Tanktypen .....	94
3.2.2.9 Artfunde nach Schiffstypen.....	95
3.2.2.10 Schiffsbegleitung von Singapur nach Bremerhaven.....	96
3.2.2.10.1 Organismengehalt in der Achterpiek über 24 Tage .....	96
3.2.2.10.2 Organismengehalt im Seitentank über 14 Tage.....	96
3.2.2.11 Ermittlung der Überlebensrate von Arten im Ballastwasser während einer Atlantiküberquerung .....	98
3.2.2.11.1 Vorpiek .....	99
3.2.2.11.2 Achterpiek.....	100
3.2.2.12 Hochrechnung des in heimischen Häfen gelenzten Ballastwassers.....	100
3.2.3 Sediment.....	101
3.2.3.1 Tiergruppen in Sedimentproben.....	101
3.2.3.2 Artenzahl nach Herkunftsgebieten.....	101
3.2.4 Außenhaut.....	101
3.2.4.1 Tiergruppen in Außenhautproben.....	101

3.2.4.2 Artenanzahl nach Herkunftsgebieten.....	102
3.2.4.3 Naßgewichte .....	103
3.2.4.4 Artbeschreibung .....	104
3.2.5 Relation heimischer zu nichtheimischen <u>Arten</u> .....	104
3.2.5.1 Ballastwasserproben .....	105
3.2.5.2 Sedimentproben.....	105
3.2.5.3 Außenhautproben.....	106
3.2.6 Nichtheimische Organismen.....	107
3.2.6.1 Nichtheimische Organismen in Ballastwasserproben.....	107
3.2.6.2 Nichtheimische Organismen in Sedimentproben.....	107
3.2.6.3 Nichtheimische Organismen in Außenhautproben.....	109
3.2.6.4 Gattungs- und Artenliste nichtheimischer Organismen .....	109
3.2.6.4.1 Nichtheimische <u>Gattungen</u> , die in unseren Gewässern bisher nicht vorkamen.....	110
3.2.6.4.2 Nichtheimische <u>Arten</u> , die bereits in unseren Gewässern nachgewiesen wurden.....	111
3.2.6.4.3 Ansiedlungspotential nichtheimischer Arten.....	119
3.2.7 Kulturversuche .....	145
3.2.8 Erstfunde nichtheimischer Arten an Nord- und Ostseeküsten .....	145
3.2.9 Gefahrenabschätzung.....	148
3.2.9.1 Ansiedlungspotential nichtheimischer Arten.....	148
3.2.9.2 Gefahrenpotential für heimische Häfen.....	149
3.3 Zusammenfassung Ergebnisse .....	151
4 Diskussion .....	154
4.1 Flora .....	154
4.1.1 Methoden.....	154
4.1.2 Nachweis bereits in heimischen Gewässern etablierter Arten.....	155
4.1.2.1 Artfunde während der Schiffsbegleitfahrt von Singapur nach Bremerhaven .....	155
4.1.2.2 Ballastwasserproben .....	156

4.1.2.3 Sedimentproben.....	156
4.1.2.4 Außenhautproben.....	157
4.1.3 Abiotische Faktoren .....	157
4.1.3.1 Temperatur .....	157
4.1.3.2 Salzgehalt.....	161
4.1.4 Zu erwartende Auswirkungen auf heimische Lebensgemeinschaften.....	161
4.2 Fauna .....	162
4.2.1 Methodenvergleich.....	162
4.2.1.1 Vorgehensweise der nordamerikanischen Arbeitsgruppen.....	162
4.2.1.2 Vorgehensweise der australischen Arbeitsgruppen .....	163
4.2.2 Ballastwasser .....	164
4.2.2.1 Artenspektrum.....	164
4.2.2.2 Herkunftsangaben .....	166
4.2.2.3 Saisonalität .....	168
4.2.2.4 Überlebensdauer.....	168
4.2.2.5 Literaturvergleich.....	169
4.2.3 Sediment.....	172
4.2.3.1 Artenspektrum.....	172
4.2.3.2 Literaturvergleich.....	173
4.2.4 Außenhaut.....	174
4.2.4.1 Artenspektrum.....	174
4.2.4.2 Literaturvergleich.....	176
4.2.4.3 Schiffsgeschwindigkeit.....	178
4.2.4.4 Fahrtgebiete .....	178
4.2.4.5 Naßgewichte .....	179
4.2.4.6 Antifoulingfarbe .....	179
4.2.4.7 Sukzession.....	180
4.2.4.8 Artbeschreibung .....	180
4.2.5 Bisher eingeschleppte Arten .....	180
4.2.5.1 Europa .....	181
4.2.5.2 Nordsee.....	183

4.2.5.3 Ostsee .....	183
4.2.5.4 Mittelmeer.....	184
4.2.5.5 Nordamerika .....	184
4.2.5.6 Australien.....	185
4.3 Arteinschleppungen bewirkende Faktoren.....	185
4.3.1 Voraussetzungen für Arteinschleppungen mit dem Schiffsverkehr .....	185
4.3.1.1 Ballastwasser.....	185
4.3.1.2 Schiffsaußenhaut.....	188
4.3.1.3 Veränderungen der Herkunftsgebiete .....	189
4.3.1.4 Veränderungen der Transportvektoren.....	189
4.3.1.5 Veränderungen der Schifffahrtsrouten .....	190
4.3.1.6 Veränderungen im potentiellen Einschleppungsgebiet.....	190
4.4 Charakteristische Eigenschaften potentieller Einwanderungsarten .....	193
4.5 Charakteristische Eigenschaften potentieller Einwanderungsgebiete .....	194
4.5.1 Nordsee .....	195
4.5.2 Ostsee.....	196
4.6 Schiffsbegleitung von Singapur nach Bremerhaven.....	196
4.6.1 Überlebensrate während der Reise.....	196
4.6.2 Literaturvergleich.....	197
4.7 Handlungsbedarf.....	198
4.7.1 Abschätzung des Gefahrenpotentials .....	198
4.7.2 Ansiedlungspotential .....	201
4.7.3 Gefahrenpotential der Häfen.....	202
4.7.4 Schifffahrtsrouten .....	203
4.7.5 Importierte Ballastwassermenge.....	203
4.8 Richtlinien zum Umgang mit Ballastwasser .....	205
4.9 Präventivmaßnahmen .....	206
4.9.1 Ballastwasser (und Sediment).....	206
4.9.2 Schiffsaußenhaut .....	212
4.10 Richtlinien zum Umgang mit nichtheimischen Arten.....	213
4.11 Forschung und Untersuchungen im Hinblick auf zukünftige Maßnahmen.....	215

5 Zusammenfassung .....	219
5.1 Zusammenfassung, deutsch.....	219
5.1.1 Flora .....	220
5.1.2 Fauna .....	220
5.2 Summary.....	223
5.2.1 Flora .....	224
5.2.2 Fauna .....	224
6 Danksagung.....	226
7 Literatur .....	233

## **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Schematische Darstellung und Lage der Ballasttanks eines Containerschiffes (AP = Achterpiek, DB = Doppelbodentank, STK = Seitentank, VP = Vorpiek). Quertank nicht abgebildet.

Abb. 2: Innenansicht eines gereinigten Ballastwassertanks (Vorpiek eines Containerschiffes).

Abb. 3: Weltkarte mit Einteilung der Temperaturzonen. (1 = arktisch, 2 = kalt-gemäßigt, 3 = warm-gemäßigt, 4 = tropisch).

Abb. 4: Anzahl der Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben nach klimatischen Regionen (Temperaturzonen).

Abb. 5: Probenanzahl von Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben nach Herkunftsgebieten.

Abb. 6: Herkunft der Ballastwasserproben. Eingeklammerte Probennummern bezeichnen Proben ohne Organismen (Probennummern wie in Tabellenband, Tab. 1).

Abb. 7: Herkunft der Sedimentproben. Eingeklammerte Probennummern bezeichnen Proben ohne Organismen. (Probennummern wie in Tabellenband, Tab. 1).

Abb. 8: Herkunft der Außenhautproben. Eingeklammerte Probennummern bezeichnen Proben ohne Organismen (Probennummern wie in Tabellenband, Tab. 1).

Abb. 9: Zugang zu einem Ballasttank (geöffnetes Mannloch).

Abb. 10: Probenahme des Ballastwassers mit der Handpumpe über ein Peilrohr.

Abb. 11: Probenahmemöglichkeit am Pumpenmanometer der Schiffsballastpumpe über Hahn der Wasserleitung.

Abb. 12: Häufigkeit des beobachteten Flächenanteils des Aufwuchses in Prozent der Unterwasser-Fläche des Schiffsrumpfes.

Abb. 13: Probenahme des Schiffsbewuchses im Dock.

Abb. 14: Häufigkeit der beobachteten Verweildauer (in Tagen) des Ballastwassers im Ballasttank.

Abb. 15: Zusammenhang zwischen Zellkonzentration und Aufenthaltsdauer des Phytoplanktons im Ballasttank.

Abb. 16: Konzentration des Phytoplanktons im Ballastwasser (Achterpiek) DSR-America.

Abb. 17: Anzahl der im Ballastwasser (Achterpiek) DSR-America gefundenen Phytoplanktonarten.

Abb. 18: Abhängigkeit der Artenvielfalt des Phytoplanktons von der Aufenthaltsdauer im Ballasttank.

Abb. 19: Zusammenhang zwischen der Zellkonzentration im Tanksediment gefundener lebender und abgestorbener bzw. leerer Zellen.

Abb. 20: Häufigkeiten der beobachteten Temperaturwerte des beprobten Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme.

Abb. 21: Häufigkeiten der beobachteten pH-Werte des beprobten Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme.

Abb. 22: Häufigkeiten des beobachteten Salzgehaltes des beprobten Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme.

Abb. 23: Häufigkeiten des beobachteten Sauerstoffgehaltes (in %) des beprobten Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme.

Abb. 24: Ballastwasseroperationen an Bord des Containerschiffes "Nürnberg-Atlantik" während einer Reise von Yokohama nach Bremerhaven, 27.01. - 28.01.1993 (YOK = Yokohama, PUS = Pusan, KEE = Keelung, HGK = Hongkong, SGP = Singapur, COL = Colombo, RTD = Rotterdam, HBH = Bremerhaven).

Abb. 25: Artenanzahl in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben nach Temperaturzonen.

Abb. 26: Beobachtete Artenanzahl in Ballastwasserproben.

Abb. 27: Individuenanzahl in Abhängigkeit der Verweildauer des Ballastwassers im Ballasttank.

Abb. 28: Artenanzahl in Abhängigkeit der Verweildauer des Ballastwassers im Ballasttank.

Abb. 29: Artenanzahl in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben nach regionalen Herkunftsgebieten.

Abb. 30: Temperaturverlauf des Ballastwassers in den untersuchten Ballasttanks im Vergleich zur Ozeantemperatur während der Reise von Singapur nach Bremerhaven vom 03.05. - 26.05.1995 (Seitentank = Stk., Backbordtank = Bb., Steuerbordtank = Stb.).

Abb. 31: Schwankungen des Sauerstoffgehaltes im Ballastwassers der untersuchten Ballasttanks während der Reise von Singapur nach Bremerhaven vom 03.05. - 26.05.1995 (Seitentank = Stk., Backbordtank = Bb., Steuerbordtank = Stb.).

Abb. 32: Beobachtete Artenanzahl in den Taxa Polychaeta, Mollusca und Crustacea im Ballastwasser während der Reise von Singapur nach Bremerhaven vom 03.05. - 26.05.1995.

Abb. 33: Bestandsentwicklung des harpacticoiden Copepoden *Tisbe graciloides* im Ballastwasser während einer Reise von Colombo nach Bremerhaven vom 13.05. - 26.05.1995.

Abb. 34: Häufigkeit der Artenanzahl in den Sedimentproben.

Abb. 35: Beobachtete Artenanzahl in Außenhautproben.

Abb. 36: Häufigkeiten von Erstfunde nichtheimischer Arten in Nord- und Ostsee. Nach Millar 1960, Farnham 1980, Leppäkoski 1984, 1994 a, b, Knudsen 1989, Reise 1990, 1991, Spencer & Utting 1992, Eno & Clark 1994 und Jansson 1994.

Abb. 37: Konzentration von *Odontella sinensis* in der Achterpiek von DSR-America.

Abb. 38: Temperatur des Ballastwassers an Bord von DSR-America.

Abb. 39: Transatlantikroute (New York - Bremerhaven), jahreszeitliche Mittelwerte der Oberflächentemperatur.

Abb. 40: Westkanada - Amerikaroute (Vancouver - Bremerhaven), jahreszeitliche Mittelwerte der Oberflächentemperatur.

Abb. 41: Fernostroute (Neuseeland - Bremerhaven), jahreszeitliche Mittelwerte der Oberflächentemperatur.

Abb. 42: Südafrikaroute (Durban - Bremerhaven), jahreszeitliche Mittelwerte der Oberflächentemperatur.

Abb. 43: Zonierung der Fundorte nichtheimischer Arten in Nord- und Ostsee (D = Deutsche Bucht, DK = dänische Nordseeküste, F = französische und holländische Nordseeküste, GB = Nordseeküste Großbritanniens, K = Ärmelkanal, MO = mittlere Ostsee, N = norwegische Nordseeküste, NO = nördliche Ostsee, SH = Shetland und Orkneyinseln, WO = westliche Ostsee).

Abb. 44: Schema zur Etablierung einer nichtheimischen Art eingeschleppt im Ballasttank von Schiffen (verändert nach Carlton (1985, 1991 b), Hallegraeff (1995) und Hayes (1995)).

Abb. 45: Schema zur Etablierung einer nichtheimischen Art eingeschleppt im Aufwuchs von Schiffen.

Abb. 46: Schwankung der mittlere Erdtemperatur seit 1900, nach Angaben des Hadley Centre 1996.

Abb. 47: Quantifizierung der Eisvolumensumme (Koslowski 1989) von Nord- und Ostsee seit 1900, nach Angaben des Eisdienstes vom Seewetteramt, Hamburg.

## Content of Figures

Fig. 1: Scheme of the position of ballast water tanks on a container vessel (AP = aft-tank, DB = double-hull tank, STK = side-tank, V = fore-tank, cross-tank not shown).

Fig. 2.: Inside view of a cleaned tank (foretank of a container vessel).

Fig. 3.: World map with temperature zones (1 = polar, 2 = cold-temperate, 3 = warm-temperate, 4 = tropical).

Fig. 4.: Number of ballast water, sediment and hull samples according to climatic region.

Fig. 5.: Number of ballast water, sediment and hull samples according to geographical area.

Fig. 6.: Origin of ballast water samples (sample number in brackets for samples without organisms).

Fig. 7.: Origin of sediment samples (sample number in brackets for samples without organisms).

Fig. 8.: Origin of hull samples (sample number in brackets for samples without organisms).

Fig. 9.: Opened manhole for inspection of a tank.

Fig.10.: Sampling of ballast water via a sounding pipe by means of a hand-pump.

Fig. 11: Sample taking from a tap at the manometer of the ballast water pump.

Fig. 12.: Size distribution of fouling area observed expressed as % of underwater hull area.

Fig. 13.: Sampling fouling organisms in a dockyard.

Fig. 14.: Frequency distribution of ballast water age (in days) in the tanks sampled.

Fig. 15.: Relationship between phytoplankton cell concentration and age of ballast water.

Fig. 16.: Phytoplankton concentration in ballast water of the aft-tank on DSR-America.

Fig. 17.: Species number recorded in ballast water of the aft-tank on DSR-America.

Fig. 18.: Relationship between species number and age of ballast water.

Fig. 19.: Relationship between concentration of live and dead/empty cells in tank sediment.

Fig. 20.: Frequency distribution of ballast water temperature at sample taking.

Fig. 21.: Frequency distribution of pH values of ballast water at sample taking.

Fig. 22.: Frequency distribution of salinity of ballast water at sample taking.

Fig. 23.: Frequency of oxygen saturation (in %) of ballast water at sample taking.

Fig. 24: Ballast water operations aboard the container vessel 'Nürnberg-Atlantik' during a cruise from Yokohama to Bremerhaven, 27.1.-28.2.1993 (YOK = Yokohama, PUS = Pusan, KEE = Keelung, HGK = Hong Kong, SGP = Singapore, COL = Colombo, RTD = Rotterdam, HBH = Bremerhaven).

Fig. 25: Number of species in ballast water, sediment and hull samples according to temperature zones.

Fig. 26: Number of species in ballast water samples.

Fig. 27: Number of individuals per 100 l in relation to age of ballast water.

Fig. 28: Number of species in relation to age of ballast water.

Fig. 29: Number of species of ballast water, sediment and hull samples according to geographical area.

Fig. 30: Ballast water temperature in the tanks investigated in comparison with ocean temperature during a cruise from Singapore to Bremerhaven 3.5.-26.5.1995 (Stk = side-tank, BB = port-tank, Stb = starboard-tank).

Fig. 31: Oscillation of oxygen content of the ballast water in the tanks investigated during a journey from Singapore to Bremerhaven 3.5.-26.5.1995 (Stk = side-tank, BB = Port-tank, Stb = starboard-tank).

Fig. 32: Species number of the taxa Polychaeta, Mollusca and Crustacea in the ballast water during the cruise from Singapore to Bremerhaven 3.5.-26.5.1995).

Fig. 33: Population development of the harpacticoid copepod *Tisbe graciloides* in the ballast water during the cruise from Colombo to Bremerhaven 13.5.-26.5.95).

Fig. 34: Frequency of species number in sediment samples.

Fig. 35: Frequency of species number in hull samples.

Fig. 36: Frequency of first records of non-indigenous species in the North Sea and Baltic Sea according to Millar 1960, Farnham 1980, Leppäkoski 1984, 1994 a, b, Knudsen 1989, Reise 1990, 1991, Spencer & Utting 1992, Eno & Clark 1994 and Jansson 1994.

Fig. 37: Concentration of *Odontella sinensis* in the aft-tank of DSR-America.

Fig. 38: Temperature of the ballast water aboard DSR-America.

Fig. 39: Seasonal mean of sea surface temperature along the Transatlantic route (New York - Bremerhaven).

Fig. 40: Seasonal mean of sea surface temperature along the West-Canada route (Vancouver-Bremerhaven).

Fig. 41: Seasonal mean of sea surface temperature along the Far East route (New Zealand - Bremerhaven).

Fig. 42: Seasonal mean of sea surface temperature along the South African route (Durban - Bremerhaven).

Fig. 43: Geographical distribution of records of non-indigenous species in the North Sea and Baltic Sea (D = German Bight, DK = Danish North Sea coast, F = English Channel, MO = Baltic Proper, N = Norwegian coast, NO = Northern Baltic, SH = Shetland and Orkney Islands, WO = Western Baltic).

Fig. 44: Schematic diagram showing the pathway for the establishment of a non-indigenous species transported by ballast water (modified after Carlton 1985, 1991 b, Hallegraeff 1995 and Hayes 1995).

Fig. 45: Schematic diagram showing the pathway for the establishment of a non-indigenous species transported as fouling organism on a ship's hull.

Fig. 46: Oscillation of the mean temperature on earth since 1900 according to the Hadley Centre (1996).

Fig. 47: Annual ice volume amount (Koslowski 1989) in the North Sea and Baltic Sea since 1900 according to the German Ice Service of the Maritime Meteorological Office, Hamburg.

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Spezifikation (absolute und relative) aller Schiffsbesuche.

Tab. 2: Spezifikation (absolute und relative) aller Probenahmenversuche.

Tab. 3: Häufigkeit der Probenahmen im Untersuchungszeitraum (März 1992 - August 1995).

Tab. 4: Absolute und relative Häufigkeiten der Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben, nach Häfen.

Tab. 5: Entwicklung des Güterumschlags in deutschen Häfen von 1987 - 1994 (in 1.000 t). Der Anteil des Containerverkehrs ist extra ausgewiesen. Quelle: Statistisches Bundesamt, Bonn.

Tab. 6: Absolute und relative Ladungskapazität (BRT) der Bremen und Bremerhaven anlaufenden Schiffe nach Schiffstypen. Quelle: Statistische Landesämter Niedersachsen und Bremen.

Tab. 7: Absolute und relative Häufigkeiten der Schiffsankünfte in deutschen Häfen (1985-1990) nach Herkunftsregionen. Hamburger Schiffsankünfte sind extra ausgewiesen. Quelle: Statistisches Bundesamt, Bonn.

Tab. 8: Relative und absolute Häufigkeit der Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben, aufgelistet nach Schiffstypen.

Tab. 9: Schiffsanzahl, Schiffsgröße in Bruttoregistertonnen (BRT) und maximale Ballastwasserkapazität (BST) gemittelt nach Schiffstypen. (% BST = prozentualer Anteil des BST bezogen auf BRT; BST\* = prozentualer Anteil des zum Zeitpunkt der Probenahme an Bord befindlichen Ballastwasservolumens (in metrischen Tonnen); BST\*\* = tatsächlich gelenzte Ballastmenge in Prozent von BST\*).

Tab. 10: Absolute und relative Häufigkeit der Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben, aufgelistet und Tanktyp.

Tab. 11: Maximal von Wasser bedeckte Schiffsfläche in m<sup>2</sup> nach Schiffstypen.

Tab. 12: Herkunftshäfen und Häufigkeit der Ballastwasser- und Sedimentproben mit Angaben des geschätzten Salzgehaltes des Ursprungsortes (nach Couper 1983, Lewis & Geelan 1994) im Vergleich zu den gemessenen Salinitäten des Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme (BW = Brackwasser, MW = Meerwasser, SW = Salzwasser).

Tab. 13: Spezifikation der erfolgreichen Probenahmeveruche (absolut und relativ).

Tab. 14: Absolute und relative Individuenhäufigkeiten in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben für Teilvorhaben B (Fauna).

Tab. 15: Probenanzahl sowie absolutes und mittleres Volumen der Ballastwasserproben, aufgelistet nach Schiffstyp.

Tab. 16: Untersuchtes Ballastwasservolumen nach Tanktypen.

Tab. 17: Absolute und relative Angaben zu Probenanzahl, Probenvolumen und Individuenanzahl nach Zugangsmöglichkeit zum Ballastwasser.

Tab. 18: Erfolglose Probenahmeveruche, Spezifikation nach Ursache.

Tab. 19: Im Phytoplankton gefundene Organismengruppen.

Tab. 20: Liste der nichtheimischen Arten. In Klammern ist die Zahl der Funde angegeben.

Tab. 21: Herkunft des Ballastwassers, in dem nichtheimische Arten gefunden wurden.

Tab. 22: Phytoplanktonfunde mit mehr als 100.000 Zellen / 100 l.

Tab. 23: Herkunft des im Ballastwasser gefundenen Phytoplanktons.

Tab. 24: Maximale Artenzahl des im Ballastwasser gefundenen Phytoplanktons, nach Herkunftsregionen geordnet.

Tab. 25: Salinität der Proben, in denen Chlorophyceen gefunden wurden und deren Vorkommen.

Tab. 26: Vergleich der Zellkonzentration und der Artenzahl des in unterschiedlichen Tanktypen angetroffenen Phytoplanktons.

Tab. 27: Im Tanksediment gefundene Phytoplanktongruppen.

Tab. 28: Herkunft der im Tanksediment gefundenen Dinoflagellatencysten.

Tab. 29: Vergleich der Zellkonzentration und der Artenzahl der in unterschiedlichen Tanksedimenten angetroffenen Dinoflagellatencysten.

Tab. 30: Herkunft des Ballastwassers über dem Sediment in welchem nichtheimische Cysten von Dinoflagellaten gefunden wurden.

Tab. 31: Herkunft des im Tanksediment gefundenen Phytoplanktons.

Tab. 32: Vergleich der Zellkonzentration und der Artenzahl des in unterschiedlichen Tanksedimenten gefundenen Phytoplanktons.

Tab. 33: Nachgewiesene Taxa mit Angaben der absoluten und relativen Häufigkeiten von Arten, Gattungen, Familien und Ordnungen (Werte für Familien und Ordnungen nur bei nicht vorliegender Artdiagnose aufgeführt).

Tab. 34: Absolute und relative Häufigkeiten taxonomischer Kategorien in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben.

Tab. 35: Nachgewiesene Taxa mit Angabe der absoluten und relativen Artenanzahl in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben.

Tab. 36: Nachgewiesene Taxa mit Angabe der Anzahl von Mehrfachfunden identischer Arten und ihre Verteilung auf Ballastwasser- (= B), Sediment- (= S) und Außenhautproben (= A).

Tab. 37: Absolute und relative Probenanzahl mit Tierfunden bezogen auf die Gesamtzahl von Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben.

Tab. 38: Anzahl nachgewiesener Arten (absolut und relativ) nach Zugang zum Ballastwasser.

Tab. 39: Absolute und relative Artenanzahl nach Tanktypen.

Tab. 40: Absolute und relative Artenanzahl nach Schiffstypen.

Tab. 41: Überlebensrate der Arten während einer Transatlantik-Überquerung.

Tab. 42: Naßgewichte ausgewählter Außenhautproben, jeweils für 300 cm<sup>2</sup>.

Tab. 43: Nachgewiesene Taxa mit Angabe absoluter und relativer Häufigkeit nichtheimischer Arten in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben.

Tab. 44: Kulturversuche von im Ballastwasser angetroffenen Organismen.

Tab. 45: Kulturversuche von im Tanksediment angetroffenen Organismen.

Tab. 46: Kulturversuche von Organismen des Außenhautbewuchses.

Tab. 47: Überlebenswahrscheinlichkeit eingeschleppter Arten nach Vergleich der Salzgehalte in Herkunfts- und Einschleppungsgewässer, nach Carlton (1985), AQIS (1993) und Nauke (1995).

Tab. 48: Überlebenswahrscheinlichkeit eingeschleppter Arten nach Vergleich der Klimabedingungen in Herkunfts- und Einschleppungsregion.

Tab. 49: Geschätzte Angaben über das Volumen des jährlich eingetragenen Ballastwassers im internationalen Vergleich. Bemessungsgrundlage ist das Verkehrsaufkommen Anfang der 1990er Jahre (k.A. = keine Angabe)

## Content of Tables

Tab. 1: Specification (absolute and relative) of all ship inspections.

Tab. 2: Specification (absolute and relative) of all sampling trials.

Tab. 3: Sampling frequency during the investigation period (March 1992 -August 1997).

Tab. 4: Absolute and relative frequency of ballast water, sediment and hull samples according to harbours.

Tab. 5: Development of cargo traffic in German harbours between 1987 and 1994 (1000t). The portion of container traffic is indicated separately. (Source: Statistisches Bundesamt, Bonn).

Tab. 6: Absolute and relative cargo capacity (BRT) of vessels calling at Bremen and Bremerhaven according to vessel type (Source: Statistische Landesämter Niedersachsen and Bremen).

Tab. 7: Absolute and relative frequency of vessels calling at German harbours (1985 - 1990). Calls at Hamburg are indicated separately (Source: Statistisches Bundesamt, Bonn).

Tab. 8: Absolute and relative frequency of ballast water, sediment and hull samples according to vessel type.

Tab. 9: Number of vessels, size in gross register tons (BRT) and maximum ballast water capacity (BST in metric t) averaged according to vessel type (% BST = percentage of BRT, BST\* = percentage of actually loaded ballast water amount at time of sampling, BST\*\* = actually discharged amount of ballast water in per cent of BST\*).

Tab. 10: Absolute and relative frequency of ballast water, sediment and hull samples and type of tanks.

Tab. 11: Maximum hull area (in m<sup>2</sup>) covered by water according to vessel type.

Tab. 12: Port of departure and frequency of ballast water and sediment samples together with estimated salinity of the port site (according to Couper 1983), Lewis & Geelan 1994) as compared with the actual salinity measured at the time of sampling (SW = freshwater, BW = brackish water, MW = saltwater).

Tab. 13: Absolute and relative specification of successful sampling trials

Tab. 14: Absolute and relative frequency of organism concentration (fauna) recorded in ballast water, sediment and hull samples.

Tab. 15: Sample number and absolute and average volume of ballast water samples according to vessel type.

Tab. 16: Ballast water volume inspected according to tank type.

Tab. 17: Absolute and relative figures for number, volume and organism concentration of ballast water samples according to sampling method.

Tab. 18: Specification of causes for successful sampling trials.

Tab. 19: Recorded phytoplankton groups.

Tab. 20: List of non-indigenous species (number of records in brackets).

Tab. 21: Origin of ballast water samples containing non-indigenous species (number of records in brackets).

Tab. 22: Phytoplankton records with more than 100.000 cells/100 l.

Tab. 23: Origin of phytoplankton recorded in ballast water.

Tab. 24: Maximum species number of phytoplankton recorded in ballast water according to area of origin.

Tab. 25: Salinity and origin of samples containing Chlorophyceae.

Tab. 26: Comparison of cell concentration and species number of phytoplankton according to tank type.

Tab. 27: Phytoplankton groups recorded in tank sediment samples.

Tab. 28: Origin of dinoflagellate cysts recorded in tank sediment samples.

Tab. 29: Comparison of cell concentration and species number of dinoflagellate cysts recorded in tank sediment according to tank type.

Tab. 30: Origin of ballast water covering the tank sediment in which non-indigenous dinoflagellate cysts were recorded.

Tab. 31: Origin of phytoplankton recorded in tank sediment.

Tab. 32: Comparison of cell concentration and species number of phytoplankton recorded in tank sediment according to tank type.

Tab. 33: Absolute and relative frequency of identified taxa. Where possible, they were determined to species level, otherwise higher systematic categories are listed.

Tab. 34: Absolute and relative frequency of recorded taxa in ballast water, sediment and hull samples.

Tab. 35: Recorded taxa with absolute and relative species number in ballast water, sediment and hull samples.

Tab. 36: Identified taxa with number of records of the same species in ballast water (B), sediment (S) and hull (A) samples.

Tab. 37: Absolute and relative number of samples with organisms (fauna) in relation to total number of ballast water, sediment and hull samples.

Tab. 38: Absolute and relative number of recorded species in ballast water according to sampling method.

Tab. 39: Absolute and relative species number according to tank type.

Tab. 40: Absolute and relative species number according to vessel type.

Tab. 41: Survival rate of organisms during a crossing of the Atlantic Ocean.

Tab. 42: Wet weight of selected hull samples (300 cm<sup>2</sup>).

Tab. 43: Recorded taxa with absolute and relative frequency of non-indigenous species in ballast water, sediment and hull samples.

Tab. 44: Culture experiments with ballast water organisms.

Tab. 45: Culture experiments with sediment organisms.

Tab. 46: Culture experiments with hull organisms.

Tab. 47: Survival probability for introduced species by comparing the salinity in the area of origin and introduction according to Carlton (1985).

Tab. 48: Survival probability for introduced species by comparing climatic conditions in the area of origin and introduction.

Tab. 49: Estimated volume of annually discharged ballast water compared with other countries. The basis of calculation is the amount of traffic in the early 90ies (Sources in brackets, k.A. = no information).

## **Anhang, Tabellenverzeichnis**

Anhang, Tab. 1: Im Ballastwasser (B) und im Tanksediment (S) gefundene Phytoplanktonarten.

Anhang, Tab. 2: Nachgewiesene Taxa (Fauna) aller Probenarten. Systematik: Gastropoda nach Ponder & Warèn 1988, Bivalvia nach Nordsieck 1969, Crustacea nach Gruner et al. 1993, andere Taxa nach Remane et al. 1986. Entwicklungsstadium larval = l, juvenil = j, adult = a und Dauerstadium = D. Fund in Ballastwasser- = B, Sediment- = S und Außenhautproben = A, vagile Organismen in Außenhautproben = (A).

Anhang, Tab. 3: Flora, Planktonproben: Artenliste.

Anhang, Tab. 4: Flora, Sedimentproben: Artenliste (L = Lebend; AL = Abgest. / Leer).

Anhang, Tab. 5: Flora, Außenhautproben: Artenliste.

Anhang, Tab. 6: Nachgewiesene Taxa aller Ballastwasserproben.

Anhang, Tab. 7: Nachgewiesene Taxa aller Sedimentproben.

Anhang, Tab. 8: Nachgewiesene Taxa aller Außenhautproben.

Anhang, Tab. 9: Erstfunde nichtheimischer Arten in der Nordsee. Deutsche Bucht = D, Dänische Nordseeküste = DK, Küste Frankreichs und Niederlande = F, Britische Nordseeküste = GB, Ärmelkanal = K, Norwegen = N und Shetland Inseln = SH.

Anhang, Tab. 10: Erstfunde nichtheimischer Arten in der Ostsee. Westliche Ostsee = WO, Mittlere Ostsee = MO und Nördliche Ostsee = NO.



## Content of Tables in the Annex

Annex, Tab. 1.: Phytoplankton species recorded in ballast water (B) and in tank sediment (S).

Annex, Tab. 2.: Recorded taxa (fauna) in all 3 sample positions, ballast water (B), tank sediment (S) and mobile organisms on the ship's hull (A). (l = larval stage, j = juvenile, a = adult, D = resting stage).

Annex, Tab. 3.: Species list of phytoplankton.

Annex, Tab. 4.: Species list of phytoplankton recorded in tank sediment (L = live AL = dead / empty).

Annex, Tab. 5.: Species list of flora recorded on the ship's hull.

Annex, Tab. 6.: Recorded taxa (fauna) of all ballast water samples.

Annex, Tab. 7.: Recorded taxa (fauna) of all sediment samples.

Annex, Tab. 8.: Recorded taxa (fauna) of all hull samples.

Annex, Tab. 9.: First records of non-indigenous fauna in the North Sea (D = German Bight, DK = Danish coast, F = French and Dutch coast, GB = British coast, K = English Channel, N = Norwegian coast, SH = Shetland Islands).

Annex, Tab.10.: First records of non-indigenous fauna in the Baltic Sea (WO = Western Baltic, MO = Baltic Proper, NO = Northern Baltic).

## **Tabellenband**

### **Tabellenverzeichnis**

Tabellenband, Tab. 1: Auflistung der Proben nach Probennummern.  
Ballastwasser- = B, Sediment- = S und Außenhautproben = A,  
erfolgreiche Probenahmeversuche = E, Probenvolumen in [l] = Vol., BRT  
= Bruttoregistertonnen und BST = Ballastwasserkapazität.

Tabellenband, Tab. 2: Nachgewiesene Arten (Fauna, alphabetisch).

Tabellenband, Tab. 3: Ballastwasserproben, Flora, Ergebnistabelle.

Tabellenband, Tab. 4: Sedimentproben, Flora, Ergebnistabelle.

Tabellenband, Tab. 5: Absolute und relative Häufigkeiten der Funde  
nachgewiesener Taxa (Fauna) in Ballastwasserproben (+ = sehr  
wenige, ++ = wenige, +++ = zahlreich, ++++ = sehr zahlreich).

Tabellenband, Tab. 6: Absolute und relative Häufigkeiten der Funde  
nachgewiesener Taxa (Fauna) in Sedimentproben.

Tabellenband, Tab. 7: Absolute und relative Häufigkeiten der Funde  
nachgewiesener Taxa (Fauna) in Außenhautproben.

Tabellenband, Tab. 8: Achterpiek, DSR-America, Ergebnistabelle  
Phytoplankton.

Tabellenband, Tab. 9: DSR-America, Seitentank (Stk.),  
Ergebnistabelle Phytoplankton.

Tabellenband, Tab. 10: Umweltfaktoren, Arten- und  
Individuenanzahlen (Fauna) in der Achterpiek von DSR-America.  
Tankfüllung nahe Singapur.

Tabellenband, Tab. 11: Umweltfaktoren, Arten- und Individuenanzahlen (Fauna) im Seitentank von DSR-America. Tankfüllung nahe Colombo.

Literaturliste II, Bestimmungsliteratur

Literaturliste III, Bestandsaufnahmen heimischer Fauna

## Liste der verwendeten Abkürzungen:

AFO:	Afrika, Ostküste
AFS:	Afrika, Südhalbkugel
AFW:	Afrika, Westküste, Nordhalbkugel
AQIS:	Australian Quarantine and Inspection Service
ASIN:	Asien, Indischer Ozean
ASMAL:	Asien, Malaiische Region
ASNJ:	Asien, nordjapanische Region
ASSJ:	Asien, südjapanische Region
AUSN:	Australien, nördliche Region
AUSO:	Australien, Ostküste
AUSS:	Australien, südliche Region
AUSW:	Australien, Westküste
BMB:	Baltic Marine Biologists
BRT:	Bruttoregistertonnen
BST:	Ballastwasserkapazität
DWT:	Dead Weight Tonnage
EU:	Europa
ICES:	International Council for the Exploration of the Sea
IMO:	International Maritime Organization
MAO:	Mittelamerika, Ostküste
MAW:	Mittelamerika, Westküste
MEPC:	Marine Environmental Protection Committee
MMO:	östliches Mittelmeer
MMW:	westliches Mittelmeer
NAO:	Nordamerika, Ostküste
NAW:	Nordamerika, Westküste
NRT:	Nettoregistertonnen
SAO:	Südamerika, Ostküste
SAS:	Südamerika
SAW:	Südamerika, Westküste
TBT:	Tributylzinn



## 1 Einleitung

Nur wenige der heute in unseren Gewässern vorkommenden Arten konnten unter den eiszeitlichen Bedingungen vergangener erdgeschichtlicher Epochen hier existieren. Heimische Lebensgemeinschaften bestehen demnach zu einem Großteil aus zugewanderten oder über natürliche Mechanismen verdrifteten Arten anderer Herkunftsregionen (Reise 1991). Das Auftreten von nichtheimischen Organismen in marinen und ästuarinen Lebensräumen ist ein weltweit bekanntes Phänomen. Natürlicher Artenaustausch erfolgt kontinuierlich durch Meeresströmungen oder verdriftende Substrate (Darwin 1900, Haeckel 1911, Robson 1915, Fell 1962, Turner & Johnson 1971, Beukema 1973, Scheltema 1974, Reineck 1976, Gerlach 1977, Kremer et al. 1983, Popham 1983, Minchin & Holmes 1993, Carlton 1996 a).

Der Transport von Organismen im Aufwuchs oder angeheftet an Tiere sind weitere natürliche Mechanismen, die wesentlich zur Verbreitung von Arten beitragen (Purasjoki 1948, Boaden 1964, Proctor 1966, McCann 1968, Stock 1973, Monroe & Limpus 1979, Eckart & Eckart 1987, Russell & Balazs 1994). Die aktive Einwanderung nichtheimischer Arten erfolgt durch Verschiebung oder gar Wegfall von Barrieren und die Entwicklung von Ausbreitungsmechanismen (Ashton & Mitchell 1989, Brown 1989, di Castri 1989).

Die Überwindung der Verbreitungsbarrieren durch den anthropogenen Transport erhöhte die Anzahl der beabsichtigt und unbeabsichtigt eingeschleppten Arten (Mooney & Drake 1989). Es existieren unterschiedliche anthropogene Vektoren (Scheltema & Carlton 1984), wie beispielsweise Artimporte für die Aquakultur und Aquarienhandel (Pilgrim 1967, Dawson 1973, Wolff 1977, Welcomme 1986, Carlton 1991 a, Stewart 1991, Meyers 1993, Rocca 1993), Artimport für wissenschaftliche Versuche (Schmitz 1960, Kornmann & Sahling 1994), unbeabsichtigter Arttransport im Schiffsverkehr mit Baumaterial (Sand & Kies), Organismentransport durch Aufwuchs an Schwimmern bzw. Ankerketten von Wasserflugzeugen (Werner 1950, Lüning & Asmus 1990, Carlton 1992, Maggs & Ward 1996) aber auch durch aktive Einwanderung durch verstärkt ausgebaute Kanalsysteme. Insbesondere durch Aquakultur und Schiffsverkehr ist die Verschleppung von nichtheimischen Arten vermehrt aufgetreten (Bonnot 1935, Elton 1958, Tambs-Lyche 1964, Leppäkoski 1980, Rosenthal 1980, Michaelis 1981, Schormann et al. 1990, Sindermann 1991 a, b, 1993, Baldwin 1992, Andrulewicz et al. 1994).

Jede Einschleppung einer nichtheimischen Art birgt ein Risiko, da die Auswirkungen neuer Arten auf das bestehende Ökosystem nicht vorhersehbar sind (Courtenay & Taylor 1986). Sie können sowohl ökologische und ökonomische Konsequenzen haben. Eine Arteinschleppung erfährt nur dann eine positiv Bewertung, wenn sie im heimischen Ökosystem durch die Besetzung einer freien ökologische Nische zur Bereicherung der Artenvielfalt (Diversität) beiträgt. Oft sind mit der Einschleppung nichtheimischer Arten jedoch drastische negative Auswirkungen verbunden. Die eingetragene Art kann in Konkurrenz um Raum oder Nahrung zu heimischen Arten treten, die Stelle eines Räubers im Nahrungsnetz, den Genpool der Population nachhaltig beeinflussen, als Parasiten auftreten, durch Massenentwicklungen (Phytoplanktonblüten) ökonomische und ökologische Schäden verursachen (Aquakultur), die auch Auswirkungen für die menschliche Gesundheit haben können (Ingram 1952, Moyle 1976, Rosenthal 1980, Nuzzo 1981, de Groot 1985, Grizel 1985, Carlton 1991 c, Steirer 1991, Stickney 1991, Williams & Sindermann 1991, Carlton 1992, Dijkema 1992, Kern 1994, Grosholz & Ruiz 1995, Holmes & Minchin 1995). Die Verdrängung heimischer Arten kann die Folge sein (Villwock 1972, Carlton 1985, Berghahn 1990, Kershner 1993, Sipes 1994).

Schiffe und Schifffahrtsrouten sind immer wieder als Transportsystem und -wege (Vektoren) nichtheimischer Arten angesehen worden. Seit Menschen die Ozeane bereisen, sind Organismen als Nahrungsreserve während der Fahrt oder für eine am Zielort geplante wirtschaftliche Nutzung (Aquakultur) befördert worden.

Bereits im letzten Jahrhundert wurde eine Bestandsaufnahme von mit der Ladung assoziiert vorkommenden Arten in deutschen Häfen durchgeführt. In oder an der Ladung wurden 490 Arten festgestellt (Kreapelin 1900, Luther 1955).

Einen weitaus höheren Anteil bilden die mit dem Ballast (Sand, Steine und Wasser), teilweise über sehr lange Strecken, zufällig transportierten Organismen. Diese wurden mit dem Ballast, im Aufwuchs der Schiffsaußenhaut oder in Verbindung mit der Ladung über teilweise sehr lange Strecken transportiert und verschleppt (Lindroth 1956, McDowall 1968, Carlton 1985, 1995 a, Zibrowius 1994). Eine Ballastaufnahme ist notwendig, um Ladungsungleichgewichten entgegen zu wirken, Tiefgang zu erzeugen und die Schiffsstabilität zu sichern.

In historischen Zeiten, beginnend mit den Überfahrten der Wikinger, wurde Feststoffballast in die Laderäume eingebracht (Lindroth 1956, Petersen et al. 1992). Außer stapelbaren

Ballastkörpern wurde zumeist Sand oder Kies verwendet. In vielen Häfen wurden spezielle Bezirke zum Be- und Entladen des Ballastes ausgewiesen (Lindroth 1956, Ouren 1979, Emery & Bryan 1989, Bartley & Minchin 1995), um den Zugang zum Hafen freizuhalten (Lindroth 1956, Reineck 1970). Im norwegischen Frederiksstad wurden 1880 10.000 t Feststoffballast entladen (Ouren 1979). Ein vergleichbares Ballastvolumen wurde für Fahrten von Europa nach USA geladen (Emery 1968). Hafeninspektoren überwachten die Ballastoperationen (Carlton et al. 1995 a). Im Feststoffballast konnten Organismen der Meiofauna (Gerlach 1977) sowie epibenthische und benthische Makrofaunaorganismen transportiert werden (Carlton 1985).

Seit der Einführung des Stahlschiffbaus in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts wurde der Feststoffballast durch die Aufnahme von Ballastwasser ersetzt (Carlton 1985). Der Vorteil liegt in erhöhter Zeit- und Arbeitskräfteeinsparung. Das Ballastwasser wird durch Einströmöffnungen, die einige Meter unter der Wasserlinie liegen, in die Ballasttanks gepumpt. Nach dem "Lloyds register of ships" sind weltweit etwa 80.000 Schiffe registriert. Davon entfallen etwa 40.000 auf hochseetüchtige Handels- und Passagierschiffe mit einem durchschnittlichen Ladegewicht von etwa 23.000 t (Bettelhäuser & Ullrich 1993). Rigby & Taylor (1995) schätzten, daß weltweit jährlich 10 Milliarden t Ballastwasser mit diesen Schiffen transportiert werden. Neben Meerwasser kann Ballastwasser aus limnischen oder brackigen Regionen stammen. Der mit dem Ballastwasser aufgenommene Sedimentanteil lagert sich in den Ballasttanks ab und bildet Sedimentschichten bis zu 50 cm Dicke.

Außer durch dem Transport im Ballastwasser wurden damals wie heute Organismen im Bewuchs an der Schiffsaußenhaut verschleppt (Schormann et al. 1990). Die Schichtstärke des Schiffsaufwuchses kann 30 cm Dicke erreichen (Bertelsen & Ussing 1936, Carlton et al. 1995 a).

Die Öffnung des Suez- (1869) und Panamakanals (1914) ermöglichte einen Artenaustausch durch die Aufhebung der trennenden Landbarrieren (Hubbs 1927, Schellenberg 1929, Kosswig 1950, Briggs 1960, 1969, Lewinsohn & Holthuis 1964, Rubinoff & Rubinoff 1969, Dawson 1973, Alvarino 1974, Cosker & Dawson 1975, Ben-Tuvia 1978). Newman (1972) und Glynn (1982) beschreiben die Gefahr der Faunenverfälschung durch den Panamakanal und schlagen den Einbau von Migrationsbarrieren vor. Im Suezkanal bildet der hohe Salzgehalt der Bitterseen (>45 ‰) (Krauß 1958) eine natürliche Migrationsbarriere für stenohaline Arten. Der Gatunsee in zentraler Lage des Panamakanals ist eine Süßwasserbarriere, die

den Austausch von stenohalinen Arten hemmt (Hildebrand 1939, Chesher 1968, Menzies 1968, Jones & Dawson 1973). Auch die Öffnung des Nord-Ostsee-Kanals (1895) ermöglichte einen Organismenaustausch der angrenzenden Gewässer. Die nichtheimischen *Eriocheir sinensis* (Decapoda) und *Potamopyrgus jenkinsi* (Gastropoda) wanderten in die Ostsee, *Cordylophora caspia* (Cnidaria) in die Elbe ein. In angrenzenden Süßgewässern wurde *Dreissena polymorpha* (Bivalvia) gefunden (Arndt 1931).

Kanalöffnungen sowie technische Weiterentwicklungen im Schiffbau führten zu Verkürzungen der Reisedauer, wodurch die Anzahl der Schiffsankünfte anstieg. Die verkürzte Reisedauer und der damit verbundene häufigere Ballastwassereintrag erhöhte die Überlebenschancen der Organismen während der Schiffsreise und im neuen Lebensraum (Carlton & Scanlon 1985, Reise 1991, Baldwin 1992, Carlton et al. 1995 a). Der Hauptvektor für die Verschleppung neritischer Arten aus Süß-, Brack- und Meerwasser ist vermutlich der Ballastwassertransport (Carlton 1991, a, b; Carlton et al. 1995 a). Allein im Ballastwasser werden nach heutigen Schätzungen weltweit täglich 3000 Arten (Carlton 1995, a, Carlton et al. 1995 a), von denen etwa 500 bekannt sind (Carlton & Geller 1993, Carlton et al. 1995 a), über natürliche Verbreitungsbarrieren hinaus befördert (Carlton 1996 b).

Ort und Zeitpunkt der Ballastwasseraufnahme (Wassertiefe, Jahreszeit) sowie Vorkommen und Verhalten der jeweiligen Organismen (Häufigkeit, Entwicklungsstadien, Schwarmbildung) entscheiden darüber, welche Organismen in den Ballasttank geraten.

Neben Planktonorganismen können auch epibenthische, benthische und interstitielle Organismen, die auf Tankwänden aufsiedeln oder sich im Tanksediment aufhalten, verschleppt werden. Ebenso können Dauerstadien mit dem Tanksediment verbreitet werden.

Im Aufwuchs der Schiffsaußenhaut können drei Lebensformtypen transportiert werden:

1. Sessile / hemisessile Arten. Die Einschleppung erfolgt über Verbreitungsstadien. Der Eintrag hemisessiler Arten (wie Cnidaria und Bivalvia) erfolgt durch Lösen vom Untergrund.
2. Epizoen. Manche Epizoen können nur am Schiffsrumpf existieren, wenn sich ihr Aufwuchsorganismus, mit dem diese vergesellschaftet vorkommen, bereits angesiedelt hat (Ostreidae besiedelt mit Cnidaria).

3. Vagile Arten. Im Schutz der Aufwuchsorganismen können vagile Arten über weite Strecken transportiert werden. Beispielsweise wurden Brachyuren in leeren Balanidengehäusen an Schiffen beobachtet.

Außer den gestiegenen Ballastwasseroperationen in den Zielhäfen, die den Eintrag von nichtheimischen Organismen erhöhen und eine Neuansiedlung fremder Arten wahrscheinlicher machen, müssen für eine erfolgreiche Etablierung im neuen Lebensraum geeignete Bedingungen vorherrschen. Die abiotischen Parameter (z.B. Temperatur und Salzgehalt) müssen mit ihren jährlichen Schwankungen tolerierbar sein. Das Vorhandensein freier ökologischer Nischen bzw. die Konkurrenzfähigkeit gegenüber heimischen Arten und ein ausreichendes Nahrungsangebot begünstigen die Etablierungsmöglichkeiten neuer Arten.

Nicht jeder Eintrag fremder Organismen muß zwangsläufig zu einer Etablierung führen. Der Zeitraum vom Ersteintrag bis zur endgültigen Besiedlung (oder gar Massenentfaltung) ist sicherlich für jede Art unterschiedlich und von den biologischen und den herrschenden abiotischen Faktoren abhängig.

Die Etablierung nichtheimischer Arten führte in den unterschiedlichsten Regionen der Welt zu schwerwiegenden ökologischen und ökonomischen Auswirkungen (Carlton 1995 a).

- Mit Austernimporten für Aquakulturzwecke wurden über 100 epibiontische Arten oder Parasiten eingeschleppt (Bonnot 1935, Kincaid 1949, Korringa 1951, Haigler 1969, Miller 1969, Kornicker 1975, Edwards 1976, Andrews 1980, Farnham 1980, 1994, Christiansen & Thomson 1981, Carlton 1992, Reise 1993, Minchin et al. 1993). Mit kontaminierten Muscheln wurden bereits auch Krankheitserreger von Hepatitis und Cholera sowie Salmonellen transportiert (Ford 1992, Hackney et al. 1992).

- Durch Lebendimporte von Aalen wurde der Aalparasit *Aguillicola* sp. in heimische Gewässer eingeschleppt. Die Befallsrate liegt in Bereichen bei nahezu 100 % und erhöht die Sterblichkeitsrate der Aale (Peters & Hartmann 1986, Koops & Hartmann 1989, Williams & Sindermann 1991).

- Der in der Weser durch starke Wasserverschmutzung dezimierte Amphipodenbestand sollte durch die Ansiedlung von dem an der nordamerikanischen Ostküste vorkommenden *Gammarus tigrinus* (Amphipoda) bereichert werden (Klein 1969, Bousfield 1973). 1959 wurden 1.000 Individuen in die Werra in gazebespannten Holzkästen ausgebracht (Schmitz 1960). Einige Versuchstiere des bereits seit 1939 in England vorkommenden Amphipoden

(Sexton 1939) entkamen unbeabsichtigt und breiteten sich sehr schnell aus (Ruoff 1965, Chambers 1987). In der Weser kam es 1963 zu einem Massenvorkommen (Bulnheim 1980). *G. tigrinus* stellt die Hauptnahrung der Weserfische dar (Tesch & Fries 1963, Fries & Tesch 1965), deren Fangerträge seit der Einbürgerung des Amphipoden gestiegen sind (Ruoff 1965). Eine Verdrängung heimischer Amphipodenarten (*G. duebeni*, *G. zaddachi* und *G. pulex*) ist zu beobachten (Pinkster 1975, Bulnheim 1976, 1980). Neben der aktiven Ausbreitung wird eine Dispersion durch den Schiffsverkehr vermutet (Hynes 1955, Nijssen & Stock 1966, Bousfield 1973, Herrhaus 1978, Jazdzewski 1980).

- In Zeiten des Holzschiffbaus wurde beispielsweise der Schiffsbohrwurm *Teredo navalis* (Bivalvia), der Grabgänge in Holz bohrt, nahezu weltweit verbreitet (Edmondson 1962, Carlton et al. 1995 a). Da der Stahlschiffbau die Holzkonstruktionen abgelöst hat, können keine Adulte mit Schiffen transportiert werden. Die Larven von *T. navalis* können im Ballastwasser transportiert werden, wie Funde in den 1950er Jahren an der nordamerikanischen Westküste belegen (Carl & Guiget 1957). Tropische bis subtropische Arten und Arten der warmgemäßigten Regionen, wie *Brachynotus sexdentatus* (Decapoda), können in kühleren Temperaturzonen punktuell in Bereichen auftreten (Edmondson 1962), die beispielsweise durch Kraftwerkskühlwasser aufgeheizt werden (Kühl 1977, Jordan & Sutton 1984, Bamber 1990). Bei Bestandsaufnahmen der Fauna im Bereich von Kraftwerken am Oberrhein wurden 15 % nichtheimische Arten gefunden (Bernauer et al. 1995).

- Der weltweite Anstieg von Planktonblüten in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts wird mit dem Transport von Phytoplankton im Ballastwasser in Verbindung gebracht (Baldwin 1992, Hallegraeff & Bolch 1992, Hallegraeff 1993, a, b). Die aus Südostasien stammenden Dinoflagellaten der Gattungen *Gymnodinium* und *Alexandrium* wurden nahezu weltweit mit dem Ballastwasser verschleppt. Sie produzieren z. T. tödliche Giftstoffe, die schädigend auf Aquakulturorganismen und über deren Verzehr auch auf den Menschen einwirken können (Hallegraeff et al. 1988, Gaines 1989, Stewart 1991, Baldwin 1992, Jackson 1993, Nehring 1993, Edler et al. 1993).

- Die in der ponto-kaspischen Region beheimatete Zebrauschel *Dreissena polymorpha* wurde erstmals 1986 in die Großen Seen (Nordamerika) eingeschleppt und besetzte dort die freie ökologische Nische des Süßwasserfiltrierers (Carlton 1991 b, Dermott 1993). Diese Aufwuchsorganismen siedeln auf allen Hartböden mit Dichten bis zu 700.000 Organismen pro m<sup>2</sup> (Roberts 1990, Anderson 1992) in mehreren Dezimetern Dicke (Miltner 1995). Heimische Muschelarten sind in ihrem Bestand zurückgegangen (Kershner 1993). Die enorme Filtrierleistung in Verbindung mit derartigen Populationsdichten hat bereits zu einer

Wasserenttrübung in einigen Bereichen geführt, welches eine Ausbreitung der Makroalgenbesiedlung zur Folge hatte. Industrielle Wasserleitungen müssen regelmäßig vom Aufwuchs mit *D. polymorpha* gereinigt werden, da sie sonst verstopfen. Die Reinigungskosten für Rohrleitungen und Hafenanlagen belaufen sich auf mehrere 100 Millionen US \$ jährlich. In Deutschland kam es zur Massenentwicklung der Zebramuschel um 1850 im Neckar und etwa 1950 im Bodensee (Jungbluth 1995). Vermutlich wanderte *D. polymorpha* über Kanäle aus der ponto-kaspischen Region ein.

- Die nordamerikanische Ctenophore *Mnemiopsis leidyi*, die sich räuberisch von Zooplankton, bevorzugt von Fischlarven ernährt, wurde vor 1989 in das Schwarze Meer eingeschleppt (Shushkina & Musayeva 1990). Als Folge der nach kurzer Zeit etablierten und massenhaft auftretenden Ctenophore (Vinogradov et al. 1989, Shushkina & Musayeva 1990) sanken die Erträge in der dortigen Anchovisfischerei um 90 % (Shushkina & Musayeva 1990, Reeve 1993). *M. leidyi* breitet sich immer weiter aus und wurde bereits im östlichen Mittelmeer gefunden (Harbison 1993). Als Transportvektor wird Ballastwasser angegeben (Harbison 1994).

- Der Ballastwassertransport von Krankheitserregern kann zu Epidemien führen. Aktive Cholera-Erreger (*Vibrio cholerae*) sind im Ballastwasser von aus Südamerika stammenden Schiffen an der nordamerikanischen Küste (Golf von Mexiko) gefunden worden (Rosenthal 1980, Anderson 1992, Murphree & Tamplin 1992, McCarthy & Khambaty 1994, Carlton 1995 a). Die Salzgehalte des untersuchten Ballastwassers reichten von 12 - 32 ‰ (McCarthy & Khambaty 1994). Epstein (1993) und MacKenzie (1996) geben an, daß die Cholera auch über infizierte Mollusca, Crustacea und Pisces verbreitet werden kann. Das Auftreten der Cholera in verschiedenen Hafenstädten von Süd- und Mittelamerika deutet auf einen Transport mit Ballastwasser hin (Epstein 1993).

- Die zwischeneiszeitlich in unseren Gewässern aufgetretene Sandklaffmuschel *Mya arenaria* zählt heute zu einer der am häufigsten anzutreffenden Arten im Wattenmeer (Reise 1991). Sie ist vermutlich die erste mit Schiffen in unsere Breiten verschleppte Art. Auf das Jahr 1250 datierte subfossile Funde in Dänemark deuten darauf hin, daß die von der Ostküste Nordamerikas stammende Muschel mit Schiffen der Wikinger eingeschleppt wurde (Petersen et al. 1992, Weintraub 1993, Carlton 1996 a).

- Die Wollhandkrabbe *Eriocheir sinensis* ist eine aus China, vermutlich durch Schiffe Anfang dieses Jahrhunderts (etwa 1912), in unsere Gewässer eingeschleppte Brachyurenart (Peters 1933, Panning 1938, a, Kühl 1963, Anger 1990, Zibrowius 1991, Michaelis & Reise 1994). Optimale Bedingungen und eine unbesetzte ökologische Nische in unseren Ästuaren führten

zu einer Massenentwicklung. Diese katadromen Krebse verursachten Einbußen im fischereilichen Ertrag, da sie gefangene Fische und Netze der Flußfischer schädigten. Da sie zusätzlich Uferbefestigungen durch Grabgänge beschädigten, wurde mit mäßigem Erfolg versucht, sie zu bekämpfen (Panning & Peters 1932, Peters et al. 1936, Leppäkoski 1991, Gruner et al. 1993). Die ansteigende Gewässerverschmutzung trug entscheidend dazu bei, daß die Dichte der Nahrungstiere von *E. sinensis* zurückging und somit auch ihre Bestandsdichte abnahm.

- Die Schwertmuschel *Ensis directus* wird seit 1978 an deutschen Küsten nachgewiesen. Die Einschleppung erfolgte vermutlich als Larve im Ballastwasser aus Nordamerika (Essink 1986, Reise 1990, 1991). Eine Massenvermehrung bis zu 15.440 Individuen / m<sup>2</sup> fand 1980 statt. Die Verdrängung der heimischen Schwertmuschel *E. ensis* wird allerdings nicht angenommen (von Cosel et al. 1982, Mühlenhardt-Siegel et al. 1983, Fiedler 1992).

- *Marenzelleria viridis*, ein Polychaet, der an der nordamerikanischen Atlantikküste verbreitet ist, trat zuerst 1983 an den Nordseeküsten und danach auch massenhaft in der Ostsee auf. Die Einschleppung erfolgte vermutlich mit Ballastwasser. Es wird eine Konkurrenz mit dem heimischen Polychaet *Nereis diversicolor* vermutet (Essink & Kleef 1988, 1993, Reise 1990). Die Fundorte in der Ostsee liegen zumeist in Hafennähe, wodurch als Verschleppungsweg der Schiffstransport angenommen wird (Olenin, pers. Mitt.). Im polnischen Teil des Frischen Haffes macht diese Art bis zu 97 % der tierischen Biomasse aus (Zmudzinski, pers. Mitt.). *M. viridis* gilt als Ergänzung im Nahrungsspektrum der Grundfische (Bick, pers. Mitt.).

Erstmalig wurde die Verschleppung von Organismen mit Ballastwasser aufgrund des Fundes von *Biddulphia (Odontella) sinensis*, einer planktischen Diatomeenart, in der Deutschen Bucht Anfang dieses Jahrhunderts vermutet (Ostenfeld 1908). Erst 62 Jahre später, 1970, erfolgte die erste Untersuchung des Ballastwassers von zwei Schiffen, die, aus Japan kommend, australische Häfen anliefen (Medcof 1975). Weitere praktische Untersuchungen wurden in den USA und Australien durchgeführt. Untersuchungsschwerpunkte der amerikanischen Arbeitsgruppen war die im Ballastwassertank verschleppte Fauna (Howarth 1981, Carlton 1985, 1987, Smith et al. 1993, Smith 1995). Bei den australischen und kanadischen Untersuchungen standen Diatomeen und Dinoflagellaten im Mittelpunkt (Williams et al. 1988, Pollard & Hutchings 1990 a, Jones 1991, Hallegraeff & Bolch 1991, Rigby 1991, Kerr 1994 b, Subba Rao et al. 1994).

Noch nicht abgeschlossene Ballastwasserprojekte in Israel, Schweden, Irland, Schottland, Kanada, USA, Australien und Japan beschäftigen sich mit weiteren Bestandsaufnahmen der Organismen im Ballastwasser (Carlton et al. 1995 a).

Ende des letzten Jahrhunderts, etwa 70 Jahre bevor das Ballastwasser von Schiffen als wesentlicher Transportvektor für Organismen erkannt und untersucht wurde, bestimmten Weltner (1898) und Annandale (1909) Cirripedia, die an Schiffsrümpfen gefunden wurden. Schiffsbewuchs ist eine anthropogen beeinflusste Lebensgemeinschaft, die unter ganz besonderen Bedingungen (Anströmung des Rumpfes, starke Schwankungen der abiotischen Parameter) entsteht (Neu 1932 b). Chilton (1911) untersuchte Schiffe als Transportvektoren für Organismen wie auch Hentschel (1923, 1925) und Schnakenbeck (1924), die in den 1920er Jahren den Aufwuchs an Schiffsaußenhäuten im Hamburger Hafen untersuchten. Viele weiterführende Bestandsaufnahmen von Arten im Schiffsaufwuchs wurden unternommen (Visscher 1927, Neu 1932 a, b, Zobell & Allen 1935, Bertelsen & Ussing 1936, Pyefinch 1950, Millard 1951, Allen 1953, Skerman 1960, Southward & Crisp 1963, Subklew & Schulz 1965, Morton 1980, Evans 1981, Bagaveeva et al. 1985, Alibekova et al. 1986, Callow 1986, Bagaveeva 1988, 1989, Zibrowius 1991, 1994, Carlton & Hodder 1995). Der Aufwuchs an Bohrinseln als Vektor für die Verschleppung von Organismen wurde zusätzlich untersucht (Benech 1978, Foster & Willan 1979, Hardy 1981, Heaf 1981). Licht ist für tierischen Aufwuchs nicht erforderlich (Kühl 1961). Daher tritt Aufwuchs sogar in Leitungen auf.

Da das Vorkommen der nichtheimischen Organismen grenzüberschreitend auftritt, ist eine internationale Zusammenarbeit notwendig. Weiterhin bestehen nationale Regelungen in Australien, Südamerika, Japan, für den Bereich der Großen Seen in Nordamerika und den Panamakanal, die sich auf das Befolgen der IMO-Richtlinien oder den Zusatz von Chemikalien beschränken. Neben nationalen Richtlinien zum Umgang mit Ballastwasser zwecks Minimierung des Organismeneintrages wurden auf internationaler Ebene weitere Richtlinien entwickelt, an denen folgende Vereinigungen beteiligt waren: International Maritime Organization (IMO), eine Sektion der United Nations, International Council for the Exploration of the Sea (ICES) und Baltic Marine Biologists (BMB).

Die "Richtlinie zur Minimierung der Einschleppung unerwünschter aquatischer Organismen und Krankheitserreger durch Schiffsballastwasser und Sedimentausstoß" wurde von der IMO entwickelt. Sie umfaßt Vorschläge für den Ballastwasseraustausch auf hoher See. Unter Einhaltung dieser Richtlinie kann vermutlich der Eintrag nichtheimischer Arten vermindert werden. Weiterhin bestehen nationale Regelungen in Australien, Südamerika, für den Bereich

der Großen Seen in Nordamerika und den Panamakanal, die sich auf das Befolgen der IMO Richtlinie oder den Zusatz von Chemikalien beschränken.

Für einen Großteil der eingeschleppten, nichtheimischen Arten wird ein Transport mit dem Schiffsverkehr vermutet. Eine Bestandsaufnahme der mit Schiffen unbeabsichtigt in heimische Gewässer transportierten Arten sollte innerhalb dieses Forschungsvorhaben durchgeführt werden. Dieses Forschungsvorhaben gliederte sich in zwei Teilbereiche: Teilvorhaben A, Flora (Institut für Meereskunde, Kiel) und Teilvorhaben B, Fauna (Zoologisches Institut und Museum, Hamburg).

Mit Hilfe einer Literaturrecherche und Fragebogenaktion sollte festgestellt werden, aus welchen Herkunftsbereichen Organismen per Schiff eingeschleppt werden könnten. Der Arbeitsschwerpunkt betraf die Bestandsaufnahme der im Ballastwasser, Tanksediment und Schiffsbewuchs enthaltenen Organismen. Mit Kulturexperimenten sollte die Überlebensfähigkeit dieser Arten in heimischen Gewässern untersucht werden. Aufgrund der Ergebnisse der Literaturrecherche und ergänzenden Kulturexperimenten sollte das Ansiedlungspotential der angetroffenen nichtheimischen Arten für deutsche Gewässer eingeschätzt werden.

Weiterhin sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Voraussetzungen für den erfolgreichen Transport von Organismen im Ballasttank.
- Gibt es Schiffs- oder Tanktypen, die den Organismen im Ballastwasser eine besonders hohe Überlebenswahrscheinlichkeit bieten?
- Besteht die Notwendigkeit von Reglementierungen zum Eintrag von Ballastwasser?
- Lokalisation von geographischen Gebieten, aus denen potentiell mit dem Schiffsverkehr für unsere Gewässer gefährliche Arten eingetragen werden könnten.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Untersuchungszeitraum

Die Schiffsuntersuchungen wurden zwischen März 1992 und August 1995 durchgeführt. In diesem Zeitraum wurden an 191 Probenahmetagen jeweils durchschnittlich etwa 2 Probenahmeversuche in z.T. verschiedenen Häfen unternommen. Die insgesamt 401 Probenahmenversuche durchgeführt auf 211 Schiffen verdeutlichen, daß auf einigen Schiffen mehr als eine Probe genommen werden konnte (Tab. 1, Tab. 2). Dabei wurden 334 (83,3%) erfolgreiche Probenahmen auf 186 Schiffen, zumeist in Nordseehäfen, überwiegend im Hafen Hamburg durchgeführt. Einige Schiffe wurden vergeblich aufgesucht, da hier keine Beprobung erfolgen konnte. Gründe hierfür waren zumeist das Fehlen von Ballastwasser an Bord oder die Unzugänglichkeit zum Ballasttank für eine Beprobung (Tab. 1, Tab. 18).

Der zeitliche Schwerpunkt der Schiffsbeprobung lag mit 239 Probenahmeversuchen im Jahr 1993 (Tab. 3). Durchschnittlich wurden 8 Proben je Monat über den gesamten Untersuchungszeitraum genommen.

Tab. 1: Spezifikation (absolute und relative) aller Schiffsbesuche.

	n	%
Erfolgreiche beprobte Schiffe	186	88,1
Vergebliche Schiffsbesuche	25	11,9
Summe	211	100,0

Tab. 2: Spezifikation (absolute und relative) aller Probenahmenversuche.

	n	%
Erfolgreiche Proben	334	83,3
Vergebliche Probenversuche	67	16,7
Summe	401	100,0

Tab. 3: Häufigkeit der Probenahmen im Untersuchungszeitraum (März 1992 - August 1995).

Jahr	1992	1993	1994	1995	Summe
Januar			10		10
Februar		9	5		14
März	1	20	8	4	33
April	3	36		1	40
Mai	4	20	3	2	29
Juni		25	7		32
Juli	1	29	3	1	34
August	2	12	7	1	22
September	6	21	1		28
Oktober	3	40	3		46
November	8	12	3		23
Dezember	8	15			23
Summe	36	239	50	9	334

## 2.2 Auswahl der Häfen und der zu untersuchenden Schiffe

Um eine repräsentative Bestandsaufnahme der mit Schiffen in unsere Gewässer transportierten Arten zu ermöglichen, wurde zu Beginn das Verkehrsaufkommen in heimischen Häfen 1985 - 1990 nach Angaben der statistischen Landesämter Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein sowie des statistischen Bundesamtes ermittelt. Umorganisationen und Strukturänderungen während der Vereinigung Deutschlands 1989 führten auch im Bereich der statistischen Datenerfassung zu Änderungen. Aus diesem Grund konnten die Wertetabellen nicht weitergeführt werden.

### 2.2.1 Häfen

Die deutschen Haupthäfen mit überwiegend internationalem Verkehr sind nach ihrer wirtschaftlichen Bedeutung aufgelistet: Hamburg, Bremerhaven, Bremen und Kiel (Grobecker 1988, Klugmann 1989, Pinchin 1995). 1990 wurden in den 11 deutschen Häfen mit Überseeverkehr 40.566 Schiffsankünfte verzeichnet (Bettelhäuser & Ullrich 1993). Auf den Überseeverkehr entfielen etwa 17 % (= 7.000) (Verband Deutscher Reeder, Golchert, pers. Mitt.). Um eine repräsentativer Auswahl an Schiffen zu untersuchen konzentrierten sich die

Probenahmen neben 7 weiteren Häfen, auf Hamburg anlaufende Schiffe. Darüber hinaus wurden einzelne Schiffe in den Häfen Danzig (Polen), Rotterdam (Niederlande), Antwerpen (Belgien), Hongkong (China) und Singapur beprobt (Tab. 4). Die Proben aus Polen und Asien wurden von Reedereiinspektoren, die eine Einweisung in die Probenahmemethodik und Fixierung der Proben erhalten hatten, genommen.

### 2.2.2 Güter

Etwa zwei Drittel der weltweit transportierten Güter sind Materialien wie Rohöl, Getreide und Erze, die mit Tankern und Schüttguttransportern verschifft werden. Der Anteil der Tonnage von Containerschiffen an der weltweiten Gesamttonnage lag 1993 bei 4,9 % (Bright 1995). Dennoch besitzt der Containertransport im Güterumschlag in deutschen Häfen eine große Bedeutung. Jährlich werden in deutschen Häfen etwa 150 Mio. t Seegüter umgeschlagen (Klugmann 1989). Mit 72,1 Mio. t Güterumschlag 1995 ist Hamburg der bedeutendste deutsche Hafen. Mehr als die Hälfte der gesamtdeutschen Güterumschlages erfolgt in Hamburg (Tab. 5).

Tab. 4: Absolute und relative Häufigkeiten der Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben, nach Häfen.

	Ballastwasser		Sediment		Außenhaut		Gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Nordsee</b>								
Hamburg	100	75,8	39	54,9	84	64,1	223	66,7
Bremerhaven	27	20,5	17	23,9	30	22,9	74	22,2
Bremen	3	2,3	1	1,4	4	3,1	8	2,4
Elsfleth			1	1,4	2	1,5	3	0,9
Wilhelmshaven			1	1,4			1	0,3
<b>Ostsee</b>								
Kiel			2	2,8	4	3,1	6	1,8
Rostock					1	0,8	1	0,3
Nord-Ostsee-Kanal								
Rendsburg	1	0,8	1	1,4	1	0,8	3	0,9
<b>Europa</b>								
Danzig			1	1,4	1	0,8	2	0,6
Rotterdam	1	0,8	2	2,8	1	0,8	4	1,2
Antwerpen			1	1,4	1	0,8	2	0,6
<b>Asien</b>								
Hongkong			2	2,8	1	0,8	3	0,9

Singapur			3	4,2	1	0,8	4	1,2
Summe	132	100,0	71	100,0	131	100,0	334	100,0

Tab. 5: Entwicklung des Güterumschlags in deutschen Häfen von 1987 - 1994 (in 1.000 t). Der Anteil des Containerverkehrs ist extra ausgewiesen.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Bonn.

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
<b>Hamburg</b>								
Seeverkehr gesamt								
HH Versand	19.544	19.827	20.952	21.758	22.960	23.358	23.926	26.639
HH Empfang	37.026	39.114	36.630	39.339	42.243	41.521	41.846	41.789
Containerverkehr								
Versand			7.766	8.577	9.278	9.787	11.245	12.270
Empfang			6.403	7.744	8.574	8.938	9.980	11.237
<b>Bremen/Bremerhaven</b>								
Seeverkehr gesamt								
HB Versand	11.954	12.314	12.683	11.357	11.504	11.070	11.187	12.412
HB Empfang	18.026	18.795	19.773	18.846	19.203	18.869	17.167	18.514
Containerverkehr								
Versand	5.792	6.092	6.765	6.420	6.651	6.784	7.349	8.320
Empfang	3.965	4.294	4.846	5.009	5.455	5.777	5.812	6.569
<b>Schleswig-Holstein</b>								
Seeverkehr gesamt								
S.H. Versand				11.012	10.391	11.097	11.349	
S.H. Empfang				19.771	20.237	20.217	21.298	
<b>Alle Häfen</b>								
Seeverkehr gesamt								
Versand	31.498	32.141	33.635	44.127	44.855	45.525	46.462	39.051
Empfang	55.052	57.909	56.403	77.956	81.683	80.607	80.311	60.303
Containerverkehr								
Versand	5.792	6.092	14.531	14.997	15.929	16.571	18.594	20.590
Empfang	3.965	4.294	11.249	12.753	14.029	14.715	15.792	17.806

### 2.2.3 Schiffstypen

Die Auswahl der zu untersuchenden Schiffe richtete sich nach dem Schiffstyp und der Schiffsgröße. Der überwiegende Teil der aus Übersee nach Deutschland eingeführten Güter wird im Containerverkehr transportiert. Containerschiffe wurden daher bevorzugt beprobt. Weiterhin sind Schüttgut- und Ro-Ro-Transporter von Bedeutung (Tab. 6).

Tab. 6: Absolute und relative Ladungskapazität (Bruttoregistertonnen, BRT) der Bremen und Bremerhaven anlaufenden Schiffe nach Schiffstypen. Quelle: Statistische Landesämter Niedersachsen und Bremen.

	1992		1993		1994	
	BRT	%	BRT	%	BRT	%
Containerschiff	40.250.853	52,2	40.128.907	55,5	44.610.681	54,8
Kombischiff	11.277.325	14,6	8.939.278	11,4	8.628.848	10,6
Ro-Ro-Transporter	15.611.784	20,3	15.081.415	21,0	18.109.253	22,2
Tanker	2.111.501	2,7	2.983.682	4,1	1.950.437	2,4
Fruchtschiff	2.203.993	2,9	2.011.919	2,8	1.815.719	2,2
Passagierschiff	1.510.478	2,0	20.606	0,0	1.782.953	2,2
Schüttguttransp.	4.033.457	5,2	3.655.825	5,1	4.528.114	5,6
Sonstige	90.631	0,1	58.016	0,1	32.728	0,0
Summe	77.090.022	100,0	72.879.648	100,0	81.458.733	100,0

### 2.2.4 Schifffahrtsrouten

Mit 23,7 % oder 1.649 Schiffen entfiel 1990 der überwiegende Anteil der Schiffsankünfte auf den Schifffahrtsweg von der nordamerikanischen Ostküste und dem Golf von Mexiko. Schiffsankünfte aus Fernost machten einen Anteil von 20,1 % aus. Die Summe aller aus dem Mittelmeer eingelaufenen Schiffe lag mit 1.095 (15,8 %) an dritter Position. Der Anteil aller weiteren Herkunftsgebiete lag unter 8 % (Tab. 7). Die Schwerpunkte der zu untersuchenden Schiffe wurde auf die Hauptschifffahrtsrouten Ostküste Nordamerikas und Asien gelegt. Der überwiegende Anteil des Güterumschlages aus Übersee erfolgt in den Nordseehäfen. Allein in Hamburg wurden 1990 79,7 % oder 5.537 Schiffsankünfte verzeichnet (Tab. 7). In Ostseehäfen werden zumeist Güter, die im baltischen Raum transportiert werden, umgeschlagen.

### 2.3 Volumen- und Gewichtsmaße von Schiffen

Das Volumen von Schiffen wird in Bruttoregistertonnen (BRT) und Nettoregistertonnen (NRT), das Gewicht in Deadweight Tonnage (DWT) angegeben. BRT ist das Hohlmaß des gesamten Schiffsinnenraumes (inkl. Aufbauten). NRT entspricht dem Hohlmaß der Laderäume. DWT ist die Angabe über die Tragfähigkeit von Schiffen und umfaßt Ladung, Treibstoff, Vorräte, Einrichtung, Maschine, Besatzung, Bilge- und Ballastwasser (Klugmann 1989, Carlton et al. 1995 a).

Tab. 7: Absolute und relative Häufigkeiten der Schiffsankünfte in deutschen Häfen (1985 - 1990) nach Herkunftsregionen. Hamburger Schiffsankünfte sind extra ausgewiesen. Quelle: Statistisches Bundesamt, Bonn.

Herkunftsbereich	1985		1986		1987		1988		1989		1990	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Südeuropa, Mittelmeer	243	3,4	221	3,1	239	3,4	227	3,3	213	3,2	249	3,6
Südosteuropa, Mittelmeer	357	5,0	388	5,5	417	6,0	344	5,0	320	4,7	376	5,4
Nordafrika, Mittelmeer	450	6,3	454	6,4	358	5,1	383	5,6	326	4,8	336	4,8
Nordafrika, Atlantik	217	3,0	216	3,0	195	2,8	238	3,4	233	3,5	140	2,0
Westafrika	528	7,4	505	7,1	500	7,2	494	7,2	512	7,6	546	7,9
Südafrika	229	3,2	204	2,9	198	2,8	181	2,6	159	2,4	198	2,9
Ostafrika	126	1,8	147	2,1	148	2,1	137	2,0	113	1,7	145	2,1
Afrika, Golf v. Aden	62	0,9	54	0,8	53	0,8	51	0,7	63	0,9	55	0,8
Nordamerika, Atlantik	811	11,4	892	12,5	875	12,6	793	11,5	736	10,9	699	10,1
Golf v. Mexiko, Karibik	931	13,0	921	12,9	931	13,4	926	13,4	909	13,5	950	13,6
Südamerika, Atlantik	547	7,7	467	6,6	451	6,5	439	6,4	434	6,4	506	7,3
Nordamerika, Pazifik	160	2,2	180	2,5	162	2,3	176	2,6	169	2,5	182	2,6
Mittelamerika, Pazifik	53	0,7	47	0,7	50	0,7	63	0,9	39	0,6	57	0,8
Südamerika, Pazifik	246	3,4	248	3,5	249	3,6	223	3,2	251	3,7	264	3,8
Nahost, Mittelmeer	219	3,1	208	2,9	178	2,6	216	3,1	182	2,7	134	1,9
Arabisch-Pers. Golf	230	3,2	223	3,1	154	2,2	137	2,0	133	2,0	133	1,9
Mittelost	331	4,6	351	4,9	382	5,5	340	4,9	373	5,5	373	5,4
Fernost, Süden	131	1,8	103	1,4	103	1,5	69	1,0	63	0,9	68	1,0

Fernost, Norden	1.014	14,3	1.064	15,0	1.110	15,8	1.214	17,6	1.316	19,5	1.331	19,1
Australien, Ozeanien	256	3,6	219	3,1	219	3,1	248	3,0	202	3,0	205	3,0
Polargebiete	0	0,0	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Summe	7.141	100,0	7.113	100,0	6.972	100,0	6.899	100,0	6.746	100,0	6.947	100,0
Anteil von Hamburg	6.108	85,5	5.690	79,9	5.608	80,4	5.468	79,3	5.214	77,3	5.537	79,7

## 2.4 Beschreibung der untersuchten Schiffstypen

Um mögliche Abhängigkeiten des Organismeneintrages von Schiffstypen feststellen zu können, wurden alle 11 zugänglichen Schiffstypen und ein Schwimmdock wenigstens einmal untersucht.

Der mit Abstand überwiegende Anteil der einlaufenden Schiffstypen entfällt auf Containerschiffe, gefolgt von Kombischiffen, Schüttgut- und Autotransportern. Daher wurden die Beprobungen sowohl bei Ballastwasser- als auch Sediment- und Außenhautproben auf Containerschiffe (55,7 %) konzentriert (Tab. 8).

Tab. 8: Relative und absolute Häufigkeit der Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben, aufgelistet nach Schiffstypen.

Schiffstyp	Ballastwasser		Sediment		Außenhaut		Gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Container	90	68,2	40	56,3	56	42,8	186	55,7
Kombi	26	19,7	8	11,3	22	16,8	56	16,8
Schüttgut	4	3,0	5	7,0	9	6,9	18	5,4
Autotransp.	5	3,8	3	4,2	8	6,1	16	4,8
Tanker	3	2,3	6	8,5	11	8,4	20	6,0
Ro-Ro-Transp.	3	2,3	3	4,2	9	6,9	15	4,5
Passagier			5	7,0	10	7,6	15	4,5
Frucht			1	1,4	2	1,5	3	0,9
Marine					2	1,5	2	0,6
Forschung	1	0,8					1	0,3
Versorger					1	0,8	1	0,3
Schwimmdock					1	0,8	1	0,3
Summe	132	100,0	71	100,0	131	100,0	334	100,0

### 2.4.1 Containerschiffe

Bei Containerschiffen handelt es sich um vergleichsweise große Schiffe bis 60.000 BRT. Die Tonnage der 111 untersuchten Containerschiffe lag im Durchschnitt bei 29.747 BRT (Tabellenband, Tab. 1). Die maximal transportierbare Ballastwassermenge lag durchschnittlich bei 27,8 % der BRT (Tab. 9).

Tab. 9: Schiffsanzahl, Schiffsgröße in Bruttoregistertonnen (BRT) und maximale Ballastwasserkapazität (BST) gemittelt nach Schiffstypen. (% BST = prozentualer Anteil des BST bezogen auf BRT; BST\* = prozentualer Anteil des zum Zeitpunkt der Probenahme an Bord befindlichen Ballastwasservolumens (in metrischen Tonnen); BST\*\* = tatsächlich abgepumpte Ballastmenge in deutschen Häfen in Prozent von BST\*).

Schiffstyp	Schiffsanzahl	BRT	BST	%BST	BST*	BST**
Container	111	29.747	8.270	27,8	30	30
Kombi	56	11.832	2.847	24,1	30	50
Früchte	3	11.840	1.736	14,7	10	0
Passagier	15	34.423	2.042	5,9	10	0
Ro-Ro-Transp.	15	16.336	1.650	10,1	30	30
Tanker	20	34.023	2.311	6,8	5	0

Die mittlere Reisegeschwindigkeit beträgt 15 kn (Knoten) und kann zumeist bis etwa 20 kn gesteigert werden. Die hohen Geschwindigkeiten erzeugen eine starke Wasserströmung, die es nur sehr strömungsliebenden oder strömungstoleranten Organismen ermöglicht, sich am Schiffsrumpf festzusetzen.

Viele Containerschiffe werden im regelmäßigen Liniendienst betrieben. Daher kommt es zu einem vermehrten Organismeneintrag aus deren Ausgangsgebieten.

Lade- und Löschvorgänge erfolgen aus Zeitersparnisgründen in den meisten Häfen mit Unterstützung von Computern. Findet nur ein geringer Containeraustausch statt, kann die Liegezeit auf eine Schicht bzw. 6 Stunden reduziert werden. Die verkürzten Liegezeiten schränken die Möglichkeiten der Probenahme zeitlich sehr ein.

### **2.4.2 Kombischiffe**

Die Tonnage der 36 untersuchten Kombischiffe lag zwischen 999 und 45.330 BRT. Durchschnittlich wurden 24,1 % der BRT Tonnage als höchste transportierbare Ballastwassermenge angegeben (Tab. 9 und Anhang, Tab. 1).

Ein Teil der Beladung besteht bei Kombischiffen zumeist aus Containern. Zusätzlich werden oft sperrige Einzelstücke, wie Eisenbahntriebwagen, Brückenteile und große Maschinenteile verladen. Diese Kombination der Beladungsmöglichkeit erfordert mittellange Liegezeiten, die selten zwei Tage überschreiten. Die längeren Liegezeiten ermöglichten mehrfache Schiffsbesuche. Für eine Probenahme stand daher immer ausreichend Zeit zur Verfügung.

Da die Fahrtgebiete oft für jede Fahrt neu festgelegt werden und nicht fahrplanmäßig wie im Containerverkehr erfolgen, kann es bei jeder Schiffsankunft zu einem Organismeneintrag aus jeweils unterschiedlichen Herkunftsgebieten kommen.

### **2.4.3 Schüttguttransporter und Tanker**

Diese auch Bulker (Bulk engl.: Größe, Masse) genannten Transportschiffe gehören in der Regel zu den größten Schiffen. Ihre Länge kann 350 m und mehr betragen. Die durchschnittliche Tonnage der 15 untersuchten Tanker und 13 Schüttguttransporter lag bei 33.000 BRT. Das größte beprobte Schiff war ein Schüttguttransporter mit 84.788 BRT. Innerhalb der Tanker zeichnen sich die Gastanker mit einer deutlich geringeren Tonnage von im Mittel 9.700 BRT aus (Tabellenband, Tab. 1).

Die Beladung erfolgt zumeist in wenigen Tagen. Die mehrtägige Liegezeit ermöglicht einen mehrfachen Schiffsbesuch, wodurch die Schiffsbeprobung zeitlich sichergestellt werden kann. Bei diesen Schiffstypen ist während der Leerfahrt die mitgeführte Ballastwassermenge oft sehr groß, da aus Stabilitätsgründen Laderäume mit Ballastwasser gefüllt werden müssen. Da deutsche Häfen zumeist voll beladen angelaufen werden, ist die mitgeführte Ballastwassermenge häufig sehr gering, wodurch die Probenahmemöglichkeiten stark eingeschränkt wurden. Maximal können 6,8 % der BRT Tonnage an Ballastwasser in Ballast-tanks mitgeführt werden (Tab. 9).

Regelmäßige Verbindungen sind selten. Oft wird der Zielhafen, z.T. auch kurzfristig, vor einer Fahrt neu festgelegt.

#### **2.4.4 Autotransporter und Ro-Ro-Transporter**

Beide Schiffstypen zeichnen sich durch ihre flexiblen Laderäume aus, die der Größe der zu transportierenden Güter angepaßt werden können. Mit maximal 51.858 BRT (Autotransporter) und 43.487 BRT (Ro-Ro-Transporter) gehören diese Schiffstypen etwa zu der gleichen Größenklasse wie Containerschiffe (Tabellenband, Tab. 1). Die Ballastwasserkapazität liegt bei 10,1 % der BRT Tonnage (Tab. 9).

Autotransporter wurden 12mal, RoRo-Transporter 11mal beprobt. Diese Schiffe sind mit einer großen Heckklappe ausgestattet, über die sie in kurzer Zeit mit Transportfahrzeugen beladen werden können (Ro-Ro, engl.: roll on roll off). Die kurzen Liegezeiten erschweren die Terminabsprache zur Probenahme.

Zumeist werden die Start- und Zielhäfen regelmäßig im Liniendienst angelaufen. Durch diese Regelmäßigkeit kann es zum vermehrten Eintrag von Organismen eines Herkunftsgebietes kommen.

#### **2.4.5 Passagier-, Forschungsschiffe und Schiffstypen der Marine**

Gemeinsam ist diesen Schiffstypen die geringe Menge an transportierter Ladung und Ballastwasser sowie die sehr hohen Geschwindigkeiten. Die Schiffsgröße ist sehr variabel und reicht von 1.870 BRT (Segelschulschiff Gorch-Fock) bis 67.139 BRT für das Passagierschiff "Queen Elisabeth II" (Tabellenband, Tab. 1). Die für die 8 untersuchten Passagierschiffe vorliegenden Angaben über die maximale Ballastwasserkapazität liegt im Durchschnitt bei 5,9 % der BRT Tonnage (Tab. 9). Zusätzlich wurden zwei Schiffe der Marine und das Forschungsschiff "Polarstern" untersucht.

Die zumeist weiträumig angelegten Fahrtgebiete bewirken einen Organismeneintrag aus den verschiedensten Regionen.

#### **2.4.6 Fruchtschiffe**

Fruchtschiffe haben in ihren Ausgangshäfen oft sehr lange Liegezeiten, da die Ladevorgänge teilweise immer noch, wie auch zu früheren Zeiten, per Hand erfolgen. Diese vergleichsweise langen Liegezeiten können zu einem vermehrten Auftreten von Aufwuchsorganismen führen. Die Fahrtroute verläuft zumeist im Pendelverkehr, wodurch es zu einem häufigen Austausch von Organismen kommen kann.

Fruchtschiffe gehören zu den kleineren hochseetauglichen Schiffen. Die durchschnittliche Tonnage der 5 beprobten Schiffe betrug 11.840 BRT (Tabellenband, Tab. 1), wovon 14,7 % als maximale Ballastwassermenge aufgenommen werden können (Tab. 9). Da die Schiffe in

der Regel voll beladen einlaufen, befindet sich nur sehr wenig oder kein Ballastwasser an Bord. Daher spielt der Organismeneintrag durch Ballastwasser dieses Schiffstyps eine untergeordnete Rolle.

#### **2.4.7 Versorger**

Diese Schiffe werden überwiegend im regelmäßigen Regionalbetrieb eingesetzt, um beispielsweise Bohrinseln mit Material zu versorgen. Da es nur bei den selten vorkommenden Änderungen des Fahrtgebietes zum Organismeneintrag über weite Entfernungen kommen kann, wurde nur ein Schiff dieses Typs untersucht. Diese im allgemeinen relativ kleinen Schiffe mit zumeist unter 1.000 BRT (Tabellenband, Tab. 1) besitzen nur sehr geringe Ballastwasserkapazitäten.

#### **2.4.8 Schwimmdock**

Auch hier kommt es nur selten zum Transport über größere Entfernungen, z.B. wenn ein Schwimmdock ins Ausland verkauft wird. Über die Abmessungen des Schwimmdocks liegen keine Angaben vor. Die Außenhautprobe wurde während der Eindockungszeit genommen (Tabellenband, Tab. 1).

### **2.5 Ballasttanktypen**

Ballasttanks werden nach ihrer Lage im Schiff in 5 Gruppen eingeteilt: Vorpiek, Seitentank, Doppelbodentank, Quertank und Achterpiek. Seitentanks, Vorpiek, Achterpiek und Doppelbodentanks umgeben das Schiff wie eine doppelte Hülle wasser- oder luftgefüllter Hohlräume (Abb. 1). Alle Ballasttanks sind zur statischen Verstärkung mit siebartig durchlöcherten Zwischenböden und -wänden ausgestattet (Abb. 2). Auf allen Schiffen werden die Ballastwasseroperationen mit Hochleistungskreisel- oder Kolbenpumpen durchgeführt. Alle Ballasttanks sind einzeln mit diesen Lenzpumpen verbunden und können so unabhängig voneinander angesprochen werden. Die maximale Förderleistung dieser Pumpen liegt je nach Schiffsgröße zwischen 300 und 500 t pro Stunde.

## Zeichnung Roland

Abb. 1: Schematische Darstellung und Lage der Ballasttanks eines Containerschiffes (AP = Achterpiek, DB = Doppelbodentank, STK = Seitentank, VP = Vorpiek). Quertank nicht abgebildet.

## Foto

Abb. 2: Innenansicht eines gereinigten Ballastwassertanks (Vorpiek eines Containerschiffes)

Oft besteht auch die Möglichkeit, Ballastwasser direkt von einem Tank in einen anderen umzupumpen. An den Einströmöffnungen in der Schiffsaußenhaut, die einige Meter unter der Wasseroberfläche liegen, befinden sich Gitter, die das Einsaugen von Treibgut und großen Organismen und somit eine Verstopfung der Leitungen verhindern sollen. Der Gitterabstand liegt bei 3 - 5 cm. Weiterhin ist vor der Lenzpumpe häufig ein Sieb installiert. Die Maschenweite beträgt etwa 5 - 10 mm und dient dem Schutz der Ballastpumpe (Schormann et al. 1990).

### 2.5.1 Vorpiek

Das Fassungsvermögen dieser durch schräg verlaufende Wandungen ausgezeichneten Vorpiektanks lag im Durchschnitt bei 415 m<sup>3</sup> (Abb. 1). Die Vorpiek liegt im oberen Bugbereich. Dadurch wird nur der untere Bereich der Außenhaut vom Wasser umspült. Der überwiegende Teil der Tanks liegt über der Wasserlinie und ist luftumströmt sowie der Sonneneinstrahlung ausgesetzt.

Aus diesen sich im äußersten Bugbereich befindenden Tanks konnten 19 Ballastwasser- und 8 Sedimentproben genommen werden (Tab. 10).

Tab. 10: Absolute und relative Häufigkeit der Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben, aufgelistet nach Tanktyp

Tanktyp	Ballastwasser		Sediment		Gesamt	
	n	%	n	%	n	%
Doppelboden	56	42,4	27	38,0	83	40,9
Seitentank	46	34,9	33	46,5	79	38,9
Vorpiek	19	14,4	8	11,3	27	13,3
Achterpiek	9	6,8	2	2,8	11	5,4
Quertank	2	1,5	1	1,4	3	1,5
Summe	132	100	71	100	203	100

### 2.5.2 Seitentank

Mit einer Ausdehnung von 20 m Höhe und bis zu 20 m Länge bei einer Breite von etwa 3 m sind Seitentanks die höchsten Tankzellen eines Schiffes. Oft reichen sie direkt bis an Deck und sind so im Bereich über der Wasserlinie der Lufttemperatur und Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Die untersuchten Seitentanks hatten ein durchschnittliches Volumen von etwa 460 m<sup>3</sup> (Abb. 1). Neben 46 Ballastwasser- wurden 33 Sedimentproben genommen (Tab. 10).

### 2.5.3 Doppelbodentank

Gekennzeichnet durch eine sehr geringe Höhe von zumeist 1 - 2 m verstärken diese unter der Wasserlinie befindlichen Tanks den Schiffsboden. Die Ballastwasserkapazität dieser Tanks lag im Mittel bei 503 m<sup>3</sup> (Abb. 1). Neben 56 Ballastwasserproben wurden hier 27 Sedimentproben genommen (Tab. 10).

### 2.5.4 Quertank

Quertanks liegen meist ohne Kontakt zum Außenmedium weit im Schiffsinnenen. Diese durchschnittlich 552 m<sup>3</sup> fassenden Tanks dienen dem schnellen Ausgleich von Ladungsungleichgewichten. Das Ballastwasser wird während des Lade- und Löschbetriebes im Hafen nahezu ständig umgepumpt.

Es konnten zwei Ballastwasserproben und eine Sedimentprobe genommen werden (Tab. 10).

### 2.5.5 Achterpiek

Die Achterpiek ist wie die Vorpiek durch ihre von der rechtwinkligen Konstruktion abweichende Form gekennzeichnet. Die beprobten Achterpiektanks hatten durchschnittlich das höchste Tankvolumen (599 m<sup>3</sup>). Der größte untersuchte Ballasttank war eine Achterpiek mit einem Fassungsvermögen von 1.656 m<sup>3</sup> (Abb. 1).

Die Lage nahe des Maschinenraumes führt im Vergleich zu anderen Tanks zu einer leichten Erwärmung durch die Abwärme der Schiffsantriebsmaschine. Neben 9 Ballastwasser konnten zwei Sedimentproben aus diesen Tanks gewonnen werden (Tab. 10).

## 2.6 Aufwuchs der Schiffsaußenhaut

Die Ausdehnung des Tiefganges und damit der wasserbedeckten Schiffsfläche ist ladungsabhängig und schiffstypspezifisch. Bei den untersuchten Schiffen maß diese Fläche im beladenen Zustand je Schiff durchschnittlich 7.543 m<sup>2</sup> und variierte von 3.500 - 13.328 m<sup>2</sup> (Tab. 11).

Schiffskonstruktionen mit unterschiedlicher Anzahl von Schrauben und Rudern sowie das Vorhandensein von Bugstrahlrudern, Seekästen oder Stabilisatoren bedingen unterschiedliche Strömungs- und Reibungsverhältnisse, die auf Aufwuchsorganismen einwirken.

Tab. 11: Maximal von Wasser bedeckte Schiffsfläche in m<sup>2</sup> nach Schiffstypen

Schiffstyp	Proben Nr.	m <sup>2</sup>
Tanker	160	13.328
Ro-Ro-Transporter	231	9.450
Ro-Ro-Transporter	133	9.300

Container	175	8.445
Container	184	8.445
Container	149	6.800
Ro-Ro-Transporter	126	6.550
Tanker	239	5.300
Passagierschiff	243	4.310
Passagierschiff	233	3.500

## 2.7 Ermittlung der Herkunftsgebiete angetroffener Organismen

Um die Herkunft der Organismen im Ballastwasser, Tanksediment sowie im Schiffsbewuchs feststellen zu können, wurden die Fahrtrouten bzw. Herkunftsgebiete der untersuchten Schiffe dokumentiert. Die gewonnenen Proben wurden nach 28 Herkunftsgebieten und 4 Temperaturzonen zusammengefaßt.

### 2.7.1 Einteilung der Herkunftsgebiete

#### 2.7.1.1 Temperaturzonen

Eine übergeordnete Kategorisierung der insgesamt 119 Probenherkunftsorten erfolgte zur Datenzusammenfassung nach Temperaturzonen (Abb. 3): arktische Region (1); kalt-gemäßigte Region, Nord- und Südhalbkugel (2); warm-gemäßigte Region, Nord- und Südhalbkugel (3) und tropische Region (4) (de Lattin 1967, Briggs 1974, Lüning 1985 und Cox Moore 1985).

## Weltkarte mit Probennummern

Abb. 3: Weltkarte mit Einteilung der Temperaturzonen. (1 = arktisch, 2 = kalt-gemäßigt, 3 = warm-gemäßigt, 4 = tropisch).

Nach dieser Einteilung ergaben sich folgende 28 klimatisch und geographisch bedingte Herkunftsgebiete (die Zahlenangaben beziehen sich auf die Temperaturzonen 1 = arktisch, 2 = kalt-gemäßigt, 3 = warm-gemäßigt und 4 = tropisch) :

Europa = **EU**, arktisches Europa = **EU-1**, kalt-gemäßigtes Europa = **EU-2**, warm-gemäßigtes Europa = **EU-3**

Westliches Mittelmeer, warm-gemäßigt = **MMW-3**

Östliches Mittelmeer, warm-gemäßigt = **MMO-3**

Afrika, Westküste, Nordhalbkugel warm-gemäßigt = **AFW-3**, Tropen = **AFW-4**

Afrika, Südhalbkugel, warm-gemäßigt = **AFS-3**

Afrika, Ostküste, Tropen (indischer Bezirk) = **AFO-4**

Asien, Indischer Ozean, Tropen = **ASIN-4**

Asien, Malaiische Region, Tropen = **ASMAL-4**

Asien, südjapanische Region, warm-gemäßigt = **ASSJ-3**

Asien, nordjapanische Region, kalt-gemäßigt = **ASNJ-2**

Australien, nördliche Region, Tropen = **AUSN-4**

Australien, Westküste, warm-gemäßigt = **AUSW-3**

Australien, südliche Region, kalt-gemäßigt = **AUSS-2**

Australien, Ostküste, warm-gemäßigt = **AUSO-3**

Nordamerika, Westküste, kalt-gemäßigt = **NAW-2**, warm-gemäßigt = **NAW-3**

Mittelamerika, Westküste, Tropen = **MAW-4**

Südamerika, Westküste, warm-gemäßigt = **SAW-3**, Tropen = **SAW-4**

Südamerika, kalt-gemäßigt = **SAS-2**

Nordamerika, Ostküste, kalt-gemäßigt = **NAO-2**, warm-gemäßigt = **NAO-3**

Mittelamerika, Ostküste, Tropen = **MAO-4**

Südamerika, Ostküste, warm-gemäßigt = **SAO-3**, Tropen = **SAO-4**

Jahreszeitliche Temperaturschwankungen führen vor allem im Bereich der Auftriebsgebiete an der südamerikanischen Westküste sowie an den Küsten Südwest- und Nordwestafrikas zu Überschneidungen der Temperaturzonenaufteilung.

### **2.7.1.2 Herkunftsgebiete**

Teilweise konnten schiffsseitig sehr präzise Angaben über die Herkunftsgebiete der Ballastwasser- und Sedimentproben gegeben werden, die bis zu Angaben von Längen- und Breitengraden reichten. Oft wurden die Häfen genannt, in denen oder in deren Nähe die Ballastwasseraufnahme erfolgte. Insgesamt wurden weltweit 81 Häfen als Herkunftsgebiet angegeben, die zumeist direkt am Meer oder im Bereich von Ästuaren liegen. Montreal liegt als einziger Herkunftshafen im limnischen Bereich (Tab. 12). Die Einschätzung des Salzgehaltes der Häfen wurde anhand von Schiffshandbüchern, herausgegeben vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, und detaillierten Atlanten getroffen (Couper 1983, Lewis & Geelan 1994).

### **2.7.2 Ballastwasser**

Für die Ballastwasserproben wurde der Zeitpunkt und der Ort der Ballastwasseraufnahme in die Tanks sowie die Menge des aufgenommenen Wassers notiert. Diese Daten werden schiffsseitig per Computer, im Logbuch oder in einem Peilbuch festgehalten. Die Herkunft des weitaus überwiegenden Teils der Proben ließ sich nach Abfahrtsländern oder Abfahrtshafenstädten, teilweise sogar mit Angaben der Längen- und Breitengrade, rekonstruieren. Die Mehrheit der Herkunftsgebiete des untersuchten Ballastwassers lag in Küstennähe. Teilweise ließen sich allerdings nur wenig präzise Herkunftsgebiete feststellen wie "mitten im Atlantik" (Tabellenband, Tab. 1).

### **2.7.3 Sediment**

Die Sedimentschichten in den Tanks stammen aus mehrfachen Ballastwasseraufnahmen. Exakte Angaben über Herkunftsgebiete sind daher nicht derart einfach zu erhalten wie bei Ballastwasserproben. Neben der Herkunftsangabe des zuletzt über der Sedimentschicht gestandenen Ballastwassers wurde auch das generelle Fahrtgebiet notiert (Tabellenband, Tab. 1).

### 2.7.4 Außenhaut

Wie bei den Sedimentproben kann auch bei Proben des Aufwuchses nicht präzise dokumentiert werden, in welcher Region die angetroffenen Organismen sich am Schiffsrumpf festgesetzt haben. Die überwiegende Anzahl der untersuchten Schiffe verkehrt im regelmäßigen Service auf einer konstanten Schifffahrtsroute. Als Herkunftsgebiet wurde der am weitesten von Deutschland entfernte Hafen angegeben (Tabellenband, Tab. 1).

Tab. 12: Herkunftshäfen und Häufigkeit der Ballastwasser- und Sedimentproben mit Angaben des geschätzten Salzgehaltes des Ursprungsortes. Eingeklammerte Angaben deuten auf geringen Einfluß der entsprechenden Kategorie hin (nach Couper 1983, Lewis & Geelan 1994) im Vergleich zu den gemessenen Salinitäten des Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme (SW = Süßwasser, BW = Brackwasser, MW = Meerwasser).

Hafen	Herkunfts- gebiet	Salzgehalt			Ballastwasser- gemessen	Anzahl Ballastwasser- proben	Anzahl Sediment- proben
		Hafenwasser SW	BW	MW			
Ägypten, Alexandria	MMW-3		(+)	+	21,0	2	3
Ägypten, Port Said	MMW-3			+	39,1	1	
Algerien, Mostaganem	MMW-3			+			1
Algerien, Oran	MMW-3			+			1
Australien, Melbourne	AUSS-2		(+)	+	3.4-32.2	2	
Australien, Perth	AUSW-3			+			1
Australien, Sydney	AUSO-3		(+)	+	29,1	1	1
Brasilien, Rio de Janeiro	SAO-3		(+)	+			1
Brasilien, Santos	SAO-3		+	(+)	22.8-32.3	5	5
Chile, Punta Arenas	SAS-2		(+)	+	29,7	1	
Chile, San Antonio	SAW-2			+		1	
Chile, Valparaiso	SAW-2			+	31,8	2	1
China, Hongkong	ASMAL-4		+	(+)		9	3
China, Kowloon (Hongkong)	ASMAL-4		(+)	+	25.9-35.0		1
China, Schanghai	ASMAL-4		+	(+)		2	
Costa Rica, Puerto Limon	MAO-4			+	35,1	1	
Dominikan.Rep., Santo Domingo	MAO-4		+	(+)			1
Ecuador, Guayaquil	SAW-2		+				1
Elfenbeinküste, Abidjan	AFW-4			+	34,8	1	
Elfenbeinküste, St. Pedro	AFW-4		(+)	+	25,3	1	
Frankreich, Marseille	MMW-3			+	35,1	1	
Ghana, Takoradi	AFW-4			+	34,8	1	
Indien, Bombay	ASIN-4		+	(+)	36,8	1	1
Indien, Cochin	ASIN-4		+		36,0	1	
Iran, Bandar-E-Khomeyni	ASIN-4		(+)	+	36,8	1	
Israel, Haifa	MMO-3			+	40,8	1	

Israel, Tel Aviv	MMO-3			+		1	1
Italien, Salerno	MMW-3			+	37,9	2	
Jamaika, Kingston	MAO-4			+	33,9	1	
Japan, Kobe	ASSJ-3		(+)	+	19.2-37.5	2	
Japan, Nagoya	ASSJ-3		(+)	+	28,3	1	
Japan, Osaka	ASSJ-3		+	(+)		1	
Japan, Tokio	ASSJ-3		+	(+)	29.3-34.2	6	1
Japan, Yokohama	ASSJ-3		(+)	+	0.6-35.0	3	1
Kanada, Halifax	NAO-2		(+)	+		1	
Kanada, Montreal	NAO-2	+					1
Kanada, Vancouver	NAW-2		(+)	+		2	1
Kenia, Mombasa	AFO-4			+		1	
Kolumbien, Cartagena	SAO-4			+			1
Kolumbien, Santa Marta	SAO-4			+	35,8	1	
Libanon, Beirut	MMO-3			+	37,8	1	

Hafen	Herkunfts- gebiet	Salzgehalt			Ballastwasser- gemessen	Anzahl Ballastwasser- proben	Anzahl Sediment- proben
		Hafenwasser SW	BW	MW			
Libanon, Tripolis	MMO-3		(+)	+			1
Malaysia, Singapur	ASMAL-4		(+)	+	0.2-34.4	9	10
Mexiko, Acapulco	MAW-4			+	34,0	1	
Mexiko, Tampico	NAO-3		+	(+)	22.9-35.5	2	1
Mexiko, Veracruz	NAO-3			+	35,2	2	1
Neuseeland, Auckland	AUSO-3			+			1
Neuseeland, Lyttelton	AUSS-2		(+)	+	1,2	1	
Neuseeland, Wellington	AUSS-2		(+)	+	35,4	1	
Nigeria, Lagos	AFW-4		+	(+)		1	
Nigeria, Port Harcourt	MAO-4		+	(+)	32,0	1	1
Panama, Colon	MAO-4		+		35,4	1	
Peru, Callao	SAW-4		(+)	+			1
Philippinen, Cebu	ASMAL-4			+		1	
Puerto Rico, San Juan	MAO-4			+	21,0	1	
Saudi Arabien, Jeddah	AFO-4			+	38,5	2	
Senegal, Dakar	AFW-4			+	31,0	1	
Spanien, Algeciras	MMW-3			+	39,1	1	
Spanien, Ceuta	MMW-3			+	32,4	1	
Spanien, Las Palmas, Gran Canaria	AFW-3			+	33,0	1	1
Spanien, Palma de Mallorca	MMW-3			+		1	
Spanien, St. Cruz, Teneriffa	AFW-3			+		1	2
Sri Lanka, Colombo	ASIN-4			+	31.0-35.8	2	
Südafrika, Durban	AFS-3		+	(+)	14,1	1	
Südafrika, Kapstadt	AFS-3			+			1
Südkorea, Busan	ASSJ-3		(+)	+	30.1-33.9	2	
Tahiti, Papeete	AUSN-4			+	34,1	1	
Taiwan, Keelung	ASMAL-4			+	34,5	1	
Tansania, Dar Es Salaam	AFO-4		(+)	+	36,2	1	
Türkei, Izmir	MMO-3			+	33.1-38.7	3	
Türkei, Mersin	MMO-3		(+)	+	27.3-36.4	2	
Ukraine, Berdjansk	MMO-3		+		9,7	1	
USA, Baltimore	NAO-2		+		18.0-26.9	4	1
USA, Long Beach, Los Angeles	NAW-2			+		1	

USA, New Orleans	NAO-3	+	(+)			2
USA, New York	NAO-2	+		13,4-33,0	4	1
USA, Norfolk	NAO-2	+	(+)	20,4	1	1
USA, Oakland	NAW-2	+		31,7	1	1
USA, Savannah	NAO-3	+		30,8	1	2
Venezuela, Porto Cabello	SAO-4		+			1
Ver. Arab. Emirate, Bahrain	ASIN-4		+		1	2

### 2.8 Proben nach Herkunftsgebieten der Schiffe

Die Herkunftsgebiete wurden in folgenden 4 Temperaturzonen zusammengefaßt: arktische, kalt-gemäßigte, warm-gemäßigte Region und Tropen (Abb. 3). Etwa 25 % der Proben stammten aus der kalt-gemäßigten Region, zu der auch Nordeuropa gehört. Bei den Proben aus der kalt-gemäßigten Region überwog der Anteil der Außenhautproben vor Ballastwasser- und Sedimentproben. Von Schiffen, deren Fahrtgebiet ausschließlich die Nordsee umfaßte, wurden lediglich zwei Außenhautproben genommen.

Die Mehrzahl der Proben stammten aus der warm-gemäßigten Region (122 oder 36,5 %) und den Tropen (125 oder 37,4 %). Innerhalb dieser Regionen überwog deutlich die Anzahl der Ballastwasserproben, gefolgt von Außenhaut- und Sedimentproben (Abb. 4).

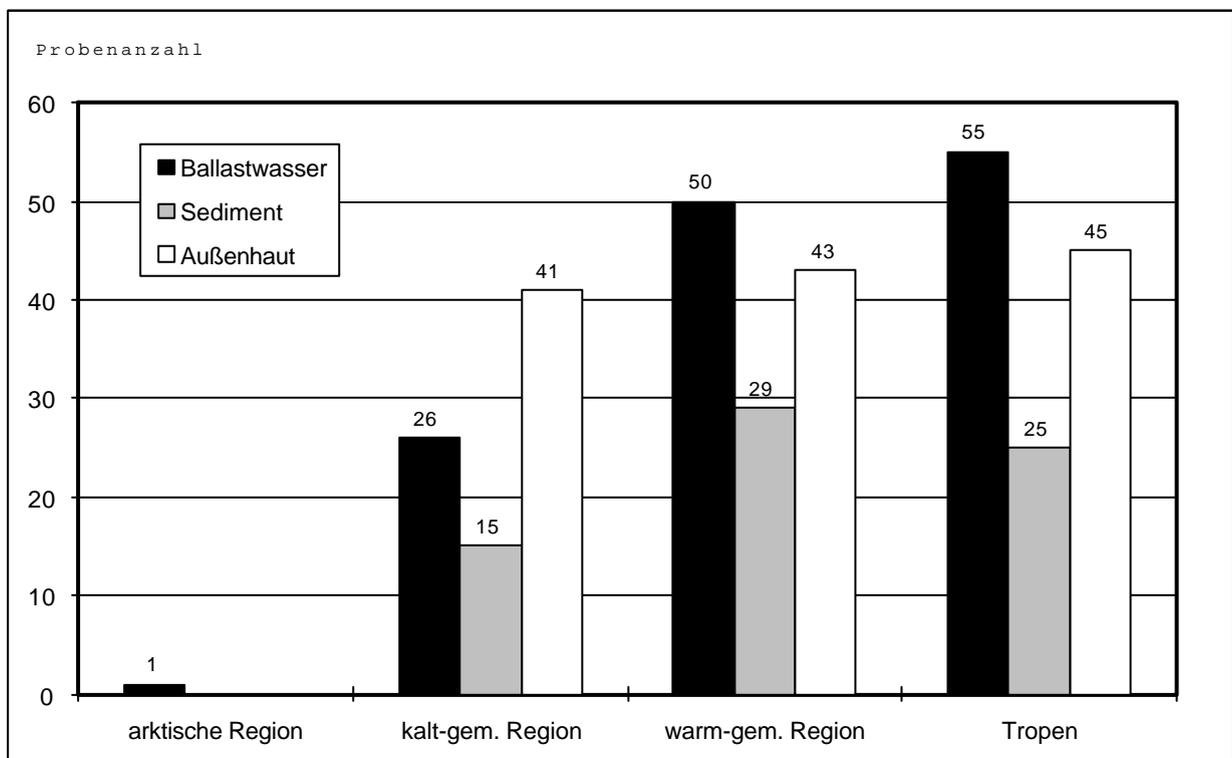


Abb. 4: Anzahl der Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben nach klimatischen Regionen (Temperaturzonen).

Die häufigsten Herkunftsgebiete innerhalb der warm-gemäßigten Region waren Japan (27 Proben), das östliche Mittelmeer (23 Proben) und die südamerikanische Ostküste (20 Proben). Die höchste Anzahl an Proben aller Herkunftsbereiche entfällt auf die tropisch, malaiische Region mit 49 Probenahmen. Weitere Schwerpunkte innerhalb der tropischen Herkunftsgebiete bildeten die mittelamerikanische Ostküste (28 Proben) und die afrikanische Westküste (12 Proben). Das zweithäufigste Herkunftsgebiet der untersuchten Schiffe war der kalt-gemäßigte Bereich Australiens (30 Proben). Von der Ostküste Nordamerikas und der Westküste Südamerikas dieser Region stammten jeweils 14 Proben.

Als Ausgangshäfen der meistbefahrenen Schifffahrtsrouten von Übersee nach Deutschland wurden Häfen an der nordamerikanischen Ostküste und Asien festgestellt. Demzufolge wurden die meisten Proben (94 oder 28,1 %) bei Schiffen mit asiatischer Herkunft genommen. Den zweiten Rang nahmen die 58 (17,4) Proben von der nordamerikanischen Ostküste ein. Bei den Proben aus dem asiatischen Raum überwog deutlich der Anteil der Ballastwasserproben (46) gegenüber dem der Außenhaut- (24) und Sedimentproben (19). Bei den Proben der Ostküste Nordamerikas überwog der Anteil der Außenhautproben mit 24 dem der Plankton- (21) und Sedimentproben (13).

Bei den Proben aus Australien und Ozeanien überwog deutlich der Anteil der Außenhautproben (26) gegenüber 9 Sediment- und 6 Ballastwasserproben (Abb. 5).

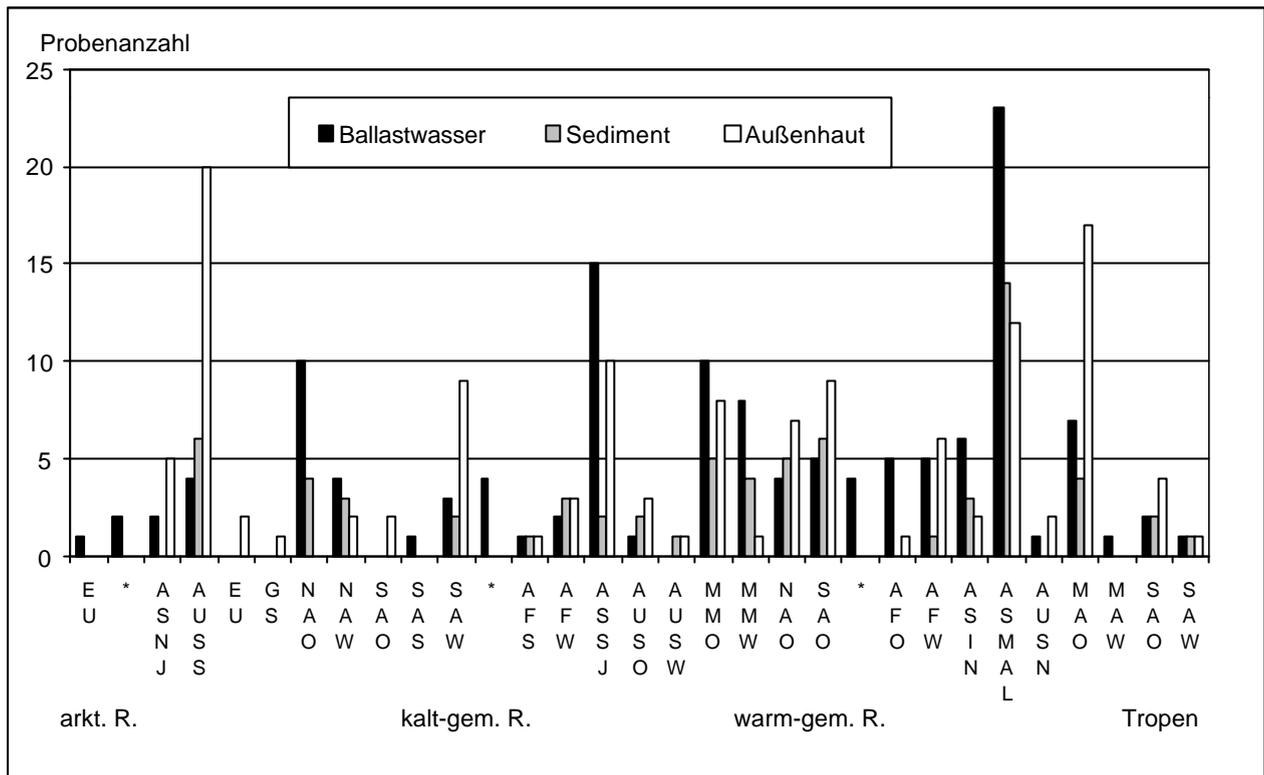


Abb. 5: Probenanzahl von Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben nach Herkunftsgebieten.

### 2.8.1 Ballastwasserproben

Die 83 Herkunftsorte verteilen sich auf 27 verschiedene geographische Regionen innerhalb der folgenden 4 Temperaturzonen: Tropen, warm-gemäßigte, kalt-gemäßigte und arktische Region. Der überwiegende Teil des beprobten Ballastwassers wurde in Küstennähe aufgenommen. Bei 8 Untersuchungen wurde Ballastwasser aus ozeanischen Bereichen beprobt (Abb. 6 und Tabellenband, Tab. 5). Ballastwasser aus den Tropen stammte aus 10 verschiedenen geographischen Regionen. Die überwiegende Anzahl entfiel auf malaiische Gewässer (23 Proben) und stellte gleichzeitig die höchste Anzahl von Proben aller Herkunftsgebiete und Probenarten dar. Von der Ostküste Mittelamerikas stammten 7 Proben und 6 Proben aus dem tropischen Indik. In der warm-gemäßigten Region überwog der Probenanteil aus dem Mittelmeer. Aus dem östlichen Mittelmeer stammten 10 Proben, aus dem westlichen Teil 8. Weitere 15 Proben stammten aus dem süd-japanischen Bereich. Innerhalb der kalt-gemäßigten Region überwog der Anteil der Ballastwasserproben von der Ostküste Nordamerikas mit 10 Proben, gefolgt von Proben der Westküste Nordamerikas und der südaustralischen Region mit jeweils 4 Proben. Einmalig war die Beprobung von Ballastwasser aus der arktischen Region (Abb. 6).

### Weltkarte mit Probennummern

Abb. 6: Herkunft der Ballastwasserproben. Eingeklammerte Probennummern bezeichnen Proben ohne Organismen (Probennummern s. Tabellenband, Tab. 1).

#### **2.8.2 Sedimentproben**

Sedimentproben aus 42 Gebieten, zusammengefaßt in 19 verschiedene Regionen der Tropen, warm-gemäßigten und kalt-gemäßigten Temperaturzonen, konnten untersucht werden. 6 Herkunftsgebiete lagen in den Tropen. Sie verteilten sich auf die malaiischen Gewässer (14 Proben), auf die Ostküste Mittelamerikas (4 Proben) und den Indischen Ozean (3 Proben) (Abb. 7).

In der warm-gemäßigten Region stammten die häufigsten Proben von der Ostküste Südamerikas (6 Proben), gefolgt von jeweils 5 Proben der Ostküste Nordamerikas und dem östlichen Mittelmeer.

Die am häufigsten untersuchten Herkunftsbereiche der kalt-gemäßigten Region waren die südaustralische Region (6 Proben) sowie die nordamerikanische Ost- (4 Proben) und Westküste (3 Proben) (Abb. 5).

### 2.8.3 Außenhautproben

Außenhautproben konnten an Schiffen, deren Ausgangshäfen der Fahrtroute in 70 Gebieten lagen, genommen werden. Zusammengefaßt ergaben sich 24 verschiedene geographische Herkunftsgebiete der Tropen, warm-gemäßigten und kalt-gemäßigten Region (Abb. 8). Aus 8 unterschiedlichen Regionen der Tropen stammten die untersuchten Schiffe, wobei die 17 Proben von der Ostküste Mittelamerikas deutlich überwogen. Weitere 6 Proben stammten von der Westküste Afrikas und 4 von der Ostküste Südamerikas.

### Weltkarte mit Probennummern

Abb. 7: Herkunft der Sedimentproben. Eingeklammerte Probennummern bezeichnen Proben ohne Organismen. (Probennummern s. Tabellenband, Tab. 1)

## Weltkarte mit Probennummern

Abb. 8: Herkunft der Außenhautproben. Eingeklammerte Probennummern bezeichnen Proben ohne Organismen (Probennummern wie in Tabellenband, Tab. 1).

Die Proben aus der warm-gemäßigten Region konzentrierten sich in den Bereichen Südjapan (10 Proben), Südamerika, Ostküste (9 Proben) und dem östlichen Mittelmeer (8 Proben). In der kalt-gemäßigten Region liegt das am häufigsten untersuchte Herkunftsgebiet der Außenhautproben: der südaustralische Bereich mit 20 Beprobungen. Einen deutlich geringeren Anteil machten die Proben von der Westküste Südamerikas aus (9 Proben). Weitere 5 Proben werden dem Herkunftsbereich Nordjapan zugeordnet (Abb. 5).

## 2.9 Probenahme

### 2.9.1 Terminabsprache

Die Ankunftsstermine von Schiffen wurden in monatlichen Abständen bei etwa 50 Reedereien, Schiffsmaklern und Hafenbehörden erfragt (s. Danksagung). Weitere Angaben über einlaufende Schiffe wurden der Zeitung "Täglicher Hafenbericht" (Herausgeber: Seehafen Verlag, Hamburg) entnommen. Vor dem angekündigten Tag des Einlaufens wurden in einem weiteren Telefonat die geplanten Liegezeiten und der Liegeplatz erfragt.

Als besonders schwierig stellte sich die Terminplanung der eigentlichen Probenahme heraus. Oft verschoben sich die Ankunftsstermine schiffsseitig aus organisatorischen Gründen auch sehr kurzfristig, so daß es teilweise in den Häfen zu langen Wartezeiten kam. Auch an Bord mußten häufig längere Wartezeiten in Kauf genommen werden, da die Schiffsbesatzungen während der kurzen Liegezeiten in den Häfen bis an die Kapazitätsgrenze ausgelastet sind und sich nicht sofort um die Ballastwasserbeprobung kümmern konnten. Einige Schiffe wurden bis zu dreimal aufgesucht, bis ein geeigneter Zeitpunkt für die Probenahme gefunden werden konnte. Auch aufgrund der teilweise sehr langen Anfahrtzeiten konnten an vielen Beprobungstagen nur maximal zwei Schiffe untersucht werden. Eine einmalige Ausnahme war die Beprobung von 6 Schiffen an einem einzigen Tag im Hamburger Hafen.

### **2.9.2 Geräte zur Probenahme**

Als Probenahmegeräte wurden Eimer, Netze (Firma HydroBios, Durchmesser 30 cm, Maschenweite 10 µm), Kescher, eine Handpumpe vom Typ "Handyboy 33799-0000" der Firma ITT Fluid Technology Corporation mit einem 10 m langen wandverstärkten Schlauch (Innendurchmesser 12 mm), Spachtel, PE-Flaschen, Meßzylinder, Tampen, Fixierungsmittel (Äthanol 70 %), eine Kühltasche, eine elektrische Luftpumpe zum Versorgen der Lebendproben sowie Werkzeuge zum Öffnen von Peilrohren mitgeführt.

Für die Messung der abiotischen Meßgrößen (pH-Wert, Salinität, Temperatur und Sauerstoff) wurden tragbare WTW-Geräte verwendet.

Die Sicherheitsausrüstung, die bei Tankbesichtigungen und im Dock getragen werden mußte, bestand aus Helm, Schutzschuhen, Handschuhen, Ohrenschutz und Overall. In Sonderfällen, bei der Begehung der Ballasttanks, wurden Gasmasken und Preßluftatmer verwendet, da mit schlechten Luftbedingungen (Fäulnisgase) im Ballasttank zu rechnen war.

Zusätzlich wurden Dokumentationsmittel und projekterläuterndes Präsentationsmaterial mitgeführt, um die Schiffsbesatzung über die Notwendigkeit der Probenahme vor Ort zu informieren.

### **2.9.3 Sicherheitsbestimmungen**

Wie aus der Literatur bekannt ist, können auch human-pathogene Organismen, wie Erreger der Cholera, mit dem Ballastwasser transportiert werden (Rosenthal 1980, Anderson 1992, Carlton 1995, a). Daher wurde beim direkten Umgang mit dem Ballastwasser bei der Probenahme eine Gasmasken, Handschuhe sowie ein Overall getragen. Weitere Schutzmaßnahmen waren regelmäßige Impfungen gegen Cholera und Hepatitis.

Da die Luftqualität in den Tanks durch Fäulnisprozesse beeinträchtigt sein konnte, mußte aus Sicherheitsgründen ein Preßluftatmer getragen werden. Erst nach einem Training bei der Berufsfeuerwehr in Kiel wurde die Erlaubnis erteilt, dieses Gerät zu Tankbegehungen einzusetzen.

### **2.10 Beschreibung der Probenahmen**

Die Gesamtprobenanzahl von 334 unterteilt sich in 132 Ballastwasserproben, 131 Außenhautproben und 71 Sedimentproben (Tab. 13).

Tab. 13: Spezifikation der erfolgreichen Probenahmeversuche (absolut und relativ).

Proben	n	%
Ballastwasser	132	39,5
Außenhaut	131	39,2
Sediment	71	21,3
Summe	334	100,0

Insgesamt wurden 16.129 Individuen angetroffen. Der mit 47,8 % überwiegende Teil (7.715 Individuen), entstammt den Ballastwasserproben, gefolgt von 7.032 Individuen aus Außenhautproben. In den Sedimentproben wurde lediglich 8,6 % der Organismen angetroffen (Tab. 14).

Tab. 14: Absolute und relative Individuenhäufigkeiten in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben für Teilvorhaben B (Fauna).

Proben	n	%
Ballastwasser	7.715	47,8
Außenhaut	1.382	8,6
Sediment	7.032	43,6
Summe	16.129	100,0

### 2.10.1 Ballastwasser

Voraussetzung für eine Probenahme war das Vorhandensein von ungemischtem Ballastwasser mit einer weiter entfernten Herkunft als westlich der französischen Atlantikküste. Konnte diese Voraussetzung von der Schiffsführung bestätigt werden, so wurde ermittelt, in welchem Ballasttank sich dieses Wasser befand und ob bzw. wie dieser Tank für eine Probenahme zugänglich war. Wenn möglich, wurde jeder Tank mit nichtheimischem Ballastwasser untersucht.

Insgesamt wurde ein Ballastwasservolumen von 8.219,3 l untersucht. Mit 5.663,3 l entfiel der höchste Anteil auf Containerschiffe. Von Kombischiffen konnte die zweitgrößte Ballastwassermenge (1.485 l) beprobt werden (Tab. 15).

Das durchschnittlich größte Probenvolumen (90 l) wurde auf Autotransportern untersucht. Bei der einmaligen Untersuchung des Forschungsschiffes wurden 100 l Ballastwasser untersucht (Tab. 15). Die größte Ballastwassermenge stammte aus Seitentanks (3.265 l) und Doppelbodentanks (3.256,3 l). Aus Achterpieks konnten die Ballastwasserproben mit der höchsten durchschnittlichen Menge an Ballastwasser (75,2 l) pro Probe gewonnen werden (Tab. 16).

Tab. 15: Probenanzahl sowie absolutes und mittleres Volumen der Ballastwasserproben, aufgelistet nach Schiffstyp.

Schiffstyp	Probenvolumen	Probenanzahl	Mittelwert
	l	n	l
Containerschiff	5.663,3	90	62,9
Kombischiff	1.485,0	26	57,1
Schüttguttransporter	111,0	4	27,8
Autotransporter	450,0	5	90,0
Tanker	200,0	3	66,7
Ro-Ro-Transporter	210,0	3	70,0
Forschungsschiff	100,0	1	100,0
Summe	8.219,3	132	

Die verschiedenen untersuchten Schiffs- sowie Ballasttanktypen machten eine jeweils unterschiedliche Vorgehensweise bei der Probengewinnung nötig. Vier verschiedene Zugangsmöglichkeiten zur Ballastwasserbeprobung wurden je nach den Bedingungen, die die Schiffsinstallationen und die Sicherheitsvorkehrungen zuließen, angewandt (Tab. 17, s. 2.10.1.1 ff).

Tab. 16: Untersuchtetes Ballastwasservolumen nach Tanktypen

	Probenvolumen	Probenanzahl	Mittel
Tanktyp	l	n	l
Doppelboden	3.256	56	58,1
Seitentank	3.265	46	71,0
Vorpiek	951	19	50,0

Achterpiek	677	9	75,2
Quertank	70	2	35,0
Summe	8.219	132	

Tab. 17: Absolute und relative Angaben zu Probenanzahl, Probenvolumen (gesamt) und Individuenanzahl (gesamt) nach Zugangsmöglichkeit zum Ballastwasser.

Zugang	Probenanzahl		Probenvolumen (ges.)		Individuenanz. (ges.)	
	n	%	l	%	n	%
Peilrohr	63	47,7	4.084,3	49,7	2.719	35,3
Lenzpumpe	42	31,8	2.168,0	26,4	2.279	29,5
Mannloch, Restpfütze	13	9,9	732,0	8,9	366	4,7
Mannloch, Wasserkörper	9	6,8	825,0	10,0	1.275	16,5
Dockprobe	5	3,8	410,0	5,0	1.076	14,0

Bei einigen Hols konnte nicht die gesamte Tankhöhe ausgenutzt werden, da Zwischenböden den ungehinderten Zugang verwehrten. Diese Arbeitsmethode erlaubte eine Probenahme des Oberflächenwassers bis in eine Tiefe von etwa 5 m. Die Eintauchtiefe des Netzes lag maximal bei etwa 10 m.

Bei der Tankbegehung wurde zusätzlich ein Kescher mit der Maschenweite 300 µm verwendet. Die abiotischen Faktoren Temperatur, Salinität, pH-Wert und der Sauerstoffgehalt wurden mit transportablen Meßgeräten an Bord gemessen (s.o.). Die Mengen des zu untersuchenden Ballastwassers variierten entsprechend der Probenahmemöglichkeiten von 0,3 - 100 l (Durchschnitt: 62,3 l Ballastwasser) (Tabellenband, Tab. 1). Die am häufigsten untersuchten Ballasttanks waren Doppelbodentanks, Seitentanks und ebenfalls gut zugängliche Vorpiektanks. Zusammen wurden 91,7 % der Proben aus diesen Tanks genommen (Tab. 16).

### 2.10.1.1 Beprobung des Wasserkörpers durch geöffnete "Mannlöcher"

Jeder Ballasttank kann durch Öffnen sogenannter Mannlöcher für Inspektionen zugänglich gemacht werden. Bei diesen Mannlöchern handelt es sich um etwa 50 x 80 cm große

Einstiegsluken in die Ballasttanks. Sie werden mit 20 Schrauben wasserdicht verschlossen (Abb. 9).

### Foto Mannloch

Abb. 9: Zugang zu einem Ballasttank (geöffnetes Mannloch).

Um die Dichtigkeit sicherzustellen, wurde eine Öffnung für unsere Probenahme von der Besatzung vor- und nachbereitet. Von der im Hafen oft bis an die Leistungsgrenze ausgelasteten Besatzung stand selten ausreichend Zeit zur Verfügung, diese Öffnung durchzuführen. Zusätzlich können durch häufiges Öffnen und Schließen unerwünschte Beschädigungen der Dichtungsmaterialien auftreten. Da einige Mannlöcher in den Innenraum der Schiffe im Bereich empfindlicher Anlagen münden, war diese Methode teilweise aus Sicherheitsgründen nicht durchführbar. Vereinzelt war der Zugang zu Mannlöchern durch Ladung verwehrt. Dennoch konnten 9 Proben (6,8 %) mit insgesamt 825 l (10,0 %) untersuchtem Ballastwasser gewonnen werden. Dabei wurden 16,5 % (1.275 Individuen) aller angetroffenen Organismen der Ballastwasserproben gefunden (Tab. 17).

Die durchschnittlich höchste Menge des zu untersuchenden Ballastwassers je Probe mit 91,7 l konnte bei diesem Zugang erreicht werden. Durchschnittlich konnten 1,5 Individuen je l Ballastwasser gefunden werden.

Teilweise war der Einsatz des Planktonnetzes nicht möglich, da sich die Wasseroberfläche nahe des Tankbodens oder direkt über Zwischenböden befand. Um dennoch eine

Probenahme zumindest des Oberflächenwassers zu ermöglichen, wurde ein 10 l Eimer zum Schöpfen verwendet. Das Ballastwasser wurde außerhalb des Tanks durch das Planktonnetz filtriert.

### **2.10.1.2 Ballastwasserproben aus Restpfützen**

Bei 13 Beprobungen waren bei der Begehung von Ballasttanks noch Restpfützen von Ballastwasser vorhanden. Im Durchschnitt lag die Menge des mit einem Kescher beprobten Ballastwassers bei 56,3 l. In der untersuchten Ballastwassermenge aller Restpfützen von 732 l fand sich mit 366 die geringste Zahl an Organismen aller Methoden (Tab. 17). Die Organismendichte pro Liter war mit 0,5 die geringste aller Proben.

### **2.10.1.3 Beprobung über Peilrohre**

Bei nahezu allen Schiffen ist jeder Tank mit mindestens einem Peilrohr ausgestattet. Diese Peilrohre dienen der Füllstandsmessung. Der Innendurchmesser mißt etwa 6 cm (Abb. 10). Sie können 20m und mehr lang sein. Mit einer Handpumpe konnte Ballastwasser über einen wandverstärkten Schlauch an Deck gepumpt werden. Einschränkungen bei der Anwendung ergaben sich durch die maximale Hubleistung der Pumpe von 9 m. Tiefer liegende Ballasttanks wie Doppelbodentanks, die mit Peilrohren von 15 m und länger ausgestattet sind, konnten so nicht untersucht werden. Konstruktionsbedingt kommt es bei manchen Peilrohren zu Abwinkelungen, die ein Einführen des Schlauches verhinderten. Als nachteilig bei dieser Methode ist hervorzuheben, daß nur kleinere Organismen (Schlauchdurchmesser etwa 10 mm), die mit ihren Fluchtbewegungen die Ansaugkraft der Pumpe nicht überwinden konnten, gefangen wurden.

Bei Schiffsneubauten wird der Füllstand der Ballasttanks elektronisch gemessen und daher teilweise auf den Einbau der Peilrohre verzichtet.

Etwa die Hälfte der Probenahmen wurden mit dieser Zugangsmöglichkeit über Peilrohre genommen. Auch die Ballastwassermenge von 4.084,3 l aller Peilrohrproben entspricht etwa der Hälfte des insgesamt untersuchten Volumens. Durchschnittlich konnten 65 l aus den Tanks gepumpt werden. Die höchste Gesamtindividuenanzahl mit 2.719 konnte beim Einsatz der Handpumpe ermittelt werden (Tab. 17). Die Individuenanzahl pro Liter Ballastwasser lag jedoch nur bei 0,7.

### Foto Probenahme

Abb. 10: Probenahme des Ballastwassers mit der Handpumpe über ein Peilrohr

#### **2.10.1.4 Beprobungen am Manometer der Ballastwasser-Lenzpumpe**

Eine weitere Möglichkeit der Probengewinnung liegt an der Peripherie der Lenzpumpe im Maschinenraum der Schiffe. Im Bereich des Pumpenmanometers (Druck- bzw. Betriebsmeßgerät) gibt es zumeist eine Möglichkeit, kleinere Mengen an Ballastwasser aus einer Seitenleitung abzuleiten (Abb. 11). Eine erfolgreiche Probenahme kann nur dann erfolgen, wenn die Pumpe arbeitet. Der zu untersuchende Ballasttank muß während dieser Probenahme entleert werden. Es ist nicht jederzeit möglich, einen Ballasttank zu lenzen, da die Tanks bei ungleicher Beladung ausgleichend wirken müssen. Teilweise kam es daher zu erheblichen Wartezeiten an Bord der Schiffe bis der gewünschte Tank gelenzt werden konnte.

Mit diesem Zugang konnten ebenso wie bei der Handpumpe nur kleinere Organismen ermittelt werden. Der limitierende Faktor ist auch hier der Durchmesser der Wasserleitung zum Manometer. Dieser liegt bei etwa 10 mm. Da die Hauptwasserleitung der Lenzpumpe einen Durchmesser von etwa 30 - 50 cm hat, wird deutlich, daß bei einer Beprobung an der peripheren Abzweigung zum Manometer nur ein geringer Anteil der Organismen im Ballastwasser erfaßt werden konnte. Eine weitere Einschränkung konnte durch Beschädigungen der Organismen, verursacht durch die Saugwirkung der Ballastpumpe beim Lenzen, festgestellt werden. Mit dieser 42mal angewandten Technik wurden insgesamt

2.168,5 l Ballastwasser aus den Tanks entnommen. Mit 51,6 l liegt die geringste durchschnittlich zugängliche Menge an Ballastwasser je Probe vor. Die Anzahl der enthaltenen Individuen lag bei 2.279 (Tab. 17). Im Durchschnitt wurden 1,1 Individuen pro Liter Ballastwasser gefunden.

### Foto Manometer

Abb. 11: Probenahmemöglichkeit am Pumpenmanometer der Schiffsballastpumpe über Hahn der Wasserleitung

#### **2.10.1.5 Proben im Dock**

Nach der Dockung einiger Schiffe wurde Ballastwasser direkt in das Dock entleert. Mit einem Eimer wurde dieses Ballastwasser aufgefangen und durch das Planktonnetz filtriert. Diese Zugangsmöglichkeit bestand bei 5 Probenahmen. Insgesamt wurden 410 l Ballastwasser (durchschnittlich 82 l) untersucht, in dem 1.076 Organismen gefunden wurden (Tab. 17). Mit durchschnittlich 2,6 Individuen pro Liter liegt hier die höchste Individuenanzahl vor.

#### **2.10.2 Tanksediment**

Sedimentablagerungen befinden sich in erster Linie in strömungsreduzierten Bereichen am Tankboden oder an Spanten und Zwischenböden. In einigen Ballasttanks wurden mehrere

Dezimeter starke Sedimentschichten vorgefunden. Zusätzlich wurden Aufwuchsorganismen von den Tankwänden als Probenmaterial abgekratzt. Die Ausdehnung der Sedimentschicht betrug zumeist wenige Zentimeter, die zumeist auf strömungsarme Bereiche konzentriert waren. Bei einer Probe konnte jedoch eine Sedimentschicht von 50 cm (Probennummer 107) gleichmäßig verteilt im gesamten Ballasttank festgestellt werden.

Sedimentproben konnten nur bei geöffneten Tanks im Dock genommen werden. Die Sedimentablagerungen waren teilweise nur schwer zugänglich. Da toxische Fäulnisgase auftreten konnten, mußte bei den 15 und mehr Meter hohen Seitentanks, die noch nicht belüftet worden waren, aus Sicherheitsgründen ein Preßluftatmer eingesetzt werden. Bei einigen Tanks waren jedoch die Einstiegsöffnungen der Zwischenböden so knapp bemessen, daß eine Passage nur nach der Abnahme des Preßluftgerätes möglich war. Wegen des hohen Eigengewichtes des Gerätes konnte dieser Vorgang allein nur schwer bewältigt werden. Aus Kostengründen konnte jedoch kein zweiter Preßluftatmer angeschafft werden. Daher konnten Beprobungen des Sedimentes vom Bodenbereich der Ballasttanks nur selten durchgeführt werden.

Insgesamt wurde ein Volumen von 70 l bei den Probenahmen genommen, in dem 1382 Individuen gefunden wurden. Der Hauptanteil der Sedimentproben mit 33 Probenahmen wurde in den Seitentanks genommen, gefolgt von 27 Proben aus Doppelbodentanks. Von den insgesamt 71 Sedimentproben wurden 85 % in diesen Tanks genommen. Der am dritthäufigsten untersuchte bzw. zugänglich gewesene Tanktyp war, wie auch bei den Ballastwasserproben, die Vorpiek mit 8 Untersuchungen (Tab. 10).

Bei ausreichend Sedimentvolumen im Ballasttank wurde ein Probenvolumen von 1 Liter des Sediments mittels Durchziehens einer PE-Probenflasche durch das Sediment erhalten.

### **2.10.3 Außenhautproben**

Jährlich werden in Deutschland 290 Schiffe eingedockt, um den Außenanstrich komplett zu erneuern oder auszubessern. Dabei wird eine Schiffsfläche von 2,9 Mio m<sup>2</sup> bearbeitet (Bettelhäuser & Ullrich 1993). Bei den 131 untersuchten Schiffsaußenhäuten wurde festgestellt, daß nahezu die gesamte von Wasser bedeckte Schiffsoberfläche von Organismen als Hartsubstrat besiedelt werden kann. Die Ausdehnung dieser Fläche ist ladungsabhängig. Wie an Hafentanks, gibt es auch hier einen Spritzwasserbereich. Die Schiffsaußenhaut wurde, mit Ausnahme einer einmaligen Beprobung während des Lade- und Löscharbeit, ausschließlich bei eingedockten Schiffen untersucht. Die Probenahmen erfolgten direkt nach dem Eindocken der Schiffe. Die Gesamtfläche des maximal

wasserbedeckten Schiffsrumpfes, auf dem sich Organismen festgesetzt hatten, wurde nach dem Quantifizierungsschema der International-Farbenwerke eingeschätzt. Die Angaben reichen von 0 % (kein Aufwuchs vorhanden) bis zu 90 % (sehr stark bewachsene Schiffe) an einem Schiff dessen dichter Bewuchs in einer etwa 1 m breiten Zone im hinteren Schiffskörper angetroffen wurde. Die Schichtdicke des Aufwuchses betrug maximal 30 cm. Diese Extremwerte wurden jeweils nur an einem Schiff festgestellt. Bei 111 Schiffen (84,7 %) waren 5 - 15 % der Außenhaut mit Organismen bedeckt. Durchschnittlich war 14 % der unter der Wasserlinie gelegenen Außenhautfläche mit Organismen bedeckt (eigene Schätzung) (Abb. 12). Visuell wurden für jedes Schiff drei typische Probenahmebereiche festgelegt und jeweils eine Fläche von etwa 100 cm<sup>2</sup> vorsichtig mit einem Spachtel abgekratzt (Abb. 13). Auf der insgesamt beprobten Fläche von 3,93 m<sup>2</sup> wurden 7032 Individuen festgestellt. Stark bewachsene Bereiche befanden teilweise außerhalb der Reichweite für eine Probenahme.

## **2.11 Verweildauer des Ballastwassers im Schiff**

Die Verweildauer des Ballastwassers im Ballasttank kann sehr unterschiedlich sein und hängt nicht nur von der Reisedauer, sondern auch vom Beladungszustand des Schiffes und den Wetterbedingungen ab.

### **2.11.1 Reisedauer**

Wird die Schiffsreise bei Hafenaufhalten ohne große Änderungen des Beladungszustandes fortgesetzt, ist u. U. keine Ballastwasseroperation nötig. Die Verweildauer des Ballastwassers im Ballasttank kann sich so zumindest um den nächsten Reiseabschnitt verlängern. Nur in sehr seltenen Fällen wurde Ballastwasser an Bord angetroffen, welches älter als 6 Monate war.

### **2.11.2 Wetterbedingungen**

Auch Wetteränderungen können Ballastwasseroperationen erfordern. Bei starkem Seegang dienen die gefüllten Ballasttanks der Stabilisierung des Schiffsrumpfes und erhöhen so die Menge des in den nächsten Hafen eingetragenen Ballastwassers.

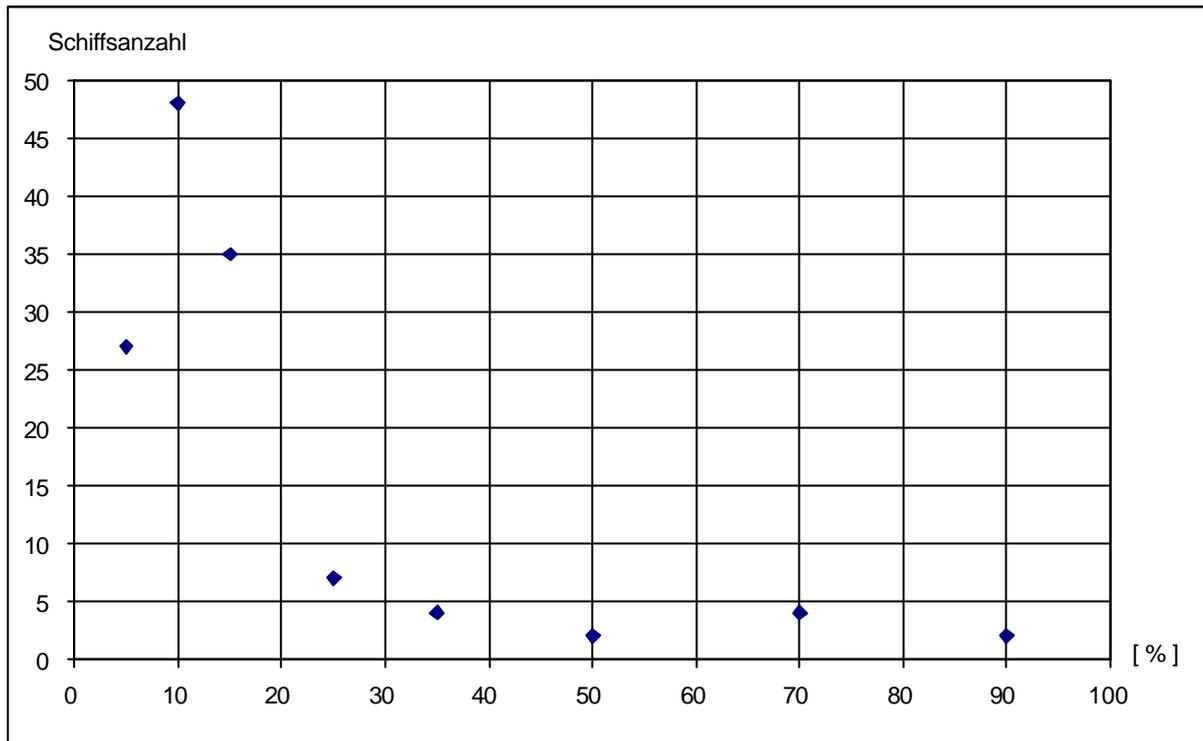


Abb. 12: Häufigkeit des beobachteten Flächenanteils des Aufwuchses in Prozent der Unterwasserfläche des Schiffsrumpfes.

### Foto Probennahme im Dock

Abb. 13: Probenahme des Schiffsbewuchses im Dock

### 2.11.3 Verweildauer des untersuchten Ballastwassers im Ballasttank

Bei dieser Untersuchung wurde Ballastwasser mit einer Verweildauer von 6 - 116 Tagen im Ballasttank untersucht. Im Durchschnitt befand sich das untersuchte Ballastwassers 28,7 Tage im Tank. Bei zwei Drittel der untersuchten Ballasttanks lag das Alter des Ballastwassers zwischen 10 und 40 Tagen (Abb. 14).

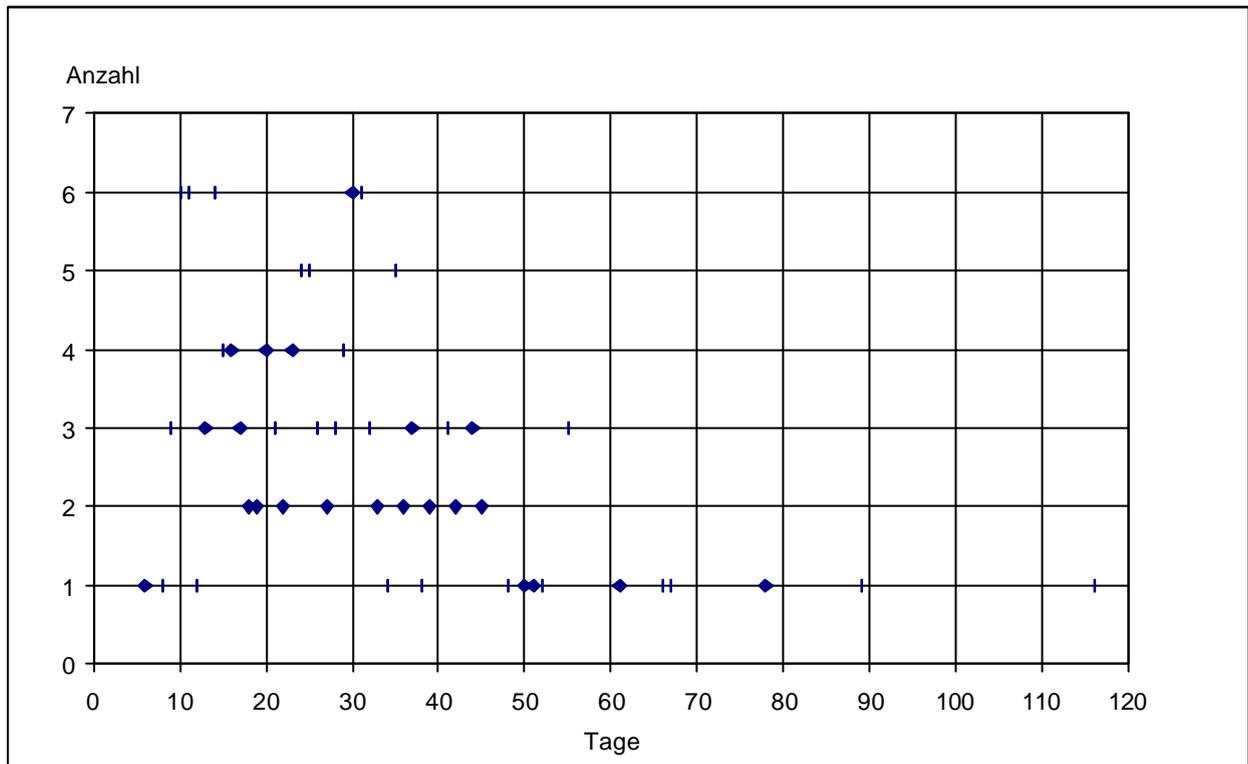


Abb. 14: Häufigkeit der Verweildauer (in Tagen) des Ballastwassers im Ballasttank.

### 2.11.4 Wechsel der Ballastwasserladung

Der Beladungszustand des Ballastwassers wurde exemplarisch auf dem Containerschiff "Nürnberg-Atlantik" der Reederei Hapag-Lloyd, Hamburg, während einer Schiffsreise von Yokohama, Japan nach Bremerhaven dokumentiert (Abb. 20). Am 28.02.1993 wurde dieses Schiff in Bremerhaven bei der Lloyd Werft eingedockt.

### 2.11.5 Vorzeitiger Austausch oder Lenzen des Ballastwassers

Schwierigkeiten bei der Probenahme bereitete in einigen Fällen die geographische Lage der deutschen Häfen als Endpunkt der Nordeuroparoute. Viele der ankommenden Schiffe auf

internationalen Schifffahrtsrouten laufen zuerst den Hafen Le Havre (Frankreich) an. Danach können, bis ein Schiff einen deutschen Hafen erreicht, insbesondere bei Containerschiffen, maximal weitere 4 Häfen in England (Felixstowe), Belgien (Antwerpen), Niederlande (Rotterdam) und Schweden (Göteborg) angelaufen werden. Da in allen Häfen Lade- oder Löscharbeiten durchgeführt werden, sind auch Ballastwassertransaktionen erforderlich. Schon im ersten Hafen kann es nötig sein, das an Bord vorhandene Ballastwasser aus Übersee komplett zu lenzen. Die Schiffe fahren dann ohne Ballastwasser oder mit Ballastwasser aus heimischen Regionen weiter. Die Wahrscheinlichkeit, daß Schiffe Ballastwasser aus Übersee an Bord haben, ist demnach in deutschen Häfen geringer als im zuerst angelaufenen Hafen Le Havre. Von den untersuchten 211 Schiffen hatten in deutschen Häfen 21 nur Nord- oder Ostseewasser an Bord. Weitere 20 gaben an, kein Ballastwasser an Bord zu haben. Neben diesen Begebenheiten, die zu erfolglosen Probenahmeversuchen führten, verursachten technische oder zeitliche Schwierigkeiten trotz Absprache mit der Schiffsführung zu insgesamt 67 Mißerfolgen bei der Probenahme. Auf zwei Schiffen der die Südamerikaroute betreibenden Reederei Hamburg-Süd war das Ballastwasser den Vorgaben von Brasilien entsprechend gechlort worden. Da ein Überleben von Organismen unter diesen Bedingungen nicht möglich ist, wurde hier auf eine Probenahme verzichtet (Tab. 18).

Tab. 18: Erfolgreiche Probenahmeversuche, Spezifikation nach Ursache.

	n	%
Ballastwasser aus Nord-/Ostsee	21	31,3
kein Ballastwasser an Bord	20	29,9
Peilrohr zu lang	10	14,8
Terminverschiebung	7	10,5
Mannschaft hatte keine Zeit	4	6,0
Ballastwasserherkunft unbekannt	3	4,5
Ballastwasser gechlort	2	3,0
Summe	67	100,0

## 2.12 Probenahmen nach Schiffstypen

Entsprechend der Bedeutung des Güterumschlages mit Containerschiffen wurde die höchste Anzahl von Ballastwasser- (90), Außenhaut- (56) und Sedimentproben (40) auf diesem

Schiffstyp genommen. Der am zweithäufigsten untersuchte Schiffstyp waren Kombischiffe mit 26 Ballastwasser-, 22 Außenhaut- und 8 Sedimentproben. Auf allen anderen Schiffstypen wurden deutlich weniger Proben genommen (Tab. 8).

## **2.13 Probenbearbeitung**

### **2.13.1 Umweltfaktoren**

Die abiotischen Faktoren konnten nur für das Ballastwasser gemessen werden, da die in Ballasttanks angetroffenen zumeist schlickigen Sedimentschichten oft Schichtdicken unter 1 cm aufwiesen.

Direkt nach der Probenahme wurden Temperatur, pH-Wert, Salinität und Sauerstoffgehalt (% und mg/l) mit tragbaren Meßgeräten (Firma WTW) am Boden eines frisch gefüllten 10 l Eimers oder bei kleineren Probenvolumina eines kleineren Gefäßes gemessen.

### **2.13.2 Probenfixierung**

Die Fixierung der Proben erfolgte direkt nach der Probenahme vor Ort mit 4%igem Formol (Flora) bzw. 70%igem Äthanol (Fauna). Zusätzlich wurden unfixierte Unterproben bei jeder Ballastwasser- und Sedimentprobe genommen. Diese wurden gekühlt und belüftet zur Untersuchung ins Labor transportiert.

## **2.13.3 Flora**

### **2.13.3.1 Ballastwasserproben**

Alle Ballastwasserproben wurden mit Hilfe der Utermöhlmethode untersucht. Nach gründlichem Durchmischen der Probe wurde eine Unterprobe in einen Utermöhlzylinder mit genau bestimmtem Volumen gegeben. Je nach Sestongehalt der Probe wurden Utermöhlzylinder mit einem Volumen zwischen 10 ml und 50 ml gewählt. Nach 24 Stunden hatten sich in der Probe enthaltene Partikel in der am Boden des Zylinders befindlichen Untersuchungskammer abgesetzt. Anschließend wurde der Zylinder mitsamt Überstand von der Untersuchungskammer entfernt. Der Bodensatz wurde mit Hilfe eines Invertmikroskops vom Typ Zeiss Axiovert 100 quantitativ ausgezählt.

Nach Möglichkeit wurden unfixierte Proben für die Untersuchung verwendet. Diese wurden noch am Tag der Probenahme angesetzt. Für die Zeit des Absetzens der Probe wurde der Utermöhlzylinder im Kühlschrank bei 6°C aufbewahrt. Durch das hohe Probenaufkommen

bedingt, konnten nicht alle Proben sofort verarbeitet werden. Aus diesem Grund mußte häufig auf formolfixierte Proben zurückgegriffen werden. Diese wurden, wie oben beschrieben bei Zimmertemperatur verarbeitet.

### **2.13.3.2 Außenhautproben**

Zur Untersuchung des Rumpfbewuchses wurde eine Kratzprobe von der Schiffsaußenhaut genommen. War kein gleichmäßiger Aufwuchs vorhanden, wurden besonders stark bewachsene Bereiche des Schiffsrumpfes (Wasserlinie, Bugnase, Ruder, Bugstrahlruder) beprobt. Die so gewonnenen Kratzproben wurden in Seewasser überführt und mit Formol konserviert.

### **2.13.3.3 Sedimentproben**

Zur Anreicherung der Dinoflagellatencysten und zur Reinigung der Proben von anorganischen Sedimentanteilen wurde die von K. Matsuoka beschriebene Methode entsprechend modifiziert (Matsuoka et al., 1989):

Zunächst wurden 10 ml der Sedimentprobe 2 Minuten mit Ultraschall behandelt, um Zellen bzw. Dauerstadien von anhaftenden Detrituspartikeln zu trennen. Anschließend wurde die Probe durch ein 150 µm und ein 20 µm Sieb fraktioniert und mit filtriertem Seewasser gespült. Die Größen der bekannten Dinoflagellaten-Dauerzysten liegen zwischen 20 und 130 µm, so daß ein besonderes Augenmerk auf diese Fraktion gerichtet wurde. Die Probe wurde durch Absaugen von überstehendem Seewasser durch eine mit 10 µm Gaze umhüllte Pipettenspitze, oder durch Flotation in einem Rundkolben und anschließendem Absaugen von schweren Partikeln wie z.B. Sandkörnern weiter eingeeengt. Anschließend wurde die Probe nach der Utermöhlmethode wie unter 2.13.3.1 beschrieben untersucht. Bei der Untersuchung der Dinoflagellatencysten wurde zwischen lebenden, abgestorbenen und leeren Cysten differenziert. Cysten ohne äußerliche Beschädigung und mit deutlichen Vitalitätsmerkmalen, wie z.B. dem "Augenfleck" wurden als lebend bezeichnet. Bei abgestorbenen Cysten handelte es sich um Cysten ohne diese Vitalitätsmerkmale, die jedoch einen Zellkörper enthielten. Cystengehäuse ohne Zellinhalt wurden als leere Cysten gezählt. Diese Klassifikation orientiert sich allein an äußerlichen Merkmalen. Über den physiologischen Zustand der Cysten sagt sie jedoch nichts aus.

#### **2.13.3.4 Taxonomische Bestimmung**

Die Bestimmung des Phytoplanktons wurde im Utermöhl-Mikroskop bei 240 bis 1000 facher Vergrößerung durchgeführt. Bedingt durch die geringe Größe der Organismen existieren oft nur elektronenmikroskopische Bestimmungsmerkmale. Es war aus diesem Grund nicht möglich, alle Organismen bis auf das Artniveau zu bestimmen. In diesen Fällen ist der Gattungsname angegeben. Die bei den Untersuchungen verwendete Bestimmungsliteratur ist separat aufgeführt als Literaturliste II im Tabellenband. Die Bestimmung der Dinoflagellatencysten wurde von Dr. Stefan Nehring (Institut für Meereskunde) durchgeführt. Dr. Malte Elbrächter und Dr. Georg Drebes (Biologische Anstalt Helgoland / Wattenmeerstation List) halfen bei der Bestimmung der Diatomeen und Dinoflagellaten und bei der Ermittlung der Verbreitungsgebiete. Die Untersuchung der Außenhautproben wurde von Frau Prof. Dr. Inger Wallentinus an der Universität Göteborg durchgeführt.

#### **2.13.4 Fauna**

##### **2.13.4.1 Probensortierung**

Die unfixierten Ballastwasser- und Sedimentproben wurden im ursprünglichen Medium belassen und die Außenhautproben in Meerwasser überführt. Mit Hilfe eines Stereomikroskops der Firma Wild Heerbrugg wurden alle Proben auf ihren Gehalt an Organismen untersucht und die Organismen sortiert und quantitativ erfaßt und danach in Alkohol bis zur Bestimmung fixiert.

##### **2.13.4.2 Naßgewichte**

Ausgewählte Außenhautproben von 100 cm<sup>2</sup> Schiffsfläche wurden gewogen. Die ermittelten Naßgewichte ermöglichten Aussagen über die Dimension des Aufwuchses am Schiffsrumpf. Die der vagilen Fauna zugerechneten Komponenten wurden dabei vernachlässigt.

##### **2.13.4.3 Taxonomische Bestimmung**

Mit Ausnahme von Mikroorganismen, Pilzen und einigen Protozoengruppen wurden alle Organismen innerhalb der Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben qualitativ und quantitativ erfaßt. Alle lebenden, unbeschädigten und adulten Organismen wurden auf Artniveau bestimmt. Die Artbestimmung der angetroffenen Organismen gestaltete sich jedoch schwierig. Zumeist lagen die Individuen nur in geringer Anzahl vor und wiesen

teilweise auch Beschädigungen auf. Andere konnten nicht bis zur Art bestimmt werden, da juvenile Individuen oder das für die Artbestimmung nötige Geschlecht fehlte. Zusätzlich mußte bei den weltweiten Herkunftsgebieten regionale Spezialliteratur beschafft werden.

Die Artbestimmung erfolgte durch Präparation unter einem Stereo- oder Lichtmikroskop (Leitz) bei maximal 1.250facher Vergrößerung. Einige Tiergruppen, wie z.B. Mollusca (Larven) und Foraminifera, wurden mit Hilfe von rasterelektronenmikroskopischen Fotos bestimmt.

Sind in der Artenliste nur die Kategorien Gattungen, Familien oder höheren Taxa aufgeführt, konnte auch durch Spezialisten keine Artdiagnose erfolgen, da sehr stark beschädigte Individuen vorlagen. Die Kooperation mit taxonomisch arbeitenden Spezialisten im In- und Ausland bestätigte die eigene Bestimmungsarbeit der Anthozoa, Bryozoa, Bivalvia, Scaphopoda, Polychaeta, Copepoda, Cirripedia, Decapoda, Mysidacea, Isopoda, Echinodermata und Pisces. Weitere taxonomische Gruppen wurden von den in der Dank-sagung erwähnten Taxonomen bearbeitet.

Die verwendete Bestimmungsliteratur ist gesondert im Tabellenband als Literaturliste II aufgeführt.

## **2.14 Schiffsbegleitung**

Vom 3. bis 26. Mai 1995 wurde das Containerschiff "DSR-America" auf seiner 24tägigen Reise von Singapur nach Bremerhaven für Ballastwasseruntersuchungen begleitet, um durch tägliche Ballasttankuntersuchungen die Überlebensraten der Arten im Ballastwasser feststellen zu können. Dadurch war ein kontinuierliches Erfassen der Arten und Besiedlungsdichten im Ballasttanksystem möglich. Während der Fahrt wurden täglich Ballastwasserproben durch ein Mannloch genommen. Die Methodik entsprach der oben erwähnten Ballastwasserbeprobung (2.10.1.1). Einmalig mußte aufgrund hoher Windstärken (Bf 6-7) aus Sicherheitsgründen auf eine Probenahme verzichtet werden (Tabellenband, Tab. 10).

Da bei der Probenahme während der Fahrt der Zeitfaktor für die Probengewinnung an Bord zu vernachlässigen war, konnte ein Wasservolumen von 200 l beprobt werden. Täglich wurden die abiotischen Faktoren Temperatur, Salinität, pH-Wert und Sauerstoff mit tragbaren Meßgeräten (Firma WTW) gemessen.

Dem Ladungszustand entsprechend konnte nahe Singapur lediglich die Achterpiek für Untersuchungen geflutet werden. Weitere drei Ballasttanks, die Vorpiek und jeweils ein Seitentank backbords und steuerbords, wurden nach Auslaufen aus Colombo, Sri Lanka, gefüllt und konnten für unsere Untersuchungen zugänglich gemacht werden.

Die biologische Auswertung der Proben erfolgte an Bord mittels eines Stereomikroskops (Leitz) und eines Lichtmikroskops (Hertel & Reuss) mit maximal 480facher Vergrößerung. Belegproben wurden mit 70%igem Alkohol (Fauna) und 20%igem Alkohol (Flora) fixiert.

### **2.15 Internationale Zusammenarbeit**

Da in Deutschland derartige Untersuchungen noch nicht durchgeführt worden sind, wurden Beziehungen zu internationalen Arbeitsgruppen aufgebaut. Bereits zu Projektbeginn wurde ein Austausch mit anderen Arbeitsgruppen, die sich mit nichtheimischen Organismen beschäftigen, angestrebt.

In Zusammenarbeit mit Dr. G. Ruiz und Dr. D. Smith vom Smithsonian Environmental Research Centre, Edgewater, USA, wurde die Überlebensrate von Organismen im Ballastwasser auf einer Atlantiküberquerung des Containerschiffes "DSR-America" untersucht. Dieses Projekt wurde vom NATO Collaborative Research Grant gefördert. Bevor das Schiff den Hafen von Antwerpen verließ, wurde eine Ballastwasserprobenahme der Vorpiek durchgeführt. Anschließend wurde dieser Tank nach Ankunft des Schiffes in Norfolk, USA, untersucht. Beide Probenahmen wurden mittels Durchziehen eines Planktonnetzes durchgeführt.

Zusätzlich wurde, um die Effektivität des von der IMO geforderten Ballastwasserwechsels auf hoher See zu überprüfen, auf diesem Containerschiff ein Ballasttank (Achterpiek) mitten im Atlantik gefüllt und ebenso in Norfolk beprobt.

### **2.16 Fragebogenaktion und Literaturrecherche**

Zu Beginn des Untersuchungszeitraumes (Sommer 1992) wurde ein Fragebogen entworfen und an über 200 Wissenschaftler im In- und Ausland verschickt (s. Danksagung). Unpublizierte oder schwer zugängliche Daten konnten den 27 Antworten dieser Umfrage entnommen werden. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf der Erweiterung des Kenntnisstandes über die nichtheimischen Arten, die bereits an deutschen Küsten und in Ästuaren aufgetreten sind.

In Verbindung mit der Fragebogenaktion und darüber hinaus wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, die 1650 Referenzen über nichtheimische Arten und Ballastwasseruntersuchungen anderer Arbeitsgruppen weltweit ergab (s. Literaturliste). Ein weiterer Schwerpunkt war die Ermittlung von Verbreitungsgebieten und taxonomischer Bestimmungsliteratur.

### **2.17 Ermittlung nichtheimischer Arten**

Die im Ballastwasser, Tanksediment oder im Schiffsaufwuchs gefundenen Arten wurden mit den Bestandslisten der heimischen Fauna von Nord-, Ostsee und angrenzenden Gewässern verglichen. Die 115 berücksichtigten Arbeiten wurden in der Literaturliste III (Tabellenband) zusammengestellt.

Arten, die in keiner der Faunenlisten heimischer Gewässer enthalten waren, werden als nichtheimisch eingestuft.

### **2.18 Kalkulation des eingetragenen Ballastwasservolumens**

Die transportierte Ballastwassermenge wurde nach BRT in Abhängigkeit des Schiffstyps kalkuliert. Durchschnittlich wird die Ballastwassermenge auf 20 - 40 % der Dead Weight Tonnage (DWT) geschätzt. Bei Schüttguttransportern liegt das Ballastwasservolumen bei etwa 43 % der DWT, bei Tankern bei 38 %. Containerschiffe dagegen transportieren mit 32 % der DWT weniger Ballastwasser (Schormann et al. 1990, Jones 1991, Pollutech 1992, Locke et al. 1993, Kerr 1994 a, Carlton et al. 1995 a, Laing 1995, Minchin & Sheehan 1995, Müller 1995).

Neben einer geschätzten Angaben des gesamten in deutschen Häfen gelenzten Ballastwassers vom Verband Deutscher Reeder (Golchert, pers. Mitt.) wurde eine eigene Schätzung durchgeführt. Die Menge des bei jeder Schiffsankunft in deutschen Häfen an Bord befindlichen Ballastwassers wird auf etwa 200 - 1.000 t geschätzt. Bei 40.566 Schiffsankünften in deutschen Häfen 1990 wurde demnach eine Ballastwassermenge von etwa 8 - 40 Mio. t an Bord mitgeführt. Für den Überseeschiffsverkehr (etwa 7.000 Schiffsankünfte) beträgt die Ballastwassermenge 1,4 - 7 Mio. t. Der Anteil des in deutschen Küstengewässern und Häfen gelenzten Ballastwassers kann demnach maximal 7 Mio. t betragen. Tatsächlich wird angenommen, daß eine deutlich geringere Menge gelenzt wird, die ohne weitere Erhebungen nicht quantifiziert werden kann (Verband Deutscher Reeder, Golchert, pers. Mitt.).

Die eigene (s.o.) Abschätzung der Menge an Ballastwasser aus Übersee, die jährlich im Bereich unserer Küsten gelenzt wird, beruht auf Angaben der Schiffsbesatzungen, die während der Probenahmen zusammengetragen wurden. Ballastwassermengen, die im Bereich der

deutschen Bucht oder in Flußläufen vor dem Erreichen des Hafens gelenzt wurden, konnten nicht berücksichtigt werden.

Die Schätzung wurde in Abhängigkeit des Schiffstyps, der Schiffgröße und des Lade-Lösch-Betriebes vorgenommen. Innerhalb der 11 untersuchten Schiffstypen wurden die häufiger beprobten Container-, Kombi-, Frucht- und Passagierschiffe sowie RoRo-Transporter und Tanker ausgewählt. Angaben über Bruttoregistertonnen und die maximale Ballastwasserkapazität sind in Tab. 9 aufgeführt.

Durchschnittlich liegt der Maximalanteil des transportierbaren Ballastwassers bei 14,9 % der BRT. Mit 27,8 % ist dieser Anteil bei Containerschiffen und 24,1 % bei Kombischiffen vergleichsweise hoch. Diese Schiffe zeichnen sich durch eine hohe Flexibilität im Beladungszustand aus. Bei sehr geringer Beladung muß eine große Menge an Ballastwasser zum Ausgleich des geringen Ladungsgewicht transportiert werden. Passagierschiffe dagegen besitzen Ballasttanks mit geringen Ausmaßen, die neben den Stabilisatoren nur bei schlechtem Wetter eingesetzt werden. Die maximale Ballastwasserkapazität beträgt durchschnittlich 5,9 % der BRT.

Bei Container-, Kombischiffen und Ro-Ro-Transportern wurde bei Schiffsbesuchen festgestellt, daß sich etwa 30 % der möglichen Ballastwassermenge beim Einlaufen in deutsche Häfen an Bord befand, bei Tankern dagegen nur 5 %.

Die Abschätzung der tatsächlich gelenzten Ballastwassermenge fußt auf eigenen Beobachtungen während der Schiffsbeprobungen und Angaben der Besatzungen. Bei den Schiffsbesuchen fiel auf, daß Tanker, Passagier- und Frachtschiffe in der Regel kein Ballastwasser lenzten, sondern aufnehmen mußten, um den Gewichtsverlust beim Entladen auszugleichen. Kombischiffe dagegen lenzten oft die Hälfte des an Bord befindlichen Ballastwassers, da sie einen Großteil an Ladung aufnehmen. Containerschiffe und Ro-Ro-Transporter lenzten etwa 30 % des Ballastwassers beim Zuladen.

Diese Angaben sind nur bedingt auf die Gesamtanzahl der in Deutschland ankommenden Schiffe übertragbar, da die zugrunde liegenden Werte und Einschätzungen nicht repräsentativ gewonnen werden konnten.

## **2.19 Kulturversuche**

### **2.19.1 Flora**

Sowohl von Plankton- als auch von Sedimentproben wurden Kulturen angesetzt. Die Ballastwasserproben wurden zu diesem Zweck in sterilisierte Rundkolben und Petrischalen

gefüllt und mehrere Wochen bei 15 °C inkubiert. Um evtl. in den Proben vorhandene vitale Algenzellen zur Teilung anzuregen, wurde ein hell-dunkel Lichtrhythmus von 14 Stunden Helligkeit und 10 Stunden Dunkelheit gewählt. Die Quantenflußdichte betrug  $35 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Bei den Sedimentproben wurde versucht, Dinoflagellatencysten zum Auskeimen zu bringen. Zu diesem Zweck wurden die Cysten mit Hilfe einer Mikropipette isoliert und anschließend zwei Wochen bei Tageslicht und Zimmertemperatur auf feucht gehaltenen Objektträgern, Gewebekulturplatten und Petrischalen inkubiert. Die so inkubierten Proben wurden täglich auf ausgeschlüpfte Dinoflagellaten untersucht.

### **2.19.2 Fauna**

Bei einer ausreichenden Organismenkonzentration wurde von den Ballastwasser- und Sedimentproben jeweils mindestens ein Hälterungsversuch unter Lichtabschluß und somit unter tankähnlichen Bedingungen angesetzt.

Bei höheren Organismenkonzentration wurden mehrere Kulturen mit jeweils 10 Organismen parallel angesetzt. Als Kulturgefäße dienten Rollrandgläser (10 ml), Bechergläser (100 - 1000 ml), Kristallisierschalen (40 - 1000 ml), Batteriegläser (2500 ml) und Aquarien (20 - 300 l). In den kleineren Gefäßen bis 1000 ml wurden die angetroffenen Planktonorganismen gehältert und in den Aquarien größere Krebse und Fische. Kulturgefäße mit einem Volumen größer als 1 l wurden belüftet. Größere Kulturgefäße (ab 2,5 l) wurden mit Aquarienaußenfiltern ausgestattet.

Um die Toleranzbereiche der angetroffenen Organismen zu testen wurde die Temperatur und Salinität des Kulturmediums jeweils in Schritten von 5 °C bzw. 5 ‰ abweichend vom Nullwert (= in situ Daten des Ballastwassers) angesetzt. Die Abstufung der Salinitäten wurde durch eine Verdünnung mit Aqua dest. bzw. eine Anreicherung mit Meersalz erzeugt. Verdunstetes Wasser wurde mit Aqua dest. aufgefüllt.

Das Aufheizen des Wassers konnte mittels Aquarienheizungen erreicht werden. Zur Kühlung der Aquarien konnten temperaturkonstante Kulturräumen genutzt werden. Weiterhin konnte im Labor mittels Haake-Kühlbecken, in denen Aquariumfilter aufgebaut waren, eine Kühlung erzeugt werden. Kleinere Kulturgefäße wurden direkt im Wasserbad des Kühlbeckens positioniert.

Die Kulturversuche konnten nicht im geplanten Umfang durchgeführt werden, da die Anzahl der gefundenen Organismen z.T. weit hinter den Erwartungen zurückblieb. Für eine Copepodenkultur wurden beispielsweise je Ansatz wenigstens 10 Individuen verwendet. Für mehrere Kulturansätze und Bestimmungsmaterial wurden etwa 50 Individuen einer

Copepodenart benötigt. Dies war jedoch selten der Fall. Proben mit weniger als 10 Individuen einer Art wurden nicht in Kultur gegeben, damit ausreichend Material für Bestimmungsarbeit und die Konservierung einiger Belegexemplare zur Verfügung stand.

Da das Hauptaugenmerk dieser Untersuchung auf der Bestandsaufnahme der mit Schiffen verschleppten Organismen lag hatte die taxonomische Bearbeitung die erste Priorität.

## 2.20 Zusammenfassung Material und Methoden

- Im Untersuchungszeitraum von März 1992 - August 1995 wurden 211 Schiffe für eine Probenahme aufgesucht. Auf 186 Schiffen konnten insgesamt 334 Proben vom Ballastwasser, Sediment und der Schiffsaußenhaut genommen werden.
- Der überwiegende Anteil der Schiffe wurde in den Häfen Hamburg, Bremerhaven und Bremen beprobt.
- Die zu untersuchenden Schiffe wurden repräsentativ nach Schiffstyp und Herkunftsgebiet ausgewählt. Schwerpunkte lagen dabei auf dem hauptsächlich heimische Häfen anlaufenden Schiffstyp (Containerschiffe) der mit 55,7 % neben 10 anderen Schiffstypen überwiegend untersucht wurde. Weiterhin wurden bei der Schiffsauswahl die Hauptschiffahrtsrouten berücksichtigt. Zumeist wurden von der nordamerikanischen Ostküste und aus Asien kommende Schiffe beprobt.
- Die Herkunftsgebiete der meisten Proben lagen in tropischen und warm-gemäßigten Regionen. Dabei wurden Ballastwasserproben aus 83, Sedimentproben aus 42 und Außenhautproben aus 70 Gebieten untersucht.
- Ballastwasser- und Sedimentproben stammten zumeist aus den Doppelboden- und Seitentanks.
- Bei Ballastwasserproben wurden mehrere Zugangsmöglichkeiten ausgearbeitet. Insgesamt wurden 8.219,3 l Ballastwasser bei 132 Probenahmen, durchschnittlich 62,3 l pro Probe, untersucht. Bei allen Methoden wurde ein Planktonnetz mit einer Maschenweite von 10 µm verwendet.
  1. Peilrohr (63 Proben). Ballasttanks sind zumeist zum Messen des Wasserstandes mit Peilrohren versehen. Durch diese Peilrohre konnte mit einem Schlauch und einer Handpumpe Ballastwasser an Deck gepumpt werden.
  2. Lenzpumpe (42 Proben). An der Lenzpumpe der Schiffe besteht oft die Möglichkeit, an einem Manometer Ballastwasser abzuzapfen.
  3. Mannloch, Restpfütze (13 Proben). Restpfützen in den Ballasttanks waren durch geöffneten Tankeinstiegsöffnungen (Mannlöchern) zugänglich. Mit dieser Methode (wie auch 4.) besteht ein direkter Zugang zum Ballastwasser.
  4. Mannloch, Wasserkörper (9 Proben). Nach Öffnen der Mannlöcher konnte das Planktonnetz bei gefüllten Ballasttanks durch den Wasserkörper gezogen werden.
  5. Dockprobe (5 Proben). Ballastwasser von eingedockten Schiffen wurde an den Ausströmöffnungen des Ballastwasserleitungssystems mit einem Eimer aufgefangen und durch das Planktonnetz gefiltert.

- Die abiotischen Faktoren Temperatur, Salinität, pH-Wert und Sauerstoffgehalt wurden direkt nach der Probenahme gemessen.
- Sedimentproben wurden nach Öffnen der Ballasttanks von deren Boden mittels Durchziehen von PE-Flaschen gewonnen. Insgesamt wurden bei den 71 Sedimentproben 70 l Sediment gewonnen.
- Außenhautproben konnten bei 131 eingedockten Schiffen durch Abkratzen der Organismen von der Schiffsaußenhaut genommen werden. Die insgesamt untersuchte Schiffsfläche betrug 3,93 m<sup>2</sup> (300 cm<sup>2</sup> pro Probe).
- Von ausgewählten Außenhautproben wurden Naßgewichte bestimmt.
- Bei einer Schiffsbegleitung von Singapur nach Bremerhaven wurde täglich die Abiotik und Biotik des Ballastwassers an Bord untersucht.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Flora

#### 3.1.1 Ballastwasser

##### 3.1.1.1 Allgemeiner Überblick

Insgesamt wurden 104 Ballastwasserproben untersucht. In 62 Proben wurde Phytoplankton gefunden, 42 Proben enthielten keine Algen. Das gefundene Phytoplankton konnte 147 taxonomischen Gruppen zugeordnet werden (Anhang, Tab. 1 und Tabellenband, Tab. 3). 72 Gruppen konnten bis auf Artniveau bestimmt werden. Zur Erleichterung der Auswertung wurden die Organismen in den Großgruppen, Diatomophyceae (Kieselalgen), Dinophyceae (Dinoflagellaten) und Chlorophyceae (Grünalgen) zusammengefaßt. In einer vierten Gruppe "Sonstige" wurden im Ballastwasser seltener angetroffene Organismengruppen zusammengefaßt. Die folgende Aufstellung gibt eine Übersicht über die am häufigsten in den Proben angetroffenen Organismengruppen:

##### **Diatomophyceae (Kieselalgen)**

Morphologie: Einzellige Algen, dadurch gekennzeichnet, daß in die Zellwände Kieselsäure eingelagert ist. Wichtigste Ordnungen sind die Centrales mit kreisrunden Zellen und die Pennales mit langgestreckten Zellen. Diatomeen treten sowohl als Einzelorganismen als auch in Form von Kolonien auf.

Größe: Unter 10 µm bis über 500 µm.

Vorkommen: Weltweit sowohl planktisch als auch benthisch in mariner und limnischer Umgebung. Vor allem im Meer bilden sie den Hauptbestandteil des Phytoplanktons.

Fortpflanzung: Sowohl asexuell (Zellteilung), als auch sexuell. Bei sexueller Fortpflanzung ist die Bildung von Dauerstadien (Auxosporen) möglich. Neritische Arten bilden am Ende der Vegetationsperiode Dauersporen, die auf den Meeresboden absinken und in der nächsten Vegetationsperiode wieder auskeimen.

Anmerkung: Einige Arten der Gattung *Pseudonitzschia* können toxische Formen bilden. *Pseudonitzschia pungens* trat Ende der 80er Jahre erstmals an der Ostküste Kanadas auf. Die Zellen enthielten mit der Domoinsäure ein bislang unbekanntes Nervengift, das zu Gedächtnisstörungen (Amnesic Shellfish Poisoning) führt. Bis jetzt wurden jedoch noch keine ökologischen und ökonomischen Störungen durch eingeschleppte Diatomeen beobachtet.

### **Dinophyceae (Dinoflagellaten)**

Morphologie: Einzellige Flagellaten, die sich mit Hilfe von zwei Geißeln (Flagellen) fortbewegen können. Die Zellen sind mit einer charakteristischen Quer- und einer Längsfurche versehen. Es gibt sowohl nackte Dinoflagellaten, als auch mit einem Cellulosepanzer versehene Formen. Einige Arten bilden kettenförmige Kolonien. Je nach Ernährungsweise (autotroph, mixotroph oder heterotroph) werden die Dinoflagellaten den Pflanzen, oder den tierischen Organismen zugeordnet.

Größe: Wenige  $\mu\text{m}$  bis über 1000  $\mu\text{m}$ .

Vorkommen: Dinoflagellaten sind weltweit im Plankton mariner und limnischer Gewässer anzutreffen.

Fortpflanzung: Sowohl asexuell als auch sexuell. Die Dauerstadien (Cysten) der Dinoflagellaten können auch unter ungünstigen Bedingungen z.T. viele Jahre überleben.

Anmerkung: Die Verschleppung von Dinoflagellaten stellt die größte durch Ballastwasser bedingte Gefahr dar. Einige Dinoflagellatenarten bilden hochtoxische Formen, die, wenn sie mit der Nahrung, z.B. in Form von Muscheln und Fischen aufgenommen werden, z.T. tödliche Vergiftungen bei Mensch und Tier verursachen. Auch die sogenannte "Phantomalge" *Pfiesteria piscimorte* ist dieser Organismengruppe zuzurechnen. Die gegen äußere Einflüsse extrem resistenten Cysten können im Sediment von Ballasttanks über weite Strecken transportiert werden.

### **Chlorophyceae (Grünalgen)**

Morphologie: Sehr vielgestaltige, sowohl ein- als auch vielzellige Formen. Einige begeißelt. Häufig Kolonienbildung. Ernährungsweise autotroph oder mixotroph.

Größe: Wenige  $\mu\text{m}$  bis mehrere mm (einzellige Formen).

Vorkommen: Weltweit. 90% aller Chlorophyceen sind Süßwasserarten. Grünalgen sind sowohl im Plankton als auch als Bodenorganismen anzutreffen.

Fortpflanzung: Sowohl asexuell als auch sexuell. Bei einigen Arten werden Dauerstadien gebildet.

### **Chrysophyceae**

Morphologie: Sehr kleine, einzellige Algen. Einige Arten haben keine feste Zellwand und sind formveränderlich. Manche Arten bilden Gehäuse aus Zellulose und Pektin. Es gibt Flagellaten mit meist zwei ungleich langen Geißeln.

Größe: 1 µm bis 70 µm.

Vorkommen: Weltweit in allen Gewässern. Die marinen Formen sind z.T. von großer ökologischer Bedeutung.

Fortpflanzung: Durch Zellteilung. Die Bildung von Dauerstadien (Cysten) ist möglich.

### **Cyanophyceae (Blaualgen)**

Morphologie: Einzellige oder fädige Algen. Wie bei Bakterien kein echter Zellkern. Oft sind die Zellen von Gallerthüllen umgeben.

Größe: 1 µm bis 40 µm.

Vorkommen: Weltweit in allen Gewässern.

Fortpflanzung: Alle Blaualgen vermehren sich ungeschlechtlich durch Zellteilung.

### **Prymnesiophyceae**

Morphologie: Einzellige Algen. Geißeln vorhanden. Einige Arten bilden Gallerthüllen aus.

Größe: Wenige µm bis 100 µm.

Vorkommen: Weltweit in allen Gewässern. Prymnesiophyceae sind z.T. von großer Ökologischer Bedeutung (Coccolithophoridae).

Anmerkung: Einige Arten, z.B. *Chrysochromulina polylepis* sind giftig. Die auch als Schaumalge bezeichnete Gattung *Phyaeocystis* bildet große Schaumteppiche am Strand.

#### **3.1.1.2 Artenzusammensetzung des Planktons**

Bei dem größten Teil der gefundenen Phytoplanktonarten handelte es sich um Diatomeen (Tab. 19). Diese wurden in 59% der Proben gefunden. An zweiter Stelle folgen die Chlorophyceen, welche in 44% der Proben gefunden wurden. Dinoflagellaten wurden nur in 11% der Proben gefunden. Um Irrtümer zu vermeiden, sei darauf hingewiesen, daß es sich dabei um die Motilstadien der Flagellaten handelt. Dauerstadien (Cysten) von Dinoflagellaten wurden lediglich in den Sedimentproben gefunden.

Tab. 19: Im Phytoplankton gefundene Organismengruppen.

Organismengruppe	Artenanzahl	%	Probenanzahl	% von 104 Proben
Diatomophyceae	95	65	61	59
Dinophyceae	8	5	12	11
Chlorophyceae	37	25	46	44
Sonstige	7	5	21	20

### 3.1.1.3 Nichtheimische Arten

5% der gefundenen Phytoplanktonarten können als nichtheimisch betrachtet werden (Tab. 20). Diese 8 Arten wurden in 14 Ballastwasserproben gefunden. Weder in der Literatur noch durch Rücksprache mit Fachleuten konnten Hinweise auf ein Vorkommen in deutschen Gewässern gefunden werden. Bei sämtlichen Arten handelt es sich um Diatomeen, die in tropischen und mediterranen Regionen vorkommen. Alle gefundenen nichtheimischen Arten sind marine Formen, die, bis auf die benthische Form *Podocystis. spp.* im Plankton anzutreffen sind.

Die meisten Funde wurden in Ballastwasser aus Asien und Südamerika gemacht. Das Wasser stammte vor allem aus tropischen und temperierten Regionen. Die folgende Tabelle 21 gibt eine Übersicht der Herkunftsgebiete des Ballastwassers, in dem nichtheimische Arten gefunden wurden.

### 3.1.1.4 Häufig im Ballastwasser angetroffene Phytoplanktonarten

In Tab. 22 sind alle Phytoplanktonfunde zusammengestellt, bei denen die Zellkonzentration 100.000 Zellen pro 100 Liter überstieg. Bei den am häufigsten in großer Konzentration gefundenen Arten handelt es sich um Diatomeen der Gattung *Melosira*, Grünalgen der Gattung *Scenedesmus* und Blaualgen der Gattung *Oscillatoria*. Bei diesen Gattungen handelt es sich um Kosmopoliten, die auch in der Natur in großen Mengen auftreten und auch Algenblüten bilden können.

Tab. 20: Liste der nichtheimischen Arten. In Klammern ist die Zahl der Funde angegeben.

<b>Diatomophyceae:</b>			
<i>Anaulus spp.</i>		<i>Podocystis spp.</i>	
Proben:	Ballastwasser (2)	Proben:	Ballastwasser (1)
Verbreitung:	Tropen, Mittelmeer	Verbreitung:	Tropen, Temperierte Regionen
BW Herkunft:	ASSJ-3, ASSJ-3	BW Herkunft:	NAO-2
Anmerkung:	planktisch / marin	Anmerkung:	benthisch / marin
<i>Climacosphenia loniligera</i>		<i>Undatella spp.</i>	
Proben:	Ballastwasser (1)	Proben:	Ballastwasser (1)
Verbreitung:	Tropen	Verbreitung:	Tropen, Temperierte Regionen
BW Herkunft:	* (NAW-2)	BW Herkunft:	SAW-2
Anmerkung:	planktisch / marin	Anmerkung:	planktisch / marin
<i>Coscinodiscus thorii</i>		Dinophyceae (Cysten)	
Proben:	Ballastwasser (2)	<i>Alexandrium spp.</i>	
Verbreitung:	Tropen, Mittelmeer	Proben:	Sediment (1)
BW Herkunft:	AFS-3, ASSJ-3	BW Herkunft:	EU-2
Anmerkung:	planktisch / marin	Anmerkung:	Möglicherweise nicht heimisch
<i>Hemiaulus spp.</i>		<i>Gonyaulax spp.</i>	
Proben:	Ballastwasser (4)	Proben:	Sediment (3)
Verbreitung:	Tropen, Europa bis 45°N, häufig im Mittelmeer	BW Herkunft:	EU-2, EU-2, ASIN-4
BW Herkunft:	ASSJ-3, SAO-3, SAW-2, ASIN-4	Anmerkung:	Möglicherweise nicht heimisch
Anmerkung:	planktisch / marin	<i>Protoperidinium compressum</i>	
<i>Neostreptotheke subindica</i>		Proben:	Sediment (1)
Proben:	Ballastwasser (1)	Verbreitung:	Tropen
Verbreitung:	Tropen	BW Herkunft:	AFW-3
BW Herkunft:	NAO-2	Anmerkung:	Motilstadium planktisch / marin
Anmerkung:	planktisch / marin	<i>Nitzschia bicapitata</i>	
<i>Nitzschia bicapitata</i>		Proben:	Ballastwasser (1)
Proben:	Ballastwasser (1)	Verbreitung:	Tropen
Verbreitung:	Tropen	BW Herkunft:	SAO-4
BW Herkunft:	SAO-4	Anmerkung:	planktisch / marin
Anmerkung:	planktisch / marin		

Tab. 21: Herkunft des Ballastwassers, in dem nichtheimische Arten gefunden wurden (in Klammern ist die Zahl der Funde angegeben).

Region	Anzahl	Region	Anzahl
AFS-3	1	NAW-2	1
ASIN-4	1	SAO-3	1
ASSJ-3	3	SAO-4	1

NAO-2	2	SAW-2	2
-------	---	-------	---

Tab. 22: Phytoplanktonfunde mit mehr als 100.000 Zellen / 100 l.

Art	Zellen / 100 l	Probe	Art	Zellen / 100 l	Probe
<b>Diatomophyceae</b>			<b>Chlorophyceae</b>		
<i>Amphora</i> spp.	121.500	148	<i>Crucigenia</i> spp.	245.536	143
<i>Coscinodiscus</i> spp.	127.679	143	<i>Pediastrum</i> spp.	461.607	143
<i>Coscinodiscus</i> spp.	248.000	128	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	279.000	128
<i>Fragilaria</i> spp.	162.000	148	<i>Scenedesmus longispina</i>	175.000	136
<i>Leptocylindrus</i> spp.	132.500	136	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	248.000	128
<i>Leptocylindrus</i> spp.	279.000	128	<i>Scenedesmus</i> spp.	101.829	58
<i>Leptocylindrus</i> spp.	392.857	143	<i>Scenedesmus</i> spp.	279.000	159
<i>Licmophora flabellata</i>	2.583.900	148	<i>Scenedesmus</i> spp.	5.283.929	143
<i>Licmophora gracilis</i>	275.400	148	<i>Tetraedron</i> spp.	903.571	143
<i>Melosira</i> spp.	104.071	118	<i>Tetrastum</i> spp.	314.286	143
<i>Melosira</i> spp.	122.400	159			
<i>Melosira</i> spp.	186.000	128	<b>Sonstige</b>		
<i>Melosira</i> spp.	226.800	148	<i>Oscillatoria</i> spp. (Kolonien)	166.964	143
<i>Melosira</i> spp.	293.714	98	<i>Oscillatoria</i> spp. (Kolonien)	499.500	136
<i>Melosira</i> spp.	471.429	143	<i>Phormidium fovealarum</i>	105.300	148
<i>Melosira</i> spp.	540.386	58			
<i>Navicula</i> spp.	3.628.800	148			
<i>Nitzschia longissima</i>	137.500	143			
<i>Nitzschia longissima</i>	909.786	118			
<i>Nitzschia</i> spp.	437.400	148			
<i>Pinnularia</i> spp.	2.494.800	148			
<i>Skeletonema</i> spp.	521.143	98			
<i>Stauroneis</i> spp.	1.085.400	148			

### 3.1.1.5 Herkunft des gefundenen Planktons

Aus Tabelle 23 geht hervor, daß Ballastwasser aus 28 Regionen untersucht wurde, wobei in Proben aus 20 Regionen Phytoplankton gefunden wurde. Im Ballastwasser aus 8 Regionen wurden keine Organismen gefunden. Bei diesen Regionen handelt es sich vor allem um die Hochseebereiche (mit einem \* gekennzeichnet). Es ist anzunehmen, daß die niedrige Organismenkonzentration auf dem offenen Ozean für dieses Ergebnis verantwortlich ist.

Die Proben von der Nordamerikanischen Ostküste (NAO-2) zeigten sowohl die höchste durchschnittliche Zelldichte als auch die höchste Zellkonzentration unter allen Proben. Bei Probe (Nr. 148) wurde eine Zellkonzentration von mehr als 11 Millionen Algenzellen pro 100 Liter Ballastwasser ermittelt. Der Hauptanteil dieser Probe bestand aus Diatomeen (Siehe Tabellenband).

Tab. 23: Herkunft des im Ballastwasser gefundenen Phytoplanktons.

Herkunft	Anzahl Proben	Gesamtzellzahl / 100 l		Artenzahl	
		Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
* (4)	2	0	0	0	0
* (AFW-4)	1	6.840	6.840	17	17
* (ASMAL-4)	2	0	0	0	0
* (MMW-3)	1	0	0	0	0
* (NAW-2)	1	39.000	39.000	3	3
* (SAS-2)	1	0	0	0	0
AFO-4	5	67.046	244.286	9	17
AFS-3	1	380	380	3	3
AFW-3	1	0	0	0	0
AFW-4	5	19.660	79.000	7	16
ASIN-4	5	237.110	1.081.000	7	16
ASMAL-4	19	66.802	904.886	6	24
ASNJ-2	1	2.040	2.040	3	3
ASSJ-3	12	765.303	8.868.750	7	17
AUSN-4	1	0	0	0	0
AUSO-3	1	653.400	653.400	15	15
AUSS-2	2	804.385	1.607.143	15	25
EU-1	1	0	0	0	0
MAO-4	5	3.189	12.400	4	15
MAW-4	1	0	0	0	0
MMO-3	7	208.391	1.457.000	2	9
MMW-3	6	101.435	517.893	6	17
NAO-2	6	1.898.928	11.315.700	9	22
NAO-3	4	11.481	27.300	3	7
NAW-2	2	111.610	117.381	11	17
SAO-3	6	375.889	1.187.500	11	18
SAO-4	2	197.460	241.200	21	23
SAW-2	2	110.000	220.000	5	10

Die größte Artenvielfalt zeigte das Phytoplankton in einer Probe aus Südastralien (Tab. 24). In dieser Probe (Nr. 170) wurden 25 verschiedene Phytoplanktonarten gefunden. Im Durchschnitt war die Artenzahl in Proben aus Südastralien und aus Südamerika am höchsten. Wie aus Tab. 24 ersichtlich, handelt es sich bei den gefundenen Arten größtenteils um Diatomeen.

Das untersuchte Ballastwasser stammte nicht nur aus dem marinen Bereich. Es wurde auch Ballastwasser untersucht, dessen Salinität im Brackwasserbereich lag oder bei dem es sich um Süßwasser handelte. In Tabelle 25 sind alle Proben, in denen Grünalgen, ein typischer Bestandteil des Süßwasserplanktons, gefunden wurden nach ihrer Salinität aufgelistet. Die hohen Zellkonzentrationen in den beiden Süßwasserproben lassen darauf schließen, daß die

Grünalgen direkt mit dem limnischen Ballastwasser aufgenommen wurden. Es werden also nicht nur Meeresorganismen sondern auch Süßwasserorganismen mit dem Ballastwasser verschleppt.

Tab. 24: Maximale Artenanzahl des im Ballastwasser gefundenen Phytoplanktons, nach Herkunftsregionen geordnet.

Herkunft	Diatomophyceae	Dinophyceae	Chlorophyceae	Sonstige	Gesamt
* (4)	0	0	0	0	0
* (AFW-4)	11	0	5	1	17
* (ASMAL-4)	0	0	0	0	0
* (MMW-3)	0	0	0	0	0
* (NAW-2)	2	0	0	1	3
* (SAS-2)	0	0	0	0	0
AFO-4	15	0	3	0	17
AFS-3	3	0	0	0	3
AFW-3	0	0	0	0	0
AFW-4	9	2	6	1	16
ASIN-4	9	0	7	0	16
ASMAL-4	17	2	7	2	24
ASNJ-2	2	0	0	1	3
ASSJ-3	13	0	9	1	17
AUSN-4	0	0	0	0	0
AUSO-3	8	0	6	1	15
AUSS-2	9	0	14	2	25
EU-1	0	0	0	0	0
MAO-4	8	2	4	1	15
MAW-4	0	0	0	0	0
MMO-3	5	0	4	0	9
MMW-3	11	1	6	0	17
NAO-2	18	1	3	2	22
NAO-3	5	0	2	0	7
NAW-2	11	2	3	1	17
SAO-3	16	0	7	1	18
SAO-4	16	0	8	1	23
SAW-2	9	0	1	0	10

### 3.1.1.6 Aufenthaltsdauer des Planktons im Ballastwasser

Die Zeit, die das Phytoplankton im Ballasttank zugebracht hat, lag je nach Fahrtroute des Schiffes zwischen 6 und 116 Tagen. Abb. 15 zeigt keinen erkennbaren Zusammenhang zwischen der Zellkonzentration und der Verweildauer im Ballasttank. Andererseits konnte bei der an Bord von MS DSR-America durchgeführten kontinuierlichen Beprobung eine klare Abnahme der Zellkonzentration im Laufe der Reise beobachtet werden (Abb. 16).

Tab. 25: Salinität der Proben, in denen Chlorophyceen gefunden wurden und deren Vorkommen.

Sal. ‰	Probe Nr.	Zellen / 100l	Artenzahl
0,6	143	7.346.429	9
3,4	170	682.500	14
Süßwasser Mittelwerte:		4.014.464	12
5,1	40	1.998	4
10,3	10	1.460	2
11	173	100.000	8
13,4	48	28.386	3
22,8	152	3.150	2
Brackwasser Mittelwerte:		26.999	4
25,3	131	21.800	6
26,4	98	35.429	2
26,8	66	5.120	2
26,9	148	56.700	1
27,9	60	551	1
28,6	179	4.000	2
29,1	159	316.800	6
29,3	285	20.935	7
30	45	40	1
30,1	181	560	1
30,2	284	7.241	7
31	33	1.066	2
31,1	13	4.971	4
31,1	57	21.696	5
32,3	153	31.200	7
32,4	161	108.071	6
33	30	100	1
33	35	50	1
33	228	20	1
34,1	58	270.771	3
34,5	87	100	1
35	31	37.667	7
35,4	272	88	2
35,8	138	50.400	3
35,8	269	14.333	7
37,5	14	5.400	3
38,5	234	2.600	2
Meerwasser Mittelwerte:		37.693	3

Sowohl die Ergebnisse der Reise auf MS DSR-America (Abb. 17; Tabellenband, Tab. 8 und 9) als auch die Ergebnisse der in deutschen Häfen genommenen Ballastproben (Abb. 18) zeigen mit zunehmender Aufenthaltsdauer im Ballasttank eine Abnahme der Artenvielfalt.



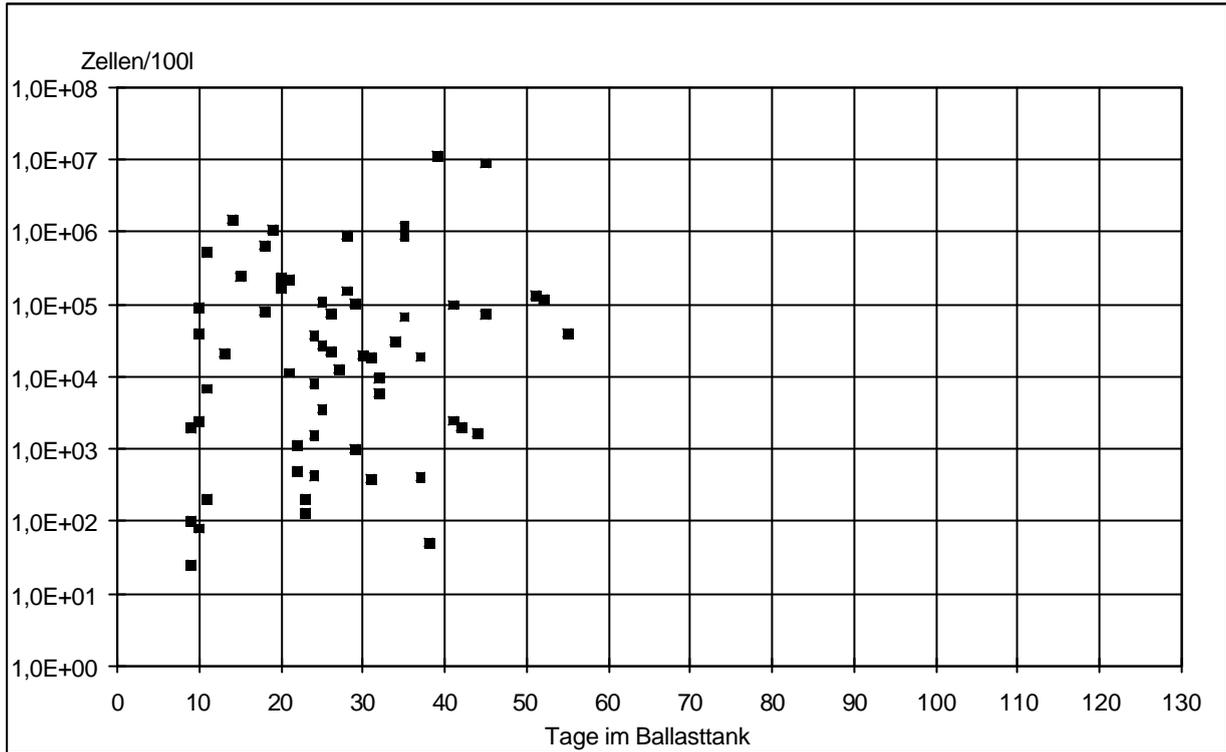
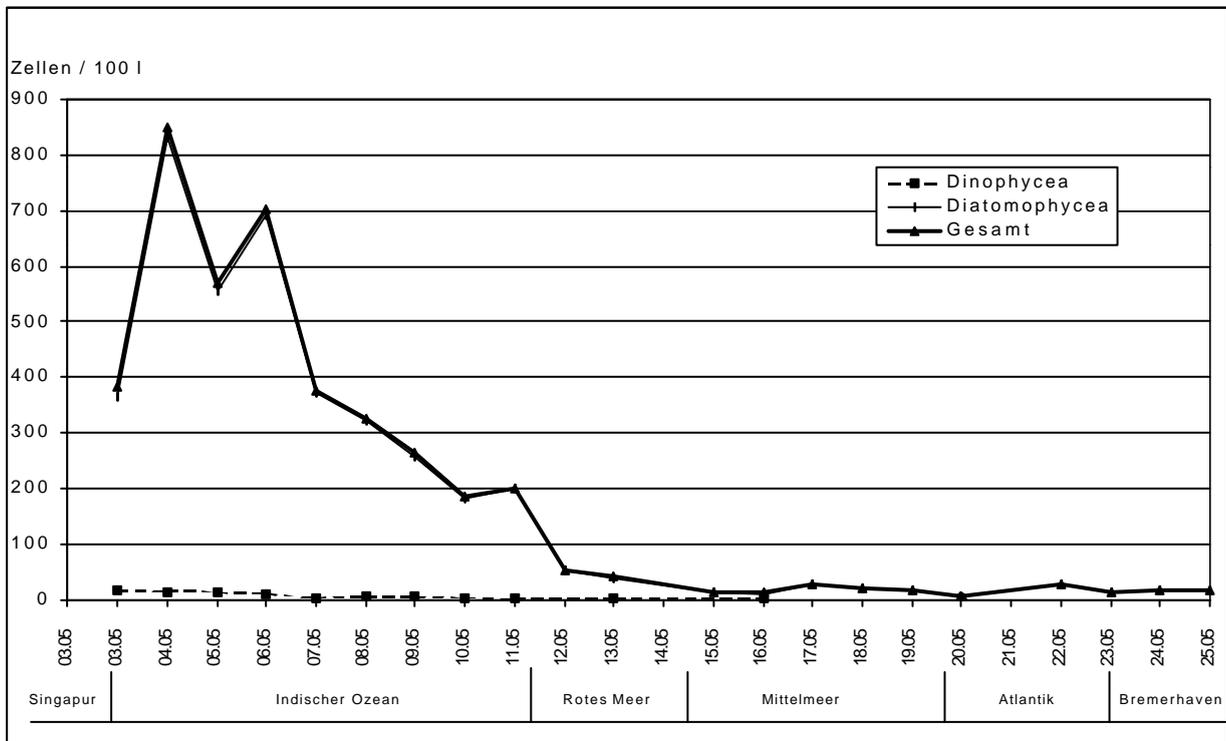


Abb. 15: Zusammenhang zwischen Zellkonzentration und Aufenthaltsdauer des



Phytoplanktons im Ballasttank.

Abb. 16: Konzentration des Phytoplanktons im Ballastwasser (Achterpiek)  
DSR-America.

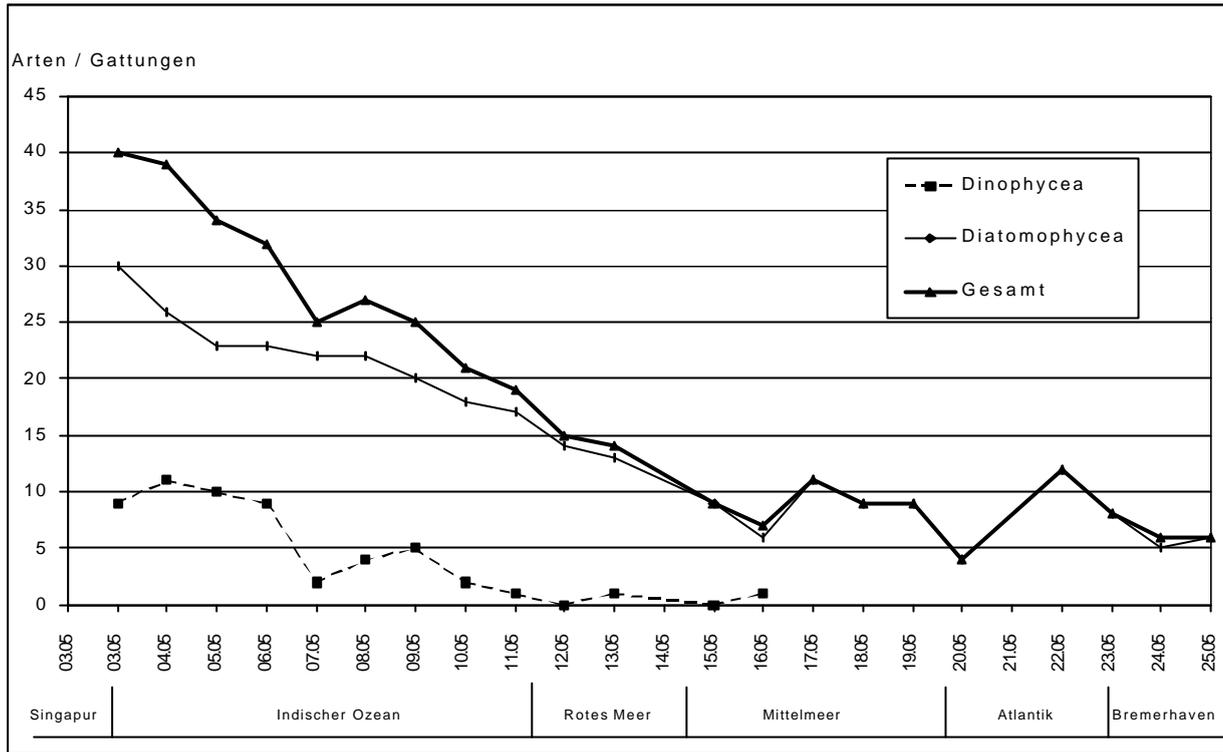


Abb. 17: Anzahl der im Ballastwasser (Achterpiek) DSR-America gefundenen Phytoplanktonarten.

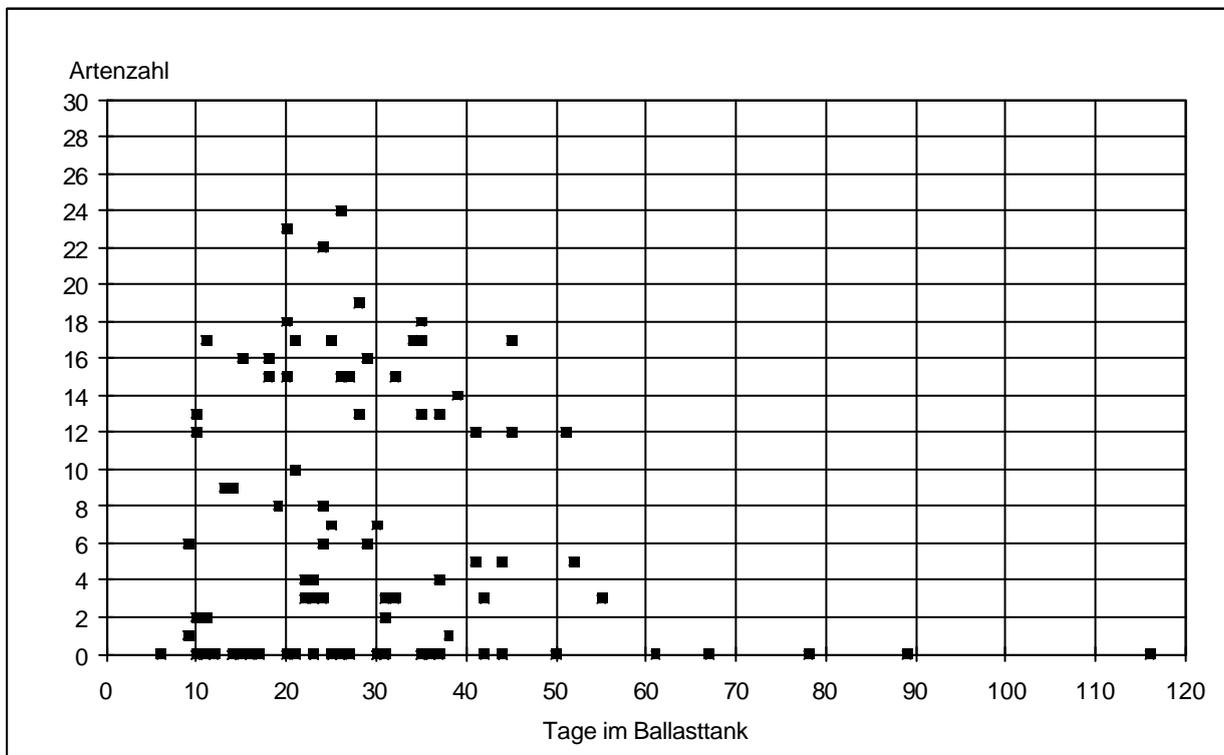


Abb. 18: Abhängigkeit der Artenvielfalt des Phytoplanktons von der Aufenthaltsdauer im Ballasttank.

### 3.1.1.7 Vergleich der verschiedenen Tanktypen

Die Mehrzahl der Proben wurden aus Doppelbodentanks und Seitentanks genommen. In diesen beiden Tanktypen wurde auch im Durchschnitt das meiste Phytoplankton, sowohl in Bezug auf die Zellkonzentration als auch auf die Artenzahl gefunden (Tab. 26 ). In den beiden Proben aus Quertanks konnte kein Phytoplankton gefunden werden, was darauf zurückzuführen ist, daß das Ballastwasser in diesen Tanks in der Regel nur sehr selten ausgetauscht wird.

Tab. 26: Vergleich der Zellkonzentration und der Artenzahl des in unterschiedlichen Tanktypen angetroffenen Phytoplanktons pro Probe.

Tanktyp	Probenanzahl	Gesamtzellzahl / 100 l		Artenanzahl	
		Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
Achterpiek	6	261	1.140	2	6
Doppelboden	45	631.936	11.315.700	7	24
Quertank	2	0	0	0	0
Seitentank	37	150.736	1.607.143	7	25
Vorpiek	14	105.908	1.081.000	6	19

## 3.1.2 Sediment

### 3.1.2.1 Allgemeiner Überblick

40 Sedimentproben wurden auf ihren Gehalt an Phytoplankton untersucht. In 13 Proben wurden Phytoplanktonorganismen oder deren Dauerstadien (Cysten) gefunden. Die gefundenen Organismen konnten 39 taxonomischen Gruppen zugeordnet werden (Anhang, Tab. 1, 4 und Tabellenband, Tab. 4). Diese Gruppen wurden nach dem unter 3.1.1.1 genannten Großgruppensystem zusammengefaßt.

### 3.1.2.2 Artenzusammensetzung in den Sedimentproben

Tabelle 27 zeigt, daß auch in den Sedimentproben Diatomeen die am häufigsten gefundene Organismengruppe waren. An zweiter Stelle folgen Dinoflagellatencysten.

Tab. 27: Im Tanksediment gefundene Phytoplanktongruppen.

Organismengruppe	Anzahl Arten	%	Anzahl Proben	% von 40 Proben
Diatomophyceae	18	46	9	23
Dinophyceae	3	8	4	10
Chlorophyceae	2	5	3	8
Cysten	16	41	8	20

### 3.1.2.3 Dinoflagellatencysten

In 20% der Proben wurden lebende Dinoflagellatencysten gefunden. 40% der Proben enthielten leere oder abgestorbene Cysten. Die höchste Konzentration lebender Dinoflagellatencysten betrug 26 Zellen/ml. Maximal wurden 300 abgestorbene, bzw. leere Cysten in einem Milliliter Sediment gefunden (Tab. 28).

Tab. 28: Herkunft der im Tanksediment gefundenen Dinoflagellatencysten.

Herkunft	Gesamtzellzahl / 1 ml				Artenzahl			
	Mittelwert		Maximum		Mittelwert		Maximum	
	lebend	abgest/leer	lebend	abgest/leer	lebend	abgest/leer	lebend	abgest/leer
AFS-3	0	0	0	0	0	0	0	0
AFW-3	17	32	17	61	1	4	1	5
ASIN-4	4	29	4	29	1	4	1	4
ASMAL-4	3	51	3	144	1	2	1	4
ASSJ-3	0	0	0	0	0	0	0	0
AUSO-3	0	0	0	0	0	0	0	0
AUSS-2	0	0	0	0	0	0	0	0
AUSW-3	4	24	4	24	1	4	1	4
EU-2	16	61	26	115	2	6	3	6
k.A.m.	0	0	0	0	0	0	0	0
MAO-4	1	2	1	2	1	2	1	2
MMO-3	0	0	0	0	0	0	0	0
MMW-3	0	10	0	10	0	3	0	3
NAO-2	0	300	0	300	0	1	0	1
NAO-3	0	0	0	0	0	0	0	0

NAW-2	4	7	4	7	3	1	3	1
SAO-3	0	8	0	8	0	2	0	2
SAO-4	0	3	0	3	0	1	0	1
SAW-2	0	0	0	0	0	0	0	0

Abb. 19 zeigt den Zusammenhang zwischen der Konzentration lebender Cysten und der Konzentration abgestorbener bzw. leerer Cysten. Die meisten lebenden Cysten wurden in Doppelbodentanks gefunden. Die Konzentration der abgestorbenen und leeren Cysten war im Mittel in den untersuchten Seitentanks am höchsten (Tab. 29).

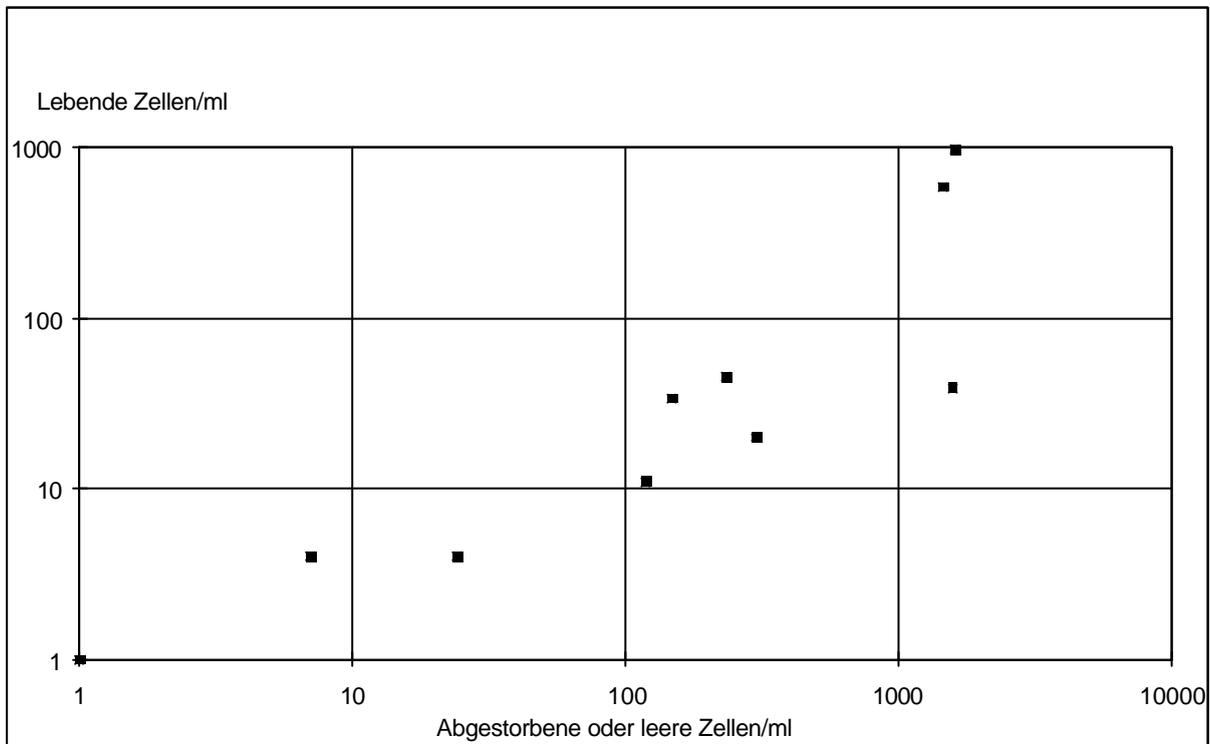


Abb. 19: Zusammenhang zwischen der Zellkonzentration im Tanksediment gefundener lebender und abgestorbener bzw. leerer Zellen.

Tab. 29: Vergleich der Zellkonzentration und der Artenanzahl der in unterschiedlichen Tanksedimenten angetroffenen Dinoflagellatencysten.

Tanktyp	Gesamtzellzahl / 1 ml				Artenzahl			
	Mittelwert		Maximum		Mittelwert		Maximum	
	lebend	abgest/leer	lebend	abgest/leer	lebend	abgest/leer	lebend	abgest/leer

Achterpiek	0	0	0	0	0	0	0	0
Doppelboden	8	34	26	144	2	3	3	6
Quertank	0	0	0	0	0	0	0	0
Seitentank	0	106	0	300	0	2	0	3
Vorpiek	0	2	0	2	0	2	0	2

### 3.1.2.4 Nichtheimische Arten

In vier Proben wurden Cysten von Dinoflagellaten gefunden, die nichtheimisch sind, bzw. nichtheimisch sein können (Tab. 20). Da zu den beiden Gattungen *Alexandrium* und *Gonyaulax* neben zahlreichen heimischen Vertretern auch z.T. sehr giftige nichtheimische Arten gehören, wurden diese mit in die Liste aufgenommen. Von der nichtheimischen Art *Protoperidinium compressum* wurden lediglich abgestorbene Cysten gefunden. Über den meisten Sedimentproben, in denen nichtheimische Arten gefunden wurden, befand sich zuletzt europäisches Ballastwasser, was darauf schließen läßt, daß diese Arten schon auf einer früheren Reise aufgenommen wurden (Tab. 30).

Tab. 30: Herkunft des Ballastwassers über dem Sediment in welchem nichtheimische Cysten von Dinoflagellaten gefunden wurden (in Klammern die Anzahl der Proben aus den Regionen).

Region	Anzahl	Region	Anzahl	Region	Anzahl
AFW-3	1	ASIN-4	1	EU-2	3

### 3.1.2.5 Herkunft der in den Tanksedimenten gefundenen Organismen

Da unklar ist, ob die gefundenen Organismen auf der letzten Reise des Schiffes oder auf früheren Reisen aufgenommen wurden und dann sedimentierten, können keine genauen Angaben zu deren Herkunft gemacht werden. Es besteht auch die Möglichkeit, daß derselbe Organismus mehrfach aufgenommen wurde und sich im Tanksediment anreichert hat. Die in Tabelle 31 aufgeführten Herkunftsgebiete geben die Herkunft des Ballastwassers an, das sich vor der Beprobung über dem Sediment befand.



Tab. 31: Herkunft des im Tanksediment gefundenen Phytoplanktons.

Region	Probenanzahl	Gesamtzellzahl / 1 ml		Artenanzahl	
		Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
AFS-3	2	0	0	0	0
AFW-3	6	42	45	5	6
ASIN-4	4	11	11	5	5
ASMAL-4	16	34	34	4	4
ASSJ-3	2	0	0	0	0
AUSO-3	2	0	0	0	0
AUSS-2	4	0	0	0	0
AUSW-3	2	4	4	1	1
EU-2	4	783	979	8	8
k.A.m.	2	0	0	0	0
MAO-4	4	1	1	1	1
MMO-3	2	0	0	0	0
MMW-3	6	0	0	0	0
NAO-2	4	11	20	1	1
NAO-3	2	0	0	0	0
NAW-2	4	4	4	3	3
SAO-3	8	214	214	9	9
SAO-4	2	0	0	0	0
SAW-2	4	12	12	4	4

Tab. 32: Vergleich der Zellkonzentration und der Artenanzahl des in unterschiedlichen Tanksedimenten gefundenen Phytoplanktons.

Region	Probenanzahl	Gesamtzellzahl / 1 ml		Artenanzahl	
		Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
Achterpiek	2	0	0	0	0
Doppelboden	20	85	979	2	8
Quertank	1	214	214	9	9
Seitentank	12	3	20	1	4
Vorpiek	4	0	0	0	0

### 3.1.2.6 Vergleich der verschiedenen Tanktypen

Die meisten Sedimentproben wurden aus Doppelboden- und Seitentanks entnommen (Tab. 32). Sowohl die höchste Planktonkonzentration als auch die höchste Artenzahl wurde in der einzigen Probe festgestellt, die einem Quertank entnommen worden war. In den Proben aus Vor- und Achterpiek wurden keine Organismen gefunden.

### 3.1.3 Außenhaut

In den an der Universität Göteborg untersuchten Außenhautproben wurden vor allem Grünalgen der Gattung *Enteromorpha* und Braunalgen der Gattung *Ectocarpus* gefunden (Anhang, Tab. 5). Unter den gefundenen Arten befanden sich keine nichtheimischen Arten. Sämtliche Arten sind weit verbreitet.

### 3.1.4 Kulturversuche

Um die im Ballastwasser gefundenen Algen in Kultur zu bringen, wurden mehrere Methoden der Kultivierung ausprobiert. Ein Teil der Lebendprobe wurde ohne Zusatz von Nährmedium in sterilen Rundkolben inkubiert. In weiteren Experimenten wurden einerseits Teile der Probe mit Zusatz von F/2-Nährmedium inkubiert, andererseits wurde versucht, einzelne Algenzellen mit Hilfe einer Mikropipette zu isolieren und in steriler Umgebung zu kultivieren. In keinem der Versuchsansätze konnte eine Vermehrung der Algenzellen beobachtet werden. Die inkubierten Zellen zerfielen oft schon nach wenigen Tagen. Auch der Versuch, Dinoflagellatencysten zum Keimen zu bringen verlief ohne Erfolg.

## 3.2 Fauna

### 3.2.1 Gesamtartenzahl

Insgesamt wurden 257 verschiedene Arten aus 10 Stämmen, 23 Klassen, 55 Ordnungen und 174 Familien festgestellt. Neben den bis zur Art bestimmten Organismen (Anhang, Tab. 2 und Tabellenband, Tab. 2) konnten einige Individuen nur auf Gattungs- oder Familienniveau bestimmt werden, da der Entwicklungs- oder Erhaltungszustand keine präzisere Bestimmung zuließ. Crustacea machten den überwiegenden Teil mit 54,1% (139 Arten) aller angetroffenen Arten aus. Innerhalb der Crustacea wurden überwiegend balanomorphe Cirripedia (30 Arten), Copepoda, Calanoida (24 Arten), Decapoda (18 Arten) und Copepoda, Harpacticoida (17 Arten) angetroffen. Am nächsthäufigsten wurden mit 23,4 % (60 Arten)

Mollusca gefunden. Mit 48 Arten überwog deutlich der Anteil der Bivalvia, gefolgt von Gastropoda mit 10 Arten. Alle weiteren Taxa machten jeweils einen Anteil unter 5 % aus (Tab. 33).

Jeweils etwa ein Drittel aller Arten stammt aus Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben. Mit 34,6 % fanden sich in den Sedimentproben und Außenhautproben die meisten Arten (je 110 Arten) (Tabellenband, Tab. 6; Anhang, Tab. 5 und Tab. 34). In den Ballastwasserproben wurden 30,8 % (= 98) aller gefundenen Arten bestimmt (Tabellenband, Tab. 5 und Tab. 34). Da einige Arten sowohl in Sediment- als auch in Ballastwasserproben und einige Arten sogar bei jeder Probenart gefunden werden konnten liegt hier die Gesamtanzahl mit 318 aufgrund dieser Mehrfachfunde höher als die Gesamtanzahl der bestimmten Arten mit 257 (Tab. 35). Mehrfachfunde von Arten, die sowohl in Ballastwasser- als auch Sediment- und Außenhautproben gefunden wurden, traten selten bei Nematoden, Decapoda und Amphipoda auf (Tab. 36).

Tab. 33: Nachgewiesene Taxa mit Angaben der absoluten und relativen Häufigkeiten von Arten, Gattungen, Familien und Ordnungen (Werte für Familien und Ordnungen nur bei nicht vorliegender Artdiagnose aufgeführt).

Taxon	Arten		Gattungen		Familien		Ordnungen	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Protozoa	12	4,7	32	27,4				
Flagellata (Zoomastigophora)								
Euglenozoa			4	3,4				
Choanoflagellata			1	0,9				
Rhizopoda								
Amoebina ("Lobosea")	1	0,4	5	4,3				
Labyrinthulea	1	0,4						
Filosea			1	0,9				
Foraminifera	9	3,5	8	6,8				
Heliozoa			1	0,9				
Ciliata (Ciliophora)								
Holotricha			8	6,8				
Spirotricha	1	0,4	3	2,6				
Peritricha			1	0,9				
Cnidaria	9	3,5	5	4,3	4	10,3	2	16,7
Hydrozoa	6	2,3	3	2,6	4	10,3		
Anthozoa	3	1,2	2	1,7			2	16,7
Tentaculata	9	3,5	5	4,3	1	2,6		
Bryozoa	9	3,5	5	4,3	1	2,6		
Scolecida	13	5,1	6	5,1	6	15,4		
Plathelminthes								
Turbellaria	1	0,4			1	2,6		
Aschelminthes								
Rotatoria	10	3,9						
Nematoda	2	0,8	6	5,1	5	12,8		

Ergebnisse

Mollusca	60	23,4	20	17,1	19	48,7	7	58,3
Gastropoda	10	3,9	9	7,7	9	23,1	3	25,0
Opisthobranchia			1	0,9				
Nudibranchia	1	0,4						

Taxon	Arten		Gattungen		Familien		Ordnungen	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Bivalvia	48	18,7	10	8,6	10	25,6	4	33,3
Scaphopoda	1	0,4						
Articulata								
Annelida	5	2,0	2	1,7	5	12,8		
Polychaeta	5	2,0	1	0,9	4	10,3		
Clitellata								
Oligochaeta			1	0,9	1	2,6		
Arthropoda			1	0,9				
Chelicerata								
Pantopoda			1	0,9				
Mandibulata								
Crustacea	139	54,1	45	38,5	4	10,3	1	8,3
Cladocera	10	3,9	6	5,1				
Ostracoda	1	0,4	8	6,8	3	7,7	1	8,3
Copepoda, Calanoida	24	9,3	5	4,3				
Copepoda, Cyclopoida	6	2,3	6	5,1				
Copepoda, Harpacticoida	17	6,6	11	9,4				
Copepoda,	9	3,5	2	1,7				
Poecilostomatoida								
Cirripedia, balanomorphe	30	11,7	1	0,9				
Cirripedia, lepadomorphe	5	2,0	1	0,9				
Decapoda, Reptantia	15	5,8	2	1,7				
Decapoda, Natantia	3	1,2						
Mysidacea	3	1,2						
Isopoda	3	1,2						
Amphipoda	13	5,1	3	2,6				
Cumacea					1	2,6		
Antennata			1	0,9			1	8,3
Insecta			1	0,9			1	8,3
Echinodermata							1	8,3
Ophiuroidea								
Ophiopluteus							1	8,3
Pisces	10	3,9						
Agnatha								
Cyclostomata	1	0,4						
Gnathostomata								
Osteichthyes	9	3,5						
Summe	257	100,0	117	100,0	39	100,0	12	100,0

Tab. 34: Absolute und relative Häufigkeiten taxonomischer Kategorien in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben.

Ergebnisse

Probenart	Art		Gattung		Familie		höhere Taxa	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Ballastwasser	98	30,8	65	46,4	15	30,0	5	35,7
Sediment	110	34,6	47	33,6	21	42,0	6	42,9
Außenhaut	110	34,6	28	20,0	14	28,0	3	21,4

Tab. 35: Nachgewiesene Taxa mit Angabe der absoluten und relativen Artenanzahl in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben.

Taxon	Ballastwasser		Sediment		Außenhaut		gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Protozoa	3	3,1	9	8,2	1	0,9	12	4,7
Rhizopoda								
Amoebina ("Lobosea")	1	1,0					1	0,4
Labyrinthulea	1	1,0					1	0,4
Foraminifera			9	8,2	1	0,9	9	3,5
Ciliata (Ciliophora)								
Spirotricha	1	1,0					1	0,4
Peritricha								
Cnidaria					9	8,2	9	3,5
Hydrozoa					6	5,5	6	2,3
Anthozoa					3	2,7	3	1,2
Tentaculata			3	2,7	9	8,2	9	3,5
Bryozoa			3	2,7	9	8,2	9	3,5
Scolecida	11	11,2	5	4,5	2	1,8	13	5,1
Plathelminthes								
Turbellaria					1	0,9	1	0,4
Aschelminthes								
Rotatoria	10	10,2	3	2,7			10	3,9
Nematoda	1	1,0	2	1,8	1	0,9	2	0,8
Mollusca	5	5,1	36	32,7	30	27,3	60	23,4
Gastropoda	1	1,0	9	8,2	1	0,9	10	3,9
Nudibranchia					1	0,9	1	0,4
Bivalvia	4	4,1	26	23,6	28	25,5	48	18,7
Scaphopoda			1	0,9			1	0,4
Articulata								
Annelida			5	4,5	1	0,9	5	2,0
Polychaeta			5	4,5	1	0,9	5	2,0
Mandibulata								
Crustacea	72	73,5	45	40,9	58	52,7	139	54,1
Cladocera	8	8,2	6	5,5			10	3,9
Ostracoda			1	0,9			1	0,4
Copepoda, Calanoida	22	22,4	2	1,8	1	1,0	24	9,3
Copepoda, Cyclopoida	6	6,1					6	2,3
Copepoda, Harpacticoida	15	15,3	4	3,6			17	6,6
Copepoda, Poecilostomatoida	9	9,2	1	0,9			9	3,5
Cirripedia, balanomorphe	2	2,0	17	15,5	30	27,3	30	11,7
Cirripedia, lepadomorphe					5	4,5	5	2,0
Decapoda, Reptantia	1	1,0	7	6,4	5	4,5	15	5,8
Decapoda, Natantia	1	1,0	1	0,9	3	2,7	3	1,2

Ergebnisse

Mysidacea	3	3,1			1	0,9	3	1,2
Isopoda	1	1,0	1	0,9	2	1,8	3	1,2
Amphipoda	4	4,1	5	4,5	11	10,0	13	5,1
Pisces	7	7,1	7	6,4			10	3,9
Agnatha								
Cyclostomata			1	0,9			1	0,4
Gnathostomata								
Osteichthyes	7	7,1	6	5,5			9	3,5
Summe	98	100,0	110	100,0	110	100,0	257	100,0

Tab. 36: Nachgewiesene Taxa mit Angabe der Anzahl von Mehrfachfunden identischer Arten und ihre Verteilung auf Ballastwasser- (= B), Sediment- (= S) und Außenhautproben (= A).

Taxon	B & S	B & A	S & A	B & S & A
Tentaculata				
Bryozoa			3	
Scolecida				
Aschelminthes				
Rotatoria	2			
Nematoda	1			1
Mollusca				
Gastropoda	1			
Bivalvia			8	
Articulata				
Annelida				
Polychaeta			1	
Arthropoda				
Mandibulata				
Crustacea				
Cladocera	4			
Copepoda, Calanoida	2			
Copepoda, Harpacticoida	2			
Copepoda, Poecilostomatoida	1			
Cirripedia, balanomorpe	1		18	
Decapoda, Reptantia		1		
Decapoda, Natantia				1
Mysidacea		1		
Isopoda			1	
Amphipoda		2	1	2
Pisces				
Gnathostomata				
Osteichthyes	4			
Summe	18	4	32	4

### 3.2.2 Ballastwasser

#### 3.2.2.1 Abiotik des Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme

Die Temperatur des Ballastwassers war abhängig von der Außentemperatur. Der niedrigste Meßwert (3°C) wurde im Winter, der höchste (26°C) im Sommer gemessen. Die meisten Werte lagen zwischen 8 °C und 18 °C (76,3 %) (Abb. 20).

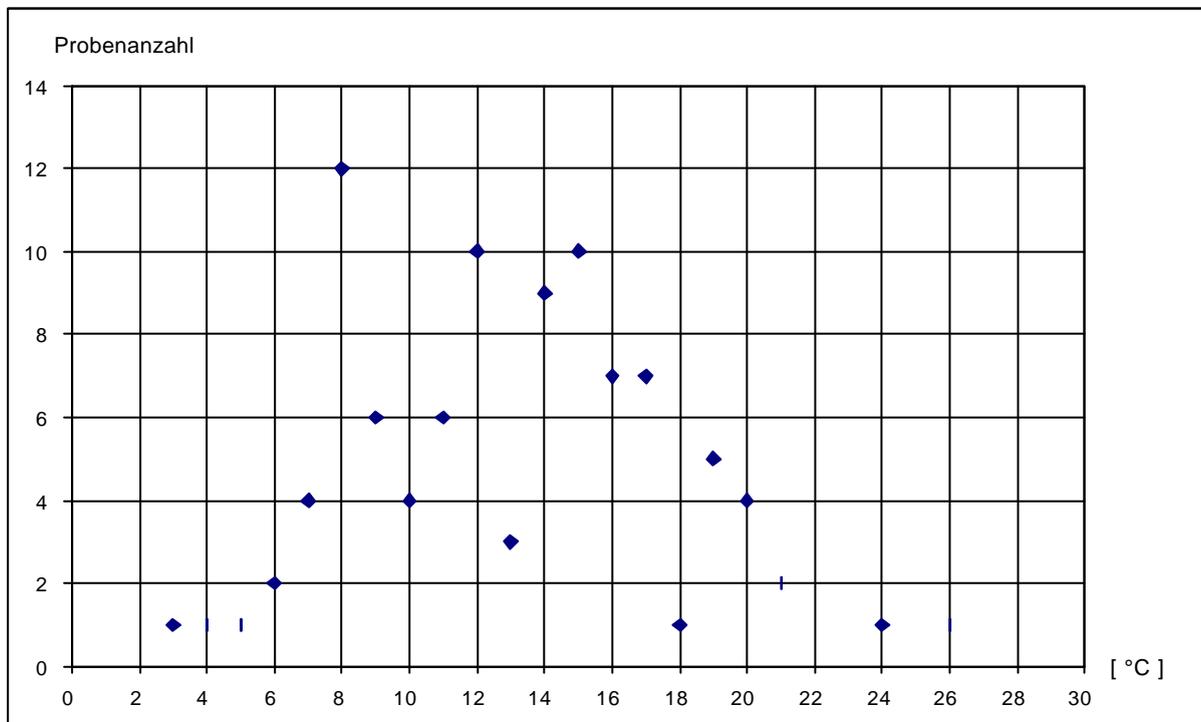


Abb. 20: Häufigkeiten der beobachteten Temperaturwerte des beprobten Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme.

Der pH-Wert des Ballastwassers schwankte von 5,6 bis 8,8. Zwischen 7 und 8 lagen mit 64,5 % die meisten Proben. Am häufigsten wurde 7,5 gemessen (Abb. 21).

Die Salzgehaltseinteilung erfolgte nach dem Venedigsystem (Caspers 1959). Bei 63,4 % der Proben wurden Salzgehalte von 30 - 40 ‰ gemessen. Salzgehalte von 0,5 - 30 ‰ wurden für 34,7 % der Proben festgestellt. Ein niedriger Salzgehalt läßt auf die Ballastwasseraufnahmen

in ästuarinen Bereichen oder auf die Mischung des Ballastwassers aus verschiedenen Herkunftsorten schließen. Nur eine Probe kann mit einem Salzgehalt von 0,2 ‰ als limnisch bezeichnet werden (Abb. 22).

Der Sauerstoffgehalt variierte zwischen einer Sättigung von 39 % und 133 %. Zwischen 80 % und 110 % Sauerstoff lag mit 69,2 % der überwiegende Probenanteil (Abb. 23).

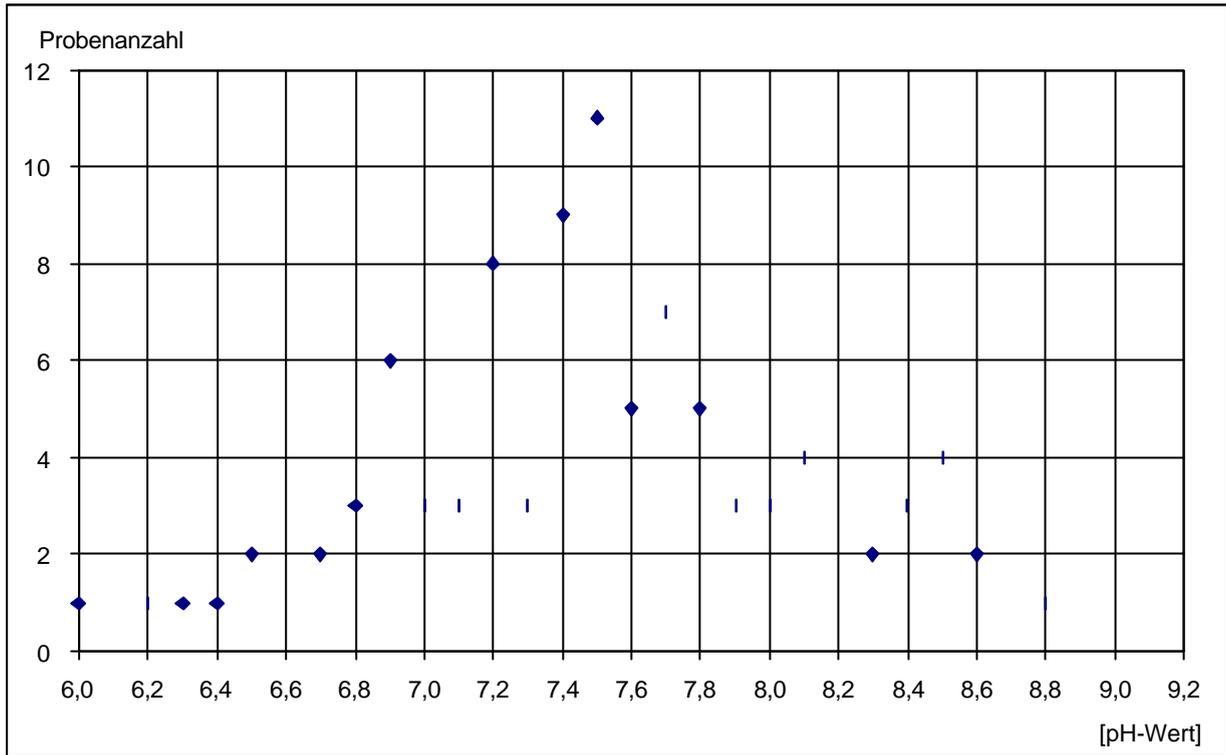


Abb. 21: Häufigkeitsverteilung der beobachteten pH-Werte des beprobten Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme.

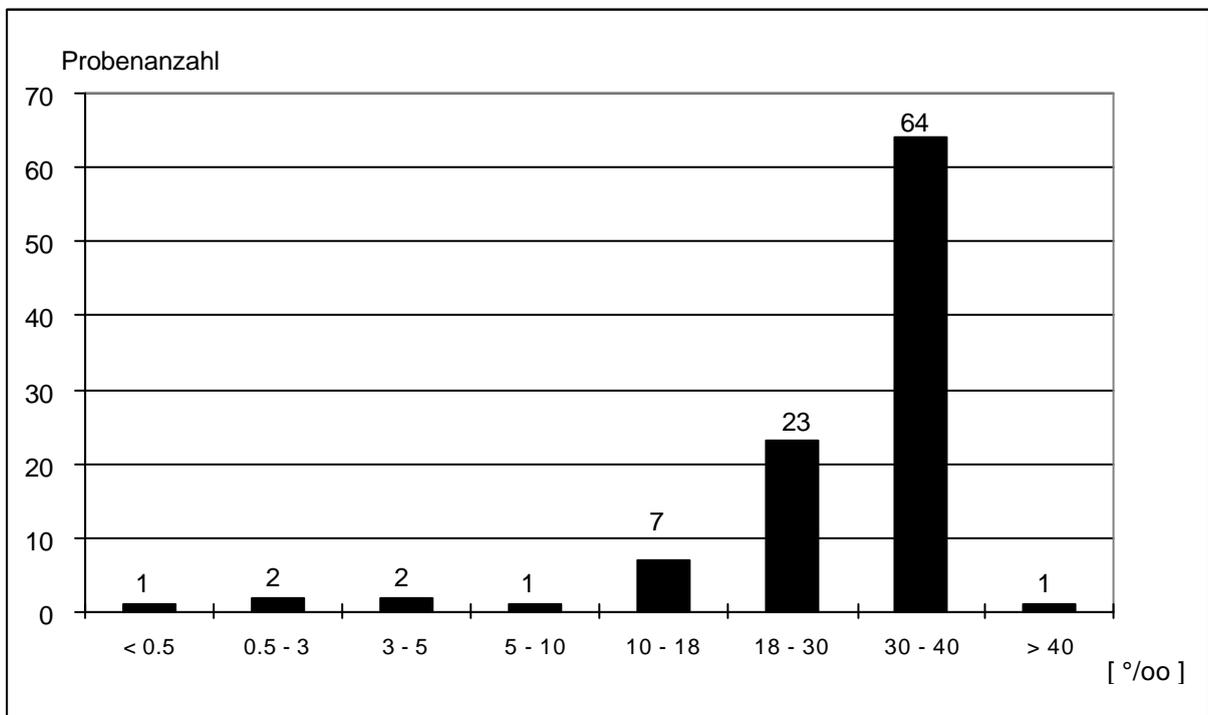


Abb. 22: Häufigkeitsverteilung des Salzgehaltes des Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme.

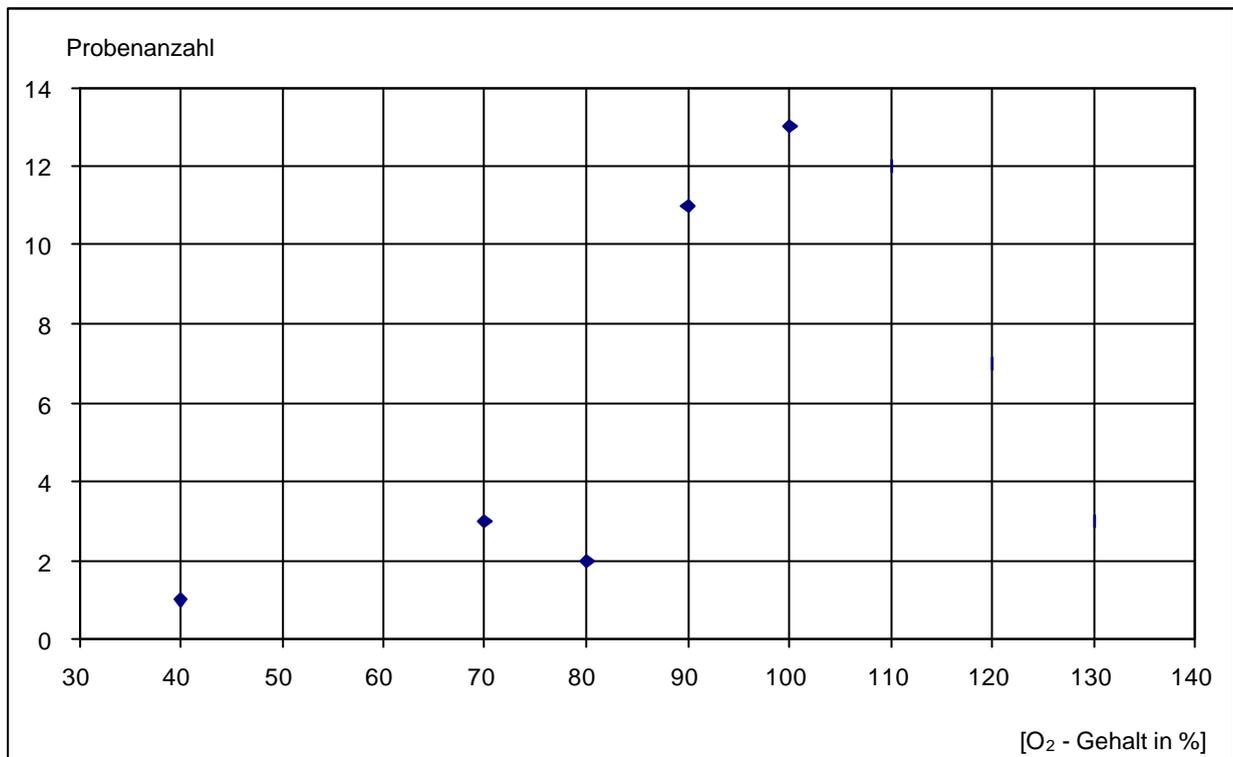


Abb. 23: Häufigkeitsverteilung des beobachteten Sauerstoffgehaltes (in %) des beprobten Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme.

### 3.2.2.2 Wechsel der Ballastwasserladung

Der Beladungszustand des Ballastwassers wurde exemplarisch auf dem Containerschiff "Nürnberg-Atlantik" der Reederei Hapag-Lloyd, Hamburg auf seiner Fahrt von Yokohama, Japan, nach Bremerhaven nach Angaben der Besatzung bzw. des Logbuches dargestellt, um die schwankende Menge an Ballastwasser ab Bord aufzuzeigen.

Die maximale Ballastwasserkapazität des Schiffes betrug 12000 t. Bei der Abfahrt in Yokohama (27.01.1993) befanden sich 2200 t Ballastwasser an Bord. Zwei Tage später am 29.01.1993 in Pusan (Korea) waren es nur noch 1.400 t. In Singapur wurde die Ballastmenge wieder auf 2100 t erhöht. Auf See und in Colombo (Sri Lanka) wurde weiteres Ballastwasser aufgenommen. Mit 6500 t befand sich hier die größte Ballastwassermenge während der gesamten Reise an Bord. An mehreren darauffolgenden Tagen wurde Ballastwasser gelenzt. Am 25.02.1993 betrug die Ballastmenge 3450 t in Rotterdam (Holland). Auf dem Weg nach Bremerhaven wurde diese aufgrund schlechter Wetterverhältnisse auf 6000 t gesteigert. Am

Ende der Reise (28.02.1993) waren 3470 t Ballastwasser an Bord, welches 29,7 % der maximalen Ballastwasserkapazität entspricht (Abb. 24). Bei diesen Ballastwasseroperationen wurden einige bereits teilweise gefüllte Tanks weiter aufgefüllt. Dadurch entstand in diesen Tanks Mischwasser aus verschiedenen Herkunftsgebieten.

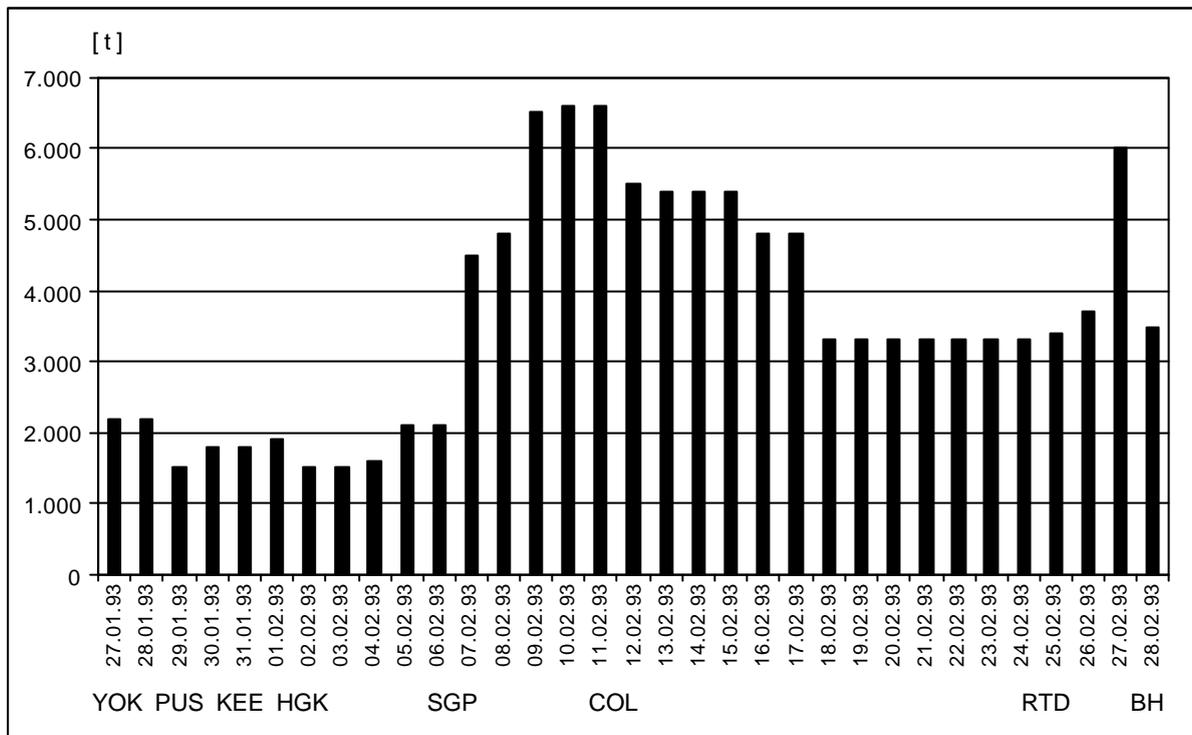


Abb. 24: Ballastwasseroperationen an Bord des Containerschiffes "Nürnberg-Atlantik" während einer Reise von Yokohama nach Bremerhaven, 27.01. - 28.02.1993 (YOK = Yokohama, PUS = Pusan, KEE = Keelung, HGK = Hongkong, SGP = Singapur, COL = Colombo, RTD = Rotterdam, BH = Bremerhaven).

### 3.2.2.3 Artfunde in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben

Bei allen Probenarten wurden die meisten Arten aus Herkunftsgebieten der warm-gemäßigten Regionen gefunden (Abb. 25).

Insgesamt wurden in 97 Ballastwasser-, 53 Sediment- und 129 Außenhautproben Tiere nachgewiesen. Auffallend ist die hohe Erfolgsrate bei Außenhautproben mit 98,5 % (Tab. 37). Nur in jeweils einer Probe an Schiffen aus den Fahrtgebieten Ostküste Nordamerika und Ostküste Mittelamerika war Aufwuchs vorhanden, für eine Probenahme jedoch nicht zugänglich.

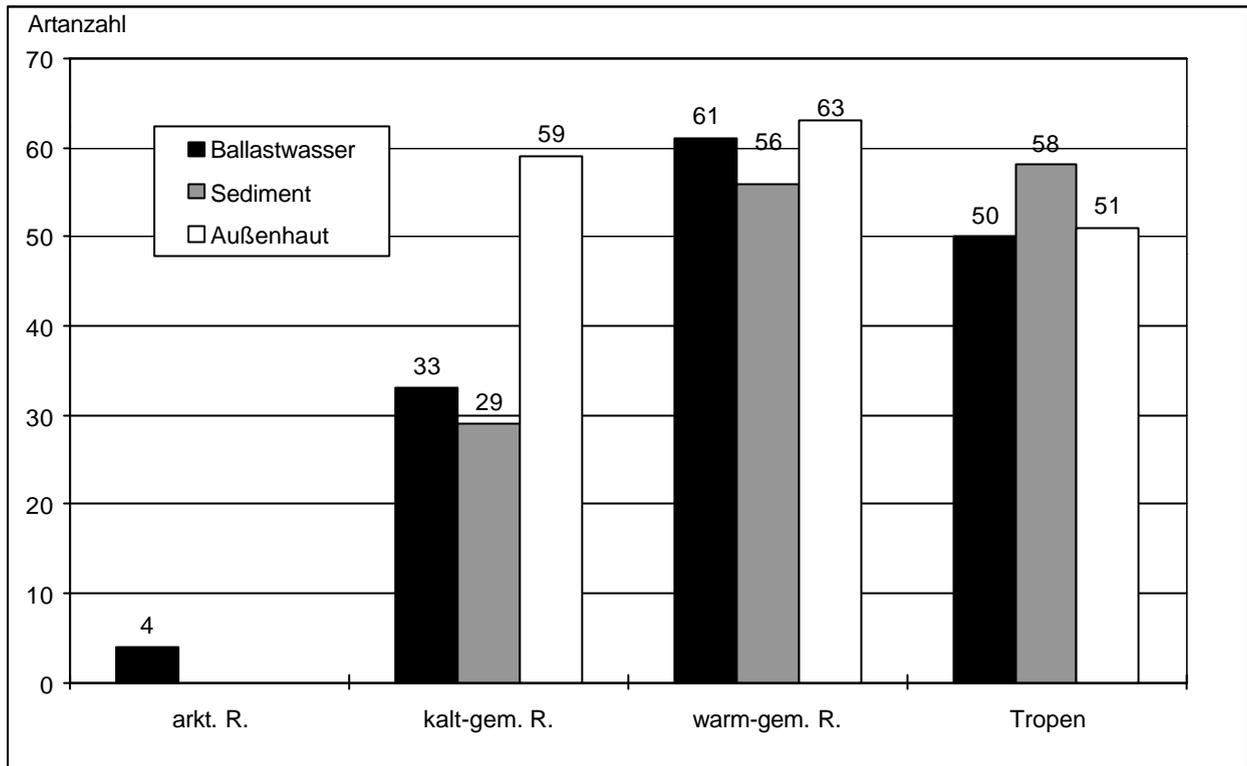


Abb. 25: Artenanzahl in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben nach Temperaturzonen. (R. = Region).

Tab. 37: Absolute und relative Probenanzahl mit Tierfunden bezogen auf die Gesamtzahl von Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben.

Ballastwasser		Sediment		Außenhaut	
n	%	n	%	n	%
97	73,5	53	74,6	129	98,5

### 3.2.2.4 Tiergruppen in Ballastwasserproben

Die vorherrschenden Arten der Ballastwasserproben gehören zu den Crustacea (72 Arten = 73,5 % Arten). Innerhalb der Crustacea überwiegen die Copepoda mit 52 Arten (72,2 %) (Tab.

35). Maximal wurden 12 Arten in einer Ballastwasserprobe festgestellt (Abb. 26 und Anhang, Tab. 6).

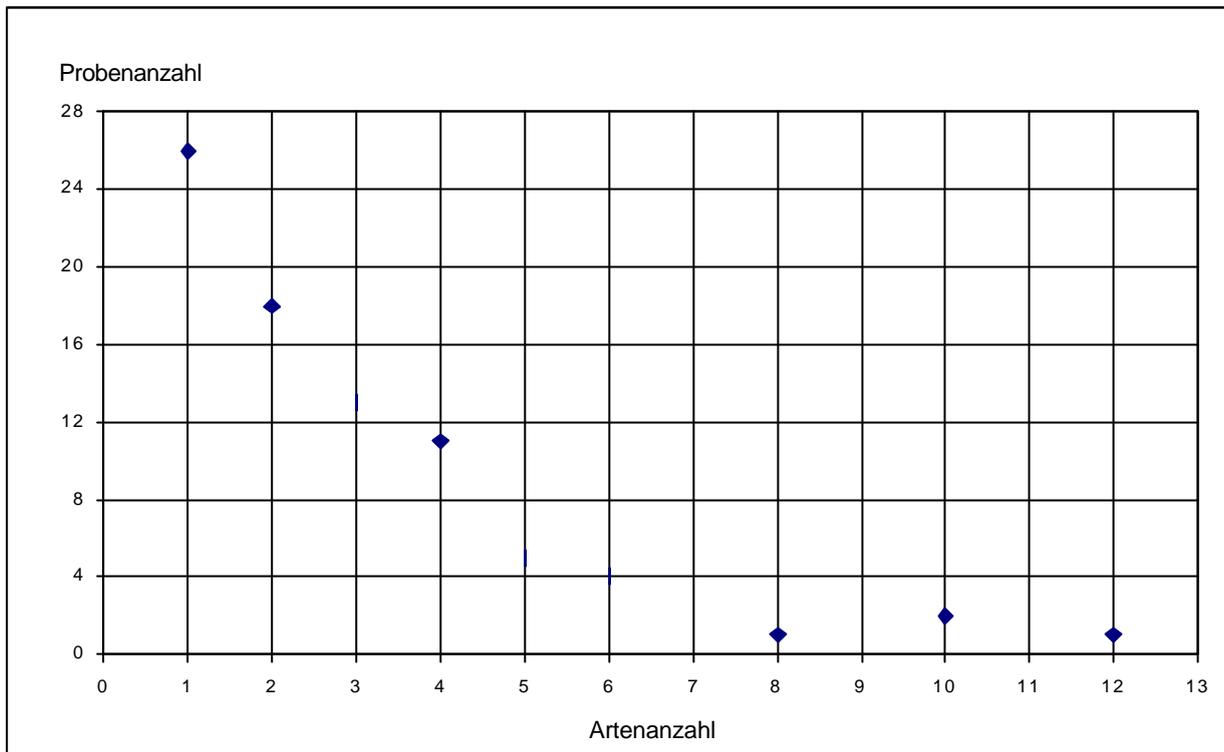


Abb. 26: Beobachtete Artenanzahl in Ballastwasserproben.

### 3.2.2.5 Artenanzahl und Individuenanzahl nach Verweildauer im Tank

Die Artenvielfalt und Anzahl der gefundenen Individuen ist abhängig von der Verweildauer des Ballastwassers im Ballasttank. Nach einer Verweildauer von 10 - 20 Tagen im Ballasttank wurden die höchsten Individuendichten gefunden (Abb. 27). Die maximale Individuendichte (1.074 Individuen, 4 Arten) wurde bei einer Verweildauer des Ballastwassers im Tank von 13 Tagen festgestellt. Mehr als 10 Arten wurden in drei Proben nach 19, 35 und 38 Tagen im Ballasttank gefunden. Das Maximum von 14 Arten wurde in einer Probe mit einer Verweildauer im Ballasttank von 36 Tagen ermittelt (Abb. 28).

Bemerkenswert ist der Fund von 14 Individuen von *Corophium acherusicum* im ältesten untersuchten Ballastwasser aller untersuchten Proben nach einem Aufenthalt im Ballasttank von 116 Tagen (Abb. 27, Abb. 28).

Auch Proben ohne Tierfunde lagen nach einer sehr kurzen Verweildauer im Ballasttank von nur 6 Tagen vor (Abb. 27).

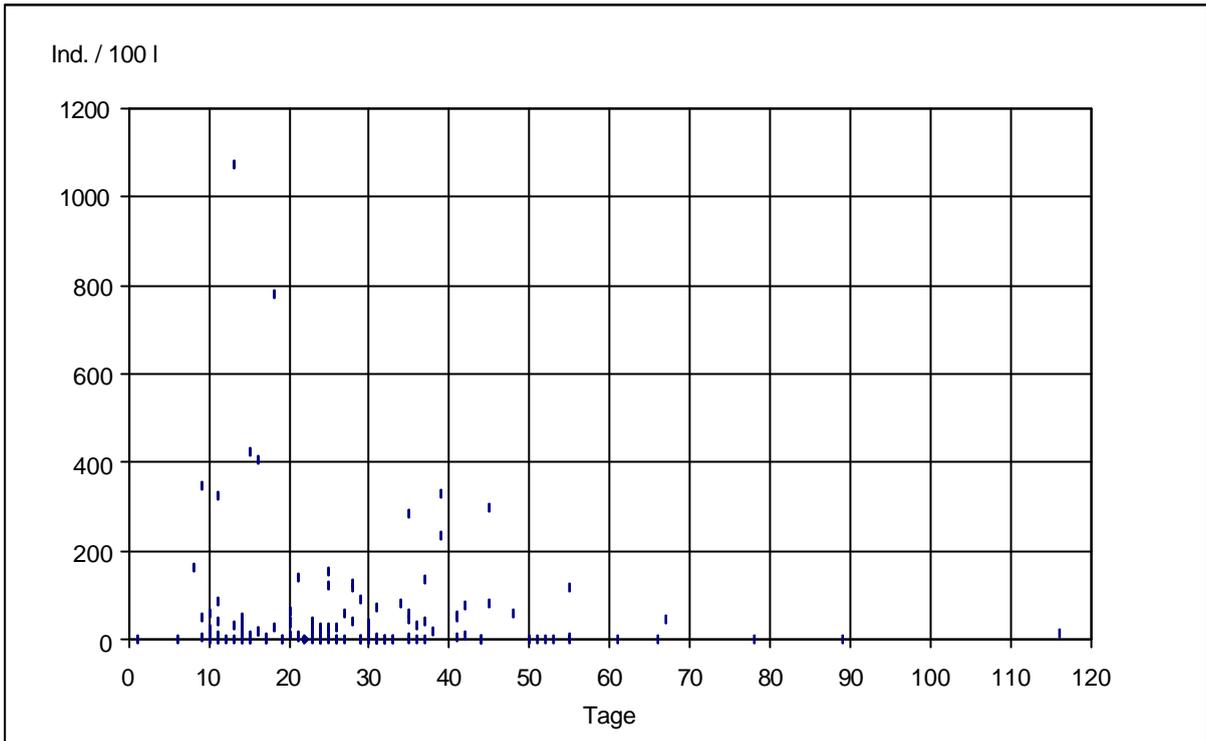


Abb. 27: Individuenanzahl pro 100 l in Abhängigkeit der Verweildauer des Ballastwassers im Ballasttank.

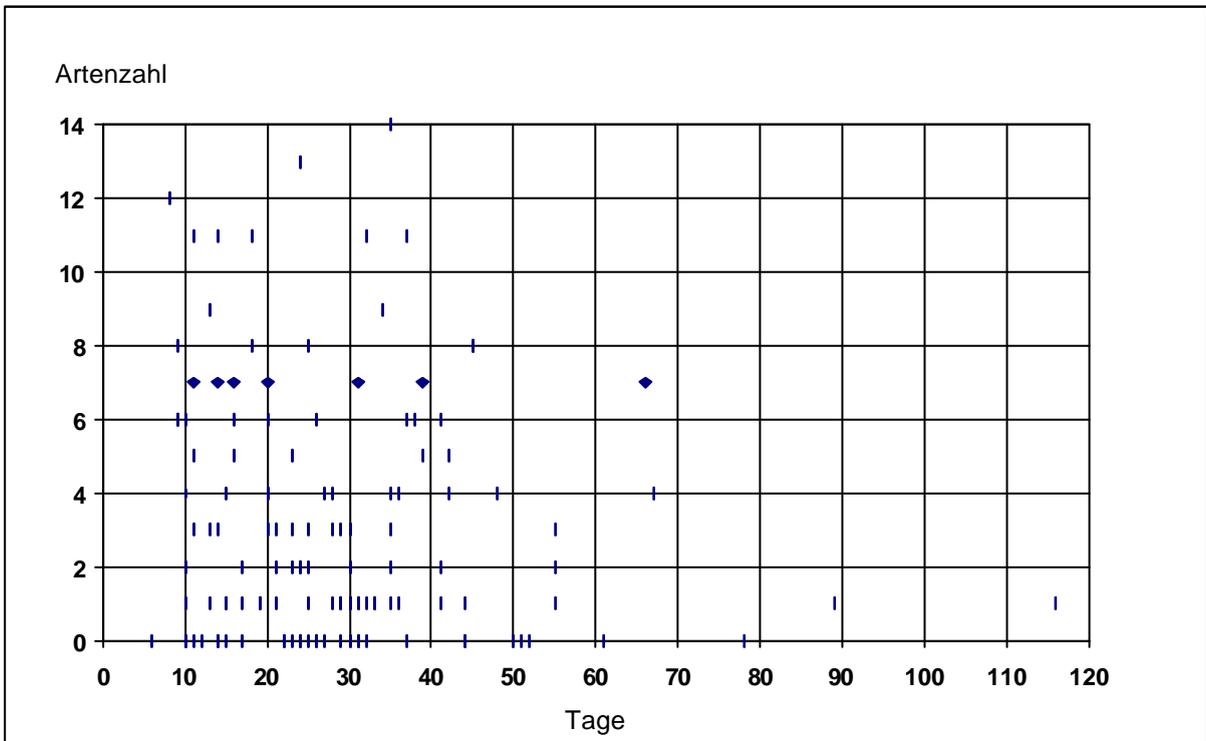


Abb. 28: Artenanzahl pro 100 l in Abhängigkeit der Verweildauer im Ballasttank.

### 3.2.2.6 Artenanzahl nach Herkunftsgebieten

Aus der warm-gemäßigten Region stammen die meisten Arten der Ballastwasserproben (61 Arten = 41,2 %). In Proben mit tropischer Herkunft konnten 50 Arten (33,8 %) bestimmt werden. Die höchste Probenanzahl (23) stammt aus der malaiischen Region (Abb. 5). In diesen Proben wurden 21 Arten bestimmt (Abb. 29). In der Probe aus der arktischen Region wurden 4 Arten gefunden.

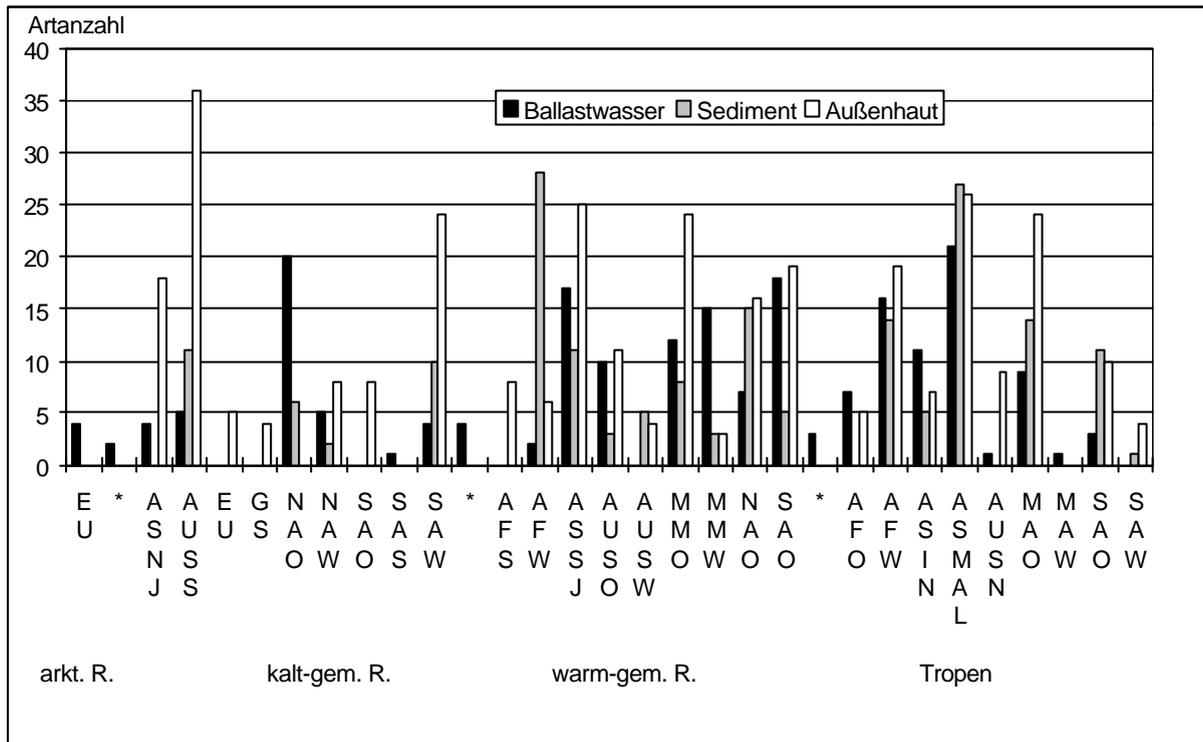


Abb. 29: Absolute Artenanzahl in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben nach regionalen Herkunftsgebieten (Buchstabenkürzel s. Seite 26). (R. = Region, \* = Proben aus Hochseegebieten).

Die höchste Artenanzahl im Ballastwasser (27) wurde in den 14 Proben von der Ostküste Nordamerika gefunden. Mit einer Artenanzahl von mehr als 15 fielen weiterhin folgende Herkunftsbereiche auf: Südamerika, Ostküste (18 Arten), SüdJapan (17 Arten), Afrika, Westküste (16 Arten) und das westliche Mittelmeer (15 Arten). Als weiteste Entfernung für lebend angetroffene Organismen wurden Herkunftsgebiete in Australien und Ozeanien festgestellt (Abb. 29).

### 3.2.2.7 Artenzahl in Abhängigkeit des Ballastwasserzugangs

Mit 42,4 % oder 64 Arten sind die meisten Arten in den Ballastwasserproben gefunden worden, die mit der Handpumpe via Peilrohr genommen wurden. Peilrohrproben stellten zugleich die am häufigsten (63 x) durchgeführten Probenahme dar (Tab. 17). In Proben an der Lenzpumpe wurden 25,8 % (39) der Arten bei 42 Probenahmen ermittelt. Bemerkenswert ist die hohe Artdiversität der Dockproben. Durchschnittlich werden bei dieser Zugangsmöglichkeit etwa 4 Arten gefunden. Etwa 14 % der Arten entfielen auf die 5 Dockproben. Unter 10 % entfallen auf die Kescher- und Netzproben im Ballasttank (Tab. 38).

Tab. 38: Artanzahl (absolut und relativ) nach Zugang zum Ballastwasser

Zugang	Artfunde gesamt	%	Artfunde pro Probe
Mannloch, Restpfütze	12	8,0	0,9
Mannloch, Wassersäule	15	9,9	1,7
Dockprobe	21	13,9	4,2
Lenzpumpe	39	25,8	0,9
Peilrohr	64	42,4	1,0
Summe	151	100,0	

### 3.2.2.8 Artfunde nach Tanktypen

Mit einem Anteil von 42,7 % (104 Arten) wurde der höchste Artenanteil in den Ballastwasserproben der Doppelbodentanks, der niedrigste (1 Art) in Quertanks, gefunden (Tab. 39). Mehrfachfunde traten verstärkt in Doppelboden- und Seitentanks auf. Die am häufigsten gefundene Art im Ballastwasser, *Eurytemora affinis*, wurde zu 53,8 % in Doppelboden- und 30,8 % in Seitentanks gefunden. Funde von *Bosmina coregoni* wurde zu 87,5 % in Doppelbodentanks gefunden.

Tab. 39: Absolute und relative Artenanzahl nach Tanktypen

Tanktyp	Artfunde gesamt	%	Artfunde pro Probe
Doppelbodentank	104	42,7	1,9
Seitentank	83	34,0	1,8
Vorpiek	35	14,3	1,8
Achterpiek	21	8,6	2,3
Quertank	1	0,4	0,5
Summe	244	100,0	

In bezug auf die Häufigkeit der Beprobungen werden mit 2,3 Arten die meisten Arten (21 Arten in 9 Proben) pro Probenahme in den Achterpiektanks gefunden. In Doppelboden-, Seitentanks und in Vorpiektanks wurden durchschnittlich 1,8 Arten bei jeder Probenahme bestimmt (Tab. 16 und Tab. 39).

### 3.2.2.9 Artfunde nach Schiffstypen

Auf Containerschiffen wurden die meisten Arten (150 = 61,6 %) gefunden. Im Ballastwasser von Kombischiffen wurden 61 Arten festgestellt. Weniger als 5 Arten wurden bei Beprobungen von Forschungsschiffen und Ro-Ro-Transportern gefunden. Im Ballastwasser von Schüttguttransportern und Tankern konnte jeweils nur eine Art gefunden werden (Tab. 40). Auffällig war das häufige multiple Vorkommen von Arten im Ballastwasser von Containerschiffen. *Eurytemora affinis* wurde in 19 Ballastwasserproben von Containerschiffen gefunden. Mit 87,5 % wurden nahezu alle Funde von *Tisbe graciloides* ebenso im Ballastwasser von Containerschiffen gefunden.

Tab. 40: Absolute und relative Artenanzahl nach Schiffstypen

Schiffstyp	Artfunde gesamt	%	Artfunde pro Probe
Schüttguttransporter	1	0,4	0,3
Tanker	1	0,4	0,3
Forschungsschiff	4	1,6	4,0
Ro-Ro-Transporter	5	2,0	1,7
Autotransporter	22	9,0	4,4
Kombischiff	61	25,0	2,3
Containerschiff	150	61,6	1,7
Summe	244	100,0	

Werden die Häufigkeiten der Beprobungen einbezogen, wurde maximal eine Art (16 Arten in 16 Proben) pro Probenahme im Ballastwasser bei Autotransportern gefunden. Auf Kombi-, Containerschiffen und Ro-Ro-Transportern wurden 0,3 - 0,8 Arten pro Probenahme gefunden. Bei der einmaligen Beprobung des Forschungsschiffes Polarstern wurden 4 Arten gefunden.

### 3.2.2.10 Schiffsbegleitung von Singapur nach Bremerhaven

Durch die schiffsbegleitenden Untersuchungen sollte die Entwicklung der Populationsdichte während einer Reise dokumentiert werden. Die Abiotik wurde in 4 Ballasttanks untersucht, während die Entwicklung der Organismen im Achterpiektank (nach der Füllung nahe Singapur) und in einem Seitentank (nach der Füllung nahe Colombo) untersucht wurde.

Der Vergleich mit den täglich gemessenen Ozeantemperaturen zeigt, daß die Wassertemperatur in den Ballasttanks der des Ozeans mit einer Zeitversetzung von maximal zwei Tagen folgt (Abb. 30).

Sehr geringfügige Schwankungen wurden für den pH-Wert (6,25 - 8,75) und die Salinität (30,2 - 31,3 ‰) im Ballasttank festgestellt (Tabellenband, Tab. 10).

Der Sauerstoffgehalt zeigte über den gesamten Reiseverlauf geringe Schwankungen. Die Übersättigung bis 126 % wurde vom 4. bis 7. Reisetag gemessen (Abb. 31).

#### 3.2.2.10.1 Organismengehalt in der Achterpiek über 24 Tage

Die Achterpiek wurde am 03. Mai 1996 in der Malakkastraße, nahe Singapur, gefüllt. Die Oberflächentemperatur betrug 30,4 °C. Die Wassertiefe 23 m.

Maximal wurden 24 Taxa am zweiten Tag nach der Befüllung der Ballasttanks bestimmt. Am Ende der Reise nach 24 Tagen wurden 4 Taxa festgestellt, von denen nur eines bis zur Art bestimmt werden konnte: *Tisbe graciloides*, Turbellar, Gastropoden- und Bivalvenlarve. Die Überlebensrate der Taxa lag bei 16,7 %. Juvenile Copepoda machten zu Beginn den Hauptanteil der Organismen aus. Nach 5 Tagen im Tank sank ihre Dichte sehr stark ab (Abb. 32). Bemerkenswert ist, daß in diesem Zeitraum die Wassertemperatur nicht nennenswert schwankte (Tabellenband, Tab. 10).

#### 3.2.2.10.2 Organismengehalt im Seitentank über 14 Tage

Die Seitentank wurde am 12. Mai 1996 nahe Colombo gefüllt. Die Wassertiefe betrug etwa 200 m, die Oberflächentemperatur 30,5 °C.

Ähnlich wie im ersten Tank war auch hier ein Artenrückgang von 16 auf 6 Arten festzustellen die nach 14 Reisetagen am Ende der Fahrt noch gefunden werden konnten. Die Überlebensrate der Arten lag bei 37,5 %. Bemerkenswert ist der Anstieg der Individuenanzahl von *Tisbe graciloides* zum Ende der Reise (Abb. 33). Bei der ersten Probenahme wurden 11 Individuen, in Bremerhaven bei der letzten Beprobung mit 1.040 Individuen die höchste Dichte gefunden (Tabellenband, Tab. 11).

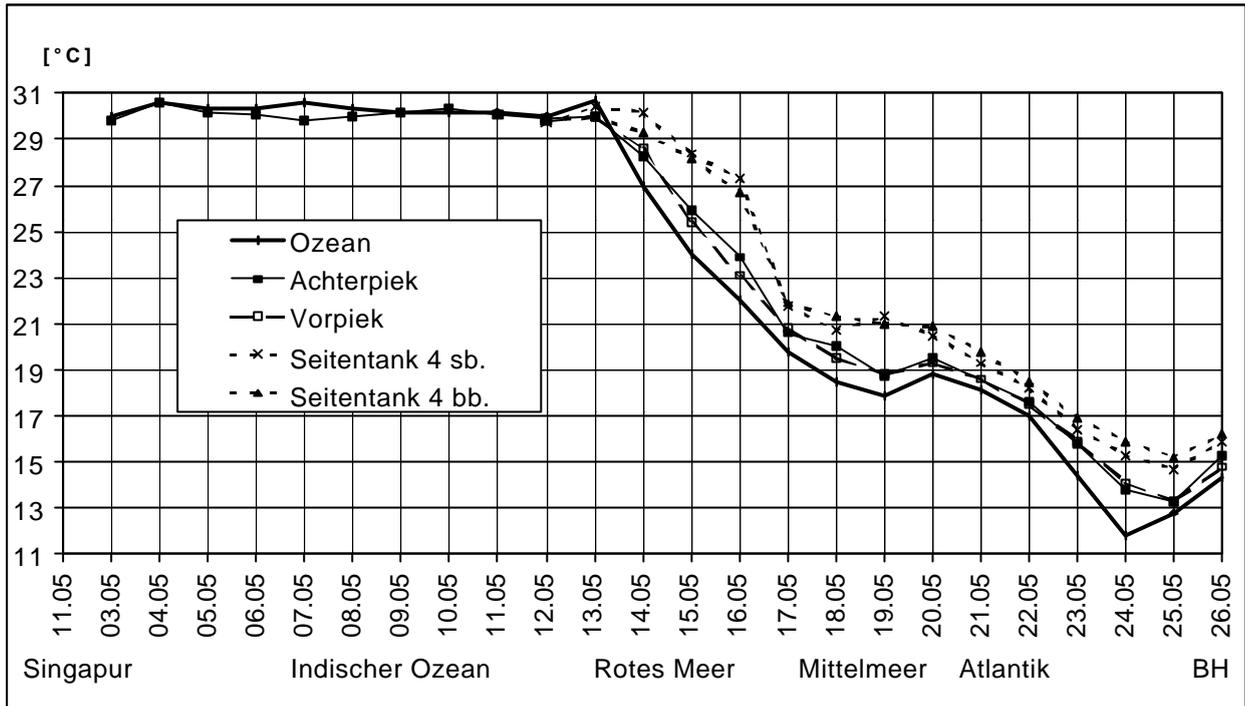


Abb. 30: Temperaturverlauf des Ballastwassers in den untersuchten Ballasttanks im Vergleich zur Ozeantemperatur während der Reise von Singapur nach Bremerhaven (BH) vom 03.05. - 26.05.1995 (Steuerbordtank = sb., Backbordtank = bb.).

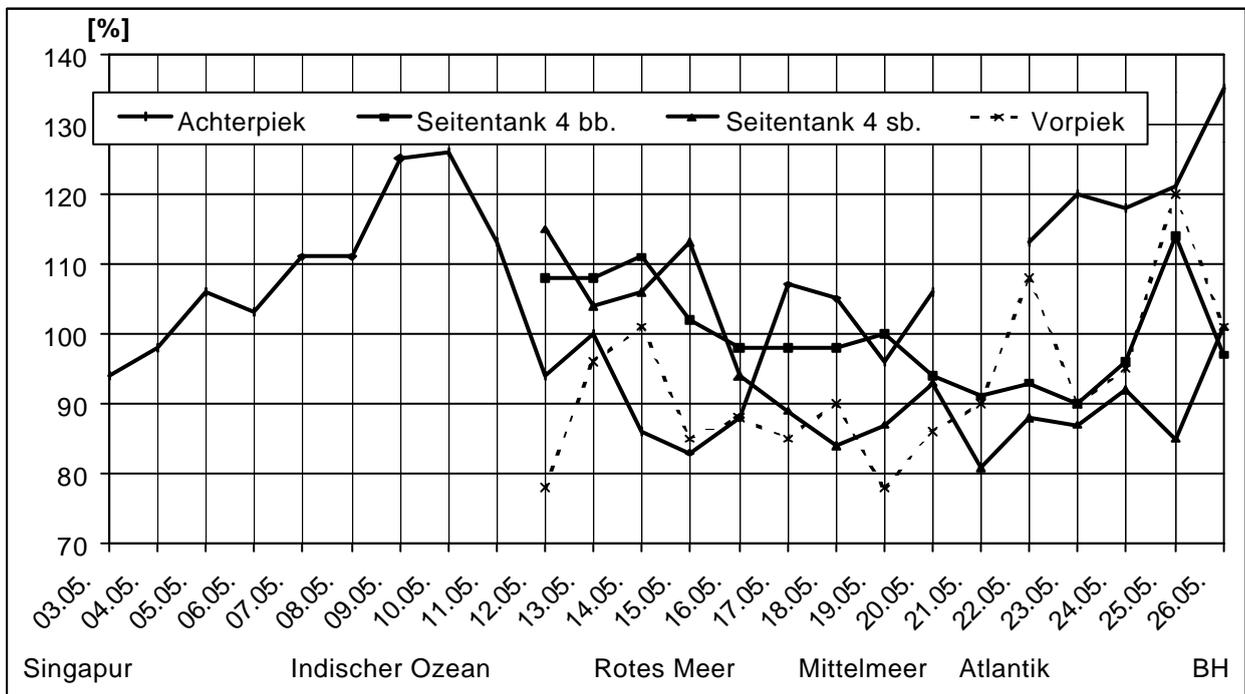


Abb. 31: Schwankungen des Sauerstoffgehaltes (%) im Ballastwassers der untersuchten Ballasttanks während der Reise von Singapur nach Bremerhaven (BH) vom 03.05. - 26.05.1995 (Steuerbordtank = Stb, Backbordtank = Bb.).

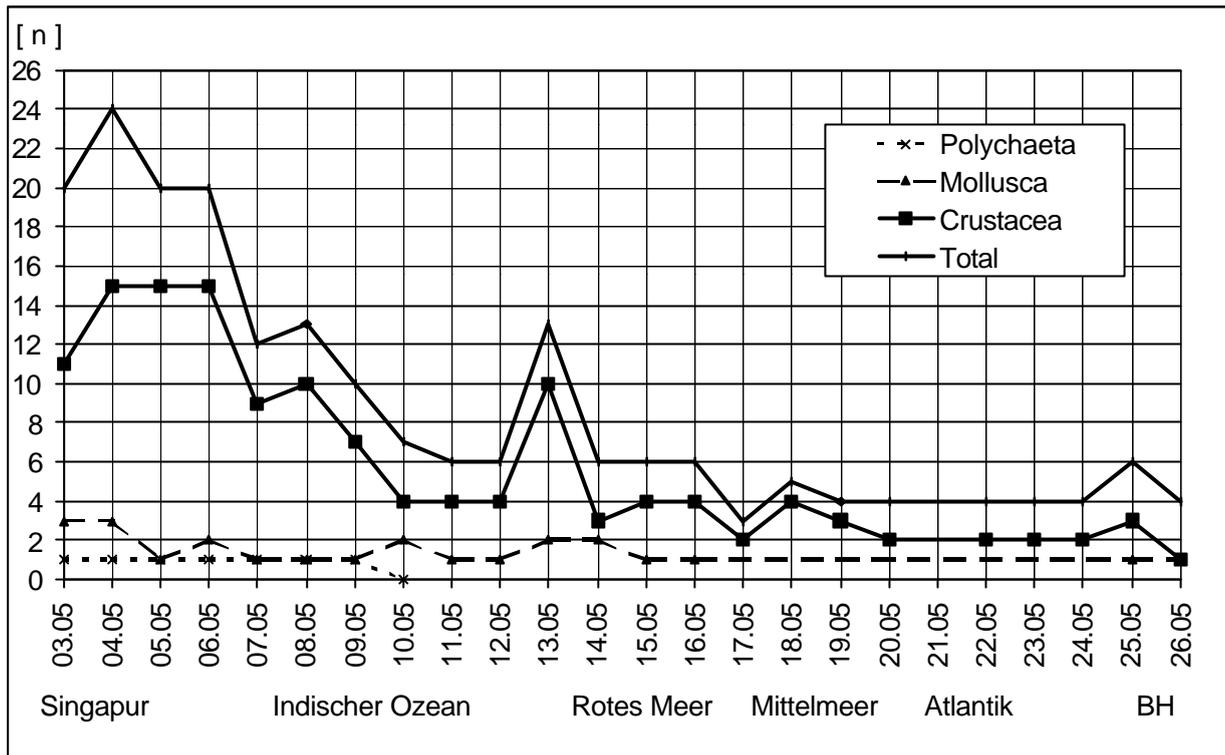


Abb. 32: Beobachtete Artenanzahl in den Taxa Polychaeta, Mollusca und Crustacea im Ballastwasser während der Reise von Singapur nach Bremerhaven (BH) vom 03.05. - 26.05.1995.

### 3.2.2.11 Ermittlung der Überlebensrate von Arten im Ballastwasser während einer Atlantiküberquerung

Durch eine Untersuchung vor Abfahrt des Schiffes in einem europäischen Hafen und nach Ankunft in Nordamerika sollte die Überlebensrate der Organismen im Ballastwasser während einer Atlantiküberquerung untersucht werden. Nach der Probenahme flogen Herr. Dammer und Herr Gollasch in die USA und untersuchten dort das Schiff nach seiner Ankunft im Hafen von Norfolk.

Die europäische Probenahme erfolgte am 27. Aug. 1995 in Antwerpen. Das Ballastwasser wurde bereits am 26. Aug. 1995, kurz nach Verlassen Bremerhavens in die Vorpiek gepumpt. Der Salzgehalt lag bei 27,1 ‰, die Temperatur bei 18,3 °C. In einem weiteren Ballasttank (Achterpiek) wurde "mitten im Atlantik" Ballastwasser aufgenommen.

### 3.2.2.11.1 Vorpiek

Bei der Probenahme in Antwerpen wurden bezogen auf 100 l Probenvolumen 229 Individuen 5 heimischer Copepoden (*Eurytemora affinis*, *Acartia tonsa*, *A. longiremis*, *A. clausi* und *Oithona similis*) sowie Copepodite und eine Naupliuslarve im Ballasttank gefunden (Tab. 41).

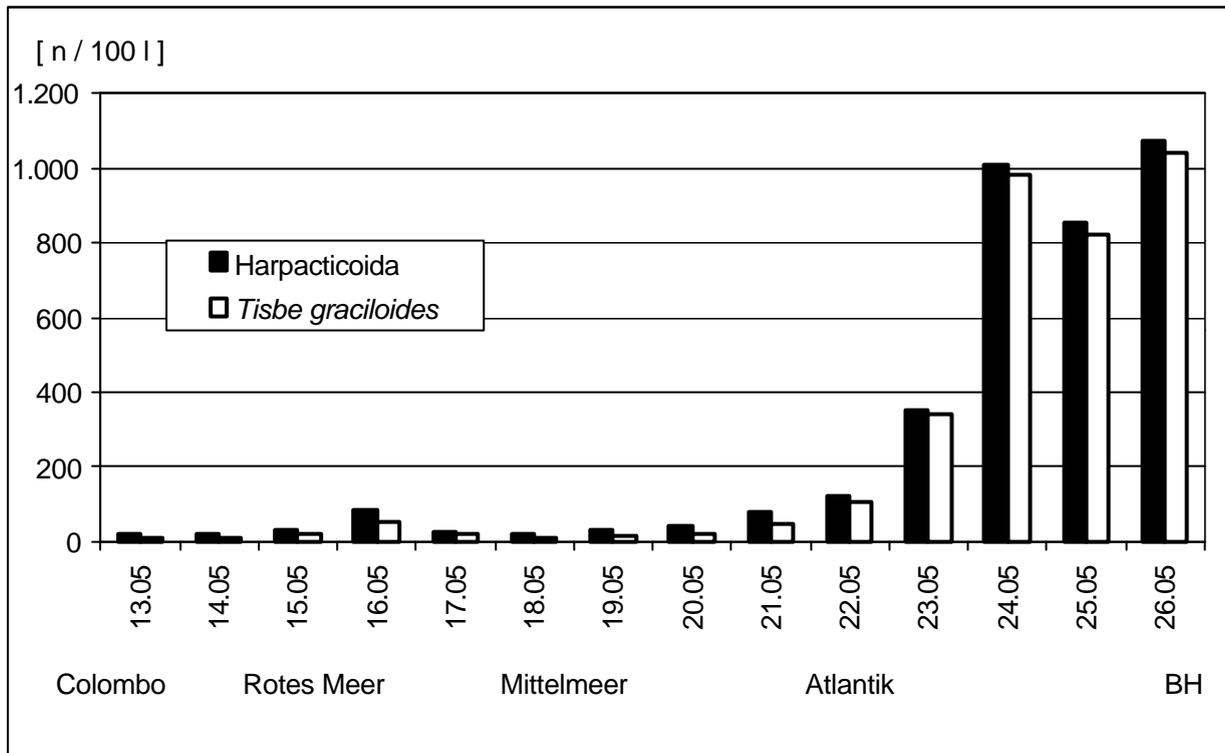


Abb. 33: Bestandsentwicklung des harpacticoiden Copepoden *Tisbe graciloides* im Ballastwasser während einer Reise von Colombo nach Bremerhaven (BH) vom 13.05. - 26.05.1995.

Tab. 41: Überlebensrate der Arten während einer Transatlantik-Überquerung.

Vorpiek	27.08.1995	07.09.1995
Taxon	n / 100 l	n / 100 l
<i>Acartia clausi</i>	3	1
<i>A. longiremis</i>	3	0
<i>A. tonsa</i>	171	0
<i>Eurytemora affinis</i>	11	2
<i>Oithona similis</i>	4	1
Copepodite	36	0
Naupliuslarven	1	0
Summe	229	4

Das Ballastwasser verblieb während der gesamten Reise in diesem Tank. Nach der 12tägigen Atlantiküberquerung wurde am 7. Sept. 1995 dieser Ballasttank in Norfolk (USA) erneut beprobt. Am Endpunkt der Reise wurde ein geringfügig erhöhter Salzgehalt des Ballastwassers (28 ‰) gemessen. Die Temperatur des Ballastwassers lag mit 25 °C deutlich über der am Ausgangspunkt der Reise.

Die Individuenanzahl der Copepoda war nach der Atlantiküberquerung auf 4 Individuen abgesunken. *Eurytemora affinis* (2 Individuen), *Acartia clausi* (1 Individuum) und *Oithona similis* (1 Individuum) wurden gefunden, Copepodite und Naupliuslarven wurden nicht festgestellt (Tab. 41).

Die Überlebensrate der Arten lag bei 60 %, die der Individuendichten variierte von 0 bis maximal 25 % für *Oithona similis*. Die durchschnittliche Überlebensrate der Individuen lag bei 2 %.

### **3.2.2.11.2 Achterpiek**

Um den Eintrag von nichtheimischen Organismen zu minimieren wird von der IMO das Ballastwasserwechseln auf hoher See empfohlen. Um die Effektivität dieser Maßnahme zu überprüfen, wurde die Achterpiek mitten im Atlantik bei einer Wassertiefe von etwa 3.000 m gefüllt (Breite: 46° 43'N, Länge: 24° 8'W). Die Wassertemperatur lag bei 20 °C, Salinität bei 35 ‰.

Bei der Probenahme in Norfolk, nach einer 12tägigen Reise, wurde eine Salinität von 35 ‰ und eine Temperatur von 25 °C gemessen.

Bei der Probenahme in Norfolk (USA) wurde eine unvollständige und daher nicht bestimmbar Exuvie gefunden. Lebende oder abgestorbene Zooplanktonorganismen wurden nicht festgestellt.

### **3.2.2.12 Hochrechnung des in heimischen Häfen gelenzten Ballastwassers**

Die Gesamtmenge der BRT aller jährlich aus nichtheimischen Gewässern deutsche Häfen anlaufenden Schiffe wird, basierend auf etwa 7.000 Schiffsankünften mit durchschnittlich 23.000 BRT pro Schiff (Bettelhäuser & Ullrich 1993), auf 161 Mio BRT geschätzt. Nach eigenen Angaben (Tab. 9) beträgt die maximal transportierbare Ballastwassermenge durchschnittlich für alle Schiffstypen etwa 15 % der BRT: 24 Mio. t oder umgerechnet in metrische Tonnen 67,2 Mio t (1 BRT = 2,8 metrische t). Davon stammen etwa 20 % aus

außereuropäischen Gebieten: 13,4 Mio t. Im Lade-Löschbetrieb in den Häfen wird etwa 20 % dieses Ballastwasser abgegeben: 2,7 Mio. t.

### **3.2.3 Sediment**

#### **3.2.3.1 Tiergruppen in Sedimentproben**

Crustacea überwiegen mit 45 Arten (40,9 %) gefolgt von Mollusca mit 36 Arten (32,7 %). Bei den Crustacea dominieren die Cirripedia mit 17 Arten (= 15,5 %), bei den Mollusca die Bivalvia mit 26 Arten (23,6 %) (Tab. 35). Die höchste Artenvielfalt wurde mit 25 Arten (Abb. 34) in einer Probe mit dem Herkunftsgebiet Kanarische Inseln gefunden (Anhang, Tab. 7).

#### **3.2.3.2 Artenanzahl nach Herkunftsgebieten**

Aussagen über die Übereinstimmung von den Herkunftsgebiet der Arten und Fahrtgebieten der Schiffe sind nur eingeschränkt möglich, da die Sedimente in den Tanks nicht aus einer Ballastwasseraufnahme stammen. Da Schiffe auch in heimischen Gewässer Ballastwasseroperationen durchführen können heimische Arten im Tanksediment gefunden werden.

Die meisten Arten (58 = 40,6 %) wurden in Sedimentproben aus tropischen (56 Arten = 39,2 %) und aus warm-gemäßigten Regionen gefunden. Die höchste Artenanzahl nach Herkunftsgebieten wurde mit 28 Arten für die warm-gemäßigte Westküste Afrikas ermittelt. In Proben aus der tropisch malaiischen Region wurden 27 Arten gefunden (Abb. 29). Aus dieser Region stammt die höchste Probenanzahl (Abb. 5). Nur etwa halb so viele Arten wurden in den Proben von der Ostküste Nordamerika (15 Arten), mittelamerikanischen Ostküste (14 Arten) und der Westküste Afrikas des tropischen Bereiches (14 Arten) gefunden (Abb. 29).

### **3.2.4 Außenhaut**

#### **3.2.4.1 Tiergruppen in Außenhautproben**

Wie bei den Sedimentproben überwiegen in den Außenhautproben die Crustacea mit 58 Arten (= 52,7 %) neben den Mollusca mit 30 Arten (= 27,3 %). Der Hauptanteil der Arten bei den Crustacea entfällt auf balanomorphe Cirripedia (30 Arten = 27,3 %), bei Mollusca auf die Bivalvia (28 Arten = 25,5 %) (Tab. 35).

Die maximale Artenanzahl von 15 Arten wurde in zwei Proben gefunden (Abb. 35 und Anhang, Tab. 8).

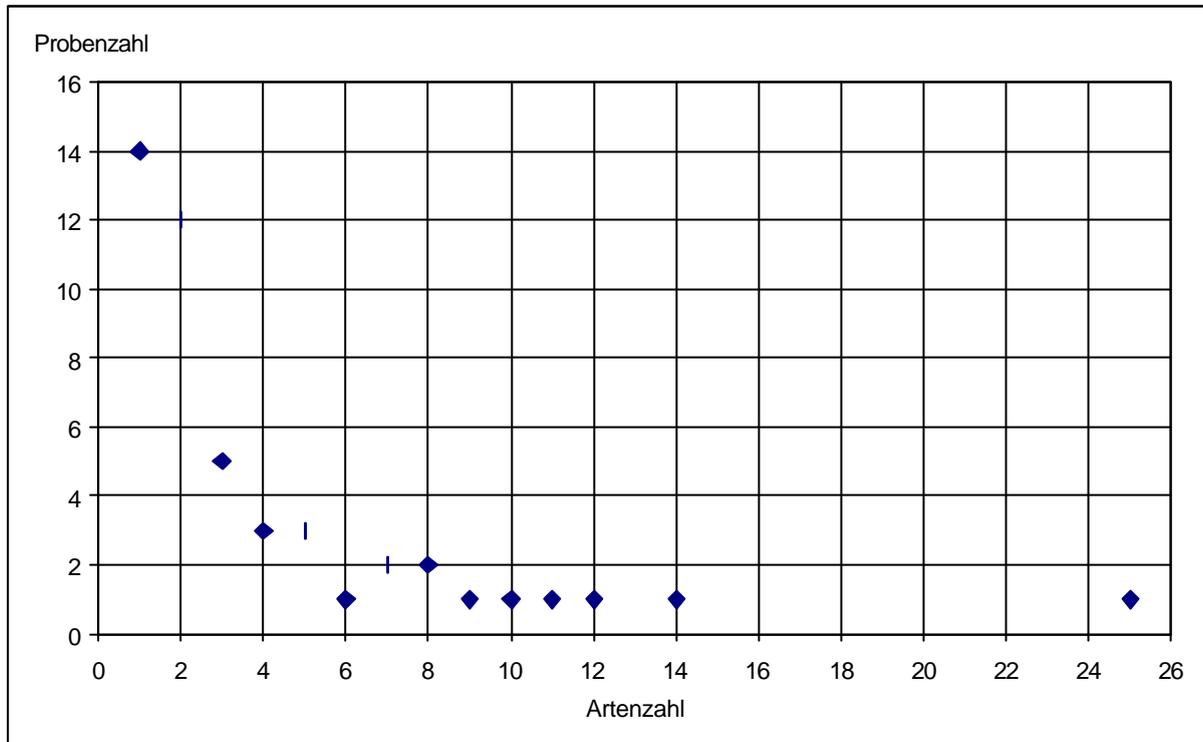


Abb. 34: Häufigkeit der Artenanzahl in den Sedimentproben.

### 3.2.4.2 Artenanzahl nach Herkunftsgebieten

Angaben über das Herkunftsgebiet sind ungenau, da nicht ermittelt werden kann, in welcher Region des Fahrtgebietes die Festsetzung der Organismen am Schiffsrumpf erfolgte. Die Herkunftsangaben beschränken sich auf das am weitesten entfernte Fahrtgebiet der Schiffe. Die meisten Arten (63 = 36,4 %) wurden in Außenhautproben warm-gemäßigter und kalt-gemäßigter Regionen (59 Arten = 34,1 %) gefunden (Abb. 25).

Das am häufigsten ermittelte geographische Herkunftsgebiet der Außenhautproben war der südaustralische Bereich (20 Proben) (Abb. 5). In diesen Proben konnte mit 36 verschiedenen Arten ebenso die höchste Artenvielfalt aller Probenarten innerhalb eines Herkunftsgebietes bestimmt werden (Abb. 29).

In 4 Proben des warm-gemäßigten bzw. tropischen Fahrtgebietes (Südjapan; Mittelamerika, Ostküste; Südamerika, Westküste; östliches Mittelmeer und Malaysia) wurden 24 - 26 Arten gefunden (Abb. 29).

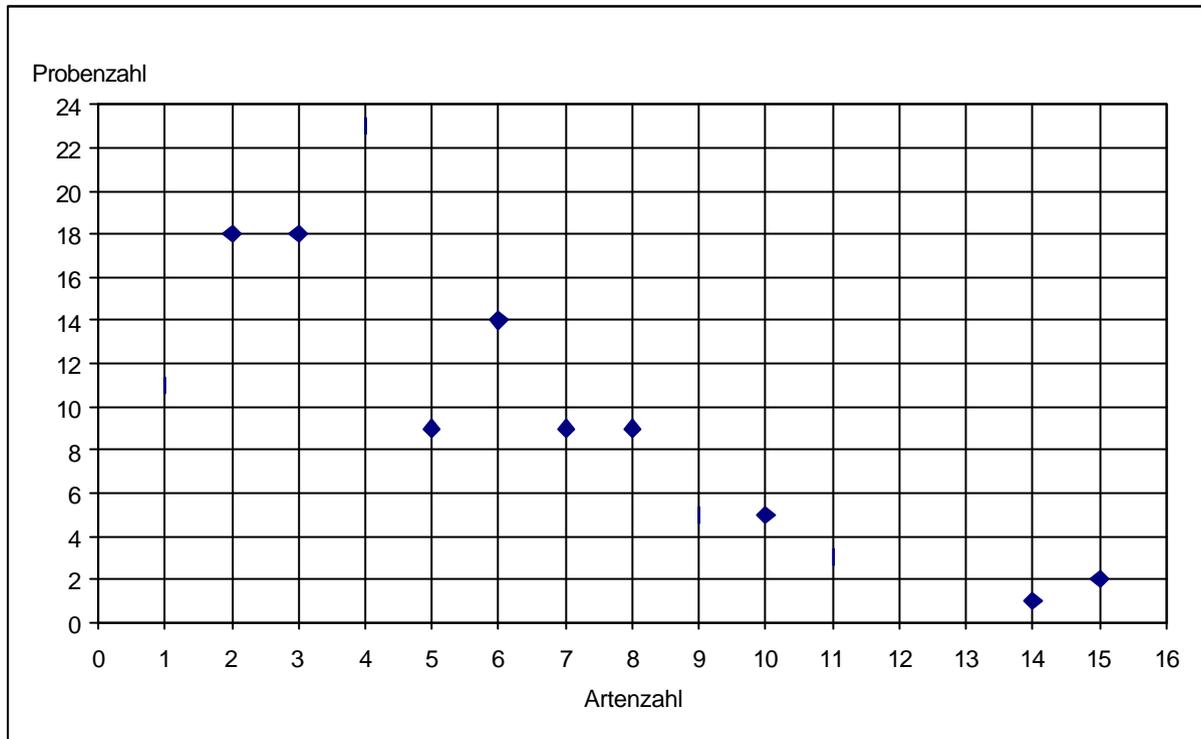


Abb. 35: Häufigkeit der Artenanzahl in Außenhautproben.

### 3.2.4.3 Naßgewichte

Die Bestimmung der Naßgewichte der Außenhautproben ergab im Durchschnitt  $6.276 \text{ g/m}^2$  mit Maximalwerten bis  $12.154 \text{ g/m}^2$  im Fahrtgebiet Australien (Tab. 42). Die durchschnittliche mit Wasser bedeckte Außenhautfläche beträgt  $7.543 \text{ m}^2$ . Da bei den Probenahmen durchschnittlich eine Außenhautfläche von etwa 14 % bewachsen war ( $= 1.056 \text{ m}^2$ ) (Abb. 12), wird ein durchschnittliches Aufwuchsgewicht und damit zusätzlich zu transportierendes Gewicht von 6,6 t errechnet. Es ist anzumerken, daß eingedockte Schiffe den maximalen Aufwuchs zeigen. Probenahmen zwischen den Dockaufenthalten ergeben vermutlich geringere Bewuchsgewichte.

Tab. 42: Naßgewichte ausgewählter Außenhautproben, jeweils für 100 cm<sup>2</sup>.

Probe	Fahrtgebiet	Naßgewicht [g]
63	Neuseeland	97,0
88	Kanada, Vancouver	51,9
97	USA, Golf von Mexiko	117,6
101	Malaysia, Singapur	54,2
117	Malaysia, Singapur	113,1
120	Chile, San Antonio	37,9
127	Kanada, Montreal	50,6
145	Karibik	14,8
194	Malaysia, Singapur	48,6
200	Venezuela, Porto Cabello	19,5
205	Algerien, Mostaganem	46,1
248	Australien	121,5
264	Mittelmeer	38,2
307	Karibik	47,9

#### 3.2.4.4 Artbeschreibung

In der Außenhautprobe Nr. 148 wurden neben Cirripedia und Bivalvia 5 Individuen einer bisher nicht beschriebenen Turbellaria Art (Polycladida, Acoela) der Gattung *Cryptostylochus* n. sp. festgestellt (Faubel & Gollasch in press.).

#### 3.2.5 Relation heimischer zu nichtheimischen Arten

Als nichtheimisch wurden die Arten eingestuft, die vor dieser Untersuchung bei Bestandsaufnahmen der heimischen Fauna nicht gefunden wurden. Dazu gehören aus den vorliegenden Untersuchungen 150 Arten. Darunter waren 16 nichtheimische Arten (10,7 %), die bekanntermaßen in unseren Gewässern auftreten. Diese wurden als nicht heimische aber vorkommende Arten bezeichnet (Kap. 3.2.6.4). Darüber hinaus konnte für 14 nichtheimische Gattungen keine Artdiagnose vorgenommen werden.

Der Anteil der heimischen 107 Arten macht 41,6 % aller bestimmten Arten aus. Danach ist weniger als jede zweite mit Schiffen in unsere Gewässer transportierte Art dieser Bestandsaufnahme heimisch. Bis auf Gastropoda wurden innerhalb aller Klassen heimische

und nichtheimische Arten gefunden. Weder in Ballastwasser- noch in Sediment- oder Außenhautproben wurden heimische Schnecken festgestellt.

Auffallend waren die hohen Häufigkeiten der heimischen Arten wie beispielsweise *Eurytemora affinis* (Copepoda, Calanoida) mit 26 Funden im Ballastwasser und *Mytilus edulis* (Bivalvia) mit Funden in 10 Sediment- und 25 Außenhautproben. Nichtheimische Arten traten oft nur in einzelnen Proben wie beispielsweise *Cordylophora caspia* (Cnidaria, Hydrozoa), *Telemactra abbreviata* (Bivalvia) und *Acartia grani* (Copepoda, Calanoida) oder wie *Clio pyramidata* (Gastropoda) *Ashtoret maculata* (Decapoda, Reptantia) und *Oncaea dentipes* (Copepoda, Poecilostomatoida) einmalig als Einzelorganismus auf (s. 3.2.6.4.2 und 3.2.6.4.3, Anhang, Tab. 4 - 6).

### 3.2.5.1 Ballastwasserproben

Ballastwasserproben werden von heimischen Arten dominiert. Von den insgesamt 98 gefundenen Arten der Ballastwasserproben sind 61 Arten (= 62,2 %) in unseren Gewässern heimisch. Innerhalb der Taxa Protozoa, Rotatoria, Nematoda, Cladocera, Isopoda und Decapoda wurden ausschließlich heimische Arten gefunden. Neben 6 heimischen Fischarten wurde nur der nichtheimische *Allosmerus elongatus* gefunden. Überwiegend heimische Arten wurde in den calanoiden (12 Arten, 54,5 %) und harpacticoiden (8 Arten 53,3 %) Copepoda gefunden. Mit 4 Arten (66,7 %) dominieren nichtheimische Arten in cyclopoiden und mit 77,8 % (7 Arten) in poecilostomatoiden Copepoda. Die heimische Art *Eurytemora affinis* (Copepoda, Calanoida) wurde in 26 Proben gefunden und ist damit die am häufigsten aufgetretene Art. Anhand dieser Art werden Unstimmigkeiten der schiffsseitigen Herkunftsangaben deutlich. *E. affinis* wurde überwiegend im Ballastwasser (10 x) aus dem bekannten Verbreitungsgebiet (kalt-gemäßigte Regionen) gefunden. Bemerkenswert sind die 15 Funde im Ballastwasser aus den Tropen und warm-gemäßigten Breiten, für die ein Vorkommen von *E. affinis* bisher nicht bekannt ist. In 5 dieser Proben (44, 143, 196, 262, 277) wurde neben heimischen auch nichtheimische Arten aus den angegebenen Herkunftsgebieten festgestellt. In Probe 136 wurden 14 heimische Taxa gefunden. Als Herkunftsgebiet dieser Probe wurde Brasilien angegeben (Tabellenband, Tab. 5).

### 3.2.5.2 Sedimentproben

In Sedimentproben wurden 50 (=45,5 %) nichtheimische der insgesamt 110 bestimmten Arten gefunden. Der Anteil heimischer Arten nach Taxa ist sehr verschieden. Ausschließlich

heimische Arten wurden in den Taxa Rotatoria, Nematoda und Decapoda, Natantia gefunden. Innerhalb der Amphipoda (3 Arten oder 60,0 %) und Foraminifera (5 Arten oder 55,6 %) überwiegen heimische Arten. Bei Bivalvia (13 Arten) und calanoiden Copepoden (1 Art) machen heimische und nichtheimische Arten jeweils 50 % aus. In den meisten Taxa überwiegen jedoch nichtheimischen Arten (Bryozoa 2 Arten oder 66,7 %, Decapoda, Reptantia 6 Arten oder 85,7 % und Cirripedia 15 Arten oder 88,2 %). Im Gegensatz zu den Ballastwasserproben wurden nichtheimische Arten häufig angetroffen (Tabellenband, Tab. 6). Mit 12 Funden war der nichtheimische *Balanus improvisus* (Cirripedia) die am häufigsten gefundene Art. Am zweithäufigsten wurde die heimische Muschel *Mytilus edulis* in 10 Proben gefunden (Tabellenband, Tab. 6).

### 3.2.5.3 Außenhautproben

Die geringste Anzahl heimischer Arten (27) wurde innerhalb der 110 Arten in Außenhautproben gefunden. Im Gegensatz zu Ballastwasser- und Sedimentproben traten heimische Arten in den Außenhautproben etwa bei der Hälfte der Proben (68 Proben) häufig auf.

Überwiegend werden balanomorphe Cirripedia und *Mytilus edulis* (Bivalvia) angetroffen. Bis auf Bryozoa wurden in allen Taxa, in denen nichtheimische Arten bestimmt wurden, mehr nichtheimische als heimische Arten gefunden. Besonders auffällig war der hohe Anteil (91 % oder 33 Arten) nichtheimischer Arten bei balanomorphen Cirripedia. Nur die heimischen *Balanus balanus*, *B. balanoides* und *B. crenatus*, die gleichzeitig alle heimischen balanomorphen Cirripediaarten repräsentierten, wurden festgestellt. Der Anteil der 22 nichtheimischen Arten an Bivalvia lag bei 78,6 %. Weiterhin sind Anthozoa und Amphipoda durch einen überwiegenden Anteil nichtheimischer Arten gekennzeichnet. Bemerkenswert ist der Fund einer taxonomisch neuen Art. In einer Außenhautprobe wurden 5 Individuen eines Turbellarien der Gattung *Cryptostylochus* gefunden (Faubel & Gollasch in press.). Da die Art in heimischen Gewässern nicht bekannt ist und das Fahrtgebiet des Schiffes sich auf die nordamerikanische Ostküste konzentrierte wird diese Region als Herkunftsgebiet angenommen (Tabellenband, Tab. 7).

### 3.2.6 Nichtheimische Organismen

#### 3.2.6.1 Nichtheimische Organismen in Ballastwasserproben

In 37 (37,8 %) Ballastwasserproben wurden nichtheimische Arten gefunden. Insgesamt wurden 37 nichtheimische Arten aus 10 Organismengruppen bestimmt. Der überwiegende Anteil nichtheimischer Arten entfällt auf Crustacea (33 Arten). Weiterhin wurden Mollusca (2 Bivalvialarven, 1 Gastropodalarve) und eine Fischart bestimmt. Innerhalb der Crustacea überwiegen Copepoda, zumeist calanoide Formen. Nichtheimische cyclopoide Copepoda und Fische wurden nur in Ballastwasserproben gefunden (Tab 43).

Nichtheimische Arten wurden im Ballastwasser aus 14 geographischen Regionen gefunden. Der überwiegende Teil wurde im Ballastwasser aus Asien (38,1 %), dem Mittelmeer (22,2 %) und der nordamerikanischen Ostküste (14,3 %) gefunden. Diese Herkunftsgebiete entsprechen den auf Hauptschiffahrtsrouten heimische Häfen anlaufenden Schiffen (Tab. 7). Die Herkunftsgebiete der calanoiden und harpacticoiden Copepoda liegen überwiegend in Asien. Cyclopoide und poecilostomatoide Copepoda wurden zumeist im Ballastwasser aus dem Mittelmeer und Westafrika gefunden. Das Ballastwasser, in dem Amphipoden gefunden wurden, stammte ausschließlich aus Asien.

Im Ballastwasser mit der Herkunft von der südamerikanischen Westküste, Südafrika und aus Nord-, West- und Südastralien wurden keine nichtheimischen Arten gefunden.

#### 3.2.6.2 Nichtheimische Organismen in Sedimentproben

In 30 (56,6 %) Sedimentproben wurden nichtheimische Arten gefunden. Mit einer Zugehörigkeit der insgesamt 60 nichtheimischen Arten zu 14 verschiedenen höheren Taxa wurde die höchste Formenvielfalt in den Sedimentproben gefunden. Innerhalb der Sedimentproben wurden die häufigsten Einzelfunde von Organismen festgestellt. Der Hauptanteil der in den Sedimentproben gefundenen nichtheimischen Arten entfiel auf Crustacea (28 Arten). Innerhalb der Crustacea traten neben Cirripedia am nächsthäufigsten Decapoda (zumeist Reptantia) auf. Mit 23 Arten kommen die meisten Mollusca in den Sedimentproben vor. Der überwiegende Teil sind Bivalvia mit 13 Arten. Die zwei nichtheimischen Polychaetenarten wurden nur in den Sedimentproben gefunden. Weiterhin traten nur in Sedimentproben Cladocera, Ostracoda und Scaphopoda auf (Tab. 43).

In Sedimentproben aus 17 Herkunftsregionen, überwiegend aus Asien und Westafrika, wurden nichtheimische Arten gefunden.

Tab. 43: Nachgewiesene Taxa mit Angabe absoluter und relativer Häufigkeit nichtheimischer Arten in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben.

Taxon	Ballastwasser		Sediment		Außenhaut		gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Protozoa								
Rhizopoda								
Foraminifera			5	8,3	1	1,2	5	3,3
Cnidaria					4	4,8	4	2,6
Hydrozoa					2	2,4	2	1,3
Anthozoa					2	2,4	2	1,3
Tentaculata								
Bryozoa			2	3,3	6	7,2	6	4,0
Mollusca	3	8,1	23	38,3	23	27,7	43	28,7
Gastropoda	1	2,7	9	15,0	1	1,2	10	6,7
Bivalvia	2	5,4	13	21,6	22	26,5	32	21,3
Scaphopoda			1	1,7			1	0,7
Articulata								
Annelida								
Polychaeta			2	3,3			2	1,3
Mandibulata								
Crustacea	33	89,2	28	46,8	49	59,1	89	59,5
Cladocera			1	1,7			1	0,7
Ostracoda			1	1,7			1	0,7
Copepoda, Calanoida	10	27,1	1	1,7			11	7,3
Copepoda, Cyclopoida	4	10,8					4	2,7
Copepoda, Harpacticoida	7	18,9	1	1,7			7	4,7
Copepoda, Poecilostomatoida	7	18,9	1	1,7			7	4,7
Cirripedia, balanomorphe	1	2,7	15	25,0	33	39,8	34	22,7
Cirripedia, lepadomorphe					5	6,1	5	3,3
Decapoda, Reptantia			6	10,0	3	3,6	9	6,0
Decapoda, Natantia					1	1,2	1	0,7
Isopoda	1	2,7			1	1,2	2	1,3
Amphipoda	3	8,1	2	3,3	6	7,2	7	4,7
Pisces								
Gnathostomata								
Osteichthyes	1	2,7					1	0,7
Summe	37	100,0	60	100,0	83	100,0	150	100,0

Bemerkenswert sind die Funde von 15 nichtheimischen Cirripedierarten in den Sedimentproben. Zu diesen Arten gehören die bereits in unsere Gewässer eingeschleppten *Balanus eburneus*, *B. improvisus* und *Elminius modestus* sowie der oft in sedimentreichen Gewässern gefundene *B. variegatus*.

Aus den Herkunftsgebieten Westküste Nord- und Mittelamerika, südliche Region Südamerika und Ostafrikas wurden keine nichtheimischen Arten gefunden.

### 3.2.6.3 Nichtheimische Organismen in Außenhautproben

Nichtheimische Arten wurden in 126 (97,7 %) Außenhautproben gefunden. Die Formenvielfalt der nichtheimischen Arten liegt mit ihrer Zugehörigkeit zu 12 höheren Taxa im mittleren Bereich, obwohl die Artenanzahl mit 83 am höchsten ist. Die meisten nichtheimischen Arten (49) sind Crustacea. Der überwiegende Anteil entfällt auf balanomorpe Cirripedia. Zahlreiche balanomorpe Cirripediaarten wurden häufig gefunden (*Balanus amphitrite amphitrite* in 64 Proben, *B. eburneus* in 43 Proben und *B. amphitrite communis* in 32 Proben). Mit 87 Funden ist der nichtheimische *Balanus improvisus* die am häufigsten gefundene Art aller Probenarten dieser Untersuchung.

Mit 23 Arten gehört ein weiterer großer Anteil der nichtheimischen Arten den Mollusca an. Bemerkenswert ist der hohe Anteil an Bivalvia mit 22 Arten. Nur in Außenhautproben wurden lepadomorpe Cirripedia und Cnidaria gefunden (Tab. 43).

Im Aufwuchs von Schiffen aus 23 Fahrtgebieten wurden nichtheimische Arten gefunden. Der überwiegende Anteil der Herkunftsgebiete lag in Asien, an der nordamerikanischen Ostküste und Westafrika.

Bemerkenswert sind die Funde der vagilen Fauna, die in Zwischenräumen sessiler Aufwuchsorganismen gefunden wurden. Die weiteste Entfernung legte *Hemigrapsus penicillatus* (Decapoda, Reptantia) aus seinem asiatischen Verbreitungsgebiet bis in heimische Gewässer, im Schutz leerer Balanidenschalen, zurück. Andere Decapoda und Amphipoda gelangten aus dem Golf von Mexiko, Mittelmeer und Westafrika auf diesem Weg in unsere Gewässer.

### 3.2.6.4 Gattungs- und Artenliste nichtheimischer Organismen

Nichtheimische Organismen, die nur bis auf Gattungsniveau bestimmt werden konnten, wurden gesondert aufgelistet.

Die nichtheimischen Arten wurden in zwei Kategorien aufgeteilt. Zuerst werden die bereits in unseren Gewässern gefundenen Arten aufgelistet (3.2.6.4.2), gefolgt von den bisher in unseren Gewässern noch nicht angetroffenen Arten (3.2.6.4.3).

### 3.2.6.4.1 Nichtheimische Gattungen, die in unseren Gewässern bisher nicht vorkamen

#### Foraminifera

##### *Discorbis*

Proben: Sediment (1: ASMAL-4), Aufwuchs (3: AUSN-4, MAO-4 (2))

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Australien, Westküste Nordamerika, Schwarzes Meer (Murray 1973)

Anmerkung: Zumeist sessile Epifauna (Redfield et al. 1952). Neritisches Vorkommen bei Wassertemperaturen > 12 °C (Murray 1973).

##### *Nonion*

Probe: Sediment (1: MAO-4)

Verbreitung: kalt-gemäßigte Region bis Tropen. Pazifik, Westküste Australien, Mittelmeer, Schwarzes Meer, Ostküste Nordamerika (Murray 1973)

Anmerkung: hyposalin, neritisch (Hofker 1942, Murray 1973).

#### Bryozoa

##### *Antropora*

Probe: Aufwuchs (1: AUSS-2)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Regionen von Pazifik und Atlantik (Powell 1971), Südwest- und Südostpazifik (Hillmer, pers. Mitt.).

Anmerkung: euryhalin (Powell 1971). Keine Vorkommen von Arten dieser Gattung in heimischen Gewässern (Hillmer, pers. Mitt.).

##### *Crassimarginetella*

Probe: Sediment (1: AUSO-3)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region des Atlantiks und Mittelmeeres (Prenant & Bobin 1966).

##### *Densipora*

Probe: Aufwuchs (1: AUSS-2)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Südwest- und Südostpazifik (Hillmer, pers. Mitt.).

Anmerkung: Keine Arten dieser Gattung werden in heimischen Gewässern gefunden (Hillmer, pers. Mitt.).

##### *Hinksina*

Proben: Sediment (1: MMO-3), Aufwuchs (2: MMO-3, AUSO-2)

Ursprungsgebiet: warm- und kalt-gemäßigte Region, Nordostatlantik, Westküste Großbritannien, Irland und Mittelmeer (Prenant & Bobin 1966).

Anmerkung: In heimischen Gewässern kommen keine Arten dieser Gattung vor (Hillmer, pers. Mitt.).

#### Mollusca

##### Gastropoda

##### *Cypraea*

Probe: Aufwuchs (1: AUSN-4)

Ursprungsgebiet: Tropen, Pazifik (Carlton 1987), Südostasien (Abbott 1991).

##### *Marginella*

Probe: Aufwuchs (1: AUSS-2)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Regionen aller Meere (Grassé 1968, Nordsieck 1982).

### **Bivalvia**

*Semele*

Probe: Sediment (1: AUSS-2)

Ursprungsgebiet: Tropen, Südostasien (Abbott 1991).

*Septifer*

Probe: Sediment (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Japan (Bonnot 1935, Powell 1976).

Anmerkung: Eingewandert in Nord-Neuseelands Gewässer (Powell 1976).

### **Ostracoda**

*Argilloecia*

Probe: Aufwuchs (1: MAO-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Europa, Nordafrika, Kleinasien, Nordamerika, Westindische und Sunda Inseln (Klie 1938).

### **Copepoda, Harpacticoida**

*Diosaccus*

Probe: Ballastwasser (1: ASSJ-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Westküste Nordamerika, Kalifornien (Lang 1965).

*Pseudozosime*

Probe: Ballastwasser (1: \*(3))

Ursprungsgebiet: antarktische Region (Lang 1948).

### **Decapoda**

*Panopeus*

Probe: Sediment (1: SAO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, Westküste Mittelamerika (Türkey, pers. Mitt., Faxon 1893, Rathbun 1910, Bott 1955, Garth 1961). Kalifornien bis Chile (Rathbun 1933, Garth & Haig 1956), Nordamerika Ostküste, Chesapeake Bay (Ryan 1956).

## **3.2.6.4.2 Nichtheimische Arten, die bereits in unseren Gewässern nachgewiesen wurden**

### **Cnidaria**

#### **Hydrozoa**

*Cordylophora caspia*

Probe: Aufwuchs (1: AFW-3)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, Kaspisches Meer (Leppäkoski 1984, Alibekova et al. 1986)

Anmerkung: *C. caspia* gelangte vermutlich im letzten Jahrhundert über Kanäle oder möglicherweise im Aufwuchs von Schiffen in die Ostsee und wird seit 1900 gefunden (Leppäkoski 1984, von Bodungen und Zeitschel 1995). Die Öffnung des Nord-Ostsee-Kanals 1895 ermöglichte eine Organismenausbreitung in angrenzende Gewässer. *C. caspia* wanderte in die Elbe und andere angrenzende Süßgewässer ein (Arndt 1931, Campbell 1987,

Jormalainen et al. 1994). In den Rhein wurde sie vermutlich im Schiffsaufwuchs eingetragen und erstmals 1934 gefunden (Hauer 1950). Weitere Fundorte: Mittelmeer (Zibrowius 1991), 1956 in den Großen Seen (Nordamerika) (Mills et al. 1993, 1994).

Die Salztoleranz reicht von 1-10 ‰ und ermöglicht eine Verbreitung bis in Ästuare (Arndt 1931, Stammer 1931, Hauer 1950, Jormalainen et al. 1994).

## Anthozoa

### *Diadumene cincta*

Probe: Aufwuchs (1: ASNJ-2)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Westküste Nordamerika, Kalifornien (Riemann-Zürneck, pers. Mitt.).

Anmerkung: *D. cincta* wurde in den 1920er Jahren an die europäischen Nordseeküsten und das Mittelmeer entweder durch Importe von lebenden Austern oder den Schiffsverkehr verschleppt (Pax 1936). In der Region um Helgoland wird die Art häufig gefunden (Harms 1993). Die Ansprüche an den Standort sind mit denen von *Haliplanella luciae* vergleichbar (s.u.). Es wird vermutet, daß beide eingeschleppten Arten konkurrieren und *D. cincta* sich durch ihr aggressives Verhalten anderen Cnidariern gegenüber durchsetzen kann (Williams 1973, 1975).

### *Haliplanella luciae*

Proben: Aufwuchs (6: AFW-4, ASMAL-4, ASNJ-2, ASSJ-3 (3))

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Pazifik, Japan (Stephenson 1935, Carl & Guiget 1957).

Anmerkung: Sexuelle Fortpflanzung nur in Japan (Riemann-Zürneck, pers. Mitt.). *H. luciae* wurde wahrscheinlich im Aufwuchs von Schiffen oder mit Austernimporten Ende des 19. Jahrhunderts an die europäischen Atlantikküsten verschleppt. Das Vorkommen in der Nähe von Häfen stützte lange die Vermutung des Organismentransports per Schiff (Manuel 1981). Bei dieser Untersuchung konnte der Nachweis über ein Vorkommen im Schiffsaufwuchs erbracht werden (Gollasch & Riemann-Zürneck 1996). Ein Einzelindividuum ist über asexuelle Fortpflanzung in der Lage eine Population zu bilden (Shick & Lamb 1977, Shick 1991). Die große Toleranz gegenüber den abiotischen Faktoren Salinität und Temperatur (Stephenson 1935, Shick 1991) ermöglichten die Ansiedlung in vielen Regionen: Nordamerika Westküste (Carl & Guiget 1957, Walford & Wicklund 1973, Meinkoth 1981), Mittelmeer und Westeuropa (Zibrowius 1991) und in Großbritannien. Auffallend ist das Vorkommen in der Nähe von britischen Häfen (Eno & Clark 1994). Carl & Guiget (1957) nehmen eine weltweite Verbreitung an. *H. luciae* wurde bisher nur einmal an deutschen Küsten, 1920-24 im Watt bei Büsum gefunden (Pax 1920, 1921; Stephenson 1935). Die Population starb nach einigen Jahren wieder ab (Riemann-Zürneck, pers. Mitt.). Vorkommen bis in Brackgewässer (Meinkoth 1981).

## Mollusca

### Gastropoda

#### *Crepidula fornicata*

Probe: Sediment (1: AFW-4)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region, Ostküste Nordamerika (Ziegelmeier 1964, Rosenthal 1980, Campbell 1987)

Anmerkung: Bei den Etablierungsversuchen der amerikanischen Auster *Crassostrea virginica* 1870 - 1880 in Großbritannien (Nordsieck 1969, Arakawa 1990, Utting & Spencer 1992) wurde *C. fornicata* unbeabsichtigt nach England eingeschleppt. Es erfolgte eine Ausbreitung und Etablierung in heimischen Gewässern (Robson 1915, 1929, Ziegelmeier 1966, Guiry & Guiry 1973, Kornicker 1975, Rosenthal 1980, Campbell 1987, Utting & Spencer 1992, Reise 1993, Essink 1994). Seit 1934 kommt *C. fornicata* auf den Austernbänken bei Sylt und seit 1949

vereinzelt bei Helgoland vor (Werner 1948, Ziegelmeier 1964, 1966, Kornicker 1975, Farnham 1980, Campbell 1987, Zibrowius 1991, Fiedler 1992, Reise et al. 1994). Das Vorkommen in der Ostsee reicht bis an die schwedische Küste (Farnham 1980). Zusammen mit Importaustern für die Aquakultur wurde *C. fornicata* von Frankreich nach Irland verschleppt (Minchin et al. 1993, 1995).

Der starke Winter 1979 schädigte die Population. Nach 10 Jahren erholte sich der Bestand wieder (Reise 1993).

*C. fornicata* wurde weiterhin in folgende Regionen verschleppt: Japan (Walford & Wicklund 1973), Nordamerika Westküste (Carl & Guiguet 1957, Hanna 1966, Zibrowius 1991), Mittelmeer (Zibrowius 1991). Robson (1915) vermutete neben dem Transport nach Großbritannien durch Schiffe die Verbreitung durch Larvendrift. Lebende Organismen im Schiffsaufwuchs wurden von Visscher (1927) gefunden.

Die Nahrungs- und Raumkonkurrenz zu Austern schmälert die Erträge der Muschelfischerei (Campbell 1987, Eno & Clark 1994).

### *Limacina helicina*

Proben: Sediment (2: ASMAL-4 (2))

Ursprungsgebiet: Kalt-gemäßigte Region, Golf von Alaska (Van der Spoel 1987), arktische Gewässer Kanadas (Guglielmo 1983) und Westgrönland (Pedersen & Smidt 1995).

Anmerkung: Mit Strömungen des öfteren in heimische Gewässer eingetragen. Funde von Dänemark bis Portugal (Utinomi 1960, Zibrowius 1991), Ostsee (Farnham 1980), Nordamerika (Willan 1987), Südafrika (Sandison 1950).

## **Bivalvia**

### *Crassostrea gigas*

Proben: Sediment (2: ASSJ-3, MMO-3), Aufwuchs (12: AFS-3, AFW-3, ASMAL-4, ASNJ-2, ASSJ-3 (4), AUSN-4, AUSE-3, AUSS-2, MAO-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Japan (Powell 1976, Carlton 1985).

Anmerkung: Nachdem der Bestand der europäischen Auster *Ostrea edulis* durch Überfischung, Parasiten und ansteigende Wasserverschmutzung immer weiter zurückging (Farley 1988), wurde, wie auch an der Westküste Nordamerika (Chew 1979, 1988), die widerstandsfähige und schnell wachsende *C. gigas* eingebürgert (Gruet et al. 1976, Neudecker 1985, 1990, Rueness 1989, Reise 1993, Essink 1994). Die letzten lebenden einheimischen Wattenaustern wurden 1941 bei Föhr gefangen. Seit Anfang der 1980er wird *C. gigas* auch im Sylter Wattenmeer gezüchtet. Seit 1991 treten sie vereinzelt außerhalb der Zuchten in Miesmuschelbänken auf (Reise 1993). Das Vorkommen in der Flensburger Förde dokumentieren Neudecker (1984) und Seaman (1985, 1991).

Durch Transport im Ballastwasser oder Schiffsaufwuchs sowie zu Aquakulturzwecken wurde *C. gigas* in folgende Regionen verschleppt: Frankreich (Andrews 1980), Großbritannien (Walne & Helm 1979, Eno & Clark 1994) Nordamerika, Westküste (Quayle 1964, Hanna 1966, Bourne 1979, Carlton 1979, 1989 a, Chew 1979, 1988, Andrews 1980, Carriker 1992, Noshu 1992), Nordamerika Ostküste (Burrell 1983, Chew 1988, Mann et al. 1991, DuPaul 1992, Lipton et al. 1992), Hawaii (Arakawa 1990, Brock 1991), Australien (Thomson 1952, 1959; Andrews 1980, Coleman 1986, Coleman & Hickman 1986, Willan 1987, Pollard & Hutchings 1990), Neuseeland (Dinamani 1971, Carlton 1985, Lipton et al. 1992), Rotes Meer, Mittelmeer, Südafrika und Brasilien (Zibrowius 1991). Die Temperaturtoleranz reicht von 3 - 35 °C. Das Optimum liegt zwischen 11 - 34 °C. Die Salztoleranz von 16 - 30 ‰ macht ein Vorkommen bis in brackige Bereiche möglich. Das Optimum liegt zwischen 20 - 25 ‰ (Mann et al. 1991).

### *Dreissena polymorpha*

Proben: Sediment (3: ASMAL-4, MMW-3, NOA-3), Aufwuchs (5: AFW-4, ASMAL-4, EU-2, MOA-4, NAW-2)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, ponto-kaspische Region (Polishchuk & Starobogatov 1978, Snyder et al. 1992).

Anmerkung: *D. polymorpha* wurde erstmals 1986 in den Großen Seen (USA / Kanada) gefunden. Es wird eine Einschleppung durch den Schiffsbewuchs oder durch Ballastwasser angenommen. *D. polymorpha* besetzte dort die freie ökologische Nische des Süßwasserfiltrierers (Hebert et al. 1989, Walz 1989, Mackie et al. 1989, Carlton 1991 b, Dochoda 1991, Griffiths et al. 1991, Dermott 1993, Hedgpeth 1993, Hamilton et al. 1994). Howarth (1981) fand lebende Larven im Ballastwasser und warnte vor einer Ansiedlung in den Großen Seen. Martel (1995) fand *D. polymorpha* im Aufwuchs von großen Handelsschiffen im Bereich der Großen Seen (Nordamerika).

Diese Aufwuchsorganismen siedeln auf allen Hartböden mit Dichten bis zu 100 Individuen pro m<sup>2</sup> in der Ostsee (Jarvekulg 1984) und in den Großen Seen mit maximal 700.000 Organismen pro m<sup>2</sup> (Roberts 1990, Anderson 1992) in mehreren Dezimetern Dicke (Miltner 1995). Heimische Muschelarten sind in ihrem Bestand zurückgegangen (French 1990, Kershner 1993).

Die enorme Filtrierleistung in Verbindung mit derartig hohen Populationsdichten hat bereits zu einer Wasserenttrübung in einigen Bereichen geführt, welches eine Ausbreitung benthischer Algen zur Folge hatte. Industrielle Wasserleitungen müssen regelmäßig gereinigt werden, da sie sonst verstopfen. Die Reinigungskosten für Rohrleitungen und Hafenanlagen belaufen sich auf 2 - 3 Milliarden US \$ bis zum Ende des Jahrhunderts (Ruiz et al. 1995).

In Deutschland kam es zur Massenentwicklung der Zebramuschel um 1850 im Neckar und etwa 1950 im Bodensee (Jungbluth 1995). Vermutlich wanderte sie über Kanäle aus dem ponto-kaspischen Bereich ein. Im Tegeler See bei Berlin 1827 gefunden. Verbreitung vermutlich durch Kanäle oder Schiffe (Sukopp & Brande 1984). Die Öffnung des Nord-Ostsee-Kanals 1895 ermöglichte eine Organismenausbreitung. In angrenzenden Süßgewässern wurde *D. polymorpha* gefunden (Arndt 1931). Funde in Großbritannien (Kerney & Morton 1970, McMillan 1990), Italien (Franchini 1976), südliche und mittlere Ostsee seit 1824 (Leppäkoski 1984, von Bodungen und Zeitschel 1995). In polnischen Ästuaren macht sie bis 88 % der Benthosbiomasse aus (Leppäkoski 1994 a). Eine Kanalverbindung von der Ostsee zu dem Ursprungsgebiet der Zebramuschel, dem Kaspischen Meer, besteht seit der Zeit Peter des Großen (1672 - 1725) (Snyder et al. 1992, Lenz, pers. Mitt.).

Die Temperaturlimitierung reicht von 6,8 - 22,7 °C, die Salztoleranz von Süßwasser bis zu 6,0 ‰ (Jarvekulg 1984).

### *Mya arenaria*

Proben: Sediment (1: AFW-4), Aufwuchs (2: NAO-3, NAW-2)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region, Ostküste Nordamerika (Reise 1991).

Anmerkung: Die zwischeneiszeitlich in unseren Gewässern vorhanden gewesene Sandklaffmuschel *Mya arenaria* zählt heute zu den am häufigsten anzutreffenden Arten im Wattenmeer (Reise 1991). Sie ist vermutlich die erste mit Schiffen in unsere Breiten verschleppte Art. Auf das Jahr 1250 datierte subfossile Funde in Dänemark deuten darauf hin, daß *M. arenaria* mit Schiffen der Wikinger eingeschleppt wurde. Sie wurde unbeabsichtigt im Sandballast oder ganz bewußt als Nahrungsreserve mitgeführt und stellt heute einen Hauptbestandteil der Biomasse im Wattenmeer dar (Petersen et al. 1992, Weintraub 1993, Leppäkoski, pers. Mitt.). Das Vorkommen in der westlichen Ostsee beschreibt Jansson (1994).

Carl & Guiguet (1957), Quayle (1964) und Andrews (1980) vermuten die Verschleppung zusammen mit Austertransporten, Jones (1993) mit Ballastwasser. Carlton et al. (1995) beschreiben den Transport im Schiffsbewuchs. *M. arenaria* wurde an die Westküste Nordamerika verschleppt (Stearns 1881, Hanna 1966, Walford & Wicklund 1973, Carlton

1979, 1989 a, Leppäkoski 1991, Lipton et al. 1992) und dort 1874 zuerst gefunden (Stearns 1881, Carl & Guiguet 1957). Als möglicher Verschleppungsweg wird Wasser auf Schiffen genannt (Stearns 1881). An der Ostküste Nordamerika wird *M. arenaria* in Aquakulturfarmen gezüchtet (Burrell 1983).

#### *Teredo navalis*

Probe: Ballastwasser (1: SAO-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Ostasien (Carlton 1985).

Anmerkung: In Zeiten des Holzschiffbaus wurde der Schiffsbohrwurm *Teredo navalis*, der Grabgänge in Holz bohrt, nahezu weltweit verbreitet (Edmondson 1962, Hanna 1966, McKoy 1975, Li et al. 1982, Ibrahim 1989, Michaelis & Reise 1994, Carlton et al. 1995). Hentschel (1923) fand lebende Individuen im Aufwuchs von Schiffen. Funde in der Nordsee nennen Michaelis und Reise (1994) und in der Ostsee Quayle (1964) sowie Jansson (1994) seit Anfang der 1980er Jahre. In Holland und Dänemark brachen um 1730 Deichbauten, Hafenanlagen und Schleusen, die aus Holz gefertigt waren, zusammen. Auch der Untergang der spanischen Armada 1588 wird auf die Bohraktivität von *T. navalis* zurückgeführt (Willmann 1989).

Parasiten wie *Teredicola typicus* (Wilson, 1942), die *T. navalis* als Wirt nutzen, sind mit ihren Wirten weit verbreitet worden (McKoy 1975).

Da der Stahlschiffbau die Holzkonstruktionen abgelöst hat, können vermutlich keine Adulti mehr mit Schiffen transportiert werden. Die Larven von *T. navalis* können im Ballastwasser transportiert werden, wie Funde in den 1950er Jahren an der Westküste Nordamerika belegen (Carl & Guiguet 1957).

Bei Probenahmen von Holzinstallationen an der Ostseeküste wurde festgestellt, daß der extrem starke Winter 1995/96 keine Schädigung der Population verursachte (Gercken, pers. Mitt.). Dies ist besonders bemerkenswert, da das vermutete Ursprungsgebiet von *T. navalis* im Bereich der warm-gemäßigten Regionen und der Tropen liegt.

## **Annelida**

### **Polychaeta**

#### *Ficopomatus enigmaticus*

Proben: Sediment (2: AFW-3, NAO-3)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Regionen des Indopazifik, Australien (Walford & Wicklund 1973, Zibrowius & Thorp 1989) und Indien (Moban & Aruna 1994).

Anmerkung: Die in die Nordsee eingeschleppte Art (Walford & Wicklund 1973, Kühl 1977, Essink 1994) wird in Südengland seit 1920 (Zibrowius & Thorp 1989, Zibrowius 1994) und in Deutschland seit 1975 angetroffen (Kühl 1977). Arten aus den Tropen und warm-gemäßigten Breiten können in kühleren Temperaturzonen punktuell in Bereichen auftreten (Edmondson 1962), die beispielsweise durch Kraftwerkskühlwasser aufgeheizt werden (Kühl 1977, Jordan & Sutton 1984, Bamber 1990, Bernauer et al. 1995). Der punktuelle Erstfund in der Region des Emdener Hafens wird im Bereich eines Kraftwerkes beschrieben (Kühl 1977). Bei der Verbreitung der aus den Tropen und warm-gemäßigten Regionen stammenden *F. enigmaticus* wirkt die Temperatur als limitierender Faktor. Das Kühlwasser des Kraftwerkes und die damit verbundene Aufheizung des Hafenwassers ermöglichten die Ansiedlung. In kalt-gemäßigten Breiten tritt *F. enigmaticus* meist in der Nähe von Kraftwerken auf (Kühl 1977, Bastida & Brankevich 1982). Der Salzgehalt spielt bei der Ansiedlung dieser Brackwasserform eine untergeordnete Rolle (Kühl 1977, Eno & Clark 1994). Marine Bedingungen können über längere Zeiträume toleriert werden (Allen 1953). Die Salztoleranz reicht von 1 - 55 ‰ (Treherne et al. 1977). Im Emdener Hafen betragen die Schwankungen 3 - 20 ‰. Die mittlere Wassertemperatur in den Sommern 1973 - 1975 erreichte 28 °C, etwa 8 °C mehr als 1971 - 1972. Dies wird auf die erhöhte Leistung des Kraftwerkes zurückgeführt (Kühl 1977).

Im Londoner Hafen kam es zu Massenentwicklungen (Monro 1924, Zibrowius & Thorp 1989). Heute ist die Art nahezu weltweit verbreitet (Hartman 1952, Kaneva-Abadjieva & Marinov 1965, Guiry & Guiry 1973, Bastida & Brankevich 1982, Carlton 1985, 1987; Zibrowius 1991, Jones 1992, Eno & Clark 1994) und kommt auch an der dänischen Ostseeküste vor (Jansson 1994).

Der Transport erfolgte vermutlich im Schiffsbewuchs (Hartman 1952, Kühl 1977, Carlton 1985, Alibekova et al. 1986, Pollard & Hutchings 1990 a, Jones 1991), wie Funde von Allen (1953) und Moban & Aruna (1994) belegen. Der Transport im Ballastwasser wurde von Rigby et al. (1993 a) angenommen.

## Copepoda

### Calanoida

#### *Acartia tonsa*

Proben: Ballastwasser (6: ASIN-4, NAO-2 (5))

Ursprungsgebiet: warm- und kalt-gemäßigte Region, Ostküste Nordamerika und Indopazifik (Deevey 1960, Brylinski 1981, Eno & Clark 1994).

Anmerkung: *A. tonsa* wurde bereits vor langer Zeit nach Europa eingeschleppt. Der Erstfund in Europa wurde 1927 für Frankreich beschrieben (Remy 1927). An der deutschen Nordseeküste wird *A. tonsa* seit 1933 gefunden (Klie 1933). In der südlichen und mittleren Ostsee wurde sie zuerst 1934 registriert (Leppäkoski 1984, von Bodungen & Zeitschel 1995). Die Art hat sich etabliert und bildet teilweise hohe Populationsdichten aus (Jespersen et al. 1955, Brylinski 1981, Naumenko 1995). *A. tonsa* wurde in folgende Regionen verschleppt: Pazifik, Indik, Atlantik, Ostsee (Brodskii 1950), Australien (Rose 1933). Die Verschleppung erfolgte im Ballastwasser oder im Aufwuchs des Schiffsrumpfes (Remy 1927, Brylinski 1981, Leppäkoski 1984, von Bodungen & Zeitschel 1995).

Die hohe Salztoleranz (Lance 1963) erstreckt sich von 0,7 - 38,4 ‰ (Grice 1962). Das Temperaturoptimum liegt zwischen 20,6 - 30,6 °C (Deevey 1960). Conover (1956) schätzt die Temperaturtoleranz als einschränkenden Faktor für die Verbreitung ein. Dauereier können gebildet werden (Sullivan & McManus 1986).

## Cirripedia

### *Balanus eburneus*

Proben: Sediment (3: ASMAL-4, ASSJ-3, AUSO-3), Aufwuchs (43: AFO-4, AFW-3 (2), AFW-4 (3), ASMAL-4 (3), ASSJ-3, AUSN-4, AUSO-3, AUSS-2 (6), GS-2, MAO-4 (8), MMO-3 (2), NAO-3 (2), NAW-2, SAO-3 (4), SAO-4 (2), SAW-2 (4), SAW-4)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region bis in die Tropen, Ostküste Nordamerika, Massachussetts bis Venezuela (Nilsson-Cantell 1938, Bishop 1951, Kühl 1963, Meinkoth 1981).

Anmerkung: Vermutlich Ende des letzten Jahrhunderts in europäische Gewässer im Schiffsaufwuchs eingeschleppt (Nilsson-Cantell 1938, Southward & Crisp 1963, Rosenthal 1980, Stock 1995). Visscher (1927) wies lebende Individuen am Schiffsrumpf nach. *B. eburneus* ist eine der am häufigsten im Schiffsaufwuchs zu findenden Arten (Redfield et al. 1952). Eine Verschleppung durch den Larventransport im Ballastwasser könnte ebenfalls erfolgt sein (Newman 1964). Weiterhin wurde die Art in Südfrankreich und im östlichen Mittelmeer (Neu 1935, 1939, Utinomi 1959, Kühl 1963, Southward & Crisp 1963, Bassindale 1964, Walford & Wicklund 1973), der Nordsee (Walford & Wicklund 1973), im Suezkanal (Ghobashy & El-Komy 1980), in Japan (Walford & Wicklund 1973, Rosenthal 1980), im Schwarzen und Kaspischen Meer, Westafrika, Indien, Kalifornien bis Panama und Hawaii gefunden (Henry & McLaughlin 1975). Verbreitung im Aufwuchs von Schiffen (Neu 1939, Bishop 1951, Southward & Crisp 1963, Zullo & Newman 1964, Henry & McLaughlin 1975, Carlton 1985) und im Ballastwasser (Carlton 1985).

Die hohe Salztoleranz ermöglicht ein weites Eindringen in ästuarine Brackgewässer (Kühl 1963, Dineen & Hines 1992, 1994) als heimische Arten (Bassindale 1964, Henry & McLaughlin 1975). *B. eburneus* dringt fast bis ins Süßwasser ein (Meinkoth 1981) und ist innerhalb dieses Lebensraumes etabliert (Henry & McLaughlin 1975). Wird oft in Häfen gefunden (Southward & Crisp 1963).

#### *Balanus improvisus*

Proben: Ballastwasser (3: AFW-4, NAO-2, SAW-2), Sediment (12: AFW-3, ASMAL-4 (5), ASSJ-3, MAO-4, MMO-3, NAO-3, SAO-4, SAW-2), Aufwuchs (87: AFO-4, AFS-3, AFW-3, AFW-4 (3), ASIN-4, ASMAL-4 (9), ASNJ-2 (4), ASSJ-3 (7), AUSN-4 (2), AUSO-3 (3), AUSS-2 (13), EU-2, GS-2, MAO-4 (13), MMO-3 (4), NAO-3 (4), NAW-2, SAO-3 (7), SAO-4, SAS-2, SAW-2 (8), SAW-4)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region bis in die Tropen, Ostküste Nord- und Südamerika (Darwin 1854, Carlton, pers. Mitt.).

Anmerkung: Etablierte sich in Westeuropa in der Mitte des 19. Jahrhunderts (Walford & Wicklund 1973). Erstfund in der Ostsee 1844 (Leppäkoski 1994). Verbreitung im Aufwuchs von Schiffen: Westafrika, Mittelmeer, Schwarzes Meer, Rotes Meer, Indik, Japan, Australien, Neuseeland (Weltner 1895, Hentschel 1923, Visscher 1927, Ciurea et al. 1933, Neu 1935, Pyefinch 1950, Kawahara 1963, Kühl 1963, Carlton & Zullo 1969, Walford & Wicklund 1973, Meinkoth 1981, Alibekova et al. 1986, Pollard & Hutchings 1990 a). Redfield et al. (1952) bezeichnen *B. improvisus* als eine der am häufigsten im Schiffsaufwuchs zu findenden Arten. Foster & Willan (1979) fanden lebende Individuen an einer Bohrinsel.

Die hohe Salztoleranz (Dineen & Hines 1992, 1994) ermöglicht ein Vordringen in die Ostsee bis Finnland (Buchholz & Schütz 1953, Braiko 1982, Leppäkoski 1994).

#### *Elminius modestus*

Proben: Sediment (5: AFW-3, AUSW-3 (2), SAO-4, SAW-2), Aufwuchs (30: AFW-3 (2), AFW-4, ASIN-4, ASMAL-4 (4), ASNJ-2, ASSJ-3, AUSO-3, AUSS-2 (4), EU-2, MAO-4 (5), MMO-3 (3), MMW-3, NAO-3 (2), NAW-2, SAW-2, SAW-4)

Ursprungsgebiet: Tropen, Australien, Neuseeland (Bishop 1947, 1951, Crisp 1958, Skerman 1959, Southward & Crisp 1963, Williamson & Brown 1986) und Indowestpazifik (Riedl 1983)

Anmerkung: Ersteinschleppung nach Westeuropa während des zweiten Weltkrieges im Aufwuchs von Kriegsschiffen aus Australien (Bishop 1947, Crisp & Chipperfield 1948, den Hartog 1953, 1956; Kühl 1954, 1963 a, b; Crisp 1958, 1959; Crisp & Southward 1958, Barnes & Barnes 1960, Skerman 1960, Walford & Wicklund 1973, Rosenthal 1980, Michaelis 1987, Reise 1990, Jones 1992). Erstfunde an der britischen Küste werden 1945 gemeldet (Crisp & Chipperfield 1948).

Riedl (1983) vermutete die Ersteinschleppung noch vor der Fertigstellung des Suezkanals im Aufwuchs von Schiffen. Lebende Larven wurden im Ballastwasser gefunden (Howarth 1981, Carlton 1985).

*E. modestus* breitete sich in Europa weiter aus (Crisp 1958, Heuss 1986). Die höchste Ausbreitungsgeschwindigkeit lag bei 52 km pro Jahr zwischen Scheveningen (Holland) und Cuxhaven (Crisp 1958). Wird im Wattenmeer seit 1952 gefunden (Kühl 1954, Crisp 1958, Persoone 1964, Albrecht & Reise 1994, Essink 1994, Michaelis & Reise 1994). Der Erstfund in der Elbe stammt von 1953 (Kühl 1954). Erstfund bei Helgoland 1955 (Den Hartog 1959). Jetziges Verbreitungsgebiet: westliche Ostsee (Farnham 1980), Großbritannien, Irland (Southward & Crisp 1963), Dänemark bis Portugal (Utinomi 1960, Janke 1986, Zibrowius 1991), Mittelmeer (Zibrowius 1991), Nordamerika (Willan 1987), Südafrika (Sandison 1950).

*E. modestus* ist tolerant gegenüber Süßwassereinfluß und kann daher weiter in Ästuare vordringen als heimische Cirripedia und sich in diesen Lebensräumen gut etablieren. Im marinen Bereich besteht eine Konkurrenz zu dem heimischen *Balanus balanoides* und *B. improvisus*. (Kühl 1954, Crisp 1958, Bassindale 1964, Lance 1964, Rainbow 1984,

Williamson & Brown 1986, Williamson et al. 1986, Michaelis 1987). Crisp (1958) stellt die Raumkonkurrenz zu *B. balanoides* in den Vordergrund. *E. modestus* ist weniger tolerant gegenüber kalten Temperaturen als heimische Cirripedia (Kühl 1954). Vorkommen auch in schadstoffbelasteten Gewässern (Bassindale 1964).

## Decapoda

### *Callinectes sapidus*

Proben: Sediment (2: NAO-2 (2))

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region und Tropen, Ostküste Nord- und Südamerika (Taissoun 1973 a, b) von Nova Scotia bis nördliches Argentinien (Newcombe 1945, Christiansen 1969, Gruner et al. 1993).

Anmerkung: Der Erstfund in Europa wurde 1901 im Golf von Biskaya angegeben (Zibrowius 1991). *C. sapidus* wurde als Speisekrebs nach Holland importiert (den Hartog & Holthuis 1951, Holthuis 1969). Die unbeabsichtigte Einschleppung erfolgte vermutlich mit Larven im Ballastwasser (den Hartog & Holthuis 1951, Wolff 1954, Holthuis 1961, Kinzelbach 1965, Kühl 1965, Walford & Wicklund 1973, Zibrowius 1991) oder im Aufwuchs der Schiffsaußenhaut (Calder & Burrell 1969, Kühl 1965, Zibrowius 1994). Ein lebendes Exemplar wurde in der Elbmündung gefunden (Kühl 1965, Carlton 1985), wenige in Dänemark (Wolff 1954, Christiansen 1969). Weitere Fundorte: Großbritannien (Hedgpeth 1980, Eno 1994), Mittelmeer (Zibrowius 1991), Griechenland (Holthuis 1961), Israel (Boettger 1933, Holthuis & Gottlieb 1955), Libanon (George & Athanassiou 1965). Eine Etablierung in britischen Gewässern wird nicht vermutet (Eno 1994).

Mit der Verschleppung von befallenen *C. sapidus* wurde auch der parasitische Rhizocephale *Sacculina carcini* in das Mittelmeer eingeschleppt (Kinzelbach 1965, Boschma 1972).

### *Eriocheir sinensis*

Proben: Sediment (2: SAO-3, SAW-2)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region bis Tropen, Wladiwostock bis Südchina (Peters 1933, Panning 1938, a), Nordjapan (Hokkaido) und Taiwan. Hauptverbreitungsgebiet ist das Gelbe Meer (kalt-gemäßigte Region Nordchina) (Panning 1952).

Anmerkung: Die Wollhandkrabbe *Eriocheir sinensis* ist vermutlich mit Schiffen Anfang dieses Jahrhunderts in unsere Gewässer eingeschleppt worden. Marquard (1926) fand *E. sinensis* in leeren Balanidenschalen an einem Schiffsrumpf. Auch Remane (1964) beobachtete Brachyuren in leeren Balanidengehäusen. Ebenso wahrscheinlich ist der Transport im Ballasttank (Peters 1933, Jazdzewski 1980, Howarth 1981, Carlton 1985). Bei der Untersuchung eines Ballasttanks auf einem deutschen Schiff wurden 1932 zwei ausgewachsene Exemplare gefunden (Elton 1958). Der Erstfund in Europa wird für Deutschland 1912 in der Aller beschrieben (Schnakenbeck 1924, Peters 1933, Panning 1938, a, Anger 1990, Reise 1991, Zibrowius 1991, Michaelis & Reise 1994). Durch wiederholte Einschleppungen konnte diese Art sich erfolgreich etablieren (Panning 1938 b) und breitete sich in Europa aus (Pax 1929, Boettger 1933, Panning 1937 a, b; 1950). Die weitere Ausbreitung in Europa erfolgte vermutlich ohne anthropogenen Einfluß über Kanäle und Schiffswege (Arndt 1931, Boettger 1933, Luther 1934, Rosenthal 1980, Nyman 1993). Erstfunde im Tegeler See bei Berlin 1924 (Sukopp & Brande 1984). Über den Nordostseekanal erfolgte vermutlich die Einwanderung in die Ostsee, wo die Art zuerst 1926 entdeckt wurde. In Seen Mecklenburg-Vorpommerns wurde die Art 1931 und 1932 gefunden (Boettger 1933) und später auch in Polen (Zmudzinski, pers. Mitt.). *E. sinensis* wurde in den 1920er und 1930er Jahren in Dänemark und Belgien sowie in der Ostsee bis Finnland angetroffen (Rosenthal 1980).

Seit 1935 kommt *E. sinensis* in Großbritannien vor (Ingle 1986). Das Verbreitungsgebiet in Flüssen Europas reicht bis Prag (Marquard 1926, Gruner et al. 1993).

Optimale Bedingungen und eine unbesetzte ökologische Nische in unseren Ästuaren führten zu einer Massenentwicklung. Die katadromen Krebse verursachten Ernteeinbußen in der Fischerei, da sie die Beutetiere und Netze der Flußfischer schädigten. Da sie zusätzlich Uferbefestigungen und Deiche durch Grabgänge beschädigten, wurde mit mäßigem Erfolg versucht, sie zu bekämpfen (Panning & Peters 1932, Peters et al. 1936, Leppäkoski 1991, Gruner et al. 1993). Die ansteigende Gewässerverschmutzung zu Beginn dieses Jahrhunderts trug entscheidend dazu bei, daß die Dichte der Nahrungstiere von *E. sinensis* zurückging und somit auch ihre Bestandsdichte abnahm. Nach dem Rückgang toxischer Substanzen und der damit verbundenen Verbesserung der Wasserqualität in den letzten Jahren (Reincke 1993) erhöhte sich der Bestand der Wollhandkrabben in der Elbe wieder (Pfeiffer, pers. Mitt.).

Zibrowius (1991) berichtet von der Verschleppung in das Mittelmeer. Auf Hawaii wurde *E. sinensis* Mitte der 1950er Jahre gefunden (Edmondson 1959). Der Erstfund in Nordamerika wird 1965 für den Detroit River angegeben (Gruner et al. 1993). In den Großen Seen (Nordamerika) wurde *E. sinensis* zuerst 1973 festgestellt (Nepszy & Leach 1973). Es wird die Einschleppung im Ballastwasser oder im Aufwuchs von Schiffsaußenhäuten angenommen (Howarth 1981). Eine dauerhafte Etablierung konnte nicht erfolgen (Hebert et al. 1989). Seit 1992 werden Wollhandkrabben in der Bucht von San Francisco angetroffen (Cohen 1995), die heute dort häufig gefunden werden (Carlton 1995 f). Es ist nicht festzustellen, ob *E. sinensis* aus China oder möglicherweise aus Europa in die Großen Seen eingeschleppt wurde (Carlton 1985, Cohen 1995).

Anhand von *E. sinensis* kann eine weitere negative Auswirkung durch die Verschleppung von Arten veranschaulicht werden, die bereits Boschma (1972) für andere Brachyura beschrieb. Mit der Einschleppung von *E. sinensis* an die Ostküste Nordamerika wurde nach dem ersten Zwischenwirt, *Thiara granifera* (Gastropoda), auch der zweite Zwischenwirt eines asiatischen Parasiten (*Paragonimus westermani*, Trematoda) in diese Region verschleppt. *Thiara granifera* wurde aus Asien nach Florida und Texas eingeschleppt (Abbott 1950). Zweite Zwischenwirte dieses Parasiten sind Decapoda wie *Eriocheir* sp.. Neben *E. sinensis* wird auch *E. japonicus* als Wirt, der in Japan bis zu 90 % infiziert ist, beschrieben. Endwirt sind Säugetiere, wie Ratten, Hunde, Schweine und Menschen (Davis 1986, Carlton 1995, b, Cohen, pers. Mitt.). Die Infektion mit *Paragonimus westermani* führt zu schwerem Husten, Bauchfellentzündungen und Pneumothorax (Ichiki 1989).

Die Salztoleranz von *E. sinensis* reicht vom Süßwasser bis in das marine Milieu. Unterschiedliche Salzgehalte werden in Abhängigkeit von der Entwicklung aufgesucht. Die Larven wandern flußaufwärts. Im Süßwasser entwickeln sich die Adulti, die zur Fortpflanzung wieder ins Meer zurückkehren (Anger 1990, Nyman 1993).

#### 3.2.6.4.3 Ansiedlungspotential nichtheimischer Arten

Für jede bei dieser Untersuchung festgestellte Art, die in unseren Gewässern bisher nicht gefunden wurde, wurde ein Ansiedlungspotential angegeben. Dieses Ansiedlungspotential wurde nach den Klimabedingungen im Herkunftsgebiet eingeschätzt. Voraussetzung für die Ansiedlung einer nichtheimischen Art in unseren Gewässern ist die Übereinstimmung der abiotischen Faktoren im Herkunfts- und Einschleppungsgebiet. Mit steigender Übereinstimmung erhöht sich die Überlebenswahrscheinlichkeit in heimischen Gewässern. Als limitierender Faktor wird die Temperatur eingeschätzt.

Abstufungen des Ansiedlungspotential wurden in 3 Kategorien vorgenommen:

- Kategorie 1. Ansiedlung in unseren Gewässern unwahrscheinlich

Arten, die in den Tropen heimisch sind, können vermutlich hiesige Wintertemperaturen nicht tolerieren und werden geschädigt oder sterben ab. Sehr wenige in den Tropen vorkommende Arten, wie *Teredo navalis*, besitzen eine Temperaturtoleranz, die eine dauerhafte Ansiedlung in kalt-gemäßigten Breiten ermöglicht.

- Kategorie 2. Ansiedlung in unseren Gewässern wenig wahrscheinlich

Liegt das Herkunftsgebiet in warm-gemäßigten Regionen, wird angenommen, daß die heimischen Wintertemperaturen eher toleriert werden können (wie bei *Eriocheir sinensis*) als bei Arten aus den Tropen. Dennoch wird das Ansiedlungspotential als wenig wahrscheinlich eingestuft.

-Kategorie 3. Ansiedlung in unseren Gewässer wahrscheinlich

Liegt das Herkunftsgebiet in der kalt-gemäßigten Temperaturzone und herrscht somit ein vergleichbares Klima wie in Westeuropa vor, wird eine Ansiedlung als wahrscheinlich eingeschätzt.

Mit einem (+) sind die Arten aus nahen kalt-gemäßigten Regionen, wie der Ostküste Nordamerika und dem Auftriebsgebiet vor der Westküste Afrikas, gekennzeichnet. Aus diesen Herkunftsgebieten können Schiffe in nur wenigen Tagen heimische Gewässer erreichen. Wie oben beschrieben, ist die Überlebensrate der Organismen im Ballastwasser abhängig von der Reisedauer der Schiffe. Je kürzer die Verweildauer von Organismen im Ballasttank ist, um so höher ist deren Überlebensrate. Daher besteht für Arten aus nah entfernten, kalt-gemäßigten Regionen im Vergleich zu weiter entfernten eine erhöhte Überlebenswahrscheinlichkeit im Ballasttank und daher vermutlich eine erhöhtes Ansiedlungspotential.

### **Foraminifera**

*Elphidium crispum*

Proben: Sediment (2: AFW-3, SAO-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region (Murray 1979), Pazifik und Mittelmeer (Thalman 1960).

Anmerkung: Neritisches Vorkommen im Westen Großbritanniens (Murray 1979). Temperaturtoleranz

1 - 30 °C, Salztoleranz 35 - 50 ‰ (Murray 1973).

Ansiedlungspotential: 2

*Globorotalia tumida*

Proben: Sediment (2: ASMAL-4, SAO-4)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region (Jespersen et al. 1955), nördlicher Indischer Ozean (Kameswara-Rao et al. 1988), westlicher Indischer Ozean vor der Küste Kenias (Rao et al. 1988).

Anmerkung: *G. tumida* ist eine planktische Art (Rao et al. 1988).  
Ansiedlungspotential: 2

*Planorbulina mediterraneensis*

Proben: Sediment (1: ASMAL-4), Aufwuchs (1: AUSN-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region (Murray 1973), Ostküste Nordamerika (Lee et al. 1985), Mittelmeer, Australien (Murray 1973), Westküste Großbritanniens (Murray 1979).

Anmerkung: Vorkommen auf Makroalgen und Hartsubstraten. Verbreitung durch Strömungen (Murray 1979).

Ansiedlungspotential: 2

*Rosalina bradyi*

Probe: Sediment (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: Tropen, warm-gemäßigte Meere, kosmopolitisch (Murray 1973, Lutze, pers. Mitt.), Mittelmeer (Drobne et al. 1977).

Anmerkung: Eine Etablierung in der Nordsee ist nicht zu erwarten. Möglicherweise kann sich durch Einschleppung in warmen Sommern eine Population bilden, die dann im Winter wieder abstirbt (Lutze, pers. Mitt.).

Ansiedlungspotential: 2

*Spiroloculina communis*

Probe: Sediment (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Indopazifik, Rotes Meer (Thalman 1960).

Ansiedlungspotential: 2

**Cnidaria**

**Hydrozoa**

*Laomedea angulata*

Probe: Aufwuchs (1: SAO-3)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, Ärmelkanal, Westküste Großbritannien, Holland (Cornelius 1982, Morri & Boero 1986)

Anmerkung: Diese epiphytische Art wird zumeist auf *Zostera marina* nicht weiter nördlich als bis Großbritannien gefunden (Cornelius 1982, Hughes et al. 1991).

Ansiedlungspotential: 3

**Bryozoa**

*Bugula neritina*

Probe: Aufwuchs (1: MMO-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region (Walford & Wicklund 1973), Neuseeland (Skerman 1959), Australien (Allen & Wood 1950, Moran & Grant 1993).

Anmerkung: Eingeschleppt nach China, Hongkong (Morton 1987). Verschleppt an die Westküste Großbritanniens Wales bis zum westlichen Teil des Ärmelkanals (Crisp & Southward 1953, Walford & Wicklund 1973). Eine Etablierung in britischen Gewässern wird nicht vermutet (Eno 1994).

Wird im Aufwuchs von Schiffen gefunden (Hentschel 1923, Millard 1951, Skerman 1960, Riedl 1983). Redfield et al. (1952) bezeichnen *B. neritina* als eine der am häufigsten im Schiffsaufwuchs zu findende Art. Die Ansiedlung in heimischen Häfengewässern und Wasserstraßen ist wegen des starken Verschmutzungsgrades erschwert (Hentschel 1923).

Ansiedlungspotential: 2

*Membranipora tenuis*

Proben: Aufwuchs (2: AUSS-2, MMO-3)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, Pazifik, Atlantik und Mittelmeer (Prenant & Bobin 1966).

Anmerkung: Oft im Schiffsbewuchs nachzuweisen (Ristedt, pers. Mitt.).

Ansiedlungspotential: 2

*Membranipora tuberculata*

Proben: Sediment (1: ASMAL-4), Aufwuchs (3: AFW-4, SAO-4 (2))

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, kosmopolitisch (Prenant & Bobin 1966).

Anmerkung: Wird oft im Schiffsbewuchs gefunden (Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 2

*Savignyella lafontii*

Probe: Aufwuchs (1: SAO-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Mittelmeer (Relini et al. 1976, Pisano & Baduzzi 1985).

Anmerkung: Wird oft im Aufwuchs von Schiffen gefunden (Osburn 1914, Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 2

*Thalamoporella rozieri*

Probe: Aufwuchs (1: SAO-3)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Regionen, Atlantik, Indik, Rotes Meer, Indonesien und Südküste Großbritannien bis in den Ärmelkanal (Prenant & Bobin 1966).

Anmerkung: Oft im Aufwuchs von Schiffen gefunden (Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 2

*Watersipora arcuata*

Proben: Sediment (2: ASIN-4, AUSW-3), Aufwuchs (2: AUSS-2, MAO-4)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, östlicher Pazifik, Neuseeland, Galapagos Inseln (Banta 1969, a)

Anmerkung: Vermutlich durch den Schiffsverkehr wurde die Art nach Süd-Kalifornien (Banta 1969 a, b) und Australien verschleppt (Brock 1985, Pollard & Hutchings 1990 a, Moran & Grant 1993).

Ansiedlungspotential: 2

## **Scolecida**

### **Turbellaria**

*Cryptostylochus* n. sp.

Proben: Aufwuchs (NAO-3)

Ursprungsgebiet: Ostküste Nordamerika

Anmerkung: Es handelt sich um eine neue Art, die in Zusammenarbeit mit Dr. A. Faubel beschrieben wurde. Als Verbreitungsgebiet wird das Herkunftsgebiet des Schiffes, die Ostküste von Nordamerika, angegeben (Kap. 3.2.4.4 Artbeschreibung).

Ansiedlungspotential: Eine Einschätzung ist ohne präzisere Herkunftsangaben nicht möglich.

## **Gastropoda**

*Atlanta oligogyra*

Probe: Sediment (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte und tropische Region, kosmopolitisch (Riedel, pers. Mitt.)  
Ansiedlungspotential: 2

*Cavolina inflexa*

Probe: Sediment (1: AFW-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, kosmopolitisch in warmen Meeresströmungen (Jespersen et al. 1955, Kuroda et al. 1971).

Ansiedlungspotential: 2

*Cavolina longirostris*

Probe: Sediment (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Regionen, kosmopolitisch (Jespersen et al. 1955, Kuroda et al. 1971, Princz 1977, Ito 1989), Karibik und südlicher Golf von Mexiko (Suarez & Gasca 1992).

Ansiedlungspotential: 2

*Clio pyramidata*

Probe: Sediment (1: AFW-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, kosmopolitische Verbreitung in Warmwasser-Meeresströmungen (Kuroda et al. 1971, Padford-Van Iersel 1982), Golf von Alaska (van der Spoel 1987), Fundy Bay (Newman & Corey 1984), Westnorwegen (Ekman 1935)..

Anmerkung: Temperaturen von 8 - 13 °C werden toleriert (Padford-Van Iersel 1982). Ein Vordringen bis in der Nordsee wird nicht beobachtet (Ekman 1935).

Ansiedlungspotential: 2

*Limacina inflata*

Proben: Sediment (2: ASMAL-4, SAO-4)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, kosmopolitisch (Ekman 1935), Südwestatlantik (Dawson 1984), Karibik und südlicher Golf von Mexiko (Suarez & Gasca 1992) und im vom Golfstrom beeinflussten Atlantik (Wiebe 1991).

Ansiedlungspotential: 2

*Limacina lesueuri*

Probe: Sediment (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Südbrasilien (Forti-Steves 1985), Massachussetts bis Brasilien und im Mittelmeer (Sabelli et al. 1992).

Ansiedlungspotential: 2

*Limacina trochiformis*

Proben: Ballastwasser (1: ASSJ-3), Sediment (2: ASMAL-4, NAO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen, kosmopolitisch (Ekman 1935), Karibik und südlicher Golf von Mexiko (Suarez & Gasca 1992), Taiwan (Dai 1989, Huang et al. 1993).

Ansiedlungspotential: 1

*Nassarius costellifera*

Probe: Aufwuchs (1: AUSS-2)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, Atlantik (Grassé 1968, Newell 1982, Willmann 1989).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

## **Bivalvia**

### *Anadara scapha*

Probe: Aufwuchs (1: AFW-4)

Ursprungsgebiet: Tropen, Indopazifik (Allan 1962, Wells & Bryce 1988) und Neukaledonien (Thiele 1935).

Ansiedlungspotential: 1

### *Anadara subscrenata*

Probe: Aufwuchs (1: ASSJ-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Rotes Meer, Indopazifik (Götting 1974), Korea (Yoo 1977).

Anmerkung: Aufwuchsorganismus auf anthropogenem Hartsubstrat (Redfield et al. 1952). *A. subscrenata* wird in kommerziellen Aquakulturen in Asien eingesetzt (Yoo 1977).

Ansiedlungspotential: 2

### *Anomia simplex*

Proben: Sediment (1: ASSJ-3), Aufwuchs (1: AUSS-2)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, Ostküste Amerika, Florida bis Brasilien (Stickney & Stringer 1957, Chanley & Andrews 1971, Morris 1973).

Anmerkung: Aufwuchsorganismus auf anthropogenem Hartsubstrat (Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 2

### *Argopecten irradians*

Probe: Sediment (1: AUSS-2)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigt Region, Ostküste Nordamerika, Cape Cod bis Florida (Morris 1973, Waller 1976, Meinkoth 1981).

Anmerkung: *A. irradians* wird an der Ostküste von Nordamerika in Aquafarmen zu Kulturzwecken eingesetzt (Burrell 1983).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

### *Chama macerophylla*

Proben: Aufwuchs (2: ASSJ-3, SAO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, Ostküste Nordamerika von North-Carolina bis Brasilien und Bermuda (Bertelsen & Ussing 1936, Morris 1973, Meinkoth 1981).

Anmerkung: *Chama macerophylla* wurde von Bertelsen & Ussing (1936) im Aufwuchs von Schiffen gefunden.

Ansiedlungspotential: 2

### *Chione cancellata*

Probe: Aufwuchs (1: AUSS-2)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, Ostküste Amerika, Florida bis Brasilien, Karibik (Morris 1973, Lindner 1990).

Ansiedlungspotential: 2

### *Corbula barrattiana*

Probe: Sediment (1: SAW-2)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Ostküste Amerika, North-Carolina bis Brasilien (Abbott 1974).

Ansiedlungspotential: 2

### *Crassostrea virginica*

Proben: Sediment (1: NAO-3), Aufwuchs (2: AFW-3, ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region bis Tropen, Nordamerika Ostküste (Galtsoff 1964, Walford & Wicklund 1973, Krantz 1991) Nova Scotia (Morris 1973) bis Karibik (Arakawa 1990).

Anmerkung: Der Handel mit *C. virginica* begann Anfang des 17. Jahrhunderts mit Austernimporten von der amerikanischen Ostküste nach Quebec (Kanada) (Lavoie 1994). Erstmals wurde die amerikanische Auster 1871 zu Aquakulturzwecken in Hawaii angesiedelt (Brock 1960, 1991). Anfang dieses Jahrhunderts erfolgte die wenig erfolgreiche Ansiedlung an der Westküste der USA (Chew 1979, Hanna 1966, Carlton 1979, Noshu 1991) und in Kanada (Carl & Guiguet 1957, Quayle 1964, Bourne 1979, Lipton et al. 1992). Spätere Versuche in Australien, Japan (Arakawa 1990) und Großbritannien waren erfolgreich (Nordsieck 1969, Arakawa 1990, Utting & Spencer 1992). Bereits im letzten Jahrhundert durchgeführte Etablierungsversuche an deutschen Küsten schlugen aufgrund von Konkurrenz zu heimischen Bivalvia fehl (Neudecker 1985). Bei diesen Versuchen wurden unbeabsichtigt die amerikanische Bohrmuschel *Petricola pholadiformis* und die Pantoffelschnecke *Crepidula fornicata* eingeschleppt (s.o.). Beide konnten sich in heimischen Gewässern etablieren (Reise 1993). Vorkommen auch im brackigen Milieu (Meinkoth 1981, Rehder 1987). Die Salzgehaltstoleranz reicht von 18 - 25 ‰. Das Optimum liegt bei 23 ‰. Die Temperaturtoleranz reicht von 5 - 34 °C. Das Optimum liegt bei 28 - 32 °C (Mann et al. 1991).  
Ansiedlungspotential: 3 (+)

*Cryptomya californica*

Probe: Sediment (1: SAW-2)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region bis Tropen, Westküste Amerika, Alaska bis Peru (Abbott 1974), Kalifornien (Peterson 1977).

Ansiedlungspotential: 3

*Dreissena bugensis*

Probe: Aufwuchs (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, Kaspisches Meer (MacNeill 1991), Schwarzes Meer (Shcherbakov & Babak 1979).

Ansiedlungspotential: 2

*Erodona mactroides*

Probe: Aufwuchs (1: SAW-2)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region bis Tropen, Ostküste Südamerika, Brasilien bis Argentinien (Morris 1973)

Anmerkung: Dringt bis in Brackgewässer vor (Morris 1973).

Ansiedlungspotential: 3

*Lyrodus pedicellatus*

Probe: Ballastwasser (1: SAO-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Indopazifik (Carlton 1979), Neuseeland (McKoy 1975), Südastralien (Ibrahim 1989).

Anmerkung: *L. pedicellatus* ist wie *Teredo navalis* (s.o.) durch eine in Holz röhrenbohrende Lebensweise gekennzeichnet. Die Verbreitung erfolgte im Aufwuchs von Schiffen (McKoy 1975, Carlton 1979, Turner 1981, Ibrahim 1989).

Ansiedlungspotential: 2

*Mactra discors*

Proben: Aufwuchs (2: SAO-3, SAW-2)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Pazifik, Neuseeland (Allan 1962).

Ansiedlungspotential: 2

*Mactra glauca*

Proben: Sediment (1: AFW-4)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, Mittelmeer bis Großbritannien (Tebble 1966, Nordsieck 1969).

Ansiedlungspotential: 3

*Mactra nitida*

Probe: Aufwuchs (1: AFW-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Westafrika (Allan 1962).

Ansiedlungspotential: 2

*Mactra turgida*

Probe: Aufwuchs (1: NAO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen, Indik (Allan 1962).

Ansiedlungspotential: 1

*Modiolus barbatus*

Proben: Sediment (2: MMO-3 (2))

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Regionen des Nordwestatlantik bis Irland, Ärmelkanal, Mittelmeer, Westafrika und Japan (Nordsieck 1969).

Ansiedlungspotential: 3

*Modiolus demissus*

Proben: Sediment (2: ASIN-4, AUSO-3)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region, Nordamerika Ostküste, New Jersey bis Virginia (Stickney & Stringer 1957, Loosanoff et al. 1966, Chanley & Andrews 1971, Kraus & Crow 1985).

Anmerkung: *M. demissus* besitzt eine hohe Salztoleranz (Shumway & Youngson 1979) und kommt im Schiffsbewuchs vor (Redfield et al. 1952). Erstfund an der Westküste Nordamerika 1894. Vermutlich mit Austernimporten an die Westküste Nordamerika (San Francisco) verschleppt (Hanna 1939, Carlton 1969 a, b).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

*Mulinia portoricensis*

Probe: Aufwuchs (1: SAW-2)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Regionen der Ostküste Nordamerika (Morris 1973), Karibik bis Brasilien (Abbott 1974).

Ansiedlungspotential: 2

*Musculus senhousi*

Probe: Aufwuchs (1: ASNJ-2)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region bis Tropen, Ostasien (Carlton 1969 a, Slack-Smith & Brearley 1987, Willan 1987, Zibrowius 1991, Kimura & Sekiguchi 1994), Küsten des Westpazifik von Sibirien bis Singapur (Kuroda et al. 1971).

Anmerkung: *M. senhousi* wurde in die Bucht von San Francisco mit dem Transport von lebenden Austern (Carlton 1969 a, b), nach Neuseeland, wo sie sich nach etwa 10 Jahren gut etabliert hat (Willan 1985) und Australien vermutlich im Ballastwasser oder Schiffsbewuchs eingeschleppt (Slack-Smith & Brearley 1987, Willan 1987). Weiterhin erfolgte eine Einschleppung in das Mittelmeer (Zibrowius 1991).

Ansiedlungspotential: 3

*Mytilus galloprovincialis*

Probe: Sediment (1: MMO-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Mittelmeer (Lee & Morton 1985, Willmann 1989) bis Großbritannien (Nordsieck 1969).

Anmerkung: Willmann (1989) vermutet eine Zugehörigkeit von *M. galloprovincialis* zu *M. edulis*. Vorkommen im Schiffsaufwuchs (Redfield et al. 1952) und so verschleppt an die Westküste Großbritanniens (Edwards & Skibinski 1987) bis zum Ärmelkanal (Campbell 1987) und Irland (Gosling, Wilkens 1981), Schwarzes Meer (Kaneva-Abadjieva & Marinov 1965), Hongkong (Morton 1987), Japan und Nordamerika Westküste (Kalifornien) (McDonald & Koehn 1988, Hertz & Hertz 1992), Südafrika (McDonald & Koehn 1988, Jackson 1993).

Ansiedlungspotential: 2

*Ostrea cucullata*

Probe: Aufwuchs (1: AUSO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Regionen Australiens (Elton 1958, Hanna 1966), Persischer Golf (Comps 1976).

Anmerkung: Weiterer Fundort ist der Hafen von Amoy (China) (Li et al. 1992).

Es werden Salzgehalte von 15 - 40 ‰ und pH-Werte von 6 - 10 toleriert (Desai et al. 1983).

Ansiedlungspotential: 2

*Ostrea lurida*

Proben: Aufwuchs (2: ASNJ-2, AUSS-2)

Ursprungsgebiet: kalt-, und warm-gemäßigte Region, Westküste Nordamerika, Alaska bis Baja California (Chew 1979, Meinkoth 1981, Lipton et al. 1992, Santos et al. 1993).

Anmerkung: Eingeschleppt zu Aquakulturzwecken an die Ostküste Nordamerika (Lachner et al. 1970, Burrell 1983), Kanada (Quayle 1964) und Japan (Hori 1933).

Ansiedlungspotential: 3

*Placamen tiara*

Probe: Sediment (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: Tropen, Indopazifik (Wells & Bryce 1988).

Ansiedlungspotential: 1

*Senilia senilis*

Probe: Aufwuchs (1: AFW-4)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, Westafrika, Ghana (Yoloye 1976), Senegal (Lindner 1990), nordöstlicher Atlantik (Waller 1980).

Anmerkung: Vorkommen in geschützten flachen Buchten. Die Salztoleranz erstreckt sich von 10 bis 28 ‰ (Yoyle 1976).

Ansiedlungspotential: 3

*Spisula elliptica*

Probe: Aufwuchs (1: MMO-3)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, nordöstlicher Atlantik (Nordsieck 1969) bis in den Ärmelkanal (Willmann 1989).

Ansiedlungspotential: 3

*Telemactra abbreviata*

Probe: Aufwuchs (1: AUSS-2)

Ursprungsgebiet: Tropen, Pazifik, Westaustralien (Wells & Bryce 1988).

Ansiedlungspotential: 1

*Xenostrobus securis*

Probe: Aufwuchs (1: ASSJ-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Westaustralien und Neuseeland (Straughan 1973, Powell 1979).

Anmerkung: Sabelli & Speranza (1994) beschreiben den Erstfund einer vermutlich in das Mittelmeer eingeschleppten *Xenostrobus* sp. für die Lagune bei Venedig.

Ansiedlungspotential: 2

## Scaphopoda

*Pseudantalis rubescens*

Probe: Sediment (1: AFW-3)

Ursprungsgebiet: warm- und kalt-gemäßigte Region, Westafrika, Kapverdische Inseln bis Frankreich und das Mittelmeer (Nicklès 1979).

Ansiedlungspotential: 3

## Annelida

### Polychaeta

*Hydroides elegans*

Proben: Sediment (1: ASIN-4)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, Mittelmeer (Zibrowius 1971, Sardino et al. 1989), Suezkanal (Ghobashy & El-Komy 1980), Australien (Zibrowius 1991) nordwestliches Japanisches Meer (Bagaveeva 1989), China (Wang 1989), Hongkong (Mak & Huang 1982, Huang & Morton 1983), Indien (Moban & Aruna 1994).

Anmerkungen: *H. elegans* ist oft die dominante Polychaetenart im Aufwuchs (Scheltema & Carlton 1984, Bagaveeva et al. 1985, Sardino et al. 1989, Wang 1989, Zibrowius & Thorp 1989, Moban & Aruna 1994). Als weitere Verbreitungsvektoren wird der Transport im Ballastwasser und mit Treibgut vermutet (Scheltema & Carlton 1984). In europäischen Gewässern reicht die Verbreitung vom Mittelmeer bis an die niederländische Nordseeküste, wo die Art erstmals 1937 gefunden wurde (Zibrowius & Thorp 1989). Die Salztoleranz reicht vom marinen Milieu bis 15 ‰ (Mak & Huang 1982).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

## Crustacea

### Cladocera

*Moina micrura*

Probe: Sediment (1: MMO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region (Gruner et al. 1993), Nordamerika (Havens 1991), Westküste Mexiko (Hendrickx & Sanchez-Osuna 1983) und Nicaragua (Cisneros 1991), Westküste Afrika, Elfenbeinküste (Saint-Jean & Bonou 1994), inländische Salzseen in Südafrika, Namibia und Botswana (Seaman et al. 1991), China (Wang & Xu 1991) und im tropischen Australien (Timms & Morton 1988).

Anmerkung: Vorkommen oft in periodischen, limnischen bis brackigen Gewässern (Havens 1991, Gruner et al. 1993, Saint-Jean & Bonou 1994). Niedrige Salzgehalte bis 4 ‰ werden toleriert (Saint-Jean & Bonou 1994). *M. micrura* wird wie auch *Artemia salina* oft als Futterorganismus verwendet (Kerdchuen & Legendre 1994).

Ansiedlungspotential: 2

## Ostracoda

*Cyprideis salebrosa*

Probe: Sediment (1: NAO-3)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region bis Tropen, Ost- und Westküste von Nord- und Südamerika (Stout 1981, Hartmann, pers. Mitt.).

Anmerkung: Das Vorkommen dieser Art beschränkt sich zumeist auf küstennahe Brackgewässer (Stout 1981). Die Fortpflanzung erfolgt mit Brutpflege bei den Weibchen. Die Einschleppung in einen neuen Lebensraum könnte durch den Eintrag eines eitragenden Weibchens erfolgen (Hartmann pers. Mitt.).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

## **Copepoda, Calanoida**

### *Acartia grani*

Probe: Ballastwasser (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region, Atlantikküste von Norwegen und Frankreich (Steuer 1933, Rose 1933, Sautour & Castel 1993), warm-gemäßigte Region, Mittelmeer (Lakkis 1994) und Tropen, Westafrika (Diouf & Diallo 1990).

Anmerkung: *A. grani* ist in großem Maß salztolerant; Salzgehalte > 48 ‰ werden toleriert (Diouf & Diallo 1990). Eine Etablierung der an britischen Küsten gefundenen Art wird nicht vermutet (Eno 1994). Ein Auftreten in der Nordsee ist nicht bekannt (Steuer 1933, Rose 1933).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

### *Acartia hudsonica*

Probe: Ballastwasser (1: ASIN-4)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region, Atlantikküste Nordamerika (Bradford 1976, Turner 1982, Sullivan & McManus 1986, Brownlee & Jacobs 1987, Turner 1993) und Küsten Grönlands (Bradford 1976).

Anmerkung: Weitere Fundorte: Japan (Ueda 1986, 1987), Korea (Kang & Lee 1990, Yoo et al. 1991). Dauereier werden gebildet (Sullivan & McManus 1986).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

### *Acartia latisetosa*

Probe: Ballastwasser (1: MMW-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Atlantik, Mittelmeer und Schwarzes Meer (Steuer 1933, Rose 1933).

Anmerkung: Eine Dauereibildung ist möglich (Belmonte 1992)

Ansiedlungspotential: 2

### *Acartia lilljeborgi*

Probe: Sediment (1: SAO-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Westküste Südamerika, Mexiko (Gonzales & Bowman 1965, Turcott 1977) Ostküste Südamerika, Karibik, Mexiko (Gonzales & Bowman 1965, Hendrickx & Sanchez-Osuna 1983) Brasilien (Aguiar do Nascimento 1981, Paranagua et al. 1982, Lopez 1994).

Anmerkung: Die eurythermen und euryhalinen *A. lilljeborgi* werden oft in Ästuaren gefunden (Nascimento Vieira & do Saint Anna 1989, Alvarez Cadena & Cortes Altamirano 1990).

Ansiedlungspotential: 2

### *Centropages furcatus*

Probe: Ballastwasser (1: ASSJ-3)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region zwischen 35°N und 35°S aller Meere (Farran 1929, Sewell 1956, Deevey 1960, Gonzáles & Bowman 1965, Vervoort 1965, Fleminger & Hülsemann 1973, Saraswathy & Santhakumari 1981, Bandaranayake & Gentien 1982, Pfaffenhoefer 1983, Park et al. 1990).

Anmerkung: Bis in Brackgewässer zu finden (Sewell 1956), wie z. B. der Delaware Bay (Deevey 1960).

Ansiedlungspotential: 2

*Centropages velificatus*

Probe: Ballastwasser (1: MMW-3)

Ursprungsgebiet: Tropen, Indik (Fleminger & Hülsemann 1973), Karibik (Chisholm & Roff 1990), Brasilien (Aguiar do Nascimento 1981).

Ansiedlungspotential: 1

*Metridia brevicauda*

Probe: Ballastwasser (1: ASIN-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Atlantik, Indik, Malaysia, Japan (Tanaka 1963).

Anmerkung: Oft in größeren Wassertiefen (Tanaka 1963).

Ansiedlungspotential: 2

*Paracalanus denudatus*

Probe: Ballastwasser (1: AFW-4)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, Westatlantik, Golfstrom, Azoren und westliches Mittelmeer. Pazifik: Arabisches Meer, Südchinesisches Meer, Japan und Australien (Vervoort 1963).

Ansiedlungspotential: 3

*Pseudocyclops crassiremis*

Probe: Ballastwasser (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region, Norwegen, Großbritannien (Rose 1933), Südastralien (Nicholls 1944).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

*Temora stylifera*

Probe: Ballastwasser (1: MMW-3)

Ursprungsgebiet: Tropen bis kalt-gemäßigte Region, Ostküste Nord- und Südamerika (40°N - 35°S). Nova Scotia bis Brasilien (Farran 1929, Deevey 1960, Gonzáles & Bowman 1965, Vervoort 1965, Fleminger & Hülsemann 1973, Sander & Moore 1983, Vega-Perez 1993). Weitere Fundorte im Bereich der Westküste Afrikas (Vervoort 1965), Mittelmeer (Vervoort 1965, Riedl 1983, Kouwenberg 1994), Indik (Sewell 1956, Vervoort 1965) und wenige Funde im Pazifik (Vervoort 1965), China (Boyun 1986).

Anmerkung: Vorkommen bis in Brackgewässer (Sewell 1956, Nascimento Vieira & do Saint Anna 1989).

Ansiedlungspotential: 2

**Cyclopoida**

*Oithona amazonica*

Proben: Ballastwasser (4: ASMAL-4, MMO-3, NAO-2 (2))

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Atlantik (Sewell 1956), Ostküste Mittel- bis Südamerika (Lindberg 1954, Ferrari & Bowman 1980, Twombly 1994), Brasilien (Reid 1985, Rocha 1985), Südjapan (Nishida 1985).

Anmerkung: Vorkommen in Süß- bis in Brackgewässern (Sewell 1956, Rocha 1985, Twombly 1994).

Ansiedlungspotential: 2

*Oithona brevicornis*

Proben: Ballastwasser (2: ASSJ-3, MMW-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Pazifik (Rose 1933, Sewell 1956, Hirakawa 1988), Mittelmeer (Rose 1933), Afrika Westküste, Arabische See, Golf von Mexiko,

gelbes Meer, Japan (Nishida et al. 1977, Nishida & Ferrari 1983), Pazifik und Indik (Sewell 1956).

Anmerkung: Vorkommen bis in Brackgewässer (Sewell 1956), wie die Delaware Bay (Deevey 1960).

Ansiedlungspotential: 2

*Oithona hebes*

Probe: Ballastwasser (1: MMO-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Pazifik und Mittelmeer (Rose 1933), Atlanikküste von Südamerika (González & Bowman 1965, Ferrari & Bowman 1980, Lopez 1994, Reid 1985).

Anmerkungen: Vorkommen bis in den stark marin beeinflussten Bereich von Ästuaren (Nascimento Vieira & do Saint Anna 1989, Lopez 1994).

Ansiedlungspotential: 2

*Oithona nana*

Probe: Ballastwasser (1: MMO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, Indopazifik (Früchtl 1923), Südjapan (Nishida 1985), Indonesien, Malaysia, Thailand, Rotes Meer (Nishida 1985), Nordwestatlantik (Tremblay & Anderson 1984), Mittelmeer (Rose 1933, Riedl 1983, Nishida 1985)

Anmerkung: Vorkommen in der Adria in Küstennähe mit häufigem bis massenhaftem Auftreten (Riedl 1983).

Ansiedlungspotential: 2

**Harpacticoida**

*Macrosetella gracilis*

Probe: Ballastwasser (1: ASIN-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Ostküste Amerika, Florida, Golf von Mexiko bis Argentinien (Owre & Foyo 1967, Björnberg 1981, Hernández & Morales 1994), Rotes Meer (Böttger-Schnack 1991).

Ansiedlungspotential: 2

*Microsetella rosea*

Proben: Ballastwasser (4: ASIN-4, ASMAL-4, ASNJ-2, NAW-2), Sediment (1: NAO-3)

Ursprungsgebiet: tropischer Atlantik, Ostküste Nordamerika, Florida bis Golf von Mexiko (Owre & Foyo 1967), Karibik (Hernández & Morales 1994), Ostküste Südamerika, Argentinien (Björnberg 1981), Neuseeland (Farran 1929) und Südwestjapan (Nishida 1985).

Ansiedlungspotential: 1

*Pseudonychocamptus koreni*

Probe: Ballastwasser (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Westküste Nordamerika, Kalifornien (Lang 1965).

Ansiedlungspotential: 2

*Tisbe elegantula*

Probe: Ballastwasser (4: AFO-4, ASMAL-4, ASSJ-3 (2))

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, Norwegen, Mittelmeer (Lang 1948).

Ansiedlungspotential: 2

*Tisbe gurneyi*

Probe: Ballastwasser (2: ASNJ-2, AUSS-2)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region, Neuseeland, Campbell- Insel (Lang 1948).

Ansiedlungspotential: 3

*Tisbe inflata*

Probe: Ballastwasser (1: AFO-4)

Ursprungsgebiet: arktische Region, nördlich Grinnelland (Lang 1948).

Ansiedlungspotential: 1

*Tisbe wilsoni*

Proben: Ballastwasser (6: AFO-4, ASMAL-4 (2), AUSS-2, MAW-4, MMO-3)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region, Westküste Nordamerika (Lang 1948).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

**Poecilostomatoida**

*Corycaeus brehmi*

Proben: Ballastwasser (2: AFW-4, MMW-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Mittelmeer (Rose 1933).

Ansiedlungspotential: 2

*Corycaeus latus*

Probe: Ballastwasser (1: AFW-4)

Ursprungsgebiet: tropische Region, Atlantik (Farran 1929), Westküste Mexikos (Lapota & Losee 1984).

Anmerkung: Einzelfund in antarktischer Region (Farran 1929).

Ansiedlungspotential: 1

*Lubbockia aculeata*

Probe: Ballastwasser (1: MMO-3)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region, Nordostpazifik, Antarktis (Gardner & Szabo 1982), Nordostatlantik (Boxshall 1977), Tropen, Indischer Ozean (Stephen 1988).

Anmerkung: *L. aculeata* zeigt im Indischen Ozean hohe Populationsdichten bei Wassertemperaturen von 14 - 16 °C und somit eine Affinität zu kälteren Gewässern (Stephen 1988).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

*Oncaea dentipes*

Probe: Ballastwasser (1: MMO-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte und tropische Region, Atlantik (Farran 1929, Shmeleva 1969).

Ansiedlungspotential: 2

*Oncaea mediterranea*

Probe: Ballastwasser (1: SAO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, zwischen 30°N und 60°S (Farran 1929). Südpolarmeer, Atlantik, Indik und Pazifik sowie Rotes Meer (Rose 1933), Westatlantik, Barbados (Sander & Moore 1983), Brasilien (Kosikhina 1980), Nordostatlantik (Boxshall 1977), Mittelmeer (Farran 1929, Rose 1933, Shmeleva 1969, Riedl 1983).

Anmerkung: Der Erstfund in einer kalt-gemäßigten Region wird von Kotori & Hamaoka (1979) für Nordjapan (Hokkaido) angegeben.

Ansiedlungspotential: 3

*Oncaea venusta*

Proben: Ballastwasser (2: MMO-3, NAW-2), Sediment (1: MMO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, zwischen 30°N und 40°S (Farran 1929). Nordwestatlantik (Tremblay & Anderson 1984), nördlicher Golf von Mexiko (Turner 1986), Brasilien (Kosikhina 1980), Nordostatlantik (Boxchall 1977), Mittelmeer (Rose 1933, Shmeleva 1969), Atlantik, Indik und Pazifik (Rose 1933) sowie Ostchinesisches Meer (Han et al. 1991).

Anmerkung: Wird bis in Brackgewässer (Sewell 1956) wie beispielsweise die Delaware Bay (Deevey 1960) gefunden. *O. venusta* wurde bei Schiffsuntersuchungen im Ballastwasser gefunden (Williams et al. 1988).

Ansiedlungspotential: 2

### *Saphirella tropica*

Proben: Ballastwasser (2: MMO-3 (2))

Ursprungsgebiet: Tropen, Indischer Ozean (Nicholls 1944).

Ansiedlungspotential: 1

## **Cirripedia balanomorphe**

### *Acasta nitida*

Proben: Aufwuchs (4: MMO-3, NAO-3, SAO-3 (2))

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Australien (Weltner 1898, Jones et al. 1990), Japan (Hiro 1931, 1939 a).

Ansiedlungspotential: 2

### *Balanus amaryllis*

Proben: Sediment (1: ASMAL-4), Aufwuchs (14: AFS-3, ASMAL-4 (2), ASNJ-2, ASSJ-3 (2), AUSO-3, AUSS-2, MAO-4 (3), NAO-3, NAW-2, SAW-2)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, China, Südjapan, Indik bis Madagaskar, nördliches Australien (Weltner 1898, Nilsson-Cantell 1931 a, b, 1934 a, b, Bassindale 1964)

Anmerkung: Optimales Wachstum bei 25 °C (Nilsson-Cantell 1932). Im Schiffsbewuchs gefunden (Pilsbry 1916, Pope 1945, Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 2

### *Balanus amphitrite amphitrite*

Proben: Sediment (6: AFW-3, ASSJ-3 (2), AUSW-3, NAO-3, SAW-2), Aufwuchs (64: AFS-3, AFW-4 (5), ASIN-4 (2), ASMAL-4 (8), ASNJ-2 (3), ASSJ-3 (5), AUSN-4 (2), AUSO-3 (3), AUSS-2 (4), GS-2, MAO-4 (8), MMO-3 (6), MMW-3, NAO-3 (4), NAW-2, SAO-3 (5), SAO-4, SAW-2 (4))

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Korea, Südjapan (Allen 1953).

Anmerkung: Wurde durch Schiffe kosmopolitisch in tropischen und warm-gemäßigten Meeren verbreitet (Allen 1953, Henry & McLaughlin 1975, Foster 1978, Meinkoth 1981, Riedl 1983, Santhakumari & Balakrishnan Nair 1984, Crisp 1990, Dhandapani & Fernando 1994). Wurde oft bei Bestandsaufnahmen des Schiffsaufwuchses (Hentschel 1923, Visscher 1927, Bishop 1947, Pyefinch 1950, 1954, Skerman 1960, Huang-Xiuming 1979), auf Bojen im Südchinesischen Meer (Huang et al. 1982) und auf Treibholz gefunden (Henry & McLaughlin 1975). Foster & Willan (1979) beschreiben den Transport mit einer Bohrinself. Häufige Funde im Schiffsaufwuchs dokumentieren Redfield et al. (1952). Mit Transporten von lebenden Austern 1971 - 1975 nach Frankreich eingeschleppt (Grizel & Héral 1991, Lipton et al. 1992). Erstfund an der großbritannischen Küste des östlichen Ärmelkanals 1937 (Bishop 1950, Rainbow 1984). Die temperaturbedingte Verbreitungsgrenze liegt im östlichen Bereich des Ärmelkanals (Eno & Clark 1994). Die Mindesttemperatur für die Fortpflanzung beträgt 20 °C (Meinkoth 1981). Vorkommen bis in Brackgewässer (Henry & McLaughlin 1975).

Ansiedlungspotential: 2

*Balanus amphitrite cirratus*

Proben: Sediment (2: ASMAL-4, ASSJ-3), Aufwuchs (26: AFO-4, AFW-4 (3), ASMAL-4 (3), ASNJ-2 (2), ASSJ-3 (3), AUSO-3, AUSS-2 (7), MAO-4, MMO-3, SAO-3, SAW-2 (3))

Ursprungsgebiet: Tropen, Indik, Arabisches Meer, Golf von Bengalen, Malaysia, Taiwan, China und Australien (Nilsson-Cantell 1932 a, b, 1934 a, 1938, Hiro 1939 b, Allen & Wood 1950) und Neuseeland (Skerman 1959).

Anmerkung: Vorkommen auf Treibholz (Nilsson-Cantell 1932 b) und häufig im Aufwuchs von Schiffen (Pyefinch 1950, 1954, Skerman 1960).

Ansiedlungspotential: 1

*Balanus amphitrite cochinensis*

Proben: Aufwuchs (2: AFW-4, ASSJ-3)

Ursprungsgebiet: Tropen, Indik (Nilsson-Cantell 1938).

Ansiedlungspotential: 1

*Balanus amphitrite communis*

Proben: Sediment (2: ASSJ-3, NAO-3), Aufwuchs (32: AFO-4, AFW-4 (3), ASMAL-4 (3), ASNJ-2 (2), ASSJ-3 (4), AUSN-4, AUSO-3, AUSS-2, MAO-4 (2), MMO-3 (2), MMW-3, NAO-3 (2), NAW-2, SAO-3 (4), SAO-4, SAW-2 (3))

Verbreitung: warm-gemäßigte Region und Tropen, Südeuropa, Mittelmeer, Rotes Meer, Süd- und Westafrika, Indik, Malaysia, Westindien, Pazifik, Australien (Nilsson-Cantell 1931 a, 1934 a, 1938, Allen & Wood 1950), Japan, Taiwan (Hiro 1939 b).

Anmerkung: Im Aufwuchs auf Schiffen (Neu 1932 a, 1939, Hiro 1939 b, Pyefinch 1950, Skerman 1960) und auf treibenden Baumstämmen gefunden (Weltner 1898, Nilsson-Cantell 1931 a, Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 2

*Balanus amphitrite kruegeri*

Proben: Aufwuchs (2: ASSJ-3, SAO-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Japan (Nilsson-Cantell 1932 b), Südchina, Taiwan und Korea (Hiro 1939 b).

Anmerkung: An Schiffsrümpfen gefunden (Hiro 1939 b).

Ansiedlungspotential: 2

*Balanus campbelli*

Proben: Sediment (2: AFW-3, ASSJ-3), Aufwuchs (1: AFO-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Neuseeland (Foster 1978).

Ansiedlungspotential: 2

*Balanus citerosum*

Probe: Aufwuchs (1: ASNJ-2)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Mangrovensümpfe an der brasilianischen Küste (Henry & McLaughlin 1975).

Anmerkung: Vorkommen bis in Brackgewässer (Henry & McLaughlin 1975).

Ansiedlungspotential: 2

*Balanus concavus*

Probe: Aufwuchs (1: SAO-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Indik (Nilsson-Cantell 1932 b) und im östlichen Pazifik, Süd- und Ostafrika (Henry & McLaughlin 1975).

Anmerkung: Vorkommen auf anthropogenem Hartsubstrat (Henry & McLaughlin 1975).  
Ansiedlungspotential: 2

*Balanus dentivarians*

Proben: Aufwuchs (3: AFW-4, AUSS-2, SAW-2)

Ursprungsgebiet: Tropen, Westküste Mittelamerika von Mexiko bis Ecuador (Henry & McLaughlin 1975).

Anmerkung: Oft tritt sie vergesellschaftet mit *B. improvisus* auf. Vorkommen auch in Brackgewässern. Besiedlung anthropogener Hartsubstrate (Henry & McLaughlin 1975).

Ansiedlungspotential: 1

*Balanus kondakovi*

Proben: Aufwuchs (8: AFW-4, ASMAL-4 (3), ASSJ-3, AUSS-2, AUSW-3, MAO-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Thailand, China, Japan und Neuseeland (Henry & McLaughlin 1975), Indien (Henry & McLaughlin 1975, Dhandapani & Fernando 1994).

Anmerkung: Wird auf Treibholz gefunden. Vorkommen bis in Brackgewässern (Henry & McLaughlin 1975).

Ansiedlungspotential: 2

*Balanus perforatus*

Proben: Sediment (1: ASSJ-3), Aufwuchs (6: ASMAL-4 (3), ASSJ-3 (2), NAO-3)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, Südwestküste Großbritanniens bis Äquatorialafrika (Crisp & Southward 1958, Southward & Crisp 1963, Bassindale 1964, Rainbow 1984, Southward 1995), westliches Mittelmeer, Marokko (Hentschel 1923, Utinomi 1959, Riedl 1983).

Anmerkung: Vorkommen auf Schiffen (Hentschel 1923, Visscher 1927). Keine Funde im östlichen Ärmelkanal und der Nordsee (Southward & Crisp 1963). Funde auf Treibholz. Massenvorkommen in stark exponierten Bereichen (Riedl 1983).

Ansiedlungspotential: 3

*Balanus reticulatus*

Proben: Sediment (2: AFW-3, ASSJ-3), Aufwuchs (7: ASMAL-4 (2), ASSJ-3 (3), AUSS-2, SAW-2)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region (Spivey 1979), Ostafrika, Malaysia, Südchinesisches Meer, Japan (Henry & McLaughlin 1975), Indien (Henry & McLaughlin 1975, Dhandapani & Fernando 1994), Häfen von Amoy (China) (Li et al. 1982, 1992, Cai & Li 1986) und Hongkong (Foster 1980), Australien (Jones et al. 1990).

Anmerkung: Eingeschleppt ins Mittelmeer (Zibrowius 1991) und an die Südwestküste Großbritanniens (Southward 1995). Vorkommen auf Bohrrinseln (Foster & Willan 1979), auf Treibholz, Schiffsrümpfen (Henry & McLaughlin 1975, Hayashi & Imajima 1986, Zibrowius 1991) und Bojen im Südchinesischen Meer (Huang et al. 1982). Bis 1975 wurden keine Funde von amerikanischen Küsten bekannt (Henry & McLaughlin 1975). Spivey (1979) beschrieb den Erstfund von *B. reticulatus* im Golf von Mexiko.

Ansiedlungspotential: 2

*Balanus subalbidus*

Probe: Aufwuchs (1: SAW-2)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Nordamerika Ostküste, Golf von Mexiko, Karibik (Henry & McLaughlin 1975, van Syoc 1992).

Anmerkung: van Syoc (1992) beschreibt Erstfunde im nördlichen Bereich des Golf von Kalifornien. Die hohe Salztoleranz ermöglicht ein Vordringen bis in Brackgewässer (Henry &

McLaughlin 1975, Dineen & Hines 1992). Vorkommen auf Treibholz. Oft vergesellschaftet mit *B. improvisus*. Die Verschleppung im Ballastwasser ist möglich (Henry & McLaughlin 1975).  
Ansiedlungspotential: 2

*Balanus trigonus*

Proben: Sediment (2: ASMAL-4, SAW-2), Aufwuchs (11: AFS-3, ASMAL-4 (4), ASSJ-3, MAO-4, MMO-3, SAO-3, SAO-4, SAW-2)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Küsten (Nilsson-Cantell 1938) Australiens und Neuseelands (Pope 1945, Bishop 1947, Allen & Wood 1950, Allen 1953, Skerman 1959).

Anmerkung: Funde an Schiffen beschreibt Pilsbry (1916). Mit Schiffen an die Westküste Großbritanniens verschleppt (Bishop 1947, Allen 1953, Skerman 1960, Bassindale 1964, Bagaveeva et al. 1985), Westküste Amerika von Peru bis Kalifornien, Karibik bis Brasilien, Madeira, Azoren, Südafrika, Rotes Meer (Bassindale 1964), Ostküste des warm-gemäßigten und tropischen Amerika (Werner 1967), Mittelmeer (Riedl 1983), China (Huang et al. 1979), Hongkong (Foster 1980), Japan (Utinomi 1958, Bassindale 1964) und Taiwan (Hiro 1939 b). Individuen werden epizoisch auf Schildkröten gefunden (Monroe & Limpus 1979). Häufig vergesellschaftet mit *E. modestus* (Riedl 1983).

Ansiedlungspotential: 2

*Balanus uliginosis*

Proben: Sediment (1: AFW-3), Aufwuchs (7: AFO-4, ASSJ-3 (2), AUSO-3, AUSS-2, SAO-3, SAO-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Taiwan, Korea, Japan (Utinomi 1967) und China (Huang et al. 1979, 1981, Li et al. 1982, 1992).

Anmerkung: Vorkommen bis in Ästuare (Yi & Li 1987). Im Aufwuchs von Schiffen gefunden (Huang-Xiuming 1979, Huang et al. 1988, Xiuming et al. 1989). Huang-Xiuming (1979) geben die *B. uliginosus* als dominante Art im Schiffsaufwuchs an.

Ansiedlungspotential: 2

*Balanus variegatus*

Proben: Sediment (1: AFW-3), Aufwuchs (9: ASSJ-3 (2), AUSO-3, AUSS-2 (4), GS-2, MAO-4)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region bis Tropen, Wladiwostock über Thailand bis nach Sumatra, Australien (Nilsson-Cantell 1934 b, Henry & McLaughlin 1975, Jones et al. 1990), Südostaustralien (Anderson & Underwood 1994), Südindien (Dhandapani & Fernando 1994).

Anmerkung: Im Aufwuchs einer Bohrinself von Japan nach Australien verschleppt (Foster & Willan 1979). *B. variegatus* wird auch auf Schildkröten gefunden (Monroe & Limpus 1979).

Toleriert schwankende Salzgehalte und schadstoffbelastete, sedimentreiche Gewässer (Henry & McLaughlin 1975).

Ansiedlungspotential: 3

*Elminius kingii*

Proben: Aufwuchs (2: ASMAL-4, AUSS-2)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region, südliches Südamerika bis Feuerland, Magellanstraße (Weltner 1898 b, Kühl 1963, Graefe 1968, Stotz 1988).

Anmerkung: Kommt im brackigen bis marinen Bereich von Ästuaren vor (Stotz 1988, Stuardo et al. 1989). Vorkommen an der Ostküste von Kanada (Bourget 1977). Die Verschleppung an der Außenhaut von Schiffen ist bekannt (Kühl 1963).

Ansiedlungspotential: 3

*Elminius simplex*

Proben: Sediment (1: AFW-3), Aufwuchs (2: ASMAL-4, AUSS-2)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region bis Tropen, Indik (Nilsson-Cantell 1938), Australien (Weltner 1898 a, Nilsson-Cantell 1938, Pope 1945), Ostküste Kanada (Bourget 1977) und Südspitze Südamerika, Magellanstraße (Weltner 1898 a).

Ansiedlungspotential: 3

*Megabalanus decorus*

Proben: Aufwuchs (4: ASMAL-4, ASSJ-3, AUSS-2, MAO-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Neuseeland und Australien (Weltner 1899, Foster 1978)

Anmerkung: *M. decorus* wurde im Aufwuchs von Schiffen festgestellt (Skerman 1960) und so vermutlich in das Mittelmeer verschleppt (Zibrowius 1991).

Ansiedlungspotential: 2

*Megabalanus spinosus*

Proben: Aufwuchs (3: ASMAL-4 (2), MAO-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Ostküste Südamerika, Brasilien und Inseln im Südatlantik

St. Helena, Sao Tome, Principe und Pagalu (Newman & Ross 1976).

Ansiedlungspotential: 2

*Megabalanus tintinnabulum linzei*

Proben: Aufwuchs (5: ASMAL-4, AUSN-4, AUSS-2, MAO-4, SAO-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Neuseeland (Foster 1978).

Ansiedlungspotential: 2

*Megabalanus tintinnabulum rosa*

Proben: Aufwuchs (22: ASMAL-4 (2), ASSJ-3 (3), AUSN-4 (2), AUSS-2 (4), MAO-4 (4), MMO-3 (2), NAO-3, SAO-3, SAS-2, SAW-2, SAW-4)

Ursprungsgebiet: Tropen, Taiwan und Japan (Nilsson-Cantell 1931 a, 1932 b, Foster & Willan 1979) und Australien (Pollard & Hutchings 1990, a)

Anmerkung: Transport im Schiffsaufwuchs (Allen 1953) und an Bohrinseln (Foster & Willan 1979).

Ansiedlungspotential: 1

*Megabalanus tintinnabulum tintinnabulum*

Proben: Aufwuchs (9: AFW-4, ASMAL-4 (2), ASSJ-3, AUSS-2 (2), MMO-3, NAO-3, SAO-4)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigter Pazifik, Hawaii, Marshallinseln (Scheltema & Carlton 1984, Carlton 1987), warm-gemäßigter Atlantik und Indischer Ozean (Nilsson-Cantell 1938).

Anmerkung: Im Schiffsaufwuchs weitverbreitet (Pilsbry 1916, Hentschel 1923, 1925, Visscher 1927, Pyefinch 1950, 1954, Redfield et al. 1952, Buizer 1980): Mittelmeer (Nilsson-Cantell 1931 a, 1938), Korea, Taiwan und Japan (Hiro 1939 b, Allen 1953), Australien (Pollard & Hutchings 1990, Jones 1992). Daher ist das Herkunftsgebiet schwierig rekonstruierbar (Foster 1978). Wird häufig im Schiffsaufwuchs gefunden (Redfield et al. 1952). Vorkommen auch auf Seeschildkröten (Riedl 1983) und Bojen im Südchinesischen Meer (Huang et al. 1982). Bereits 1764 wurden Exemplare an einem Schiffswrack vor der holländischen Küste gefunden. Seit 1918 an der holländischen Küste anzutreffen (Holthuis & Heerebout 1972).

Ansiedlungspotential: 2

*Megabalanus tintinnabulum volcano*

Proben: Aufwuchs (7: AFW-4, ASMAL-4 (2), ASSJ-3, MAO-4, NAO-3, SAO-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region und Tropen, Indischer Ozean und Japan (Nilsson-Cantell 1932 b, 1938, Foster & Willan 1979)

Anmerkung: Vorkommen im Schiffsbewuchs (Pilsbry 1916, Redfield et al. 1952, Allen 1953).  
Transport mit Bohrinse (Foster & Willan 1979).

Ansiedlungspotential: 2

*Octomeris angulosa*

Proben: Aufwuchs (2: AUSS-2, SAW-2)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, Pazifik, Japan bis Taiwan (Nilsson-Cantell 1931 a, 1932 a, Hiro 1939 a, b), Südafrika, Ostküste (Delafontaine & Flemming 1989).

Ansiedlungspotential: 2

*Tesseropora wireni*

Probe: Aufwuchs (1: SAO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen, Ostafrika, Tansania (Nilsson-Cantell 1932, b).

Anmerkung: Vorkommen im Schiffsaufwuchs (Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 1

*Tetraclita aoranga*

Probe: Sediment (1: AFW-3)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, Karibik (Nilsson-Cantell 1931, a, 1933).

Anmerkung: Vorkommen im Schiffsaufwuchs (Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 2

*Tetraclita squamosa squamosa*

Proben: Aufwuchs (2: MAO-4, SAW-2)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, China (Nilsson-Cantell 1931, a, 1934 a, b, Hiro 1939 b), Taiwan, Malaysia, Indonesien, Südchina, Südjapan, Australien, Panama, Westafrika, Ostafrika, Rotes Meer, Indik (Weltner 1898 a, Nilsson-Cantell 1932 a, Hiro 1939 b), Südchile (Weltner 1895).

Anmerkung: Vorkommen im Schiffsaufwuchs (Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 2

*Tetraclita purpurascens*

Probe: Aufwuchs (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, Madagaskar, Indischer Ozean, Malaysia, China, Java, Australien, Neuseeland (Weltner 1898 a, 1899, Nilsson-Cantell 1931 a, b; 1938, Pope 1945).

Anmerkung: Vorkommen im Schiffsaufwuchs (Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 2

**Cirripedia****Lepadomorpha***Conchoderma auritum*

Proben: Aufwuchs (3: AFW-4, ASSJ-3, AUSS-2)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, kosmopolitisch (Weltner 1898 a, b, Krüger 1911, Hiro 1939 a, b, Bassindale 1964, Il et al. 1980, Riedl 1983, Xianqui 1987, Wells et al. 1990).

Anmerkung: Vorkommen und Verbreitung durch Treibgut, Schiffe (Hentschel 1923, Chilton 1925, Visscher 1927, Orton 1930, Redfield et al. 1952, Skerman 1960, Bassindale 1964), Bohrinseln (Foster & Willan 1979), selten auf Walen oder Schildkröten (Monroe & Limpus 1979, Jones et al. 1990). *C. auritum* wird oft im Schiffsaufwuchs gefunden (Redfield et al. 1952). Häufig vergesellschaftet mit *C. virgatum*, *Lepas anatifera*, *L. anserifera* und *L. hillii* (Wells et al. 1990).

Ansiedlungspotential: 2

*Conchoderma virgatum*

Proben: Aufwuchs (3: AUSN-4, MAO-4, SAO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, kosmopolitisch (Weltner 1898 a, b, Krüger 1911, Hiro 1939 b, Bassindale 1964, Il et al. 1980, Riedl 1983, Wells et al. 1990)

Anmerkung: Vorkommen und Verbreitung durch Treibgut und Schiffe (Hentschel 1923, Chilton 1925, Visscher 1927, Orton 1930, Hiro 1939 a, Redfield et al. 1952, Skerman 1960, Southward & Crisp 1963, Bassindale 1964, Wells et al. 1990) und Bohrinseln (Foster & Willan 1979). Seltener auf Walen und Schildkröten (Weltner 1898 a, Monroe & Limpus 1979, Eckert & Eckert 1987, Jones et al. 1990). *C. virgatum* ist oft im Schiffsaufwuchs feststellbar (Redfield et al. 1952).

Häufig vergesellschaftet mit *C. auritum*, *Lepas anatifera*, *L. anserifera* und *L. hillii* (Wells et al. 1990).

Ansiedlungspotential: 2

*Lepas anatifera*

Proben: Aufwuchs (9: ASMAL-4 (4), AUSN-4, AUSO-3, AUSS-2, SAO-3, SAW-2)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, kosmopolitisch (Nilsson-Cantell 1931 a), Atlantik (Il et al. 1980), Mittelmeer (Utinomi 1959), Japan (Utinomi 1958).

Anmerkung: Selten auf Treibgut in der Nordsee (Pyefinch 1948 b). Vorkommen an Treibgut (Pyefinch 1948 b, Meinkoth 1981), Schiffsrümpfen (Hentschel 1923, Visscher 1927, Orton 1930, Bertelsen & Übsing 1936, Skerman 1960, Southward & Crisp 1963, Zvyagintsev & Mikhailov 1978), Bohrinseln (Foster & Willan 1979) und epizoisch auf Schildkröten (Monroe & Limpus 1979). *L. anatifera* ist eine häufig im Schiffsaufwuchs zu findende Art (Redfield et al. 1952).

Häufig vergesellschaftet mit *Conchoderma auritum*, *C. virgatum*, *Lepas anserifera* und *L. hillii* (Wells et al. 1990).

Ansiedlungspotential: 2

*Lepas anserifera*

Proben: Aufwuchs (4: AFS-3, ASMAL-4, AUSN-4, SAW-2)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, Indopazifik (Nilsson-Cantell 1931 a).

Anmerkung: Funde in Japan (Utinomi 1958). Vorkommen auf Schiffsrümpfen (Hentschel 1923, Visscher 1927, Skerman 1960), Bohrinseln (Foster & Willan 1979) und epizoisch auf Schildkröten (Monroe & Limpus 1979). Häufig vergesellschaftet mit *Conchoderma auritum*, *C. virgatum*, *Lepas anatifera* und *L. hillii* (Wells et al. 1990).

Ansiedlungspotential: 2

*Lepas hillii*

Proben: Aufwuchs (4: AFS-3, AFW-4, ASSJ-3, MAO-4)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, kosmopolitisch (Nilsson-Cantell 1931 a), Atlantik (Il et al. 1980), Mittelmeer (Utinomi 1959), Japan (Utinomi 1958).

Anmerkung: Vorkommen im Aufwuchs auf Schiffen (Annandale 1909, Chilton 1911, Hentschel 1923, Visscher 1927, Orton 1930) und ebenfalls auf Schildkröten (Monroe & Limpus 1979). Häufig vergesellschaftet mit *Conchoderma auritum*, *C. virgatum*, *Lepas anatifera* und *L. anserifera* (Wells et al. 1990).

Ansiedlungspotential: 2

**Decapoda****Reptantia***Ashtoret maculata*

Probe: Sediment (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, Ostasien (Türkey, pers. Mitt.).

Ansiedlungspotential: 2

*Brachynotus sexdentatus*

Probe: Aufwuchs (1: MMO-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Mittelmeer (Naylor 1957, Lewinsohn & Holthuis 1964, Froggia & Manning 1978, Riedl 1983, Fuste 1989), Marokko und Biskaya (Türkey, pers. Mitt.).

Anmerkung: Erstfund an der Südwestküste Großbritanniens Mitte der 1950er Jahre im Dock an Schiffsrümpfen (Naylor 1957). Eine Verschleppung im Ballastwasser ist möglich (Naylor 1957, Carlton 1985).

*B. sexdentatus* trat in durch Kühlwasser von Kraftwerken aufgeheizten Gewässern in Großbritannien auf (Bamber 1990). Die Etablierung dieser Flachwasserart in der Nordsee ist vermutlich wegen der Temperaturpräferenzen nicht möglich (Eno 1994, Türkey, pers. Mitt.). Vorkommen im Mittelmeer in Algen der Wellenzone (Riedl 1983).

Ansiedlungspotential: 2

*Charybdis feriatus*

Probe: Sediment (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: tropische und warm-gemäßigte Region, Indopazifik (Türkey, pers. Mitt.), Pakistan (Mustaquim & Rabbani 1976), Indien (Padayatti 1990) und Nordostaustralien (Fiedler et al. 1984, Campbell & Fiedler 1986).

Anmerkung: Vorkommen in Aufwuchszwischenräumen an Schiffen (Redfield et al. 1952). *C. helleri* ist bis in das Mittelmeer durch den Suezkanal (Steinitz 1967), nach Kuba und an die kolumbianische Karibikküste eingewandert. Der nahe verwandte *C. variegatus* wurde im Tanksediment gefunden (Williams et al. 1988). Da eine Verschleppung bisher nur in tropischen und subtropischen Gebieten erfolgte, ist eine Ansiedlung in heimischen Gewässern unwahrscheinlich (Türkey, pers. Mitt.).

Ansiedlungspotential: 2

*Hemigrapsus penicillatus*

Probe: Aufwuchs (1: ASSJ-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Korea, China und Japan (Türkay, pers. Mitt.).

Anmerkung: Das Vorkommen auf der kalt-gemäßigten japanischen Insel Hokkaido läßt eine Ansiedlung in unseren Gewässern vermuten (Türkay, pers. Mitt.). Eine andere Art der Gattung (*H. sanguineus*) ist an die Ostküste Nordamerika verschleppt worden und konnte sich dort etablieren (McDermott 1991).

Ansiedlungspotential: 3

*Pachygrapsus gracilis*

Proben: Aufwuchs (2: AFW-4 (2))

Ursprungsgebiet: Tropen, Westafrikas und Ostküste Amerika (Türkay, pers. Mitt.), Brasilien (Domingues Rodrigues & Brossi Garcia 1989).

Anmerkung: Die Art tritt in Mangrovenbereichen auf (Domingues Rodrigues & Brossi Garcia 1989) und wurde in Aufwuchszwischenräumen an Schiffen gefunden (Redfield et al. 1952). Wegen der tropischen Temperaturpräferenzen vermutlich nicht ansiedlungsfähig (Türkay, pers. Mitt.).

Ansiedlungspotential: 1

*Portunus pelagicus*

Probe: Sediment (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: Tropen, Indopazifik (Türkay, pers. Mitt.), Australien, Südostküste (Campbell & Fiedler 1986).

Anmerkung: Eingewandert in das Mittelmeer (Zibrowius 1991) durch den Suezkanal. *P. pelagicus* ist vermutlich die erste Art, die durch den Suezkanal in das Mittelmeer eingewandert ist (Por 1978).

Ansiedlungspotential: 1

*Portunus petreus*

Probe: Sediment (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Regionen und Tropen (Türkay, pers. Mitt.)

Anmerkung: Eine Ansiedlung dieser Warmwasserart ist bei uns nicht zu befürchten (Türkay, pers. Mitt.).

Ansiedlungspotential: 2

**Decapoda**

**Natantia**

*Alpheus bouvieri*

Probe: Aufwuchs (1: AFW-4)

Ursprungsgebiet: Tropen, Atlantik, tropisch-westafrikanische Art, südlich der Kapverdischen Inseln (Türkay, pers. Mitt.) und an der Ostküste Mittel- und Südamerika von Florida bis Brasilien beheimatet (Christeffersen 1980).

Anmerkung: Das vergleichsweise kältere Nordseeklima macht eine Ansiedlung in unseren Breiten unmöglich (Türkay, pers. Mitt.).

Ansiedlungspotential: 1

## Isopoda

### *Cymodoce truncata*

Probe: Ballastwasser (1: NAO-2)

Ursprungsgebiet: kalt-gemäßigte Region, Westküste Großbritanniens von den Shetland Inseln bis in die östliche Kanalregion (Naylor 1972), Nordspanien (Arrontes & Anadon 1990, Moran & Arrontes 1994).

Anmerkung: Im Phytal treten zumeist juvenile Stadien auf (Arrontes & Anodon 1990). Adulte werden oft in Spalten von Aufwuchsorganismen und in leeren Bohrgängen gefunden (Naylor 1972).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

### *Dynamene bidentata*

Probe: Aufwuchs (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, Mittelmeer (Gruner et al. 1993), Gibraltar, Nordspanien bis in den östlichen Teil des Ärmelkanals (Naylor 1972, Silva & Fernandez 1988, Arrontes & Anadon 1990).

Anmerkung: Juvenile *D. bidentata* werden vermehrt im Phytal gefunden (Arrontes & Anadon 1990), adulte dagegen oft in leeren Balanidengehäusen (Naylor 1972, Gruner et al. 1993).

Ansiedlungspotential: 3 (+)

## Amphipoda

### *Corophium acherusicum*

Proben: Ballastwasser (1: ASMAL-4), Sediment (1: AFW-3), Aufwuchs (2: ASNJ-2, AUSS-2)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte und tropische Region, nahezu kosmopolitische Verbreitung: Mittelmeer bis zum westlichen Teil des Ärmelkanals, Neuseeland, Japan, China, Westküste Nordamerika (Barnard 1958, Jones 1961, Carlton 1989 a), Indien (Visweswara Rao & Hanumantha Rao 1975).

Anmerkung: Vorkommen im Schiffsbewuchs (Redfield et al. 1952, Zvyagintsev & Mikhailov 1978, Carlton 1989 a) und vergesellschaftet mit Austern (Korringa 1951).

Ansiedlungspotential: 2

### *Corophium acutum*

Probe: Aufwuchs (1: AUSS-2)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte und tropische Region. Atlantik bis zum westlichen Teil des Ärmelkanals (Lincoln 1979), Südamerika, Ostküste (Uruguay), Südafrika, Neuseeland (Barnard & Karaman 1991).

Ansiedlungspotential: 2

### *Corophium uenoi*

Probe: Aufwuchs (1: MAO-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Pazifik, Westküste Nordamerika, Oregon, Japan bis Korea (Barnard & Karaman 1991).

Ansiedlungspotential: 2

### *Erichthonius brasiliensis*

Proben: Ballastwasser (1: ASSJ-3), Aufwuchs (1: MMO-3)

Ursprungsgebiet: Tropen und warm-gemäßigte Region, nahezu kosmopolitisch verbreitet: Venezuela, Brasilien, Uruguay, Neu England, Madagaskar, Neuseeland und Mittelmeer (Barnard & Karaman 1991), Indien (Visweswara Rao & Hanumantha Rao 1975).

Anmerkung: Vorkommen in Zwischenräumen des Schiffsaufwuchses (Schellenberg 1928 a, Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 2

*Jassa marmorata*

Probe: Sediment (1: AFW-3)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region (Barnard & Karaman 1991), Atlantik, Japan (Carlton 1989 a)

Anmerkung: Verschleppt an die Westküste Nordamerika mit Austernimporten oder im Auswuchs bzw. Ballastwasser von Schiffen (Carlton 1989 a).

Ansiedlungspotential: 2

*Paracaprella tenuis*

Proben: Ballastwasser (2: ASSJ-3 (2)), Aufwuchs (1: SAW-2)

Ursprungsgebiet: arktische und kalt-gemäßigte Region, Westküste Nordamerika und Golf von Mexiko (Barnard 1958, Laubitz 1972).

Ansiedlungspotential: 3

*Stenothoe tergestina*

Probe: Aufwuchs (1: ASMAL-4)

Ursprungsgebiet: warm-gemäßigte Region, Mittelmeer, Rotes Meer, Atlantik bis zum westlichen Teil des Ärmelkanals (Krapp-Schichel 1976, Lincoln 1979).

Anmerkung: Vorkommen in Zwischenräumen des Schiffsbewuchses (Redfield et al. 1952).

Ansiedlungspotential: 2

**Pisces**

*Allosmerus elongatus*

Probe: Ballastwasser (1: ASSJ-3)

Ursprungsgebiet: kalt- und warm-gemäßigte Region, Westküste Nordamerika von Kalifornien bis Britisch Kolumbien (Eschmeyer et al. 1983)

Anmerkung: In Küstennähe und geschützten Buchten häufig. Schwarmbildung (Eschmeyer et al. 1983).

Ansiedlungspotential: 3

### 3.2.7 Kulturversuche

Nur in wenigen Proben wurden hohe Dichten von Organismen festgestellt, welche die Durchführung von Kulturversuchen ermöglichten. Insgesamt wurden 56 Kulturversuche aus Ballastwasserproben, drei Kulturversuche aus Sedimentproben und 11 Kulturversuche aus Außenhautproben angesetzt.

Bei den eingesetzten Arten aus Ballastwasserproben handelte es sich überwiegend um Copepoden. Die längste Kultur dauerte 182 Tage an (*Eurytemora affinis*). Die meisten Ballastwasserkulturansätze wurden regelmäßig mit verschiedenen Futterlösungen (Flüssigplankton und pulverisierten Algen) versehen, konnten jedoch nur ein bis zwei Wochen aufrecht erhalten werden (Tab. 44).

Kulturversuche aus Sedimentproben beschränkten sich auf Decapoda, die bis zu 19 Monate in Kultur gehalten wurden (*Eriocheir sinensis*) (Tab. 45).

Von den Außenhautproben wurden zumeist Bivalvia in Kultur genommen. Die nichtheimische *Crassostrea gigas* überlebte mit 210 Tagen am längsten. Bis heute besteht die Kultur der nichtheimischen *Haliplanella luciae* (Tab. 46).

### 3.2.8 Erstfunde nichtheimischer Arten an Nord- und Ostseeküsten

Neben dem Organismeneintrag, hervorgerufenen durch anthropogene Klimaänderungen und Eutrophierungen (Beukema 1989, 1991) von Gewässern, steht die beabsichtigte Einbürgerung von Organismen zu Aquakultur- oder Forschungszwecken. Aber auch der unbeabsichtigte Eintrag von Organismen durch den Schiffsverkehr hat zur Ansiedlung vieler nichtheimischer Arten geführt.

Tab. 44: Kulturversuche von im Ballastwasser angetroffenen Organismen.

Taxon	Probe	Datum	Temperatur [°C]	Individuenanzahl	Überlebensdauer [Tage]
<b>Cladocera</b>					
<i>Bosmina coregoni</i>	143	15.07.93	5	2	5
	143	15.07.93	10	4	18
	143	15.07.93	20	4	19
	143	15.07.93	20	4	11
<i>Daphnia galeata</i>	143	15.07.93	15	6	39
	143	15.07.93	15	4	24
<b>Bivalvia</b>					
<i>Teredo navalis</i>	60	15.03.93	10	10	8

Ergebnisse

Taxon	Probe	Datum	Temperatur [°C]	Individuenanzahl	Überlebensdauer [Tage]
<b>Copepoda, Calanoida</b>					
<i>Acartia clausi</i>	148	23.07.93	15	5	11
			20	5	9
<i>A. discaudata</i>	196	14.10.93	5	7	6
	196	14.10.93	5	10	6
	196	14.10.93	15	7	7
	196	14.10.93	15	7	8
	196	14.10.93	15	5	11
<i>A. hudsonica</i>	196	14.10.93	10	9	6
	196	14.10.93	10	8	7
<i>Eurytemora affinis</i>	22	30.10.92	20	6	11
	57	06.03.93	5	8	24
	57	06.03.93	5	6	22
	57	06.03.93	5	4	31
	57	06.03.93	5	3	21
	57	06.03.93	5	2	19
	58	06.03.93	10	7	17
	66	21.03.93	10	10	3
	83	10.04.93	10	7	4
	143	15.07.93	5	6	108
	143	15.07.93	5	5	24
	143	15.07.93	10	7	39
	143	15.07.93	10	6	182
	143	15.07.93	15	6	38
	143	15.07.93	15	5	84
	143	15.07.93	15	7	75
	143	15.07.93	20	10	39
	143	15.07.93	20	6	61
	212	23.10.93	10	7	52
	212	23.10.93	15	5	44
	262	05.02.94	10	3	11
<i>E. hirundoides</i>	84	10.04.93	10	15	5
	84	10.04.93	10	5	4
<i>Temora stylifera</i>	161	11.08.93	10	5	35
	161	11.08.93	15	5	20
<b>Copepoda</b>					
<b>Cyclopoida</b>					
<i>Oithona amazonica</i>	93	18.04.93	5	3	3
	93	18.04.93	10	3	23
	93	18.04.93	15	3	18

Ergebnisse

<b>Copepoda</b>					
<b>Harpactoida</b>					
<i>T. graciloides</i>	26	07.11.92	20	10	3

Taxon	Probe	Datum	Temperatur [°C]	Individuenanzahl	Überlebensdauer [Tage]
<i>Tisbe</i> sp.	54	26.02.93	10	5	67
	54	26.02.93	10	5	75
	54	26.02.93	10	4	94
	54	26.02.93	10	4	56
	54	26.02.93	10	3	56
	125	18.06.93	10	5	12
	125	18.06.93	15	3	17
<b>Copepoda</b>					
<b>Poecilostomatoida</b>					
<i>Oncaea subtilis</i>	75	01.04.93	10	2	8
<b>Mysidacea</b>					
<i>Neomysis integer</i>	134	02.07.93	15	15	41
<b>Pisces</b>					
<i>Osmerus eperlanus</i>	134	02.07.93	15	1	77
<i>Pomatoschistus minutus</i>	134	02.07.93	15	1	31

Tab. 45: Kulturversuche von im Tanksediment angetroffenen Organismen.

Taxon	Probe	Datum	Temperatur [°C]	Individuenanzahl	Überlebensdauer [Monate]
<b>Decapoda</b>					
<i>Carcinus maenas</i>	148	23.07.93	20	1	etwa 9
<i>Eriocheir sinensis</i>	6	21.05.92	20	2	etwa 19
<i>Crangon crangon</i>	148	23.07.93	20	2	etwa 4

Tab. 46: Kulturversuche von Organismen des Außenhautbewuchses.

Taxon	Probe	Datum	Temperatur [°C]	Individuenanzahl	Überlebensdauer [Tage]
<b>Anthozoa</b>					
<i>Haliplanella luciae</i>	89	14.04.93	20	10	92
	177	16.09.93	5	5	63
	177	16.09.93	10	5	121
	177	16.09.93	15	5	163
	177	16.09.93	20	5	noch in Kultur
	194	12.10.93	15	1	noch in Kultur
<b>Bivalvia</b>					
<i>Crassostrea gigas</i>	100	08.05.93	20	1	88
	177	16.09.93	5	3	117
			10	3	201
			15	3	193

			20	3	210
<i>Mytilus edulis</i>	128	23.06.93	20	5	162
<i>Ostrea cucullata</i>	63	18.03.93	20	1	182
<b>Cirripedia</b>					
<i>Elminius modestus</i>	55	03.03.93	20	15	12

Bis 1995 sind in der Nordsee 85 (Anhang, Tab. 9) und in der Ostsee 73 (Anhang, Tab. 10) nichtheimische Arten gefunden worden. Der überwiegende Anteil konnte sich nach dem Erstfund innerhalb von einigen Jahren etablieren. In beiden Meeren waren nahezu in jeder Dekade Erstfunde nichtheimischer Arten zu verzeichnen. Rückblickend ergibt sich eine steigende Tendenz von Erstfunden nichtheimischer Arten in der Ostsee mit einem Maximum von 12 Erstfunden in den 1970er Jahren und in der Nordsee mit einem Maximum (11 Arten) in der darauffolgenden Dekade. In den anschließenden Jahren ist ein Rückgang zu verzeichnen (Abb. 36).

### 3.2.9 Gefahrenabschätzung

#### 3.2.9.1 Ansiedlungspotential nichtheimischer Arten

Die Herkunftsgebiete der nichtheimischen Arten, die in unseren Gewässern bisher nicht gefunden wurden, liegen zumeist in warm-gemäßigten Regionen (63,4 % oder 85 Arten). Bei diesen, wie auch bei Arten aus tropischen Herkunftsgebieten (12,7 % oder 17 Arten), ist eine Ansiedlung in unseren Gewässern wenig wahrscheinlich (s.o.). Aus außereuropäischen, kalt-gemäßigten Regionen stammten 23,6 % (= 32 Arten) aller nichtheimischen Arten. Da die Klimaverhältnisse in bezug auf Extremtemperaturen und Temperaturschwankungen mit hiesigen Bedingungen vergleichbar sind, wird angenommen, daß hiesige Klimabedingungen einer Ansiedlung in unseren Gewässern nicht entgegenstehen. Diesen Arten wurde ein Ansiedlungspotential von 3 zugeordnet (s.o.). Als Herkunftsgebiete wurden zumeist die Ostküste Nordamerika (28,1 % = 9 Arten), die Küsten des Nordostatlantik (Westküste Norwegens und Großbritanniens (5 Arten)) und das Auftriebsgebiet vor Nordwestafrika (3 Arten) festgestellt.

Mit 50 % entstammt der überwiegende Artenanteil den Crustacea (16 Arten). Innerhalb des am zweithäufigste angetroffenen Taxons (Mollusca 13 Arten) wurden zumeist Bivalvia mit 11 Arten bestimmt. Der überwiegende Artenanteil (59,5 % oder 22 Arten) wurde im Ballasttank festgestellt. In den Sedimentproben sind 32,5 % und im Ballastwasser 27,0 % gefunden

worden. In den Außenhautproben wurden 40,5 % oder 10 Arten mit diesem Ansiedlungspotential angetroffen.

Innerhalb dieses Ansiedlungspotentials wurde ein (+) für diejenigen Arten vergeben, aus deren Herkunftsgebiet Schiffe in nur wenigen Tagen heimische Gewässer erreichen können. 37,8 % der Arten mit Ansiedlungspotential 3 erhielten diese Einschätzung. Mit 42,9 % wurde der überwiegende Anteil in den Ballastwasserproben gefunden (s.o.).

### 3.2.9.2 Gefahrenpotential für heimische Häfen

Das vermutlich höchste Gefahrenpotential für die Etablierung liegt bei den nichtheimischen Arten, die ihren Ursprung im kalt-gemäßigten Auftriebsgebiet an der Nordwestküste Afrikas bzw. in der kalt-gemäßigte Region der Ostküste Nordamerika haben. Zusätzlich zu der klimatischen Übereinstimmung liegen die Häfen dieser Regionen wie auch die deutschen Häfen zumeist in brackigen Regionen (Chesapeake Bay, Delaware Bay und St.-Lorenz-Strom).

Es besteht daher ein Gefahrenpotential für die hiesigen Brackwasserhäfen wie Bremerhaven, Emden und Wilhelmshaven und die Ostseehäfen sowie Küstenhäfen wie Cuxhaven. Süßwasserbeeinflusste Häfen mit vergleichbaren Bedingungen, wie in Hamburg und Bremen, sind selten (Tab. 12).

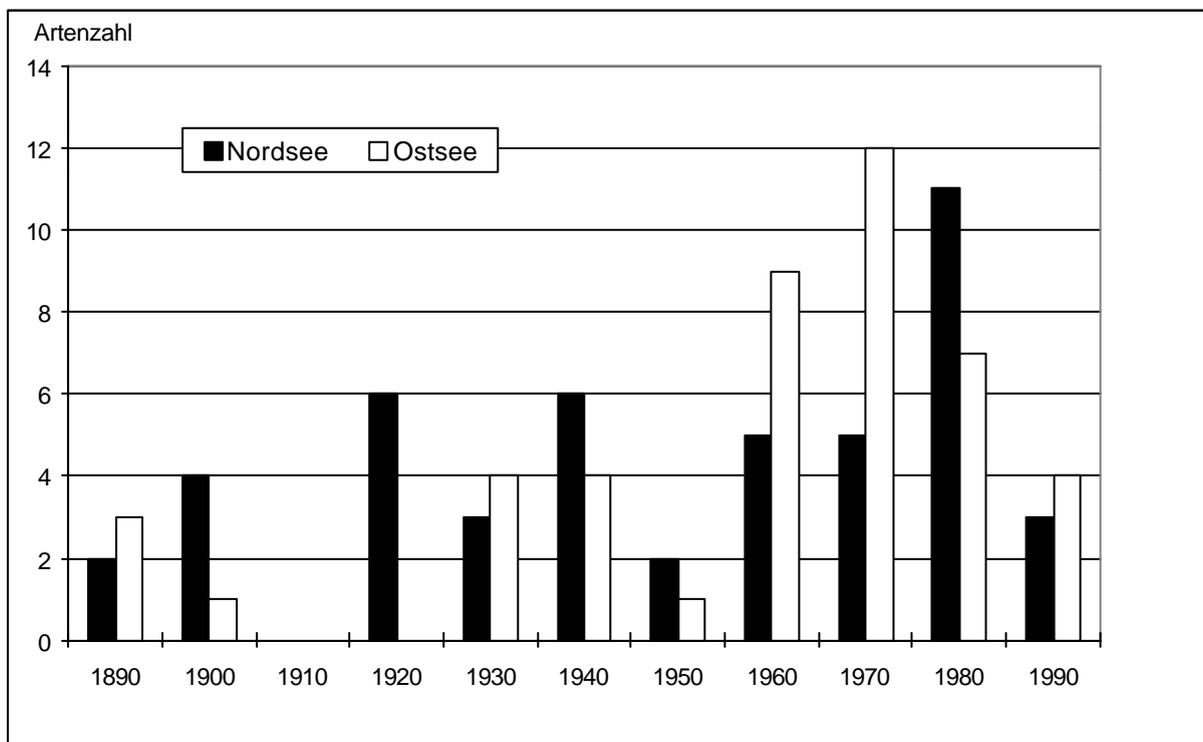


Abb. 36: Häufigkeiten von Erstfunden nichtheimischer Arten in Nord- und Ostsee. Nach Millar 1960, Farnham 1980, Leppäkoski 1984, 1994 a, b, Knudsen 1989, Reise 1990, 1991, Spencer & Utting 1992, Eno & Clark 1994 und Jansson 1994.

### 3.3 Zusammenfassung Ergebnisse

- Die Temperatur des beprobten Ballastwassers lag zwischen 3 und 26 °C. Es wurden Salzgehalte von 0,2 bis über 40 ‰ gemessen. Die pH-Werte lagen zwischen 5,6 - 8,8 und der Sauerstoffgehalt variierte von 39 - 133 %.

#### Flora:

- Insgesamt wurden Organismen aus 147 Taxa gefunden, von denen 72 bis auf Artniveau bestimmt werden konnten.

- Diatomeen (95 Arten), Chlorophyceen (37 Arten) und Dinoflagellaten (8 Arten) bildeten den Hauptteil des gefundenen Phytoplanktons in den Ballastwasserproben.

- In 13 Sedimentproben wurden Phytoplanktonorganismen oder deren Dauerstadien (Cysten) gefunden.

- In den Sedimentproben wurden vor allem Diatomeen (18 Arten), Dinoflagellatencysten (16 Arten), Dinoflagellaten (3 Arten) und Chlorophyceen (2 Arten) gefunden.

- In den an der Universität Göteborg von Prof. Dr. Inger Wallentinus untersuchten Außenhautproben wurden vor allem Grünalgen der Gattung *Enteromorpha* und Braunalgen der Gattung *Ectocarpus* gefunden. Unter den gefundenen Arten befanden sich keine nichtheimischen Arten. Sämtliche Arten sind weit verbreitet.

- Insgesamt wurden 11 nichtheimische Arten gefunden. 8 nichtheimische Diatomeenarten fanden sich in 14 Ballastwasserproben und 3 nichtheimische Dinoflagellatenarten wurden in 4 Sedimentproben gefunden.

- Unter den 11 nichtheimischen Arten befinden sich zwei Dinoflagellatengattungen (*Alexandrium*, *Gonyaulax*), zu denen auch Gift produzierende Arten gehören. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, daß auch solche Arten mit Schiffen in Deutsche Gewässer gelangen können.

#### Fauna:

- Insgesamt wurden 257 Arten aus 10 Stämmen, 23 Klassen, 55 Ordnungen und 174 Familien bestimmt. Den überwiegenden Anteil machten Crustacea mit 139 (54,1 %) aus. In Sediment- und Außenhautproben wurden jeweils 110 Arten, in den Ballastwasserproben 98 Arten bestimmt.

- Die meisten Arten wurden in Proben der warm-gemäßigten und tropischen Regionen angetroffen.

- Nicht alle Proben enthielten Organismen. In 97 Ballastwasserproben (73,5 %), 53 Sedimentproben (74,6 %) und 129 Außenhautproben (98,5 %) wurden Organismen festgestellt.
- In den Ballastwasserproben überwogen neben Rotatoria (10 Arten) Copepoda mit 52 Arten (72,2 %). Die maximale Artenvielfalt einer Probe lag bei 12 Arten. Mit zunehmender Verweildauer des Ballastwasser im Tank nahm die Anzahl der Arten ab. Dennoch konnten auch nach 116 Tagen noch 14 lebende Individuen von *Corophium acherusicum* (Amphipoda) verzeichnet werden.
- Die meisten Arten (64 oder 42,4 %) wurden bei Proben, die mit der Handpumpe genommen wurden, festgestellt. Nach Tanktypen wurden die meisten Arten (104 oder 42,7 %) in Doppelbodentanks und nach Schiffstypen bei Containerschiffen (150 Arten oder 61,6 %) gefunden.
- In den Sedimentproben überwogen Bivalvia (26 Arten oder 23,6 %) neben Cirripedia mit 17 Arten (15,5 %). Die höchste Artenvielfalt lag bei 25 Arten.
- Außenhautproben wurden neben Bivalvia (28 Arten oder 25,5 %) von Cirripedia (30 Arten oder 27,3 %) dominiert. Die maximale Artenanzahl in einer Probe betrug 15 Arten.
- Innerhalb der 257 bestimmten Arten sind 150 Arten (58,4 %) als nichtheimisch eingeschätzt worden. Die geringste Anzahl nichtheimischer Arten (37 oder 37,8 %) wurde in Ballastwasserproben gefunden. In Sedimentproben wurden 50 (45,5 %) und in Außenhautproben 83 (75,5 %) nichtheimische Arten gefunden.
- Von den 150 nichtheimischen Arten konnten sich 16 (10,7 %) Arten in unseren Gewässern, z.T. vor bereits langer Zeit (*Eriocheir sinensis*, Decapoda, Wollhandkrabbe wird seit 1912 gefunden), etablieren.
- In 37 Ballastwasserproben (37,8 %), 30 Sedimentproben (56,6 %) und in 126 Außenhautproben (97,7 %) wurden nichtheimische Organismen festgestellt.
- Das Ansiedlungspotential der nichtheimischen Arten wurde in 3 Kategorien eingestuft. 1: Ansiedlung in heimischen Gewässern unwahrscheinlich, da die Herkunftsgebiete der Arten in den Tropen liegen (17 Arten oder 12,7 %). 2: Ansiedlung in heimischen Gewässern wenig wahrscheinlich. Die Herkunftsgebiete liegen in warm-gemäßigten Regionen (85 Arten oder 63,4 %). 3: Ansiedlung wahrscheinlich. Herkunftsgebiete dieser Arten liegen in kalt-gemäßigten Regionen und somit in mit unseren Breiten vergleichbaren Temperaturzonen (32 Arten oder 23,6 %).
- Unter Berücksichtigung der Entfernung zu den Herkunftsgebieten der Arten mit Ansiedlungspotential 3 werden 9 Arten (28,1 %) von der nordamerikanischen Ostküste und 3

Arten aus Westafrika gefunden. Gemeinsam ist beiden Herkunftsgebieten, daß heimische Gewässer mit Schiffen in nur wenigen Tagen erreichbar sind. Da die Verweildauer der Organismen im Ballasttank die Überlebensrate beeinflusst, wird für diese nahegelegenen Regionen das Einwanderungspotential als besonders hoch eingeschätzt.

- Die Überlebensrate der Arten in einem Ballasttank während der Schiffsbegleitung von Singapur nach Bremerhaven (Reisedauer 24 Tage) lag bei 16,7 %, die der Arten aus Colombo bei 37,5 % (Reisedauer 14 Tage). Bemerkenswert ist der Populationsanstieg von *Tisbe graciloides* (Copepoda, Harpacticoida), die mit dem Ballastwasser nahe Colombo aufgenommen wurde. Von zu Beginn 10 Individuen stieg die Populationsdichte auf 1.040 Exemplare am Reiseende an.

- Bei einer Beprobung eines Schiffes zu beiden Seiten des Atlantiks wurde eine Überlebensrate der Arten nach der 12tägigen Reise von 60 % festgestellt. Die Überlebensrate der Individuen jedoch lag nur bei 2 %.

- Die Hochrechnung des in heimischen Häfen gelenzten Ballastwasser aus außereuropäischen Regionen ergibt ein Volumen von etwa 2,7 Mio t jährlich. Unberücksichtigt bleibt in dieser Kalkulation das bereits vor dem Festmachen des Schiffes gelenzte Ballastwasser im Zufahrtbereich der Häfen.

## 4 Diskussion

Der zufällige und unbeabsichtigte Transport nichtheimischer Arten mit dem Schiffsverkehr wird als ein globales Umweltproblem angesehen, welches nur mit internationalen Richtlinien effektiv eingeschränkt werden kann (Smith & Kerr 1992, Clarke & Haskins 1993).

Weltweit sind bisher etwa 100 Arten bekannt geworden, die mit Ballastwasser über ihre Verbreitungsgrenzen hinaus in neue Lebensräume verschleppt worden sind. Dazu gehören: Phytoplanktonarten, Siphonophora, Gastropoda, Bivalvia, Copepoda, Cladocera, Amphipoda, Mysidacea, Decapoda und Fische (Carlton 1985, Jones 1991 a, Mills et al. 1994).

In Europa sind bisher keine Bestandsaufnahmen von Organismen im Ballastwasser oder Tanksediment von Schiffen durchgeführt worden. Bestandsaufnahmen der Aufwuchsorganismen an Schiffsaußenhäuten dagegen reichen bis zur Jahrhundertwende zurück (Weltner 1898). Der Verschleppung von Arten mit Schiffen wird momentan die größte Bedeutung aller anthropogen beeinflussten Verschleppungswege beigemessen (Carlton et al. 1995 a, Bartley & Minchin 1995).

Nicht in allen Proben wurden Organismen gefunden. Der Probenanteil ohne Algen (42 Ballastwasserproben = 32%) lag geringfügig über dem Probenanteil ohne zoologischen Inhalt mit 35 Proben oder 27%. In 18 Proben wurden weder Algen noch tierische Organismen beobachtet. Eine wechselseitige Beeinflussung von Phyto- und Zooplankton konnte jedoch nicht festgestellt werden. Das Auftreten von Proben ohne Organismen konnte weder in Zusammenhang gebracht werden mit Herkunftsregion, Schiffstyp, Tanktyp, Probenvolumen, Verweildauer im Ballasttank sowie Probenahmemethode und zeichnete sich daher als zufällig ab.

### 4.1 Flora

#### 4.1.1 Methoden

Bei der Betrachtung der Ergebnisse müssen folgende Gegebenheiten berücksichtigt werden:

- Es konnte immer nur eine im Verhältnis zum Tankvolumen kleine Probe entnommen werden. Aus diesem Grund besteht die Möglichkeit, daß nicht alle im Tank tatsächlich vorhandenen Organismen auch bei der Untersuchung erfaßt wurden.
- Bedingt durch die beschränkten Möglichkeiten an Bord wurde das untersuchte Ballastwasser i.d.R. nur an einem Ort (Manhole, Peilrohr etc.) entnommen. Die räumliche

Verteilung des Planktons im Tank blieb darum unberücksichtigt. Das ungewollte Beprobieren lokaler Planktonansammlungen oder planktonfreier Zonen im Tank kann so zu einer Verfälschung der Ergebnisse geführt haben.

- Die gefundenen Organismen müssen nicht unbedingt mit der letzten Ballastaufnahme an Bord genommen worden sein, sondern sie können auch von einer früheren Ballastoperation stammen. Das angegebene Herkunftsgebiet des Ballastwassers stimmt in diesen Fällen nicht mit der Herkunft dieser Organismen überein.

- Wegen des großen Probenaufkommens wurden bei der Phytoplanktonuntersuchung nur lichtmikroskopische Methoden verwendet. Sehr kleine Organismen des Picoplanktons gingen darum nicht mit in das Untersuchungsergebnis ein. Außerdem mußte deshalb bei der Artbestimmung auf elektronenmikroskopische Bestimmungsmerkmale verzichtet werden, was dazu führte, daß oft nur bis auf Gattungsniveau bestimmt werden konnte.

- Wenn Zellen als lebend betrachtet wurden, beruhte diese Beurteilung auf rein äußerlichen Kriterien wie Zellzustand, Pigmentierung oder Zustand der Zellorganellen. Der physiologische Zustand der Zellen blieb unberücksichtigt. Es ist daher anzunehmen, daß ein Teil der untersuchten Zellen rein äußerlich intakt erschien, obwohl die Zellen bereits irreversibel geschädigt waren.

#### **4.1.2 Nachweis bereits in heimischen Gewässern etablierter Arten**

##### **4.1.2.1 Artfunde während der Schiffsbegleitfahrt von Singapur nach Bremerhaven**

Während der Untersuchungen an Bord des Containerschiffs MS DSR-America wurde die Kieselalge *Odontella sinensis* im Ballastwasser des Achterpiektanks gefunden. Nach der Ballastaufnahme in Singapur wurde auch bei dieser Alge eine kontinuierliche Abnahme der Zellkonzentration festgestellt, Abb. 37. Obwohl diese Alge bei Ankunft in Bremerhaven nicht mehr im Ballastwasser zu finden war, ist nicht auszuschließen, daß dennoch einzelne Zellen den Weg von Singapur in die Nordsee überlebt haben. *Odontella sinensis* (syn. *Biddulphia sinensis*) wurde erstmals Anfang dieses Jahrhunderts in der Nordsee gefunden (Ostenfeld, 1908). Bereits Ostenfeld nimmt an, daß diese Alge mit dem Seeverkehr aus asiatischen Gewässern in die Nordsee verschleppt wurde.

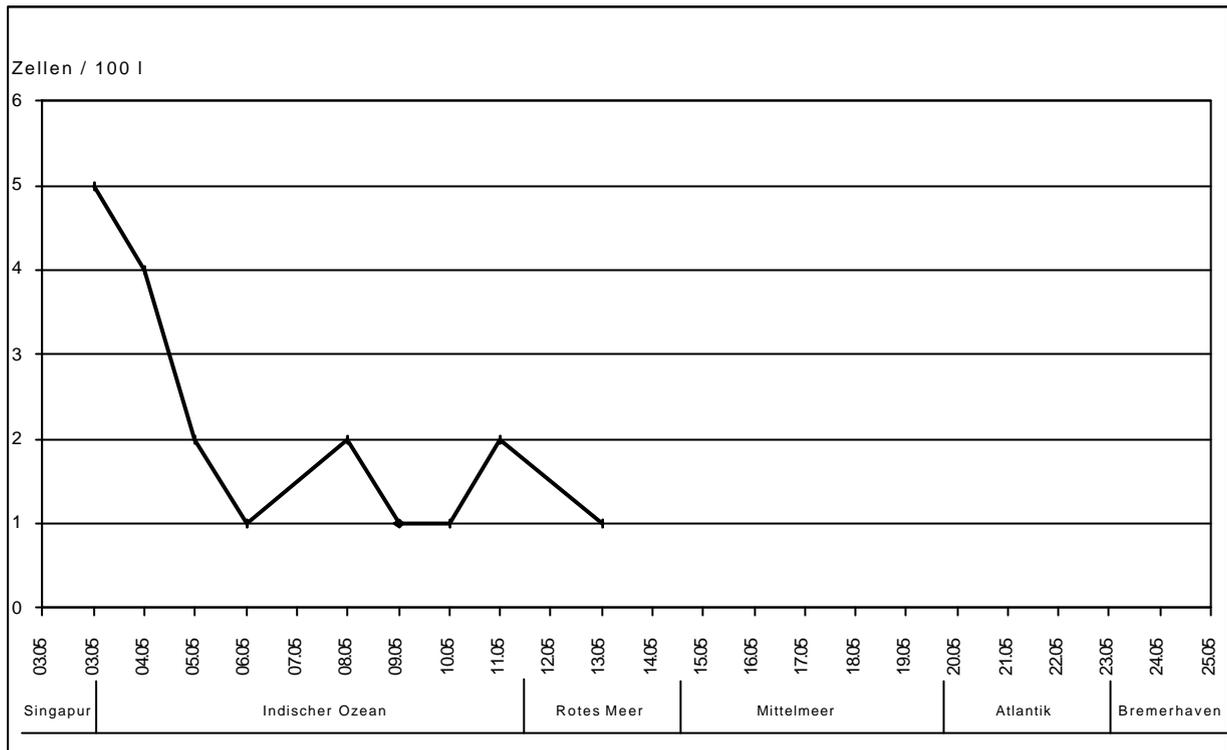


Abb. 37: Konzentration von *Odontella sinensis* in der Achterpiek von DSR-America.

#### 4.1.2.2 Ballastwasserproben

Unter den 8 im Ballastwasser gefundenen, nichtheimischen Arten befanden sich keine Arten, von denen eine ökologische oder ökonomische Gefährdung ausgehen könnte, soweit dies bis jetzt bekannt ist. Da sämtliche Arten in tropischen oder mediterranen Regionen beheimatet sind, ist die Wahrscheinlichkeit, daß sich diese Arten in Deutschen Gewässern dauerhaft etablieren könnten gering. Eine Einschleppung tropischer Arten kann jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden, wie das Beispiel *Odontella sinensis* zeigt.

#### 4.1.2.3 Sedimentproben

Unter den im Tanksediment gefundenen Dinoflagellatencysten befanden sich unter anderem Cysten der Gattungen *Alexandrium* und *Gonyaulax*. Zu beiden Gattungen gehören neben zahlreichen in Deutschland beheimateten Arten auch sehr giftige nichtheimische Arten, die im Ausland bereits großen Schaden angerichtet haben. So wurden nach der Verschleppung von

Dinoflagellaten der Gattung *Alexandrium* von Japan nach Australien giftige Algenblüten beobachtet, welche die dortigen Aquakulturen gefährden (Hallegraeff, 1992; Hallegraeff et al., 1988; Rigby et al. 1993c). Die Einschleppung von toxischen Arten durch Tanksediment in heimische Gewässer ist möglich. Vermutlich können diese zumeist tropischen Arten jedoch hiesige Wintertemperaturen nicht überstehen. Daher wird nicht mit einer langfristigen Etablierung dieser Arten gerechnet. Es ist anzumerken, daß dennoch eine Gefährdung heimischer Gewässer besteht, da diese Arten sich in den wärmeren Sommermonaten in hiesigen Gewässern vermehren können. Jährliche Neueinschleppungen durch den Schiffsverkehr und das Verhalten ungünstige Perioden als Dauerstadium zu überleben, ermöglichen es diesen Arten wiederholt aufzutreten.

Im Vergleich zum Ballastwasser kommt es hier jedoch zu einem Eintrag in deutlich geringerem Volumen. Sedimente werden nur in geringem Ausmaß beim Abpumpen des Ballastwassers in heimische Gewässer eingebracht. Nach stürmischem Wetter wird durch erhöhte Wasserbewegungen im Ballasttank das Sediment aufgewirbelt und es kann nach Abpumpen des Ballastwasser zu einem vermehrten Sedimentausstoß kommen.

#### **4.1.2.4 Außenhautproben**

Bei der Untersuchung der Außenhautproben wurden keine nichtheimischen Algenarten gefunden, die sich in Deutschen Gewässer etablieren könnten. Daher wird das Gefahrenpotential der Arteinschleppung im Aufwuchs der Schiffsaußenhaut als gering eingeschätzt.

### **4.1.3 Abiotische Faktoren**

#### **4.1.3.1 Temperatur**

An Bord von DSR-America konnte beobachtet werden, daß die Ballastwassertemperatur der Ozeantemperatur mit einer Verzögerung von 12h bis zu einem Tag folgt. Abb. 38 zeigt die Temperatur des Ballastwassers in der Achterpiek, der Vorpiek und zwei Seitentanks im Vergleich zur Ozeantemperatur.

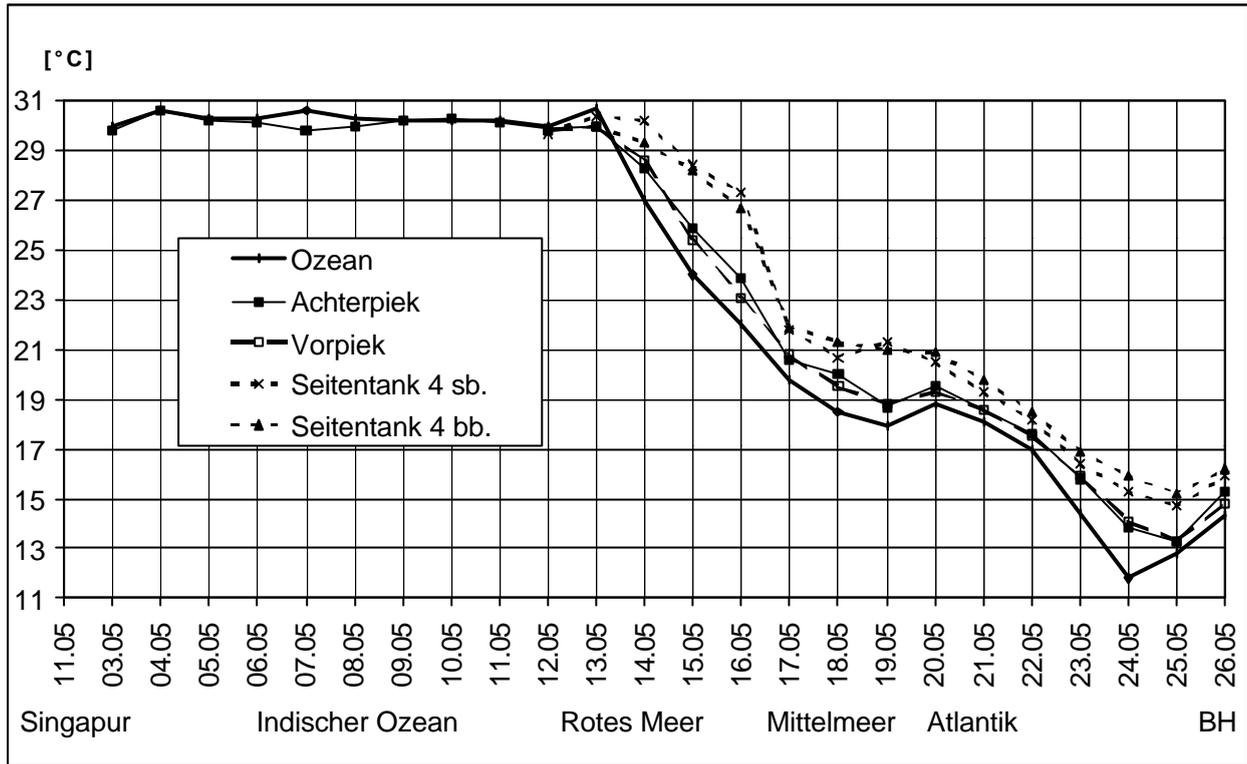


Abb. 38: Temperaturverlauf des Ballastwassers in den untersuchten Ballasttanks im Vergleich zur Ozeantemperatur während der Reise von Singapur nach Bremerhaven (HB) vom 03.05. - 26.05.1995 (Steuerbordtank = sb., Backbordtank = bb.).

Die folgenden Abb. 39 bis Abb. 42 geben den Temperaturgradienten der Meeresoberfläche entlang verschiedener Schifffahrtsrouten, die die Hauptschifffahrtsverbindungen darstellen, wieder. Die den Abbildungen zu Grunde liegenden Daten wurden mit Hilfe eines Computerprogrammes aus Datenbeständen der NOAA extrahiert (NOAA, 1983).

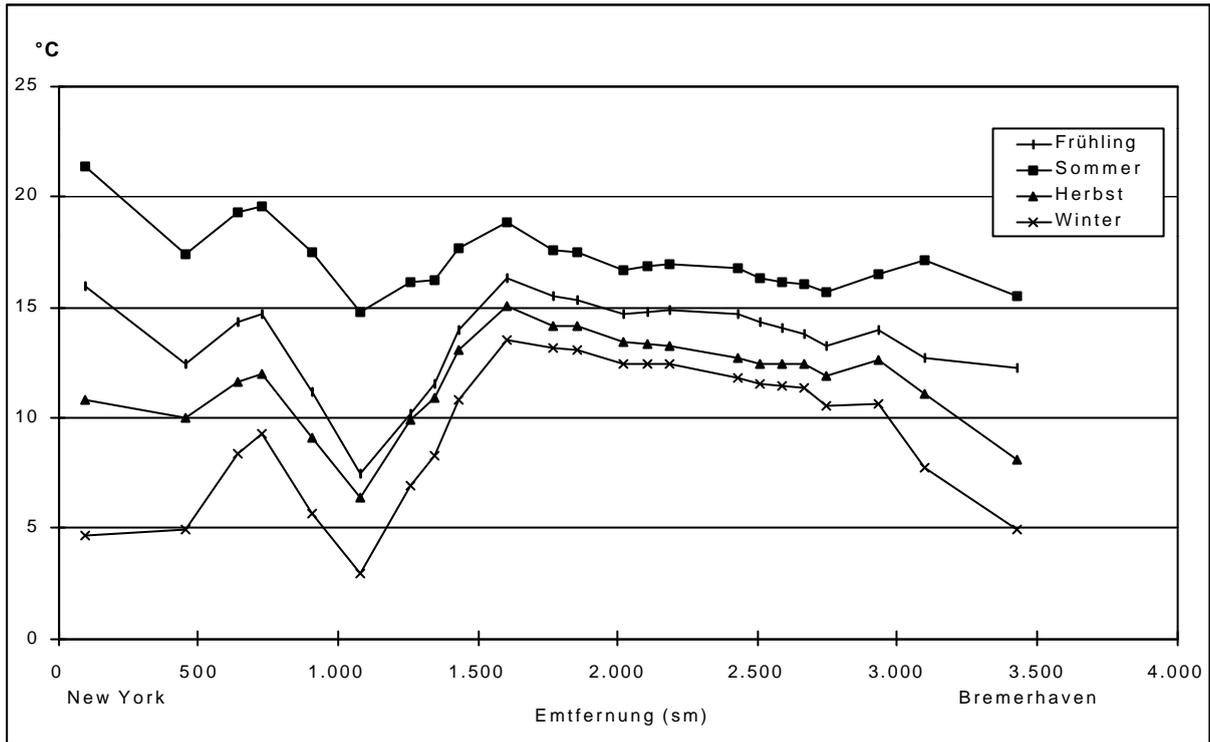


Abb. 39: Transatlantikroute (New York - Bremerhaven), jahreszeitliche Mittelwerte der Oberflächentemperatur.

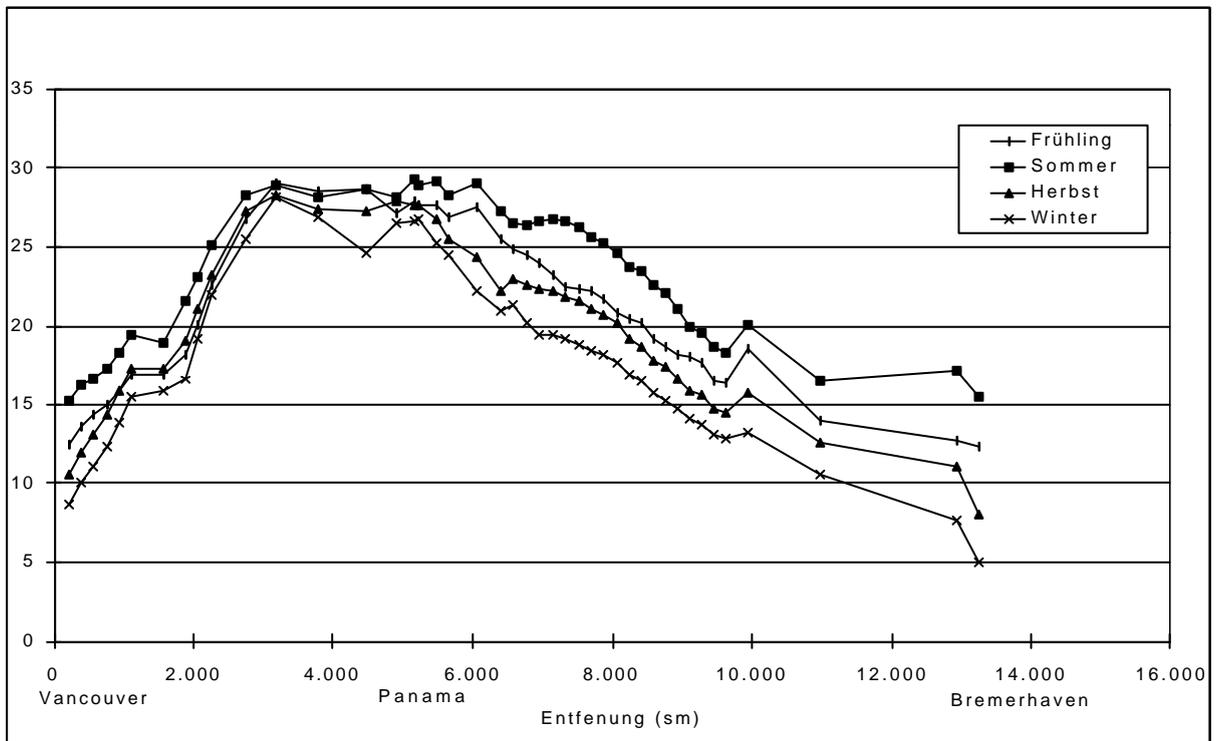


Abb. 40: Westkanada - Amerikaroute (Vancouver - Bremerhaven), jahreszeitliche Mittelwerte der Oberflächentemperatur.

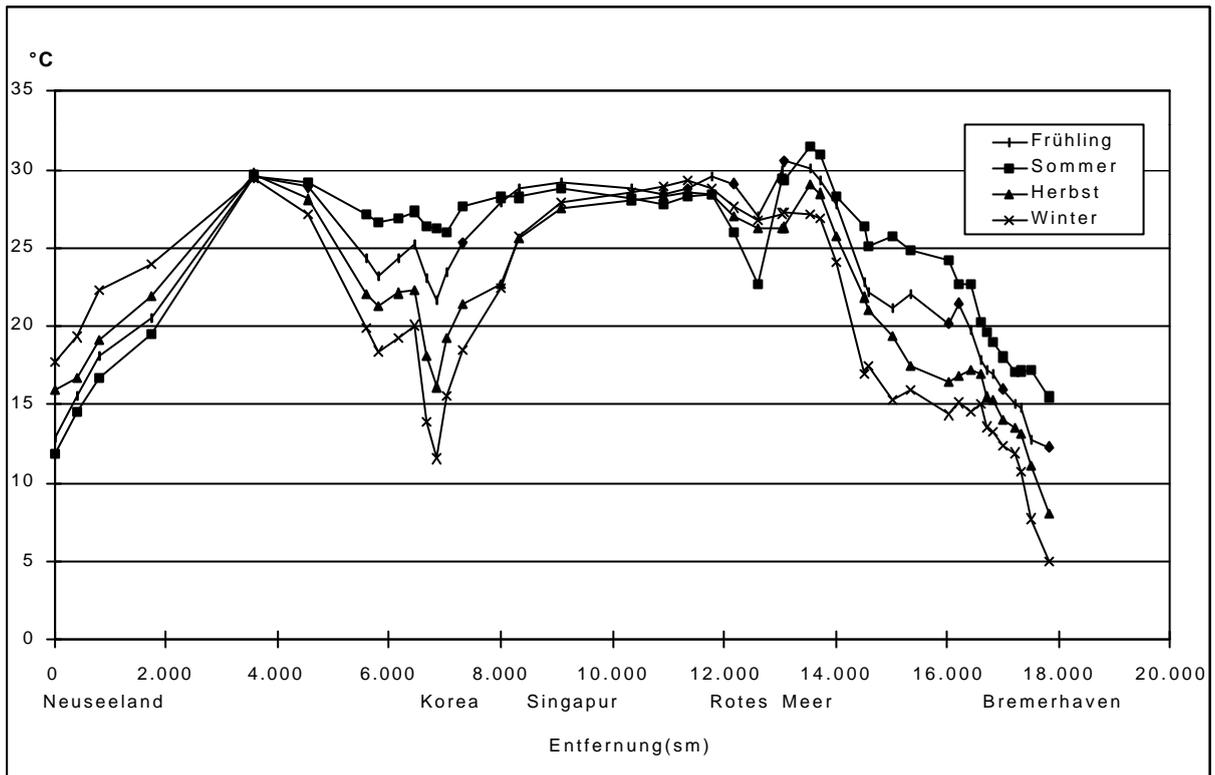


Abb. 41: Fernostroute (Neuseeland - Bremerhaven), jahreszeitliche Mittelwerte der Oberflächentemperatur.

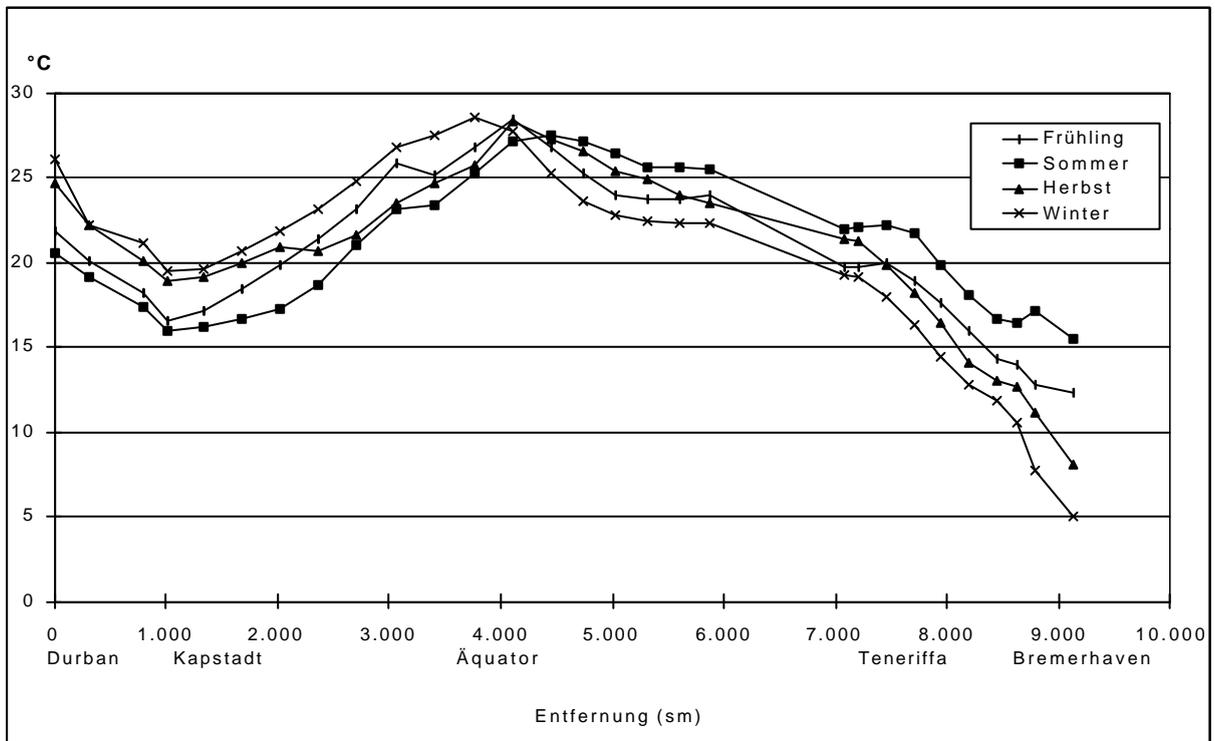


Abb. 42: Südafrikaroute (Durban - Bremerhaven), jahreszeitliche Mittelwerte der Oberflächentemperatur.

Wird zugrundegelegt, daß das Ballastwasser in etwa die gleiche Temperatur wie der das Schiff umgebende Ozean annimmt, so können die Organismen im Ballastwasser auf einer Reise Temperaturschwankungen von bis zu 25°C ausgesetzt werden. Lebewesen verkraften i.d.R. eine Überhitzung schlechter als eine Unterkühlung. Während bei Überhitzung irreversible Zellschädigungen auftreten, wird bei Unterkühlung der Stoffwechsel herabgesetzt. Darum ist es z.B. sehr unwahrscheinlich, daß ein Organismus aus den gemäßigten Regionen Westamerikas den Temperaturanstieg bei der Passage der Tropen überlebt und sich dann hier etabliert. Auf allen Abbildungen ist zu beobachten, daß die Temperaturunterschiede im Sommer am niedrigsten sind. Zu dieser Jahreszeit werden die Algen in den Ballasttanks dem geringsten Temperaturstreß unterworfen. Daher wird angenommen, daß mit Arteinschleppungen vermehrt in den Sommermonaten zu rechnen ist. Zusätzlich kann die hohe Lichteinstrahlung im Sommer die Etablierung von eingeschleppten Arten begünstigen. Dauerstadien besitzen vermutlich ein höheres Ansiedlungspotential, da sie durch die Temperaturunterschiede nicht derartig geschädigt werden und können daher sowohl im Sommer als auch im Winter eingeschleppt werden. Die lange Lebensdauer der Dauerstadien ermöglicht eine Ruheperiode bis die Temperaturen günstig sind.

#### **4.1.3.2 Salzgehalt**

Die Salinität des untersuchten Ballastwassers reichte von 0,6 ‰ bis 38,5 ‰. Das in den Süßwasserproben überdurchschnittlich hohe Chlorophyceenkonzentrationen angetroffen wurden zeigt, daß auch Süßwasserorganismen mit dem Ballastwasser nach Deutschland transportiert werden (Tab. 25) . Die Gefahr einer Einschleppung von Fremdorganismen durch Ballastwasser ist somit nicht auf die marinen Bereiche beschränkt. Auch die in Nord- und Ostsee einmündenden Flüsse und die an diesen Flüssen gelegenen Hafenstädte, wie z.B. Hamburg und Bremen sind davon betroffen.

#### **4.1.4 Zu erwartende Auswirkungen auf heimische Lebensgemeinschaften**

Eingeschleppte Dinoflagellatencysten stellen die größte Gefahr für deutsche Gewässer dar. Obwohl unter Laborbedingungen keine Auskeimung der im Ballastwasser gefundenen Cysten erreicht werden konnte, ist die Wahrscheinlichkeit groß, das auch keimungsfähige Cysten deutsche Gewässer erreichen, da Dinoflagellatencysten eine starke Resistenz gegen ungünstige Umweltbedingungen, wie beispielsweise Temperatur und Salzgehalt, zeigen. Kommen diese Cysten zur Auskeimung, besteht die Gefahr, daß sich die freigesetzten

Dinoflagellaten massenhaft vermehren. Handelt es sich dabei um giftige Arten, so können solche Algenblüten, wie Beispiele aus dem Ausland zeigen, zu Fischsterben und zur Vergiftung von Muschelbänken führen (Bolch & Hallegraeff, 1994; Hallegraeff & Bolch, 1992; Hallegraeff & Bolch, 1991). Besonderes Augenmerk ist dabei auf die noch nicht genau erforschten "Phantomalgen" der Gattung *Pfiesteria* zu richten. Diese Alge wurde erstmals 1991/92 bei der Untersuchung von Fischsterben in North Carolina (USA) gefunden. Sie produziert ein starkes Nervengift, welches nicht nur Fischen gefährlich werden kann, sondern auch beim Menschen zu Gedächtnisverlust führen kann. Es wurde festgestellt, daß Cysten dieser Gattung sogar in konzentrierter Schwefelsäure überleben können, oder 35 Tage Trockenheit überstehen (Burkholder et al., 1992; Burkholder et al., 1993). Aufgrund dieser Widerstandsfähigkeit der Cysten ist nicht auszuschließen, daß auch Algen dieser Gattung encystiert im Sediment von Ballasttanks nach Deutschland eingeschleppt werden können.

## **4.2 Fauna**

### **4.2.1 Methodenvergleich**

Im internationalen Methodenvergleich gibt es, bedingt durch nationale Standardisierungen, erhebliche Abweichungen in der Vorgehensweise der Ballastwasseruntersuchungen. Abweichungen und die Notwendigkeit eines internationalen Arbeitens der Schiffsbeprobungen machen deutlich, daß eine internationale Standardisierung der Arbeitsmethoden erfolgen muß, um einen uneingeschränkten Vergleich der Ergebnisse zu ermöglichen.

#### **4.2.1.1 Vorgehensweise der nordamerikanischen Arbeitsgruppen**

Bei der Untersuchung von Carlton et al. (1982) und Carlton (1985) wurden Schiffe beprobt, die ohne Ladung und daher mit viel Ballastwasser an Bord nordamerikanische Häfen anliefen. Der überwiegend untersuchte Schiffstyp waren Schüttguttransporter. Da diese bei Leerfahrt nicht über eine ausreichende Ballasttankkapazität verfügen, werden Laderäume mit Ballastwasser gefüllt (Carlton & Geller 1993). Bei der Beprobung des Ballastwassers in Laderäumen besteht ein ungehinderter Zugang, da weder über Peilrohre noch geöffnete Mannlöcher gearbeitet werden muß. Da die Laderäume nicht, wie Ballasttanks, mit horizontalen Verstärkungsebenen ausgestattet sind, kann hier uneingeschränkt der Wasserkörper in seiner gesamten Tiefe beprobt werden. Zusätzlich wurden Sedimentproben nach dem Leeren der Laderäume genommen. Da die Laderäume nach jeder Ballastfüllung

gereinigt werden, entstammen die angetroffenen Arten der Sedimentproben immer dem zuletzt geladenen Ballastwasser. Eine Ansammlung von Ablagerungen über einen längeren Zeitraum tritt nicht auf (Smith et al. 1993). Für jede Einzelprobe erfolgte ein dreimaliges Durchziehen des Netzes. Zumeist wurden dabei zwei Proben genommen. Bei der vorliegenden Untersuchung wurden bei der Zugangsmöglichkeit durch geöffnete Mannlöcher 2 - 5 Parallelproben genommen. Die Maschenweite für Zooplanktonproben-Standardnetze in den USA beträgt 80 µm. Bei den eigenen Probenahmen wurden Netze mit 10 µm Maschenweite verwendet. Weiterhin installierten Carlton et al. (1982) Aufwuchsplatten im Ballasttank, um die Rate der sich festsetzenden Fauna zu ermitteln. Dieser Versuch mußte nach kurzer Zeit abgebrochen werden, da die Tankbeschichtung zum Korrosionsschutz (Lanolin) sich auch auf den Platten festgesetzt hatte und Organismen sich nicht ansiedeln konnten.

Die Gründe für mißlungene Probenahmen waren, wie auch in der vorliegenden Untersuchung, zumeist das Fehlen von Ballastwasser an Bord (14 Probenahmeversuche) und zu später Besuch der Schiffe, auf denen das Ballastwasser bereits gelenzt worden war (11 Probenahmeversuche). Weiterhin wirkte sich bei einigen Proben der fehlende Zugang zum Ballastwasser, weder über Mannlöcher noch Pumpen oder die unbekannte Herkunft des Ballastwassers negativ aus (Grosholz & Ruiz 1995). Diese Widrigkeiten führten bei der vorliegenden Untersuchung bei 11,9 % der besuchten Schiffe zu keiner Probenahme (Kap. 2.1).

#### **4.2.1.2 Vorgehensweise der australischen Arbeitsgruppen**

Bei einer australischen Untersuchung wurden 9 Sediment- und 23 Ballasttanks beprobt. Das Sediment der Ballasttanks variierte pro Schiff von 5 - 30 l und wurde auf makrobenthische Organismen untersucht. Für die Ballastwasserproben wurde ein Planktonnetz mit einer Maschenweite von 100 µm an geöffneten Mannlöchern durch das Ballastwasser gezogen (Williams et al. 1988).

Eine weitere australische Arbeitsgruppe beprobte das Ballastwasser mittels einer peristaltisch arbeitenden Pumpe über einen Tankbelüftungsschacht. Die Pumpleistung betrug 1,5 l/min. Ein Probenvolumen von 10 - 20 l wurde durch ein Planktonnetz mit einer Maschenweite von 20 µm gefiltert. Zwischen 1987 und 1989 wurden nach dieser Methode etwa 200 Ballasttanks untersucht (Hallegraeff & Bolch 1991). Bis 1990 sind 343 Schiffe in 18

australischen Häfen untersucht worden. Neben Ballasttanks wurden ballastwassergefüllte Laderäume untersucht. Hierbei wurde das Planktonnetz durch den Wasserkörper gezogen. In 65 % der Ballasttanks wurden Sedimente gefunden, wobei nach Schätzungen in jedem Schiff etwa 100 t Sediment gefunden wurden. Bei einigen Ballasttanks war der Tankboden für eine Probenahme nicht erreichbar (Hallegraeff & Bolch 1992).

#### **4.2.2 Ballastwasser**

Bei keiner Probenahme wurden abiotische Bedingungen des Ballastwassers festgestellt, die als letal für die Fauna einzustufen wären. Als entscheidend für das Überleben von Organismen im Ballasttank wird die Toleranz gegenüber den Schwankungen der abiotischen Parameter, insbesondere der Temperatur und des Sauerstoffgehaltes, während einer Schiffsreise eingeschätzt. Bei Fahrtrouten von kalt-gemäßigten Regionen in die Tropen mit anschließender Weiterfahrt in erneut kalt-gemäßigte Regionen können Temperaturschwankungen über 15 °C auftreten, welche beispielsweise für eine der Hauptschiffahrtsrouten (Nordjapan) vorliegen.

Schwankungen des Sauerstoffgehaltes im Ballastwasser sind überwiegend abhängig vom wetterbedingten Turbulenzen im Ballasttank. Während der schiffsbegleitenden Messungen wurde eine deutliche Übersättigung bei Windstärken über 6-7 Bf gemessen. Auch der Füllstand des Ballastwassers im Tank ist entscheidend, da ein Wellenschlag nur möglich ist, wenn sich über dem Wasserstand im Tank ein Luftkörper befindet und auch nur in diesem Fall Luft und somit Sauerstoff mit dem Wellenschlag in das Ballastwasser gelangen kann.

##### **4.2.2.1 Artenspektrum**

Die höchste Artenanzahl einer Probe lag bei 14 Arten. Im Durchschnitt wurden 4 Arten in einer Probe, insgesamt 98 Arten festgestellt. Bei der Auswertung der Artfunde nach Schiffs- und Tanktypen zeichneten sich Autotransporter bzw. Achterpiektanks mit vergleichsweise höheren Artfunden aus. Die Häufigkeiten lagen hier jedoch zumeist nur geringfügig höher als für die anderen untersuchten Schiffs- oder Tanktypen.

Im Ballastwasser wurden wenige nichtheimische Arten (21,7 %) bei dieser Bestandsaufnahme gefunden. Der hohe Anteil heimischer Arten ist insbesondere in den Ballastwasserproben auffällig, da nur Ballastwasser mit außereuropäischer Herkunft untersucht wurde. Alle Schiffe, die Ballastwasser aus fremden Regionen an Bord haben, können prinzipiell auch Ballastwasser aus heimischen Gewässern an Bord nehmen, wenn

Ballastwasseroperationen in heimischen Gewässern durchgeführt werden. Auch wenn ein mit heimischem Ballastwasser gefüllter Ballasttank geleert und anschließend in entfernten Regionen wieder gefüllt wird, können heimische Arten im Restballastwasser verbleiben. Untersuchungen von AQIS (1993) haben gezeigt, daß bei einem vollständigen Ballastwasserwechsel im "unpumpbaren" Ballastwasseranteil, der etwa 5 % ausmacht, bis zu 25 % der Organismen verbleiben können. Daher kann es zu einer Mischung von heimischen und nichtheimischen Arten in einzelnen Proben kommen. Ein weiterer Grund für die Funde heimischer Fauna kann die weite Verbreitung von Arten sein, die sowohl in heimischen Gewässern als auch in vielen anderen Regionen oder sogar kosmopolitisch vorkommen.

Dennoch wird Ballastwasser für zukünftige Ansiedlungen nichtheimischer Arten als wichtiger Vektor eingeschätzt, da Arten mit dem höchsten Potential für eine mögliche Ansiedlung in unseren Gewässern im Gegensatz zu Sediment- und Außenhautproben zumeist im Ballastwasser gefunden wurden.

Organismen, die mit dem Ballastwasser transportiert werden, müssen unbeschadet die Einstromfilter und die Ballastpumpe beim Aufnehmen und Lenzen passieren. Die meisten kleineren Planktonorganismen können diese Filter unbeschadet überstehen. Das Auftreten von größeren Formen, wie Medusen, adulten Fischen oder Decapoda, ist daher nicht zu erwarten worden. In diesem Zusammenhang sind die Funde von adulten Fischen im Ballastwasser besonders bemerkenswert. Es wird angenommen, daß diese Organismen als Larven in den Tank aufgenommen wurden und sich dort entwickeln konnten.

Wenngleich nur in 38,1 % der Proben nichtheimische Arten gefunden wurden, rekrutierten sich diese aus 14 verschiedenen Regionen und stellten somit gegenüber Sediment- und Außenhautproben die größere Vielfalt der Herkunftsgebiete.

Der überwiegende Teil nichtheimischer Arten wurde im Ballastwasser aus Asien (38,1 %), dem Mittelmeer (22,2 %) und der nordamerikanischen Ostküste (14,3 %) gefunden. Die Herkunftsgebiete der Arten schließen die Ausgangsorte und Zwischenstationen der Hauptschiffahrtswege ein. Diese Herkunftsgebiete entsprechen den auf Hauptschiffahrtsrouten heimische Häfen anlaufenden Schiffen. Daher wird mit einem erhöhten Ballastwassereintrag und damit einer erhöhten Eintragswahrscheinlichkeit für Arten aus diesen Herkunftsgebieten gerechnet. Im Ballastwasser von der Westküste Südamerikas, Süd- und Ostafrikas und Australiens konnten keine nichtheimischen Arten gefunden werden. Es wird angenommen, daß die lange Verweildauer der Organismen im Ballasttank dafür

verantwortlich war. Dies Ergebnis kann aber auch durch die geringe Anzahl der untersuchten Schiffe beeinflusst worden sein.

Der Hauptanteil der nichtheimischen Arten im Ballastwasser sind die Crustacea. Innerhalb der Crustacea überwog der Anteil der Copepoda, dabei zumeist Calanoida. Die meisten der Calanoida und Harpacticoida im Ballastwasser waren asiatischer Herkunft. Möglicherweise sind diese Arten widerstandsfähiger und können daher die lange Verweildauer im Ballasttank unbeschadet überstehen.

Die überwiegend in tropischen und warm-gemäßigten Regionen vorkommenden Cyclopoida und Poecilostomatoida wurden zumeist im Ballastwasser aus dem Mittelmeer und Westafrika gefunden. Von diesen Regionen können Schiffe in einigen Tagen heimische Gewässer erreichen. Wahrscheinlich ist die lange Verweildauer im Ballasttank aus Asien für diese Formen letal.

Bemerkenswert war, daß die Funde von Amphipoden ausschließlich dem Ballastwasser aus Asien entstammten. Da diese Formen zumeist benthisch sind wird angenommen, daß die Befüllung der Ballasttanks während der nächtlichen Migrationen der Amphipoden in der Wassersäule erfolgte.

#### **4.2.2.2 Herkunftsangaben**

Die Herkunftsangaben des Ballastwassers beruhen auf Angaben der Schiffsbesatzungen. Da im Schiffsbetrieb nur die Menge des Ballastwassers, nicht aber dessen Herkunft Relevanz hat, sind diese Angaben nur schlecht protokolliert. Eine Überprüfung der schiffsseitigen Angaben ist nur in bezug auf den Salzgehalt und damit nur eingeschränkt möglich. Die gemessenen Salzgehalte des Ballastwassers stimmen überwiegend mit denen ihrer Herkunftsgebiete überein. Regionale Schwankungen sind abhängig von Strömungen, Wetterbedingungen und Liegeplatz der Schiffe zum Zeitpunkt der Ballastwasseraufnahme.

Der Übereinstimmungsgrad von Verbreitungsgebieten nichtheimischer Arten und Herkunftsangaben des Ballastwassers lag nur bei 40 %. Beispielsweise wurde *Acartia hudsonica* (Copepoda, Calanoida) im Ballastwasser aus dem Indischen Ozean gefunden. Das bekannte Verbreitungsgebiet erstreckt sich jedoch auf kalt-gemäßigte Regionen der Atlantikküste Nordamerikas und den Küsten Grönlands. Als weitere Fundorte werden Japan und Korea angegeben.

*Microsetella rosea* (Copepoda, Harpacticoida) kommt im tropischen Atlantik, an der Ostküste Nordamerikas von Florida bis in den Golf von Mexiko, der Karibik, an der südamerikanischen

Ostküste (Argentinien), in Neuseeland und Südwestjapan vor. Das Ballastwasser, in dem die Art gefunden wurde, stammte aber von der Westküste Nordamerikas.

Das Verbreitungsgebiet von *Allosmerus elongatus* (Pisces) liegt an der Westküste von Nordamerika. Gefunden wurde die Art jedoch im Ballastwasser aus Südjapan.

Gründe für diese Unstimmigkeiten könnten folgende sein:

Möglicherweise sind in der angespannten Situation während des Lade-Lösch-Betriebes im Hafen unbeabsichtigt von der Besatzung falsche Herkunftsgebiete angegeben worden.

Weiterhin könnten die Organismen im Ballasttank sedimentiert und beim letzten Wechseln des Ballastwassers nicht ausgespült worden sein. In dem neuen Ballastwasser, dessen Herkunftsort wurde als Ursprung für alle darin gefundenen Arten angenommen, konnten die vorher sedimentierten Individuen in die Wassersäule aufgestiegen sein und so bei der Probenahme gefunden werden.

Eine weitere Möglichkeit ist, daß Arten bereits ein größeres Areal als bekannt ist, da sie Untersuchungen noch nicht gefunden worden sind oder eine falsche taxonomische Diagnose durchgeführt wurde.

Weiterhin können Vermischungen von Ballastwasser bei Wasseraufnahme zu verschiedenen Zeitpunkten erfolgen (Woodward et al. 1992). Eine Zuordnung der Herkunftsgebiete in diesen Wassermischungen gefundener Organismen ist nicht möglich. Aus diesem Grund wurde "gemischtes" Ballastwasser nicht beprobt. Dennoch deutet die hohe Anzahl heimischer Arten im Ballastwasser darauf hin, daß oftmals Mischungen erfolgten, die nicht dokumentiert oder mitgeteilt wurden.

Die Überprüfung, ob die von der Schiffsbesatzung angegebenen Herkunftsangaben mit dem bekannten Verbreitungsgebiet der gefundenen Arten übereinstimmen, kann nur bei Ballastwasserproben erfolgen. Bei Außenhautproben ist der Zeitpunkt, zu dem sich ein Organismus am Schiffsrumpf festgesetzt hat, nicht mit Sicherheit rekonstruierbar, da dieser Vorgang im gesamten Fahrtgebiet der Schiffe erfolgen konnte. Es ist beispielsweise möglich, daß Aufwuchsorganismen aus warm-gemäßigten Regionen im Bewuchs eines Schiffes, welches regelmäßig nach Australien fährt, sich zwischen dem Mittelmeer und Australien am Schiffsrumpf festgesetzt haben. Daher wurden bei diesen Proben die entferntesten Fahrtgebiete als möglicher Herkunftsort angegeben.

Bei Sedimentproben kann die Fauna aus einer zuletzt über dem Sediment gestandenen Wassersäule oder aus weiter zurückliegenden Tankfüllungen stammen. Es konnten immer nur Angaben über die Herkunft des zuletzt im Tank befindlichen Ballastwassers ermittelt werden. Diese wurden als Herkunftsgebiet angegeben.

Daher waren Untersuchungen der Herkunftsgebiete nur unter Einschränkungen für Sedimentproben möglich.

#### **4.2.2.3 Saisonalität**

Die meisten Ballastwasserproben ohne Organismen wurden im Zeitraum von September bis November genommen. In dieser Jahreszeit tritt oft eine Häufung von Stürmen auf. Die sturmbedingten Schiffsbewegungen erzeugen Strömungen in den Ballasttanks, die möglicherweise die Organismen geschädigt haben könnten. Weiterhin besteht in dieser Jahreszeit ein besonders starker Temperaturgradient zwischen Herkunftsgebieten in warm-gemäßigten und tropischen Regionen sowie heimischen Gewässern, der sich negativ auf die Organismen im Ballasttank auswirken kann. Im Sommer, wenn der Temperaturgradient weniger stark ausgeprägt ist und weniger Stürme vorkommen, wurden die höchsten Individuendichten und Artenvielfalten in den Ballastwasserproben gefunden. Die Jahreszeit als einschränkender Faktor des Eintrages trifft insbesondere auf Arten aus warm-gemäßigten und tropischen Regionen zu, die während der Wintermonate eingeschleppt werden. Bei einem Eintrag im Sommer könnten hiesige Temperaturen möglicherweise toleriert werden. Wenn bis zum Winter eine "Anpassung" an kältere Temperaturen erfolgt, können diese Arten heimische Winter überleben (Allen 1953).

#### **4.2.2.4 Überlebensdauer**

Ballastwasser mit einer Verweildauer im Ballasttank von mehr als 30 Tagen, in dem lebende Organismen angetroffen wurden, konnte bei 39 Probenahmen registriert werden (40,1 % aller Proben mit Organismen). 6,2 % des beprobten Ballastwassers war länger als 50 Tage im Tank.

Auffallend ist, daß mit zunehmender Zeit im Tank vermehrt Makrofauna auftrat. Bei einer Verweildauer im Ballasttank von mehr als 40 Tagen nahm die Anzahl der Copepoden ab und die Anzahl der Fische und Amphipoden zu. Möglicherweise sind diese Arten robuster gegen Bedingungen im Ballasttank und können daher länger überleben als kleinere Formen. Weiterhin könnten diese größeren und sich räuberisch ernährenden Formen (Pisces) den Bestand der kleineren Arten (Copepoda) dezimiert haben.

Amphipoden wurden mehrfach nach längerer Verweildauer des Ballastwassers im Ballasttank gefunden. In der Ballastwasserprobe (50 l) mit der längsten Verweildauer im Tank (116 Tage) wurden 14 Individuen von *Corophium acherusicum* (Amphipoda) festgestellt. Die

maximale Überlebensdauer im Ballasttank von 116 Tagen liegt geringfügig über den Ergebnissen von Carlton (1985), der noch nach 95 Tagen cyclopoide und harpacticoide Copepoda im Ballastwasser verzeichnete. In Übereinstimmung wurde festgestellt, daß die Anzahl der Organismen im Ballastwasser mit zunehmender Reisedauer sank (Carlton 1985, Williams et al. 1988). Die Ergebnisse der Schiffsbegleitung von Singapur nach Bremerhaven unterstützen diese Feststellung.

#### **4.2.2.5 Literaturvergleich**

Im Literaturvergleich zeigt sich in Übereinstimmung mit dieser Untersuchung, daß die überwiegende Anzahl an Arten und Individuen, die mit dem Ballastwasser eingeschleppt werden, zu den Crustacea gehört. Innerhalb der Crustacea überwiegen die Copepoda. Weiterhin fällt auf, daß bei vielen Untersuchungen nicht in jeder Ballastwasserprobe Organismen gefunden wurden. Die Literaturangaben über Proben, in denen Organismen gefunden wurden, liegen mit 89 - 99 % (Howarth 1981, Carlton & Geller 1993, Carlton et al. 1995 a) über den eigenen Werten mit 73,5 % für Ballastwasseruntersuchungen. Vermutlich schlägt sich hier der teilweise indirekte Zugang für eine Probenahme über die Lenzpumpe und Peilrohre nieder. Im Gegensatz dazu wurden bei anderen Untersuchungen zumeist Proben des Ballastwassers in Laderäumen genommen. Zum einen besteht hier ein uneingeschränkter Zugang, zum anderen ist ein vergleichsweise größeres Volumen an Ballastwasser untersucht worden.

Die bei der vorliegenden Untersuchung festgestellte hohe Artenanzahl wird auf die im Literaturvergleich hier höhere Anzahl der untersuchten Schiffe zurückgeführt. Die Zahl der untersuchten Schiffe lag mit 211 deutlich über der anderer Untersuchungen mit minimal 55 (Howarth 1981) bis maximal 159 (Carlton & Geller 1993, Grosholz & Ruiz 1995).

Australische und kanadische Ballastwasseruntersuchungen konzentrierten sich auf die angetroffenen Phytoplankter und ihre Dauerstadien (Williams et al. 1982, Williams et al. 1988, Pollard & Hutchings 1990, a; Jones 1991, Hallegraeff & Bolch 1991, Rigby et al. 1993 a, Kerr 1994 b, Subba Rao et al. 1994). Notierungen über gefundene Tiere wurden in höheren Taxa wie z.B. Copepoda, Crustacea Nauplii und Larven von Mollusca sowie Polychaeta angegeben. Eine Auftrennung der Organismenfunde in Ballastwasser und Sediment erfolgte nicht. In Übereinstimmung mit Ergebnissen dieser Untersuchung überwogen bei den genannten Faunenaufnahmen die Crustacea.

Bei Untersuchungen der nordamerikanischen Arbeitsgruppen stand die im Ballastwassertank verschleppte Fauna im Vordergrund (Howarth 1981, Carlton 1985, 1987, Smith et al. 1993, Smith 1995).

Medcof (1975) fand Chaetognathen, Carlton (1985) fand Chaetognathen und auch Echinodermenlarven im Ballastwasser. Bei den Ballastwasseruntersuchungen dieses Projektes in heimischen Häfen wurden niemals Chaetognathen oder Echinodermata gefunden. Nur während der täglichen Probenahmen der Schiffsbegleitung von Singapur nach Bremerhaven konnten Chaetognathen und Echinodermenlarven in den ersten Tagen im Ballastwasser entdeckt werden.

Am häufigsten wurden bei den nordamerikanischen Untersuchungen Nematoda, Rotatoria, Polychaeta, Cladocera, Nauplii von Cirripedia und Copepoda festgestellt. Weniger häufig waren Ciliata, Mollusca (Larven), Ostracoda, Mysidacea, Amphipoda und Fische. Selten wurden Turbellaria, Gastrotricha, Oligochaeta, Isopoda, Larven von Decapoda, Echinodermata, Chaetognatha und Insecta entdeckt.

Bis auf Gastrotricha, Echinodermata und Chaetognatha wurden diese Taxa auch bei der vorliegenden Untersuchung festgestellt. Darüber hinaus wurden Flagellata, Rhizopoda (Foraminifera) und Scaphopoda festgestellt, die Carlton (1985) nicht auflistete.

Die Abundanzen liegen bei den eigenen Ergebnissen in abweichender Verteilung vor. In den Ballastwasserproben wurden am häufigsten Copepoda, Rotatoria, Cladocera, Amphipoda und Larven von Mollusca festgestellt.

Ein Vergleich auf Artniveau ist nur eingeschränkt möglich, da in der zitierten Literatur "nur" die nichtheimischen im Ballasttank gefundenen Arten aufgelistet wurden. Heimische Arten, die in der vorliegenden Untersuchung als nichtheimische anzusehen wären, werden nicht erwähnt. Weiterhin ist einschränkend, daß die Artbestimmung nur für wenige Organismen erfolgen konnte (Carlton et al. 1982, Carlton 1985).

Ein weiterer Grund für die geringen Übereinstimmungen der angetroffenen Fauna liegt in der vergleichsweise kurzen Artenliste und der abweichenden Methode der Ballastwasseruntersuchungen.

Ein Vergleich der Artenanzahlen kann nur eingeschränkt bewertend erfolgen, da bei den Untersuchungen anderer Autoren deutlich abweichende Methoden angewandt wurden. Bei der vorliegenden Bestandsaufnahme wurden mit 257 deutlich mehr Arten bestimmt als bei Carlton (1985), der insgesamt 21 Arten angab. Ein Vergleich der Copepoden beider Untersuchungen zeigt nur eine geringe Übereinstimmung. Bei der vorliegenden Untersuchung

wurden 56 Arten bestimmt. Von Carlton (1985) konnten 10 Arten bestimmt werden, von denen 5 ebenso in eigenen Proben bestimmt wurden: (*Euterpina acutifrons* (Copepoda, Harpacticoida), *Corycaeus anglicus* (Copepoda, Poecilostomatoida), *Acartia clausi*, *Centropages hamatus* und *Temora longicornis* (Copepoda, Calanoida). Weitere Übereinstimmungen liegen für Mysidacea (*Mesodopsis slabberi*) und Pisces (*Gasterosteus aculeatus*) vor.

Jeder beprobte Ballasttank der kanadischen Untersuchungen von Locke et al. (1991, 1993) enthielt Zooplankton. Insgesamt wurden 107 Taxa festgestellt und davon 57 zur Art bestimmt. Hauptsächlich wurden Copepoda, Cladocera und Rotatoria gefunden. Die maximale Individuendichte lebender und abgestorbener Organismen pro Kubikmeter Ballastwasser lag bei 52.748 *Keratella* sp., 34.184 *Bosmina longirostris*, 21.000 Copepoda (Nauplii) und 14.305 für calanoide Copepoda. Die Probe mit der geringsten Individuendichte enthielt 21 Organismen. Bei der vorliegenden Bestandsaufnahme wurden deutlich geringere Individuendichten festgestellt. Maximal wurden 10.400 Individuen *Tisbe graciloides* (Copepoda, Calanoida) pro Kubikmeter gezählt. In vielen Proben der vorliegenden Untersuchung betrug die Individuendichte unter 500 pro Kubikmeter. Die starken Differenzen werden auf die schlechtere Zugangsmöglichkeit zum Ballastwasser zurückgeführt. Dennoch wird die Anzahl der mit dem Ballastwasser eines Schiffes transportierten Organismen in der vorliegenden Untersuchung auf mehrere 10.000 wenn nicht sogar Millionen von Organismen geschätzt, wie auch Kabler (1996) angibt.

Übereinstimmende Arten (14), die sowohl bei Locke et al. (1991, 1993) als auch hier gefunden wurden, beschränken sich auf folgende Crustacea: Cladocera: *Bosmina coregoni*, *B. longirostris*, *Daphnia galeata*; Copepoda, Calanoida: *Acartia clausi*, *A. discaudata*, *Calanus finmarchicus*, *Centropages hamatus*, *C. typicus*, *C. velificatus*, *Eurytemora affinis*, *Pseudocalanus elongatus*, *Temora longicornis*; Cyclopoida: *Acanthocyclops robustus* und Poecilostomatoida: *Oncaea venusta*.

Bei einer Ballastwasser-Untersuchung von 1980 (Howarth 1981) wurde auf 55 Schiffen im St. Lorenz Strom das Ballastwasser beprobt. In 89,1 % der Proben wurden Organismen von insgesamt 56 verschiedener Arten festgestellt. Der überwiegende Anteil der gefundenen Arten war nicht heimisch, da die Großen Seen limnische Gewässer sind und der überwiegende Teil des Ballastwassers aus marinen Bereichen stammte (65 % der Proben waren marin, 31 % brackig und 4 % limnisch).

Das Vorkommen von zahlreichen Jungstadien, Larven und Dauereiern wird als Entwicklung während der Reise im Ballasttank gedeutet. Auch *Eriocheir sinensis* (Erstfund in den Großen Seen 1973) und *Dreissena polymorpha* (Erstfunde erst 6 Jahre später 1986) wurden im Ballasttank festgestellt. Beide Arten wurden als etablierungsfähig in den Großen Seen eingeschätzt (Howarth 1981).

Williams et al. (1988) registrierten im Ballastwasser mit einem Alter von 9 - 19 Tagen insgesamt 67 Taxa, von denen 22 zur Art bestimmt werden konnten. Die Bestimmung bis zum Artniveau erfolgte bei einigen Copepoda, Mysidacea und Pisces. Neben Copepoda und Larven von Mollusca gehörten Chaetognatha zu den häufigsten Organismen. Nur drei der insgesamt 20 bestimmten Copepoda (*Acartia clausi*, *Euterpina acutifrons* und *Oncaea venusta*) wurden auch bei vorliegender Untersuchung gefunden.

Carlton & Geller (1993) untersuchten 159 Schiffe und bestimmten in den Ballastwasserproben 367 Taxa. Viele konnten nicht zur Art bestimmt werden. In 99 % der Proben waren Copepoda enthalten, 89 % enthielten Polychaeta, 83 % Balanidae und 71 % Larven von Mollusca.

Die Liste der weltweit im Ballastwasser gefundenen Arten kann durch die vorliegende Untersuchung des Ballastwassers um 79 Species ergänzt werden.

### **4.2.3 Sediment**

#### **4.2.3.1 Artenspektrum**

Sedimentproben wiesen die höchste Artenanzahl in einer Probe (36 Arten) mit etwa doppelt soviel Arten wie maximal in Ballastwasser- und Außenhautproben auf. Durchschnittlich wurden 5,8 Arten pro Probe und insgesamt 110 Arten eingetragen. Da auch in heimischen Gewässern Ballastwasser an Bord genommen wurde, konnten nach deren Sedimentation im Ballasttank in den Sedimentproben auch oft (56,5 % der Proben) heimische Arten gefunden werden. Viele der in Sedimentproben gefundenen Arten wurden auch in Außenhautproben verzeichnet. Insbesondere für die 16 Cirripedia legt dies den Schluß nahe, daß auch Organismen der Tankinnenwandung aufwachsen. Aufwuchs von Makrozoen an der Tankinnenwand konnte bei der vorliegenden Untersuchung nur äußerst selten festgestellt

werden. Der in den Sedimentproben gefundene *Balanus variegatus* kommt häufig in sedimentreichen Gewässern vor (Henry & McLaughlin 1975).

Selten traten Planktonorganismen in den Sedimentproben auf. Wahrscheinlich handelt es sich dabei um Tiere, die sich nach Ablassen des Ballastwassers in kleinen Restpfützen sammelten.

Bereits in unseren Gewässern vorkommende nichtheimische Arten, die bei dieser Untersuchung in Sedimentproben gefunden wurden, erreichen mit 47,9 % (11 Arten) hier den höchsten Anteil. Die Anzahl der nichtheimischen Arten mit hohem Einwanderungspotential liegt in den Sedimentproben im mittleren Bereich.

Am häufigsten wurden Bivalvia, Cirripedia, Gastropoda, Foraminifera, Cladocera, Amphipoda und Polychaeta registriert.

In Ballastwasser- und auch in Sedimentproben wird durch den Anstieg der Populationsdichte der Nachweis für eine Entwicklung von Arten im Ballasttank erbracht. Die Körperlänge des gefangenen *Petromyzon marinus* (Cyclostomata) betrug 25 cm und einige Decapoda besaßen Carapaxausdehnungen (z.B. *Eriocheir sinensis*) von etwa 2 cm. Organismen dieser Größe können nicht unbeschadet in einen Ballasttank gepumpt werden. Sie müssen sich im Tank weiterentwickelt haben.

#### **4.2.3.2 Literaturvergleich**

Die Schichtdicke der untersuchten Tanksedimente der vorliegenden Untersuchungen korrespondiert weitgehend mit den Angaben aus der Literatur. Maximal wurden bei einer Probe Schichtdicken von mehr als 50 cm festgestellt.

Bei den Ballasttank-Untersuchungen in Nordamerika von Locke et al. (1991, 1993) wurden Sedimentproben, wie auch bei der vorliegenden Untersuchung, durch geöffnete Mannlöcher genommen. Die vorgefundenen Sedimentschichten hatten zumeist, wie auch in der vorliegenden Untersuchung, eine Dicke weniger als 1 cm. Bei nicht zugänglichen Tankbodenbereichen wurde versucht, das Sediment mit einem Planktonnetz vom Boden des Tanks durch kratzende Bewegungen mit dem Netz zu lösen und darin enthaltene Organismen mit selbigem einzufangen.

Bei australischen Untersuchungen wurden Sedimente in Ballastwassertanks häufig mit Schichtdicken von 5 - 10 cm, die ein Volumen von mehreren 100 t pro Schiff ausmachen können, angetroffen. Dieses Gewicht verringert, wie auch in wesentlich kleinerem Umfang das Gewicht des Außenhautaufwuchses, die Zuladekapazität des Schiffes (Clarke & Haskins

1993). Hallegraeff und Bolch (1991, 1992) geben an, daß bei über 70 % der untersuchten Schiffe Sedimente gefunden wurden.

Bei Williams et al. (1988) wurden 37 Taxa mit insgesamt 40 Arten bestimmt. Der überwiegende Anteil entfiel auf Polychaeta und Crustacea. Innerhalb der Crustacea überwogen die Decapoda und Amphipoda (Williams et al. 1988). Übereinstimmungen auf Speziesebene wurde bei der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt.

Bei allen Arbeiten fällt der fehlende oder sehr geringe Anteil an Interstitialfauna auf. Die meisten angetroffenen Arten leben epibenthisch oder grabend. Es wird angenommen, daß aufgrund von Vibrationen des Schiffsmotors die Sedimente sehr dicht sind und daher kaum ein besiedelbares Sandlückensystem entstehen kann. Da die meisten Arten der Interstitialfauna keine freien Larvenstadien bilden, schloß Gerlach (1977), daß die Ausbreitung vor allem durch Wasserströmungen nach Aufwirbellungen durch Stürme, Vögel und im Ballast von Schiffen erfolgt. Der Transport im Sediment von Ballasttanks jedoch scheint eine untergeordnete Rolle zu spielen.

Die Liste der aus der Literatur bekannten Arten, die mit Tanksedimenten transportiert werden können, kann um alle 110 hier festgestellten Arten erweitert werden.

## **4.2.4 Außenhaut**

### **4.2.4.1 Artenspektrum**

In nahezu allen Außenhautproben (97,7 %) wurden nichtheimische Arten festgestellt, die zusätzlich im Vergleich der Probenotypen mit maximal 18 und durchschnittlich 6,2 Arten die höchste Artendiversität zeigten. Auch wurden 47,1 % aller nichtheimischen Arten dieser Untersuchung im Schiffsbewuchs gefunden. Das bedeutet, daß es in Außenhautproben am wahrscheinlichsten ist, auf nichtheimische Arten zu stoßen. Das Ansiedlungspotential dieser Arten wird aber deutlich geringer eingeschätzt als bei Arten im Ballastwasser und Sediment, da die nichtheimischen Aufwuchsarten zumeist aus warm-gemäßigten und tropischen Regionen stammen und daher heimische Wintertemperaturen vermutlich nicht überleben können.

In starkem Aufwuchs können vermehrt vagile Organismen transportiert werden. Auch wenn die Aufwuchsorganismen durch ein vergleichsweise geringeres Ansiedlungspotential gekennzeichnet sind, kommt es dennoch zur Einschleppung vagilen im Lückensystem

transportierten Organismen, wie das Beispiel *Hemigrapsus penicillatus* (Decapoda) mit dem Verbreitungsgebiet im kalt-gemäßigten Asien (Nordjapan) zeigt.

Nichtheimische Arten, die bereits in unseren Gewässern vorkommen wurden bei dieser Untersuchung im Schiffsbewuchs mit 39,1 % in geringerer Anzahl als in Sedimenten aber in höherer als im Ballastwasser gefunden.

Neben sessilen Organismen können im Lückensystem eines starken Aufwuchses viele vagile Organismen transportiert werden (Chilton 1911, Carlton 1979). Die Aufwuchsdicke kann 25 cm (Bertelsen & Ussing 1936), maximal sogar 30 cm erreichen (Carlton et al. 1995 a) und ist abhängig vom Fahrtgebiet der Schiffe (Hentschel 1923, Redfield et al. 1952). Dabei wird die höchste Aufwuchsmenge in Schiffen mit tropischen Fahrtgebieten festgestellt (Redfield et al. 1952).

Vagile Tiere werden im Lückensystem des Außenhautaufwuchses selbst aus dem weit entfernten Japan eingeschleppt, wie Funde des in südjapanischen Gewässern beheimateten *Hemigrapsus penicillatus* (Decapoda) beweisen. Dieser wurde bei der vorliegenden Untersuchung neben anderen Decapoda in leeren Balanidengehäusen gefunden. Da sein Verbreitungsgebiet auf südjapanische Gewässer beschränkt ist, kann ausgeschlossen werden, daß Individuen sich in einer anderen Region am Schiffsrumpf angesiedelt hatten. Demnach konnte er die mehrwöchige Überfahrt von Japan nach Westeuropa überleben.

Selten wurden in den Außenhautproben Planktonorganismen (calanoide Copepoda und Ostracoda) gefunden, die jedoch ausschließlich der heimischen Fauna angehörten. Es wird angenommen, daß diese Organismen sich am Schiffsrumpf festsetzten, während das Schiff die Nordsee durchfuhr.

In wenigen Außenhautproben wurden benthische Organismen, wie z.B. *Mya arenaria* (Bivalvia), die auch Carlton et al. (1995 a) als im Außenhautaufwuchs transportierbar auflistet, gefunden. Diese Arten werden nur bei sehr dichtem Aufwuchs im Lückensystem oder in strömungsgeschützten Bereichen, in denen Sedimentablagerungen erfolgten, gefunden. Diese Bereiche liegen bei manchen Schiffen im Bereich der Stabilisatoren (Seekästen) gegeben.

Eine Zonierung der Organismen am Schiffsrumpf konnte in geringem Maße festgestellt werden. In strömungintensiven Bereichen, wie am Bugstrahlruder, Ballastwasser-Einströmöffnungen und im Ruderbereich, fiel eine Häufung von Organismen auf. Die an

diesen Stellen besonders starke Strömung bedingt eine erhöhte Auswaschung der Antifoulinggifte (Leachingrate) der Schiffsfarbe. Damit verbunden ist eine geringere Toxizität und somit ein Siedeln für strömungstolerante Organismen eher möglich als in anderen Bereichen der Schiffsaußenhaut.

Am häufigsten wurden balanomorphe Cirripedia, Bivalvia, Amphipoda, Bryozoa, Hydrozoa, lepadomorphe Cirripedia und Decapoda gefunden.

*Dreissena polymorpha* wurde mehrfach in marinen Faunengemeinschaften am Schiffsrumpf als einzige limnische Komponente gefunden. Der Verschluss der Schalenklappen bei Balanidae und marinen Mollusca während der Exposition im Süßwasser und von *D. polymorpha* während der Fahrtzeit im Salzwasser könnte dies erklären. Das weiteste Herkunftsgebiet eines Schiffes in dessen Aufwuchs *D. polymorpha* bestimmt wurde war Singapur. Angenommen wird die Besiedlung des Schiffes mit *D. polymorpha* in heimischen Gewässern, da ein Vorkommen der Art im Herkunftsgebiet nicht bekannt ist. Bei der Schiffsbeprobung konnten nur abgestorbene Tiere (mit Weichkörpern) gefunden werden. Weitere Individuen mit einer Schalenlänge von etwa 2 cm wurden lebend an einem Schiff aus den Großen Seen gefunden. Hier wird angenommen, daß das betroffene Schiff längere Zeit in diesen Gewässern lag und danach in wenigen Tagen direkt den Atlantik überquerte. Am Schiffsrumpf siedelnde Makroorganismen müssen sich durch hohe Toleranz gegenüber Schwankungen von Temperatur und Salinität auszeichnen, sonst überleben sie nur kurze Zeit in wechselnden Fahrtgebieten der Schiffe. Nur wenige Organismen überleben, wenn oft limnische Häfen angelaufen werden (Neu 1932 b).

#### **4.2.4.2 Literaturvergleich**

Ein Vergleich mit früheren Untersuchungen kann nur eingeschränkt erfolgen, da seit den 1930er Jahren, in denen die meisten Untersuchungen erfolgten, viele Neuerungen (Schiffsgröße, Geschwindigkeit, Antifoulingfarbe) entwickelt wurden. Bei der Bestandsaufnahme der nichtheimischen Fauna Großbritanniens wurde festgestellt, daß der überwiegende Anteil der mit Schiffen eingeschleppten Arten im Schiffsbewuchs eingetragen wurde (Eno 1994).

Bei Aufwuchsuntersuchungen von verschiedenen Autoren wurden Artenanzahlen von 22 bis 107 festgestellt (Hentschel 1923, Visscher 1927, Neu 1932 a, b, Bertelsen & Ussing 1936, Pyefinch 1950, Skerman 1960, Southward & Crisp 1963, Hardy 1981, Alibekova et al. 1986).

Mit 110 bestimmten Arten liegt die Artenanzahl der vorliegenden Untersuchung nur geringfügig über der vergangener Zeiten. Der Schiffsbewuchs wurde, wie auch bei dieser Untersuchung festgestellt, von balanomorphen Cirripedia, gefolgt von Bivalvia dominiert (Hentschel 1923, Pyefinch 1950, Zvyagintsev & Mikhailov 1978). Pyefinch (1950) stellte im Aufwuchs von 92 % der untersuchten Schiffe balanomorphe Cirripedia fest. Weiterhin traten oft röhrenbauende Polychaeten auf (Pyefinch 1950). Bei den Untersuchungen von Neu (1932 a, b) überwogen Cnidaria (31 Arten), Bryozoa (24 Arten), Mollusca (20 Arten) und Cirripedia (17 Arten).

Visscher (1927) und Hentschel (1923) untersuchten zusammen 131 Schiffe. Überwiegend bestand der Aufwuchs neben Cirripedia aus Hydrozoa und Bivalvia.

Von den Cirripedia wurde *Balanus improvisus* am häufigsten gefunden (44 x), gefolgt von *B. eburneus* mit 34 Funden. *B. improvisus* wurde mit 87 Funden in der vorliegenden Untersuchung fast doppelt so oft angetroffen. Auch *B. eburneus* wurde häufiger (43 x) gefunden.

*B. amphitrite* wurde von Visscher (1927) und Hentschel (1923) 27 x und bei dieser Untersuchung 64 x angetroffen. Lepadomorphen Cirripedia wurden insgesamt 20 mal registriert, dabei überwiegend *Lepas anserifera*.

Bei der vorliegenden Untersuchung sind insgesamt 23 Funde verzeichnet worden. Auch hier wurden Arten der Gattung *Lepas* am häufigsten gefunden. Mit 9 Funden dominierte *L. anatifera*.

Unter den Bivalvia war *Anomia ephippium* mit 31 Funden am häufigsten. Dagegen weisen die eigenen Ergebnisse *A. ephippium* einmalig in einer Sedimentprobe aus. Zusätzlich wurde *A. simplex* ebenfalls einmalig im Schiffsbewuchs festgestellt. Die am häufigsten in der vorliegenden Untersuchung angetroffene Muschelart war *Mytilus edulis* (25 x), die von Visscher (1927) und Hentschel (1923) mit 18 Funden als zweithäufigste Art aufgelistet wird.

Mit 30 Funden wurde von den Hydrozoa *Tubularia* sp. von Visscher (1927) & Hentschel (1923) am häufigsten festgestellt. Bei der vorliegenden Bestandsaufnahme wurden Tubulariidae 13 x gefunden. An zweiter Stelle wird *Campanularia* sp. genannt (26 Funde), die in der eigenen Arbeit mit 46 Funden am häufigsten vertreten war.

Redfield et al. (1952) listeten die 12 am häufigsten im Schiffsaufwuchs gefundenen Arten auf. Bis auf *Hydroides norvegica* (bei der eigenen Untersuchung wurde *H. elegans* gefunden) wurden alle auch bei der vorliegenden Untersuchung häufig bestimmt.

Von allen bekannten marinen Arten der lepadomorphen Cirripedia bei allen Schiffsuntersuchungen insgesamt ein Artenanteil von 25 % gefunden wurde, wird deren

Bedeutung als Bestandteil des Schiffsaufwuchses verdeutlicht. Bei balanomorphen Cirripedia wurde ein Artenanteil von 20 %, bei Tunicata 16,6 % im Schiffsaufwuchs festgestellt. Der Anteil aller anderen Taxa lag unter 9 % (Redfield et al. 1952). Bemerkenswert ist, daß die von Redfield et al. (1952) am dritthäufigsten genannten Tunicata bei dieser Untersuchung nicht gefunden wurden.

Die mittlere Artenanzahl pro Schiff lag bei 3,5 (Hentschel 1923) und ist etwa nur halb so groß wie bei dieser Bestandsaufnahme mit 6,2. Ein möglicher Grund für die geringere Artenanzahl in Hentschels Arbeiten könnte der wirksamere Schutz der Antifoulingfarben sein. Da die früher verwendeten Giftstoffe wenig umweltverträglich waren, wurde die Zusammensetzung der Antifoulingfarben geändert. Seit 1973 wird TBT-haltige Farbe verwendet (Ambrose 1994, Minchin & Sheehan 1995).

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden maximal 107 Balanidae (*Balanus improvisus*) und 64 Muscheln (*Mytilus edulis*) pro 100 cm<sup>2</sup> gezählt. Hentschel (1923) fand mit bis zu 147 Balanidae pro 100 cm<sup>2</sup> annähernd gleichwertige Dichten.

Die Liste der aus der Literatur bekannten, an der Außenhaut von Schiffen transportierbaren Arten kann um 57 Arten, die bei der vorliegenden Untersuchung festgestellt wurden, ergänzt werden.

#### **4.2.4.3 Schiffsgeschwindigkeit**

Zvyagintsev & Mikhailov (1978) benannten die Fahrtgeschwindigkeit als einen der Faktoren, die maßgebend das Überleben und somit die Artenvielfalt der Aufwuchsgemeinschaft beeinflussen. Auf langsameren Schiffe findet sich demnach eine höhere Artenvielfalt als auf schnelleren. Balanidae sind in der Lage, Strömungen besser als andere Organismen zu widerstehen (Crisp 1965) und wurden daher als dominierende Taxa im Schiffsbewuchs gefunden.

#### **4.2.4.4 Fahrtgebiete**

Hentschel (1923) legte bei seinen Untersuchungen des Schiffsaufwuchses 9 Hauptfahrtgebiete mit charakteristischen Aufwuchsgemeinschaften fest. Die Artzusammensetzung des Aufwuchses ist abhängig vom Fahrtgebiet der Schiffe (Hentschel

1923, Redfield et al. 1952). Die beeinflussenden Faktoren sind Temperatur, Salzgehalt und Nahrungsangebot der verschiedenen Gewässer. Auch das ausgesüßte Wasser während der Regenzeit könnte in tropischen Regionen vermindern auf den Bewuchs eingewirkt haben.

In allen Fahrtgebieten überwogen wie auch bei den eigenen Untersuchungen balanomorphe Cirripedia vor Polychaeta (Serpulidae) und Cnidaria (Hydroidea).

Lepadomorphe Cirripedia wurden bei Hentschel (1923) nur an Schiffen aus der Karibik und mit dem Fahrtgebiet Südamerika, Ostküste, gefunden. Bei der vorliegenden Untersuchung wurden diese Tiere an Schiffen aus 10 verschiedenen Fahrtgebieten aller Ozeane inklusive der von Hentschel genannten Fahrtgebiete verzeichnet. Möglicherweise sind diese Organismen gegenüber der heutigen TBT-haltigen Farbe resistenter als gegenüber der zu Hentschels Zeiten verwendeten Giftstoffe.

#### **4.2.4.5 Naßgewichte**

Die maximalen Naßgewichte der Aufwuchsorganismen der vorliegenden Untersuchung wurden mit 12.154 g/m<sup>2</sup> an einem Schiff mit dem Fahrtgebiet Australien festgestellt. Im Durchschnitt betrug das Naßgewicht 6.276 g/m<sup>2</sup>. Zvyagintsev & Mikhailov (1978) stellten Maximalwerte von 6.350 g/m<sup>2</sup> fest. Für ein durchschnittlich stark bewachsenes Schiff mittlerer Größe ergibt sich daraus ein zusätzlich zu transportierendes Gewicht von 6,6 t. Bereits leichter Aufwuchs reduziert die Schiffsgeschwindigkeit um etwa 15 %. Zu der erzeugten Reibung kommt das Gewicht des Bewuchses, das bei großen Schiffen viele Tonnen betragen kann (Neu 1932 b). Die durch den Aufwuchs erzeugte Steigerung der Reibung bewirkt bei gleichbleibender Schiffsgeschwindigkeit einen gesteigerten Treibstoffverbrauch (Subklew & Schulz 1965, Hutchings et al. 1987). Hochgerechnet für alle jährlich in Deutschland eingedockten Schiffe fallen auf diesem Weg jährlich 2.000 t Aufwuchs an, der genauso wie das Ballastwasser sterilisiert werden müßte, um den Eintrag nichtheimischer Arten zu verringern.

#### **4.2.4.6 Antifoulingfarbe**

Neben der Art und der Konzentration der Giftstoffe der Antifoulingfarben ist auch die Pigmentierung einflußnehmend auf die Menge des Aufwuchses. Je dunkler die Farbe, desto intensiver ist der Aufwuchs mit Cirripedia. Am wenigsten Aufwuchs wurde auf weißen Platten festgestellt (Visscher 1927, Neu 1933). Dunkle Flächen werden von phototaktisch negativen Organismen wie Larven von Cirripedia, Serpulidae und Bryozoa bevorzugt besiedelt. Die

heute gebräuchliche rote Farbe, die oft für Schiffsanstriche verwendet wird, ist neben schwarz wohl die ungünstigste, da sie den Bewuchs fördert (Ragg 1954).

#### **4.2.4.7 Sukzession**

Der Bewuchs bildet sich meist während der Hafentiegezeiten. Startet das Schiff seine Reise, sterben einige Organismen, die der starken Strömung nicht standhalten können, ab (Neu 1932 b). Dieses Phänomen wird von Neu (1932 b) Entsidlung des Schiffsrumpfes genannt. Ungeschützte Oberflächen werden bereits nach einigen Stunden mit einem Bakterienfilm überzogen (Zobell & Allen 1935, Gerchakov & Udey 1984, Little 1984, White & Benson 1984, Characklis 1991, Flemming 1991). Nach den Bakterien siedeln sich zumeist Algen und Protozoa an (Little 1984, Woods et al. 1987, Marshall & Blainley 1991), gefolgt von Makroorganismen wie Hydroidea, Balanidae, Bryozoa, Serpulidae und Mytilidae (Scheer 1945, Redfield et al. 1952, Mitchell & Kirchman 1981, Relini 1987). Die Hartbodenbesiedlung anthropogener Substrate durch *Mytilus* sp. erfolgt erst nach der Besiedlung anderer Aufwuchsarten (Scheer 1945). Schiffe, an denen Mytilidae gefunden wurden (25 Schiffe), müssen demnach schon längere Zeit ohne Erneuerung der Antifoulingfarbe im Wasser gewesen sein.

#### **4.2.4.8 Artbeschreibung**

*Cryptostylochus* n. sp. (Turbellaria, Polycladida) (Faubel & Gollasch in press.) wurde im Aufwuchs eines Schiffes dessen Fahrtgebiet sich von Florida an der nordamerikanischen Ostküste hinauf bis New York und von dort über den Atlantik nach Westeuropa erstreckte. Da die Art in der gut dokumentierten Turbellarienfauna Westeuropas nicht zu verzeichnen ist (Faubel, pers. Mitt.), wird als Herkunfts- und Verbreitungsgebiet das Fahrtgebiet des Schiffes, die Ostküste Nordamerikas angenommen. Da kein genaueres Verbreitungsgebiet angegeben werden kann ist die Einschätzung des Ansiedlungspotentials dieser Art in heimischen Gewässern nicht möglich.

#### **4.2.5 Bisher eingeschleppte Arten**

Der Eintrag nichtheimischer Arten ist ein nicht nur für heimische Küsten auftretendes Phänomen. Bereits vor der vorliegenden Untersuchung wurden umfangreiche Arbeiten zu dieser Thematik in Gebieten erstellt, die hohe Anteile nichtheimischer Spezies am Artengefüge aufweisen.

#### 4.2.5.1 Europa

Obwohl das günstige Zusammentreffen aller Faktoren, die eine Artansiedlung ermöglichen, sehr selten vorkommt, konnten sich in britischen Küstengewässern 59 Arten (Eno & Clark 1994), in irischen Gewässern 24 Arten (Minchin & Sheehan 1995, 1996), im Bereich des Limfjordes (Dänemark) 13 Arten (Knudsen 1989) und an der schwedischen Küste 61 Arten (Jansson 1994) in den letzten 100 Jahren ansiedeln. Insgesamt werden im Bereich der Nordsee 85 und der Ostsee 73 nichtheimische Arten gefunden. Ein Großteil konnte sich langfristig etablieren und einige gehören heute zu den dominierenden Arten (Millar 1960, Farnham 1980, Leppäkoski 1984, 1991, 1994 a, b, Knudsen 1989, Reise 1990, 1991, 1993, 1994, Utting & Spencer 1992, Eno 1994, Eno & Clark 1994, Jansson 1994). Der Anteil an nichtheimischen Arten im Wattenmeer liegt bei 5 - 10 %. Dabei ist eine Verdrängung heimischer Arten hier nicht zu beobachten, da das Nahrungsangebot vermutlich nie voll ausgeschöpft worden ist (Reise 1991). In vielen Fällen besteht für den Einwanderer keine Konkurrenz mit heimischen Arten (McDowall 1968). Der überwiegende Anteil der nichtheimischen Arten entfällt auf Crustacea, Bivalvia und Cnidaria. Einige Arten sind sowohl in Nord- wie auch Ostsee verschleppt worden, wie *Ficopomatus enigmaticus* (Polychaeta) (Kühl 1977, Jansson 1994) und *Acartia tonsa* (Copepoda, Calanoida) (Klie 1933, Leppäkoski 1984, von Bodungen & Zeitschel 1995) oder haben sich von einem Meer in das andere aktiv ausgebreitet. *Marenzelleria viridis* (Polychaeta) breitete sich von der Nordsee in die Ostsee aus (Essink & Kleef 1986, Norkko et al. 1993). Auf umgekehrtem Weg erreichte *Cordylophora caspia* (Cnidaria) Süßgewässer und Ästuare im Bereich der Nordsee (Arndt 1931).

Im Bereich der limnischen deutschen Wasserstraßen wurden bisher 28 nichtheimische Arten gefunden, dabei vorwiegend Mollusca, Crustacea und Cnidaria. Der Anteil der nichtheimischen Arten entspricht etwa 10 % der heimischen Makroinvertebrata (Tittizer 1995, Jungbluth 1995).

Die höchste Anzahl von Erstfunden nichtheimischer Arten in britischen Gewässern wurde zwischen 1970 - 1979 verzeichnet (Eno 1994, Eno & Clark 1994). Die Intensivierung des Schiffsverkehrs und Weiterentwicklungen im Schiffbau sind als Gründe zu nennen (s.o.).

Von den 13 nichtheimischen Arten, die übereinstimmend in der Ostsee und bei dieser Bestandsaufnahme gefunden wurden, ist die überwiegende Anzahl mit 6 Arten (46,2 %) in den Sedimentproben festgestellt worden. Im Ballastwasser wurden 15,4 % (2 Arten) und in der Außenhaut 38,5 % (5 Arten) bestimmt.

Von den bisher in der Nordsee bekannten eingeschleppten Arten wurden bei dieser Untersuchung 22 Species registriert. Die überwiegende Anzahl der Arten gehörten zu den Crustacea, Bivalvia und Cnidaria. Innerhalb der Crustacea überwogen die Cirripedia, die zumeist in den Außenhautproben gefunden wurden.

Neben den Funden im Ballastwasser (*Acartia tonsa* (Copepoda, Calanoida), *Teredo navalis* (Bivalvia) und *Balanus improvisus* (Cirripedia)) wurde der überwiegende Teil in Sediment- (40 % oder 8 Arten) und Außenhautproben (50 % oder 11 Arten) festgestellt.

Bemerkenswert sind die Funde von *Balanus improvisus* (Cirripedia) und *Teredo navalis* (Bivalvia) im Ballastwasser. Bisher wurde angenommen, daß diese Arten über den Aufwuchs von Schiffen eingetragen worden sind. Da *T. navalis* nach Einführung des Stahlschiffbaus nicht mehr im Aufwuchs von Schiffen transportiert werden konnte, wurde ein Transport im Ballastwasser angenommen. Diese Untersuchung bestätigt , daß der Eintrag auch im Ballastwasser erfolgen konnte.

Die Fundorte der bisher bekannten in Nord- und Ostsee aufgetretenen nichtheimischen Arten wurden in geographischen Bezirken zusammengefaßt.

Die Nordsee wurde in folgende 7 Bereiche die Ostsee 3 Bereiche unterteilt (Abb. 43).

## Europakarte

Abb. 43: Zonierung der Fundorte nichtheimischer Arten in Nord- und Ostsee (D = Deutsche Bucht, DK = dänische Nordseeküste, F = französische und holländische Nordseeküste, GB = Nordseeküste Großbritanniens, K = Ärmelkanal, MO = mittlere Ostsee, N = norwegische Nordseeküste, NO = nördliche Ostsee, SH = Shetland und Orkneyinseln, WO = westliche Ostsee).

### 4.2.5.2 Nordsee

Der überwiegende Anteil der nichtheimischen Arten gehört zu den Crustacea (29 Arten). Innerhalb der Crustacea überwiegen Cirripedia (10 Arten). Weiterhin traten häufig Mollusca (21 Arten) und Polychaeta (14 Arten) auf. Mit 42 Nennungen sind die meisten nichtheimischen Arten in der Deutschen Bucht aufgetreten. Es folgen die Nordseeküste von Großbritannien (35 Arten) und die Nordseeküsten von Frankreich und den Niederlanden mit zusammen 34 Arten. Für Ärmelkanal werden 29 Arten aufgelistet (Anhang, Tab. 9).

### 4.2.5.3 Ostsee

Wie auch in der Nordsee gehört der überwiegende Anteil nichtheimischer Arten der Ostsee (28 Arten) zu den Crustacea wobei überwiegend Decapoda (9 Arten) gefunden werden. Die nächst häufigsten Taxa sind Pisces mit 21 Arten und Mollusca mit 12 Arten. Innerhalb der Mollusca überwiegen hier in Übereinstimmung mit der Nordsee die Bivalvia. Am häufigsten wurden nichtheimische Arten in der mittleren Ostsee (47 Arten) gefunden. In der westlichen Ostsee wurden 39 Arten und in der nördlichen Ostsee wurden 38 Arten gefunden (Anhang, Tab. 10).

#### 4.2.5.4 Mittelmeer

Im Mittelmeer konnten bisher 155 nichtheimische Arten verzeichnet werden. Der überwiegende Anteil ist durch den Wasseraustausch mit dem Atlantik oder durch den Suezkanal aktiv eingewandert (Keller 1882, Ben-Tuvia 1953, 1978, Ben-Eliahu 1972, Kimor 1972, Krapp & Sconfiatti 1983, Zibrowius 1991). Es werden etwa 150 im östlichen Mittelmeer auftretende Arten angeführt, deren Ursprungsgebiet im Roten Meer liegt (Steinitz 1967, Rubinoff 1968, Walford & Wicklund 1973, Agur & Safriel 1981). Die starke Einwanderung nichtheimischer Arten ins Mittelmeer (Kosswig 1950) wurde nach dem Erbauer des Kanals (F. M. Lesseps) die "Lessepsian migration" genannt (Por 1969, Galil 1994). Trotz der "Salz"-Barriere (>45 ‰) in den Bitterseen erfolgte diese Artausbreitung (Kosswig 1950) strömungsbedingt überwiegend vom Roten Meer in Richtung Mittelmeer (Elton 1958). Etwa 10 % der nichtheimischen Arten im Mittelmeer sind als "Aquarienflüchtlinge" eingeschleppt worden (Nolan 1994).

#### 4.2.5.5 Nordamerika

In Nordamerika sind mehr als 250 nichtheimische, aquatische Arten eingeschleppt worden. Es wird angenommen, daß der überwiegende Anteil mit Schiffen eingetragen wurde (Carl & Guiguet 1957, Bousfield & Carlton 1967, Barnard & Gray 1968, Carlton 1987, Courtney et al. 1984, Carlton 1985, 1987, 1988, 1989 a, b, 1991 a, 1992, 1995 d, Mooney et al. 1986, Carlton et al. 1990, Berman & Carlton 1991, Courtenay 1991, Smith & Kerr 1992, Mills et al. 1993, 1994, Smith et al. 1993, Brown 1994, Carlton et al. 1995 a, Grosholz & Ruiz 1995 a, b; Smith 1995, Swanson 1995). Innerhalb der Arten, die durch den Schiffsverkehr eingeschleppt wurden, entstammen 74 Arten wahrscheinlich dem Ballastwasser (Carlton et al. 1995 a). Es ist jedoch oft schwer möglich abzuschätzen, welcher Vektor für eine Arteinschleppung verantwortlich war (Carlton et al. 1990, Mills et al. 1993, 1994).

In der Bucht von San Francisco wurde mit 212 Arten weltweit die höchste Anzahl eingewanderter nichtheimischer Arten in einer Region gefunden. Der überwiegende Anteil (69 %) sind Wirbellose. In manchen Bereichen der Bucht sind alle häufig anzutreffenden Arten nichtheimisch. Die meisten neuen Arten wurden in den letzten 25 Jahren sowohl in der Bucht als auch an der Küste außerhalb der Bucht gefunden (Benech 1978, Nichols & Thompson 1985, Carlton et al. 1990, Nichols et al. 1990, Cohen & Carlton 1995)

Im Ästuar des Hudson wurden 120 eingeschleppte Arten festgestellt (Swanson 1995). In den großen Seen sind bisher 139 nichtheimische Arten gefunden worden. Darunter waren 24

Algen, 25 Fische, 14 Mollusca und 6 Crustacea (Carlton et al. 1995 a, Ruiz et al. 1995, Swanson 1995). Etwa 115 der Arten konnten sich etablieren (Mills et al. 1990).

Seit Beginn des Jahrhunderts nimmt die Anzahl der einwandernden Arten stark zu. Während zwischen 1900 und 1929 22 nichtheimische Arten gefunden wurden, sind zwischen 1930 und 1959 bereits 33 Arten festgestellt worden. Seit der Öffnung des St. Lorenz Seeweges 1959 sind durch den Schiffsverkehr 41 Arten (35 %) eingeschleppt worden. Der Anteil der mit Ballastwasser eingetragenen Arten wird auf 28 % geschätzt (Mills et al. 1990). Nur 10 % der Arten, wie beispielsweise *Dreissena polymorpha*, *Petromyzon marinus* und *Carcinus maenas*, bewirkten bislang ökonomisch und ökologisch schädigende Auswirkungen in großem Ausmaß (Mills et al. 1993).

#### **4.2.5.6 Australien**

In Australien wurden bisher mehr als 75 nichtheimische Arten gefunden (Hoese 1973, Paxton & Hoese 1985, Hutchings et al. 1986, 1987, Pollard & Hutchings 1990, a, b; Hallegraeff & Bolch 1991, 1992, Jones 1991 a, b, 1992, Rigby et al. 1993 a, Hutchings 1992, AQIS 1993, Hallegraeff 1995).

### **4.3 Arteinschleppungen bewirkende Faktoren**

Gründe für das Auftreten von Arten, die in einer Region bislang noch nicht nachgewiesen wurden, können klimatische Veränderungen in der Herkunfts- oder Eintragsregion, Neuerschließung von weiteren Herkunftsregionen, Menge der transportierten Individuen und Veränderungen der Transportbedingungen sein (Carlton et al. 1995 a, 1996 b).

#### **4.3.1 Voraussetzungen für Arteinschleppungen mit dem Schiffsverkehr**

##### **4.3.1.1 Ballastwasser**

Der Transport von Organismen im Ballastwasser und deren Einschleppung in neue Gebiete erfolgt in mehreren Schritten. Grundvoraussetzungen für den Organismentransport sind zunächst die Aufnahme von Organismen in den Ballasttank und das Überleben während des Transportes ohne Licht, mit seegangbedingter Turbulenzen und potentieller Nahrungsknappheit durch Abschluß zur Umgebung. Desweiteren müssen schwankende

abiotische Faktoren toleriert und die zweimalige Passage der Lenzpumpe überlebt werden. Die Überlebenswahrscheinlichkeit eines Organismus im Ballasttank ist um so größer, je höher die Toleranz gegenüber wechselnden abiotischen Faktoren (Carlton 1985, 1991 b, Hallegraeff 1995, Hayes 1995) und je kürzer die Verweildauer im Ballasttank ist, während der die Organismen diesen Bedingungen ausgesetzt sind. Daher wurde vor Beginn der Probenahmen die Bedingungen im Ballasttank von den Projektteilnehmern als lebensfeindlich eingeschätzt. Um so überraschender war die große Anzahl der im Ballastwassertank angetroffenen Arten.

Hayes (1995) entwickelte ein Schema für Voraussetzungen des einmaligen Eintrags nichtheimischer Arten im Ballastwasser (Abb. 44). Sind alle Kriterien zutreffend, kann mit einer Etablierung der untersuchten Art gerechnet werden (Carlton 1985, Hallegraeff 1995, Hayes 1995).

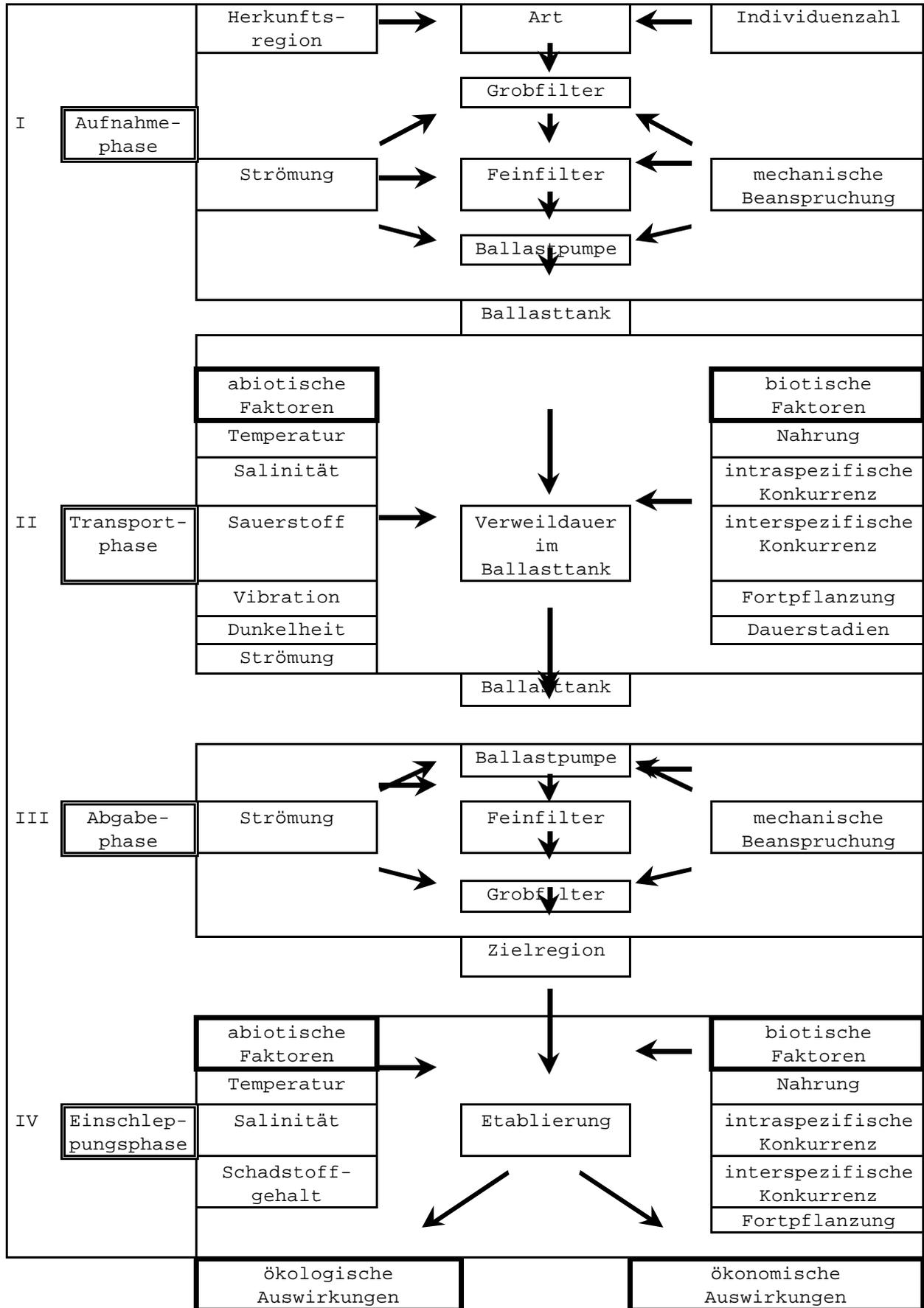


Abb. 44: Schema zur Etablierung einer nichtheimischen Art eingeschleppt im Ballasttank von Schiffen (verändert nach Carlton (1985, 1991 b), Hallegraeff (1995) und Hayes (1995)).

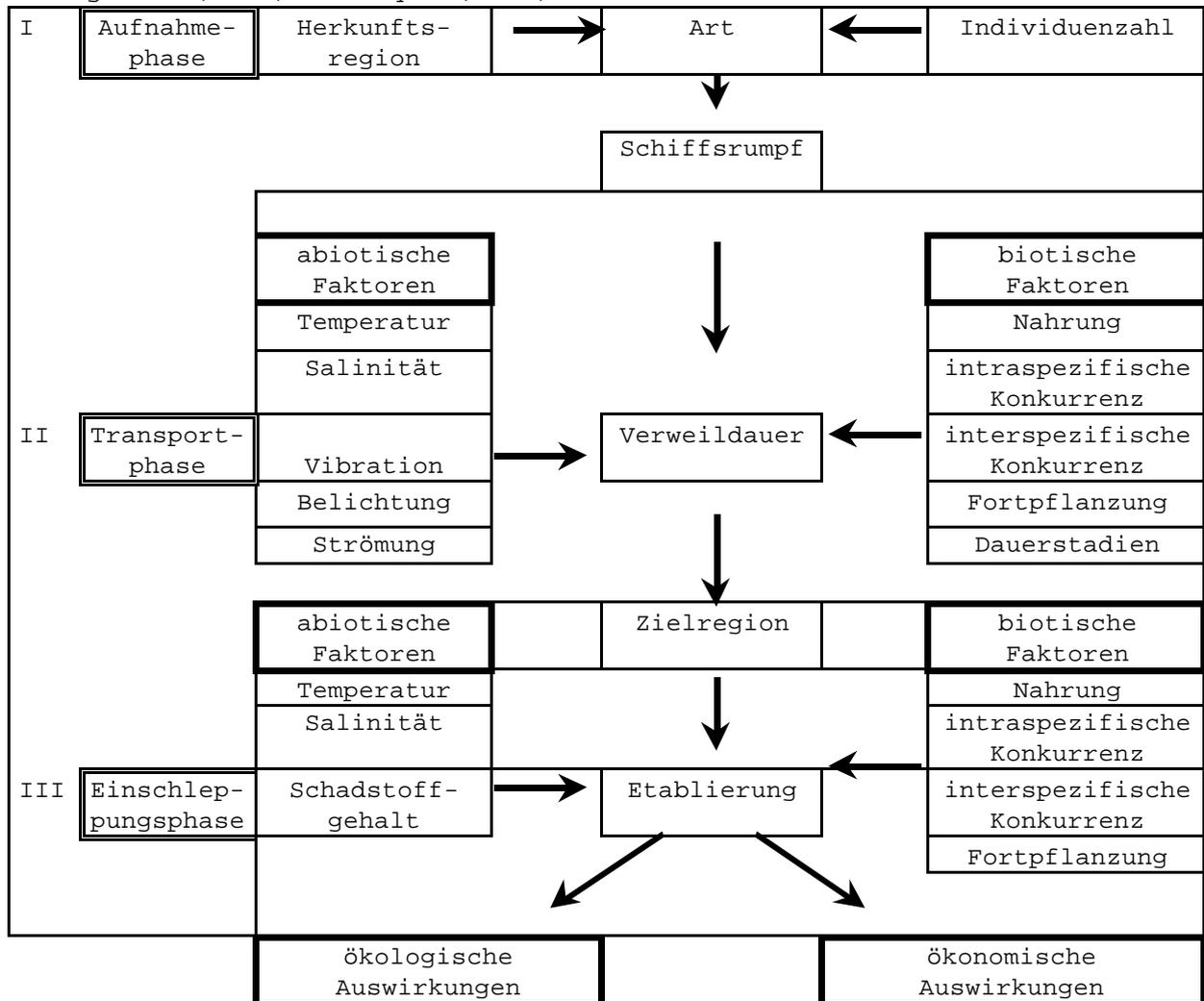


Abb. 45: Schema zur Etablierung einer nichtheimischen Art eingeschleppt im Aufwuchs von Schiffen.

#### 4.3.1.2 Schiffsaußenhaut

Für sessile Tierarten ist der Schiffsrumpf ein besonderes Hartsubstrat. Das Überleben von Organismen an der Schiffsaußenhaut hängt vordringlich von der Giftkonzentration der Antifoulingfarbe und einer hohen Toleranz gegenüber wechselnden abiotischen Faktoren, ab (Allen 1953, Ragg 1954, de la Court 1987).

Aufbauend auf dem Schema von Hayes (1995) (Abb. 44) wurde ein weiteres Schema erstellt, welches die Voraussetzungen für einen Artransport an der Schiffsaußenhaut zeigt (Abb. 45). Insbesondere die Schwankungen der abiotischen Faktoren Temperatur, Salinität und

Strömung werden als limitierend eingeschätzt. Führt die Reiseroute in einen ästuarinen oder sogar limnischen Hafen, wie in Hamburg, müssen die Organismen am Schiffsrumpf schwankende Salzgehalte überleben können.

Oft kann eine Ansiedlung sessiler Arten in neuen Lebensräumen nur über Verbreitungsstadien erfolgen. So müssen sowohl die Larvenstadien als auch die Adulti die Bedingungen im Einwanderungsgebiet tolerieren.

Auch vagile Arten können im Lückensystem des Aufwuchses über lange Strecken transportiert werden. Die Dichte der eingetragenen Gründerpopulation ist bei derartigem Transport aber sehr klein. Arten mit vegetativer oder parthenogenetischer Fortpflanzung können jedoch auf diesem Wege eingeschleppt werden, wie am Beispiel von *Haliplanella luciae* ersichtlich ist (Kap. 3.2.6.4.2).

#### **4.3.1.3 Veränderungen der Herkunftsgebiete**

Der Anstieg der Populationsdichte einer Art im Herkunftsgebiet erhöht die Wahrscheinlichkeit, daß eine Art mit Ballastwasser aufgenommen wird. Kann eine Ausdehnung des Verbreitungsgebietes einer Art bis in Häfen durch beispielsweise veränderte Umweltbedingungen erfolgen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für ihrer Ansiedlung am Schiffsrumpf oder eine Aufnahme im Ballastwasser. Wurde eine Art auf diese Weise bereits ein- oder mehrfach aus ihrem autochthonen Verbreitungsgebiet verschleppt und konnte eine erfolgreiche Ansiedlung stattfinden, so treten neben dem ursprünglichen Verbreitungsgebiet weitere Vorkommensregionen auf. Aus diesen jedoch kann die betreffende Art erneut verschleppt werden, so daß die Wahrscheinlichkeit ihrer weiteren Ausbreitung mit zunehmender Zahl erfolgreicher Verschleppungen ansteigt. So ist beispielsweise nicht rekonstruierbar, ob die in die nordamerikanischen Großen Seen eingeschleppte *Eriocheir sinensis* (Decapoda) aus dem ursprünglichen Verbreitungsgebiet China oder Westeuropa eingetragen wurde, wo diese Art seit 1912 teilweise in Massenvorkommen gefunden wird.

#### **4.3.1.4 Veränderungen der Transportvektoren**

Die Schiffskonstruktionen der jüngeren Zeit führten zu schnelleren und größeren Schiffen, die in kürzerer Zeit mehr Ladung transportieren konnten. Auch erhöhte sich die Anzahl der in deutschen Häfen ankommenden Schiffe. Damit verbunden war ein vermehrter Eintrag von Organismen im Ballastwasser. Die verkürzte Reisedauer führte darüber hinaus dazu, daß diese nur kürzere Zeiten den Bedingungen im Ballasttank ausgesetzt waren und sich damit

ihre Überlebenswahrscheinlichkeit erhöhte (Walford & Wicklund 1973, Carlton 1992, 1994 b). Seit dem Anstieg des Schiffsverkehrs mit Schüttguttransportern Mitte der 1960er hatte der Eintrag von Organismen mit Ballastwasser schon stark zugenommen (Hutchings 1992). Eine weitere Revolutionierung des Schiffsverkehrs erfolgte in den 1960er Jahren auch durch den Einsatz von Containern. Die Ladezeiten in den Häfen wurden so von Tagen auf Stunden verkürzt. Auch die Schiffsgröße ist in diesem Zeitraum drastisch angestiegen (Couper 1972, 1983). Parallel ist ein deutlicher Anstieg der Erstfunde nichtheimischer Arten in Nord- und Ostsee in diesem Zeitraum verzeichnet worden.

#### **4.3.1.5 Veränderungen der Schifffahrtsrouten**

Neue Häfen oder Schifffahrtsrouten, wie beispielsweise die Intensivierung des Handels mit den ehemaligen Staaten der UdSSR, bewirkten den Eintrag nichtheimischer Arten aus diesen Gebieten. Durch die Öffnung des Wellandkanals zu den nordamerikanischen Großen Seen wurde die natürliche Barriere, die Niagarafälle, umgangen. Nach der Kanalöffnung 1829 (Aron & Smith 1971) erfolgte eine Ausbreitung des Neunauges *Petromyzon marinus*, welche Einbußen insbesondere in der Forellenfischerei bewirkte (Elton 1958).

#### **4.3.1.6 Veränderungen im potentiellen Einschleppungsgebiet**

Veränderungen der Umweltbedingungen, wie die steigende Gewässergüte und sinkende Schadstoffbelastung eines Hafens, bewirken eine höhere Überlebensrate für eingetragene Organismen. Auch eine Erhöhung der Wassertemperatur begünstigt die Ansiedlung von nichtheimischen Arten aus Regionen wärmerer Klimate (Carlton et al. 1995 a, 1996 a). Schwankungen der Temperatur, insbesondere warme Winter und Sommer, können die Etablierung von Arten aus warm-gemäßigten und tropischen Regionen begünstigen. Winter mit extrem niedrigen Temperaturen dagegen beeinflussen die Populationen neu angesiedelter Organismen negativ (Ziegelmeier 1964, Rachor 1990).

Zu Beginn ihrer Ansiedlung sind einwandernde Arten auf Bedingungen, die Ähnlichkeit mit jenen ihres Heimatgebietes besitzen, angewiesen. Durch anschließende Anpassung kann eine weitere Ausbreitung erfolgen (Hengeveld 1989) oder eine Periode mit ungünstigen Einwirkungen (Winter) überstanden werden.

Ein globaler Temperaturanstieg wird die Verbreitungsgrenzen von Arten verändern und beispielsweise eine Einbürgerung von Arten, deren Verbreitungsgrenze bisher der Ärmelkanal ist, bewirken (Minchin 1993). Daß ein deutlicher Klimawechsel in nur wenigen Jahren erfolgen kann, wies Broecker (1996) bei Untersuchungen von Eisbohrkernen des Grönlandeises nach. Nach Angaben von Jones & Wigley (1990) und einer Graphik des Hadley Centre (1996) ist die mittlere Temperatur der Erde seit Beginn diesen Jahrhunderts um etwa 0,5 °C gestiegen (Abb. 46). Durch den Menschen hervorgerufene globale Klimaänderungen können Änderungen in jedem Lebensraum der Erde bewirken (Houghton & Woodwell 1989, Schneider 1989).

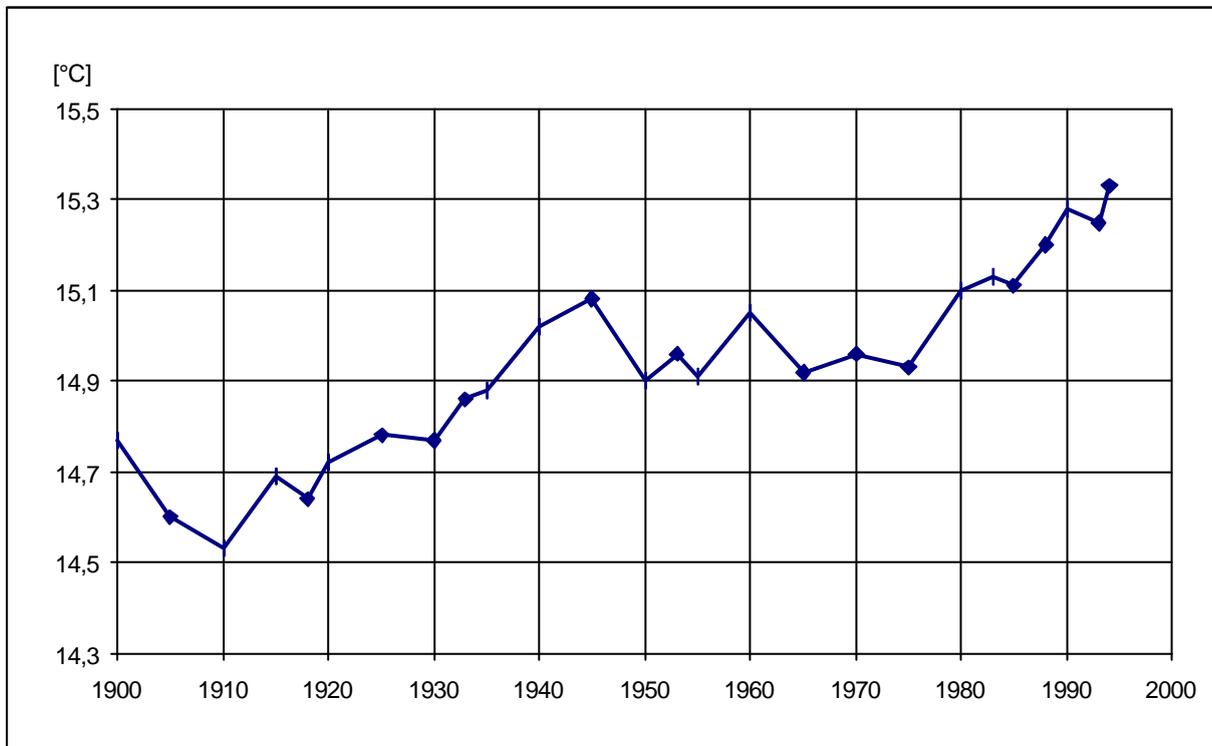


Abb. 46: Schwankung der mittleren Erdtemperatur seit 1900 nach Angaben des Hadley Centre 1996.

Um historisch besonders starke und milde Winter identifizieren zu können, wurden die flächenbezogenen Eisvolumensummen von Nord- und Ostsee seit 1900 nach Daten des

Eisdienstes vom Seewetteramt im Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie dargestellt (Abb. 47).

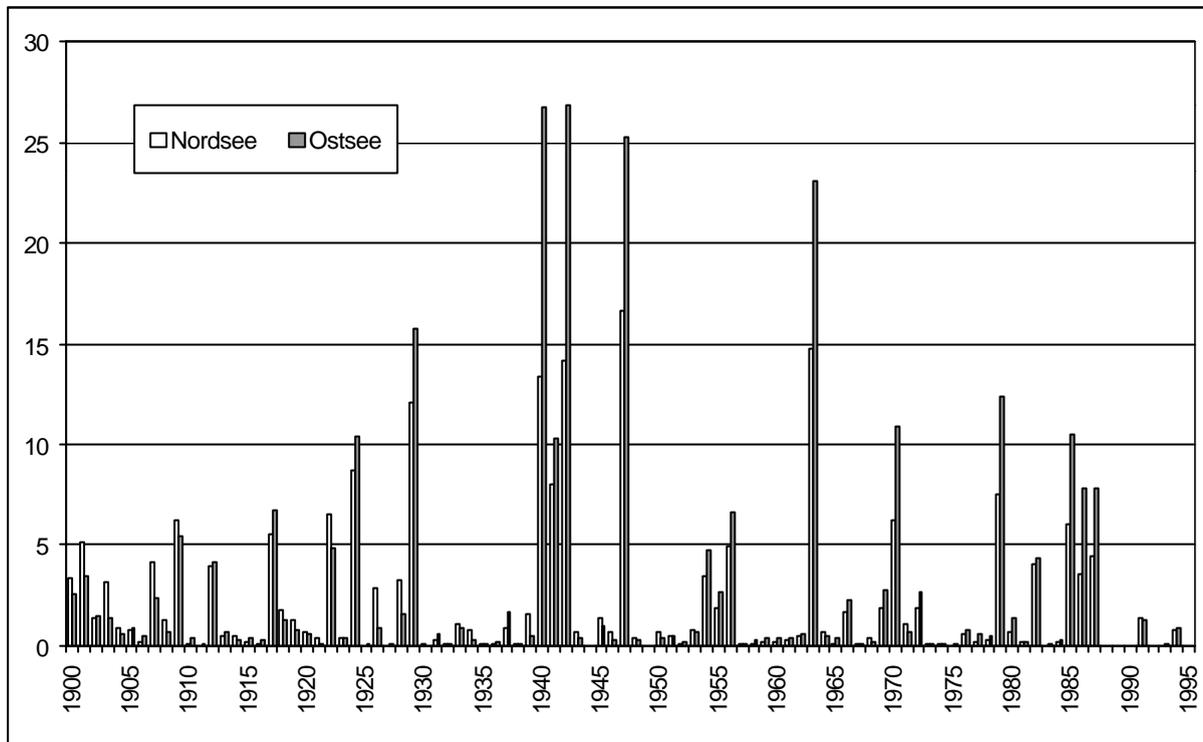


Abb. 47: Quantifizierung der Eisvolumensumme (Koslowski 1989) von Nord- und Ostsee seit 1900, nach Angaben des Eisdienstes vom Seewetteramt, Hamburg.

Die Eisvolumensumme wird bestimmt nach der Ausdehnung der eisbedeckten Wasserfläche (Eisbedeckungsgrad), der Dauer der Vereisung und der Eisdicke (Koslowski 1989, Koslowski & Warnecke 1991). Extrem starke Winter traten 1940, 1942, 1947 und 1963 mit Eisvolumensummen über 23 auf. In der Vergangenheit bewirkten extrem starke Winter einen deutlichen Populationsrückgang der Fauna in der deutschen Bucht (Ziegelmeier 1964). Wenn durch diese Bedingungen bereits die Populationsstärke heimischer Fauna zurückgedrängt wird, steht zu vermuten, daß die nichtheimischen Arten aus warm-gemäßigten und tropischen Regionen noch stärker beeinflusst werden. Thiel (pers. Mitt.) führt als Grund für das Verschwinden des nichtheimischen, vermutlich mit dem Schiffsverkehr aus warm-gemäßigten Regionen eingeschleppten Cnidaria (*Clavopsella quadranularia*) (Thiel 1962) in der Kieler Bucht den besonders kalten Winter 1962/63 an. Auch für die im Büsumer Hafen aufgetretene *Haliplanella luciae* (Cnidaria: Anthozoa) wird eine letale Schädigung durch einen Extremwinter Mitte der 1920er Jahre angenommen (Riemann-Zürneck, pers. Mitt.).

#### **4.4 Charakteristische Eigenschaften potentieller Einwanderungsarten**

Zumeist entstammen einwandernde Arten stabilen Ökosystemen mit maximalen Konkurrenzbedingungen. Gestörte Systeme sind offener für einwandernde Arten (Mooney & Drake 1986, Hobbs 1989).

Arten, die sich durch eine hohe ökologische Potenz auszeichnen, also euryök sind, besitzen die größte Ansiedlungswahrscheinlichkeit in einem neuen Lebensraum (Arthington & Mitchell 1986).

Eine erfolgreiche Besiedlung hängt jedoch nicht nur von den abiotischen Faktoren ab. Die Ansiedlungsmöglichkeit ist vor allem dann erhöht, wenn die ökologische Nische die eine Art besetzt, frei ist. Viele der etablierten nichtheimischen Arten sind in ihrem Herkunftsgebiet weit verbreitet und dort in hohen Individuenanzahlen anzutreffen (Crawley 1989). Williamson (1989) schätzt, daß etwa 10 % der nichtheimischen Arten sich in der Einschleppungsregion etablieren können. Nach Schätzungen von Darwin (1900) liegt eine Etablierungsmöglichkeit für nur 5 % der eingeschleppten Arten vor. Wiederum 10 % der etablierten Arten können hohe Individuendichten erreichen oder sogar in Massenvorkommen auftreten (Holdgate 1986, Simberloff 1986, 1989, Williamson & Brown 1986, Waldichuk 1990, Mills et al. 1990, Briand 1994, Nolan 1994).

Zumeist handelt es sich bei einwandernden Arten um r-Strategen. Ihre hohe Fortpflanzungsrate und große interspezifische Überlegenheit begünstigen eine mögliche Etablierung und weitere Ausbreitung im neuen Lebensraum. Fehlen im Einwanderungsgebiet die natürlichen Feinde und ist ein hohes Verdrängungspotential des Einwanderers gegeben, besteht eine erhöhte Etablierungswahrscheinlichkeit (Howarth 1981, Arthington & Mitchell 1986, Barrett & Richardson 1986, Crawley 1986, Holdgate 1986, Lawton & Brown 1986, Williamson & Brown 1986, Hengeveld 1989, Williamson 1989).

Neben parthenogenetischer Fortpflanzung, die den Erfolg einer einwandernden Art im neuen Lebensraum begünstigt, wirkt sich eine hohe genetische Variation der Gründerpopulation aus, da diese Arten anpassungsfähiger sind (Barrett & Richardson 1986). Maßgebend ist zusätzlich die Populationsgröße der Gründerpopulation, die bestimmt, mit welcher Rate eine Fortpflanzung und damit bei tolerierbaren abiotischen Umweltfaktoren eine Etablierung erfolgen kann (Richter-Dyn & Goel 1982, Lawton & Brown 1986, Mollison 1986). Bereits ein einzelnes Weibchen, welches befruchtete Eier oder Brutpflegend Jungtiere bei sich trägt,

kann eine Gründerpopulation bilden (Allen 1953, Ehrlich 1986, 1989, Orians 1986, Ashton & Mitchell 1989, Knudsen 1989, Mooney & Drake 1989).

Nichtheimische Arten werden in der Regel durch Parasiten, Krankheiten oder Räuber mit der Zeit auf ein bestimmtes Populationsniveau eingegrenzt (Berghahn 1990). Bevor diese bestandsregulierenden Effekte auftreten, können die nichtheimischen Arten jedoch bereits heimische Arten verdrängt haben, wie sich bei Arteinschleppungen ohne natürliche Feinde, insbesondere bei Omniphagen, zeigte (Pimm 1989).

Bisweilen treten vergesellschaftet lebende nichtheimische Arten eines Herkunftsgebietes gemeinsam oder in kurzer Zeit hintereinander in einer neuen Region auf. Beispiel ist die Einwanderung von *Dreissena polymorpha* (Bivalvia) in die Ostsee und darauffolgend die von *Cordylophora caspia* (Hydroidea), *Corophium curvispinum* (Amphipoda) und *Hemimysis anomala* (Mysidacea). Ein Auftreten einer dieser Arten in einem neuen Lebensraum scheint die Einschleppung der anderen genannten Arten nach sich zu ziehen, wenn vergleichbare Transportmechanismen genutzt werden können (Carlton, pers. Mitt.).

Einige Arten etablieren sich bereits bei der ersten Einschleppung erfolgreich, manche Arten werden mehrfach eingeschleppt bis für die Ansiedlung günstige Bedingungen vorherrschen. Andere Arten wiederum sterben unter ungünstigen Bedingungen aus und werden wieder neu eingeschleppt (Drake 1994), wie beispielsweise *Callinectes sapidus* (Decapoda) und *Limulus polyphemus* (Xiphosura), die seit den 1960er Jahren vereinzelt in der Nordsee gefunden wurden. Diese Beispiele zeigen, daß Aussagen über das Ansiedlungspotential von Arten nur schwierig einzuschätzen sind.

#### **4.5 Charakteristische Eigenschaften potentieller Einwanderungsgebiete**

In gestörten Ökosystemen, wie in der Bucht von San Francisco, kommen überwiegend nichtheimische Arten vor (Nichols & Pamatmat 1988). Der anthropogene Einfluß erweist sich über die Rolle als Transportmechanismus hinaus auch durch Umgestaltung von Küsten in der Habitatschaffung für nichtheimische Arten (Mooney et al. 1986).

Voraussagen, ob eine Region ein potentielles Einwanderungsgebiet darstellt, sind nur in Ausnahmefällen möglich (Roughgarden 1986). So wurde schon seit den 1920er Jahren angenommen, daß die Zebrauschel *Dreissena polymorpha* in die nordamerikanischen Großen Seen einwandern könnte (Howarth 1981). Die Ansiedlung der Art erfolgte jedoch erst 1986 (Carlton, pers. Mitt.). Gemeinschaften mit einer hohen Artenanzahl sind "resistenter"

gegenüber Einwanderern als Gemeinschaften mit wenig Arten, da die neue Art mit größerer Wahrscheinlichkeit auf einen (starken) Konkurrenten stößt.

Tropisch-subtropische Arten, wie *Teredo navalis* (Schiffsbohrwurm, Bivalvia), und Arten der warm-gemäßigten Regionen, wie *Brachynotus sexdentatus* (Decapoda), können in kühleren Temperaturzonen punktuell in Bereichen auftreten (Edmondson 1962), die beispielsweise durch Kraftwerkskühlwasser aufgeheizt werden (Kühl 1977, Jordan & Sutton 1984, Bamber 1990). Bei Bestandsaufnahmen der Fauna im Bereich von Kraftwerken im Oberrhein wurden bereits 15 % (21 Arten) nichtheimische Arten gefunden (Bernauer et al. 1995).

Wilson (1965) und Briggs (1966) beschrieben, daß ein erfolgreicher Austausch von Arten in beide Richtungen dann erfolgt, wenn beide Gebiete vergleichbare Artenanzahlen besitzen und daher vergleichbare Stabilität zeigen, wie der besonders starke Faunenaustausch zwischen Nordamerika und Europa zeigt (Lindroth 1957, Cohen et al. 1995). Der Anteil der unbeabsichtigt im Schiffsverkehr transportierten Arten zwischen Nordamerika und Westeuropa liegt höher als der der beabsichtigt eingetragenen Tiere (Lindroth 1957).

#### **4.5.1 Nordsee**

Die bisher in das Wattenmeer verschleppten Arten konnten sich ohne negative Effekte auf heimische Arten etablieren (Essink 1994). Für die Ansiedlung einer nichtheimischen Art steht im Wattenmeer weniger die Nahrungskonkurrenz im Vordergrund. Limitierende Faktoren sind hier Klima und Raum (Reise 1991).

Es wird angenommen, daß potentielle Herkunftsgebiete der in die Nordsee einwandernden Arten durch kalt-gemäßigte Klimabedingungen, die saisonalen Schwankungen unterliegen, gekennzeichnet sind und sich durch ästuarine und marine Lebensräume auszeichnen. Weiterhin sind insbesondere Ästuare und das Wattenmeer mit periodischen Trockenfallen durch starke Schwankungen der Umweltfaktoren als "extreme" Lebensräume zu bezeichnen. Vergleichbare Bedingungen liegen teilweise auch in der kalt-gemäßigten Regionen der Küsten Nord- und Südamerikas, Japans (Hokkaido), Australiens (Tasmanien), Südneuseelands und des Auftriebsgebietes vor der Westküste Afrikas vor, die sich ebenfalls durch das Vorhandensein von Ästuaren auszeichnen. Die weitentfernte Lage verhindert jedoch einen intensiven Faunenaustausch mit diesen Regionen. Weiterhin müssen beim Transport von nichtheimischen Arten aus diesen Regionen durch den Schiffsverkehr über einen mehrtägigen Zeitraum tropische Gewässer passiert werden, welches zu einer starken Aufheizung des Ballastwassers führt. Es wird angenommen, daß Arten aus kalt-gemäßigten Breiten, insbesondere während der Winterperiode, selbst kurzzeitige Temperaturerhöhungen

auf tropische Werte nicht überleben können. Demnach wird die kalt-gemäßigte Region der nordamerikanischen Ostküste als für die Einschleppung von Arten bedeutendstes potentiell Einwanderungsgebiet angesehen.

#### **4.5.2 Ostsee**

Brackwasserregionen in Ästuaren sind empfänglicher für nichtheimische Arten, sofern diese euryhalin sind, als limnische und marine Regionen eines Ästuars. Ein Vergleich der Artenzahlen ergibt, daß in Nordwesteuropa im marinen Bereich deutlich mehr nichtheimische Arten gefunden werden als im Brackwasser. Verglichen mit den heimischen Arten sind 3 - 5 % aller vorkommenden Arten in marinen oder limnischen Bereichen und 20 - 28 % in brackigen Bereichen von Ästuaren nichtheimisch (Wolff 1973, Vaas 1975). Die hohen Werte für Brackgewässer ergeben sich durch die vergleichsweise geringe Anzahl an Arten. Bereits die Einschleppung von wenigen nichtheimischen Arten resultiert daher in hohen Prozentzahlen.

Die Vorhersage einer potentiellen Artansiedlung ist jedoch schwierig, da nichtheimische euryöke Arten im neuen Lebensraum durch veränderte Bedingungen ein breiteres ökologisches Spektrum besitzen können, als im Ursprungsgebiet sichtbar wird (Leppäkoski 1994 a).

Ein potentiell Herkunftsgebiet der in die Ostsee einwandernden Arten muß durch vergleichbare abiotische Faktoren gekennzeichnet sein. Diese liegen beispielsweise im Bereich des Schwarzen Meeres vor (Leppäkoski 1991, 1994 a, b). Weiterhin ist die Ostsee als anthropogen gestörtes Ökosystem zu bezeichnen. In derart beeinflussten Biotopen treten häufig nichtheimische Arten auf (Leppäkoski 1991).

### **4.6 Schiffsbegleitung von Singapur nach Bremerhaven**

#### **4.6.1 Überlebensrate während der Reise**

Drastische Einbrüche der Art- und Individuenanzahl in den ersten Tagen nach Aufnahme in den Ballastwassertank wurden in beiden untersuchten Ballasttanks festgestellt. Die Überlebensrate der Arten lag während der Schiffsbegleitung von Singapur nach Bremerhaven und nach der Transatlantiküberquerung deutlich höher als die der Individuen. Diese Beobachtung erklärt die zumeist niedrigen Individuenanzahlen bei den Ballastwasser-Probenahmen in heimischen Häfen (Kap. 3.2.2.4).

Obwohl die Temperatur neben dem Sauerstoffgehalt den stärksten Schwankungen unterlag, kann auch hier keine direkte Korrelation zur Individuendichte im Ballasttank gezogen werden. Schon Tage vor der deutlichen Abkühlung des Ballastwassers sank die Populationsdichte stark ab. Demnach wirken Temperaturschwankungen nicht allein bestandslimitierend. Die Turbulenzen im Ballasttank könnten die Organismen geschädigt und somit zur Abnahme der Organismendichte geführt haben. Weiterhin wird die fehlende Versorgung von Nahrungsorganismen (Phytoplankton) im abgeschlossenen Wasserkörper als limitierend eingeschätzt. Zusätzlich zum Fraßdruck werden Phytoplanktonorganismen im Ballasttank durch das Fehlen von Licht geschädigt.

Im Gegensatz dazu war der starke Populationsanstieg der Harpacticoida (insbesondere *Tisbe graciloides*) in einem in Colombo gefüllten Ballasttanks bemerkenswert. Einmalig für die vorliegende Untersuchung und auch nicht aus der Literatur bekannt, kam es zu einem Populationsanstieg einer Art im Ballasttank. Die Individuendichte nahm etwa um das 100fache von 10 Individuen auf über 1.000 zu. Als Ursache wird eine Fortpflanzung im Ballasttank angenommen. Viele *Tisbe* Arten können in nur wenigen Tagen vom Ei zu einem Copepoditstadium anwachsen. Da alle anderen Arten in dieser Untersuchung abstarben fand *Tisbe graciloides*, als Detritusfresser, vermutlich optimale Nahrungsbedingungen vor, die ihre Entwicklung begünstigten.

Vor dieser Beobachtung wurde grundsätzlich von einem Rückgang der Individuendichte im Ballasttank ausgegangen. Dennoch kann, von dieser Ausnahme abgesehen, die Feststellung von Williams et al. (1988), daß die Überlebenschance für Organismen im Ballastwasser in den ersten 3 Wochen rapide abnimmt, grundsätzlich bestätigt werden.

#### **4.6.2 Literaturvergleich**

Aus der Literatur sind nur wenige Untersuchungen des Ballastwassers während einer Schiffsreise bekannt.

Wie auch bei der vorliegenden Untersuchung unterlag bei anderen Untersuchungen innerhalb der abiotischen Faktoren die Temperatur den stärksten Schwankungen. Die höchste Differenz zwischen Ballastwasser- und Ozeantemperatur lag bei 4 °C (Rigby & Hallegraeff 1993, 1994) und damit leicht über den eigenen Maximalwerten (Kap. 3.2.2.9.1).

Von einer japanischen und einer australischen Arbeitsgruppe wurde ein Schiff von Japan nach Australien begleitet. Neben der Bestandsaufnahme der Phytoplanktonorganismen und deren Entwicklung während der Reise wurden Behandlungsmöglichkeiten des

Ballastwassers durch die Abwärme der Maschine während der Fahrt getestet (s.u.) (Rigby & Hallegraeff 1993, 1994, Fukuyo et al. 1995).

Bei einer 9 Tage dauernden Schiffsbegleitung von Portsmouth (New Hampshire) nach Corpus Christi (Texas) wurde ebenfalls die Entwicklung der Fauna im Ballastwasser untersucht. Die Schiffsreise überlebten Copepoda (Cyclopoide und Harpacticoide), Nematoden und Protozoen (Carlton et al. 1982, Carlton 1985).

Eine weitere Bestandsaufnahme der Arten im Ballastwasser wurde während einer 17 Tage dauernden Schiffsbegleitung von Japan nach Vancouver durchgeführt. Nicht alle Phytoplanktonarten überlebten die Reise. Die überlebende Planktonfauna umfaßte Amphipoda, Nauplii von Balanidae, Chaetognatha, Copepoda (Eier, Nauplii, Copepodite und Adulti), Larven von Decapoda, Echinodermata, Polychaeta, Bivalvia und Gastropoda sowie Nematoda und Tintinnida (Rigby, G. & Hallegraeff, G. M. 1993).

#### **4.7 Handlungsbedarf**

Die Ergebnisse zeigen, daß eine sehr hohe Anzahl von nichtheimischen Arten mit dem Schiffsverkehr in heimische Gewässer eingetragen wird. Auch wenn sich nur ein kleiner Anteil etablieren kann, besteht ein Gefahrenpotential, da jede eingeschleppte Art Auswirkungen auf den neuen Lebensraum zeigt, wie auch Ruiz et al. (1995) beschrieben. Daher liegt ein dringender Handlungsbedarf zur Minimierung des Organismeneintrages und dem damit verbundenen Gefahrenpotential vor.

##### **4.7.1 Abschätzung des Gefahrenpotentials**

Obwohl seit mehr als 100 Jahren Ballastwasser mit nichtheimischen Organismen weltweit eingetragen wird, kann nicht angenommen werden, daß bereits alle Organismen, die eine Verschleppung überleben könnten, in heimische Gewässer eingetragen worden sind. Das Risiko, daß immer wieder neue Arten auftreten, ist hoch. (Howarth 1981, Mollison 1986, Carlton et al. 1995 a, Gollamudi & Randall 1995, Grosholz & Ruiz 1995 a). Beispielsweise wurde der nordamerikanische Polychaet *Marenzelleria viridis* zuerst 1988 an der Nordseeküste (Essink & Kleef 1988) gefunden, obwohl Schiffsverbindungen und daher Ballastwasserimporte aus Nordamerika schon seit dem letzten Jahrhundert bestehen. Ähnlich verhält es sich mit der Zebrauschel, die in die Großen Seen verschleppt wurde. Seit 1920 wurde jede Dekade erwartet, daß *Dreissena polymorpha* in Nordamerika eingeschleppt

werden könnte. Der Erstfund in den Großen Seen wird 1986 angegeben (Carlton et al. 1995 a). Das Risiko einer erneuten Arteinschleppung ist demnach hoch.

Die Gefahren durch den Eintrag nichtheimischer Arten sind Veränderungen in heimischen Lebensgemeinschaften, hervorgerufen durch intra- und interspezifische Konkurrenz, Veränderungen der Nahrungskette bzw. Nahrungsnetze (Kohler & Courtenay 1986 b, Kohler 1991, Sindermann 1991 b), Vermischung des Genpools heimischer Arten (Allen 1991, Lester 1991, Gaffney & Allen 1992) sowie die Einschleppung von Parasiten und Krankheiten (Nuzzo 1981, Welcomme 1986, Carlton 1991 c, Sindermann 1991 b, Williams & Sindermann 1991, Eno 1994, Sipes 1994, Grosholz & Ruiz 1995, Ruiz et al. 1995).

Im ungünstigsten Fall kommt es zur Verdrängung heimischer Arten (Villwock 1972, Pimm 1989, Kershner 1993, Eno 1994, Sipes 1994). Dies geschieht insbesondere, wenn die eingewanderten Arten eine Massenvermehrung durchführen. Beispiele hierfür sind: *Gammarus tigrinus* (Amphipoda) (Tesch & Fries 1963, Fries & Tesch 1965) und *Marenzelleria viridis* (Polychaeta) (Zmudzinski 1993).

Neben der Bestandsaufnahme der Arten lag ein Hauptziel dieser Untersuchung in der Abschätzung des Gefahrenpotentials durch unbeabsichtigt eingeschleppte nichtheimische Arten mit dem Schiffsverkehr. Um eine Einschätzung durchzuführen, wurden verschiedene Schemata auf die eigenen Ergebnisse übertragen (Carlton 1985, Mollison 1986, Carlton 1991 b, Hayes 1995).

Eine Vorhersage, welche Organismen potentiell einwandern, sich etablieren und weiter ausbreiten können, sowie die damit verbundenen Auswirkungen zu treffen, ist aufgrund der Komplexität der einwirkenden Faktoren und Individualität jedes Einzelfalles jedoch nur schwer möglich. Ohne Untersuchungen über die Lebensbedingungen der Arten in ihren Herkunftsgebieten ist das Ansiedlungspotential nur grob abschätzbar (Farnham 1980, Howarth 1981, Ehrlich 1986, Mooney et al. 1986, Williamson & Brown 1986, Mooney & Drake 1989, Roughgarden 1986, Crawley 1989, Levin 1989, Baltz 1991, Carlton 1992, Lodge 1993, Boalch 1994, Hallegraeff 1995). Lawton & Brown (1986) unterstreichen die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen, da die bisherigen Schemata auf empirischen und theoretischen Angaben beruhen. Auch wenn alle Faktoren bekannt sind, kann die Anpassungsfähigkeit der Arten nicht oder nur eingeschränkt simuliert werden. In technischen Bereichen würde man von einem wenig quantifizierbaren Restrisiko sprechen.

Weiterhin kann eine Art sich nicht zwangsläufig beim einmaligen Eintrag ansiedeln. Mehrfacheinschleppungen erhöhen das Ansiedlungspotential von Arten, welches die Vorhersagbarkeit weiter erschwert. Werden mehr Arten mit größeren Organismendichten

mehrfach eingetragen, steigt die Chance einer Etablierung an. So lange weiter unbehandeltes Ballastwasser transportiert wird, werden weitere Arten verschleppt werden (Carlton 1996 b). Ein Schema des Marine Environment Protection Committee (MEPC) (AQIS 1993) beschreibt die Überlebenswahrscheinlichkeit von aquatischen Organismen in bezug auf Salzgehaltsänderungen des Herkunftsgebietes und der Region, in die dieser Organismus eingetragen werden könnte (Tab. 47). Mit steigendem Salzgehaltsgradienten zwischen Herkunftsgebiet und Einschleppungsregion sinkt die Überlebenswahrscheinlichkeit. In den meisten Fällen besteht eine hohe oder mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit.

Übertragen auf Temperaturzonen ergibt sich ebenso wie beim Salzgehalt eine sinkende Überlebenswahrscheinlichkeit bei steigendem Gradienten (Tab. 48).

Die höchste Überlebenswahrscheinlichkeit wird bei vergleichbaren Klimaten von Herkunfts- und Einschleppungsgebiet angenommen (Crawley 1986, Holdgate 1986, Williamson & Brown 1986, Williamson 1989).

Weitere Anhaltspunkte über das Gefahrenpotential nichtheimischer Arten können anhand von eingeschleppten Arten anderer Länder gesammelt werden. Angaben über deren Herkunftsgebiete lassen Rückschlüsse über die mögliche Gefährdung unserer Gewässer zu, wenn Schiffsankünfte aus diesen Regionen in unseren Häfen zu verzeichnen sind (Ehrlich 1986, Carlton 1992, Grosholz & Ruiz 1995 a). Crawley (1986) merkte an, daß die Artverschleppung in andere Regionen nur bedingt eine Gefährdungseinschätzung in weitere vergleichbare Regionen ermöglicht, da jeder Lebensraum durch spezifische, von anderen Lebensräumen abweichende Bedingungen charakterisiert ist.

Beispielsweise ist ein tropisches Verbreitungsgebiet einer Art keine Garantie für die Nichtetablierung in heimischen Gewässern. *Elminius modestus* (Cirripedia), der in den Tropen heimisch ist (Indopazifischer Raum), konnte sich auch in heimischen Gewässern etablieren und tritt hier in Konkurrenz mit dem heimischen *Balanus balanoides* und den ebenfalls eingeschleppten *B. improvisus* (Kühl 1954).

Tab. 47: Überlebenswahrscheinlichkeit eingeschleppter Arten nach Vergleich der Salzgehalte in Herkunfts- und Einschleppungsgewässer nach Carlton (1985).

Zielregion	Herkunftsregion		
	Süßwasser	Brackwasser	Meerwasser
Süßwasser	hoch	mittel	gering
Brackwasser	mittel	hoch	hoch
Meerwasser	gering	hoch	hoch

Tab. 48: Überlebenswahrscheinlichkeit eingeschleppter Arten nach Vergleich der Klimabedingungen in Herkunfts- und Einschleppungsregion.

Zielregion	Herkunftsregion			
	Arkt. / antarktische R.	Kalt-gemäßigte R.	Warm-gemäßigte R.	Tropen
Arkt. / antarktische R.	hoch	mittel	gering	gering
Kalt-gemäßigte R.	mittel	hoch	mittel	gering
Warm-gemäßigte R.	gering	mittel	hoch	mittel
Tropen	gering	gering	mittel	hoch

#### 4.7.2 Ansiedlungspotential

Die Kulturversuche sind aufgrund der geringen Individuendichte nicht im geplanten Umfang realisierbar gewesen. Daher konnten keine Angaben über das Ansiedlungspotential auf Basis der Kulturversuche gemacht werden.

Bei dieser Untersuchung erfolgte die Einschätzung des Ansiedlungspotentials der nichtheimischen Arten nach dem Vergleich der klimatischen Bedingungen der Herkunftsregionen mit heimischen Gewässern. Der überwiegende Anteil der nichtheimischen Arten, deren Ansiedlungspotential mit 2 eingeschätzt wurde (86 Arten oder 64,1 %) könnte in lokal durch Kraftwerkskühlwasser aufgeheizten Bereichen vorkommen. Bevorteilt sind die Arten, die eine Toleranz gegenüber dem Salzgehalt zeigen, da viele Kraftwerke, in deren Wassertemperatur ein Überleben dieser Arten gewährleistet ist, an Ästuaren liegen. Nach Anpassung an heimische Temperaturen könnte eine Ausbreitung erfolgen. So geschehen für *Ficopomatus enigmaticus* aus warm-gemäßigten und tropischen Gebieten. Der Erstfund wurde im Einflußbereich eines Kraftwerkes bei Emden verzeichnet (Kühl 1977). Die weitere Ausbreitung erfolgte nach wenigen Jahren.

Die Einschätzung in das Ansiedlungspotential 3 erfolgte für 31 Arten (23,1 %). Hier stimmen die Klimabedingungen der Ursprungsregionen und heimischen Gewässer weitgehend überein. Demnach wird das Ansiedlungspotential für etwa vierte der angetroffenen nichtheimischen Arten als hoch eingeschätzt. Das Heimatgebiet dieser Arten liegt zumeist in kalt-gemäßigten Regionen von Asien und Nordamerika. Einige dieser Arten sind bereits an den europäischen Küsten (Portugal, Spanien, Frankreich und Irland) zu finden, konnten bisher jedoch nicht bis in die Nordsee vordringen. Gründe für eine bisher nicht erfolgte Ansiedlung in unseren Gewässern sind in fehlenden potentiellen ökologischen Nischen, Unterlegenheit in Konkurrenz zu heimischen Arten und in der zu geringen Größe der Gründerpopulationen zu suchen. Nur bei geringen Änderungen der heimischen abiotischen und biotischen Parameter,

beispielsweise durch geringfügig erhöhte Temperaturen, wird mit einer Ansiedlung dieser Arten gerechnet.

#### **4.7.3 Gefahrenpotential der Häfen**

Nach einer Gegenüberstellung der Salinitätsbedingungen von Herkunftshäfen im Vergleich mit denen der hiesigen Häfen konnte in Zusammenhang mit der ausgearbeiteten Analyse der Schifffahrtswege ein Gefahrenpotential für Nord- und Ostseehäfen abgeschätzt werden.

Die meisten Welthäfen sind ästuarin oder marin beeinflusst. Demnach ist die überwiegende Menge an transportiertem Ballastwasser brackig oder marin. Im Gegensatz zu den meisten Häfen sind Hamburg und Bremen durch limnische Gewässer gekennzeichnet. Hamburg ist der bedeutendste Hafen an der Nordseeküste. Die Schifffahrt im Liniendienst verbindet Hamburg mit 1.100 Häfen weltweit (Grobecer 1988). Mit jährlich etwa 7.000 Schiffsankünften im internationalen Schiffsverkehr wird sehr viel Ballastwasser eingetragen. Da nicht bekannt ist, ob und wieviel Ballastwasser im ästuarinen Bereich oder der Deutschen Bucht gelenzt wird, kann das Gefahrenpotential für den Hafen zwar als vergleichsweise gering, das für die Zufahrtsgebiete jedoch nicht eingeschätzt werden. Weiterhin könnte bereits ein einzelnes Schiff mit limnischem Ballastwasser nichtheimische Arten einschleppen.

Das Gefahrenpotential für den Eintrag nichtheimischer Arten durch den Schiffsverkehr in limnische Gewässer ist demnach geringer als für ästuarine oder Seehäfen wie Bremerhaven oder Cuxhaven.

Limnisches Ballastwasser wurde bei der vorliegenden Untersuchung nur in einem Fall angetroffen (Probennummer 127). Bei der Ballastwasseruntersuchung von Locke et al. (1991) im Bereich der Großen Seen wurde festgestellt, daß 33 % der einkommenden Schiffe aus nichtamerikanischen Süßwasserhäfen stammten. Weiterhin wurde als wahrscheinlich angenommen, daß Dauereier einiger Süßwasserorganismen (Copepoda, Cladocera) in Tanksedimenten überdauern können. Durch Resuspension bei erneuter Ballastwasseraufnahme könnten diese Dauerstadien auch im Meerwasserballast enthalten sein. Demnach wäre jedes Schiff, welches einmal Ballastwasser im Süßwasser aufgenommen hat, in der Lage, eine Süßwasserart einzuschleppen, die zur Bildung von Dauerstadien befähigt ist (Locke et al. 1991). Demnach besteht neben den Nordseehäfen auch ein Risiko einer Arteinschleppung für die limnischen Häfen Hamburg und Bremen sowie Süßwasserbereiche der Ostsee, auch wenn die überwiegende Menge des Ballastwassers aus marinen und brackigen Regionen stammt.

#### **4.7.4 Schiffahrtsrouten**

Vermehrter Eintrag von Individuen erhöht die Ansiedlungswahrscheinlichkeit nichtheimischer Arten. Es wird angenommen, daß Arten im Ballastwasser von Schiffen der Hauptschiffahrtswege vermehrt in heimische Gewässer eingetragen werden. Nach Angaben der statistischen Landesämter und des statistischen Bundesamtes sowie Klugmann (1970, 1989) werden als Hauptschiffahrtswege Nordamerika, Ostküste und Karibik, Fernost und das Mittelmeer angegeben.

Insbesondere Fahrtgebiete in kalt-gemäßigte Regionen, die zum Teil auf Hauptschiffahrtsrouten liegen (Ostküste von Nordamerika und Nordjapan), werden aufgrund der mit heimischen Bedingungen vergleichbare Temperaturzonen mit einem hohen Gefahrenpotential eingeschätzt (s. Kap. 4.1.4.1).

#### **4.7.5 Importierte Ballastwassermenge**

Die Menge des eingetragenen Ballastwassers kann nur einen Hinweis auf die Gefährdung einer Region geben, da entsprechende Daten ungenau recherchierbar sind und nicht die Mengen des Ballastwassers, sondern die Herkunft und Anzahl der enthaltenen Organismen maßgebend sind.

Nach eigenen Angaben (Tab. 9) beträgt die maximal transportierbare Ballastwassermenge 15 % der BRT und liegt damit deutlich unter der anderer Autoren mit 20 - 40 % (Schormann et al. 1990, Jones 1991, Pollutech 1992, Locke et al. 1993, Kerr 1994 a, Carlton et al. 1995 a, Laing 1995, Minchin & Sheehan 1995, Müller 1995). Die so errechnete Prozentangabe der Ballastwasserkapazität wird von diesen Autoren gleichzeitig als Menge an in Häfen und Hafenzufahrten gelenztem Ballastwasser aus nichtheimischen Regionen ausgewiesen.

Die große Abweichung in den Prozentangaben der maximalen Ballastkapazität einlaufender Schiffe ist auf den hohen Anteil der Containerschiffahrt im deutschen Schiffsverkehr mit vergleichsweise geringen Ballastwasserkapazitäten zurückzuführen. Weiterhin ist bei den Schiffsbesuchen festgestellt worden, daß diese Angabe 1. nicht der Menge des Ballastwassers aus nichtheimischen Gebieten und 2. nicht der Menge des gelenzten Ballastwassers gleichgesetzt werden kann. Beide, sowohl die außereuropäische Herkunft des Ballastwassers als auch die Menge des gelenzten Ballastwassers, betragen jeweils etwa 20 % der tatsächlich an Bord befindlichen Ballastwassermenge. Auf dieser Grundlage wird

die Menge des Ballastwassers aus außereuropäischen Gebieten welches in den Häfen gelenzt wird auf 2,2 Mio t geschätzt. Bei dieser Kalkulation ist die Menge des gelenzten Ballastwassers in den Zufahrten der Häfen nicht enthalten. Kerr (1994 a) gibt an, daß ankommende Schiffe bereits vor dem Festmachen mit dem Lenzen des Ballastwassers beginnen. Die tatsächlich in heimischen Gewässern gelenzte Ballastwassermenge liegt daher höher als hier angegeben, kann jedoch mit dem derzeitigen Wissensstand nicht quantifiziert werden (Kap. 2.18).

Weiterhin ist anzumerken, daß die Menge des eingetragenen Ballastwassers im internationalen Vergleich ein geringeres Volumen ausmacht, da mehr Güter nach Deutschland auf dem Seewege importiert als exportiert werden (Tab. 6) und voll beladene Schiffe wenig Ballastwasser transportieren. Das Volumen des gelenzten Ballastwassers in heimischen Häfen ist daher geringer als in Ländern, die einen Exportüberschuß im Schiffsverkehr verzeichnen.

Gefahrenpotential mindernd wirkt sich die Lage der heimischen Häfen am Ende der Westeuroparoute aus. Die meisten Schiffe laufen, bevor sie in deutschen Häfen festmachen, andere europäische Häfen an. Bei den dortigen Lade- und Löscharbeiten werden Ballastwasseroperationen durchgeführt, so daß in heimischen Häfen die Menge an Ballastwasser aus außereuropäischen Regionen einen geringeren Anteil ausmacht als im zuerst angelaufenen Hafen wie beispielsweise Rotterdam (Niederlande) oder Antwerpen (Belgien). Dieses Phänomen wirkte sich auch negativ auf die Probenahmemöglichkeiten aus, da sich oft nur Ballastwasser aus europäischen Häfen oder der Nordsee an Bord befand.

Die Angaben anderer Länder über die jährliche Menge des gelenzten Ballastwassers liegen zwischen 2 (Irland) und 79 Millionen t (USA) (Tab. 49). Auch mit dieser im Literaturvergleich niedrigen Ballastwassermenge wird in heimischen Gewässer eine hohe Anzahl Arten eingetragen. Durchschnittlich wurde etwa 1 Zooplankton-Individuum in 1 l Ballastwasser gefunden. Mit der jährlich in heimischen Gewässern gelenzten Ballastwassermenge aus Übersee von 2,2 Mio t werden demnach 2.200.000.000 Individuen eingetragen. Das entspricht einem Volumen von 6 Mio. Individuen pro Tag und etwa 70 Individuen pro Sekunde, von denen mehr als die Hälfte nichtheimische Arten darstellen.

Tab. 49: Geschätzte Angaben über das Volumen des jährlich eingetragenen Ballastwassers im internationalen Vergleich, für USA und Kanada mit näherer Spezifizierung des Eintrages und für Europa mit Spezifizierung der Herkunft. Bemessungsgrundlage ist das Verkehrsaufkommen Anfang der 1990er Jahre. (k.A. = keine Angabe).

	Ballastwasservolumen [Mio t]			Quelle
	Gesamt	Spezifiziert		
Nordamerika				
USA	79			Carlton 1995, Carlton et al. 1995
		Atlantikküste	24,7	Schätzung nach Carlton et al. 1995
		Große Seen	k.A.	Schätzung nach Carlton et al. 1995
		Golf v. Mexiko	33,3	Schätzung nach Carlton et al. 1995
		Pazifikküste	21,0	Schätzung nach Carlton et al. 1995
Kanada	62			Gauthier & Steel 1995
		Atlantikküste	4,5	Gauthier & Steel 1995
		Große Seen	17,5	Gauthier & Steel 1995
		Pazifikküste	40,0	Gauthier & Steel 1995
Europa	52,7 – 84,5			
England & Wales	16,8	Außereurop.	1,8	Laing 1995
Schottland	25,7		k.A.	Macdonald 1994
Irland	2,0		k.A.	Minchin & Sheehan 1995
Deutschland	8,0 – 40,0	Außereurop.	1,4 – 7,0	Golchert pers. Mitt.
		Außereurop.	2,2	eigene Schätzung
Afrika & Nahost	1,3		k.A.	IAPH Questionaire
Fernost	1,5		k.A.	IAPH Questionaire
Australien	58,0 – 66,0		k.A.	Jones 1991, Mills 1992 O'Reilly 1992 Paterson 1992, Kerr 1994, a
Neuseeland	4,5 – 4,7		k.A.	Hayden 1995

#### 4.8 Richtlinien zum Umgang mit Ballastwasser

Auf internationaler Ebene bestehen mehrere Arbeitsgruppen, die sich mit der Dokumentation und Auswirkung beabsichtigt und unbeabsichtigt eingeschleppter nichtheimischer Organismen beschäftigen. Weiterer Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung von Richtlinien zum Umgang mit nichtheimischen Organismen sowie die Minimierung des unbeabsichtigten

Organismenimportes (Sindermann 1986, 1991, a, c, Welcomme 1986, Bedermann 1991, Carlton 1991 c, Mann 1991, Rigby et al. 1993 b, de Klemm 1994, Wallentinus 1994).

Die Notwendigkeit für Quarantänemaßnahmen beschreibt Willan (1987) anhand der eingeschleppten Muschel *Musculista senhousia* in Australien. Auch Hutchings et al. (1987) wiesen auf die Notwendigkeit von Richtlinien zum Umgang mit Ballastwasser hin. Nach Kenntnis der Herkunfts- und Einschleppungsregion der bereits eingeschleppten Arten können erneute Organismeneinträge durch gezielte Maßnahmen auf Schiffen aus diesen Regionen gemindert werden (Sindermann 1986, 1991 a).

Insgesamt bestehen mehr als 25 nationale und internationale Richtlinien zum Umgang mit nichtheimischen Arten, die sich zumeist auf den Wechsel des Ballastwassers beziehen (McCann et al. 1991, Carlton 1991 b, 1994 a, 1995 e, Whitten 1991, Wilkinson 1991, Smith & Kerr 1992, Rigby et al. 1993 b, Campbell et al. 1993, Sipes 1994, Swanson 1995, Kabler 1996). Teilweise werden Untersuchungen des Ballastwassers einlaufender Schiffe einbezogen (Hutchings et al. 1987, Bourne 1990). Neben dem Verbot jeglichen Lenzens von Meerwasserballast während der Passage des Panamakanals (Carlton 1985) besteht eine weitere bemerkenswerte Richtlinie für Brasilien anlaufende Schiffe. Hier muß das Ballastwasser einlaufender Schiffe gechlort werden, bevor es gelenzt werden kann. Für Schiffe die deutsche Häfen anlaufen ist bisher weder eine Behandlung des Ballastwassers noch der Wechsel des Ballastwassers zwingend vorgeschrieben.

#### **4.9 Präventivmaßnahmen**

Bisher entwickelte Maßnahmen zur Einschränkung des Eintrages nichtheimischer Arten durch den Schiffsverkehr werden getrennt nach Behandlungen des Ballastwassers und Tanksediments sowie für den Aufwuchs der Schiffsaußenhaut dargestellt.

##### **4.9.1 Ballastwasser (und Sediment)**

Behandlungen des Ballastwassers bewirken ebenso indirekt eine Behandlung der Sedimentfauna, da sich diese aus den im Ballastwasser sedimentierten Organismen zusammensetzt. Mit der Behandlung des Ballastwassers wird demnach auch die Fauna des Sedimentes erreicht.

Der günstigste Fall die gänzliche Vermeidung der Ballastwasserabgabe. In absehbarer Zeit wird es jedoch keine Alternative zur Verwendung von Ballastwasser geben (Carlton et al. 1995 a). Daher wird mit hohem Aufwand an der Ausarbeitung und Durchführung von Behandlungsmethoden des Ballastwassers gearbeitet.

Bisher wurde an vielen Orten das Sediment der gereinigten Ballasttanks in das nächstgelegene Gewässer entsorgt. Da vor dieser Entsorgung keine Sterilisierungsbehandlung der Sedimente erfolgte, könnte auf diesem Weg eine Artverschleppung in heimische Gewässer erfolgt sein (Carlton et al. 1995 a). Durch eine Entsorgung an Land, die bereits von einigen Werften durchgeführt wird, würde dies verhindert. Eine Behandlung der Sedimente ist nicht notwendig wenn sichergestellt ist, daß diese nicht mit Gewässern in Kontakt kommen können.

Grundsätzlich lassen sich die Optionen der Ballastwasserbehandlungen unterteilen in den Zusatz von Chemikalien oder eine physikalische Behandlung wie z.B. Bestrahlung mit UV, Ultraschall und Mikrowellen (Woodward 1990, Rigby et al. 1993 a, Müller 1995) sowie Erwärmung und Filterung. Weitere Maßnahmen beschäftigen sich mit der Reduktion der Ballastwassermenge, die transportiert werden muß, einer Verlängerung der Verweildauer des Ballastwassers im Ballasttank (Williams et al. 1988, Carlton et al. 1995 a) und dem Ballastwasserwechsel in Hochseebereichen. Eine weitere Maßnahme, die Versorgung der Schiffe mit bereits sterilisiertem Ballastwasser in den Häfen oder mit Brauchwasser aus dem Wassersystem der Hafenstädte, würde den unbeabsichtigten Transport von Organismen weitestgehend einschränken. Die Installation der Versorgungsleitungen zu Reservoirs wird als hoher Kostenfaktor eingestuft (Helland 1990, Woodward 1990, Carlton et al. 1995 a). Beispielsweise beträgt die Fläche des Hafen Hamburg etwa 75 km<sup>2</sup> (Klugmann 1989). Die Länge aller Kaimauern beträgt 235 km und die Anzahl der Hafenbecken 37 (Grobeck 1988). Bei derartig ausgedehnten Hafenanlagen wären nur Tanks in zentralen Lagen, die Ballastwasser von Schiffen an verschiedenen Liegeplätze oder Hafenbecken über lange Zuleitungen aufnehmen könnten, sinnvoll. Weitere Pläne beinhalten, eine Ballastwasser-Behandlungsstation auf einem Schiff zu installieren. Die Installation von Zuleitungen vom Schiff zu den Landtanks könnten vermieden werden (AQIS 1993).

Sinnvoll ist die Unterlassung einer Ballastwasseraufnahme in bestimmten Regionen, in denen beispielsweise Infektionskrankheiten ausgebrochen sind, eine hohe Wasserverschmutzung durch fehlende Kläranlagen bekannt ist, Phytoplanktonblüten toxischer Algen auftreten oder das Vorkommen von Arten bekannt ist, die bereits in andere Regionen verschleppt worden sind (Rigby et al. 1993 a, b, Carlton et al. 1995 a).

Weiterhin sollte die Vermeidung der Ballastwasseraufnahme in bestimmten Jahreszeiten erfolgen, während Verbreitungsstadien von Organismen auftreten, die bereits mit Ballastwasser verschleppt worden sind (Zebrauschel) (Howarth 1981, Rigby et al. 1993 b). Die Vermeidung der Ballastwasseraufnahme bei Nacht minimiert die Aufnahme von Organismen, da einige Arten nachts zur Wasseroberfläche gerichtete Vertikalwanderungen durchmachen und so gehäuft mit dem Ballastwasser aufgenommen werden könnten (Howarth 1981).

Beim Zusatz von Chemikalien ist positiv hervorzuheben, daß Organismen jeder Größe und teilweise auch Dauerstadien abgetötet werden. Als negativ ist die beim Abpumpen des Ballastwassers entstehende Umweltbelastung zu nennen. Über die Eignung folgender Chemikalien/Maßnahmen wird diskutiert: Ozonisierung, Sauerstoffzehrung durch Hinzufügen von chemischen Substanzen, Schwankungen des pH-Wertes erzeugen, Zugabe von Bromiden, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Formaldehyd (Flemming 1991, Müller 1995) und Chlor. Die Chlorierung von Ballastwasser ist im Moment die kostengünstigste und effektivste Methode, Organismen auf chemischem Wege im Ballastwasser abzutöten. Die enorme Umweltbelastung beim Lenzen des Ballastwasser steht der internationalen Durchsetzung dieser Methode im Wege (Whitehouse et al. 1985, Helland 1990, Yount 1990, Fleming 1991, Rigby et al. 1993 a, Bolch & Hallegraeff 1993, 1994, Müller 1995).

Neben der Zusetzung von Chemikalien zum Ballastwasser könnte zusätzlich die Tankwandung mit gifthaltigen Beschichtungen versehen werden (Woodward 1990, Carlton et al. 1995 a). Unter Umweltschutzgesichtspunkten können diese Vorgehensweisen jedoch nicht befürwortet werden.

Bei physikalischen Behandlungsmöglichkeiten besteht eine durch die Körpergröße der Organismen bedingte Wirkungsgrenze. Weiterhin können Dauerstadien nicht ausreichend eliminiert werden. Als positiv ist die geringe oder nicht auftretende Umweltbelastung nach Lenzen des Ballastwassers zu nennen.

Neben australischen (Rigby 1993, Kerr 1994 b) und japanischen (Fukuyo et al. 1995) Untersuchungen wurden in England erste Versuche zur Sterilisierung von Ballastwasser durchgeführt (Müller 1995). Weiterhin ist eine Ballastwasserfiltration technisch möglich (Woodward 1990). Beim Einsatz sich mit Bürsten selbstreinigender Siebe könnten in

mehreren Schritten Maschenweiten von minimal 25 µm installiert werden (Rigby et al. 1993 a, Carlton et al. 1995 a).

Mit der Methode der Aufheizung des Ballastwassers mittels der Abwärme der Maschine durch einen Wärmetauscher konnte das Plankton erfolgreich abgetötet werden (Fukuyo et al. 1995). Mit dieser Methode ist maximal eine Erhitzung auf 40 - 45 °C möglich. In keiner der Proben wurden nach der Wärmebehandlung lebende Phyto- oder Zooplanktonorganismen festgestellt (Rigby & Hallegraeff 1993, 1994). Es ist jedoch mit Wärmeverlust zu rechnen, da Ballasttanks nicht isoliert sind und ein Ablassen heißen Wassers kann umweltschädigend wirken (Carlton et al. 1995 a). Um Krankheitserreger und Dauerstadien einbeziehen zu können, ist es jedoch nötig, für längere Zeit über 50 °C zu erhitzen (Whitehouse et al. 1985, Bunnell & Murray 1990, Helland 1990, Schormann et al. 1990, Rigby et al. 1993 a, Bolch & Hallegraeff 1993, 1994, Fukuyo et al. 1995). Weiterhin kann sich die Materialausdehnung beim Erhitzen negativ auswirken (Yount 1990).

Einige der hier erwähnten Sterilisationsmöglichkeiten für Ballastwasser sind in Labors auf ihre Wirksamkeit überprüft worden (Rigby et al. 1993 a, Rigby & Taylor 1995, Müller 1995). Am wirksamsten scheint eine Kombination von physikalischen und chemischen Methoden zu sein. Bisher konnte keine Methode gefunden werden, die technisch durchführbar, sicher, kosteneffektiv und umweltverträglich ist (Woodward 1990, CRIMP 1995). Zusätzlich fehlen bis heute Untersuchungen an Bord von Schiffen, die die Handhabung und Materialverträglichkeit von Schiffsinstallationen berücksichtigen.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Bedarfsmenge an Ballastwasser konstant zu halten. Ohne erneute Aufnahme könnte das Ballastwasser immer an die Stelle im Schiff gepumpt werden, an der es benötigt wird.

Die erarbeiteten Methoden waren die Grundlage für die IMO (MEPC 31) Resolution 50 (31) im Juli 1991: Die freiwillig durchzuführende IMO "Richtlinie zur Verhinderung oder Minimierung der Einschleppung ungewünschter aquatischer Organismen und Krankheitserreger durch Schiffsballastwasser und Sedimentausstoß" umfaßt folgende Punkte:

- den Versuch kein Ballastwasser zu lenzen
- Management soll die Menge des transportierten Ballastwassers reduzieren

- Untersuchungen von Ballastwasser und Tanksediment könnten dokumentieren, ob ungewünschte Organismen enthalten sind
- keine Ballastaufnahme in sedimentreichen Gewässern
- bei günstigen Wetterverhältnissen soll ein Wechsel des Ballastwassers auf hoher See bei einer Wassertiefe über 2000 m durchgeführt werden. Mit der von der IMO eingeführten Methode des Ballastwasserwechsels auf hoher See soll ausgenutzt werden, daß Hochseep plankton nicht in neritischen Bereichen überleben kann und umgekehrt (Woodward 1990, Carlton et al. 1995 a). Diese kostengünstige Methode (Smith & Kerr 1992, Rigby & Hallegraeff 1993) zeichnet sich ebenso durch eine gute Durchführbarkeit ohne aufwendige Modifikationen der Schiffsinstitutionen aus (Helland 1990, Woodward et al. 1992, Clarke & Haskins 1993).

Voraussetzung für den Ballastwasserwechsel auf hoher See ist, daß keine Sicherheitsbedenken für Besatzung und Schiff vorliegen (Nauke 1995). Woodward et al. (1992) geben an, daß die Schiffssicherheit für einen Ballastwasserwechsel bis zu einer Wellenhöhe von 3 - 6 m gewährleistet ist. Wellenhöhen über 6 m kommen beispielsweise im Atlantik nur zu 7 % der Zeit vor (Bales et al. 1981). Demnach wäre der Ballastwasserwechsel auf hoher See eine praktikable Methode (Woodward et al. 1992).

Mit dem Wechsel des Ballastwassers werden jedoch keine Sedimente ausgespült, es sei denn, diese sind vor dem Wasserwechsel resuspendiert worden (Williams et al. 1988).

Ein weiterer sich negativ auswirkender Faktor ist der Eintrag von Meerwasser nach dem Ballastwasserwechsel auf hoher See in Süßwasserbereiche wie die nordamerikanischen Großen Seen. In großen Häfen ist mit mehreren tausend Schiffsankünften pro Jahr zu rechnen. Wenn auch nur ein Teil des Ballastwassers gelenzt werden muß, wird jedoch ein großes Volumen an Salzwasser eingetragen. Dieses sinkt ab und könnte sich bei besonderen topographischen Bedingungen sammeln und so zu lokalen Salzanreicherungen führen.

Die Effektivität des Ballastwasserwechsels auf hoher See in bezug auf die Minimierung des Organismeneintrages wurde bei mehreren Untersuchungen überprüft. Auf der 7tägigen Fahrt von Singapur nach Australien wurde ein Ballastwasserwechsel auf hoher See, der IMO Richtlinie folgend, durchgeführt. Etwa 5 % des Ballastwasservolumens konnten aus technischen Gründen nicht gelenzt werden und verblieben im Tank. In diesem Restwasser

verblieben 25 % der Planktonorganismen (AQIS 1993). Es wurde festgestellt, daß das Zooplankton (Copepoda und Larven von Mollusca) den Bestand des Phytoplanktons dezimiert hatte (Rigby & Hallegraeff 1993, 1994). Auch nach einem Ballastwasserwechsel auf hoher See wurden im Ballasttank von 32 untersuchten Schiffen Sedimente und in 14 Schiffen sogar Organismen in den Ballasttanks gefunden (Rigby et al. 1993 a, Hallegraeff & Bolch 1992). Bei einer Untersuchung von 336 Schiffen im Bereich des St. Lorenz Stromes wurde festgestellt, daß 89 % der Ballastwasser führenden Schiffe einen Ballastwasserwechsel auf hoher See wie vorgeschrieben durchgeführt hatten. Im Ballastwasser von maximal 33 % der Schiffe wurden auch nach dem Ballastwasserwechsel noch lebende salztolerante für die Großen Seen nichtheimische Süßwasserorganismen gefunden. Mit 80 - 89,5 % gibt der überwiegende Teil der in Australien und Neuseeland einlaufenden Schiffe an, die IMO Richtlinie zu befolgen (Mills 1992, Hayden 1995). Die Kontrolle eines durchgeführten Ballastwasserwechsels ist schwer zu überprüfen (Gollamudi & Randall 1995), da die Angaben teilweise handschriftlich in speziellen Peilbüchern erfolgen, könnte jedoch durch Kontrolle des Ballastwassersalzgehaltes erfolgen (Carlton 1994 a).

Die Effektivität des Ballastwasserwechsels auf hoher See wurde bei Schiffen ermittelt, die in Süßwasserhäfen Ballastwasser an Bord genommen hatten. Die Effektivität lag in bezug auf süßwassertolerante Arten im Ballastwasser bei 67 % (Locke et al. 1991, 1993).

Der von der IMO vorgeschriebene Ballastwasserwechsel auf hoher See ist demnach nur eingeschränkt wirksam, den Eintrag von Organismen zu minimieren (Locke et al. 1991, Rigby & Hallegraeff 1992, 1993, 1994, Rigby et al. 1993 c).

Da nur eine Minimierung des Organismeneintrages erreicht werden kann, müssen weitere Maßnahmen entwickelt werden (Locke et al. 1991, 1993).

Neben dem Wechsel des Ballastwassers könnte auf diesem Weg durch mehrfaches Spülen auch ein Teil des Sedimentes in den Ballasttanks auf hoher See ausgespült werden (Carlton et al. 1995 a).

Es wird demnach keine universelle Methode in Kürze angewendet werden können. Eine Kombination von verschiedenen Maßnahmen jedoch könnte wirksam und durchführbar sein (Müller 1995). Die von der IMO entwickelte Richtlinie zum Umgang mit Ballastwasser stellt eine sinnvolle Möglichkeit zur Reduzierung des Organismeneintrages dar und ist daher

empfehlenswert. Da eingeschleppten Arten grenzübergreifend auftreten sollte nicht nur eine Richtlinie für deutsche Küsten bzw. Häfen entwickelt werden, sondern es sollte eine Regelung für die Nordseeanrainerstaaten oder in noch größerem Maßstab für Nordwesteuropa entwickelt werden. Diese Vorgehensweise würde zusätzlich Wettbewerbsverzerrungen in der Schifffahrt vorbeugen, welche auftreten könnten wenn ein Land eine verbindliche Richtlinie entwickelt und Nachbarländer diese nicht vorschreiben. Im ungünstigsten Fall könnte dies zu einer Veränderung Fahrtrouten von Schiffen führen.

#### **4.9.2 Schiffsaußenhaut**

Bereits im 5. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung wurden Maßnahmen über die Behandlung von Schiffsaußenhäuten zur Minimierung der Aufwuchsmenge aufgezeichnet. Die Schiffsaußenhaut wurde mit Wachsen oder Ölen versiegelt, in die Gifte wie Arsen und Schwefel gemischt wurden. Im weiteren Verlauf wurden Beschichtungen mit Kupferplatten verwendet, welches die erste erfolgreiche Methode war. Nach Einführung des Stahlschiffbaus wurden Antifoulingfarben entwickelt (Redfield et al. 1952). Erste Antifoulingfarben enthielten Silber-, Kupfer-, Quecksilber-, Zink-, Zyankali- und Brom-Komponenten (Ragg 1954).

Kupfer, Quecksilber sowie Zink sind toxisch für den bei der Besiedlung von Flächen zuerst entstehenden Bakterienfilm (Marshall & Blainley 1991) und auch Makrofouling-Organismen. Bereits 1 mg/l Kupfernitrat tötet Organismen nach einer Exposition von 1 Tag, 0,2 mg/l Kupfernitrat tötet in 10 Tagen adulte Balanidae (*Balanus balanoides*, *B. eburneus*) ab. Von Quecksilber wird für den gleichen Effekt die doppelte Menge benötigt (Redfield et al. 1952). Auch der Einsatz von radioaktiven Farbbestandteilen wurde diskutiert, zeigte sich jedoch als wenig effektiv (Relini 1987) und hochgradig umweltbelastend (Fischer et al. 1984).

Die große Anzahl an Schiffen im Fahrtgebiet der südlichen Nordsee hat durch die Abgabe der Antifoulingwirkstoffe ihrer Anstriche bereits eine meßbare und biogen wirksame Konzentration dieser Stoffe im Wasser erzielt. Der Pseudohermaphroditismus beispielsweise von *Hinia reticulata*, *H. lapillus*, *Nucella lapillus*, *Ocenebrina aciculata* (Gastropoda, Prosobranchia) im Bereich der französischen Küste wird auf die Schadstoffkonzentration der Antifoulingfarben zurückgeführt (Oehlmann et al. 1993, Stroben et al. 1993). Zum Antifoulinganstrich eines 280 m langen Containerschiffes werden etwa 15.000 l Farbe benötigt. Um die Umwelt so gering wie möglich zu belasten, wird daher an der Weiterentwicklung dieser Farben gearbeitet. Neben schnell abbaubaren Giften werden biozidfreie Farben entwickelt, die in vielen dünnen

Schichten aufgetragen werden. Bei ausreichendem Wasserwiderstand (Reibung) und Gewicht des Aufwuchses sollen sich einzelne Farbschichten abschälen.

Neben den Antifoulingfarben wurde die Anwendung von Ultraschall (Suzuki & Konno 1970, Müller 1995), Opferanoden (Ragg 1954, Fischer et al. 1984, Smith & Kretschmer 1984) und Hitzebehandlungen (bis 40 °C) zur Bewuchsminderung (Fischer et al. 1984) mit vergleichsweise wenig effektiven Resultaten durchgeführt. Eingeschränkt können Trockenlegungen der Schiffsrümpfe (Kühl 1963) und Süßwasseraufenthalte angewendet werden. Die Einwirkung von Süßwasser kann manche Meerwasserfouling-Organismen nach einigen Stunden letal schädigen (*Hydroides elegans*, Polychaeta) (Redfield et al. 1952, Mak & Huang 1982). Nachteilig wirkt sich aus, daß die Schalen der abgestorbenen Tiere auf diesem Wege nicht beseitigt werden (*Bivalvia*, *Cirripedia* und *Polychaeta*). Der gewünschte Effekt der Reibungsminimierung bleibt aus (Redfield et al. 1952).

Mit ferngesteuerten Geräten könnte die Schiffsaußenhaut vom Aufwuchs durch Abbürsten gereinigt werden. Auch diese Anwendung müßte, wie die Hitzebehandlung, bei jedem Besuch im Hafen wiederholt werden (Watermann, pers. Mitt.). Bei Marineschiffen wird dies bereits in regelmäßigen Abständen durchgeführt, wenn die Antifoulingfarbenwirkung nachläßt. Die Zeit für den nächsten Dockaufenthalt mit neuem Farbanstrich läßt sich so etwas strecken (Cologer et al. 1984, Fischer et al. 1984).

Momentan gibt es keine empfehlenswerte Alternative zu den TBT-haltigen Antifoulingfarben zur Minimierung des Schiffsbewuchses. Mit der Entwicklung von neuen giftfreien Antifoulingfarben ist begonnen worden.

#### **4.10 Richtlinien zum Umgang mit nichtheimischen Arten**

Die vorherigen Kapitel beschäftigen sich mit der Vermeidung des unbeabsichtigten Organismeneintrages. Um den Umgang mit bereits eingeschleppten nichtheimischen Arten international zu regeln und die Ausbreitung von eingeschleppten Arten zu dokumentieren, wurden mehrere internationale Arbeitsgruppen gebildet. Die erste Initiative, die 1969 von der American Fisheries Society und der Society of Ichthyologists and Herpetologists unterstützt wurde, war die Invitational Conference on Exotic Fishes and Related Problems (Lachner et al. 1970, Kohler & Courtenay 1986 a). Es wurden mehrere Quarantänemaßnahmen zum Import von Arten zu Aquakulturzwecken erarbeitet.

Wenn eine Art eingeschleppt wurde und erst nach einer Etablierung auffällt, dann sind bestandsregulierende Maßnahmen schwer oder unmöglich (Morse 1981, Steirer 1991, Busiahn 1994, Harbison & Volovik 1994). Am Beispiel der Zebrauschel, die in die nordamerikanischen Großen Seen eingeschleppt wurde, wird deutlich, daß eine Kontrolle in manchen Fällen sehr aufwendig oder sogar unmöglich ist (Yount 1990, Smith & Kerr 1992, AQIS 1993). Weder Giftstoffe noch Parasiten oder Räuber wirken selektiv nur auf diese Art (Yount 1990, Warwick Fischer & Bernard 1991).

Neben der Dezimierung der Art durch Wegfangen gibt es die Möglichkeit, mit selektiv wirkenden Giften oder mit der gezielten Einschleppung von Räubern oder Parasiten, bzw. Fördern heimischer Konkurrenten, Lebensraumveränderungen oder Pheromonen zu arbeiten (Dahlsten 1986).

Fischfangerträge in den Großen Seen sanken nach Einschleppung des Neunauges *Petromyzon marinus* in die nordamerikanischen Großen Seen. Nach langer Suche, es wurden 6.000 Chemikalien getestet, wurde ein Stoff (3-trifluoromethyl-4-nitrophenol) gefunden, der die Larven des Neunauges schädigt und minimale Effekte bei den meisten anderen Arten und dem Menschen bewirkt. Seit der Anwendung des Stoffs 1960 ging der Bestand von *P. marinus* um 95 % zurück. Die Fischfangerträge stiegen wieder an (Morse 1990).

Die Bestandsregulierung durch eine Unterbrechung im Fortpflanzungszyklus kann durch ein Aussetzen steriler Männchen bewirkt werden. Die Sterilisation wird durch die Injektion eines chemischen Stoffes erreicht (Morse 1990). Auch die gezielte Einschleppung von Räubern, die selektiv die nichtheimische Art fressen, kann bestandsregulierend einwirken. Beispielsweise soll die Population von *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora) im Schwarzen Meer durch das Aussetzen von sich räuberisch ernährenden Fischarten wie *Alosa aestivalis* (Clupeidae), *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) und *Gadus morhua* (Gadidae) verringert werden. Es besteht jedoch die Gefahr, daß die eingeführten Räuber nicht selektiv die eingewanderte Art, sondern auch die Bestände heimischer Arten schädigen (Harbison & Volovik 1994).

Weiterhin kann durch die Einschleppung von Parasiten eine Bestandsregulierung erfolgen. Beispielsweise soll der Bestand des nach Australien, Burma, Südafrika und Nordamerika verschleppten *Carcinus maenas* (Decapoda) durch die Aussetzung des parasitierenden Cirripedia *Sacculina carcini*, der bisher nur in der Heimatregion des Wirtes (Europa)

vorkommt, reguliert werden. Nach einer Testphase, in der überprüft wird, ob der Parasit auch heimische Decapoda befällt, können erste Freilandversuche erfolgen (Lafferty & Kuris 1994, Carlton, pers. Mitt.).

#### **4.11 Forschung und Untersuchungen im Hinblick auf zukünftige Maßnahmen**

Die vorliegende Untersuchung zeigt, daß eine erhebliche Anzahl von Organismen mit dem Ballastwasser, im Ballasttanksediment oder im Aufwuchs an der Schiffsaußenhaut in unsere Küstengewässer und Häfen eingetragen wird. Jedes Schiff ist potentiell in der Lage, eine nichtheimische Art in ausreichend großer Individuenanzahl (Gründerpopulation) für eine Ansiedlung in unseren Gewässern zu transportieren. Da bereits eine eingeschleppte nichtheimische Art zu drastischen Schädigungen führen kann, wird der Notwendigkeit eines Handlungsbedarfes Nachdruck verliehen.

Ohne Behandlungen des Ballastwassers werden weitere Arteinschleppungen zu verzeichnen sein. Zur Überprüfung der Effektivität und Durchführbarkeit der oben beschriebenen Behandlungsmöglichkeiten des Ballastwassers könnten die im Rahmen des Projektes aufgebauten Reedereikontakte hilfreich sein. Es bestanden zu mehreren deutschen Reedereien Kontakte, die traditionsgemäß Forschungsarbeiten unterstützen. Grundsätzlich wurde eine Unterstützungsbereitschaft signalisiert. Weiterhin könnten Versuche auf stillgelegten Schiffen oder auf Forschungsschiffen durchgeführt werden. So könnten beispielsweise auf der Polarstern ballastwasserbezogene Forschungsprojekte während der Anfahrt von Deutschland zur Antarktis ohne Zeitverlust (ohne Stationszeit) durchgeführt werden. Die Durchführbarkeit von Behandlungsmethoden des Ballastwassers könnte getestet werden. Als eine Methode zur Sterilisation von Ballastwasser wurde das Erhitzen (s.o.) vorgeschlagen (Bolch & Hallegraeff 1993, Rigby et al. 1993, a, b). Ob die Ballastwassererwärmung eine praktikable Methode ist, um die enthaltenen Organismen abzutöten, könnte überprüft werden, da das Ballastwasser sowieso beheizt wird, um ein Einfrieren in polaren Fachgebieten zu verhindern. Da Dauerstadien und Mikroorganismen erst bei deutlich höheren Temperaturen abgetötet werden, ist jedoch die technische Voraussetzung für derartige Kontrollversuche erst zu schaffen.

Weiterhin sollte die Effektivität und Umweltverträglichkeit anderer Behandlungsmöglichkeiten überprüft werden. Insbesondere die momentan bevorzugt diskutierte und durchgeführte Methode des Ballastwasserwechsels auf hoher See sollte Berücksichtigung finden. Neben

der Wirksamkeit des Organismenaustausches sollte überprüft werden, ob und in welchem Maße Hochseep plankton in Küstenbereichen überlebensfähig ist.

Die Vernetzung bestehender internationaler Arbeitsgruppen kann in bezug auf den internationalen Informationsfluß und die Weitergabe von Erfahrungsberichten verbessert werden (IMO, ICES, BMB). Die Entwicklung eines Katalogs von gefährlichen Arten, die bekanntermaßen mit Schiffen transportiert werden können, würde der Notwendigkeit zu weiteren Untersuchungen in diesem Bereich Nachdruck verleihen.

Bei den in Australien und USA durchgeführten Bestandsaufnahmen der Arten, die im Ballasttank transportiert werden, war eine Bestimmung bis zur Art nur in wenigen Fällen möglich (Williams et al. 1988, Locke et al. 1991, Carlton 1996 b). Nur auf Artniveau sind jedoch Aussagen über Toleranzen gegenüber abiotischen und biotischen Faktoren abschätzbar. Eine Risikoabschätzung erfordert eine eindeutige Artdiagnose.

In einigen Fällen sind nichtheimische Arten erst lange nach ihrer Etablierung aufgefunden worden, da sie teilweise heimischen Arten sehr ähnlich sind und daher bei Bestandsaufnahmen falsch determiniert wurden (Allen 1953, Yeatman 1962, Hanna 1966, Millar 1960, Dartnall 1969, Menzel 1974, Holmes 1976, Hedgpeth 1980, 1994, Chapman & Carlton 1991). Eine Sensibilisierung und die erweiterte Finanzierung taxonomisch orientierter Arbeitsgruppen könnte diese Verwechslungen einschränken (Hedgpeth 1980).

Die Entwicklung von Informationsmaterial wäre einer Sensibilisierung im Bereich der Sportschiffahrt (Poster, Diavorträge und Informationsbörse) dienlich. Bei der weiteren Ausbreitung der in die nordamerikanischen Großen Seen eingeschleppten Zebrauschel stellte die Sportschiffahrt einen erheblichen Vektor dar (Johnstone 1985). Durch entsprechende Informationen hätte die Ausbreitung vermutlich verlangsamt werden können.

Nur bei wiederholten Bestandsaufnahmen der Arten, insbesondere in Bereichen, die einem erhöhten Eintrag von Ballastwasser ausgesetzt sind (Häfen und Werften), könnte das Auftreten nichtheimischer Arten frühzeitig erkannt werden. Möglicherweise etablierten sich bereits neue Arten, die bisher nicht gefunden worden sind. Über eine zentrale Dokumentation könnten die Erstfunde und Verbreitung nichtheimischer Arten in unseren Gewässern verfolgt

werden. Möglicherweise lassen sich dabei potentiell gefährdete Küstenregionen oder potentielle Transportvektoren feststellen.

Nach der Anfertigung eines Identifikations-Kataloges von gefährlichen Arten, wie Toxine produzierenden Arten und Arten die Massenentwicklungen durchmachen können, könnte der Organismenbestand des Ballastwassers daraufhin untersucht werden. Werden als gefährlich eingestufte Organismen gefunden, wäre eine gezielte Behandlung der entsprechenden Ballasttanks nötig. Dadurch würde eine erste Minimierung des Eintrages von gefährlichen Organismen erreicht.

Auch nach über 25 Jahren der Ballastwasseruntersuchungen, Medcof (1975) begann 1970, und mehreren Bestandsaufnahmen der Arten, die mit dem Ballastwasser transportiert werden können, sind weitere Arbeiten notwendig, um beispielsweise die Überlebensrate während einer Schiffsreise, das Gefahrenpotential für heimische Gewässer und die Behandlungsmöglichkeiten von Ballastwasser umfassend zu untersuchen.

Die Überlebensrate von Organismen im Ballastwasser wurde auf verschiedenen Schiffsbegleitfahrten dokumentiert. Zumeist ist eine drastisch absinkende Individuen- und Artenanzahl mit zunehmender Reisedauer festgestellt worden. Im Gegensatz zeigt die vorliegende Untersuchung, daß Zunahmen der Populationsdichte während der Fahrt erfolgen können. Da demnach nicht grundsätzlich mit einer abnehmenden Individuendichte zu rechnen ist, müssen weitere Untersuchungen der Umweltfaktoren im Ballasttank erfolgen. Das Gefahrenpotential eingeschleppter Arten wurde bisher in empirischen Untersuchungen und Schemata dargestellt. Voraussagen sind nur schwer möglich. Bei der gezielten Ansiedlung nichtheimischer Arten für z.B. Aquakulturzwecke könnte eine Überprüfung dieser Einschätzungskriterien erfolgen, um diese weiter zu entwickeln.

Insgesamt werden zur Ballastwasserbehandlung in zusammenfassenden Arbeiten 32 Möglichkeiten diskutiert (Carlton et al. 1995 a, Müller 1995). Gemeinsam ist allen Methoden, daß Untersuchungen zur Durchführbarkeit, Kosten und Effektivität zumeist noch erfolgen müssen. Die Kombination von Untersuchungen über potentielle Herkunfts- und Einwanderungsgebiete, Entwicklung der Organismen während der Verweildauer im Ballasttank und die Behandlung von Ballastwasser könnte die Einschleppung nichtheimischer Arten weitgehend reduzieren. Wünschenswert und ein erster Schritt zur Minimierung des

Organismeneintrages in heimische Gewässer wäre die Umsetzung der IMO-Richtlinien zum Umgang mit Ballastwasser.

## 5 Zusammenfassung

### 5.1 Zusammenfassung, deutsch

- Eine Bestandsaufnahme der mit Schiffen unbeabsichtigt in heimische Gewässer transportierten Arten wurde innerhalb dieses Forschungsvorhaben durchgeführt werden. Dieses Forschungsvorhaben gliederte sich in zwei Teilbereiche: Teilvorhaben A, Flora (Institut für Meereskunde, Kiel, Prof. Dr. J. Lenz, Dipl. Biol. M. Dammer) und Teilvorhaben B, Fauna (Zoologisches Institut und Museum, Hamburg, Dr. H.-G. Andres, Dipl. Biol. S. Gollasch). Der Arbeitsschwerpunkt betraf die Bestandsaufnahme der im Ballastwasser, Tanksediment und Schiffsbewuchs enthaltenen Organismen. Aufgrund der Ergebnisse einer Literaturrecherche und ergänzenden Kulturexperimenten wurde das Ansiedlungspotential der angetroffenen nichtheimischen Arten für deutsche Gewässer eingeschätzt werden.
- Im Untersuchungszeitraum von März 1992 - August 1995 wurden 211 Schiffe für eine Probenahme aufgesucht. Auf 186 Schiffen konnten insgesamt 334 Proben vom Ballastwasser (132), Sediment (71) und der Schiffsaußenhaut (131) genommen werden.
- Die zu untersuchenden Schiffe wurden repräsentativ nach Schiffstyp und Herkunftsgebiet ausgewählt. Die Herkunftsgebiete der meisten Proben lagen in tropischen und warm-gemäßigten Regionen.
- Insgesamt sind 8.219,3 l Ballastwasser, durchschnittlich 62,3 l pro Probe, untersucht worden.
- Die abiotischen Faktoren Temperatur, Salinität, pH-Wert und Sauerstoffgehalt sind direkt nach der Probenahme an Bord gemessen worden. Bei keiner Probenahme wurden abiotische Bedingungen im Ballastwasser festgestellt, die als letal einzustufen wären.
- Tanksedimente sind nach Öffnen der Ballasttanks mittels Durchziehen von PE-Flaschen beprobt worden. Insgesamt wurden 70 l Probenvolumen gewonnen.
- Außenhautproben eingedockter Schiffe sind durch Abkratzen der Organismen von der Schiffsaußenhaut genommen worden. Die insgesamt untersuchte Schiffsfläche betrug 3,93 m<sup>2</sup> (100 cm<sup>2</sup> pro Probe).

- Nicht alle Proben enthielten Organismen. In 97 Ballastwasserproben (73,5 %), 53 Sedimentproben (74,6 %) und 129 Außenhautproben (98,5 %) wurden Organismen festgestellt. Als entscheidend für das Überleben im Ballasttank wurde die Toleranz gegenüber Schwankungen der abiotischen Parameter, insbesondere der Temperatur und des Sauerstoffgehaltes, während einer Schiffsreise eingeschätzt. Den Schiffsbewuchs beeinflussende Faktoren sind insbesondere jahreszeitliche und Fahrtgebiets abhängige Schwankungen der Temperatur und des Salzgehaltes.

### **5.1.1 Flora**

- Im Ballastwasser wurden vor allem Diatomeen (95 Arten), Chlorophyceen (37 Arten) und Dinoflagellaten (8 Arten) gefunden.

- In den Sedimentproben wurden vor allem Diatomeen (18 Arten), Dinoflagellatencysten (16 Arten), Dinoflagellaten (3 Arten) und Chlorophyceen (2 Arten) gefunden.

- In den an der Universität Göteborg von Prof. Dr. Inger Wallentinus untersuchten Außenhautproben wurden vor allem Grünalgen der Gattung *Enteromorpha* und Braunalgen der Gattung *Ectocarpus* gefunden. Unter den gefundenen Arten befanden sich keine nichtheimischen Arten. Sämtliche Arten sind weit verbreitet.

- Insgesamt wurden 11 nichtheimische Arten gefunden. 8 nichtheimische Diatomeenarten fanden sich in den Ballastwasserproben und 3 nichtheimische Dinoflagellatenarten wurden in den Sedimentproben gefunden.

- Unter den 11 nichtheimischen Arten befinden sich zwei Dinoflagellatengattungen (*Alexandrium*, *Gonyaulax*), zu denen auch Gift produzierende Arten gehören. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, daß auch solche Arten mit Schiffen in Deutsche Gewässer gelangen können.

### **5.1.2 Fauna**

- In den Ballastwasserproben überwogen Copepoda mit 52 Arten (72,2 %) neben Rotatoria (10 Arten). Die maximale Artenanzahl einer Probe lag bei 12 Arten. Mit zunehmender

Verweildauer des Ballastwassers im Tank nahm die Anzahl der Arten und der Individuendichte ab.

- In den Sedimentproben überwogen Bivalvia (26 Arten oder 23,6 %) neben Cirripedia mit 17 Arten (15,5 %). Die höchste Artenanzahl in einer Probe lag bei 25 Arten.

- Außenhautproben wurden neben Bivalvia (28 Arten oder 25,5 %) von Cirripedia (30 Arten oder 27,3 %) dominiert. Die maximale Artenanzahl in einer Probe betrug 15 Arten.

- Bei der Auswertung der Artfunde nach Schiffs- und Tanktypen zeichneten sich Autotransporter bzw. Achterpiektanks mit vergleichsweise hohen Artfunden aus.

- Innerhalb der 257 bestimmten Arten sind 150 Arten (58,4 %) als nichtheimisch eingeschätzt worden. Die Artenliste der Spezies, die andere Autoren im Ballastwasser feststellten, kann um 79 Arten ergänzt werden. Alle 110 in den Sedimentproben bestimmten Arten sind bei früheren Bestandsaufnahmen noch nicht im Tanksediment gefunden worden. In den Außenhautproben der vorliegenden Untersuchung wurden 57 Arten gefunden, die noch nicht als im Schiffsbewuchs vorkommend aufgelistet worden sind.

- Nichtheimische Arten wurden in 37 Ballastwasserproben (37,8 %), 30 Sedimentproben (56,6 %) und in 126 Außenhautproben (97,7 %) festgestellt. Das Ansiedlungspotential der nichtheimischen Arten wurde entsprechend der klimatischen Übereinstimmungen von Herkunfts- und Einwanderungsgebiet in 3 Kategorien eingestuft. Ballastwasser wird für zukünftige Ansiedlungen nichtheimischer Arten als wichtiger Vektor eingeschätzt, da Arten mit dem höchsten Potential für eine mögliche Ansiedlung in unseren Gewässern im Gegensatz zu Sediment- und Außenhautproben zumeist im Ballastwasser gefunden wurden.

- Die Hochrechnung des in heimischen Häfen gelenzten Ballastwassers aus außereuropäischen Regionen ergibt ein Volumen von etwa 2,2 Mio. t jährlich. Unberücksichtigt bleibt in dieser Kalkulation das bereits vor dem Festmachen des Schiffes gelenzte Ballastwasser im Zufahrtsbereich der Häfen. Nach eigenen Ergebnissen wurde durchschnittlich etwa ein Individuum pro Liter Ballastwasser gefunden. Daraus ergibt sich ein Organismeneintrag von 6 Mio. Individuen pro Tag oder etwa 70 Individuen pro Sekunde.

- Das Gefahrenpotential für den Eintrag nichtheimischer Arten in limnische Gewässer ist geringer als für ästuarine oder Seehäfen wie Bremerhaven oder Cuxhaven, da zumeist Ballastwasser aus brackigen oder marinen Bereichen verwendet wird.

- Die vorliegende Untersuchung zeigt, daß eine erhebliche Anzahl von Organismen mit dem Ballastwasser, im Ballasttanksediment oder im Aufwuchs an der Schiffsaußenhaut in unsere Küstengewässer und Häfen eingetragen wird. Jedes Schiff ist potentiell in der Lage, eine nichtheimische Art in ausreichend großer Individuenanzahl (Gründerpopulation) für eine Ansiedlung in unsere Gewässern zu transportieren. Da bereits eine eingeschleppte nichtheimische Art zu drastischen Schädigungen führen kann, wird der Notwendigkeit eines Handlungsbedarfes Nachdruck verliehen. Ohne sterilisierende Behandlungen des Ballastwassers werden weitere Arteinschleppungen zu verzeichnen sein. Wünschenswert und ein erster Schritt zur Minimierung des Organismeneintrages wäre die Umsetzung der IMO-Richtlinien zum Umgang mit Ballastwasser.

## 5.2 Summary

### **„Introduction of Non-Indigenous Organisms into the North Sea and Baltic Sea: Investigations on the Potential Ecological Impact through Ship Traffic“**

- During the investigation period from March 1992 through August 1995, 211 vessels were visited for sampling. It was possible to collect samples from 186 ships. A total of 334 samples were taken: 132 ballast water samples, 71 tank sediment samples, and 131 ship's hull samples. The vessels investigated were selected according to type of vessel and sea area of origin. The majority of samples originated from tropical and warm-temperate regions.
- A total of 8219 l ballast water were inspected, corresponding to an average of 62,3 l per sample.
- The abiotic parameters temperature, salinity, pH value, and oxygen content were measured aboard immediately after sampling. In none of the ballast water samples were abiotic parameters estimated to be lethal.
- After opening the tanks, sediment samples were collected by drawing polyethylene bottles through the sediment. A total of 70 l were collected.
- Hull samples were taken in dockyards by scraping off the fouling organisms. The total areas investigated amounts to 3.93 m<sup>2</sup>, 100 cm<sup>2</sup> per sample.
- Not all samples contained organisms. Organisms were found in 97 ballast water samples (73,5%), 53 sediment samples (74,6%) and 129 hull samples (98,5%).
- Among the factors determining survival in ballast water tanks, tolerance towards changing environmental conditions seems to be the most important factor as evidenced during a cruise from Singapore to Bremerhaven (Germany). Temperature and oxygen content were found to vary dramatically and, therefore, are important factors influencing the survival of organisms inside the ballast tanks. Fouling organisms have to tolerate a wide range of temperature and salinity changes due to seasonal and geographical differences.

### 5.2.1 Flora

- The main phytoplankton groups recorded in ballast water were diatoms (95 species), Chlorophyceae (18 species), and dinoflagellates (8 species). The sediment samples contained diatoms (18 species), dinoflagellates (3 species) and their cysts (16 species) and Chlorophyceae (2 species). A maximum of 110.000 unicellular algae were recorded from 1 l of ballast water and 300 empty cysts per ml sediment.

- In the hull samples investigated for macroalgae by Prof. Dr. I Wallentinus (University of Göteborg, Sweden), mainly green algae of the genus *Enteromorpha* and brown algae of the genus *Ectocarpus* were recorded. Non-indigenous species were not found. All species recorded are spread over a wide range of geographical areas.

- A total of 11 non-indigenous phytoplankton species were recorded, 8 diatom species in ballast water, and 3 dinoflagellates in sediment samples. Among the 11 non-indigenous species were 2 dinoflagellate genera (*Alexandrium* and *Gonyaulax*) which are known for toxin production. Therefore, it cannot be ruled out that such species may be transported to German water by ship traffic.

### 5.2.2 Fauna

- Copepoda with 52 species (72,2%) and Rotatoria with 10 species were the dominant groups in ballast water. The maximum number of species per sample was 12. With increasing age of ballast water (time period spent in the tank), the number of species and specimens decreased.

- Bivalvia (26 species, 23,6%) and Cirripedia (17 species, 15,5%) were the most common groups in sediment samples. The highest species number per sample was 25.

- In the hull samples Bivalvia (28 species, 25,5%) as well as Cirripedia (30 species, 27,3%) also dominated. The highest species number per sample was 15.

- Regarding types of vessels and tanks, the highest number of species was recorded in car-carriers and aft peak tanks, respectively.

- Of the 257 species identified, 150 (58,4%) were classified as non-indigenous species to German waters. The list of species recorded in ballast water samples by other authors is supplemented by 79 new species. All 110 species recorded in sediment samples in this study are not listed in former analysis of tank sediment. Among the organisms recorded in the hull samples there are 57 species which have not yet been listed as fouling organisms.

- Non-indigenous species were recorded in 37 ballast water (37,8%), 30 sediment (56,6%) and 126 hull samples (97,5%).

- The potential for establishment of non-indigenous species were classified into 3 categories according to how the climatic conditions in the area of origin compared with those in the port of destination. Ballast water is estimated as an important vector for future introductions of non-indigenous species in our waters, since most of the species with the highest potential for establishment were recorded in ballast water and not in sediment and hull samples.

- The extrapolation of the amount of ballast water, discharged in German ports from regions outside of Europe, results in about 2,2 mill t per annum. Not included in this calculation is the volume of ballast water discharged in the outer fringes of the harbour and waterways before docking. In this study, about 1 animal per 1 l ballast water was recorded. This means an introduction of 70 organisms per second or 6 million per day.

- The potential danger of non-indigenous species being introduced into freshwater areas like harbours of Hamburg and Bremen is less than in estuarine areas or sea ports like Bremerhaven and Cuxhaven, since most ballast water is taken from brackish water and marine seas.

- The present study has demonstrated that a high number of organisms are introduced into German coastal waters and port areas by ballast water, tank sediments, and hull fouling. Every vessel from overseas is a potential carrier of organisms in sufficient numbers to establish a seed population in our waters. Since even a single introduced non-indigenous species may cause severe damage, it is necessary to develop preventive measures. Without special treatment of ballast water with a sterilizing effect further introductions of unwanted species will continue. It is recommended to follow the IMO guidelines for ballast water uptake and discharge as a first step to reduce the risk of further species introductions.

## 6 Danksagung

Zu Dank für eine intensive Projektbetreuung und kritische Anmerkungen sind wir Frau Dr. A. Künitzer, Umweltbundesamt, Berlin verpflichtet.

Zusätzlicher Dank gebührt Herrn Dr. M. Rolke, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, der Mitinitiator der Projektidee war und bei verschiedenen Arbeitsgruppensitzungen hilfreiche Ideen eingebracht hat.

Bei Herrn H.-J. Golchert, Verband Deutscher Reeder, bedanken wir uns für die Unterstützung bei der Kontaktaufnahme zu Reedereien, die insbesondere in der Anfangsphase des Projektes sehr hilfreich war.

Ebenso gilt Dank Herrn Dipl. Biol. M. Risch, der in der Anfangsphase der Projektbearbeitung erste Kontakte zu Hafenbehörden und Reedereien knüpfte sowie an den ersten drei Probenahmen beteiligt war.

Für die zur Verfügungstellung von Arbeitsflächen in temperaturkonstanten Kulturräumen sowie der Versorgung mit Meerwasser danken wir Herrn Prof. Dr. K. Lüning und Frau Kadel, Biologische Anstalt Helgoland, Zentrale Hamburg.

Weiterer Dank gilt Frau Walter und Herrn Dr. D. Keyser für die Fotodokumentation am Rasterelektronenmikroskop.

Für die außerordentliche Unterstützung während der Reise von Singapur nach Bremerhaven im Rahmen der Beprobungen auf dem Containerschiff DSR-America der Reederei Laeisz, Rostock bedanken wir uns bei der Firmenleitung und der Besatzung, insbesondere bei Herrn Kapitän Pahl und dem 1. Offizier Herrn Müller.

Im Rahmen der bidirektionalen Schiffsbeprobung danken wir Prof. Dr. J. T. Carlton, Williams College, Mystic Seaport, USA, Dr. D. Smith sowie Dr. G. Ruiz vom Smithsonian Environmental Research Centre, Edgewater, USA für die intensive Zusammenarbeit. Weiterer Dank für Reisekostenerstattung in die USA gebührt dem NATO Collaborative Research Grant.

Für Beratung und Unterstützung bei der Bestimmungsarbeit danken wir folgenden Wissenschaftlern (folgende Listen in alphabetischer Reihenfolge) :

Herr Prof. Dr. R. Abraham, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (Insecta)  
Herr Dr. H. G. Andres, Taxonomische Arbeitsgruppe der Biologischen Anstalt Helgoland, Hamburg (Amphipoda)  
Frau Dr. Ilse Bartsch, Taxonomische Arbeitsgruppe der Biologischen Anstalt Helgoland, Hamburg (Echinodermata)  
Herr Dr. Blome, Forschungszentrum Terramare, Wilhelmshaven  
Herr Dr. P. F. Clark, Dep. of Zoology, British Museum of Natural History, London, United Kingdom (larvale Brachyura)  
Herr Dr. 2W. H. de Smet, Universität Antwerpen, Department Biologie (Rotatoria)  
Herr Dr. G. Drebes, Biologische Anstalt Helgoland, Sylt (Diatomophyceae)  
Herr Dipl. Biol. J. Dutz, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven (Copepoda)  
Herr Prof. Dr. M. Dzwillo Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (Oligochaeta, Weichkorallen)  
Herr Dr. M. Elbrächter, Biologische Anstalt Helgoland, Sylt (Dinophyceae)  
Frau Dipl. Biol. K. Elwers, Universität Oldenburg, Fachbereich Biologie (Copepoda)  
Herr Dr. A. Faubel, Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft (Turbellaria)  
Herr Prof. Dr. M. Grasshoff, Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg, Frankfurt (Cnidaria)  
Herr Dipl. Biol. S. Groenewold, Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ), Texel, Netherlands (Pisces)  
Herr Dipl. Biol. K. Gusenbauer, Institut für Zoologie der Universität Wien (Cirripedia)  
Herr Prof. Dr. G. Hartmann, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (Ostracoda)  
Frau Dr. G. Hartmann-Schröder, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (Polychaeta)  
Herr Prof. Dr. G. Hillmer, Universität Hamburg, Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum (Bryozoa)  
Herr Dr. N. Hülsmann, Freie Universität Berlin, Institut für Zoologie (Protozoa)  
Frau Dr. K. Hülsemann, Taxonomische Arbeitsgruppe der Biologischen Anstalt Helgoland, Hamburg (Copepoda)  
Herr Dr. G. Jarms, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (Cnidaria)  
Herrn Dr. C. John, Taxonomische Arbeitsgruppe der Biologischen Anstalt Helgoland, Hamburg (Pisces)  
Frau Dipl. Biol. H. Kapp, Taxonomische Arbeitsgruppe der Biologischen Anstalt Helgoland, Hamburg (Chaetognatha, Appendicularia)  
Herrn Dr. D. Keyser, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (Ostracoda)  
Frau Dr. E. Kiel, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (Insekten)  
Frau Prof. Dr. W. Klepal, Institut für Zoologie der Universität Wien (Cirripedia)  
Frau Dr. V. Loeb, Moss Landing Laboratory, USA (Pisces)  
Herr Prof. Dr. G. Lutze, Altenholz (Foraminifera)  
Herr Dipl. Biol. M. Möhlenkamp, Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft, Elbelabor, Hamburg (Pisces)  
Frau Dr. U. Mühlenhardt-Siegel, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (adulte Bivalvia, Mysidacea)  
Herr Dr. K. W. Ockelmann, Marine Biological Laboratory Helsingør, Dänemark (larvale Bivalvia)  
Herr Dr. T. Petkovski, Macedonian Museum of Natural History, Skopje (Cladocera)

Herr Dr. F. Riedel, Institut für Paläontologie, Berlin (Gastropoda)  
Frau Dr. K. Riemann-Zürneck, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven (Cnidaria)  
Herr Prof. Dr. H. Ristedt, Rhein. Friedrich-Wilhelms-Universität, Institut für Paläontologie, Bonn (Bryozoa)  
Herr Prof. Dr. H. Röttger, Institut für allgemeine Mikrobiologie, Kiel (Foraminifera)  
Herr Dr. M. Türkay, Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg, Frankfurt (Decapoda)  
Herr Dr. K. Schulz, Taxonomische Arbeitsgruppe der Biologischen Anstalt Helgoland, Hamburg (Copepoda)  
Herr Dipl. Biol. F. Stein, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (Pisces)  
Frau Dipl. Biol. C. Stiboy-Risch, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (Pantopoda)  
Herr Dipl. Biol. H-D. Totzke, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (Gastropoda)  
Frau Dipl. Biol. A. Twest, Universität Hamburg, Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft (Copepoda)  
Frau Dr. H. Waegele, Universität Bielefeld, Fakultät für Biologie (Nudibranchia)  
Frau Prof. Dr. I. Wallentinus, University of Göteborg, Dep. Marine Botany, Schweden (Makroalgen)  
Herr Prof. Dr. H. Wilkens, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum (Pisces)

Für ihr Engagement in Zusendung von Literatur und bekannten Beispielen eingeschleppter Arten in unsere Gewässer bin ich folgenden Personen zu Dank verpflichtet:

Herrn Prof. Dr. H. Ackefors, Stockholm University, Dep. of Zoology, Schweden  
Herrn Dr. G. Becker, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg  
Herrn Dr. D. Bernauer, Universität Hohenheim, Institut für Zoologie, Stuttgart  
Herrn Prof. Dr. J. T. Carlton, Williams College, Mystic Seaport, Mystic, USA  
Frau Dr. C. Eno, Joint Nature Conservation Committee, Petersborough, United Kingdom (England)  
Frau Dr. B. S. Galil, Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd., Haifa, Israel  
Frau A. Grill, Süddeutsche Zeitung, Wissenschaftsredaktion, München  
Herrn Dr. H. Grizel, IFREMER, Station de la Tremblade, Frankreich  
Herrn Dipl. Biol. U. Haesloop, Universität Bremen  
Herrn K. Hayes, Heriot-Watt University, International Centre for Island Technology, Stromness, Orkney, United Kingdom (Scotland)  
Frau Dipl. Biol. K. Jansson, Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, Schweden  
Herrn Dr. J. Jungbluth, Naturhistorisches Museum, Mainz  
Herrn Prof. Dr. R. Kinzelbach, Technische Hochschule Darmstadt, Institut für Zoologie  
Herrn Dr. J. Köhn, Universität Rostock, Institut für Volkswirtschaftslehre, Raumwirtschaft und Umweltökonomie  
Herrn Prof. Dr. E. Leppäkoski, Abo Akademi University, Dep. of Biology, Turku, Finland  
Herrn Dr. H. Löffler, Institut für Seenforschung, Langenargen  
Frau Dr. E. Macdonald, The Scottish Office, Agriculture and Fisheries Department, Aberdeen, Scotland  
Herrn Dr. D. Minchin, Fisheries Research Centre, Dep. of the Marine, Dublin, Ireland  
Frau Dipl. Biol. K. Müller, Technical Investigation, Propulsion and Environmental Engineering Dep., Lloyd's Register House, Croydon, United Kingdom (England)  
Herrn Dr. S. Olenin, Centre for System Analysis, Klaipeda, Litauen

Herr Prof. Dr. Post, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg  
Herrn Prof. Dr. K. Reise, Biologische Anstalt Helgoland, Wattenmeerstation, List  
Herrn Prof. Dr. H. Rosenthal, Institut für Meereskunde, Kiel  
Herrn Dr. G. Ruiz, Smithsonian Environmental Research Centre, Edgewater, USA  
Frau Dipl. Ing. agr. S. Schmidt-Fischer, Akademie für Natur- und Umweltschutz beim Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart  
Herrn Dr. D. Smith, Smithsonian Environmental Research Centre, Edgewater, USA  
Herrn K. Strübing, Eisdienst, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg  
Herrn Dr. T. Tittizer, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz  
Frau Dr. S. Utting, MAFF Fisheries Laboratory, Conwy, Gwynedd, United Kingdom (Wales)  
Frau Prof. Dr. I. Wallentinus, University of Göteborg, Dep. Marine Botany, Schweden  
Herrn Prof. Dr. C. D. Zunder, Universität Hamburg, Zoologisches Institut und Museum  
Herrn Prof. Dr. L. Zmudzinski, Marine Biology Centre, Gdynia, Polen

Zusätzlicher Dank gebührt den studentischen Hilfskräften: Frau K. Elwers, Frau M. Hammesfahr, Frau A. Twest, Herrn J. Dutz, Herrn O. Hannemann, Herrn J. Heinrichs und insbesondere Herrn R. Mecke und Herrn T. Cantzler, die vor allem bei der Auswertung der Proben, Literaturrecherche und Kulturenpflege beteiligt waren.

Ohne die Zusammenarbeit und das große Entgegenkommen mit nachstehenden Reedereien, Schiffsmaklern, Werften, Hafenbehörden und Instituten, denen wir hier nochmals sehr danken möchten, wäre die Projektrealisierung in diesem Umfang nicht möglich gewesen:

Ahrenkiel, C.F., GmbH, Hamburg  
Atlantic-Rhederei F. & W. Koch, Hamburg  
Barthels & Lüders GmbH, Hamburg  
Biologische Anstalt Helgoland, Zentrale Hamburg (Bibliothek)  
Blohm & Voss AG, Hamburg  
Bolten, August, GmbH & Co, Hamburg  
Bremerhavener Hafen- und Lagerhaus AG, Bremerhaven  
Bremer Vulkan Verbund AG, Bremen  
Bruns, W., & Co, Hamburg  
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg (Bibliothek)  
Burchardkai Verwaltung, Hamburg  
Cargo-Levant Linienagenturen GmbH, Hamburg  
Cellpap Terminal Hamburg Umschlags- und Transport GmbH, Hamburg  
Container Terminal Bremerhaven "Wilhelm Kaisen", Bremerhaven  
Contship Containerlines Deutschland GmbH, Hamburg  
Detjen Schifffahrtsagentur GmbH & Co, Hamburg  
Deutsche Afrika Linien GmbH & Co, Hamburg  
Deutsche Seereederei Rostock GmbH, Hamburg  
Döhle, Peter Schifffahrts KG, Hamburg  
EAC-Menzell Transport Agentur GmbH, Hamburg  
Elsflether Werft AG, Elsfleth  
Euro-Kai KG, Hamburg  
Europa-Overseas Schifffahrtsagentur GmbH, Hamburg  
Essberger, J.T., GmbH & Co, Hamburg  
Eurabsa Linien-Agentur GmbH, Hamburg  
Frachtkontor Junge & Co, Hamburg

Germanischer Lloyd, Bremen, Bremerhaven, Hamburg und Kiel  
Gesamthafenbetriebsgesellschaft mbH, Hamburg  
Geuther, Karl, GmbH & Co, Hamburg  
Günther, Paul, GmbH & Co, Hamburg  
Gross, Karl, Bremerhaven  
Hamburger Hafen- und Lagerhaus AG, Hamburg  
Hamburg Südamerikanische Dampfschiffahrts-Gesellschaft, Hamburg  
Hanseatisches Seefrachtkontor GmbH, Hamburg  
Hanse Bereederungsgesellschaft mbH, Hamburg  
Hapag Lloyd AG, Hamburg  
Heine, Walter, Schiffahrtskontor GmbH, Bremen  
Howaldswerke Deutsche Werft AG, Kiel  
Howaldswerke Deutsche Werft AG - Nobiskrug GmbH, Rendsburg  
Hornlinie Schiffahrts GmbH, Hamburg  
Frachtkontor Junge & Co, Hamburg  
Inchcape Shipping Services GmbH, Hamburg  
Institut für Meereskunde, Kiel (Bibliothek)  
International Farbwerke GmbH, Börnsen  
Interschiff Schiffahrtsagentur GmbH, Hamburg  
Kant GmbH, Bremen  
Laeisz, F. GmbH, Rostock  
Lampke, Peter W., GmbH & Co, Bremerhaven  
Leonhardt & Blumberg GmbH & Co, Hamburg  
Lloyd Werft GmbH, Bremerhaven  
Maersk Deutschland GmbH, Hamburg  
Menzell & Co Schiffsmakler GmbH & Co, Hamburg  
Midgard Deutsche Seeverkehrs-AG, Hamburg  
Mitsui O.S.K. Lines (Deutschland) GmbH, Bremen  
Müller, J., Brake/Utw.  
Müller, Wm. H., & Co, Hamburg  
Norasia Line, Hamburg  
Norderwerft GmbH & Co. KG, Hamburg  
Norwegische Schiffahrts-Agentur GmbH, Hamburg  
Oberhafenamt, Hamburg  
Oldenburg-Portugiesische Dampfschiffs-Rhederei GmbH, Hamburg  
Ommeren, van, Hamburg GmbH, Hamburg  
P & O Containers Europe GmbH, Hamburg  
Peters, Arnold, Shipping Agency, Hamburg  
Rickmers Lloyd Dockbetrieb GmbH, Bremerhaven  
Röver, H.C., GmbH, Bremen  
Schichau Seebeckwerft AG, Bremerhaven  
Schiffahrtskontor Detra GmbH & Co, Hamburg  
Schiffahrts- und Speditionsgesellschaft Meyer & Co GmbH, Bremerhaven  
Schiffsmeldedienst GmbH, Hamburg, Bremerhaven und Rotterdam  
Schuldt, H., Hamburg  
Schulte, B., Hamburg  
Seewetteramt, Bremerhaven  
Senator Linie GmbH & Co, Bremen  
Slomann Neptun Schiffahrts AG, Bremen  
Specht, Gebr., GmbH & Co, Hamburg  
Sporleder, Walter, Schiffahrtsgesellschaft mbH, Hamburg  
Stahl, Henry, GmbH & Co, Hamburg

Systemtechnik Nord (STN) GmbH, Hamburg  
Thien & Heyenga, Bereederungs- u. Befrachtungsgesellschaft mbH, Hamburg  
Tollerort Container Terminal (Gerd Buss Lager- und Speditionsgesellschaft), Hamburg  
Überseeschiffsagentur Transnautic GmbH & Co. KG, Hamburg  
Unikai Hafenbetrieb GmbH, Hamburg  
United Shipping Agency GmbH, Hamburg  
Universal Linienagenturen GmbH, Hamburg  
Verband Deutscher Reeder, Hamburg  
Wilhelmsen Lines (Germany) GmbH, Hamburg

Für die zur Verfügung gestellten Daten danken wir den Statistischen Landesämtern, Hamburg, Bremen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein sowie dem Statistischen Bundesamt, Bonn und dem Senator für Häfen, überregionalen Verkehr und Außenhandel, Bremen.

Großer Dank gilt ebenso den Wissenschaftlern, die innerhalb unserer Fragebogenaktion Organismenlisten anfertigten und teilweise sogar Artikel zurückschickten:

Frau Dr. Ilse Bartsch, Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg  
Frau Dr. Inka Bartsch, Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg  
Herr Dr. A. Bick, Universität Rostock  
Herr Dr. G. Drebes, Biologische Anstalt Helgoland, Sylt  
Herr Dr. M. Elbrächter, Biologische Anstalt Helgoland, Sylt  
Herr Prof. Dr. Gillbricht, Norderstedt  
Herr Dr. K.-J. Hesse, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Büsum  
Herr Dr. H.H. Janssen, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven  
Herr Prof. Dr. R. Kinzelbach, Technische Hochschule Darmstadt  
Herr Dr. P. Kothe, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz  
Frau Dr. I. Kröncke, Forschungsinstitut Senckenberg, Wilhelmshaven  
Herr Prof. Dr. W. Lampert, Max-Planck-Institut für Limnologie, Plön  
Herr Dr. R. Meixner, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg  
Herr Prof. Dr. A. Melzer, Limnologische Station der Technischen Universität München  
Herr Dr. H. Michaelis, Niedersächsisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Norderney  
Herr Prof. Dr. P. Nagel, Institut für Biogeographie, Saarbrücken  
Herr Prof. Dr. W. Nellen, Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft, Hamburg  
Herr Dr. Th. Neudecker, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg  
Herr Prof. Dr. L.W. Reimer, Universität Rostock, Außenstelle Güstrow  
Herr Prof. Dr. K. Reise, Biologische Anstalt Helgoland, Sylt  
Herr Prof. Dr. H. Remmert, Philipps-Universität Marburg  
Herr Prof. Dr. H. Rosenthal, Institut für Meereskunde, Kiel  
Herr Dr. K. Schaumann, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven  
Herr Dr. H. Sukopp, Institut für Ökologie, Technische Univ. Berlin  
Herr Prof. Dr. H. Thiel, Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft, Hamburg  
Herr Prof. Dr. W. Villwock, Zoologisches Institut und Museum, Hamburg  
Herr Prof. Dr. J.W. Wägele, Universität Bielefeld  
Herr Dr. M. Wehde, Deutsche Wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung, Hamburg

Großer Dank gebührt der Feuerwehr Kiel bei der ein mehrtägiger Intensivlehrgang und ein Sicherheitstraining zum Umgang mit dem Preßluftatmer abgehalten werden konnte.

Zu guter Letzt möchten wir allen projektfremden Kollegen, aber auch Freunden und Bekannten großen Dank für ihre Nachsicht und Unterstützung, nicht nur im wissenschaftlichen Bereich, aussprechen.

## 7 Literatur

- Abbott, R. T. (1950): Snail invaders. *Nat. Hist.*, (2), 80-85
- Abbott, R. T. (1974): American seashells. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 2.Aufl., 663 pp.
- Abbott, R. T. (1991): Seashells of South East Asia. Tynron Press, Scotland, 145 pp.
- Abbott, R. T. & Dance, S. P. (1982): Compendium of seashells. A color guide to more than 4,200 of the world's marine shells. E. P. Dutton, Inc., 1.Aufl., 411 pp.
- Agur, Z. & Safriel, U. N. (1981): Why is the Mediterranean more readily colonized than the Red Sea, by organisms using the Suez Canal as a passageway? *Oecologia*, **49**, 359-361
- Albrecht, A. & Reise, K. (1994): Effects of *Fucus vesiculosus* covering intertidal mussel beds in the Wadden Sea. *Helgol. Meeresunters.*, **48**, 243-256
- Alibekova, I. I., Bagirov, R. M. & Pyatakov, G. M. (1986): Overgrowth on vessels in the Caspian Sea USSR. *Izv. Akad. Nauk. Az. SSR Ser. Biol. Mauk.*, (2), 64-67
- Allan, J. (1962): Australian shells. Georgian House, Melbourne, 487 pp.
- Allen, F. E. (1953): Distribution of marine invertebrates by ships. *J. Mar. Freshwat. Res.*, **4**, 307-316
- Allen, F. E. & Wood, E. J. F. (1950): Investigations on underwater fouling. *Austr. J. Mar. Fresh.*, **1**, (1), 92-105
- Allen, J. A. (1967): Crustacea: Euphausiacea and Decapoda. In: Powell, H. T. (ed.): *The Fauna of the Clyde Sea area*. Scottish Marine Biological Association, Millport, 116 pp.
- Allen, S. K. (1991): Issues and opportunities with inbred and polyploid species. In: DeVoe, R. (ed.): *Proceedings of the Conference & Workshop. Introductions & Transfers of Marine Species. Achieving a Balance between Economic Development and Resource Protection*. Conference Papers. Bd. Session IV, S. C. Sea Grant Consortium, 91-96
- Allmon, R. A. & Sebens, K. P. (1988): Feeding biology and ecological, impact of an introduced nudibranch, *Tritonia plebeia*, New England, USA. *Marine Biol.*, **99**, 375-385
- Alvarez Cadena, J. N. & Cortes Altamirano, R. (1990): Some physic and biological factors affecting the natural populations of *Acartia tonsa* and *A. lilljeborgii* (Copepoda: Acartiidae) in the Urias estuary, Sinaloa, Mexico. *Invest. Mar. Cicimar*, **5**, (1), 69-77 pp.
- Alvarino, A. (1974): Distribution of siphonophores in the regions adjacent to the Suez and the Panama Canals. *Fish. Bull.*, **72**, (2), 527-546
- Ambrose, P. (1990): Australia's unwanted immigrants. *Mar. Poll. Bull.*, **21**, (4), 169
- Ambrose, P. (1994): Anti-fouling news. *MAr. Pollut. Bull.*, **28**, 134 p.
- Anders, H. & Möller, H. (1983): Seasonal fluctuations in macrobenthic fauna of the *Fucus* belt in Kiel Fjord (Western Baltic Sea). *Helgoländer Meeresunters.*, **36**, 277-283
- Anderson, I. (1992): End of the line for deadly stowaways?. *New Scientist*, 12-13
- Anderson, M. J. & Underwood, A. J. (1994): Effects of substratum on the recruitment and development of an intertidal estuarine fouling assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **184**, (2), 217-236 pp.
- Andrews, J. D. (1980): A review of introductions of exotic oysters and biological planning for new importations. *Mar. Fish. Rev.*, **42**, 1-11
- Andrulewicz, E., Chubarenko, B. V. & Zmudzinski, L. (1994): Vistula Lagoon - A troubled region with great potential. *WWF Baltic Bull.*, (1), 16-21
- Anger, K. (1978): Development of a subtidal epifaunal community at the island of Helgoland. *Helgol. wiss. Meeresunters.*, **31**, 457-470
- Anger, K. (1990): Der Lebenszyklus der Chinesischen Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*) in Norddeutschland: Gegenwärtiger Stand des Wissens und neue Untersuchungen. *Seevögel*, **11**, (2), 32-37
- Annandale, N. (1909): An account of the indian cirripedia pedunculata - Part I.-Family Lepadidae (sensu stricto). *Mem. Indian Mus.*, **2**, (2), 61-137
- AQIS (1993): Ballast water treatment for the removal of marine organisms. Ballast water research series. Bd. 1, Australian Government Publishing Service, Canberra, 1-99
- Arakawa, K. Y. (1990): Commercially important species of oysters in the world. *Mar. Behav. Physiol.*, **17**, 1-13

- Arndt, W. (1931): Die Tierwelt des Nordostseekanals und ihr Lebensraum. *Der Naturforscher*, **8**, (4), 113-118
- Aron, W. I. & Smith, S. H. (1971): Ship canals and aquatic ecosystems. Equilibrium has not been achieved since the Erie, Welland, and Suez Canal were built. *Science*, **174**, (4004), 13-20
- Arrontes, J. & Anadon, R. (1990): Seasonal variation and population dynamics of isopods inhabiting intertidal macroalgae. *Sci. Mar. Barc.*, **54**, (3), 231-240 pp.
- Arthington, A. H. & Mitchell, D. S. (1986): Aquatic invading species. In: Groves, R. H. & Burdon, J. J. (eds.): *Ecology of biological invasions*. Cambridge University Press, Cambridge, 34-53
- Ashton, P. J. & Mitchell, D. S. (1989): Aquatic plants: Patterns and modes of invasion, attributes of invading species and assessment of control programmes. In: Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): *Biological invasions*. Bd. 6, John Wiley & Sons, New York, 111-154
- Ax, P. (1952): Eine Brackwasser-Lebensgemeinschaft an Holzpfählen des Nord-Ostsee-Kanals. *Kieler Meeresf.*, **9**, 229-243
- Bagaveeva, E. V. (1989): Polychaetes in fouling of ships plying coasts in the northwestern part of the Sea of Japan. *Biol. Morja*, **14**, 143-147
- Bagaveeva, E. V., Kubanin, A. A. & Chaplygina, S. F. (1985): Role of ships in settlement of Hydroids, Polychaetes, and Bryozoans in the Sea of Japan. *Biol. Morja*, **10**, 74-80
- Baldwin, R. P. (1992): Cargo vessel ballast water as a vector for the spread of toxic phytoplankton species to New Zealand. *J. R. Soc. N.Z.*, **22**, (4), 229-242
- Bales, S. W., Lee, W. T. & Voelker, J. M. (1981): Standardized wave and wind environments for NATO operational areas. *Naval Ship Res. Develop. Centre*,
- Baltz, D. M. (1991): Introduced fishes in marine systems and inland seas. *Biol. Conserv.*, **56**, (2), 151-177
- Bamber, R. N. (1986): The itinerant sea-spider *Ammothea hilgendorfi* (Böhm) in British waters. *Proc. Hampshire Field Club archeol. Soc.*, **41**, 271-272 pp.
- Bamber, R. N. (1990): Power station thermal effluents and marine crustaceans. *J. Therm. Biol.*, **15**, (1), 91-96 pp.
- Bandaranayake, W. M. & Gentien, P. (1982): Carotenoids of *Temora turbinata*, *Centropages furcatus*, *Undinula vulgaris* and *Euchaeta russelli*. *Comp. Biochem. Physiol. B.*, **72B**, (3), 409-414 pp.
- Banta, W. C. (1969 a): *Watersipora arcuata*, a new species in the Subovoidea-cucullata-nigra complex (Bryozoa: Cheilostomata). *Bull. S. Calif. Acad. Sci.*, **68**, (2), 96-102
- Banta, W. J. (1969 b): The recent introduction of *Watersipora arcuata* Banta (Bryozoa: Cheilostomata) as a fouling pest in South California. *Bull. Soc. Calif. Acad. Sci.*, **68**, (4), 248-251
- Barnard, J. L. (1958): Amphipod crustaceans as fouling organisms in Los Angeles - Long Beach Harbours, with reference to the influence of seawater turbidity. *Calif. Fish and Game*, 161-170
- Barnard, J. L. & Gray, W. S. (1968): Introduction of an Amphipod Crustacean into the Salton Sea, California. *Bull. S. Calif. Acad. Sci.*, **67**, 219-232
- Barnard, J. L. & Karaman, G. S. (1991): The family and genera of marine Gammaridean Amphipoda (except marine Gammaroids). In: Lowry, J. K. & Gates, J. E. (eds.): *Records of the Australian Museum*. Bd. 13, 1 & 2, Globe Press, Melbourne, 866 pp.
- Barnes, H. & Barnes, M. (1960): Recent spread and present distribution of the barnacle *Elminius modestus* Darwin in north-west Europe. *Proc. zool. Soc., London*, **135**, (1), 137-145
- Barrett, S. C. H. & Richardson, B. J. (1986): Genetic attributes of invading species. In: Groves, R. H. & Burdon, J. J. (eds.): *Ecology of biological invasions*. Cambridge University Press, Cambridge, 21-33
- Barrois, Th. (1888): Catalogue des crustacés marins recueillis aux Açores. Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Lille, 1-114
- Bartley, D. M. & Minchin, D. (1995): Precautionary approach to the introduced and transfer of aquatic species. *Technical Consultation on the Precautionary Approach to Capture Fisheries*. Lysekil, Sweden, 35 pp.
- Bassindale, R. (1964): *British Barnacles*. With keys and notes for the identification of the species. *Linn. Soc. Lond.*, **14**, 1-68
- Bastida, R. & Brankevich, G. (1982): Ecological studies of the fouling communities in Puerto Quequen (Argentina). 2. Characteristics of the macrofouling organisms. *Didepint. An.*, 155-193 pp.

- Bayne, B. L. (1965): Growth and the Delay of Metamorphosis of the Larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia*, **2**, (1), 1-47
- Becker, K. (1990): Zur "Fouling"-Sukzession auf Hartsubstraten unterschiedlicher Oberflächenspannungen in der Kieler Bucht. Diplomarbeit, Univ. Kiel, 1-133
- Bederman, D. J. (1991): International Control of Marine "Pollution" by Exotic Species. *Ecol. Law Quarterly*, **18**, 677-717
- Behning, A. (1927): Studien über die Crustaceen des Wolgabassins. *Arch. Hydrobiol.*, **19**, 423-432
- Belmonte, G. (1992): Diapause egg production in *Acartia (Pararcartia) latisetosa* (Crustacea, Copepoda, Calanoida). *Bull. Zool.*, **59**, 363-366
- Ben-Eliahu, M. N. (1972): Studies on the migration of the Polychaeta through the Suez Canal. 17th Congr. Intern. Zool. Theme No. 3: Consequénces biologiques des canaux inter-océans., **3**, 8
- Ben-Tuvia, A. (1953): New Erythrean fishes from the Mediterranean coast of Israel. *Nature*, **172**, 464-465
- Ben-Tuvia, A. (1978): Immigration of fishes through the Suez Canal. *Fish. Bull.*, **76**, (1), 249-255
- Benech, S. V. (1978): Ocean transport of a community of the grapsid crab *Plagusia dentipes* (de Haan, 1833). *Crustaceana*, **35**, (1), 104
- Berg, K. (1931): Studies on the genus *Daphnia* O. F. Müller with especial reference to the mode of reproduction. *Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistorisk Forening*, **92**, 1-222
- Berg, M. K. (1932): Les cladocères et leur reproduction. *Bull. Fr. Piscicult.*, 1-28
- Berghahn, R. (1990): Biologische Veränderungen im Wattenmeer. In: Lózan, J. L., Lenz, W., Rachor, E., Watermann, B. & v Westernhagen, H. (eds.): Warnsignale aus der Nordsee. Paul Parey, Berlin, 202-212
- Berman, J. & Carlton, J. T. (1991): Marine invasion processes: interactions between native and introduced marsh snails. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **150**, 267-281
- Berman, J.; Harris, L.; Lambert, W.; Buttrik, M. & Dufresne, M. (1992): Recent invasions of the Gulf of Maine: Three contrasting ecological histories. *Conserv. Biol.*, **6**, 435-441 pp.
- Bernard, F. J. & Lane, C. E. (1962): Early settlement and metamorphosis of the barnacle *Balanus amphitrite niveus*. *J. Morph.*, **110**, (1), 19-39
- Bernard, F. R. (1979): Bivalve Mollusks Of The Western Beaufort Sea. *Contrib. Sci. Natur. Hist. Mus. Los Angeles County*, **313**, 1-80
- Bernauer, D., Kappus, B. & Jansen, W. (1995): Neozoen in Kraftwerksproben und Begleituntersuchungen am Oberrhein. *Akad. Natur- U. Umweltschutz, Baden Württemberg*, 1
- Bertelsen, E. & Ussing, H. (1936): Marine tropical animals carried to the Copenhagen sydhavn on a ship from the Bermudas. *Vidensk. Medd. fra Dansk naturh. Foren.*, **100**, 237-245
- Bettelhäuser, F. & Ullrich, P. (1993): Die Suche nach dem sozial- und umweltverträglichen Schiff - Die ersten Schritte. Arbeitskreis Andere Nützliche Objekte der Bremer Vulkan Werft, 1-92
- Beukema, J. J. (1973): Migration and secondary spatfall of *Macoma balthica* (L.) in the western part of the Wadden Sea. *Netherlands J. Zool.*, **23**, 356-357
- Beukema, J. J. (1989): Long-term changes in macrozoobenthic abundance on the tidal flats of the western part of the Dutch Wadden Sea. *Helgoländer Meeresunters.*, **43**, 405-415
- Beukema, J. J. (1991): Changes in composition of bottom fauna of a tidal-flat area during a period of eutrophication. *Mar. Biol.*, **111**, 293-301
- Bishop, M. W. H. (1947): Establishment of an immigrant barnacle in British coastal waters. *Nature (Lond.)*, **159**, (4041), 501-502
- Bishop, M. W. H. (1950): Distribution of *Balanus amphitrite* Darwin var. *denticulata* Broch. *Nature*, **165**, 409-410
- Bishop, M. W. H. (1951): Distribution of barnacles by ships. *Nature (Lond.)*, **167**, (4248), 531
- Björnberg, T. K. S. (1981): Copepoda. In: Boltovskoy, D. (ed.): Atlas del zooplankton del Atlantico Sudoccidental. INIDEP, Mar del Plata, 587-679
- Boaden, P. J. S. (1964): Grazing in the interstitial habitat: a review. In: Crisp, D. J. (ed.): Grazing in terrestrial and marine environments. Bd. 4, *Brit. Ecol. Soc. Symp.*, 299-303
- Boalch, G. T. (1994): The introduction of non-indigenous marine species to Europe: Planktonic species. In: Boudouresque, C. F., Briand, F. & Nolan, C. (eds.): Introduced Species in European Coastal Waters. Report on an international Workshop. Bd. 8, European Commission, Luxembourg, 28-31
- Bodungen, B. v. & Zeitschel, B. (1995): Die Ostsee als Ökosystem . *Meereskunde der Ostsee*. Bd. 6.8, Springer Verlag, Berlin, 2.Aufl., 230-244 pp.

- Boettger, C. R. (1933): Die Ausbreitung der Wollhandkrabbe in Europa. Sitzungber. Ges. naturforsch. Freunde, Berlin 1933., 399-415
- Bolch, C. J. & Hallegraeff, G. M. (1990): Dinoflagellate cysts in recent marine sediments from Tasmania, Australia.. Bot. Mar., **33**, 173-192 pp.
- Bolch, C. J. & Hallegraeff, G. M. (1993): Chemical and physical treatment options to kill toxic Dinoflagellate cysts in ships' ballast water. J. Mar. Env. Engg, **1**, 23-29
- Bolch, C. J. S. & Hallegraeff, G. M. (1994): Ballast water as a vector for the dispersal of toxic Dinoflagellates. Proc. Conf. Wkshop. NOAA, 63-67
- Bonnot, P. (1935): A recent introduction of exotic species of molluscs into California waters from Japan. The Nautilus, **49**, (1), 1-2
- Boschi, E. E. (1964): Los crustáceos decápodos Brachyura del litoral Bonaerense. Boln inst. biol. mar., (6), 1-99
- Boschma, H. (1972): On the occurrence of *Carcinus maenas* (Linnaeus) and its parasite *Sacculina carcini* Thompson in Burma, with notes on the transport of crabs to new localities. Zool. Meded., **47**, (11), 145-155
- Bott, R. (1955): Dekapoden (Crustacea) aus El Salvador. 2. Litorale Dekapoden, außer *Uca*. Senck. biol., **36**, (1/2), 45-72
- Böttger-Schnack, R. (1991): Seasonal changes in the vertical distribution and size structure of *Macrosetella gracilis* populations (Copepoda, Harpacticoida) in the Red Sea. Bull. Plankton Soc. Jap., 309-320
- Bourrelly, P. (1963): Loricae and cysts in the Chrysophyceae. Annals N.Y. Acad. Sci., **108**, 421-429 pp.
- Bourget, E. (1977): Shell structure in sessile barnacles. Nat. Can., **104**, (4), 281-323 pp.
- Bourne, N. (1979): Pacific Oysters, *Crassostrea gigas* Thunberg, in British Columbia and the South Pacific Islands. In: Mann, R. (ed.): Exotic species in mariculture. MIT Press, Cambridge, 1-53
- Bourne, W. R. P. (1990): IMO to study ballast water introductions. Mar. Poll. Bull., **21**, (12), 557
- Bousfield, E. L. (1973): Shallow-water gammaridean Amphipoda of New England. Bd. 12, Cornell Univ. Pr., Ithaca, 312 pp.
- Bousfield, E. L. & Carlton, J. T. (1967): New records of *Talitridae* (Crustacea: Amphipoda) from the central California Coast. Bull. S. Calif. Acad. Sci., **66**, (4), 277-285
- Boxshall, G. A. (1977): The planktonic Copepods of the Northeastern Atlantic Ocean: Some Taxonomic observations on the Oncaeidae (Cyclopoida). Bull. British Mus. (Nat. Hist.) Zool., **31**, 104-155
- Boyun, C. (1986): A preliminary study on fauna of planktonic copepods in the China Seas. Act. Oceanologica Sinica, **5**, (1), 118-125
- Bradford, J. M. (1976): Partial revision of the *Acartia* Subgenus *Acartiura* (Copepoda: Calanoida: Acartiidae). N. Z. J. Mar. Freshwater Res., **10**, (1), 159-202
- Bradley, C. (1908): Notes on two amphipods of the genus *Corophium* from the Pacific Coast. Univ. Calif. Publs. Zool., **4**, (4), 227-252
- Braiko, V. D. (1982): Interactions within *Balanus improvisus* populations in cenoses of fouling. Zurnal Obscej Biologii, **43**, (3), 419-425
- Breiholz, O. (1992): Die Besiedlung anthropogener Hartsubstrate am Beispiel des sublitoralen Molenbewuchses der Insel Helgoland. Diplomarbeit, Univ. Oldenburg, 1-91
- Briand, F. (1994): Species introductions in the coastal waters of Europe: A call for action. In: Boudouresque, C. F., Briand, F. & Nolan, C. (eds.): Introduced Species in European Coastal Waters. Report on an international Workshop. Bd. 8, European Commission, Luxembourg, 4-7
- Briggs, J. C. (1966): Zoogeography and evolution. Evolution, **20**, (3), 282-289 pp.
- Briggs, J. C. (1968): Panama's sea-level canal. Science, (162), 511-513
- Briggs, J. C. (1969): The sea-level Panama Canal: potential biological catastrophe. BioScience, **19**, (1), 44-47
- Briggs, J. C. (1974): Marine zoogeography. In: Willey, W. J., Beach, R. E. & Laufer, R. S. (eds.): McGraw-Hill Book Company, New York, 1-475
- Bright, C. (1995): Bioinvasion: Der Vormarsch der fremden Arten. World Watch, (5), 10-23
- Broch, H. (1953): Cirripedia thoracica. The Danish Ingolf-Expedition, **3**, (14), 1-17
- Brock, B. J. (1985): Bryozoa ordovician to recent. In: Nielsen, C. & Larwood, G. P. (eds.): South Australian fouling Bryozoan. Papers from international Conference on Bryozoa, Vienna, 45-49
- Brock, J. A. (1991): Procedural requirements for marine species introductions into and out of Hawaii. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the conference & workshop. Introductions & transfers of

- marine species. Achieving a balance between economic development and resource protection. Conference papers. Bd. Session III, S. C. Sea Grant Consortium, 51-53
- Brock, V. E. (1960): The introduction of aquatic animals into Hawaiian waters. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, **45**, (4), 463-480
- Brodskii, K. A. (1950): Calanoida of the Far Eastern Seas and Polar Basin of the USSR. *Akademiya Nauk Soyuz Sovetskikh Sotsialisticheskikh Republik*, **35**, 1-185
- Broecker, W. S. (1996): Plötzliche Klimawechsel. *Spektrum der Wiss.*, (1), 86-92
- Brohmer, P. (1984): Fauna von Deutschland. In: Schaefer, M. (ed.): Ein Bestimmungsbuch unserer heimischen Tierwelt. Quelle & Meyer, Heidelberg, 16.Aufl., 583 pp.
- Brown, J. H. (1989): Patterns, modes and extents of invasions by vertebrates. In: Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): *Biological invasions*. Bd. 5, John Wiley & Sons, New York, 85-109
- Brown, R. H. (1994): Nonindigenous estuarine & marine organisms (NEMO). *Proc. Conf. Wk.shop Nat. Oceanic Atmos. Adm.*, 1-125
- Brownlee, D. C. & Jacobs, F. (1987): Mesozooplankton and microzooplankton in the Chesapeake Bay. In: Majumdar, S. K.; Hall, L. W. & Austin, H. M. (eds.), *Contaminant problems and management of living Chesapeake Bay resources*. Chesapeake Bay Fisheries and Contaminant Problems, Philadelphia, 217-269 pp.
- Brunken, H. & Fricke, R. (1985): Deutsche Süßwasserfische. Bestimmungsschlüssel für die wildlebenden Arten.. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung (DJN), 70 pp.
- Brylinski, J. M. (1981): Report on the presence of *Acartia tonsa* Dana (Copepoda) in the harbour of Dunkirk (France) and its geographical distribution in Europe. *J. Plankton Res.*, **3**, (2), 255-260
- Buchholz, H. (1951): Die Larvenformen von *Balanus improvisus*. *Kieler Meeresforsch.*, **8**, (1), 49-57
- Buchholz, H. & Schütz, L. (1953): Zur Kenntnis der im Litoral der Kieler Förde vorkommenden Seepocken (Cirripedia Thoracica). *Kieler Meeresforsch.*, **9**, 285-287
- Buizer, D. A. G. (1980 a): *Balanus tintinnabulum* (Linnaeus, 1758) autochthonous in the Netherlands, with notes on size and growth rate of other operculate barnacles (Cirripedia, Balanomorpha). *Bull. Zool. Mus. Univ. Amst.*, **7**, (15), 149-154
- Buizer, D. A. G. (1980 b): Explosive development of *Styela clava* Herdman, 1882, in the Netherlands after its introduction (Tunicata Ascidiacea). *Bull. Zool. Mus. Univ. Amst.*, **7**, (18), 181-185
- Bulnheim, H.-P. (1976): *Gammarus tigrinus*, ein neues Faunenelement der Ostseeförde Schlei. *Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst.*, **46**, 79-84
- Bulnheim, H.-P. (1980): Zum Vorkommen von *Gammarus tigrinus* im Nord-Ostsee-Kanal. *Arch. Fischereiwiss.*, **30**, (1), 67-73
- Bunnell, P. & Murray, C. (1990): Introduced species: What can we do about them?. *Environmental Res. Lab.*, 1-9
- Burkholder, J. M.; Glasgow, H. B. & Steidinger, K. A. (1993): Unraveling environmental and trophic controls on stage transformations in the complex life cycle of Ichthyotoxic "Ambush Predator" Dinoflagellate. *Sixième Conférence Internationale sur le Phytoplancton Toxique*, 43 p.
- Burkholder, J. M.; Noga, E. J.; Hobbs, C. H. & Glasgow, H. B. (1992): New "phantom" dinoflagellate is the causative agent of major estuarine fish kills. *Nature*, **358**, 407-410 pp.
- Burrell, V. G. (1983): Molluscan aquaculture in the Unites States: a brief overview. *J. World Maricult. Soc.*, **14**, 164-169 pp.
- Busch, A. & Brenning, U. (1992): Studies on the Status of *Eurytemora affinis* (Pope, 1880) (Copepoda, Calanoida). *Crustaceana*, **62**, (1), 13-38
- Busiahn, T. R. (1994): Ruffe in Lake Superior: Is Control Possible?. *Superior Vision*, **9**,
- Cai, L. Z. & Li, F. X. (1986): The vertical distribution of macro-fouling organisms in the Xiamen harbour. *Trop. Oceanol. Redai Haiyang*, **5**, (4), 10-18 pp.
- Calder, D. R. & Burrell, V. G. (1969): Brackish water hydromedusa *Maeotias inexpectata* in North America. *Nature (Lond.)*, (222), 694-695
- Callow, M. E. (1986): Fouling algae from "in-service" ships. *Bot. Mar.*, **29**, 351-357
- Campbell, A. C. (1987): Der Kosmos-Strandführer. In: Hilgers, H. (ed.): *kosmos Naturführer*. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 2.Aufl., 320 pp.
- Campbell, G. R. & Fielder, D. R. (1986): Size at sexual maturity and occurrence of ovigerous females in three species of commercially exploited portunid crabs in S. E. Queensland. *Proc. R. Soc. Queensl.*, **97**, 79-87 pp.

- Campbell, M. I., Carey, T. G. & Randall, R. (1993): Update on Canadian guidelines for ballast water control in the Great Lakes. 1-14
- Cannon, L. R. G. (1986): Turbellaria of the world. A Guide to the Families & Genera. In: Ramsden, P. (ed.): Bd. ?, Poly-Graphics Pty Ltd, Brisbane, 131 pp.
- Carl, G. C. & Guiguet, C. J. (1957): Alien animals in British Columbia. Handb. British Columbia Prov. Mus., **14**, 47-103
- Carlgren, O. (1942): Actiniaria and Zoantharia. In: Jensen, A. S., Lundbeck, W., Mortensen, T. & Spärck, R. (eds.): Bd. 1, 7, Andr. Fred. Host & Son, Copenhagen, 1-5
- Carlisle, D. B. (1954): *Styela mammiculata* n.sp., a New Species of Ascidian from the Plymouth Area. J. Mar. Biol. Ass. U.K., **33**, 329-334
- Carlton, J. (1969 a): *Littorina littorea* in California (San Francisco and Trinidad Bays). Veliger, **11**, (3), 283-284
- Carlton, J. (1969 b): Revision of "introduced mollusks of Western North America". Veliger, **11**, (3), 284-285
- Carlton, J. T. (1979): History, biogeographie and ecology of the introduced marine and estuarine invertebrates of the Pacific coast of North America. Ph.D. Diss., Univ. California, Davis, 904
- Carlton, J. T. (1985): Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: The biology of ballast water. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., **23**, 313-371
- Carlton, J. T. (1987): Patterns of transoceanic marine biological invasions in the Pacific ocean. Bull. Mar. Sci., **41**, (2), 452-465
- Carlton, J. T. (1988): Changes in the sea: The mechanisms of dispersal of marine and aquatic organisms by human agency. J. Shellfish Res., **7**, (3), 552
- Carlton, J. T. (1989 a): Man's role in changing the face of the ocean: Biological invasions and implications for conservation of near-shore environments. Conserv. Biol., **3**, (3), 265-273
- Carlton, J. T. (1989 b): The introduced marine and estuarine mollusks of North America: An end-of-century perspective on four centuries of human-mediated introductions. J. Shellfish Res., **8**, (2), 465
- Carlton, J. T. (1991 a): Overview of the issues concerning marine species introductions and transfers. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the conference & workshop. Introductions & transfers of marine species. Achieving a balance between economic development and resource protection. Conference papers. Bd. Session IV, S. C. Sea Grant Consortium, 65-67
- Carlton, J. T. (1991 b): Marine species introduced by ships' ballast water: An overview. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the conference & workshop. Introductions & transfers of marine species. Achieving a balance between economic development and resource protection. Conference papers. Bd. Session I, S. C. Sea Grant Consortium, 23-25
- Carlton, J. T. (1991 c): An International Perspective on Species Introductions: The ICES Protocol. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the Conference & Workshop. Introductions & Transfers of Marine Species. Achieving a Balance between Economic Development and Resource Protection. Conference Papers. Bd. Session II, S. C. Sea Grant Consortium, 31-34
- Carlton, J. T. (1992): Introduced Marine and Estuarine Molluscs of North America: An End-of-the-20th-Century Perspective. J. Shellfish Res., **11**, (2), 489-505
- Carlton, J. T. (1992): Dispersal mechanisms of the Zebra Mussel. J. Shellfish Res., **11**, (1), 221
- Carlton, J. T. (1992): Dispersal of Living Organisms into Aquatic Ecosystems as Mediated by Aquaculture and Fisheries Activities. In: Rosenfield, A. & Mann, R. (eds.): Dispersal of Living Organisms into Aquatic Ecosystems. Maryland Sea Grant Publication, College Park, 13-45
- Carlton, J. T. (1994 a): United States of America national report. ICES Working Group on Introductions and Transfers of Marine Organisms, (4),
- Carlton, J. T. (1994 b): Biological invasions and biodiversity in the sea: The ecological and human impacts of nonindigenous marine and estuarine organisms. Proc. Conf. Wkshop. NOAA, 5-11
- Carlton, J. T. (1995 a): Ballast water: The ecological roulette of marine biological invasions. ICES Annual Sci. Conf., 1-7
- Carlton, J. T. (1995 b): United States of America national report 1994-1995 on introductions and transfers of marine organisms. ICES,
- Carlton, J. T. (1995 c): United States of America national report 1994-1995 on ballast water research and management activities. ICES, WGITMO,

- Carlton, J. T. (1995 d): Marine invasions and the preservation of coastal diversity. Endangered species update. School of Nat. Resourc., University of Michigan, **12**, (4/5), 1-3 pp.
- Carlton, J. T. (1995 e): Exotic species update: Are ballast water regulations working?. Focus (Int. Joint Comm., Washington, D.C.), **20**, (1), 8-9 pp.
- Carlton, J. T. (1995 f): Exotic species in the sea: Biological invasions and marine biodiversity. UNESCO IMS Newsletter (Int. mar. Sci.), Paris, **75/76**, 11-12 pp.
- Carlton, J. T. (1995 g): Four species of marine crabs invade North America. Aliens, (2), 5-6
- Carlton, J. T. (1996 a): Marine bioinvasions: The alteration of marine ecosystems by nonindigenous species. Oceanography, **9**, (1), 1-7 pp.
- Carlton, J. T. (1996 b): Pattern, process and prediction in marine invasion ecology. Biological conservation. UC Davis Invasions Symposium, 1-14
- Carlton, J. T. & Geller, J. B. (1993): Ecological roulette: The global transport of non-indigenous marine organisms. Science, **261**, (6), 78-82
- Carlton, J. T. & Hodder, J. (1995): Biogeography and dispersal of coastal marine organisms: experimental studies on a replica of a 16th-century sailing vessel. Mar. Ecol., **121**, 721-730
- Carlton, J. T.; Navarret, A. & Mann, R. (1982): Biology of ships' ballast water: The role ballast water in transoceanic dispersal of marine organisms. Final Proj. Rep., Natl. Sci.Fdn., 161 pp.
- Carlton, J. T., Reid, D. M. & van Leeuwen, H. (1995 a): Shipping study. The role of shipping in the introduction of nonindigenous aquatic organisms to the coastal waters of the United States (other than the Great Lakes) and an analysis of control options. Nat. Sea Grant Coll. Prog./Ct. Sea Grant Proj. R/ES6, 213 (Appendices A-I (122 pp.)) pp.
- Carlton, J. T.; Ruiz, G. M.; Smith, D. & Hines, A. (1995 b): Ballast water. Aliens, **1**, 18-19 pp.
- Carlton, J. T. & Scanlon, J. A. (1985): Progression and dispersal of an introduced alga: *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* (Chlorophyta) on the atlantic coast of North America. Botanica Marina, **28**, (4), 155-165
- Carlton, J. T., Thompson, J. K., Schemel, L. E. & Nichols, F. H. (1990): Remarkable invasion of San Francisco Bay (California, USA) by the Asian clam *Potamocorbula amurensis*. I. Introduction and dispersal. Mar. Ecol. Prog. Ser., **66**, (1-2), 81-94
- Carlton, J. T. & Zullo, V. A. (1969): Early record of the Barnacle *Balanus improvisus* Darwin from the Pacific Coast of North America. Occ. Pap. Calif. Acad. Sci., **75**, 1-6
- Carriker, M. R. (1992): Introductions and transfers of Molluscs: Risk considerations and implications. J. Shellfish Res., **11**, (2), 507-510
- Caspers, H. (1939): Die Bodenfauna der helgoländer Tiefen Rinne. Helgoländer wiss. Meeresunters., **2**, 1-112
- Caspers, H. (1950): Die Lebensgemeinschaft der Helgoländer Austerbank. Helgoländer wiss. Meeresunters, **3**, 119-169
- Caspers, H. (1950): Die Bewuchsgemeinschaft an der Landungsbrücke der Nordseeinsel Spiekeroog und das Formproblem von *Balanus*. Zool. Jahrb, **78**, 237-249
- Caspers, H. (1952): Der tierische Bewuchs an Helgoländer Seetonnen. Helgol. wiss. Meeresunters., **4**, (2), 138-160
- Caspers, H. (1959): Vorschläge einer Brackwassernomenklatur ("The Venice System"). Int. Rev. Ges. Hydrobiol., **44**, 313-315
- Cederwall, H. & Elmgren, R. (1980): Biomass increase of benthic macrofauna demonstrates eutrophication of the Baltic Sea. Ophelia, **1**, 287-304
- Cernohorsky, W. O. (1972): Marine Shells of the Pacific. Bd. 2, Pacific Publications, Sydney, 411 pp.
- Cernohorsky, W. O. (1978): Tropical Pacific Marine Shells. Pacific Publications, Sydney, 352 pp.
- Cervigon, F. (1964): Los Corycaeidae del Caribe suboriental (Copepoda, Cyclopoida). Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, **24**, (68), 163-201
- Chambers, M. R. (1987): The status of the alien amphipod *Gammarus tigrinus* (Sexton, 1939) in Friesland twenty five years after its introduction into the Netherlands. Bull. Zool. Mus. Univ. Amst., **11**, 65-68
- Chanley, P. & Andrews, J. D. (1971): Aids for identification of bivalve larvae of Virginia. Malacologia, **11**, (1), 45-119
- Chanley, P. & Dinamani, P. (1980): Comparative description of some oyster larvae from New Zealand and Chile, and a description of a new genus of oyster, *Tiostrea*. N. Z. J. Mar. Freshwater Res., **14**, (2), 103-120

- Chapman, J. W. & Carlton, J. T. (1991): A test of criteria for introduced species: The global invasion by the isopod *Synidotea laevidorsalis* (Miers, 1881). *J. Crust. Biol.*, **11**, (3), 386-400
- Characklis, W. G. (1991): Biofouling: Effects and control. In: Flemming, H. C. & Geesey, G. G. (eds.): Biofouling and biocorrosion in industrial water systems. Springer Verlag, Berlin, 7-28
- Chesher, R. H. (1968): Transport of marine plankton through the Panama Canal. *Limnol. Oceanogr.*, **13**, 387-388
- Chew, K. K. (1979): The Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) in the west coast of the United States. In: Mann, R. (ed.): Exotic species in mariculture. MIT Press, Cambridge, 54-82
- Chew, K. K. (1988): Oyster aquaculture in the Pacific Northwest. In: Keller, S. (ed.), Bd. 88-4, Proc. 4. Alaska Aquacult. Conf., Alaska Sea Grant Rep. Sitka, 67-75 pp.
- Child, J. (1974): New Zealand Shells. University Press, Melbourne, 96 pp.
- Chilton, C. (1911): Notes on the dispersal of marine crustacea by means of ships. *Trans. N.Z. Inst.*, **43**, 131-133
- Chisholm, L. A. & Roff, J. C. (1990): Size weight relationships and biomass of tropical neritic copepods of Kingston, Jamaica. *Mar. Biol.*, **106**, (106), 71-77 pp.
- Chretiennot-Dinet, M.-J. (1990): Atlas Du Phytoplankton Marin. In: Sournia, A. (ed.), Bd. 3, CNRS, Paris,
- Christiansen, J. & Thomsen, J. C. (1981): *Styela clava* Herdman, 1882, a species new to the Danish fauna (Tunicata, Ascidiacea). *Stenstrupia*, **7**, (1), 15-24
- Christiansen, M. E. (1969): Crustacea, Decapoda, Brachyura. Marine invertebrates of Scandinavia. Universitetsforlaget, Oslo, 143 pp.
- Christeffersen, M. L. (1980): Is *Alpheus heterochaelis* Say (Crustacea, Decapoda, Alpheidae) found along the Brazilian coasts?. *Rev. Nordestina Biol.*, **3**, (Espec.), 236-237 pp.
- Cisneros, R.; Hooker, E. & Velasquez, L. E. (1991): Natural diet of herbivorous zooplankton in Lake Xolotlan (Managua). *Limnol. Lake Xolotlan, Managua, Nicaragua*, **25**, (2), 163-167 pp.
- Ciurea, J., Monod, T. & Dinulesco, G. (1933): Présence d'un Cirripède Operculé sur un Poisson dulcaquicole européen. *Bull. Inst. Océanographique*, **615**, 1-32
- Clarke, T. & Haskins, G. (1993): Ballast water management. In: AQIS (ed.): Ballast water research series. Bd. 4, Australian Government Publishing Service, Canberra, 1-254
- Cohen, A. N. (1995): Chinese Mitten Crab in North America. *Aquatic Nuisance Special Digest*, **1**, (2), 20-21 pp.
- Cohen, A. N. & Carlton, J. T. (1995): Nonindigenous aquatic species in a United States estuary: A case study of the biological invasions of the San Francisco Bay and Delta. United States Fish and Wildlife Service, Washington D. C. and the National Sea Grant College Program, 246 pp.
- Cohen, A. N., Carlton, J. T. & Fountain, M. C. (1995): Introduction, dispersal and potential impacts of the Green Crab *Carcinus maenas* in San Francisco Bay, California. *Mar. Biol.*, **122**, 225-237
- Coleman, N. (1986): A review of introductions of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* around the world and a discussion of the possible ecological consequences of introducing the species into Victoria, Australia. *Rep. Mar. Sci. Lab. Queenscliff*, **56**,
- Coleman, N. & Hickman, N. (1986): Pacific oysters found in Victoria. *Austral. Fish.*, **6**, 8-11
- Cologer, C. P., Preiser, H. S. & Taylor, D. W. (1984): Fouling and paint behavior on naval surface ships after multiple underwater cleaning cycles. In: Costlow, J. D. & Tipper, R. C. (eds.): Marine biodeterioration: An interdisciplinary study. Naval Institute Press, Annapolis, 213-219
- Comps, M. (1976): *Marteilia lengehi* n. sp. a parasite of the oyster *Crassostrea cucullata* Bom. *Rev. Trav. Inst. Peches Marit. Nantes*, **40**, (2), 347-349 pp.
- Conover, R. J. (1956): Oceanography of Long Island Sound, 1952-1954. VI. Biology of *Acartia clausi* and *A. tonsa*. *Bull. Bingham oceanogr. Coll.*, **15**, 156-233
- Corkett, C. J. & MacLaran, I. A. (1978): The biology of *Pseudocalanus*. *Adv. mar. Biol.*, **15**, 1-231
- Cornelius, P. F. S. (1975): The hydroid species of *Obelia* (Coelenterata, Hydrozoa: Campanulariidae), with notes on the medusa stages. Bd. 28, *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Zool.*, 293 pp.
- Cornelius, P. F. S. (1982): Hydroids and medusae of the family Campanulariidae recorded from the eastern North Atlantic with a world synopsis of genera. Bd. 42, *Bull. Brit. Mus. Zool.*, 285 pp.
- Cosel, R. v., Dörjes, J. & Mühlenhardt-Siegel, U. (1982): Die amerikanische Schwertmuschel *Ensis directus* (CONRAD) in der Deutschen Bucht. I. Zoogeographie und Taxonomie im Vergleich mit den einheimischen Schwertmuschel-Arten. *Senckenbergiana marit.*, **14**, (3/4), 147-173
- Costello, M. J. (1993): Biogeography of alien amphipods occurring in Ireland, and interactions with native species. *Crustaceana*, **65**, (3), 287-299

- Costlow, J. D. & Bookhout, C. G. (1959): The larval development of *Callinectes sapidus* Rathbun reared in the laboratory. *Biol. Bull.*, **116**, 373-396
- Couper, A. (1983): *The Times Atlas of the Oceans*. Times Book Ltd, London, 272 pp.
- Couper, A. D. (1972): *The Geography of Sea Transport*. In: Ltd, Hutchinson & Co (ed.): Hutchinson University Library, London, 208 pp.
- Courtenay, W. R. (1982): Introductions - Country reviews and Lake Kinneret case. EIFAC Technical Paper, (42), 24-25
- Courtenay, W. R. (1991): A summary of fish introductions in the United States. In: DeVoe, R. (ed.): *Proceedings of the Conference & Workshop. Introductions & Transfers of Marine Species. Achieving a Balance between Economic Development and Resource Protection*. Conference Papers. Bd. Session I, S. C. Sea Grant Consortium, 9-13
- Courtenay, W. R., Hensley, D. A., Taylor, J. N. & McCann, J. A. (1984): Distribution of exotic fishes in the continental United States. In: Courtenay, W. A. & Stauffer, J. R. (eds.): *Distribution, biology and management of exotic fishes*. John Hopkins University Press, Baltimore, 41-77
- Courtenay, W. R. & Taylor, J. N. (1986): Strategies for Reducing Risks from Introductions of Aquatic Organisms: A Philosophical Perspective. *Fish.*, **11**, (2), 30-33
- Crawley, M. J. (1986): The population biology of invaders. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **314**, 711-731
- Crawley, M. J. (1989): Chance and timing in biological invasions. In: Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): *Biological invasions*. Bd. 18, John Wiley & Sons, New York, 407-423
- Crisp, D. J. (1958): The spread of *Elminius modestus* Darwin in north-west Europe. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **37**, 483-520
- Crisp, D. J. (1959): A further extension of *Elminius modestus* Darwin on the west coast of France. *Beaufortia*, **7**, (82), 37-39
- Crisp, D. J. (1962): The planktonic stages of the cirripedia *Balanus balanoides* (L.) and *Balanus balanus* (L.) from north temperate waters. *Crustaceana*, **3**, 207-221
- Crisp, D. J. (1965): The ecology of marine fouling. *Blackwell Sci. Public.*, 99-117 pp.
- Crisp, D. J. (1990): Gregariousness and systematic affinity in some North Carolinian barnacles. *Bull. Mar. Sci.*, **47**, (2), 516-525 pp.
- Crisp, D. J. & Chipperfield, P. N. J. (1948): Occurrence of *Elminius modestus* (Darwin) in British Waters. *Nature*, **161**, 64
- Crisp, D. J. & Southward, A. J. (1953): Isolation of intertidal animals by sea barriers. *Nature*, **172**, 208-209
- Crisp, D. J. & Southward, A. J. (1958): The distribution of intertidal organisms along the coast of the English Channel. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **37**, 157-208
- Dadon, J. R. (1984): Distribution and abundance of Pteropoda Thecostomata in the Southwestern Atlantic. *Physis A.*, **42**, (102), 25-38 pp.
- Dahl, E. (1958): Fresh and brackish water Amphipods from the Azores and Madeira. *Bolm Mus. Munic. do Funchal*, (27), 5-22
- Dahl, E. (1973): Ecological Range of Baltic and North Sea Species. *Oikos*, **15**, 85-90
- Dahl, F. (1888): Die Cytheriden der westlichen Ostsee. *Zool. Jb.*, **3**, 1-42
- Dahlsten, D. L. (1986): Control of invaders. In: Mooney, H. A. & Drake, J. A. (eds.): *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii*. Springer Verlag, New York, 275-302
- Dahms, H.-U. (1985): Zur Harpacticidenfauna der Jade (innerer Teil) im Tidebereich. *Drosera*, **11**, (2), 65-76
- Dai, Y. (1989): Distribution of pelagic molluscs in Western Taiwan Strait. *J. Oceanogr. Taiwan Strait, Haixia*, **8**, (1), 54-59 pp.
- Dartnall, A. J. (1969): New Zealand sea stars in Tasmania. *Pap. Proc. R. Soc. Tasmania*, **103**, 53-55
- Darwin, C. (1851): *The Lepadidae, or, Pedunculated Cirripedes. A Monograph on the Sub-Class Cirripedia, with Figures of all the Species*. Bd. 1, Ray Society, London, 400 pp.
- Darwin, C. (1854): *The Balanidae, the Verrucidae. A Monograph on the Sub-Class Cirripedia, with figures of all the species*. Bd. 2, Ray Society, London, 684 pp.
- Darwin, C. (1900): *Origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray, London, 7. Aufl., 703 pp.
- Davis, C. E. (1986): Paragonimiasis. In: Braude, A. I.; Davis, C. E. & Fierer, J. (eds.), *Infectious diseases and medical microbiology*. 877-884 pp.

- Dawson, C. E. (1973): Occurrence of an exotic Eleotrid fish in Panama with discussion of probable origin and mode of introduction. *Copeia*, 141-144
- de Groot, S. J. (1985): Introductions of non-indigenous fish species for release and culture in the Netherlands. *Aquaculture*, **46**, 237-257
- de Klemm, C. (1994): The Introduction of Exotic Species and the Law. In: Boudouresque, C. F., Briand, F. & Nolan, C. (eds.): *Introduced Species in European Coastal Waters. Report on an international Workshop*. Bd. 8, European Commission, Luxembourg, 85-92
- de la Court, F. H. (1987): The minimum leaching rate of some toxins from antifouling paints required to prevent settlement of fouling organisms. In: Houghton, D. R., Smith, R. N. & Eggins, H. O. W. (eds.): *Biodeterioration 7*. Bd. 7, Elsevier Applied Sci., London, 305-308
- de Lattin, G. (1967): *Grundriss der Zoogeographie*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 602 pp.
- Debus, L. (1995): Historic and recent distribution of *Acipenser sturio* in the North Sea and Baltic Sea. *Proc. Int. Sturgeon Symp.*, VNIRO Publ., 189-203 pp.
- Deevey, G. B. (1960): The zooplankton of the surface waters of the Delaware Bay region. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.*, **17**, (2), 5-53
- Delafontaine, M. T. & Flemming, B. W. (1989): Physical factors in barnacle community structure: a conceptual model. In: Ros, J. (ed.), *Topics in marine biology*. Bd. 53, 2-3, *Proc. 22nd Europ. Mar. Biol. Symp.*, Barcelona Spain Inst. de Ciencias del Mar, 405-410 pp.
- den Hartog, C. (1953): Immigration, dissemination and ecology of *Elminius modestus* Darwin in the North Sea, especially along the Dutch coast. *Beaufortia*, **4**, (33), 9-20
- den Hartog, C. (1956): Speculations on the immigration of the barnacle *Elminius modestus* in France. *Beaufortia*, **5**, (56), 141-142
- den Hartog, C. (1959): Die Seepocke *Elminius modestus* auf Helgoland. *Beaufortia*, **7**, (86), 207-209
- den Hartog, C. & Holthuis, L. B. (1951): De Noord-Americaanse "Blue Crab" in Nederland. *Levende Nat.*, **54**, 121-125
- Dermott, R. (1993): Fact sheet. Zebra and Quagga Mussels. Department Fish. and Oceans, 1
- Desai, K. M.; Patel, B. & Dave, H. (1983): Laboratory rearing of eggs and larvae of edible oysters of the Gulf of Kutch. *Proceedings of the symposium on coastal aquaculture, 2. molluscan culture*. Bd. 6, Marine Biological Assoc. of India, Cochin, 704 pp.
- Dhandapani, K. & Fernando, S. A. (1994): Fecundity of some sessile barnacles with emphasis on fugitive forms from Porto Novo, South India. In: Thompson, M. F.; Nagabhusanam, R.; Sarojini, R. & Fingeman, M. (eds.), *Recent Develop. Biofoul. Contr.* New Delhi, India, 133-140 pp.
- di Castri, F. (1989): History of biological invasions with special emphasis on the old world. In: Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): *Biological invasions*. Bd. 1, John Wiley & Sons, New York, 1-30
- Dijkema, R. (1992): The risk of provoking toxic dinoflagellate blooms in the Dutch coastal waters through immersion of imported bivalves, originating from red tide areas. *ICES Shellfish Committee*, **K: 48 Ref. E**, 1-9
- Dinamani, P. (1971): Occurrence of the Japanese oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg), in Northland, New Zealand. *N.Z. J. Mar. Freshw. Res.*, **5**, (2), 352-357
- Dineen, J. F. & Hines, A. H. (1992): Interactive effects of salinity and adult extract upon settlement of the estuarine barnacle *Balanus improvisus* (Darwin, 1854). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **156**, (2), 238-252 pp.
- Dineen, J. F. & Hines, A. H. (1994): Larval settlement of the polyhaline barnacle *Balanus eburneus* (Gould): The interactions and comparisons with two estuarine congeners. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **179**, (2), 223-234 pp.
- Diouf, P. S. & Diallo, A. (1990): Dominance succession of three *Acartia* species in an hyperhaline estuary: the Casamance. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, **23**, (3), 195-207 pp.
- Dobson, A. P. & May, R. M. (1986): Patterns of invasions by pathogens and parasites. In: Mooney, H. A. & Drake, J. A. (eds.): *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii*. Springer Verlag, New York, 58-78
- Dochoda, M. R. (1991): Meeting the challenge of exotics in the Great Lakes: the role of an international commission. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **48**, (1), 171-176
- Dodds, G. S. (1926): Entomostraca from the Panama Canal zone with description of one new species. *Occ. Pap. Mus Zool., Univ. Michigan*, (174), 1-26

- Doflein, F. (1902): Ostasiatische Dekapoden. Abh. K. bayerischen Akad. Wiss. II. Cl. XXI., **3**, 613-670
- Domingues Rodrigues, M. & Brossi Garcia, A. L. (1989): New records of *Pachygrapsus gracilis* (Saussure, 1858) (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) in the Brazilian littoral. Cienc. Cult. Sao Paulo, **41**, (1), 63-66 pp.
- do Nascimento, D. Aguiar (1981): Ecological survey of the Itamaraca region, Pernambuco, Brazil. XV. Copepoda from the Botafogo River estuary. Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco, **16**, 65-88 pp.
- Doolittle, A. A. (1909): New Cladocera from New England. Proc. Biol. Soc. Wash., **22**, 153-156
- Drake, J. A. (1994): Some thoughts on biological invasions: Towards a new invasion ecology. Proc. Conf. Wkshop. NOAA, 13-16
- Drebes, G. & Elbrächter, M. (1976): A Checklist of planktonic Diatoms and Dinoflagellates from Helgoland and List (Sylt), German Bight. Bot. Mar., **XIX**, 75-83 pp.
- Drobne, K. & Cimermans, F. (1977): Foraminiferan thanatocoenosis of the outer steep slope of the islands of Mali Obrucan and Borovnik (Kornates, Central Dalmatia). Rapp. P. V. Reun. Comm. Int. Explor. Sci. Mer. Mediterr. Monaco, **24**, (4), 117-118 pp.
- DuPaul, W. D. (1991): History of the proposal to introduce *Crassostrea gigas* to Chesapeake Bay. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the conference & workshop. Introductions & transfers of marine species. Achieving a balance between economic development and resource protection. Conference papers. Bd. Session V, S. C. Sea Grant Consortium, 103-105
- Eckert, K. L. & Eckert, S. A. (1987): Growth rate and reproductive condition of the barnacle *Conchoderma virgatum* on gravid leatherback sea turtles in Caribbean waters. J. Crust. Biol., **7**, (4), 682-690 pp.
- Edler, L.; Haellfors, G. & Niemi, A. (1984): A preliminary check-list of the phytoplankton of the Baltic Sea.. Acta. Bot. Fenn., **128**, 26pp.
- Edler, L., Hajdu, S. & Larsson, U. (1993): Introduction and establishment of *Prorocentrum minimum* in the Baltic Sea. Sixth Int. Conf. Toxic Mar. Phytoplankton, 66
- Edmondson, C. H. (1959): Hawaiian Grapsidae. Occ. Pap. Bernice P. Bishop Mus. Honolulu, Hawaii, **22**, (10), 153-202
- Edmondson, C. H. (1962): Teredinidae, ocean travelers. Occ. Pap. Bernice P. Bishop Mus., **23**, (3), 45-59
- Edwards, C. (1976): A study in erratic distribution: the occurrence of the medusa *Gonionemus* in relation to the distribution of oysters. Adv. mar. Biol., **14**, 251-284
- Edwards, C. A. & Skibinski, D. O. F. (1987): Genetic variation of mitochondrial DNA in mussel (*Mytilus edulis*) populations from South West England and South Wales. Mar. Biol., **94**, 547-556
- Ehrenbaum, E. & Lohmann, H. (1910): Eier und Larven von Fischen, andere Eier und Cysten. Nordisches Plankton. Zoologischer Teil. Bd. 1, Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig, 433 pp.
- Ehrlich, P. R. (1986): Which animals will invade?. In: Mooney, H. A. & Drake, J. A. (eds.): Ecology of biological invasions of North America and Hawaii. Springer Verlag, New York, 79-95
- Ehrlich, P. R. (1989): Attributes of invaders and the invading processes: Vertebrates. In: Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): Biological invasions. Bd. 13, John Wiley & Sons, New York, 315-328
- Ekman, S. (1935): Tiergeographie des Meeres. Akad. Verlagsges. Leipzig, 542 pp.
- Elton, C. S. (1958): The ecology of invasions by animals and plants. Methuen and Co Ltd, London, 181 pp.
- Emery, K. O. (1968): Ballast overboard!. Science, **162**, 308-309
- Emery, K. O. & Bryan, W. B. (1989): Ballast from H. M. S. Endeavour left at Great Barrier Reef Australia in 1770. Proc. R. Soc. Queensl., **100**, (0), 71-78
- Eno, N. C. (1994): Non-native marine species in British waters. Joint Nat. Cons. Comm., 1-32
- Eno, N. C. & Clark, R. A. (1994): A review of non-native marine species in British waters. Appendix 1: Information sheets for non-native marine species. Joint Nature Conservation Committee, 99 pp.
- Epstein, P. R. (1993): The role of algal blooms in the spread and persistence of human Cholera. Sixième Conférence Internationale sur le Phytoplancton Toxique, 69
- Eschmeyer, W. N., Herald, E. S. & Hammann, H. (1983): A field guide to Pacific coast fishes of North America from the Gulf of Alaska to Baja California. The Peterson Field Guide Series. Houghton Mifflin, Boston, 336 pp.

- Essink, K. (1985): On the occurrence of the American jack-knife Clam *Ensis directus* (Conrad, 1843) (Bivalvia, Cultellidae) in the Dutch Wadden Sea. *Basteria*, **49**, 73-79
- Essink, K. (1986): Note on the distribution of the American Jack-knife Clam *Ensis directus* (Conrad, 1843) in N.W. Europe (Bivalvia, Cultellidae). *Basteria*, **50**, (3), 33-34
- Essink, K. (1994): Foreign species in the Wadden Sea. Do they cause problems?. *Wadden Sea Newsl.*, **1**, 9-11
- Essink, K. & Kleef, H. L. (1988): *Marenzelleria viridis* (Verril, 1873) (Polycheta: Spionidae): A New Record from the Ems Estuary (The Netherlands / Federal Republic of Germany). *Zool. Bijdr.*, **38**, 3-13
- Essink, K. & Kleef, H. L. (1993): Distribution and life cycle of the North American spionid polychaeta *Marenzelleria viridis* (Verril, 1873) in the Ems estuary. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, **27**, 237-246
- Evans, L. V. (1981): Marine algae and fouling: A review, with particular reference to ship-fouling. *Bot. Mar.*, **24**, 167-171
- Farnham, W. F. (1980): Studies on aliens in the marine flora of southern England. In: Price, J. H., Irvine, D. E. G. & Farnham, W. F. (eds.): *The shore environment*. Bd. 2, Academic Press, London, 875-914
- Farnham, W. F. (1994): Introduction of marine benthic algae into Atlantic European waters. In: Boudouresque, C. F., Briand, F. & Nolan, C. (eds.): *Introduced Species in European Coastal Waters*. Report on an international Workshop. Bd. 8, European Commission, Luxembourg, 32-36
- Farran, G. P. (1929): Crustacea. Part X.- Copepoda. *Brit. Antarctic Exped. 1910. Natural History Report*, **8**, (3), 203-306
- Faubel, A. & Gollasch, S. *Cryptostylochus hullensis* n. sp. (Polycladida, Acotylea, Plathelminthes): A possible case of trans-oceanic dispersal on a ship's hull. in press.
- Faxon, W. (1893): Reports on the dredging operations off the west coast of central America to the Galapagos, to the west coast of Mexico, and in the Gulf of California, in charge of Alexander Agassiz, carried on by the U. S. Fish Commission steamer "Albatross", during 1891, Lieut. Commander Z. L. Tanner, U. S. N, commanding. VI. Preliminary descriptions of new species of Crustacea. *Bull. Mus. Comp. Zoöl.*, **24**, (7), 149-220
- Fell, H. B. (1962): West-wind-drift dispersal of Echinoderms in the southern Hemisphere. *Nature*, **193**, (4817), 759-761
- Ferrari, F. D. & Bowman, T. E. (1980): Pelagic Copepods of the Family Oithonidae (Cyclopoida) from the East Coast of Central and South America. *Smithsonian Contr. Zool.*, **312**, 1-27
- Fiedler, M. (1991): Die Bedeutung von Makrozoobenthos und Zooplankton in der Unterelbe als Fischnahrung. *Ber. Inst. Meeresk.*, Kiel, **204**, 226
- Fiedler, W. (1992): Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Westholsteinische Verlagsanstalt Boysen & Co., Heide, 208 pp.
- Fischer, E. C., Castelli, V. J., Rodgers, S. D., Bleile, H. R. & Taylor, D. W. (1984): Technology for control of marine biofouling. A review. In: Costlow, J. D., Tipper, R. C., Smith, A. P. & Kretschmer, T. R. (eds.): *Marine biodeterioration: An interdisciplinary study*. Naval Institute Press, Annapolis, 261-299
- Fleminger, A. & Hülsemann, K. (1973): Relationship of Indian Ocean epiplanktonic Calanoids to the world oceans. In: Zeitzschel, B. (ed.): *Ecological studies. Analysis and synthesis*. Bd. 3, Springer-Verlag, Berlin, 339-348
- Flemming, H. C. (1991): Biofouling in water treatment. In: Flemming, H. C. & Geesey, G. G. (eds.): *Biofouling and biocorrosion in industrial water systems*. Springer Verlag, Berlin, 47-80
- Ford, S. E. (1992): Avoiding the transmission of disease in commercial culture of Molluscs, with special reference to *Perkinsus marinus* (Dermo) and *Haplosporidium nelsoni* (MSX). *J. Shellfish Res.*, **11**, (2), 539-546
- Forsman, B. (1952): Über das Vorkommen der Gattung *Sphaeroma* in nordischen Gewässern. *Arkiv Zool.*, **4**, (7), 153-158
- Forsman, B. (1972): Evertbrater vid svenska Östersjökusten. *Zool. Revy*, **34**, 32-56
- Forti-Steves, I. R. (1985): Ocorrencia de pteropodes na plata forma continental e talude no sul do Brasil. *Acta Geol. Leopold.*, **9**, (30), 5-14
- Foster, B. A. (1978): The marine fauna of New Zealand: Barnacles (Cirripedia: Thoracica). *New Zealand Oceanogr. Inst. Mem.*, **69**, 1-160

- Foster, B. A. (1980): Shallow water Barnacles from Hong Kong. Proc. First Int. Mar. Biol. Wkshop, 207-232
- Foster, B. A. & Willan, R. C. (1979): Foreign barnacles transported to New Zealand on an oil platform. New Zealand J. Mar. & Freshwater Res., **13**, (1), 143-149
- Franchini, D. A. (1976): First report of *Dreissena polymorpha* in the fouling of the Virgilio Canal Mantua, Italy. Conchiglie, **12**, (11), 263-268
- French, J. R. P. (1990): The exotic zebra mussel. A new threat to endangered freshwater mussels. Endangered Species Tech. Bull., **15**, (11), 3-4
- Fricke, R. (1987): Deutsche Meeresfische. Bestimmungsbuch. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung (DJN), 219 pp.
- Fries, G. & Tesch, F. W. (1965): Der Einfluß des Massenvorkommens von *Gammarus tigrinus* Sexton auf Fische und niedere Tierwelt in der Weser. Arch. Fisch. Wiss., **16**, 133-150
- Froggia, C. & Manning, R. B. (1978): *Brachynotus gemmellari* (Rizza, 1839) the third Mediterranean species of the genus (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Proc. Biol. Soc. Wash., **91**, (3), 691-705 pp.
- Frost, B. W. (1989): A taxonomy of the marine Calanoid Copepod Genus *Pseudocalanus*. Can. J. Zool., **67**, (3), 525-551
- Früchtl, F. (1923): Cladocera und Copepoda der Aru-Inseln (Vorläufige Mitteilung: Artenliste und kurze Diagnosen der neuen Formen). Abh. Senckenb. Naturforsch. Ges., **35**, (4), 449-457
- Fukuyo, Y., Ikegami, T. & Murase, T. (1995): Unwanted aquatic organisms in ballast tank. Report of the ballast water by treatment using main engine water cooling circuit and findings of the on-board research. ICES Annual Sci. Conf., Aalborg O:12, 1-12
- Fuste, X. (1989): Distribution of decapod crustacean larvae in the bays of the Ebro Delta. Sci. Mar. Barc., **53**, (4), 763-770 pp.
- Gabel, B. (1971): Die Foraminifera der Nordsee. Helgoländer wiss. Meeresunters., **22**, 1-65
- Gaffney, P. M. & Allen, S. K. (1992): Genetic aspects of introduction and transfer of molluscs. J. Shellfish Res., **11**, (2), 535-538
- Gaines, G. (1989): *Gymnodinium catenatum*: A recently discovered cause of paralytic shellfish poisoning. J. Shellfish Res., **8**, (2), 440-441
- Galil, B. S. (1994): Lessepsian migration - Biological invasion of the Mediterranean. In: Boudouresque, C. F., Briand, F. & Nolan, C. (eds.): Introduced species in European Coastal waters. Report on an international workshop. Bd. 8, European Commission, Luxembourg, 63-66
- Galtsoff, P. S. (1964): The American Oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). US. Bur. Fish. Bull., **64**, 1-480
- Gardner, G. A. & Szabo, I. (1982): British Columbia pelagic marine Copepoda: An identification manual and annotated bibliography. Can. spec. Publ. Fish. Aquatic Sci., 536 pp.
- Garth, J. S. (1961): Eastern Pacific expeditions of the New York Zoological Society. XLV. Non-intertidal brachygnathous crabs from the west coast of tropical America. Part 2: Brachygnatha Brachyrhyncha. Zoologica, **46**, (3), 133-159
- Garth, J. S. & Haig, J. (1956): Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-1949, 25. On a small collection of crabs from the northwest coast of South America. Lunds Univ. Arsskrift, **52**, (3), 1-10
- Garth, J. S. & Stephenson, W. (1966): Brachyura of the Pacific coast of America Brachyrhyncha: Portunidae. Allan Hancock Monographs Mar. Biol., (1), 1-154
- Gasiunas, I. (1964): The acclimatization of forage crustaceans into reservoir of the Kaunas waterpower plant and the possibility of their migration into other waters of Lithuania. Proc. Acad. Sci. Lithuania, **30**, (1)
- Gaudy, R. (1961): Note sur les Stades Larvaires de *Temora stylifera* DANA. Rec. Trav. St. Mar. End. Bull., **22**, (36), 115-122
- Gauld, D. T. (1959): Swimming and feeding in crustacean larvae: the nauplius larva. Proc. zool. Soc., London, **132**, 31-50
- Gauthier, D. & Steel, D. A. (1995): A synopsis of the Canadian situation regarding ship-transported ballast water. Bd. O:5, ICES Annual Science Conference, Aalborg, 10 pp.
- George, C. J. & Athanassiou, V. (1965): The occurrence of the American Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in the coastal waters of Lebanon. Doriana, **4**, (160), 1-3

- George, J. D. & Hartmann-Schröder, G. (1985): Polychaetes: British Amphinomida, Spintherida and Eunicida. In: Kermack, D. M. & Barnes, R. S. K. (eds.): Synopses of the British Fauna (New Series). Bd. 32, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association, London, 221 pp.
- Gerchakov, S. M. & Udey, L. R. (1981): Microfouling and corrosion. In: Costlow, J. D. & Tipper, R. C. (eds.): Marine biodeterioration: An interdisciplinary study. Naval Institute Press, Annapolis, 82-87
- Gerlach, S. A. (1977): Means of meiofauna dispersal. Mikrofauna Meeresboden, **61**, 89-103
- Ghobashy, A. F. A. & El Komy, M. M. (1980): Fouling in Lake Timsah (Egypt). Hydrobiol. Bull., **14**, (3), 169-178 pp.
- Giere, O. (1968): Die Fluktuation des marinen Zooplanktons im Elbe-Aestuar. Arch. Hydrobiol. Suppl., **31**, 379-546
- Gillandt, L. (1979): Zur Ökologie der Polychaeten des Helgoländer Felslitorals. Helgoländer wiss. Meeresunters., **32**, 1-35
- Glasgow, H. B. J. & Burkholder, J. A. M. (1993): Comparative saprotrophy by flagellated and amoeboid stages of an ichthyotoxic estuarine Dinoflagellate. Sixth Int. Conf. Toxic Mar. Phytoplankton, 87 p.
- Glöer, P., Meier-Brook, C. & Ostermann, O. (1986): Süßwassermollusken. Ein Bestimmungsschlüssel für die Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Jugendbund für Naturschutz (DJN), 6.Aufl., 86 pp.
- Glynn, P. W. (1982): Coral communities and their modifications relative to past and prospective Central American seaways. Adv. mar. Biol., **19**, 91-132
- Gollamudi, H. & Randall, A. (1995): Policy incentives to prevent the introduction of non-indigenous species via shipping. Bd. O:17, ICES Annual Science Conference, Aalborg, 11 pp.
- Gollasch, S. & Riemann-Zürneck, K. (1996): Transoceanic dispersal of benthic macrofauna: *Haliplanella luciae* (Verrill, 1898) (Anthozoa, Actinaria) found on a ship's hull in a shipyard dock in Hamburg Harbour, Germany. Helgoländer Meeresunters., **50**, (2), 253-258
- Gollasch, S. & Zander, C. D. (1995): Population dynamics and parasitism of planktonic and epibenthic crustaceans in the Baltic Schlei fjord. Helgoländer Meeresunters., **49**, 759-770
- González, J. G. & Bowman, T. E. (1965): Planktonic Copepods from Bahía Fosforescente, Puerto Rico, and adjacent waters. Proc. U.S. Nat. Mus., **117**, (3513), 241-303
- Gosling, E. M. & Wilkins, N. P. (1981): Ecological genetics of the mussels *Mytilus edulis* and *M. galloprovincialis* on Irish coasts. Mar. Ecol. Prog. Ser., **4**, (2), 221-227
- Gosselck, F. (1985): Untersuchungen am Makrozoobenthos des Arkonabeckens (südliche Ostsee). Fisch.-Forsch., **23**, (4), 28-32
- Götting, K.-J. (1974): Malakozoologie. Grundriß der Weichtierkunde. Gustaf Fischer, Stuttgart, 320 pp.
- Graefe, G. (1968): *Elminius kingii* (Cirripedia; Balanidae) en las aguas temporariamente salobres del curso inferior del Rio Lapataia, Tierra del Fuego. Neotropica, **14**, (43), 35-37
- Graham, A. (1971): British Prosobranchs. In: Kermack, D. M. (ed.): Synopses of the British Fauna (New Series). Bd. 2, Academic Press, London, 112 pp.
- Grassé, P.-P. (1968): Anatomie, Systématique et Biologie. V. Mollusques, Gastéropodes et Scaphopodes. Traité de Zoologie. Paul Lechevalier, Paris, 1083 pp.
- Greve, W. (1994): The 1989 German Bight invasion of *Muggiaea atlantica*. ICES J. Mar. Sci., **51**, 355-358
- Grice, G. D. (1962): Calanoid copepods from equatorial waters of the Pacific ocean. Fish. Bull., **61**, (186), 172-246
- Griffiths, C. (1976): Guide to the benthic marine amphipods of southern Africa. Rustica Press (PTY.) LTD., Wynberg, 1-106
- Griffiths, R. W., Schlosser, D. W., Leach, J. H. & Kovolak, W. P. (1991): Distribution and dispersal of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Great Lakes region. Can. Fish. Aquat. Sci., **48**, (8), 1381-1388
- Grimm, R. (1968): Biologie der gestauten Elbe. Die Auswirkungen der Staustufe Geesthacht auf die benthale Fauna im oberen Grenzbereich des Elbe-Aestuars. Arch. Hydrobiol. Suppl., **31**, 281-378
- Grizel, H. (1985): *Mytilicola orientalis* Mori, Parasitism. Parasitose a *Mytilicola orientalis* Mori. Fiches d'identification des Maladies et Parasites des Poissons, Crustaces et Mollusques, **20**, 1-4

- Grizel, H. & Héral, M. (1991): Introduction into France of the Japanese Oyster (*Crassostrea gigas*). J. Cons. Int. Explor. Mer, **47**,
- Grobecker, K. (1988): 800 Jahre Hafen Hamburg: das offizielle Jubiläumsbuch. In: Rahlfs, W. & Otto, M. (eds.): Christians, Hamburg,
- Groom, T. T. (1894): The early development of Cirripedia. Phil. Trans. R. Soc. London, **185**, 119-232
- Grosholz, E. D. & Ruiz, G. (1995 a): Predicting the impact of introduced marine species: lessons from the multiple invasions of the European Green Crab. Biol. Conserv., 23
- Grosholz, E. D. & Ruiz, G. (1995 b): Spread and potential impact of the recently introduced European Green Crab, *Carcinus maenas*, in central California. Mar. Biol., **122**, 239-247
- Gruet, Y., Héral, M. & Robert, J.-M. (1976): Premières observations sur l'introduction de la Faune associée au naissain d'huitres japonaises *Crassostrea gigas* (Thunberg), importé sur la côte atlantique française. Cah. Biol. Mar., **17**, 173-184
- Gruner, H.-E. (1965): V. Isopoda. In: Dahl, M. & Peus, F. (eds.): Die Tierwelt Deutschlands und angrenzender Meeressteile. Bd. 51, Gustav Fischer Verlag, Jena, 380 pp.
- Gruner, H.-E., Moritz, M. & Dunger, W. (1993): Wirbellose Tiere. In: Gruner, H.-E. (ed.): 4. Teil: Arthropoda (ohne Insecta). Bd. 1, Gustav Fischer, 4.Aufl., 1279 pp.
- Guglielmo, L. (1983): Bio-Mel Eastern Canadian Arctic cruise (Summer 1980). Methodology and zooplankton preliminary observations. In: Frache, R. & de Strobel, F. (eds.), Proc. 4th Congr. Ital. Assoc. Oceanol. Limnol. Chiavari, Italy, 50.1-50.13 pp.
- Guiry, G. M. & Guiry, M. D. (1973): Spread of an introduced ascidian to Ireland. Mar. Poll. Bull., **4**, 127
- Haase, V. A. (1993): Untersuchungen des Makrozoobenthos in Salzwiesengruppen und -schlenken an der Schleswig-Holsteinischen Wattenmeerküste. Faun. Ökol. Mitt., **6**, (9-10), 347-367
- Habe, T. (1968): Shells of the Western Pacific in Color. Bd. 2, Hoikusha Publishing Co., LTD., 2.Aufl., 231 pp.
- Hackney, C. R., Kilgen, M. B. & Kator, H. (1992): Public health aspects of transferring Molluscs. J. Shellfish Res., **11**, (2), 521-533
- Haeckel, E. (1911): Natürliche Schöpfungs-Geschichte. Georg Reimer, Berlin, 11.Aufl., 832 pp.
- Haigler, S. A. (1969): Boring mechanism of *Polydora websteri* inhabiting *Crassostrea virginica*. Am. Zoologist., **9**, 821-828
- Hallegraeff, G. M. (1992): Harmful algal blooms in the Australian region. Mar. Pollution Bull., **25**, (5), 186-190 pp.
- Hallegraeff, G. M. (1993 a): A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. Phycologia, **32**, (2), 79-99
- Hallegraeff, G. M. (1993 b): Human activities and the apparent global increase of harmful algal blooms. Sixth Int. Conf. Toxic Mar. Phytoplankton, 92
- Hallegraeff, G. M. (1995): Transport of toxic Dinoflagellates via ship's ballast water: An interim review. Bd. O:15, ICES Annual Science Conference, Aalborg, 11 pp.
- Hallegraeff, G. M. & Bolch, C. J. (1991): Transport of toxic Dinoflagellate cysts via ship's ballast water. Mar. Poll. Bull., **22**, (1), 27-30
- Hallegraeff, G. M. & Bolch, C. J. (1992): Transport of diatom and dinoflagellate resting spores in ships' ballast water: implications for plankton biogeography and aquaculture. J. Plankton Res., **14**, (8), 1067-1084
- Hallegraeff, G. M.; Bolch, C. J.; Bryan, J. & Koerbin, B. (1990): Microalgal spores in ship's ballast water: a danger for aquaculture. Toxic marine phytoplankton. Proc. Fourth. Int. Conf. Toxic Marine Phytoplankton, Lund, 475-480 pp.
- Hallegraeff, G. M., Bolch, C. J., Koerbin, B. & Bryan, J. (1988): Ballast water a danger to aquaculture. Aust. Fish., **47**, 32-34
- Hallegraeff, G. M.; Steffensen, D. A. & Wetherbee, R. (1988): Three estuarine Australian dinoflagellates that can produce paralytic shellfish toxins. J. Plankt. Res., **10**, (3), 533-541 pp.
- Hamilton, D. J., Ankney, C. D. & Bailey, R. C. (1994): Predation of Zebra Mussels by diving ducks: An exposure study. Ecology, **75**, (2), 521-531
- Han, M. S.; Kim, S. W. & Kim, Y. O. (1991): Influence of discontinuous layer on plankton community structure and distribution in Masan Bay, Korea. Bull. Korean Fish. Soc., **24**, (6), 459-471 pp.
- Hand (1955): Sea anemones of central California. Wasmann J. Zool., **13**, 210-223
- Hanna, G. D. (1939): Exotic mollusca in California. Bull. Dept. Agric. State Calif., **28**, (5), 298-321

- Hanna, G. D. (1966): Introduced mollusks of western North America. Occ. Pap. Calif. Acad. Sci., (48), 1-108
- Harbison, G. R. (1993): The invasion of the Black Sea and the Mediterranean by the American Comb Jelly *Mnemiopsis*. NEMO Workshop, Seattle, USA, 3
- Harbison, G. R. (1994): The Ctenophore, *Mnemiopsis leidyi*, in the Black Sea: A holoplanktonic organism transported in the ballast water of ships. Proc. Conf. Wkshop. NOAA, 25-36
- Harbison, G. R. & Volovik, S. P. (1994): The Ctenophore, *Mnemiopsis leidyi*, in the Black sea: A Holoplanktonic Organism Transported in the Ballast Water of Ships. Proc. Conf. Wkshop NEMO,
- Hardy, F. G. (1981): Fouling on the North Sea platforms. Bot. Mar., **24**, 173-176
- Harms, J. (1993): Check list of species (algae, invertebrates and vertebrates) found in the vicinity of the island of Helgoland (North Sea, German Bight) - a review of recent records. Helgoländer Meeresunters., **47**, 1-34
- Harms, J. & Anger, K. (1983): Seasonal, annual, and spatial variation in the development of hard bottom communities. Helgol. Meeresunters., **36**, 137-150
- Hartman, O. (1952): Fouling Serpulid worms, new to the Gulf of Mexico. Tex. J. Sci., **1**, (3), 63-64
- Hartmann, G. (1994): Zum Fund von *Herterocypridies sorbyana* (Jones, 1856) in der Antarktis (Ein Beispiel bipolarer Verbreitung auf Spezies-Niveau). Mitt. hamb. zool. Mus. Inst., **91**, 89-90
- Hauer, J. (1950): Der nordamerikanische Strudelwurm *Euplanaria tigrina* (Girard) am Oberrhein. Beiträge naturk. Forsch. SW.-Deutschlands, **9**, (1), 70-75
- Hauser, B. & Michaelis, H. Die Makrofauna der Watten, Strände, Riffe und Wracks um den hohen Knechtsand in der Wesermündung. 85-119
- Havens, K. E. (1991): Zooplankton dynamics in a freshwater estuary. Arch. Hydrobiol., **123**, (1), 69-97 pp.
- Hayashi, I. & Imajima, M. (1986): Investigation on the fouling organisms regarding six bottom anti-fouling paints (part 2). Bull. Natl. Res. Inst. Fish. Eng. Japan Suikoken Hokoku, **7**, 97-108 pp.
- Hayden, B. (1995): A New Zealand perspective on ballast water. Bd. O:16, ICES Annual Science Conference, Aalborg, 8 pp.
- Hayes, K. (1995): Ecological risk assessment for ballast water introductions. Bd. O:3, ICES Annual Science Conference, Aalborg, 20 pp.
- Hayward, P. J. (1985): Ctenostome Bryozoans. In: Kermack, D. M. & Barnes, R. S. K. (eds.): Synopses of the British Fauna (New Series). Bd. 33, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association, London, 169 pp.
- Hayward, P. J. & Ryland, J. S. (1985): Cyclostome Bryozoans. In: Kermack, D. M. & Barnes, R. S. K. (eds.): Synopses of the British Fauna (New Series). Bd. 34, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association, London, 147 pp.
- Hayward, P. J. & Ryland, J. S. (1990): The marine fauna of the British Isles and North-West Europe. Introduction and protozoans to arthropods. Bd. 1, Clarendon Press, Oxford, 968 pp.
- Heaf, N. J. (1981): The effect of marine growth on the performance of fixed offshore platforms in the North Sea. Marine fouling of offshore structures, **1**, (2),
- Hebert, P. D. N., Muncaster, B. W. & Mackie, G. L. (1989): Ecological and genetic studies on *Dreissena polymorpha* (Pallas): a new mollusc in the Great Lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **46**, 1587-1591
- Hedgpeth, J. W. (1980): The problem of introduced species in management and mitigation. Helgoländer Meeresunters., **33**, 662-673
- Hedgpeth, J. W. (1993): Foreign invaders. Science, **261**, (6), 34-35
- Hedgpeth, J. W. (1994): Nonanthropogenic dispersals and colonization in the sea. Proc. Conf. Wkshop. NOAA, 45-62
- Helland, R. (1990): Preventing introductions of species into the Great Lakes via shipping. EPA Workshop on Zebra Mussels and other Introduced Aquatic Nuisance Species, Saginaw Valley State University, USA, 1-4
- Hempel, G. & Nellen, W. (1974): Fische der Ostsee. Meereskunde der Ostsee. Bd. 18, Springer Verlag, Berlin, 215-232
- Henderson, P. A. (1990): Freshwater Ostracodes. Keys and notes for the identification of the species. In: Kermack, D. M. & Barnes, R. S. K. (eds.): Synopses of the British Fauna. Bd. 42, Academic Press, London, 228 pp.

- Hendey, N. I. (1964): An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. In: Agriculture, Ministry of; Fisheries & Food (eds.), *Fishery Investigations Series IV*. Bd. 5, Her Majesty's Stationery Office, London,
- Hendrickx, M. E. & Sanchez Osuna, L. (1983): Survey of the marine and coastal fauna of South Sinaloa, Mexico. V. Planktonic crustaceans of the El Verde coastal lagoon. *Rev. Biol. Trop.*, **31**, (2), 283-290 pp.
- Hengeveld, R. (1989): Dynamics of biological invasions. Chapman and Hall, London New York, 160 pp.
- Henry, D. P. (1940): Notes on some pedunculate barnacles from the north Pacific. *Proc. U. S. Natn Mus.*, **88**, (3081), 225-236
- Henry, D. P. & McLaughlin, P. A. (1975): The Barnacles of the *Balanus amphitrite* Complex (Cirripedia, Thoracica). In: Leiden, Rijksmuseum van Natuurlijke Historie te (ed.): *Zoologische Verhandelingen*. Bd. 141, Rijksmuseum van Natuurlijke Historie / Leiden, 1-254
- Hentschel, E. (1923): Der Bewuchs an Seeschiffen. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, **11**, 238-264
- Hentschel, E. (1925): Das Werden und Vergehen des Bewuchses an Schiffen. *Mitt. Zool. Staatsinst. Zool. Mus. Hamb.*, **41**, 1-51
- Herhaus, K. F. (1978): Die ersten Nachweise von *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939, und *Chaetogammarus ischnus* (STEBBING, 1906) (Crustacea, Amphipoda, Gammaridae) im Einzugsgebiet der Ems und ihre verbreitungsge-schichtliche Einordnung. *Natur Heimat*, **38**, 71-77
- Hernández, A. C. & Morales, E. S. (1994): Copépodos Pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe. I. Biología y Sistemática. In: CIQRO (ed.): *CIQRO*, Chetumal, 248-260
- Heron, G. A. (1964): Seven species of *Eurytemora* (Copepoda) from northwestern North America. *Crustaceana*, **7**, 199-211
- Hertz, J. & Hertz, C. M. (1992): Unusual finds at Mission Bay, San Diego. *Festivus*, **24**, (6), 61-62
- Heuss, K. (1986): Erstfunde des Flohkrebsses *Gammarus tigrinus* Sexton (Crust., Amph.) in Mittelfranken. *Natur & Mensch*, 95-96
- Hildebrand, S. F. (1939): The Panama Canal as a passageway for fishes, with lists, and remarks on fishes and invertebrates observed. *Zoologica, N.Y.*, **24**, 15-45
- Hillbricht-Ilkowska, A. & Stanczykowska, A. (1969): The Production and Standing Crop of Planktonic Larvae of *Dreissena polymorpha* Pall. in two Mazurian Lakes. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **16**, (29), 193-203
- Hinrichs & Grell, K. G. (1937): Entwicklungsstadien von *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards im Helgoländer Plankton. *Zool. Anz.*, **119**, (7/8), 217-221
- Hirakawa, K. (1988): New records of the North Pacific coastal planktonic Copepods, *Acartia omorii* (Acartiidae) and *Oithona davisae* (Oithonidae) from Southern Chile. *Bull. Mar. Sci.*, **42**, (2), 337-339
- Hiro, F. (1931): Notes on the New Cirripedia from Japan. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ.*, **7**, (2), 143-158
- Hiro, F. (1938): On the Japanese forms of *Balanus amphitrite* Pall. *Zool. Mag.*, **50**, (6), 299-313
- Hiro, F. (1939 a): Studies on the Cirripedian fauna of Japan III. Supplementary Notes on the Cirripeds found in the vicinity of Seto. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ.*, **15**, (2), 237-244
- Hiro, F. (1939 b): Studies on the Cirripedian Fauna of Japan IV. Cirripeds of Formosa (Taiwan), with some geographical and ecological remarks on the littoral forms. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ.*, **15**, (2), 245-284
- Hobbs, R. J. (1989): The nature and effects of disturbance relative to invasions. In: Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): *Biological invasions*. Bd. 17, John Wiley & Sons, New York, 389-405
- Hoese, D. F. (1973): The introduction of the gobiid fishes *Acanthogobius flavimanus* and *Tridentiger trigonocephalus* into Australia. *Koolewong*, **2**, (3), 3-5
- Hofker, J. (1942): Foraminifera. In: Jensen, A. S., Lundbeck, W., Mortensen, T. & Spärck, R. (eds.): *The Zoology of the Faroes*. Bd. 1, 2, Andr. Fred. Host & Son, Copenhagen, 1-21
- Holdgate, M. W. (1986): Summary and conclusions: characteristics and consequences of biological invasions. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **314**, 733-742
- Holdich, D. M. (1992): Crayfish nomenclature and terminology: Recommendations for uniformity. *Finnish Fish. Res.*, **14**, 149-155

- Holmes, N. (1976): Occurrence of the ascidian *Styela clava* Herdman in Hobsons Bay, Victoria: a new record for the southern hemisphere. Proc. R. Soc. Vict., **88**, 115-116
- Holmes, J. M. C. & Minchin, D. (1995): Two exotic copepods imported into Ireland with the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg). Ir. Nat. J., **25**, 17-20 pp.
- Holthuis, L. B. (1961): Report on a collection of Crustacea, Decapoda and Stomatopoda from Turkey and the Balkans. Zool. Verhandlungen (Leiden), **47**, 1-67
- Holthuis, L. B. (1969): Enkelen interessante Nederlandse Crustacea. Bijdragen Faunistiek Nederland, **1**, 34-48
- Holthuis, L. B. & Gottlieb, E. (1955): The occurrence of the American Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in Israel waters. Bull. Res. Council Israel, **5b**, (2), 154-156
- Holthuis, L. B. & Heerebout, G. R. (1972): Vondsten van de zepok *Balanus tintinnabulum* (Linnaeus, 1758) in Nederland. Bijdragen Faunistiek Nederland, **2**, 24-31
- Hophius, G. J. (1990): The zebra mussel *Dreissena polymorpha*: A photographic guide to the identification of microscopic veligers. Queens Printer for Ontario, Ontario Ministry of the Environment,
- Hori, J. (1933): On the development of the olympia oyster *Ostrea lurida* transplanted from the United States to Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **1**, (6), 269-276
- Houghton, R. A. & Woodwell, G. M. (1989): Globale Veränderung des Klimas. Spektrum der Wiss., (6), 106-114
- Houghton, R. H. & Millar, R. H. (1960): Spread of the Ascidian *Styela mammiculata* Carlisle. Nature, **185**, 862
- Howard, A. E. (1994): The possibility of long distance transmission of *Bonamia* by fouling on boat hulls. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol., **14**, (6), 211-212
- Howarth, R. S. (1981): The presence and implication of foreign organisms in ship ballast waters discharged into the Great Lakes. In: Casson, D. M., Burt, A. J., Joyner, A. J. & Heinermann, P. (eds.): (Bio-Environmental Services LTD.) The Water Pollution Control Directorate Environmental Protection Service Environment Canada, Georgetown, 97 pp.
- Hu, Y.-P., Fuller, S. C., Castagna, M., Vrijenhoek, R. C. & Lutz, R. A. (1993): Shell morphology and identification of early life history stages of congeneric species of *Crassostrea* and *Ostrea*. J. Mar. Biol. Ass. U.K., **73**, 471-496
- Huang, J.; Zhu, C. & Li, S. (1993): Distribution of planktonic Mollusca in Minnan-Taiwan shoal fishing ground. J. Oceanogr. Taiwan Strait, Haixia, **12**, (2), 164-170 pp.
- Huang, X.; Ni, W.; Lu, H. & Cui, K. (1979): A study on the interrelation between service condition of ships and fouling organisms. Oceanol. Limnol. Sin., **10**, (1), 89 p.
- Huang, Z.; Li, C.; Zhang, L. & Li, F. (1979): Studies on the ecology of fouling and boring organisms in Zhoushan waters, China. Acta Oceanol. Sin., **1**, (2), 299-310 pp.
- Huang, Z.; Li, C.; Zhang, L.; Li, F. & Zheng, C. (1981): On the marine fouling and boring organisms of Zhejiang Southern Coast. I. notes on the fouling organisms of Wenzhou harbour. Acta Oceanol. Sin., **3**, (4), 634-638 pp.
- Huang, Z.; Li, C.; Zhang, L. & Zhuang, S. (1988): Fouling organism on vessels and ocean installations in waters from the Hainan Island to the Xisha Islands, China. Proceedings of the third Chinese oceanological and limnological science conference. Chines Soc. of Oceanology and Limnology, Beijing China, 267-272 pp.
- Huang, Z. G.; Cai, R. X.; X Jiang, J.; Cai, E. X. & Wu, Q. Q. (1982): Biofouling on the buoys off the Qiongzhou Channel and Leizhou Peninsula Coast, South China Sea. Oceanol. Limnol. Sin., **13**, (3), 259-266 pp.
- Huang, Z. G. & Morton, B. S. (1983): *Mytilopsis sallei* (Bivalvia: Dreissenoidea) established in Victoria Harbour, Hong Kong. Brief Commun., 99
- Hubbs, C. L. (1927): The Suez Canal as a means in the dispersal of marine fishes. Copeia, **162**, 94
- Hudson, E. B. & Hill, B. J. (1991): Impact and spread of bonamiasis in the UK. Aquaculture, **93**, 279-185
- Hughes, R. G.; Johnson, S. & Smith, I. D. (1991): The growth patterns of some hydroids that are obligate epiphytes of seagrass leaves. Hydrobiologia, 216-217 pp.
- Hülsemann, K. (1991): The copepodid stages of *Drepanopus forcipatus* Giesbrecht, with notes on the genus and a comparison with other members of the family Clausocalanidae (Copepoda Calanoida). Helgoländer Meeresunters., **45**, 199-224

- Hustedt, F. (1962): Die Kieselalgen. In: Rabenhorst, L. (ed.), Dr. L. Rabenhorsts Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Bd. 7, Johnson Reprint Corporation, New York,
- Hutchings, P. (1992): Ballast water introductions of exotic marine organisms into Australia. Current status and management options. *Mar. Poll. Bull.*, **25**, (5-8), 196-199
- Hutchings, P., Van der Velde, J. & Keable, S. (1986): Colonisation of NSW by foreign marine species. *Austral. Fish.*, **45**, 40-42
- Hutchings, P. A., Van der Velde, J. T. & Keable, S. J. (1987): Guidelines for the conduct of surveys for detecting introductions of non-indigenous marine species by ballast water and other vectors - and a review of marine introductions to Australia. *Occ. Rep. Aust. Mus.*, **3**, 147
- Hynes, H. B. N. (1955): Biogeography and paleolimnology. Distribution of some freshwater Amphipoda in Britain. *Verh. Int. Verein. theor. angew. Limnologie*, **12**, 620-628
- Ibrahim, J. M. (1989): Teredinidae, shipworms. In: Shepherd, S. A. & Thomas, I. M. (eds.): Marine invertebrates of Southern Australia. Bd. 2, South Australian Government Printing Division, Adelaide, 900 pp.
- Ichiki, M., Suzumiya, H., Hayakawa, K., Imai, J. I. & Nawa, Y. (1989): Two cases of *Paragonimiasis westermani* with pleural effusion in young girls living in the southern part of Miyazaki Prefecture, Japan. *Jap. J. Parasitol.*, **38**, (6), 392-395
- Il, I. N.; Kuznetsova, I. A. & Yegorikhin, V. D. (1980): Hydrologic Causation of the fouling of moorings of an oceanographic study area in the Equatorial Atlantic. *Oceanol. Acad. Sci. USSR*, **20**, (4), 453-456 pp.
- IMO (1993): Marine environment protection committee, 34th Session (London 5-9 July 1993). Report by Australia. International survey of IMO members states relating to ships ballast water. AQIS, 1-45
- IMO (1995): Unwanted aquatic organisms in ballast water. Proposed draft regulations for the control and management of ships'ballast water to minimize the transfer of harmful aquatic organisms and pathogens. MEPC, 1-9
- Ingle (1986): The Chinese Mitten Crab *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards - a contentious immigrant. *The Lond. Naturalist*, **65**, 101-105 pp.
- Ingram, W. M. (1952): Thousands of living European snails sold as fish bait in state of Ohio. *The Nautilus*, **66**, (1), 26-29
- Ischreyt, G. (1935): Ein Beitrag zur Morphologie von Podon und Evadne. *Arch. Hydrobiol.*, **XXVIII**, 318-322
- Ito, K. (1989): Distribution of molluscan shells in the coastal areas of Chuetsu, Kaetsu and Sado Island, Niigata Prefecture, Japan. *Bull. Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab. Nissuiken Hokoku.*, **39**, 37-133
- Jackson, L. F. (1993): Harmful marine organisms in ballast water: Possible implications for South Africa. *Sea Fish. Res. Inst.*,
- Jaeckel, S. (1951): Die Mollusken der Schlei. *Arch. Hydrobiol.*, **44**, 214-270
- Jaeckel, S. (1952): Zur Oekologie der Molluskenfauna in der westlichen Ostsee. *Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst.*, **26**, 18-50
- Jagnow, H. & Gosselk, F. (1987): Gehäuseschnecken und Muscheln der Ostsee; Hydrobiidae. *Mitt. Zool. Mus. Berl.*, **63**, (2), 211-217
- Janke, K. (1986): Die Makrofauna und ihre Verteilung im Nordost-Felswatt von Helgoland. *Helgoländer Meeresunters.*, **40**, 1-55
- Janke, K. (1992): Helgoland: Fauna des Felswatts. In: Emschermann, P., Hoffrichter, O., Körner, H. & Zissler, D. (eds.): *Meeresbiologische Exkursion*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 26-33
- Jansson, K. (1994): Unwanted aquatic organisms in ballastwater. MEPC, **36**, (INF.20), 1-68
- Jarvekulg, A. A. (1984): The ecology of bivalves in the eastern part of the Baltic Sea. *Malacological Rev.*, **17**, 136-137
- Jazdzewski, K. (1980): Range extension of some Gammaridean species in European inland waters caused by human activity. *Crustaceana*, **6**, 84-107
- Jensen, K. T. (1992): Macrozoobenthos on an intertidal mudflat in the Danish Wadden Sea: comparison of surveys made in the 1930s, 1940s and 1980s. *Helgoländer Meeresunters.*, **46**, 363-376
- Jespersen, P., Russell, F. S., Thorson, G. & Fraser, J. H. (1955): Index des Fiches d'Identification du Zooplancton. *Cons. Int. pour L'Explor. Mer*, **1**, (1-62), 1-8

- Johnstone, I. M., Coffey, B. T. & Howard-Williams, C. (1985): The role of recreational boat traffic in interlake dispersal of macrophytes: A New Zealand case study. *J. Environ. Manage.*, **20**, (3), 263-279
- Jones, D. S. (1992): A review of Australian fouling Barnacles. *Asian Mar. Biol.*, **9**, 89-100
- Jones, D. S., Anderson, J. T. & Anderson, D. T. (1990): Checklist of the Australian Cirripedia. *Tec. Rep. Aust. Mus.*, (3), 1-38
- Jones, M. L. (1961): A quantitative evaluation of the benthic fauna of Point Richmond, California. In: Benson, S. B., Marler, P. R., Miller, M. A. & Pitelka, F. A. (eds.): University of California publications in zoology. Bd. 67, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 219-320
- Jones, M. L. & Dawson, C. E. (1973): Salinity-temperature profiles in the Panama Canal locks. *Mar. Biol.*, **21**, 86-90
- Jones, M. M. (1991 a): Marine organisms transported in ballast water. A review of the Australian scientific position. *Bull. Bureau Rural Resour.*, Dept. Primary Indust. Energy, Australia, Canberra, (11), 1-48
- Jones, M. M. (1991 b): Discharged Ballast Introduces Unwanted Organisms to Australian Waters. *Australian Fisheries*, **50**, (8),
- Jones, M. M. & Caughley, J. (1992): Ballast water. Ships are bringing harmful organisms into Australian waters - what can be done?. *Australian Quarantine Inspection Service (AQIS)*, 1-15
- Jones, N. S. (1976): British Cumaceans. In: London, Linnean Society of (ed.): *Synopsis of the British Fauna*. Bd. 7, Academic Press, New York, 62 pp.
- Jones, P. D. & Wigley, T. M. L. (1990): Die Erwärmung der Erde seit 1850. *Spektrum der Wiss.*, (10), 108-116
- Jordan, R. A. & Sutton, C. E. (1984): Oligohaline benthic invertebrate communities at two Chesapeake Bay power plants. *Estuaries*, **7**, (3), 192-212
- Jormalainen, V., Honkanen, T., Vuorisalo, T. & Laihonen, P. (1994): Growth and reproduction of an estuarine population of the colonial hydroid *Cordylophora caspia* (Pallas) in the northern Baltic Sea. *Helgoländer Meeresunters.*, **48**, (4), 407-418
- Joubert, L. S. (1965): A preliminary report on the Penaeid prawns of Durban Bay. *Invest. Rep. Oceanogr. Res. Inst. Durban*, **11**, 1-32
- Jungbluth, J. H. (1995): Einwanderer in die Molluskenfauna von Deutschland. *Akad. Natur- u. Umweltschutz, Baden-Württemberg*, 2 pp.
- Kabler, L. V. (1996): Ballast water invaders: Breaches in the bulwark. Bd. 1, *Aquatic Nuisance Species Digest*, 1, 34-35
- Kamita, T. (1938): Some observations of *Eriocheir leptognathus* Rathbun in Corea. *Zool. Mag.*, **50**, (8), 382-390
- Kang, Y. S. & Lee, S. S. (1990): Taxonomic re-examination and distribution of copepods known as *Acartia clausi* in the coastal waters of Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **23**, (5), 378-384 pp.
- Kändler, R. (1926): Muschellarven aus dem Helgoländer Plankton. Bestimmung ihrer Artzugehörigkeit durch Aufzucht. *Helgoländer Wiss. Meeresunters.*, **16**, (5), 1-9
- Kaneva-Abadjieva, V. & Marinov, T. (1965): Fouling organisms along the Bulgarian Black Sea coast. *Proc. Res. Inst. Fish. Oceanogr. Varna*, **6**, 144
- Katona, S. K. (1970): The developmental stages of *Eurytemora affinis* (POPPE, 1880) (Copepoda, Calanoida) raised in laboratory cultures, including a comparison with the larvae of *Eurytemora americana* Williams, 1906, and *Eurytemora herdmani* Thompson & Scott, 1897. *Crustaceana*, **21**, 5-20
- Kawahara, T. (1963): Invasion into Japanese waters by European barnacle *Balanus improvisus* Darwin. *Nature (London)*, **198**, 301
- Keen, A. M. (1971): Marine Mollusks from Baja California to Peru. *Sea shells of tropical West America*. Stanford Univ. Press., California, 1025 pp.
- Keller, C. (1882): Die Fauna im Suez-Kanal und die Diffusion der mediterranen und erythraischen Tierwelt. *N. Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges.*, **28**, (3), 1-38
- Kerdchuen, N. & Legendre, M. (1994): Larval rearing of an African Catfish, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae): a comparison between natural and artificial diet. *Aquat. Living Resour. Vivantes Aquat.*, **7**, (4), 247-253 pp.

- Kern, F. G. (1994): Research strategies and protocols established for international Molluscan shellfish introductions. Proc. Conf. Wkshop. NOAA, 85-92
- Kerney, M. P. & Morton, B. S. (1970): The distribution of *Dreissena polymorpha* (Pallas) in Britain. J. Conch., **27**, 97-100
- Kerr, S. (1994 a): Ballast water ports and shipping study. In: AQIS (ed.): Ballast water research series. Bd. 5, Australian Government Publishing Service, Canberra, 123 pp.
- Kerr, S. (1994 b): Status of Australian ballast water research - A review of the ballast water research program in Australia. AQIS, 1-10
- Kershner, K. (1993): Invader is out-"musseling" native mussels and clams. Ohio Sea Grant Communications, **15**, (3), 5-6
- Kiefer, F. (1960): Ruderfusskrebse. Einführung in die Kleinlebewelt. Franck'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., 66-95
- Kiefer, F. & Fryer, G. (1978): Das Zooplankton der Binnengewässer. In: Elster, H.-J. & Ohle, W. (eds.): Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten. Bd. 24, 2, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart,
- Kimor, B. (1972): The Suez Canal as a link and a barrier in the migration of planktonic organisms. Israel J. Zool., **21**, 391-403
- Kimura, T. & Sekiguchi, H. (1994): Larval and post-larval shell morphology of two mytilid species *Musculista senhousia* (Benson) and *Limnoperna fortunei kikuchii* Habe. Venus Jap. J. Malacol. Kaizatsu, **53**, (4), 307-318 pp.
- Kincaid, T. (1949): Note on introduced Molluscs. Molluscs found in boxes of seed oysters from Japan identified by Dr. Myra Keen. Minutes of the Conchological Club of Southern California, **88**, (2),
- King, P. E. (1974): British Sea Spiders. Linn. Soc. Lond., **5**, 1-68
- Kinne, O. (1954): Die *Gammarus*-Arten der Kieler Bucht (*G. locusta*, *G. oceanicus*, *G. salinus*, *G. zaddachi*, *G. duebeni*). Zool. Jb., **82**, 405-424
- Kinzelbach, R. (1965): Die Blaue Schwimmkrabbe (*Callinectes sapidus*), ein Neubürger im Mittelmeer. Nat. Mus., **95**, (7), 293-296
- Kira, T. (1965): Shells of the Western Pacific in Color. Bd. 1, Hoikusha Publishing Co., LTD., 2.Aufl., 224 pp.
- Klein, G. (1969): Amphipoden aus der Wesermündung und der Helgoländer Bucht, mit Beschreibung von *Talorchestia frisiae* n. sp.. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh., **11**, 173-194
- Klie, W. (1913): Die Crustaceen-Fauna des alten Hafens zu Bremerhaven. Int. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrogr., 1-12
- Klie, W. (1933): Neues zur Crustaceen-Fauna Nordwestdeutschlands. Abh. Nat. Ver. Bremen, **28**, (4), 271-276
- Klie, W. (1938): III. Ostracoda, Muschelkrebse. In: Dahl, M. & Peus, F. (eds.): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise. Bd. 34, Gustav Fischer, Jena, 230 pp.
- Klie, W. (1949): Harpacticoida (Cop.) aus dem Bereich von Helgoland und der Kieler Bucht 1. In: Wüst, G. & Remane, A. (eds.): Kieler Meeresforschung. Bd. 6, Kommissionsverlag Walter G. Mühlau, Kiel, 90-128
- Klugmann, W. (1970): Hamburger Liniendienst-Atlas. OKIS, Hamburg,
- Klugmann, W. (1989): Hafen Hamburg. Bildatlas Sonderausgabe, 1-114
- Knopf, A. A. (1988): The audubon society pocket guides. Familiar seashells, North America. In: Rehder, H. A. (ed.): Bd. 1, Chanticleer Press, Inc., 192 pp.
- Knudsen, J. (1989): Immigration of marine invertebrates to the Limfjord (Denmark) an the North Sea-Baltic transition area. In: Spanier, E., Steinberger, Y. & Luria, M. (eds.): Environmental quality and ecosystem stability. Bd. IV-B, ISEEQ Publ. Jerusalem, Israel, 135-145
- Kohler, C. C. (1991): An overview of management principles and objectives for a marine species introduction policy. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the Conference & Workshop. Introductions & Transfers of Marine Species. Achieving a Balance between Economic Development and Resource Protection. Conference Papers. Bd. Session II, S. C. Sea Grant Consortium, 27-29
- Kohler, C. C. & Courtenay, W. R. (1986 a): Regulating introduced aquatic species: A review of past initiatives. Fish., **11**, (2), 34-38

- Kohler, C. C. & Courtenay, W. R. (1986 b): American fisheries society position on introductions of aquatic species. *Fish.*, **11**, (2), 39-42
- Köhn, J. & Gosselck, F. (1989): Bestimmungsschlüssel der Malakostraken der Ostsee. *Mitt. Zool. Mus. Berlin*, **65**, 1-114
- Köhn, J., Jones, M. B. & Moffat, A. (1992): Taxonomy, Biology and Ecology of (Baltic) Mysids. Universität Rostock, 128 pp.
- Kolding, S. (1981): A key for marine and brackish water *Gammarus* species (Crustacea, Amphipoda). *Nat. Jutlandica.*, **19**, 57-60
- Koops, H. & Hartmann, F. (1989): *Anguillicola*-infestations in Germany and in German eel imports. *J. Appl. Ichthyol.*, **1**, 41-45
- Kornicker, L. S. (1975): Spread of Ostracodes to exotic environs on transplanted oysters. *Bull. Am. Paleont.*, **65**, (282), 129-139
- Kornmann, P. & Sahling, P.-H. (1994): Meeresalgen von Helgoland: Zweite Ergänzung. *Helgol. Meeresunters.*, **48**, 365-406
- Korringa, P. (1951): The shell of *Ostrea edulis* as a habitat. *Archs. Neerlandaises Zool.*, **10**, 32-152
- Kosikhina, O. V. (1980): Feeding of marine copepods of the genus *Oncaea* (Cyclopoida). *Ehkol. Morya*, **4**, 46-49 pp.
- Koslowski, G. (1989): Die flächenbezogene Eisvolumensumme, eine neue Maßzahl für die Bewertung des Eiswinters an der Ostseeküste Schleswig-Holsteins und ihr Zusammenhang mit dem Charakter des meteorologischen Winters. *Dt. hydrogr. Z.*, **42**, 61-80
- Koslowski, G. & Warnecke, R. (1991): Beobachtungen des Eisbedeckungsgrades und der Eisdicke an der deutschen Küste zwischen Ems und Trave in den Wintern 1954/55 bis 1986/87. *Meereskundl. Beob. Ergeb.*, **72**, 1-84
- Kosswig, C. (1950): Erythräische Fische im Mittelmeer und an der Grenze der Ägäis. In: von Jordans, A. & Peus, F. (eds.): *Akademischer Verlag, Leipzig*, 203-212
- Koste, W. (1978): Monogononta. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. *Bornträger, Berlin*, 673 pp.
- Kothé, P. (1961): Hydrobiologie der Oberelbe. Natürliche, industrielle und wasserwirtschaftliche Faktoren in ihrer Auswirkung auf das Benthos des Stromgebietes oberhalb Hamburgs. *Arch. Hydrobiol.*, **26**, (3/4), 221-343
- Kotori, M. & Hamaoka, S. (1979): Plankton investigations in Ishikari Bay, Hokkaido. 3. Faunal and taxonomical notes on Copepoda. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, **21**, 1-16 pp.
- Kouwenberg, J. H. M. (1994): Copepod distribution in relation to seasonal hydrographics and spatial structure in the Northwestern Mediterranean, Golfe du Lion. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **38**, (1), 69-90 pp.
- Kraefft, F. (1908): Über das Plankton in Ost- und Nordsee und den Verbindungsgebieten, mit besonderer Berücksichtigung der Copepoden. *Inaugural-Dissertation*, 191
- Kraepelin, K. (1900): Ueber die durch den Schiffsverkehr in Hamburg eingeschleppten Tiere. *Mitt. Naturhist. Mus. Hamb.*, **18**, 185-209
- Kramp, P. L. (1942): Marine Hydrozoa. In: Jensen, A. S., Lundbeck, W., Mortensen, T. & Spärck, R. (eds.): *The Zoology of the Faroes. Bd. 1, 5, Andr. Fred. Host & Son, Copenhagen*, 1-59
- Krantz, G. E. (1991): Present management position on *Crassostrea virginica* in Maryland with comments on the possible introduction of an exotic oyster, *Crassostrea gigas*. In: DeVoe, R. (ed.): *Proceedings of the conference & workshop. Introductions & transfers of marine species. Achieving a balance between economic development and resource protection. Conference papers. Bd. Session V, S. C. Sea Grant Consortium*, 121-126
- Krapp, F. & Sconfiatti, R. (1983): *Ammothea hilgendorfi* (Böhm, 1879), an adventitious Pycnogonid new for the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol.*, **4**, (2), 123-132
- Kraus, M. L. & Crow, J. H. (1985): Substrate characteristics associated with the distribution of the ribbed mussel, *Geukensia demissa* (*Modiolus demissus*) on a tidal creek bank in Southern New Jersey. *Estuaries*, **8**, (2B), 237-243 pp.
- Krauß, W. (1958): Eine Bemerkung zur Abnahme des Salzgehaltes im Suezkanal. *Deutsche Hydrogr. Zeitschr.*, **11**, (3), 109-112
- Kremer, B. P., Kuhbier, H. & Michaelis, H. (1983): Die Ausbreitung des Brauntanges *Sargassum muticum* in der Nordsee. *Eine Reise um die Welt. Nat. Mus.*, **113**, (5), 125-130
- Krey, J. (1974): Das Plankton. In: Magaard, L. & Rheinheimer, G. (eds.): *Meereskunde der Ostsee. Bd. 11, Springer-Verlag, Berlin*, 103-130

- Krey, J., Babenerd, B. & Lenz, J. (1978): Beobachtungen zur Produktionsbiologie des Planktons in der Kieler Bucht: 1957-1975. 1. Datenverband. Ber. Inst. Meereskunde Christian-Albrechts-Univ. Kiel, (54), 82
- Kröncke, I. (1993): Das Benthos der Nordsee. In: V., Schutzgemeinschaft Deutsche Nordseeküste e. (ed.): Geht es der Nordsee Besser ? SDN-Bilanz vor der 4. Internationalen Nordseeschutzkonferenz (INK). Bd. 1, Clausen & Bosse, Leck, 83-89
- Krüger, P. (1911): Zur Cirripedenfauna Ostasiens. Zool. Anz., **38**, (20/21), 459-464
- Kühl, H. (1949): Über die normale und die durch Gifte beeinflusste Metamorphose von *Balanus improvisus*. Verh. Dt. Zool. Mainz, 158-167
- Kühl, H. (1950): Vergleichende biologische Untersuchungen über den Hafengewuchs. Verh. Dtsch. Zool. Ges. Marburg, **15**, 233-244
- Kühl, H. (1954): Über das Auftreten von *Elminius modestus* Darwin in der Elbmündung. Helgoländer wiss Meeresunters., **5**, 53-56
- Kühl, H. (1961): Über die Zerstörung von Anstrichen durch Seepocken und andere Bewuchsorganismen. Schiff u. Hafen, (3), 229-230
- Kühl, H. (1963 a): Über die Verbreitung der Balaniden durch Schiffe. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh., **8**, 142-150
- Kühl, H. (1963 b): Die Verbreitung von *Elminius modestus* Darwin (Cirripedia Thoracica) an der Deutschen Küste. Crustaceana, **5**, (2), 99-111
- Kühl, H. (1965): Fang einer Blaukrabbe, *Callinectes sapidus* Rathbun (Crustacea, Portunidae) in der Elbmündung. Arch. Fischereiwiss., **15**, (3), 225-227
- Kühl, H. (1967): Observations on the ecology of barnacles in the Elbe-Estuary. Proc. Symp. Crustacea, **2**, 965-975
- Kühl, H. (1968): Die Beeinflussung der Metamorphose von *Balanus improvisus* Darwin durch Giftstoffe. 2. internationaler Kongress für Meerwasserkorrosion und Bewuchs. Inst. Küsten- und Binnenfisch. Hamb., Lab. Cuxhaven, 8 pp.
- Kühl, H. (1977): *Mercierella enigmatica* (Polychaeta: Serpulidae) an der deutschen Nordseeküste. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh., **16**, 99-104
- Künne, C. (1939): Beiträge zur Kenntnis der Mysideenfauna der südlichen Nordsee. Zool. Jb. (Syst.), **72**, (5/6), 329-499
- Kurian, C. V. (1956): Larvae of decapod Crustacea from the Adriatic Sea. Acta Adriatica, **6**, (3), 1-108
- Kuroda, T., Habe, T. & Oyama, K. (1971): The seashells of Sagami Bay. In: Household, Biological Laboratory Imperial (ed.): Maruzen Co., LTD., 1540 pp.
- Kuttner, O. (1910): Mitteilungen über marine Cladoceren. Sitzber. Ges. Naturforsch. Freunde, **2**, 85-93
- Lachner, E. A., Robins, C. R. & Courtenay, W. R. (1970): Exotic fishes and other aquatic organisms introduced into North America. Smithsonian Contr. Zool., **59**, 1-29
- Lafferty, K. D. & Kuris, A. M. (1994): Potential uses for biological control of alien marine species. Proc. Conf. Wkshop. NOAA, 97-102
- Laine, A. (1995): New benthic macrofauna species in the Gulf of Finland. Finnish Inst. Mar. Res.,
- Laing, I. (1995): Ballast water discharges into coastal waters of England and Wales. Bd. O:2, ICES Annual Science Conference, Aalborg, 11 pp.
- Lakkis, S. (1994): Coexistence and competition within *Acartia* (Copepoda, Calanoida) congeners from Lebanese coastal water: niche overlap measurements. In: Ferrari, F. D. & Bradley, B. P. (eds.), Ecology and morphology of copepods. Bd. 292-293, 481-490 pp.
- Lambert, W. J.; Levin, P. S. & Berman, J. (1992): Changes in the structure of a New England (USA) kelp bed: The effects of an introduced species?. Mar. Ecol. Prog. Ser., **88**, 303-307 pp.
- Lance, J. (1963): The salinity tolerance of some estuarine planktonic Copepods. Limnol. Oceanogr., **8**, 440-449
- Lance, J. (1964): The salinity tolerances of some estuarine planktonic crustaceans. Biol. Bull., **127**, 108-118
- Lang, K. (1948): Monographie der Harpacticoida. Bd. 1 & 2, Lund Hakan Ohlssons, Stockholm, 1682 pp.
- Lang, K. (1965): Copepoda Harpacticoida from the Californian Pacific Coast. Almquist & Wihsell, Stockholm, 560 pp.
- Lang, K. (1975): Monographie der Harpacticiden. Bd. 1, Koeltz Science Publishers, Königstein, 1-898
- Lang, K. (1975): Monographie der Harpacticiden. Bd. 2, Koeltz Science Publishers, Königstein, 899-1683

- Lapota, D. & Losee, J. R. (1984): Observations of bioluminescence in marine plankton from the Sea of Cortez. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **77**, (3), 209-240 pp.
- Laubitz, D. R. (1972): The Caprellidae (Crustacea, Amphipoda) of Atlantic and Arctic Canada. *Publ. Biol. Oceanogr.*, **4**, 66-67
- Lavoie, R. E. (1994): An American oyster strategy for Atlantic Canada. *Bull. Aquacult. Assoc. Canada*, **94**, (2), 24-26 pp.
- Lawton, J. H. & Brown, K. C. (1986): The population and community ecology of invading insects. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **314**, 607-617
- Lebour, M. V. (1937): The Eggs and Larvae of the British Prosobranchs with special Reference to the Living in the Plankton. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, (22), 105-166
- Lebour, M. V. (1938): Notes on the Breeding of some Lamellibranchs from Plymouth and their Larvae. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, (23), 119-144
- Lebour, M. V. (1944): The larval stages of *Portumnus* (Crustacea Brachyura) with notes on some other genera. *J. mar. Biol. Ass. U.K.*, **24**, 7-15
- Lebour, M. V. (1949): Notes on some larval Decapods (Crustacea) from Bermuda.. *Proc. zool. Soc. Lond.*, **120**, (2), 369-379
- Lee, J. J., Hutner, S. H. & Bovee, E. C. (1985): An illustrated guide to the Protozoa. Allen Press, Lawrence, 629 pp.
- Lee, S. Y. & Morton, B. S. (1985): The introduction of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* into Hong Kong. *Malacological Rev.*, **18**, 107-109
- Legaré, J. E. H. (1963): The pelagic Copepoda of eastern Venezuela 1. The Cariaco trench. *Bol. Inst. Oceanogr., Univ. Oriente*, **3**, (1/2), 15-81
- Lenz, J. (1970): Zooplankton. In: Nellen, W. & Rheinheimer, H. (eds.): Chemische, mikrobiologische und planktologische Untersuchungen in der Schlei im Hinblick auf deren Abwasserbelastung. Bd. 26, *Kieler Meeresforsch.*, 105-216
- Leppäkoski, E. (1980): Man's impact on the Baltic ecosystem. *Ambio*, **9**, (3-4), 174-181
- Leppäkoski, E. (1984): Introduced species in the Baltic Sea and its coastal ecosystems. *Ophelia*, **3**, 123-135
- Leppäkoski, E. (1991): Introduced species - Resource or threat in brackish-water seas? Examples from the Baltic and the Black Sea. *Mar. Poll. Bull.*, **23**, 219-223
- Leppäkoski, E. (1994 a): Non-indigenous species in the Baltic Sea. In: Boudouresque, C. F., Briand, F. & Nolan, C. (eds.): Introduced species in European Coastal Waters. Report of an international workshop. Bd. 8, European Commission, Luxembourg, 67-75
- Leppäkoski, E. (1994 b): The Baltic and the Black Sea - Seriously contaminated by nonindigenous species?. *Proc. Conf. Wkshop. NOAA*, 37-44
- Lester, L. J. (1991): Marine species introductions and native species vitality: Genetic consequences of marine introductions. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the Conference & Workshop. Introductions & Transfers of Marine Species. Achieving a Balance between Economic Development and Resource Protection. Conference Papers. Bd. Session IV, S. C. Sea Grant Consortium, 79-89
- Levin, S. A. (1989): Analysis of risk for invasions and control programs. In: Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): Biological invasions. Bd. 19, John Wiley & Sons, New York, 425-435
- Lewandowski, K. & Ejsmont-Karabin, J. (1983): Ecology of Planktonic Larvae of *Dreissena polymorpha* (Pall.) in Lakes with different Degree of Heating. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, **30**, (2), 89-101
- Lewinsohn, Ch. & Holthuis, L. B. (1964): New records of decapod Crustacea from the Mediterranean coast of Israel and the Eastern Mediterranean. *Zool. Meded.*, **40**, (8), 46-63
- Lewis, H. A. G. & Geelan, P. J. M. (1994): The Times Atlas of the world, comprehensive edition. Times Book Ltd, London, 123 pl. & 222 pp.
- Li, C.; Huang, Z.; Zheng, C.; Lin, S.; Wang, J.; Yan, S. & Lin, N. (1992): Biofouling communities on test rafts in Xiamen harbour. *J. Oceanogr. Taiwan Strait Haixia*, **11**, (2), 167-173 pp.
- Li, C.; Li, F.; Huang, Z.; Zheng, C. & Zhang, L. (1982): On the marine fouling and boring organisms of Zhejiang Southern Coast. 2. ecological studies on marine fouling and boring organisms in Dongtou Island. *Acta Oceanol. Sin.*, **4**, (1), 95-102 pp.
- Lincoln, R. J. (1979): British Marine Amphipoda. In: Hist., *British Mus. Nat.* (ed.): Gammaridae. Northumberland Pr. Ltd, Gateshaed, 658 pp.

- Lindberg, K. (1955): Cyclopides (Crustaces Copepodes) de la Grece II. *Fragmenta Balcanica*, **1**, (23), 189-195
- Lindberg, K. (1956): Cyclopides (Crustaces Copepodes) de Crete avec une liste de crustaces divers recueillis dans le lac de Kourna. *ACTA*, **4**, (5/36), 97-120
- Lindberg, P. K. (1954): Cyclopides (Crustacés copépodes) de l'Amérique du Sud. *Ark. Zool.*, **7**, (11), 193-222
- Lindner, G. (1990): *Muscheln und Schnecken der Weltmeere*. BLV, München, 256 pp.
- Lindroth, C. H. (1957): *The faunal connections between Europe and North America*. Almqvist & Wiksell / Gebers Förlag AB, Stockholm, 1-344
- Lipton, D. W., Lavan, E. F. & Strand, I. E. (1992): Economics of Molluscan introductions and transfers: The Chesapeake Bay dilemma. *J. Shellfish Res.*, **11**, (2), 511-519
- Little, B. J. (1981): Succession in microfouling. In: Costlow, J. D. & Tipper, R. C. (eds.): *Marine biodeterioration: An interdisciplinary study*. Naval Institute Press, Annapolis, 63-67
- Locke, A., Reid, D. M., Sprules, W. G., Carlton, J. T. & van Leeuwen, H. C. (1991): Effectiveness of mid-ocean exchange in controlling freshwater and coastal zooplankton in ballast water. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, **1822**, 1-93
- Locke, A., Reid, D. M., van Leeuwen, H. C., Sprules, W. G. & Carlton, J. T. (1993): Ballast water exchange as a means of controlling dispersal of freshwater organisms by ships. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, (50), 2086-2093
- Lodge, D. M. (1993): Biological invasions: Lessons for ecology. *Trends Ecology Evolution*, **8**, (4), 133-137
- Loeblich, A. R. & Tappan, H. (1988): *Foraminiferal genera and their classification*. Bd. 1, van Nostrand, Reinhold, 970 pp.
- Loosanoff, V. L., Davis, H. C. & Chanley, P. E. (1966): Dimensions and shapes of larvae of some marine Bivalve Molluscs. *Malacologia*, **4**, (2), 351-435
- Lopes, R. M. (1994): Zooplankton distribution in the Guarau River estuary (Southeastern Brazil). *Estar. Coast. Shelf Sci.*, **39**, (3), 287-302 pp.
- Lorenzen, S., Gallardo, C., Jara, C., Clasing, E., Pequeno, G. & Moreno, C. (1979): *Mariscos Y Peces De Importancia Comercial En El Sur De Chile*. Universidad Austral de Chile, Valdivia, 131 pp.
- Lloyds (1994/1995): *Lloyds register of ships*. Bd. 1-5, Lloyds, London, getrennte Paginierung
- Ludbrook, N. H. & Gowlett-Holmes, K. L. (1989): Chitons, Gastropoda & Bivalvia. In: Shepherd, S. A. & Thomas, I. M. (eds.): *Marine Invertebrates of Southern Australia*. Bd. 2, South Australian Government Printing Division, Adelaide, 900 pp.
- Lundälv, T. (1989): Smakligt nytillskott till marin svensk fauna. *Västerhavet*, **3**,
- Lüning, K. (1985): *Meeresbotanik. Verbreitung, Ökophysiologie und Nutzung der marinen Makroalgen*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 375 pp.
- Lüning, K. & Asmus, R. (1990): Makroalgen und Seegräser. In: Lozan, J. L., Lenz, W., Rachor, E., Watermann, B. & Westernhagen, H. v. (eds.): *Warnsignale aus der Nordsee*. Paul Parey, Berlin, 154-157
- Luther, A. (1934): Über die ersten in Finnland gefundenen Exemplare der Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis* Milne-Edw.). *Memo. Soc. Fauna Flora Fennica*, **10**, 69-73
- Luther, G. (1976): Bewuchsuntersuchungen auf Natursteinsubstraten im Gezeitenbereich des Nordsylter Wattenmeeres. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, **28**, 145-166
- Luther, G. (1987): Seepocken der deutschen Küstengewässer. *Helgoländer Meeresunters.*, **41**, 1-43
- Luther, H. (1955): Laderaumkehricht als Quelle hydrochor verbreiteter Diasporen. *Acta Soc. Fauna Flora fenn.*, **72**, (14), 1-18
- Lutz, R. A. & Hidu, H. (1979): Hinge morphogenesis in the shells of larval and early post-larval mussels (*Mytilus edulis* L. and *Modiolus modiolus* (L.)). *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **59**, 111-121
- Macdonald, E. M. (1994): Ballast water management at Scottish ports. Bd. 10, *Fish. Res. Services Rep.*, 15 pp.
- MacKenzie, D. (1996): Why cholera blooms in the spring. *New Scientist*, 4 p.
- Mackie, G. L., Gibbons, W. N., Muncaster, B. W. & Gray, I. M. (1989): The Zebra Mussel, *Dreissena polymorpha*: A synthesis of European experiences and a preview for North America. *Wat. Resour. Branch Great Lakes Sect.*, 1-76
- MacNeill, B. (1991): Key to *Dreissena* species. *Dreissena polymorpha* Inf. Rev., **2**, (5), 3

- Madhupratap, M., Nehring, S. & Lenz, J. Resting eggs of zooplankton (Copepoda and Cladocera) from the Kiel Bay and adjacent waters (Southwestern Baltic). Mar. Ecol. Prog. Ser., in press
- Maggs, C. A. & Ward, B. A. (1996): The genus *Pikea* (Dumontiaceae, Rhodophyta) in England and the North Pacific: Comparative morphological, life history and molecular studies. J. Phycol., **32**, 176-193 pp.
- Mak, P. M. S. & Huang, Z. G. (1982): The salinity tolerance of the serpulid polychaete, *Hydroides elegans* (Haswell, 1883) and its possible applications in bio-antifouling. In: Morton, B. & Tseng, C. K. (eds.), The marine flora and fauna of Hong Kong and Southern China. Ecology, morphology behaviour and physiology. Bd. 1, 2.Aufl., 817-823 pp.
- Mann, R. (1991): Marine species introductions and ecosystem integrity. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the Conference & Workshop. Introductions & Transfers of Marine Species. Achieving a Balance between Economic Development and Resource Protection. Conference Papers. Bd. Session IV, S. C. Sea Grant Consortium, 69-70
- Mann, R., Bureson, E. M. & Baker, P. K. (1991): The decline of the Virginia Oyster fishery in Chesapeake Bay: Considerations for introduction of a non-endemic species, *Crassostrea gigas* (Thunberg). In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the conference & workshop. Introductions & transfers of marine species. Achieving a balance between economic development and resource protection. Conference papers. Bd. Session V, S. C. Sea Grant Consortium, 107-120
- Manuel, R. L. (1981): British Anthozoa - Keys and notes for the identification of the species. In: Kermack, D. M. & Barnes, R. S. K. (eds.): Synopses of the British Fauna. Bd. 18, 1, Academic Press, London, 241 pp.
- Marelli, D. C. & Gray, S. (1983): Conchological Redescription of *Mytilopsis sallei* and *Mytilopsis leucophaeta* of the Brackish Western Atlantic. The Veliger, **25**, (3), 185-193
- Marquard, O. (1926): Die Chinesische Wollhandkrabbe, *Eriocheir sinensis* Milne- Edwards, ein neuer Bewohner deutscher Flüsse. Fischerei, **24**, 417-433
- Marshall, K. C. & Blainey, B. L. (1991): Role of bacterial adhesion in biofilm and biocorrosion. In: Flemming, H. C. & Geesey, G. G. (eds.): Biofouling and biocorrosion in industrial water systems. Springer Verlag, Berlin, 29-46
- Martel, A. (1995): Demography and growth of the exotic zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Rideau River (Ontario). Can. J. Zool., **73**, 2244-2250
- Martens, P. (1981): On the *Acartia* species of the northern Wadden Sea of Sylt. Kieler Meeresforsch., Sonderh., **5**, 153-163
- Martens, P. (1992): Mesozooplankton in the northern Wadden Sea of Sylt (German Bight). Biol. Anst. Helgoland, 1-7
- Matsuoka, K.; Fukuyo, Y. & Anderson, D.M. (1989): Methods for Dinoflagellate cyst studies. In: Hallegraeff, G.M & Maclean, J.L. (eds.), Biology, Epidemiology and Management of *Pyrodinium* Red Tides. Bd. / 2, Fisheries Department - Ministry of Development, Manila, 1.Aufl., 231-234 pp.
- Mauchline, J. (1980): The Biology of Mysids and Euphausiids. Bd. 18, Adv. Mar. Biol., 680 pp.
- Mauchline, J. & Murano, M. (1977): World List of the Mysidacea, Crustacea. J. Tokyo Univ. Fish., **64**, (1), 39-88
- McCann, C. (1968): First southern hemisphere record of the Platylepadine Barnacle *Stomatolepas elegans* (Costa) and notes on the host *Dermochelys coriacea* (Linné). N.Z. J. Mar. Freshwat. Res., **3**, 152-158
- McCann, J. A., Langston, A., Reid, D. F. & Hedtke, S. (1991): Draft protocol for evaluating research proposals for funding under the non-indigenous aquatic nuisance prevention and control act of 1990. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the conference & workshop. introductions & transfers of marine species. Achieving a balance between economic development and resource protection. Conference papers. Bd. Session VI, S. C. Sea Grant Consortium, 135-142
- McCarthy, M. (1992): Giant whelks threaten British oysters. Times, 3
- McCarthy, S. A. & Khambaty, F. M. (1994): International dissemination of epidemic *Vibrio cholerae* by cargo ship ballast and other nonpotable waters. Applied Environment. Microbiol., **60**, (7), 2597-2601
- McCosker, J. E. & Dawson, C. E. (1975): Biotic passage through the Panama Canal, with particular reference to fishes. Mar. Biol., **30**, 343-351

- McCrimmon, H. R. (1971): World distribution of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Bd. Canada, **28**, (5), 663-704 pp.
- McDermott, J. J. (1991): A breeding population of the Western Pacific crab *Hemigrapsus sanguineus* (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) established on the Atlantic Coast of North America. Biol. Bull. (Woods Hole), **181**, 195-198
- McDonald, J. H. & Koehn, R. K. (1988): The mussels *Mytilus galloprovincialis* and *M. trossulus* on the Pacific coast of North America. Mar. Biol. , **99**, 111-118
- McDowall, R. M. (1968): Interactions of the Native and Alien Faunas of New Zealand and the Problem of Fish Introductions. Trans. Am. Fish. Soc., **97**, (1), 1-11
- McKoy, J. L. (1975): Further records of *Teredicola typicus*(C. B. Wilson, 1942) (Copepoda: Cyclopoida) from shipworms in Northern New Zealand. New Zealand J. mar. Freshw. Res., **9**, (3), 417-421
- McMillan, N. (1990): The history of alien freshwater Mollusca in North-West England. Nat., **115**, 123-132
- Medcof, J. C. (1975): Living marine animals in a ships' ballast water. Proc. Natl. Shellfish Ass., **65**, 54-55
- Meinkoth, A. (1981): National Audubon Society field guide to North American seashore creatures. In: Knopf, A. A. (ed.): Chanticleer Press, Inc, 813 pp.
- Melander, J. (1989): Die Sukzession des Aufwuchses einer Mole in der Lübecker Bucht. Dipl. Arbeit. Universität Hamburg, 270
- Menzel, R. W. (1974): Portuguese and Japanese Oysters are the same species. J. Fish. Res. Board Can., **31**, 453-456
- Menzies, R. J. (1968): Transport of marine life between oceans through the Panama Canal. Nature (Lond.), **220**, (5169), 802-803
- Meurs, H.-G. & Zauke, G. P. (1988): Regionale und zeitliche Aspekte der Besiedlung des Elbe-, Weser- und Ems-ästuars mit euryhalinen Gammariden (Crustacea: Amphipoda). Arch. Hydrobiol., **113**, (2), 213-230
- Meyer, P. F. (1939): Aussetzungen von Regenbogenforellen (*Salmo irideus* Gibb.) in die Ostsee. Ber. Deut. Wiss. Komm. Meeresforsch., **9**, (2), 318-323 pp.
- Meyers, M. (1993): The Aquarium Industry: Volume of Fish Species Being Introduced and the Variety of Organisms Associated with them. NEMO Workshop, Seattle, USA, 9
- Michaelis, H. (1981): Recent changes in the communities of the Wadden Sea - natural phenomena or effects of pollution ?. Fiskeri- og Sofartsmus., Saltvandsakvariets: Biol. Meddr, (5), 87-95
- Michaelis, H. (1987): Strukturveränderung der Wattenfauna am Beispiel des Jadebusens. Umweltvorsorge Nordsee, 151-160
- Michaelis, H. & Reise, K. (1994): Langfristige Veränderungen des Zoobenthos im Wattenmeer. In: Lozán, J. L., Rachor, E., Reise, K., Westernhagen, H. v. & Lenz, W. (eds.): Warnsignale aus dem Wattenmeer. Bd. 2, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, 106-116
- Mielke, W. (1975): Systematik der Copepoda eines Sandstrandes der Nordseeinsel Sylt. Mikrofauna Meeresboden, **52**, 1-134
- Millar, R. H. (1960): The identity of the Ascidians *Styela mammiculata* Carlisle and *S. clava* Herdman. J. Mar. Biol. Ass. U.K., **39**, 509-511
- Millar, R. H. & Scott, J. M. (1967): The larva of the oyster *Ostrea edulis* during starvation. J. mar. biol. Ass. U.K., **47**, 475-484
- Millard, N. (1951): Observations and experiments on fouling organisms in Table Bay Harbour, South Africa. Transact. Roy. Soc. South Africa, **33**, 415-445
- Miller, R. L. (1969): *Ascophyllum nodosum*: A source of exotic invertebrates introduced into west coast near-shore marine waters. The Veliger, **12**, (2), 230-231
- Mills, E. L., Leach, J. H., Carlton, J. T. & Secor, C. L. (1993): Exotic species in the Great Lakes: A history of biotic crises and Anthropogenic introductions. J. Great Lakes Res., **19**, (1), 1-54
- Mills, E. L., Leach, J. H., Carlton, J. T. & Secor, C. L. (1994): Exotic species and the integrity of the Great Lakes. BioSci., **44**, (10), 666-676
- Mills, E. L., Leach, J. H., Secor, C. L. & Carlton, J. T. (1990): Species invasions in the Great Lakes: Historical trends and entry vectors. EPA Workshop on Zebra Mussels and other Introduced Aquatic Nuisance Species, Saginaw Valley State University, USA, 1-2
- Mills, P. (1992): World-wide action needed on ballast water. AQIS Bulletin, **5**, (7), 10-11
- Mills, P. (1992): Shipping industry congratulated. AQIS Bulletin, **5**, (6), 6-7
- Miltner, F. (1995): Siebenjähriger Krieg. Focus, (30), 110

- Minchin, D. (1993): Possible influence of increases in mean temperature on Irish marine fauna and fisheries. *Occ. Publ. Ir. biogeog. Soc.*, **2**, 113-125
- Minchin, D., Duggan, C. B., Holmes, J. M. C. & Neiland, S. (1993): Introductions of exotic species associated with Pacific oyster transfers from France to Ireland. ICES, WGITMO, Aberdeen, Scotland, 1-7
- Minchin, D. & Holmes, J. M. C. (1993): A Skeleton Shrimp *Caprella andreae* Mayer (Crustacea: Amphipoda) new to Ireland, and other strandings in September 1991. *Fish. Res. Cent. Dep. Mar.*, **24**, (7), 61
- Minchin, D., McGrath, D. & Duggan, C. B. (1995): The Slipper Limpet, *Crepidula fornicata* (L.), in Irish Waters, with a Review of its Occurrence in the North-Eastern Atlantic. *J. Conch. Lond.*, **35**, (5), 247-254
- Minchin, D. & Sheehan, J. (1995): Cork Harbour, Ireland, as a focal point for the introduction of exotic marine species. ICES, 1-9
- Minchin, D. & Sheehan, J. (1996): Desk assessment of discharged shipping ballast water in Ireland. Working Group on Introduction and Transfers of Marine Organisms, Meeting in Gdynia, 10 pp.
- Mir, R. D. (1961): The external morphology of the first zoeal stages, of the crabs, *Cancer magister* Dana, *Cancer antennarius* Stimpson, and *Cancer anthonyi* Rathbun. *Calif. Fish and Game*, **47**, (1), 103-111
- Mitchell, R. & Kirchman, D. (1981): The microbial ecology of marine surfaces. In: Costlow, J. D. & Tipper, R. C. (eds.): *Marine biodeterioration: An interdisciplinary study*. Naval Institute Press, Annapolis, 49-56
- Moban, P. C. & Aruna, C. (1994): The biology of serpulid worms in relation to biofouling. In: Thompson, M. F.; Nagabhushanam, R.; Sarojini, R. & Fingerman, M. (eds.), *Recent developments in biofouling control*. New Delhi, India Oxford and Ibh, 59-64 pp.
- Mollison, D. (1986): Modelling biological invasions: chance, explanation, prediction. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **314**, 675-693
- Monro, C. C. A. (1924): On a Serpulid Polychaete from the London Docks. *Ann. Mag.*, **13**, (9), 155-159
- Monroe, R. & Limpus, C. J. (1979): Barnacles on turtles in Queensland waters with descriptions of three new species. *Mem. Queensl. Mus.*, **19**, (3), 197-223 pp.
- Mooney, H. A. & Drake, J. A. (1989): Biological invasions: a SCOPE program overview. In: Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): *Biological invasions*. Bd. 22, John Wiley & Sons, New York, 491-508
- Mooney, H. A., Hamburg, S. P. & Drake, J. A. (1986): The invasions of plants and animals into California. In: Mooney, H. A. & Drake, J. A. (eds.): *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii*. Springer Verlag, New York, 250-274
- Moran, J. A. G. & Arrontes, J. (1994): Factors affecting food preference in a widespread intertidal isopod. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **182**, (1), 111-121 pp.
- Moran, P. J. & Grant, T.R. (1993): Larval settlement of marine fouling organisms in polluted water from Port Kembla Harbour, Australia. *Mar. Poll. Bull.*, **26**, (9), 512-514
- Morri, C. & Boero, F. (1986): Catalogue of main marine fouling organisms. Hydroids. ODEMA, Bruxelles, 91 pp.
- Morris, P. A. (1966): The Peterson Field Guide Series. In: Peterson, R. T. (ed.): *A Field Guide to Pacific Coast Shells*. Houghton Mifflin Company, Boston, 2.Aufl., 297 pp.
- Morris, P. A. (1973): The Peterson field guide series. In: Clench, W. J. (ed.): *A field guide to shells of the Atlantic and Gulf Coasts and the West Indies*. Houghton Mifflin Company, Boston, 3.Aufl., 330 pp.
- Morse, D. E. (1981): Biochemical control of larval recruitment and marine fouling. In: Costlow, J. D. & Tipper, R. C. (eds.): *Marine biodeterioration: An interdisciplinary study*. Naval Institute Press, Annapolis, 134-140
- Morse, T. J. (1990): Successful management of an introduced species. Sea Lamprey: past, present and future control strategies. EPA Workshop on Zebra Mussels and other Introduced Aquatic Nuisance Species, Saginaw Valley State University, USA, 1-2
- Morton, B. (1987): Recent marine introductions into Hong Kong. *Bull. Mar. Sci.*, **41**, (2), 503-513
- Morton, B. S. (1980): *Mytilopsis sallei* (Recluz) (Bivalvia: Dreissenacea) recorded from Hong Kong: An introduction by Vietnamese refugees?. *Malacological Rev.*, **13**, 90-92

- Morton, D. W. (1985): Revision of the Australian Cyclopidae (Copepoda: Cyclopoida). I *Acanthocyclops* Kiefer, *Diacyclops* Kiefer and *Australocyclops*, gen. nov.. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **36**, 615-634
- Moyle, P. B. (1976): Fish introductions in California: History and impact on native fishes. Biol. Conserv., **9**, 101-118
- Mühlenhardt-Siegel, U. (1994): Die Bivalvia des Liefdefjords (Nordspitzbergen, Svalbard). Ergebnisse der Geowissenschaftlichen Spitzbergen-Expeditionen 1990 bis 1992. Mitt. hamb. zool. Mus. Inst., **91**, 7-21
- Mühlenhardt-Siegel, U., Dörjes, J. & Cosel, R. v. (1983): Die amerikanische Schwertmuschel *Ensis directus* (CONRAD) in der Deutschen Bucht. II. Populationsdynamik. Senckenbergiana marit., **15**, (4/6), 93-110
- Müllegger, S. (1937): *Portumnus latipes* (Pennant), ein neuer Krebs an der holsteinischen Westküste. Wschr. für Aquarien- und Terrarienkunde, **34**, 35
- Müller, K. (1995): Disinfection of ballast water. A review of potential options. Lloyd's Register Rep. Summary, 29 pp.
- Murphree, R. L. & Tamplin, M. L. (1992): Retention of *Vibrio cholerae* 01 in *Crassostrea virginica* under conditions of controlled purification. J. Shellfish Res., **11**, (1), 202
- Murray, J. W. (1973): Distribution and ecology of living benthic Foraminiferids. Heinemann Educational Books Ltd., London, 274 pp.
- Murray, J. W. (1979): British nearshore Foraminiferids. In: Kermack, D. M. & Barnes, R. S. K. (eds.): Synopsis of the British fauna (New Series). Bd. 16, Academic Press, London, 1-68
- Mustaquim, J. & M Rabbani, M. (1976): Species of portunid crabs (Decapoda, Brachyura) from Karachi. Pak. J. Sci. Ind. Res., **19**, (3-4), 161-164 pp.
- Muus, B. J. & Dahlström, P. (1981): Süßwasserfische. In: Terofal, F. (ed.): BLV Bestimmungsbuch. BLV Verlagsgesellschaft, München, 5.Aufl., 224 pp.
- Muus, B. J. & Dahlström, P. (1985): Meeresfische. In: Terofal, F. (ed.): BLV Bestimmungsbuch. BLV Verlagsgesellschaft, München, 5.Aufl., 244 pp.
- Nascimento Vieira, D. A. & Sant Anna, E. M. E. do (1989): Composition of zooplankton in the Timbo River estuary (Pernambuco Brazil). Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pernambuco, **20**, 77-97 pp.
- Nauke, M. (1995): Provisions for the control and management of ballast water to minimize the transfer of harmful aquatic organisms and pathogens. Bd. O:8, ICES Annual Science Conference, Aalborg, 8 pp.
- Naumenko, E. (1995): Species composition seasonal and long-term dynamics of zooplankton abundance and biomass in the Vistula Lagoon of the Baltic Sea. ICES, **L:19**, 1-16
- Naylor, E. (1957 a): The occurrence of *Idotea metallica* Bosc. in British waters. J. mar. biol. Ass. U.K., **36**, 599-602
- Naylor, E. (1957 b): Introduction of a grapsoid crab *Brachynotus sexdentatus* (Risso) into British waters. Nature, Lond., **180**, 616-617
- Naylor, E. (1972): British marine isopods. In: of Lond., The Linn. Soc. (ed.): Synopsis of the British Fauna (New Series). Bd. 3, Academic Press, London and New York, 86 pp.
- Nehring, S. (1993): *Gymnodinium catenatum* in German coastal waters. Harmful Algae News, **7**
- Nehring, S. (1994): Dinoflagellaten-Dauercysten in deutschen Küstengewässern: Vorkommen, Verbreitung und Bedeutung als Rekrutierungspotential. Berichte aus dem Institut für Meereskunde an der Christian-Albrechts-Universität Kiel, **259**,
- Nepszy, S. J. & Leach, J. H. (1973): First Records of the Chinese Mitten Crab, *Eriocheir sinensis*, (Crustacea: Brachyura) from North America. J. Fish. Res. Bd. Canada, **30**, (12), 1909-1910
- Neu, W. (1932 a): Untersuchungen über den Schiffsbewuchs. Int. Rev. ges. Hydrob. Hydrogr., **22**, 105-119
- Neu, W. (1932 b): Der Schiffsbewuchs als Lebensgemeinschaft. Naturforscher, (9), 246-249
- Neu, W. (1933): Der Einfluß des Farbtons der Unterlage auf die Besiedlung mit *Balanus* Da Costa und *Spirorbis* Mont.. Int. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrogr., **28**, 228-246
- Neu, W. (1935): *Balanus eburneus* Gould und *Balanus improvisus* Darwin als Bewuchs ausgehängter Platten im Goldenen Horn von Istanbul. Zool. Anz., **112**, 92-95
- Neu, W. (1939): Bemerkungen über einige balanomorphen Cirripeden der Istanbuler Gewässer. Zool. Anz., **125**, (9/10), 209-219
- Neu, W. (1941): Zur Variabilität von *Lepas anatifera* Linné. Zool. Anz., **135**, (3/4), 93-96

- Neudecker, T. (1984): Wachstum eingeschleppter Muschelarten in der Flensburger Förde. Inf. Fischwirtsch., **31**, (1), 27-29
- Neudecker, T. (1985): Untersuchungen zur Reifung, Geschlechtsumwandlung und künstlichen Vermehrung der pazifischen Auster *Crassostrea gigas* in deutschen Gewässern. Bd. 88, Veröffentl. Inst. Küsten- u. Binnenfisch., 212 pp.
- Neudecker, T. (1990): Genutzte Muscheln und Schnecken. In: Lózan, J. L., Lenz, W., Rachor, E., Watermann, B. & Westernhagen, H. v. (eds.): Warnsignale aus der Nordsee. Paul Parey, Berlin, 165-176
- Newcombe, C. L. (1945): The biology and conservation of the Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. Virginia Fish. Lab. Coll. William and Mary and Commn. Fish., (4), 1-39
- Newell, P. P. (1982): Meeres-Muscheln. Landbuch Verlag, Hannover, 120 pp.
- Newell, R. C. & Newell, G. E. (1963): Marine plankton. A practical guide. Hutchinson Educational / London, Melbourne, 207 pp.
- Newman, L. J. & Corey, S. (1984): Aspects of the biology and distribution of Pteropods (Gastropoda; Opisthobranchia) from the Bay of Fundy region, Canada. Can. J. Zool., **62**, 397-404
- Newman, W. A. (1972): The National Academy of Science Committee on the ecology of the interoceanic canal. Bull. Biol. Soc. Washington, **2**, 247-259
- Newman, W. A. & Ross, A. (1976): Revision of the balanomorph barnacles; including a catalog of the species. SAn Diego Soc. Nat. Hist., Memoir 9, 108 pp.
- Nicholls, A. G. (1944): Littoral Copepoda from South Australia (II) Calanoida, Cyclopoida, Notodelphyoida, Monstrilloida and Caligoida. Rec. S.A. Mus., **8**, 1-62
- Nichols, F. H. & Pamatmat, M. (1988): The ecology of soft-bottom benthos of San Francisco Bay: A community profile. Bd. 85 (7.23), Biological Rep. U.S. Dep. of Inter. Fish and Wildl. Serv., Washington, 73 pp.
- Nichols, F. H. & Thompson, J. K. (1985): Persistence of an introduced mudflat community in South San Francisco Bay, California. Mar. Ecol. Prog. Ser., **24**, 83-97
- Nichols, F. H., Thompson, J. K. & Schemel, L. E. (1990): Remarkable invasion of San Francisco Bay (California, USA) by the Asian clam *Potamocorbula amurensis*. II. Displacement of a former community. Mar. Ecol. Prog. Ser., **66**, 95-101
- Nicklès, M. (1979): Scaphopodes de l'Ouest-Africain (Mollusqua, Scaphopoda). Bull. Mus. Natn. Hist. Paris, **4**, (1), 41-77
- Nijssen, H. & Stock, J. H. (1966): The amphipod, *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939, introduced in the Netherlands (Crustacea). Beaufortia, **13**, (160), 197-206
- Nilsson-Cantell, C. A. (1931 a): Revision der Sammlung recenter Cirripeden des Naturhistorischen Museums in Basel. Verh. der Naturf. Ges. in Basel, **42**, 103-139
- Nilsson-Cantell, C. A. (1931 b): Cirripeds from the Indian Ocean and Malay Archipelago in the British museum (Nat. Hist), London. Ark. för Zool., **23A**, (18), 1-12
- Nilsson-Cantell, C. A. (1932 a): Cirripeden aus Japan. Ark. för Zool., **24**, (4), 1-30
- Nilsson-Cantell, C. A. (1932 b): Neue Balaniden aus Süd- und Ost-Africa in dem Berliner Museum. Ark. för Zool., **24**, (6), 1-19
- Nilsson-Cantell, C. A. (1933): Zoologische Ergebnisse einer Reise nach Bonaire, Curacao und Aruba im Jahre 1930. No. 12. Cirripeds from Bonaire. Zool. Jb., **64**, (3/5), 503-508
- Nilsson-Cantell, C. (1934 a): Cirripeds from the Malay Archipelago in the Zoological Museum of Amsterdam. Zoologische Mededeelingen, **17**, 31-63
- Nilsson-Cantell, C. (1934 b): Indo-Malayan Cirripeds in the Raffles Museum, Singapore. Bull. Raffles, **9**, 42-73
- Nilsson-Cantell, C. A. (1938): Cirripedes from the Indian Ocean in the Collection of the Indian Museum, Calcutta. Mem. of the Indian Museum, **13**, (1), 1-81
- Nishida, S. (1985): Taxonomy and distribution of the family Oithonidae (Copepoda, Cyclopoida) in the Pacific and Indian Oceans. Bull. Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo, **20**, 1-167
- Nishida, S. (1985): Pelagic Copepods from Kabira Bay, Ishigaki Island, Southwestern Japan, with a description of a new species of the Genus *Pseudodiaptomus*. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., **30**, (1), 125-144
- Nishida, S. & Ferrari, F. D. (1983): Redescription of *Oithona brevicornis* Giesbrecht, and *O. aruensis* Früchtl, new rank, with notes on the status of *O. spinulosa* Lindberg. Bull. Plankton Soc. Japan, **30**, (1), 71-80

- Nishida, S., Tanaka, O. & Omori, M. (1977): Cyclopoid Copepods of the Family Oithonidae in Suruga Bay adjacent waters. *Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo*, **24**, (2), 119-158
- Nolan, C. (1994): Introduced species in European coastal waters. In: Boudouresque, C. F., Briand, F. & Nolan, C. (eds.): *Introduced Species in European Coastal Waters. Report on an international Workshop*. Bd. 8, European Commission, Luxembourg, 1-3
- Nolan, C. (1994): Introduced species in European coastal waters. *Proc. Conf. Wkshop. NOAA*, 17-19
- Noodt, W. (1952): Marine Harpacticiden (Cop.) aus dem eulitoralen Sandstrand der Insel Sylt. *Akad. Wiss. Lit. Mathem. Naturw.*, **3**, 103-142
- Nordsieck, F. (1969): *Die Europäischen Meeresmuscheln (Bivalvia). Vom Eismeer bis Kapverden, Mittelmeer und Schwarzes Meer*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 539 pp.
- Nosho, T. Y. (1991): History of the Pacific Oyster industry in Washington state. In: DeVoe, R. (ed.): *Proceedings of the conference & workshop. Introductions & transfers of marine species. Achieving a balance between economic development and resource protection. Conference papers*. Bd. Session V, S. C. Sea Grant Consortium, 97-102
- Nuzzo, V. (1981): Criteria for introduction of species to natural areas. *Proceedings of the 6th North American Prairie Conference*, **15**, 196-197
- Nyman, M. (1993): Introducerade arter i Bottniska viken. *Diss. Dept. Biol., Abo Akademi Univ.*, 42 pp.
- Oehlmann, J., Stroben, E., Bettin, Ch. & Fioroni, P. (1993): TBT-induzierter Imposex und seine physiologischen Ursachen bei marinen Vorderkiemerschnecken. In: SDN (ed.): *Antifouling im Meer - Gefahren durch Schiffsanstriche*. Bd. 2, Clausen & Bosse, Leck, 58-72
- Ojaveer, H. & Lumberg, A. (1995): On the role of *Cercopagis pengoi* (Ostroumov) in the Gulf of Riga ecosystem. *Proc. Estonian Acad. Sci. Ecol.*, **5**, (1/2), 20-25
- Okutani, T., Tagawa, M. & Horikawa, H. (1989): Bivalves from Continental Shelf and Slope around Japan. In: Hisamune, T. (ed.): *Tosho Printing Co., LTD.*, 190 pp.
- Orians, G. H. (1986): Site characteristics favouring invasions. In: Mooney, H. A. & Drake, J. A. (eds.): *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii*. Springer Verlag, New York, 133-148
- Orton, J. H. (1930): Experiments in the sea on the growth-inhibitive and preservative value of poisonous paints and other substances. *J. Mar. Biol. Ass.*, **16**, 373-452
- Osburn, R. C. (1914): The Bryozoa of the Tortugas Islands, Florida. *Carnegie Inst. of Wash. Publ.*, **182**, 181-222 pp.
- Ostenfeld, C. H. (1908): On the immigration of *Biddulphia sinensis* Grev. and its occurrence in the North Sea during 1903-1907. *Medd. Komm. Havunders., Ser. Plankton*, **1**, (6), 1-46
- Ouren, T. (1979): Ballast places and ballast plants in Ostfold County, Norway. *Blyttia*, **37**, (4), 167-180
- Owre, H. B. & Foyo, M. (1967): Crustacea, Part I: Copepoda. *Copepods of the Florida Current. Fauna Caribaea*, (1), 103-106
- Padayatti, P. S. (1990): Notes on population characteristics and reproductive biology of the portunid crab *Charybdis* (*Charybdis*) *feriatus* (Linnaeus) at Cochin. *Indian J. Fish.*, **37**, (2), 155-158 pp.
- Padfort-Van Iersel, T. (1982): Variation in *Dicaria trispinosa* (de Blainville, 1821) and *Clio pyramidata* Linnaeus, 1767 (Pteropoda, Mollusca) of the Amsterdam Mid North Atlantic Plankton Expedition 1980. *Beaufortia*, **32**, (6), 97-115
- Paffenhoefer, G. A. (1983): Vertical zooplankton distribution on the Northeastern Florida shelf and its relation to temperature and food abundance. *J. Plankton Res.*, **5**, (1), 15-33 pp.
- Pankow, H. (1990): *Ostsee-Algenflora*. Gustav Fischer Verlag, Jena,
- Panning, A. & Peters, N. (1932): Wollhandkrabbe und Elbfischerei. *Hamb. Nachr.*, (6), 1-16
- Panning, A. (1937 a): Die Verteilung der Wollhandkrabbe über das Flußgebiet der Elbe nach Jahrgängen. *Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst. Hamb.*, **47**, 65-82
- Panning, A. (1937 b): Über die Wanderung der Wollhandkrabbe. *Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst.*, **47**, 32-49
- Panning, A. (1938 a): The Chinese Mitten Crab. *Smithsonian Rep.*, 361-375
- Panning, A. (1938 b): Systematisches über *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards. *Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst. Hamb.*, **47**, 105-111
- Panning, A. (1950): Der gegenwärtige Stand der Wollhandkrabbenfrage. *Neue Ergebn. und Probl. Zool.*, 719-732
- Panning, A. (1952): Die chinesische Wollhandkrabbe. *Die neue Brehm-Bücherei*, (70), 1-46

- Paranagua, M. N.; Neumann Leitao, S.; Nascimento Vieira, D. A.; Gusmao, L. M. de O. & Koenig, M. L. (1982): Ecological study of the Itamaraca region, Pernambuco, Brazil. 27. zooplankton from estuarine vivaria. *Atlantica*, **5**, (2), 91 p.
- Park, J. S.; Lee, S. S.; Kang, Y. S.; Lee, B. D. & Huh, S. H. (1990): The distribution of copepods and chaetognaths in the southern waters of Korea and their relationship to the characteristics of water masses. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **23**, (3), 245-252 pp.
- Paterson, D. (1992): Marine environment protection committee recommendation: Australia's response. *Mar. Poll. Bull.*, **24**, (2), 117-118
- Pax, F. (1920): Die Aktinienfauna von Büsum. *Schr. Zool. Stat. Büsum Meeresk.*, **5**, 1-24
- Pax, F. (1921): Das Vorkommen von *Sagartia luciae* an der deutschen Küste. *Zool. Anz.*, **52**, 161-166
- Pax, F. (1929): Auftreten der chinesischen Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis* Milne-Edwards) im Odergebiet. *Zool. Garten*, **1**, (7/9), 324-326
- Pax, F. (1936): Anthozoa. In: Grimpe, G. & Wagler, E. (eds.): *Die Tierwelt der Nord- und Ostsee*. Bd. 30, Akad. Verlagsges. Becker & Erler, Leipzig, 317 pp.
- Paxton, J. R. & Hoese, D. F. (1985): The Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus* (Pisces, Percichthyidae), an apparent marine introduction into eastern Australia. *Jap. J. Ichthyol.*, **31**, (4), 369-372
- Pedersen, S. A. & Smidt, E. L. B. (1995): Zooplankton investigations off West Greenland, 1956-1984. *ICES*, **L:15**, 1-53
- Pérez Farfante, I. (1969): Western Atlantic shrimps of the genus *Penaeus*. *Fish. Bull.*, **67**, (3), 461-591
- Persone, G. (1964): The importance of fouling in the harbour of Ostend in 1964. *Biogeografisch Inst. Lab. Oekologie*, 444-448
- Pesta, O. (1918): *Die Decapodenfauna der Adria - Versuch einer Monographie*. Franz Deuticke, Leipzig, 500 pp.
- Pesta, O. (1928): *Krebstiere oder Crustacea I: Ruderfüßer oder Copepoda (1. Calanoida, 2. Cyclopoida)*. In: Dahl, F. (ed.): *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile*. Bd. 9, Verlag von Gustav Fischer, Jena, 136 pp.
- Pesta, O. (1932): *Krebstiere oder Crustacea I: Ruderfüßer oder Copepoda (3. Harpacticoida)*. In: Dahl, M. & Bischoff, H. (eds.): *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile*. Bd. 24, Verlag von Gustav Fischer, 168 pp.
- Peters, G. & Hartmann, F. (1986): *Anguillicola*, a parasitic nematode of the swim bladder spreading among eel populations in Europe. *Dis. aquat. Org.*, **1**, (3), 229-230
- Peters, N. (1933): B. Lebenskundlicher Teil. In: Peters, N. & Panning, A. (eds.): *Die chinesische Wollhandkrabbe (Eriocheir sinensis H. Milne-Edwards) in Deutschland*. Akademische Verlagsgesellschaft mbH, Leipzig, 59-156
- Peters, N., Panning, A., Thiel, H., Werner, H. & Schmalfuß, H. (1936): Die chinesische Wollhandkrabbe in Europa. *Der Fischmarkt*, (4/5), 1-19
- Petersen, G. H. (1968): Marine Lamellibranchiata. Reprinted from *Zoology of the Faroes*, **3**, (1), 1-80
- Petersen, K. S., Rasmussen, K. L., Heinemeier, J. & Rud, N. (1992): Clams before Columbus?. *Nature*, **359**, 679
- Peterson, C. H. (1977): Competitive organization of the soft-bottom macrobenthic communities of Southern California lagoons. *Mar. Biol.*, **43**, (4), 343-359 pp.
- Petkovski, T. (1964): Zur Kenntnis der Harpacticiden Portugals (Crustacea, Copepoda). *Lunds Universitets Arsskrift*, **59**, (14), 1-22
- Petkovski, T. K. (1955): Zweiter Beitrag zur Kenntnis der Harpacticidenfauna unserer Meeresküste. *Fragm. Balcanica Mus. Maced. Sci. Nat.*, **1**, (15), 125-138
- Pfannkuche, O. (1974): Zur Systematik und Ökologie naidomorpher Brackwasseroligochaeten. *Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst.*, **71**, 115-134
- Pilgrim, R. L. C. (1967): *Argulus japonicus* Thiele, 1900 (Crustacea: Branchiura) - a new record for New Zealand. *N.Z. J. Mar. Freshwat. Res.*, **1**, (3), 395-398
- Pilsbry, H. A. (1916): The sessile Barnacles (Cirripedia) contained in the collection of the U.S. National Museum, including a monograph of the American species. *Bull. U.S. Nat. Mus.*, **93**, 366
- Pimm, S. L. (1989): Theories of predicting success and impact of introduced species. In: Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): *Biological invasions*. Bd. 15, John Wiley & Sons, New York, 351-367
- Pinchin, / B. A. (1995): *Lloyd's ports of the world*. Lloyds London Press, 13. Aufl., 916 pp.

- Pinkster, S. (1975): The introduction of the alien Amphipod *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939 (Crustacea, Amphipoda) in the Netherlands and its competition with indigenous species. *Hydrobiol. Bull.*, **9**, (3), 131-138
- Pisano, E. & Balduzzi, A. (1985): Bryozoan colonisation along an infralittoral cliff in the Ligurian Sea (North-Western Mediterranean). In: Nielsen, C. & Larwood, G. P. (eds.): *Bryozoa: Ordovician to recent*. Olsen & Olsen Verlag, Denmark, 245-256
- Poggensee, E. & Lenz, J. (1981): On the population dynamics of two brackish-water Cladocera *Podon leuckarti* and *Evadne nordmanni* in Kiel Fjord. *Kieler Meeresforsch., Sonderheft*, **5**, 268-273
- Polishchuk, V. V. & Starobogatov, Ya. (1978): Brackish and freshwater molluscs from antropogene deposits in the valleys of the Ingul, Ingulets and South Bug Rivers and their relationship with recent malacofaunas. *Malacol. Rev.*, **11**, (1-2), 146-147 pp.
- Pollard, D. A. & Hutchings, P. A. (1990 a): A review of exotic marine organisms introduced to the Australian region. II. Invertebrates and algae. *Asian Fish. Sci.*, **3**, 223-250
- Pollard, D. A. & Hutchings, P. A. (1990 b): A review of exotic marine organisms introduced to the Australian region. I. Fishes. *Asian Fish. Sci.*, **3**, 205-221
- Pollutech Environmental Ltd. (1992): A review and evaluation of ballast water management and treatment options to reduce the potential for the introduction of non-indigenous species to the Great Lakes. 207 pp.
- Ponder, W. F. & Warén, A. (1988): Classification of the Caenogastropoda and Heterostropha - A list of the Family-Group names and higher taxa. *Malacological Rev.*, **4**, 288-326
- Pope, E. C. (1945): A simplified key to the sessile barnacles found on the rocks, boats, wharf piles and other installations in Port Jackson and adjacent waters. *Rec. Aust. Mus.*, **21**, (6), 351-372
- Popham, J. D. (1983): The occurrence of the shipworm, *Lyrodus* sp. in Ladysmith Harbour, British Columbia. *Can. J. Zool.*, **61**, 2021-2022
- Por, F. D. (1969): One hundred years of Suez Canal - a century of Lessepsian migration: Retrospect and viewpoints. *Syst. Zool.*, **20**, 138-159
- Por, F. D. (1978): Lessepsian migration; the influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez Canal. *Ecological Studies*, **23**, 1-228
- Powell, A. W. (1976): On the considerable influx of warm water molluscs that have invaded northern New Zealand waters within recent years. *Rec. Auckland Inst. Mus.*, **13**, 141-166
- Powell, A. W. (1979): *New Zealand Mollusca. Marine, land and freshwater shells*. Collins, Auckland, 500 pp.
- Powell, N. A. (1971): The marine Bryozoa near the Panama Canal. *Bull. Mar. Sci.*, **21**, 766-778
- Prena, J. & Gosselck, F. (1989): Das Makrozoobenthos eines hocheutrophierten Küstengewässers. Eine Bonitierung der Wismarer Bucht. *Fisch.-Forsch.*, **27**, (3), 51-56
- Prenant, M. & Bobin, G. (1966): *Bryozoaives. Faune de France. Fed. Francaise des Soc. de Sci. Naturelles*, Paris, 647 pp.
- Prigge, H. (1957): Die Seepocken im Bereich der ostfriesischen Küste. *Aus der Heimat*, **65**, (9/10), 175-182
- Princz, D. (1977): Notes on some micromolluscs from the Guyana platform. *Contrib. Estac. Invest. Mar. Margarita*, **76**, 283-293 pp.
- Proctor, V. W. (1966): Dispersal of Desmids by waterbirds. *Phycologia*, **5**, (4), 227-232
- Purasjoki, K. J. (1948): *Cyprilla humilis* G.O. Sars, an interesting ostracod discovery from Finland. *Comment. Biol. Soc. Sc. Fenn.*, **10**, (3), 1-7
- Purasjoki, K. J. (1958): Zur Biologie der Brackwasserkladozere *Bosmina coregoni maritima* (P.E. Müller). *Ann. Zool. Soc. "Vanamo"*, **19**, (2), 1-117
- Pyefinch, K. A. (1948 a): Methods of identification of the larvae of *Balanus balanoides* (L.) *B. crenatus* Brug. and *Verruca stroemia* O.F. MÜLLER. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **27**, 451-463
- Pyefinch, K. A. (1948 b): Notes on the biology of Cirripeds. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **27**, 465-503
- Pyefinch, K. A. (1949): The larval stages of *Balanus crenatus* Bruguiere. *Proc. zool. Soc. Lond.*, **118**, 916-923
- Pyefinch, K. A. (1950): Notes on the ecology of ship-fouling organisms. *J. Anim. Ecol.*, **19**, 29-35
- Pyefinch, K. A. (1954): *The biology of ship fouling*. New Biology, London, 128-149
- Quayle, D. B. (1964): Distribution of introduced marine mollusca in British Columbia waters. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **21**, (5), 1155-1181

- Rachor, E. (1990): Veränderungen der Bodenfauna. In: Lózan, J. L., Lenz, W., Rachor, E., Watermann, B. & v Westernhagen, H. (eds.): Warnsignale aus der Nordsee. Paul Parey, Berlin, 158-165
- Ragg, M. (1954): Schiffsbodenfarben und Schiffs-Anstrichmittel. Wilhelm Pansegrau Verlag, Abt. der Westlichen Berliner Verlagsgesellschaft Heenemann KG, 1.Aufl., 1-425
- Rainbow, P. S. (1984): An introduction to the biology of British littoral Barnacles. *Field Studies*, **6**, 1-51
- Rammner, W. (1931): Mitteilungen über marine Cladoceren. *Biol. Zentbl*, **51**, (11), 618-633
- Rammner, W. (1931/32): Einiges über die Wasserflöhe des Meeres. *Mikrokosmos*, **25**, (11), 176-180
- Rao, K.; Jayalakshmy, K. V.; Panikkar, B. M. & Kutty, M. K. (1988): Living planktonic foraminifera of the Wadge Bank, Northern Indian Ocean. *Indian J. Mar. Sci.*, **17**, (1), 67-70 pp.
- Rao, K.; Paulinose, V. T.; Jayalakshmy, K. V.; Panikkar, B. M. & Kutty, M. K. (1988): Distribution of living planktonic foraminifera in the coastal upwelling region of Kenya, Africa. *Indian J. Mar. Sci.*, **17**, (2), 121-127 pp.
- Rathbun, M. J. (1910): The stalk-eyed crustacea of Peru and the adjacent coast. *Proc. U.S. Nat. Mus.*, **38**, (1766), 531-620
- Rathbun, M. J. (1929): 10. Arthropoda. 10m. Decapoda. *Canadian Atlantic Fauna*, **10**, 1-38
- Rathbun, M. J. (1933): Descriptions of a new species of crabs from the Gulf of California. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, **46**, 147-150
- Redfield, A. C., Hutchins, L. W., Deevy, E. S., Ayers, J. C., Turner, H. J., Laidlaw, F. B., Ferry, J. D. & Todd, D. (1952): Marine fouling and its prevention. In: Redfield, A. C. & Ketchum, B. H. (eds.): Bd. 580, George Banta Inc., Menasha, 388 pp.
- Rees, C. B. (1950): The Identification and Classification of Lamellibranch Larvae. *Hull Bull. Mar. Ecology*, **3**, (19), 73-104
- Rees, C. B. (1954 a): Continuous Plankton Records: The Distribution of Lamellibranch Larvae in the North Sea, 1950-51. *Bull. Mar. Ecology*, **4**, (27), 21-46
- Rees, C. B. (1954 b): Continuous plankton records: The Distribution of Echinoderm and other larvae in the North Sea, 1947-51. *Bull. Mar. Ecology*, **4**, (28), 47-67
- Reeve, M. R. (1993): The impact of gelatinous zooplankton predators on coastal and shelf ecosystems. BOC theme session Dublin, September 1993.. ICES Dublin 1993, 1
- Rehder, H. A. (1987): The Audubon guide: Field guide to North American seashells. In: A, A. & Knopf (eds.): Chanticleer Press Inc., New York, 3.Aufl., 894 pp.
- Reid, J. W. (1985): Chave de Identificacao e Lista de Referências Bibliográficas para as Espécies Continentais Sulamericanas de Vida Livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Bolm. Zool. Univ. S. Paulo*, **9**, 17-143
- Reid, P. C. & John, A. W. G. Tintinnid cysts. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **58**, (3),
- Reincke, H. (1993): Belastungssituation der Elbe mit Nährstoffen. In: Nordseeküste, Schutzgemeinschaft deutsche (ed.): Eutrophierung und Landwirtschaft. Clausen & Bosse, Leck, 14-29
- Reineck, H.-E. (1956): Der Wattenboden und das Leben im Wattenboden. *Nat. Volk*, **86**, (8), 268-284
- Reineck, H.-E. (1970): Die Ballast-Inseln. *Natur u. Museum*, **100**, 105-110
- Reineck, H.-E. (1976): Drift ice action on tidal flats, North Sea. *Rev. Geogr. Montr.*, **30**, 197-200
- Reise, K. (1990): Historische Veränderungen in der Ökologie des Wattenmeeres. *Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften, Vorträge*, **N**, (382), 35-55
- Reise, K. (1991): Ökologische Erforschung des Wattenmeeres. *Biologie der Meere. Spektrum Akad. Verl., Heidelberg*, 68-79
- Reise, K. (1993): Ausländer durch Austern im Wattenmeer. *Wattenmeer Internat.*, (3), 16-17
- Reise, K. (1994): Changing life under the tides of the Wadden Sea during the 20th century. *Ophelia*, **6**, 117-125
- Reise, K., Herre, E. & Sturm, M. (1994): Biomass and abundance of macrofauna in intertidal sediments of Königshafen in the northern Wadden Sea. *Helgoländer Meeresunters.*, **48**, 201-215
- Relini, G. (1987): The state of the art in the protection of marine structures from biodeterioration. In: Houghton, D. R., Smith, R. N. & Eggins, H. O. W. (eds.): Biodeterioration 7. Bd. 7, Elsevier Applied Sci., London, 292-304
- Relini, G.; Geraci, S.; Montanari, M. & Romairone, V. (1976): Seasonal variations of fouling organisms on the off-shore platforms of Ravenna and Crotona. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, **31**, (1-2), 227-256 pp.

- Remane, A. (1958): Ökologie des Brackwassers. In: Remane, A. & Schlieper, C. (eds.): Die Biologie des Brackwassers - Die Binnengewässer. Bd. 12, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1-216
- Remane, A. (1964): Die Bedeutung der Struktur für die Besiedlung von Meeresbiotopen. Helgol. Wiss. Meeresunters., **10**, 343-358
- Remane, A., Storch, V. & Welsch, U. (1986): Systematische Zoologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 3.Aufl., 698 pp.
- Remy, P. (1927): Note sur un copépode de l'eau saumâtre du canal de Caen à la mer, *Acartia tonsa*, Dana. Ann. Biol. Lacustre, **15**, 169-186
- Ricard, M. (1987): Atlas Du Phytoplankton Marin. In: Sournia, A. (ed.), Bd. 2, CNRS, Paris,
- Rice, A. L. (1967): Crustacea (pelagic adults); Order: Decapoda V. Caridea. Cons. Permanent Int. pour L'Explor. Mer. Zooplankton, (112), 1-7
- Rice, A. L. (1980): Crab zoeal morphology and its bearing on the classification of the Brachyura. Trans. zool. Soc. Lond., **35**, 271-424
- Richter-Dyn, N. & Goel, N. S. (1982): On the extinction of a colonizing species. Theor. Pop. Biol., **3**, 406-433 pp.
- Riedel-Lorjé, J. C. (1980): Untersuchungen über den Indikationswert von Aufwuchs in Süß- und Brackwasserzonen des Elbe-Aestuars unter Berücksichtigung industrieller Einleitungen. Diss. Univ. Hamburg, 1-139
- Riedl, R. (1983): Fauna und Flora des Mittelmeeres. Ein systematischer Meeresführer für Biologen und Naturfreunde. Verlag Paul Parey, Hamburg, 3.Aufl., 836 pp.
- Rigby, G. (1993): Status of Australian ballast water research program. NEMO Conference, Seattle, USA, 1-30
- Rigby, G. & Hallegraeff, G. M. (1993): Ballast water exchange trials and marine plankton distribution on the MV "Iron Whyalla". BHP Research Report BHPR/ENV/R/92/020, 123 pp.
- Rigby, G. & Hallegraeff, G. M. (1994): The transfer and control of harmful marine organisms in shipping ballast water: Behaviour of marine plankton and ballast water exchange trials on the MV "Iron Whyalla". J. Mar. Env. Engg., **1**, 91-110
- Rigby, G. R.; Steverson, I. G. & Hallegraeff, G. M. (1991): Environmental problems and the treatment options associated with international exchange of shipping ballast waters.. Proc. Chemeca, Developing Expot Technnology Conference, Newcastle, 18-20 September 1991, 221-230 pp.
- Rigby, G. R.; Steverson, I. G.; Bolch, C. J. & Hallegraeff, G. M. (1991): The transfer and treatment of shipping ballast waters to reduce the dispersal of toxic marine Dinoflagellates. Fifth International Conference on Toxic Phytoplankton Rhode Island, 1-8 pp.
- Rigby, G. R.; Steverson, I. G.; Bolch, C. J. & Hallegraeff, G. M. (1994): The transfer and treatment of shipping ballast waters to reduce the dispersal of toxic marine Dinoflagellates. Proc. Conf. Wkshop. NOAA, 79-84 pp.
- Rigby, G. & Taylor, A. (1995): Ballast water: Its impacts can be managed. Bd. O:11, ICES Annual Science Conference, Aalborg, 8 pp.
- Rigby, G. R., Steverson, I. G., Bolch, C. J. & Hallegraeff, G. M. (1993 a): The transfer and treatment of shipping ballast water to reduce the dispersal of toxic marine Dinoflagellates. In: Smayda, T. J. & Shimizu, Y. (eds.): Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 169-176
- Rigby, G. R., Taylor, A. H., Hallegraeff, G. M. & Mills, P. (1993 b): Progress in research and management of ships' ballast water to minimise the international transfer of toxic Dinoflagellates. International Toxic Phytoplankton Conference, 1-8
- Rigby, G. R., Taylor, A. H., Hallegraeff, G. M. & Mills, P. (1993 c): The behaviour of toxic dinoflagellates in ships' ballast water and progress in research and management to minimise international transfer. Sixth Int. Conf. Toxic Mar. Phytoplankton, 168
- Rimsh, E. Yu. (1977): Experiments on the acclimatization of Pacific salmon in the Baltic Sea. Rybokhoz. Issled. Bass. Balt. Morya, **13**, 100-107
- Roberts, L. (1990): Zebra mussel invasion threatens U.S. waters. Science, **249**, (21), 1370-1372
- Robson, G. C. (1915): On the extension of the range of the American slipper-limpet on the east coast of England. Ann. Mag. Nat. Hist., **8**, (16), 496-499
- Robson, G. C. (1929): On the dispersal of the American Slipper Limpet in English waters (1925-29). Proc. Malacological Soc., **18**, (11), 272-275

- Rocca, T. (1993): Mutant turtle terror threatens Riviera bathers. *Guardian*, 1
- Rocha, C. E. F. (1985): Freshwater copepods of the genus *Oithona* Baird, 1843 from the Amazonian region, Brazil. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, **18**, (3), 213-220 pp.
- Rose, M. (1933): Copépodes Pélagiques. In: Chopard, L. (ed.): Faune de France. Bd. 26, Paul Lechevalier, Paris, 1-374
- Rosenthal, H. (1980): Implications of transplantsations to aquaculture and ecosystems. *Mar. Fish. Rev.*, **5**, 1-14
- Ross, A. (1970): Studies on the Tetracitidae (Cirripedia : Thoracica): A proposed New Genus for the Austral Species *Tetracitita purpurascens breviscutum*. *Trans. San Diego Soc. Nat. Hist.*, **16**, (1), 1-12
- Rotramel, G. (1971): *Iais californica* and *Sphaeroma quoyanum*, two symbiotic isopods introduced to California (Isopoda, Janiridae and Sphaeromatidae). *Crustaceana*, **Suppl. 3**, 193-197
- Roughgarden, J. (1986): Predicting invasions and rates of spread. In: Mooney, H. A. & Drake, J. A. (eds.): Ecology of biological invasions of North America and Hawaii. Springer Verlag, New York, 179-190
- Round, F. E.; Crawford, R. M. & Mann, D. G. (1992): The Diatoms. Cambridge University Press, Cambridge,
- Rubinoff, I. (1968): Central America sea-level canal: possible biological effects. *Science (N. Y.)*, **161**, 857-861
- Rubinoff, R. W. & Rubinoff, I. (1969): Observation on the migration of a marine goby through the Panama Canal. *Copeia*, (2), 395-397
- Rueness, J. (1989): *Sargassum muticum* and other introduced Japanese macroalgae: biological pollution of European coasts. *Mar. Poll. Bull.*, **20**, (4), 173-176
- Ruiz, G. M.; Hines, A. H.; Smith, L. D. & Carlton, J. T. (1995): An historical perspective on invasions of North American waters by nonindigenous species. *Aquatic Nuisance Species Digest*, **1**, (1), 11 p.
- Ruoff, K. (1965): Neues von dem in die Weser eingebürgerten Flohkrebs, *Gammarus tigrinus* Sexton. *Der Fischwirt*, **11**, 1-2
- Ruoff, K. (1968): Experimentelle Untersuchungen über den in die Weser eingebürgerten amerikanischen Bachflohkrebs *Gammarus tigrinus* Sexton. *Arch. Fischereiwiss.*, **19**, 134-158
- Russell, D. J. & Balazs, G. H. (1994): Utilization of alien algal species by sea turtles in Hawaii. *Proc. Conf. Wkshop. NOAA*, 93-96
- Ruttner-Kolisko, A. (1972): III. Rotatoria. In: Tienemann, A., Elster, H.-J. & Ohle, W. (eds.): Die Binnengewässer. Das Zooplankton der Binnengewässer, 1. Teil. Bd. 26, 3, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung / Stuttgart, 99-165
- Ryan, E. P. (1956): Observations on the life histories and the distribution of the Xanthidae (Mud Crabs) of Chesapeake Bay. *Am. Midl. Nat.*, **56**, (1), 138-162
- Rytter Hasle, G. (1976): The biogeography of some marine planktonic diatoms. *Deep-Sea Research*, **23**, 319-338 pp.
- Sabelli, B.; Giannuzzi-Savelli, R. & Bedulli, D. (1992): Catalogo Annotato dei Molluschi marini del Mediterraneo. Bd. 3, *Liberia Naturalistica Bolognese*, 501-781 pp.
- Sabelli, B. & Speranza, S. (1994): Occurrence of *Xenostrobus* sp. (Bivalvia: Mytilidae) in Venice Lagoon. *Bull. Malacol.*, **29**, (9-12), 311-318 pp.
- Sakai, T. (1935): Crustacea of Jehol. Tribe Brachyura. Rep. of the first sci. expedition to Manchoukuo. Section V Division I Part II Article 7., 13-16
- Salemaa, H. & Hieltalahti, V. (1995): *Hemimysis anomala* G. O. Sars (Crustacea: Mysidacea) - a new mysid species in the northern Baltic Sea. *Tvärminne Studies, University of Helsinki*, **6**, 12-13 pp.
- Sander, F. & Moore, E. A. (1983): Physioecology of tropical marine copepods. 1. Size variations. *Crustaceana*, **44**, (1), 83-93 pp.
- Sandison, E. E. (1950): Appearance of *Elminius modestus* Darwin in South Africa. *Nature (Lond.)*, **165**, 79-80
- Sandrock, S. (1990): Struktur und Dynamik von Mikro- und Makrobewuchs auf künstlichen Substraten an Küsten- und Hafenstandorten in der südlichen Ostsee. *Diss. Rostock*, 1-163

- Santhakumari, V. & Balakrishnan Nair, N. (1984): Vertical distribution of marine wood boring and fouling organisms from the estuarine areas of the south west of India. *Fishery Technology*, **21**, 118-126
- Santos, J. M.; Downing, S. L. & Chew, K. K. (1993): Studies on the effects of water temperature on the sexual development of adult *Olympia* Oysters, *Ostrea lurida*. *World Aquacult.*, **24**, (3), 43-46 pp.
- Saraswathy, M. & Santhakumari, V. (1981): Sex ratio of five species of pelagic copepods from Indian Ocean. *Mahasagar.*, **15**, (1), 37-42 pp.
- Sardino, P.; Gambi, M. C. & Carrada, G. C. (1989): Spatio-temporal distribution of polychaetes (Annelida, Polychaeta) in an Italian coastal lagoon (Lago Fusaro, Naples). *Cah. Biol. Mar.*, **30**, (3), 375-391 pp.
- Sautour, B. & Castel, J. (1993): Distribution of zooplankton populations in Marennes Oleron Bay, France, structure and grazing impact of copepod communities. *Oceanol. Acta*, **16**, (3), 279-290 pp.
- Savostyanova, G. G. (1976): Origin, culturing and selection of the Rainbow Trout in the USSR and abroad. *Biol. osnovny forelevod. Izvest. Gosniorch.*, **117**, 3-13 pp.
- Scheer, B. T. (1945): The development of marine fouling communities. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole*, **89**, 103-121
- Scheibel, W. (1974): *Ameira divagans* Nicholls, 1939 (Copepoda Harpacticoidea). *Mikrofauna Meeresboden*, **38**, 1-10
- Schellenberg, A. (1925): Crustacea VIII : Amphipoda. *Beitr. z. Kenntnis der Meeresfauna Westafrikas*, **3**, (4), 113-204
- Schellenberg, A. (1928 a): Zoological results of the Cambridge expedition to the Suez Canal, 1924. XXXV. Report on the Amphipoda. *Trans. Zool. Soc., London*, **22**, (5), 633-692 pp.
- Schellenberg, A. (1928 b): Krebstiere oder Crustacea II: Decapoda, Zehnfüßer. In: Dahl, F. (ed.): *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile*. Bd. 10, Verlag von Gustav Fischer, Jena, 146 pp.
- Schellenberg, A. (1929): Der Suezkanal, seine Besiedlung und seine Bedeutung für den Faunenaustausch. *Naturforscher*, **6**, 201-205
- Schellenberg, A. (1934): Zur Amphipodenfauna der Kieler Bucht. *Schr. Naturw. Ver. Schlesw.- Holst.*, **20**, (2), 129-144
- Schellenberg, A. (1942): Krebstiere oder Crustacea IV: Flohkrebse oder Amphipoda. In: Dahl, M. & Bischoff, H. (eds.): *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile*. Bd. 40, Verlag von Gustav Fischer, Jena, 252 pp.
- Scheltema, R. S. (1974): Relationships of dispersal to geographical distribution and morphological variation in the polychaete family Chaetopteridae. *Thalassia Jugoslavica*, **10**, (1-2), 297-312
- Scheltema, R. S. & Carlton, J. T. (1984): Methods of dispersal among fouling organisms and possible consequences for range extension and geographical variation. In: Costlow, J. D. & Tipper, R. C. (eds.): *Marine biodeterioration: An interdisciplinary study*. Naval Institute Press, Annapolis, 127-133
- Scheltema, R. S. & Williams, I. P. (1983): Long-distance dispersal of planktonic larvae and the biogeography and evolution of some Polynesian and western Pacific mollusks. *Bull. Mar. Sci.*, **33**, (3), 545-565
- Schmitz, W. (1960): Die Einbürgerung von *Gammarus tigrinus* Sexton auf dem europäischen Kontinent. *Arch. Hydrobiol.*, **57**, (1/2), 223-225
- Schnack, S. (1975): Untersuchungen zur Nahrungsbiologie der Copepoden (Crustacea) in der Kieler Bucht. *Univ. Kiel*, 1-146
- Schnakenbeck, W. (1924): Ueber das Auftreten chinesischer Krabben in der Unterelbe. *Schr. für Süßwasser- und Meereskunde*, (5),
- Schnakenbeck, W. (1933): *Leander longirostris* (H. M.-Edw.) in der Unterelbe. *Zool. Anz.*, **102**, (5/6), 129-135
- Schneider, S. H. (1989): Veränderungen des Klimas. *Spektrum der Wiss.*, (11), 70-79
- Schneider, W. (1939): Würmer oder Vermes II: Fadenwürmer oder Nematoden. In: Dahl, M. & Bischoff, H. (eds.): *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile*. Bd. 36, Verlag von Gustav Fischer, Jena, 260 pp.
- Schöll, F. (1990): Zur Bestandssituation von *Corophium curvispinum* Sars im Rheingebiet. *Lauterbornia*, **5**, 67-70

- Schormann, J., Carlton, J. T. & Dochoda, M. R. (1990): The ship as a vector in biotic invasions. *Marine Mangement (Holdings) IMAS*, **20**, (1-6), 147-152
- Schubert, K. (1936 a): *Pilumnopus tridentatus* MAITLAND, eine neue Rundkrabbe in Deutschland. *Zool. Anz.*, **116**, (11/12), 320-323
- Schubert, K. (1936 b): In 25 Jahren der dritte Krebs nach Deutschland eingewandert!. *Der Fischmarkt*, **4**, (12), 304-305
- Schulz, H.-J. & Subklew, S. (1965): Der Bewuchs an Ostsee-Fischkuttern. *Zeitschr. Fisch. Hilfswiss.*, **13**, (1/2), 29-35
- Schütz, L. (1969): Ökologische Untersuchungen über die Benthosfauna im Nordostseekanal. III. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, **54**, (4), 553-592
- Schütz, L. & Kinne, O. (1955): Über die Mikro- und Makrofauna der Holzpfähle des Nord-Ostseekanals und der Kieler Förde. *Kieler Meeresf.*, **11**, (1), 110-155
- Seaman, M. N. L. (1985): Ecophysiological investigations on the oyster, *Crassostrea gigas* in Flensburg fjord. *Veroeff. Inst. Kuest. Binnenfisch, Hamb.*, (89), 71
- Seaman, M. N. L. (1991): Survival and aspects of metabolism in oysters, *Crassostrea gigas*, during and after prolonged air storage. *Aquaculture*, **93**, 389-395
- Seaman, M. T.; Ashton, P. J. & Williams, W. D. (1991): Inland salt waters of Southern Africa. *Hydrobiologia*, **210**, (1-2), 75-91 pp.
- Senders, J. & Senders, R. (1984): Schnecken und Muscheln. Bestimmen und Erkennen leicht gemacht. Kümmerly & Frey, Geographischer Verlag, 191 pp.
- Sewell, R. B. S. (1932): The Copepoda of Indian seas. *Indian Mus.*, **10**, 1-407
- Sewell, R. B. S. (1956): The continental drift theory and the distribution of the Copepoda. *Proc. Linn. Soc. Lond.*, **166**, (1), 149-177
- Sexton, E. W. (1912): Some brackish-water Amphipoda from the mouths of the Weser and the Elbe, and from the Baltic. *Proc. Zool. Soc. London*, **2**, 656-665
- Sexton, E. W. (1939): On a new species of *Gammarus* (*G. tigrinus*) from Droitwich District. *J. Mar. Biol. Ass., U.K.*, **23(5)**, 543-551
- Sharpe, R. W. (1911): Notes on the Copepoda and Cladocera of Woods Hole and adjacent regions, including a synopsis of the genera of the Harpacticoida. *Proc. U. S. Natn. Mus.*, **38**, (1758), 405-436
- Shcherbakov, F. A. & Babak, Y. V. (1979): Stratigraphic subdivision of the Neoeuxinian deposits in the Black Sea. *Oceanol. Acad. Sci. USSR*, **19**, (3), 298-300 pp.
- Shick, J. M. (1991): A functional biology of sea anemones. Chapman & Hall, 395 pp.
- Shick, J. M. & Lamb, A. N. (1977): Asexual reproduction and genetic population structure in the colonizing Sea Anemone *Haliplanella luciae*. *Biol. Bull.*, **153**, 604-617
- Shih, C.-T., Figueira, A. J. G. & Grainger, E. H. (1971): A synopsis of Canadian marine zooplankton. In: Stevenson, J. C. (ed.): Bd. 176, Fisheries Research Board Of Canada, Ottawa, 1-164
- Shmeleva, A. A. (1969): Espèces nouvelles du genre *Oncaea* (Copepoda, Cyclopoida) de la mer Adriatique. *Bull. Inst. oceanogr. Monaco*, **68**, (1393), 28
- Shumway, S. E. & Youngson, A. (1979): The effects of fluctuating salinity on the physiology of *Modiolus demissus* (Dillwyn). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **40**, (2), 167-181 pp.
- Shushkina, E. A. & Musayeva, E. I. (1990): Structure of planktic community of the Black Sea epipelagic zone and its variation caused by invasion of a new Ctenophore species. *Oceanology*, **30**, (2), 225-228
- Silva, P. & Fernandez, C. (1988): Structure of the *Chondrus crispus* community along the central coast of Asturias (North Spain). *Invest. Pesq. Barc.*, **52**, (1), 123-133 pp.
- Simberloff, D. (1986): Introduced insects: A biogeographic and systematic perspective. In: Mooney, H. A. & Drake, J. (eds.): Ecology of biological invasions of North America and Hawaii. Springer Verlag, New York, 3-24
- Simberloff, D. (1989): Which insect introductions succeed and which fail?. In: Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): Biological invasions. Bd. 3, John Wiley & Sons, New York, 61-75
- Simonsen, R. (1974): The Diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of RV "Meteor" 1964-1965. In: Krey, J.; Bückmann, A.; Kinne, O. & Schäfer, W. (eds.), Meteor Forschungsergebnisse. Bd. D 19, Gebrüder Borntraeger, Berlin,

- Simroth, H. (1895): Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung. Die Gastropoden der Plankton-Expedition. In: Hensen, V. (ed.): Bd. 2, Verlag von Lipsius und Tischler, Kiel und Leipzig, 206 pp.
- Sindermann, C. J. (1986): Strategies for reducing risks from introductions of aquatic organisms: A marine perspective. *Fisheries*, **11**, (2), 10-15
- Sindermann, C. J. (1993): Disease risks associated with importation of nonindigenous marine animals. *Mar. Fish. Rev.*, **54**, (3), 1-10
- Sindermann, C. J. (1991 a): Case histories of effects of transfers and introductions on marine resources. Introduction. *J. Cons. int. Explor. Mer*, **47**, 377-378
- Sindermann, C. J. (1991 b): The introduction of marine species: What the future holds. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the Conference & Workshop. Introductions & Transfers of Marine Species. Achieving a Balance between Economic Development and Resource Protection. Conference Papers. Bd. Session VII, S. C. Sea Grant Consortium, 143-148
- Sipes, J. (1994): Assessment of ship operation (ballast) technologies for controlling introductions of non-indigenous marine organisms. Nat. Res. Council. Commission on Engineering and Technical Systems. Committee on Ships Ballast Operations, 5
- Skerman, T. M. (1959): Marine fouling at the ports of Auckland. *N.Z. J. Sci.*, **2**, 57-94
- Skerman, T. M. (1960): Ship-fouling in New Zealand waters: A survey of marine fouling organisms from vessels of the coastal and overseas trades. *N.Z. J. Sci.*, **3**, 620-648
- Skóra, K. E. & Stolarski, J. (1993): *Neogobius melanostomus* (Pallas 1811) - New fish in the Baltic Sea. *Proc. Second Estuary Symp. Biol. Estuarine Species*,
- Skóra, K. E. & Stolarski, J. (1995): Round Goby - A fishy invader. *WWF Baltic Bull.*, (1), 46-47
- Slack-Smith, S. M. & Brearley, A. (1987): *Musculista senhousia* (Benson, 1842); a mussel recently introduced into the Swan River Estuary, Western Australia (Mollusca: Mytilidae). *Rec. West. Aust. Mus.*, **3**, (2), 225-230
- Smaldon, G. (1979): British Coastal Shrimps and Prawns. In: Kermack, D. M. & Barnes, R. S. K. (eds.): Synopsis of the British Fauna. Bd. 15, Academic Press, London, 126 pp.
- Smith, A. P. & Kretschmer, T. R. (1984): Electrochemical control of fouling. In: Costlow, J. D. & Tipper, R. C. (eds.): Marine biodeterioration: An interdisciplinary study. Naval Institute Press, Annapolis, 250-254
- Smith, D., Ruiz, G., McCann, L., Hines, A. & Wonham, M. (1993): Scientific study of ballast water. SERC, 1-14
- Smith, L. D. (1995): Chesapeake Bay ballast study. IUCN Species Survival Commission, 16
- Smith, T. E. & Kerr, S. R. (1992): Introductions of species transported in ships' ballast waters: The risk to Canada's marine resources. *Canadian Techn. Rep. Fisheries Aquatic Sci.*, **1867**, 1-16
- Snyder, F. L., Garton, D. W. & Brainard, M. (1992): Zebra mussels in the Great Lakes: The invasion and its implications. Ohio Sea Grant College Program, 1-4
- Sokolowsky, A. (1900): XI. Die Amphipoden Helgolands. *Beitr. z. Meeresfauna von Helgoland*, (2), 143-167
- Sournia, A. (1986): Atlas Du Phytoplankton Marin. In: Sournia, A. (ed.), Bd. 1, CNRS, Paris,
- Southward, A. J. (1995): Occurrence in the English Channel of a warm-water Cirripede, *Solidobalanus fallax*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **75**, 199-210
- Southward, A. J. & Crisp, D. J. (1963): Barnacles. Catalogue of marine fouling organisms (found on ships coming into European waters). Bd. 1, Organisation for Economic Co-operation and Development (O.E.C.D.) Publications, 48 pp.
- Spencer, B. E. (1992): Predators and methods of control in molluscan shellfish cultivation in North European waters. In: Depauw, N. & Joyce, J. (eds.), *Aquaculture and the environment*. Bd. 16, Spec. Publ. Eur. Aquacult. Soc., 309-337 pp.
- Spivey, H. R. (1979): First records of *Trypetesa* and *Megalasma* (Crustacea: Cirripedia) in the Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, **29**, (4), 497-508 pp.
- Stammer, H.-J. (1931): *Cordylophora caspia* (Pallas) in der Oder. *Zool. Anz.* **96**, 1/2, 1-9
- Stearns, R. E. C. (1881): *Mya arenaria* in San Francisco Bay. *Am. Nat.*, **15**, 362-366
- Steiff, B. (1990): Ein Bestimmungsschlüssel für die Larvenstadien der Brachyuren (Crustacea: Decapoda) in der Deutschen Bucht. *Ber. Biol. Anst. Helgoland*, **5**, 1-40
- Steinitz, H. (1967): A tentative list of immigrants via the Suez Canal. *Israel J. Zool.*, **16**, (3), 166-169

- Steirer, W. F. (1991): Historical Perspectives on Exotic Species. In: DeVoe, R. (ed.): Introductions & Transfers of Marine Species. Achieving a Balance between Economic Development and Resource Protection. Bd. Session I, S. C. Sea Grant Consortium, 1-4
- Stephen, R. (1988): Oncaeidae (copepoda: poecilostomatoida) in the Indian Ocean with comments on the species of *Lubbockia* and *Conaea*. Mahasagar., **21**, (1), 35-43 pp.
- Stephensen, K. (1929): Crustacea Cirripedia (excl. Rhizocephala). Zoology of the Faroes, **27**, 1-9
- Stephensen, K. (1936): The Godthaab Expedition 1928. Crustacea varia. Meddelelser om Gronland, **80**, (2), 1-38
- Stephenson, T. A. (1935): The British Sea Anemones. The Ray Society, London, 196-207
- Stephenson, W. (1972): Portunid crabs from the Indo-West-Pacific and Western America in the Zoological Museum, Copenhagen (Decapoda, Brachyura, Portunidae). Steenstrupia, **2**, (9), 127-156
- Stephenson, W. (1972): An Annotated Check List and Key to the Indo-West-Pacific Swimming Crabs (Crustacea: Decapoda: Portunidae). R. Soc. of N.Z., Bull., **10**, 1-64
- Steuer, A. (1933): Zur planmäßigen Erforschung der geographischen Verbreitung des Haliplanktons, besonders der Copepoden. Zoogeographica, **1**, (3), 269-302
- Steuer, A. (1935): Die Copepodenfamilie der *Macrosetellidae*. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien Mathem.-naturw. Klasse, Abt. I, **144**, (7/8), 391-399
- Stewart, J. E. (1991): Introductions as factors in diseases of fish and aquatic invertebrates. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **48**, (1), 110-117
- Stickney, A. P. & Stringer, L. D. (1957): A Study of the invertebrate bottom fauna of Greenwich Bay, Rhode Island. Ecology, **38**, (1), 111-122
- Stickney, R. R. (1991): The importance of introduced marine species to the development of the marine aquaculture industry in the United States and Puerto Rico. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the Conference & Workshop. Introductions & Transfers of Marine Species. Achieving a Balance between Economic Development and Resource Protection. Conference Papers. Bd. Session I, S. C. Sea Grant Consortium, 17-22
- Stigzelius, J.; Laine, A.; Rissanen, J.; Andersin, A.-B. & Ilus, E. (1995): The introduction of the North American polychaete *Marenzelleria viridis* (Verrill 1873) into the Gulf of Finland and the Bothnian Sea. Tvärminne Studies, University of Helsinki, **6**, 40-41 pp.
- Stock, J. H. (1952): Some notes on the taxonomy, the distribution and the ecology of four species of the Amphipod genus *Corophium*. Beaufortia, **21**, (11), 1-10
- Stock, J. H. (1967): A revision of the European species of the *Gammarus locusta*-group (Crustacea, Amphipoda). Zool. Verhand., **90**, 1-56
- Stock, J. H. (1973): Whale-lice (Amphipoda: Cyamidae) in Dutch Waters. Bull. Zool. Mus., **3**, (12), 73-77
- Stock, J. H. (1995): Vindsplaatsen van de Ivoorpok, *Balanus eburneus*, in Nederland. Het Zeepaard, **55**, (1), 19-22
- Stotz, W. (1988): Intraspecific relationships for space of the *Elminius kingii* barnacle Gray, 1831 in the estuary of the Lingue River (39°24'S), Chile. Invest. Mar., **16**, 31-40 pp.
- Stout, L. N. (1981): An unusual occurrence of the brackish water ostracode *Cyprideis salebrosa* in central Missouri. J. Paleontol., **55**, (4), 898-900 pp.
- Straughan, D. (1973): Control of marine fouling in a water cooling system in tropical Australia. Allan Hancock Fdn. Univ. S. Calif., 880-897
- Streble, H. & Krauter, D. (1978): Das Leben im Wassertropfen. Kosmos, Stuttgart, 4.Aufl.,
- Stresemann, E. (1986): Exkursionsfauna. Wirbellose. Bd. 2, 1, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, 7.Aufl., 507 pp.
- Stroben, E., Oehlmann, J. & Fioroni, P. (1993): TBT-Effekte an marinen Vorderkiemerschnecken und ihre Verwendbarkeit für ein biologisches Effektmonitoring. In: SDN (ed.): Antifouling im Meer - Gefahren durch Schiffsanstriche. Bd. 2, Clausen & Bosse, Leck, 73-92
- Stuardo, J.; Valdovinos, C. & Dellarossa, V. (1989): General characterization of Budi Lake: a brackish coastal lagoon of Central Chile. Cienc. Tecnol. Mar. Valparaiso, **13**, 57-69 pp.
- Stubbings, H. G. (1970): The Cirriped Fauna of tropical West Africa. Bull. British Mus., **15**, 229-319
- Suarez, M. E. & Gasca, R. (1992): Pteropodos (Gastropoda: Thecosomata y Pseudothecosomata) de de aguas superficiales (0-50 m) del sur del Golfo de Mexico. An. Inst. Cienc. Mar. Lomnol. Univ. Nac. Anton. Mex., **19**, (2), 201-209

- Subba Rao, D. V., Sprules, W. G., Locke, A. & Carlton, J. T. (1994): Exotic Phytoplankton from Ships' Ballast Waters: Risk of Potential Spread to Mariculture Sites on Canada's East Coast. Can. Data Rep. Fish. Aquatic Sci., (937), 1-51
- Sukopp, H. & Brande, A. (1984): Beiträge zur Landschaftsgeschichte des Gebietes um den Tegeler See. Sitzungsber. Ges. Naturforsch. Freunde Berlin, **24**, 198-214/1-7
- Sullivan, B. K. & McManus, L. T. (1986): Factors controlling seasonal succession of the copepods *Acartia hudsonica* and *A. tonsa* in Narragansett Bay, Rhode Island: Temperature and resting egg production. Mar. Ecol. Prog. Ser., **28**, 121-128
- Sullivan, C. M. (1948): Bivalve larvae of Malpeque bay, P.E.I.. Bull. Fish. Res. Bd. Can., **127**, 1-36
- Suzuki, H. & Konno, K. (1970): Basic studies on the antifouling by ultrasonic waves for ship's bottom fouling communities. I Influences of ultrasonic waves on the larvae of barnacles *Balanus amphitrite hawaiiensis* and mussels *Mytilus edulis*. J. Tokyo Univ. Fish, **56**, 31-48 pp.
- Svärdson, G. (1965): The American crayfish *Pacifastacus leniusculus* (DANA) introduced into Sweden. Inst. Freshw. Res., **46**, 90-94
- Swanson, A. P. (1995): The introduction of non-indogenous species to the Chesapeake Bay via ballast water. Strategies to decrease the risks of future introductions through ballast water management. Ballast Water Work Group. Chesapeake Bay Commission, Annapolis, 28 pp.
- Swennen, C. & Dekker, R. (1995): *Corambe batava* Kerbert, 1886 (Gastropoda: Opisthobranchia), an immigrant in the Netherlands, with a revision of the Family Corambidae. Malacol. Soc. Lond., **61**, 97-107
- Swincer, D. E. (1986): Physical characteristics of sites in relation to invasions. In: Groves, R. H. & Burdon, J. J. (eds.): Ecology of biological invasions. Cambridge University Press, Cambridge, 67-76
- Taissoun, N. E. (1973 a): Biogeografía y Ecología de los Cangrejos de la Familia "Portunidae" (Crustaceos Decapodos Brachyura) en la Costa Atlántica de América. Boln del Centro de Investnes Biol., **7**, 1-23
- Taissoun, N. E. (1973 b): Los Cangrejos de la Familia "Portunidae" (Crustaceos Decapodos Brachyura) en el Occidente de Venezuela. Boln del Centro de Investnes Biol., **8**, 1-77
- Tambs-Lyche, H. (1964): *Gonionemus vertens* L. Agazziz (Limnomedudae) - a zoogeographical puzzle. Sarsia, **15**, 1-8
- Tanaka, O. (1963): The pelagic Copepods of the Izu Region, Middle Japan. Systematic account IX. Families Centropagidae, Pseudodiaptomidae, Temoridae, Metridiidae and Lucicutiidae. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., **XI**, (1), 7-55
- Tattersall, W. M. (1904): The Marine Fauna of the Coast of Ireland, Part V, Isopoda. Bd. 2, Scient. Invest., 102 pp.
- Tattersall, W. M. & Tattersall, O. S. (1951): British Mysidacea. Bd. 136, Ray Society, London, 460 pp.
- Tebble, N. (1966): British Bivalve seashells. The British Museum (Natural History), London; Alden Press Osney Mead, 212 pp.
- Tent, L. (1979): Aufwuchs-Untersuchungen im Hamburger Hafen - Entwicklung und Struktur einer Biocoenose unter dem Einfluß häuslicher und industrieller Abwässer. Diss., Univ. Hamburg, 1-96
- Tent, L. (1981): Der Aufwuchs im Hamburger Hafen. Struktur einer Biocoenose in einem Belastungszentrum des Elbe-Ästuars. Arch. Hydrobiol., **1**, (2), 1-58
- Tesch, F. W. & Fries, G. (1963): Die Auswirkungen des eingebürgerten Flohkrebsses (*Gammarus tigrinus*) auf Fischbestand und Fischerei in der Weser. Der Fischwirt, **11**, 319-326
- Thalmann, H. E. (1960): An index to the genera and species of the Foraminifera. George Vanderbilt Foundation, Stanford, 393 pp.
- Theede, H. (1974): Die Tierwelt I. Ökologie. In: Maggaard, L. & Rheinheimer, G. (eds.): Meereskunde der Ostsee. Bd. 15, Springer-Verlag, Berlin, 171-188
- Thiel, H. (1962): *Clavopsella quadranularia* nov. spec. (Clavopsellidae nov. fam.) ein neuer Hydroidpolyp aus der Ostsee und seine phylogenetische Bedeutung. Z. Morph. Ökol. Tiere, **51**, 227-260
- Thiel, H. (1968): Die Einwanderung der Hydromeduse *Nemopsis bachei* L. Ag. aus dem ostamerikanischen Küstengebiet in die westeuropäischen Gewässer und die Elbmündung. Abh. Verh. Naturw. Ver. Hamburg, N. F., **12**, 81-94
- Thiele, J. (1935): Handbuch der systematischen Weichtierkunde. Bd. 2, Gustav Fischer, Jena, 1154 pp.

- Thompson, T. E. & Brown, G. H. (1976): British Opisthobranch Molluscs. Synopsis of the British Fauna. Bd. 8, Academic Press, London, 1-203
- Thomson, J. M. (1952): The acclimatation and growth of the Pacific Oyster (*Gryphaea gigas*) in Australia. J. Mar. FW. Res., **3**, 64-73
- Thörner, E. & Ankel, W. E. (1966): Die Entenmuschel *Lepas fascicularis* in der Nordsee. Natur und Museum, **96**, (6), 209-220
- Thorp, C. H., Knight-Jones, P. & Knight-Jones, E. W. (1986): New records of tubeworms established in British harbours. J. mar. Biol. Ass. U. K., **66**, 881-888
- Thorp, C. H., Pyne, S. & West, S. A. (1987): *Hydroides ezoensis* Okoda, a fouling serpulid new to British coastal waters. J. Nat. Hist., **21**, 863-877
- Timm, R. (1905): Hamburgische Elb-Untersuchung. VII. Cladoceren. Mitt. Naturhist. Mus., **22**, (2), 229-276
- Timms, B. V. & Morton, D. W. (1988): Crustacean zooplankton assemblages in freshwaters of tropical Australia. Hydrobiologia, **164**, (2), 161-169 pp.
- Tittizer, T. (1995): Vorkommen und Ausbreitung aquatischer Makrozoen (Makrozoobenthos) in den Bundeswasserstraßen. Akad. Natur- u. Umweltschutz, Baden-Württemberg, 1 pp.
- Timms, B. V. & Morton, D. W. (1988): Crustacean zooplankton assemblages in freshwaters of tropical Australia. Hydrobiologia, **164**, (2), 161-169 pp.
- Treherne, J. E.; Carlson, A. D. & Skaer, H. Le B. (1977): Facultative blood-brain barrier and neuronal adaptation to osmotic stress in a marine osmoconformer. Nature, **265**, (5594), 550-553 pp.
- Tremblay, M. J. & Anderson, J. T. (1984): Annotated species list of marine planktonic copepods occurring on the shelf and upper slope of the Northwest Atlantic (Gulf of Maine to Ungava Bay). Can. Spec. Publ. Fish. Aquatic Sci., **69**, 1-12
- Türkay, M. (1974): Die Grapsidae: Grapsinae des naturhistorischen Museums Genf, mit einer Bestimmungstabelle der rezenten Gattungen (Crustacea, Decapoda). Revue suisse Zool., **81**, (1), 137-148
- Turcott, V. (1977): Plankton from the coastal lagoons, 14. stational variation of the copepods in lagoon of Yavaros, State of Sonora, Mexico (1969-1970). Rev. Latinoam. Microbiol., **18**, (3), 159-165 pp.
- Turner, J. T. (1982): The annual cycle of zooplankton in a Long Island estuary. Estuaries, **5**, (4), 216-274 pp.
- Turner, J. T. (1986): Zooplankton feeding ecology: contents of fecal pellets of the cyclopoid copepods *Oncaea venusta*, *Corycaeus amazonicus*, *Oithona plumifera* and *O. simplex* from the Northern Gulf of Mexico. P. S. Z. N. I: Mar. Ecol., **7**, (4), 289-302 pp.
- Turner, J. T. (1994): Planktonic copepods of Boston Harbour, Massachusetts Bay and Cape Cod Bay, 1992. In: Ferrari, F. D. & Bradley, B. P. (eds.), Ecology and morphology of copepods. Bd. 292-293, 405-413 pp.
- Turner, R. D. (1966): A survey and illustrated Catalogue of the Teredinidae (Mollusca: Bivalvia). Mus. Comp. Zool.,
- Turner, R. D. (1981): An overview of research on marine borers: Past progress and future direction. In: Costlow, J. D. & Tipper, R. C. (eds.): Marine biodeterioration: An interdisciplinary study. Naval Institute Press, Annapolis, 3-16
- Turner, R. D. & Boyle, P. J. (1974): Studies of bivalve larvae using the scanning electron microscope and critical point drying. Bulletin of the American Malacological Union,
- Turner, R. D. & Johnson, A. C. (1971): Biology of marine wood-boring Molluscs. In: Jones, E. B. G. & Eltringham, S. K. (eds.): Marine Borers, Fungi and fouling organisms of wood. Bd. 27, 923, OECD Publications, Paris, 259-301
- Twombly, S. (1994): Comparative demography and population dynamics of two coexisting copepods in a Venezuelan floodplain lake. Limnol. Oceanogr., **39**, (2), 234-247 pp.
- Ueda, H. (1986): Redescription of the planktonic calanoid copepod *Acartia hudsonica* from Atlantic and Pacific waters: A new record from Japanese waters. J. Oceanogr. Soc. Japan, **42**, (2), 124-133 pp.
- Ueda, H. (1987): Temporal and spatial distribution of the two closely related *Acartia* species *A. omorii* and *A. hudsonica* (Copepoda, Calanoida) in a small inlet water of Japan. Estuar. Coast. Shelf Sci., **24**, (5), 691-700 pp.
- Uéno, M. (1931): The Cladocera of Hokkaidô. Dobutzugaku-Zasshi, **43**, (512), 441-450

- Uéno, M. (1934): The freshwater Branchiopoda of Japan, IV Genus *Daphnia* of Japan. 2. Local races of Japanese *Daphnia*. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., **9**, (4), 321-342
- Utinomi, H. (1949): Studies on the Cirripedian Fauna of Japan VI. Cirripeds from Kyusyu and Ryukyu Islands. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., **1**, (2), 19-37
- Utinomi, H. (1953): On two interesting species of epizoic barnacle *Acasta* from Japan. Mem. of the Coll. of Sci. Univ. of Kyoto, **20**, (3), 139-144
- Utinomi, H. (1958): Studies on the Cirripedian Fauna of Japan VII. Cirripeds from Sagami Bay. Contr. Seto Mar. Biol. Lab., **6**, (3), 281-311
- Utinomi, H. (1959): Thoracic cirripeds from the environs of Banyuls. Vie et Milieu, **10**, (4), 379-399
- Utinomi, H. (1960): On the world-wide dispersal of a Hawaiian barnacle, *Balanus amphitrite hawaiiensis* Broch. Pacif. Sci., **14**, (1), 43-50
- Utinomi, H. (1967): Comments on some new and already known cirripeds with emended taxa, with special reference to the parietal structure. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., **15**, (3), 199-237
- Utting, S. D. (1993): Annual report for England and Wales. ICES WGITMO, Aberdeen, Scotland, 1-4
- Utting, S. D. & Spencer, B. E. (1992): Introductions of marine bivalve molluscs into the United Kingdom for commercial culture - case histories. ICES Mar. Sci. Symp., **194**, 84-91
- Vaas, K. F. (1975): Immigrants among the animals of the delta-area of the southwestern Netherlands. Hydrobiol. Bull. (Amsterdam), **8**, 114-119
- Vaitonis, G. (1994): The formation of complexes of higher Crustacea in the reservoirs of Lithuania and their meaning in biocenosis. University of Vilnius, Lithuania. Diss., 26 pp.
- van de Oord, A. M. & Holthuis, L. B. (1959): De Columbuskrab in Nederland gevonden. De Levende Natuur, **62**, 30-32
- van den Brink, F. W. B., van der Velde, G. & bij de Vaate, A. (1991): Amphipod invasion on the Rhine. Nature, **352**, (8), 576
- van den Brink, F. W. B., van der Velde, G. & bij de Vaate, A. (1989): A note on the immigration of *Corophium curvispinum* Sars, 1895 (Crustacea: Amphipoda) into the Netherlands via the river Rhine. Bull. Zool. Mus. Univ. Amst., **11**, (26), 211-213
- van der Spoel, S. (1987): Five Pteropod species new for the Gulf of Alaska. Biol. Oceanogr., **5**, 29-42
- van Syoc, R. J. (1992): Living and fossil populations of a Western Atlantic barnacle, *Balanus subalbidus* Henry, 1974, in the Gulf of California region. Bd. 12, Proc. San Diego Soc. Nat. Hist., 7 pp.
- Vega Perez, L. A. (1993): Zooplankton of the Ubatuba region, Sao Paulo State. Publ. Espec. Inst. Oceanogr., Sao Paulo, **10**, 65-84 pp.
- Verrill (1869): Polyyps and Corals. Comm. of Essex Inst., **VI**, (8), 1-57
- Vervoort, V. (1963): Copepoda Calanoida of the families Calanidae up to and including Euchaetidae. In: Natuurlijke Hist., Rijksmus. & Leiden (eds.): Pelagic Copepoda Part I. Bd. 7, Danish Science Press, Copenhagen, 77-194
- Vervoort, W. (1964): Note on the distribution of *Garveia franciscana* (Torrey, 1902) and *Cordylophora caspia* (Pallas, 1771) in the Netherlands. Zool. Meded., **39**, 125-146 pp.
- Vervoort, V. (1965): Copepoda Calanoida of the families Phaennidae up to and including Acartiidae, containing the description of the new species of Aetideidae. In: Natuurlijke Hist., Rijksmus. & Leiden (eds.): Pelagic Copepoda Part II. Bd. 8, Danish Science Press, Copenhagen, 9-216
- Villwock, W. (1956): Beitrag zur Kenntnis der Tonnen- und Bodenfauna im Fahrwasserbereich des Emsmündungsgebietes. Zool. Statist. und Mus. Hamb., 1-52
- Villwock, W. (1972): Gefahren für die endemische Fischfauna durch Einbürgerungsversuche und Akklimatisierung von Fremdfischen am Beispiel des Titicaca-Sees (Peru / Bolivien) und des Lanao-Sees (Mindanao / Philippinen). Verh. Internat. Verein. Limnol., **18**, 1227-1234
- Vinogradov, M. Ye., Shushkina, E. A., Musayeva, E. I. & Sorokin, P. Yu. (1989): A newly acclimated species in the Black Sea: The Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora: Lobata). Oceanology, **29**, (2), 220-224
- Visscher, J. P. (1927): Nature and extent of fouling of ships' bottoms. Bull. Bureau Fish., **43**, (2), 193-252
- Visweswara Rao, K. & Hanumantha Rao, K. (1975): Macro- and micro faunal associates of the fouling Dreissenid *Mytilopsis sallei* (Recluz) in the Visakhapatnam Harbour. Bull. Dept. Mar. Sci. Univ. Cochin, **7**, (3), 623-629
- Vokes, H. E. (1980): Genera Of The Bivalvia: A Systematic and Bibliographic Catalogue (Revised and Updated). Edwards Brothers, Inc., 307 pp.

- Volkman, B. (1979): *Tisbe* (Copepoda, Harpacticoida) species from Bermuda and zoogeographical considerations. *Archo Oceanogr. Limnol.*, **19**, 1-76
- Vollmer, C. (1912): Zur Entwicklung der Cladoceren aus dem Dauerei. *Z. wiss. Zool.*, **52**, (3-4), 645-705
- Wagner, G. (1928): Von den Krabben der Nordsee. *Aus der Heimat*, **41**, (2), 55-57
- Waldichuk, M. (1990): Invading fish a threat to Great Lakes fisheries. *Mar. Poll. Bull.*, **21**, (6), 266-267
- Walford, L. & Wicklund, R. (1973): Contribution to a world-wide inventory of exotic marine and anadromous organisms. *FAO Fish. Tech. Pap.*, **121**, 1-49
- Wallentinus, I. (1994): Concerns and activities of the ICES Working Group on Introductions and Transfers of Marine organisms. In: Boudouresque, C. F., Briand, F. & Nolan, C. (eds.): *Introduced Species in European Coastal Waters. Report on an international Workshop. Bd. 8*, European Commission, Luxembourg, 76-84
- Waller, T. R. (1976): The development of the larval and early postlarval shell of the bay scallop *Argopecten irradians*. *Bulletin of the American Malacological Union*, **46**,
- Waller, T. R. (1980): Scanning electron microscopy of shell and mantle in the Order Arcoida (Mollusca: Bivalvia). *Smithsonian Contr. Zool.*, **313**, 1-58
- Waller, T. R. (1981): Functional Morphology and Development of Veliger Larvae of the European Oyster *Ostrea edulis* Linné. *Smithsonian Contr. Zool.*, **328**, 1-70
- Walne, P. R. & Helm, M. M. (1979): Introduction of *Crassostrea gigas* into the United Kingdom. In: Mann, R. (ed.): *Exotic species in mariculture*. MIT Press, Cambridge, 83-105
- Walter, T. C. (1989): Review of the New World species of *Pseudodiaptomus* (Copepoda: Calanoida), with a key to the species. *Bull. Mar. Sci.*, **45**, (3), 590-628
- Walz, N. (1989): Spreading of *Dreissena polymorpha* (Pallas) to North America. *Heldia*, **1**, (5-6), 196
- Wang, J. (1989): Ecology of fouling Polychaeta in Daya Bay. *Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay. Dayawan Haiyang Shengtai Wenji*, Xiamen, 74-81 pp.
- Wang, R. & Xu, J. (1991): Population dynamics and production of *Moina micrura* and *Diaphanosoma brachyurum* in Xuanwu Lake, Nanjing. *Acta Hydrobiol. Sin. Shuisheng Shengwu Xuebao*, **15**, (4), 314-320 pp.
- Warwick Fisher, S. & Bernard, D. O. (1991): Methods for evaluating zebra mussel control products in laboratory and field studies. *J. Shellfish Res.*, **10**, (2), 367-371
- Weintraub, B. (1993): Did American clams sail to Europe on Viking ships?. *Nat. Geogr.*, **5**
- Welcomme, R. L. (1986): International measures for the control of introductions of aquatic organisms. *Fisheries*, **11**, (2), 4-9
- Welcomme, R. L. (1988): International introductions of inland aquatic species. *Fishbase*,
- Wellershaus, S. & Soltanpour-Gargari, A. (1991): Planktonic copepods in the very low salinity region in estuaries. *Bull. Plankton Soc. Japan, Spec. Vol.*, 133-142
- Wells, F. E. & Bryce, C. W. (1988): *Seashells of Western Australia*. Western Australian Museum, Perth, 2. Aufl., 207 pp.
- Wells, F. E., Walker, D. I., Kirkman, H. & Lethbridge, R. (1990): *The marine flora and fauna of Albang, Western Australia. Bd. 1*, Aust. Mar. Sci. Assoc. Press, Perth, 437 pp.
- Wells, J. B. J. (1981): Key to aid in the identification of marine harpacticoid copepods. *Amendment Bull.*, **3**, 1-13
- Weltner, W. (1892): Nachträge zur Fauna von Helgoland. III. Zur Cirripedenfauna von Helgoland. *Zool. Jahrb.*, **6**, 453-455
- Weltner, W. (1895): Die Cirripeden von Patagonien, Chile und Juan Fernandez. *Arch. f. Naturg.*, **61**, 288-292
- Weltner, W. (1898 a): Verzeichnis der bisher beschriebenen recenten Cirripedenarten. Mit Angabe der im Berliner Museum vorhandenen Species und ihrer Fundorte. *Arch. Naturg.*, **5**, (1), 227-280
- Weltner, W. (1898 b): Hamburger Magalhaensische Sammelreise. Cirripeden. L. Friedrichsen & Co., Hamburg, 1-15 pp.
- Weltner, W. (1899): Ergebnisse einer Reise nach dem Pacific (Schauinsland 1896-1897). Cirripeden. *Zool. Jahrbücher*, **12**, 441-447
- Werner, B. (1948): Die amerikanische Pantoffelschnecke *Crepidula fornicata* L. im Nordfriesischen Wattenmeer. *Zool. Jb.*, **77**, 449-488
- Werner, B. (1950): Die Meduse *Gonionemus murbachi* MAYER im Sylter Wattenmeer. *Zool. Jb.*, **78**, 471-505

- Werner, W. E. (1967): The distribution and ecology of the barnacle *Balanus trigonus*. Bull. Mar. Sci., **17**, (1), 64-84
- Westheide, W. (1990): Polychaetes: Interstitial Families. In: Kermack, D. M. & Barnes, R. S. K. (eds.): Synopses of the British Fauna (New Series). Bd. 44, Universal Book Service / Oegstgeest, The Netherlands, 152 pp.
- White, D. C. & Benson, P. H. (1981): Determination of the biomass, physiological status, community structure and extracellular plaque of the microfouling film. In: Costlow, J. D. & Tipper, R. C. (eds.): Marine biodeterioration: An interdisciplinary study. Naval Institute Press, Annapolis, 68-74
- Whitehouse, J. W., Khalanski, M., Saroglia, M. G. & Jenner, H. A. (1985): The control of biofouling in marine and estuarine power stations: A collaborative research working group report for use by station designers and station managers. Cent. Elect. Generating Bd., 23-71
- Whitten, D. H. (1991): Joint United States and Canadian voluntary guidelines for control of Ballast-water discharges from ships in the Great Lakes. Dep. of Transportation, Fed. Reg., **56**, (51), 11330-11332
- Wiebe, P. H. (1991): Ringe am Rande des Golfstroms. Biologie der Meere. Spektrum Akad. Verl., Heidelberg, 46-57
- Wilkinson, D. M. (1991): Development of the program mandated under the non-indigenous aquatic nuisance prevention and control act of 1990. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the Conference & Workshop. Introductions & Transfers of Marine Species. Achieving a Balance between Economic Development and Resource Protection. Conference Papers. Bd. Session VI, S. C. Sea Grant Consortium, 127-129
- Willan, R. C. (1985): Successful Establishment of the Asian Mussel *Musculista senhousia* (Benson in Cantor, 1842) in New Zealand. Rec. Auckland Inst. Mus., **22**, 85-96
- Willan, R. C. (1987): The mussel *Musculista senhousia* in Australasia; Another aggressive alien highlights the need for quarantine at ports. Bull. Mar. Sci., **41**, (2), 475-489
- Williams, E. H. & Sindermann, C. J. (1991): Effects of disease interactions with exotic organisms on the health of the marine environment. In: DeVoe, R. (ed.): Proceedings of the conference & workshop. Introductions & transfers of marine species. Achieving a balance between economic development and resource Protection. Conference papers. Bd. Session IV, S. C. Sea Grant Consortium, 71-77
- Williams, L. W. (1906): Notes on marine copepoda of Rhode Island. Am. Naturalist, **40**, (477), 639-660
- Williams, R. B. (1973): Are there physiological races of the sea anemone *Diadumene luciae*?. Mar. Biol., **21**, 327-330
- Williams, R. B. (1975): Catch-tentacles in sea anemones: occurrence in *Haliplanella luciae* (Verrill) and a review of current knowledge. J. nat. Hist., **9**, 241-248
- Williams, R. J., Griffiths, F. B., Van der Wal, E. J. & Kelly, J. (1988): Cargo vessel ballast water as a vector for the transport of non-indigenous marine species. Est. Coast. Shelf Sci., **26**, 409-420
- Williamson, H. C. (1901): On the larval stages of Decapod Crustacea - The Shrimp (*Crangon vulgaris*, Fabr.). Fish. Board Scotl., 92-119
- Williamson, H. C. (1903): III.-On the larval and early young stages, and rate of growth, of the shore-crab (*Carcinus maenas*) LEACH. Twenty-first Ann. Rep. Fish. Bd. Scotl., 136-179
- Williamson, M. (1989): Mathematical models of invasion. In: Drake, J. A., Mooney, H. A., di Castri, F., Groves, R. H., Kruger, F. J., Rejmánek, M. & Williamson, M. (eds.): Biological invasions. Bd. 14, John Wiley & Sons, New York, 329-350
- Williamson, M. H. & Brown, K. C. (1986): The analysis and modelling of British invasions. Phil. Trans. R. Soc. Lond., **314**, 505-522
- Williamson, M. H., Kornberg, H., Holdgate, M. W., Gray, A. J. & Conway, G. R. (1986): The British contribution to the SCOPE programme on the ecology of biological invasions. Phil. Trans. R. Soc. Lond., **314**, 503-504
- Willmann, R. (1989): Muscheln und Schnecken der Nord- und Ostsee. Neumann-Neudamm, Melsungen, 310 pp.
- Wilson, C. B. (1932): The copepods of the Woods Hole region, Massachusetts. Bull. U. S. Nat. Mus., **158**, 1-635
- Wilson, E. O. (1965): The challenge from related species. In: Baker, H. G. & Stebbins, G. E. (eds.), The genetics of colonizing species. Academic, New York, 588 pp.

- Wolf, E. (1903): 4. Dauereier und Ruhezustände bei Kopepoden. Zool. Anz., **27**, (3), 98-108
- Wolff, T. (1954): Tre ostamerikanske krabber fundet i Danmark. Flora og Fauna, **60**, 19-34
- Wolff, T. (1977): The Horseshoe Crab (*Limulus polyphemus*) in North European waters. Vidensk. Meddr Dansk Naturh. Foren., **140**, 39-52
- Wolff, W. J. (1973): The estuary as a habitat. Zool. Verh. (Leiden), **126**, 1-242 pp.
- Wolff, W. J. (1992): Ecological developments in the Wadden Sea until 1990. Netherlands Inst. Sea Res. Publ. Ser., **20**, 23-32
- Woods, D. C., Fletcher, R. L. & Jones, E. B. G. (1987): Microfouling Film Composition, Thickness and Surface Roughness on Ship Trial Antifouling Paints. In: Houghton, D. R., Smith, R. N. & Eggins, H. O. W. (eds.): Biodeterioration 7. Bd. 7, Elsevier Applied Sci., London, 49-56
- Woodward, J. B. (1990): Ship ballast water designs to kill organisms before discharge. EPA Workshop on Zebra Mussels and other Introduced Aquatic Nuisance Species, Saginaw Valley State University, USA, 1-2
- Woodward, J. B., Parsons, M. G. & Troesch, A. W. (1992): Ship operational and safety aspects of ballast water exchange at sea. Michigan College Sea Grant Program, 1-35
- Xianqui, R. (1987): Studies on Chinese Cirrepedia (Crustacea). Stud. Mar. Sin. Haiyang Kexue Jikan, **28**, 175-187
- Xiuming, H., Weizhang, N., Haokui, L. & Keduo, C. (1989): A study on the interrelation between service condition of ships and fouling organisms. Oceanologia et limnologia Sinica, **10**, (1), 89-94
- Yang, W. T. (1968): Studies on decapod larval development. Crustaceana, **2**, 181-202
- Yeatman, H. C. (1962): The problem of dispersal of marine littoral copepods in the Atlantic ocean, including some redescrptions of species. Crustaceana, **4**, 253-272
- Yi, J. & Li, F. (1987): Community ecology of barnacle animal on intertidal hard bed in Jiulong River estuary, Fujian Province. Trop. Oceanol. Redai Haiyang, **6**, (2), 53-61 pp.
- Yoloye, V. (1976): The ecology of the West African bloody cockle, *Anadara (Senilia) senilis* (L.). Bull. Inst. Fondam. Afr. Noire, Ser. A, **38**, (1), 25-56 pp.
- Yoo, K. I.; Hue, H. K. & Lee, W. C. (1991): Taxonomical revision on the genus *Acartia* (Copepoda: Calanoida) in the Korean waters. Bull. Korean Fish. Soc., **24**, (4), 255-265 pp.
- Yoo, S. K. (1977): Biological studies on the propagation of important bivalves. 5. Morphological characteristics of the ark shell, *Anadara subcrenata*. Bull. Natl. Fish. Univ. Busan Nat. Sci., **17**, (1-2), 71-78 pp.
- Yoshida, H. (1937): On the veliger larvae and youngs of *Anadara (Arca) subcrenata* Lischke. Venus, **7**, (1), 5-11
- Yoshida, H. (1953): Studies on Larvae and Young Shells of Industrial Bivalves in Japan. J. Shimonoseki Coll. Fish., **3**, (1), 1-106
- Yount, J. D. (1990): Ecology and management of the Zebra Mussel and other introduced aquatic nuisance species. EPA Workshop on Zebra Mussels and other Introduced Aquatic Nuisance Species, Saginaw Valley State University, USA, 1-45
- Zagami, G. & Guglielmo, L. (1990): Prima segnalazione nel Mar Tirreno del Copepode Pelagico *Acartia tonsa* Dana. Mem. Biol. Mar. Oceanogr, **18**, 71-74
- Zander, C. D. (1991): Die biologische Bedeutung der Lebensgemeinschaft "Miesmuschelgürtel" in der Ostsee. Seevögel, **12**, (1), 127-131
- Zeidler, W. & MacPhail, M. K. (1978): Mollusc Type-Specimens in the South Australian Museum 1. Cephalopoda and Scaphopoda. Rec. S. Aust. Mus., **17**, (26), 381-385
- Zibrowius, H. (1971): Les espèces méditerranéennes du genre *Hydroides* (Polychaeta, Serpulidae) remarques sur le prétendu polymorphisme de *Hydroides uncinata*. Tethys, **2**, (3), 691-746
- Zibrowius, H. (1991): Ongoing modification of the Mediterranean marine fauna and flora by the establishment of exotic species. Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille, **51**, 83-107
- Zibrowius, H. (1994): Introduced invertebrates: examples of success and nuisance in the European Atlantic and in the Mediterranean. In: Boudouresque, C. F., Briand, F. & Nolan, C. (eds.): Introduced species in European coastal waters. Report on an international workshop. Bd. 8, European Commission, Luxembourg, 44-49
- Zibrowius, H. & Thorp, C. H. (1989): A review of the alien Serpulid and Spirorbid Polychaetes in the British Isles. Cah. Biol. Mar., **30**, 271-285
- Ziegelmeier, E. (1957): Die Muscheln (Bivalvia) der deutschen Meeresgebiete. Helgoländer wiss. Meeresunters., **6**, 1-64

- Ziegelmeier, E. (1964): Einwirkungen des kalten Winters 1962/63 auf das Makrobenthos im Ostteil der Deutschen Bucht. Helgol. Wiss. Meeresunters., **10**, 276-282
- Ziegelmeier, E. (1966): Die Schnecken (Gastropoda Prosobranchia) der deutschen Meeresgebiete und brackigen Küstengewässer. Helgoländer wiss. Meeresunters., **13**, 1-61
- Zimmer, C. (1933): Mysidacea. In: Grimpe & Wagler (eds.): Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. Bd. X, 29-69
- Zimmer, C. (1936): California crustacea of the order Cumacea. Proc. U.S. Nat. Mus., **83**, (2992), 439
- Zmudzinski, L. (1993): Long-term changes in macrozoobenthos of the Vistula Lagoon. Poster & abstract on: Second estuary symposium, Estuarine environments and biology of estuarine species. Gdansk, Poland,
- Zullo, V. A. & Newman, W. A. (1964): Thoracic Cirripedia from a Southeast Pacific Guyot. Pacif. Sci, **18**, 355-372
- Zvyagintsev, A. Y. & Mikhailov, S. R. (1978): Fouling of ships docked in ports in the sea of Japan. Sov. J. Mar. Biol., **5**, 63-71