

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.....	14
2.2.4 Schifffahrtsrouten	15
2.3 Volumen- und Gewichtsmaße von Schiffen.....	15
2.4 Beschreibung der untersuchten Schiffstypen.....	17
2.4.1 Containerschiffe	17
2.4.2 Kombischiffe.....	18
2.4.3 Schüttguttransporter und Tanker.....	19
2.4.4 Autotransporter und Ro-Ro-Transporter	19
2.4.5 Passagier-, Forschungsschiffe und Schiffstypen der Marine	20
2.4.6 Fruchtschiffe.....	20
2.4.7 Versorger.....	20
2.4.8 Schwimmdock.....	21
2.5 Ballasttanktypen	21
2.5.1 Vorpiek	22
2.5.2 Seitentank	23
2.5.3 Doppelbodentank	23
2.5.4 Quertank.....	23
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	26

2.7.2 Ballastwasser	27
2.7.3 Sediment	27
2.7.4 Außenhaut.....	27
2.8 Proben nach Herkunftsgebieten der Schiffe.....	29
2.8.1 Ballastwasserproben	31
2.8.2 Sedimentproben	32
2.8.3 Außenhautproben.....	33
2.9 Probenahme	34
2.9.1 Terminabsprache	34
2.9.2 Geräte zur Probenahme	35
2.9.3 Sicherheitsbestimmungen	35
2.10 Beschreibung der Probenahmen.....	36
2.10.1 Ballastwasser	36
2.10.1.1 Beprobung des Wasserkörpers durch geöffnete "Mannlöcher"	39
2.10.1.3 Beprobung über Peilrohre	40
2.10.1.4 Beprobungen am Manometer der Ballastwasser-Lenzpumpe.....	41
2.10.1.5 Proben im Dock	42
2.10.2 Tanksediment.....	43
2.10.3 Außenhautproben.....	43
2.11 Verweildauer des Ballastwassers im Schiff.....	44
2.11.1 Reisedauer	44
2.11.2 Wetterbedingungen.....	44
2.11.3 Verweildauer des untersuchten Ballastwassers im Ballasttank	46
2.11.4 Wechsel der Ballastwasserladung	46
2.11.5 Vorzeitiger Austausch oder Lenzen des Ballastwassers.....	46
2.12 Probenahmen nach Schiffstypen.....	47
2.13 Probenbearbeitung.....	48
2.13.1 Umweltfaktoren.....	48
2.13.2 Probenfixierung	48
2.13.3 Flora	48
2.13.3.1 Ballastwasserproben	48

2.13.3.2 Außenhautproben.....	49
2.13.3.3 Sedimentproben	49
2.13.3.4 Taxonomische Bestimmung	50
2.13.4 Fauna	50
2.13.4.1 Probensortierung.....	50
2.13.4.2 Naßgewichte	50
2.13.4.3 Taxonomische Bestimmung	50
2.14 Schiffsbegleitung	51
2.15 Internationale Zusammenarbeit.....	52
2.16 Fragebogenaktion und Literaturrecherche	52
2.17 Ermittlung nichtheimischer Arten.....	53
2.18 Kalkulation des eingetragenen Ballastwasservolumens	53
2.19 Kulturversuche	55
2.19.1 Flora	55
2.19.2 Fauna	55
2.20 Zusammenfassung Material und Methoden	57
3 Ergebnisse	59
3.1 Flora	59
3.1.1 Ballastwasser	59
3.1.1.1 Allgemeiner Überblick	59
3.1.1.2 Artenzusammensetzung des Planktons	61
3.1.1.3 Nichtheimische Arten	62
3.1.1.4 Häufig im Ballastwasser angetroffene Phytoplanktonarten.....	62
3.1.1.5 Herkunft des gefundenen Planktons	64
3.1.1.6 Aufenthaltsdauer des Planktons im Ballastwasser.....	66
3.1.1.7 Vergleich der verschiedenen Tanktypen.....	70
3.1.2 Sediment	70
3.1.2.1 Allgemeiner Überblick	70
3.1.2.2 Artenzusammensetzung in den Sedimentproben.....	70
3.1.2.3 Dinoflagellatencysten	71

3.1.2.4 Nichtheimische Arten	73
3.1.2.5 Herkunft der in den Tanksedimenten gefundenen Organismen.....	73
3.1.2.6 Vergleich der verschiedenen Tanktypen.....	74
3.1.3 Außenhaut.....	75
3.1.4 Kulturversuche	75
3.2 Fauna	75
3.2.1 Gesamtartenanzahl.....	75
3.2.2 Ballastwasser	79
3.2.2.1 Abiotik des Ballastwassers zum Zeitpunkt der Probenahme.....	79
3.2.2.2 Wechsel der Ballastwasserladung	82
3.2.2.3 Artfunde in Ballastwasser-, Sediment- und Außenhautproben.....	83
3.2.2.4 Tiergruppen in Ballastwasserproben.....	84
3.2.2.5 Artenanzahl und Individuenanzahl nach Verweildauer im Tank.....	85
3.2.2.6 Artenanzahl nach Herkunftsgebieten	87
3.2.2.7 Artenanzahl in Abhängigkeit des Ballastwasserzugangs.....	88
3.2.2.8 Artfunde nach Tanktypen	88
3.2.2.9 Artfunde nach Schiffstypen	89
3.2.2.10 Schiffsbegleitung von Singapur nach Bremerhaven	90
3.2.2.10.1 Organismengehalt in der Achterpiek über 24 Tage	90
3.2.2.10.2 Organismengehalt im Seitentank über 14 Tage	90
3.2.2.11 Ermittlung der Überlebensrate von Arten im Ballastwasser während einer Atlantiküberquerung.....	92
3.2.2.11.1 Vorpiek.....	93
3.2.2.11.2 Achterpiek.....	94
3.2.2.12 Hochrechnung des in heimischen Häfen gelenzten Ballastwassers ..	94
3.2.3 Sediment	95
3.2.3.1 Tiergruppen in Sedimentproben.....	95
3.2.3.2 Artenanzahl nach Herkunftsgebieten	95
3.2.4 Außenhaut.....	95
3.2.4.1 Tiergruppen in Außenhautproben	95
3.2.4.2 Artenanzahl nach Herkunftsgebieten	96

3.2.4.3 Naßgewichte	97
3.2.4.4 Artbeschreibung	98
3.2.5 Relation heimischer zu nichtheimischen <u>Arten</u>	98
3.2.5.1 Ballastwasserproben	99
3.2.5.2 Sedimentproben	99
3.2.5.3 Außenhautproben.....	100
3.2.6 Nichtheimische Organismen	101
3.2.6.1 Nichtheimische Organismen in Ballastwasserproben	101
3.2.6.2 Nichtheimische Organismen in Sedimentproben	101
3.2.6.3 Nichtheimische Organismen in Außenhautproben	103
3.2.6.4 Gattungs- und Artenliste nichtheimischer Organismen	103
3.2.6.4.1 Nichtheimische <u>Gattungen</u> , die in unseren Gewässern bisher nicht vorkamen	104
3.2.6.4.2 Nichtheimische <u>Arten</u> , die bereits in unseren Gewässern nachgewiesen wurden	105
3.2.6.4.3 Ansiedlungspotential nichtheimischer Arten	114
3.2.7 Kulturversuche	139
3.2.8 Erstfunde nichtheimischer Arten an Nord- und Ostseeküsten	139
3.2.9 Gefahrenabschätzung	142
3.2.9.1 Ansiedlungspotential nichtheimischer Arten	142
3.2.9.2 Gefahrenpotential für heimische Häfen.....	143
3.3 Zusammenfassung Ergebnisse	144
4 Diskussion	147
4.1 Flora	147
4.1.1 Methoden	147
4.1.2 Nachweis bereits in heimischen Gewässern etablierter Arten	148
4.1.2.1 Artfunde während der Schiffsbegleitfahrt von Singapur nach Bremerhaven.....	148
4.1.2.2 Ballastwasserproben	149
4.1.2.3 Sedimentproben	149

4.1.2.4 Außenhautproben.....	150
4.1.3 Abiotische Faktoren	150
4.1.3.1 Temperatur	150
4.1.3.2 Salzgehalt.....	154
4.1.4 Zu erwartende Auswirkungen auf heimische Lebensgemeinschaften	154
4.2 Fauna	155
4.2.1 Methodenvergleich	155
4.2.1.1 Vorgehensweise der nordamerikanischen Arbeitsgruppen.....	155
4.2.1.2 Vorgehensweise der australischen Arbeitsgruppen	156
4.2.2 Ballastwasser	157
4.2.2.1 Artenspektrum	157
4.2.2.2 Herkunftsangaben	159
4.2.2.3 Saisonalität.....	161
4.2.2.4 Überlebensdauer.....	161
4.2.2.5 Literaturvergleich.....	162
4.2.3 Sediment	166
4.2.3.1 Artenspektrum	166
4.2.3.2 Literaturvergleich.....	166
4.2.4 Außenhaut.....	168
4.2.4.1 Artenspektrum	168
4.2.4.2 Literaturvergleich.....	170
4.2.4.3 Schiffsgeschwindigkeit	172
4.2.4.4 Fahrtgebiete	172
4.2.4.5 Naßgewichte	172
4.2.4.6 Antifoulingfarbe	173
4.2.4.7 Sukzession	173
4.2.4.8 Artbeschreibung	174
4.2.5 Bisher eingeschleppte Arten	174
4.2.5.1 Europa.....	174
4.2.5.2 Nordsee.....	177
4.2.5.3 Ostsee	177

4.2.5.4 Mittelmeer.....	177
4.2.5.5 Nordamerika.....	178
4.2.5.6 Australien	179
4.3 Arteinschleppungen bewirkende Faktoren.....	179
4.3.1 Voraussetzungen für Arteinschleppungen mit dem Schiffsverkehr.....	179
4.3.1.1 Ballastwasser	179
4.3.1.2 Schiffsaußenhaut	181
4.3.1.3 Veränderungen der Herkunftsgebiete	182
4.3.1.4 Veränderungen der Transportvektoren	182
4.3.1.5 Veränderungen der Schifffahrtsrouten	183
4.3.1.6 Veränderungen im potentiellen Einschleppungsgebiet.....	183
4.4 Charakteristische Eigenschaften potentieller Einwanderungsarten.....	186
4.5 Charakteristische Eigenschaften potentieller Einwanderungsgebiete	187
4.5.1 Nordsee.....	188
4.5.2 Ostsee	189
4.6 Schiffsbegleitung von Singapur nach Bremerhaven	189
4.6.1 Überlebensrate während der Reise.....	189
4.6.2 Literaturvergleich.....	190
4.7 Handlungsbedarf.....	191
4.7.1 Abschätzung des Gefahrenpotentials	191
4.7.2 Ansiedlungspotential	194
4.7.3 Gefahrenpotential der Häfen.....	195
4.7.4 Schifffahrtsrouten	196
4.7.5 Importierte Ballastwassermenge	196
4.8 Richtlinien zum Umgang mit Ballastwasser.....	198
4.9 Präventivmaßnahmen	199
4.9.1 Ballastwasser (und Sediment).....	199
4.9.2 Schiffsaußenhaut	205
4.10 Richtlinien zum Umgang mit nichtheimischen Arten	206
4.11 Forschung und Untersuchungen im Hinblick auf zukünftige Maßnahmen ...	208

5 Zusammenfassung	212
5.1 Zusammenfassung, deutsch.....	212
5.1.1 Flora	213
5.1.2 Fauna	214
5.2 Summary	216
5.2.1 Flora	217
5.2.2 Fauna	217
 6 Danksagung	 219
 7 Literatur	 226

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 m² 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 Artenanzahl 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 Artenanzahl 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 Artenanzahl 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 Artenanzahl 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 cm².

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. Zitate eingeklammert, keine Angabe : k.A.

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

Tab. 11: Maximum hull area (in m²) 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 cm²).

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 infomation).