

## **Neozoen im Makrozoobenthos der Brackgewässer an der deutschen Nordseeküste**

### **Neozoan invertebrates in the brackish waters at the German North Sea coast**

Stefan Nehring & Heiko Leuchs

Mit 1 Abbildung und 2 Tabellen

**Schlagwörter:** Makrozoobenthos, Neozoen, Deutschland, Nordsee, Brackgewässer, Faunistik

**Key words:** macrozoobenthos, neozoans, Germany, North Sea, brackish water, faunistics

**In der vorliegenden Studie wurden erstmals umfassend für alle bekannten Neozoen unter den Makroinvertebraten in den Brackgewässern an der deutschen Nordseeküste das wahrscheinliche Herkunftsgebiet, mögliche Einschleppungsvektoren, Erstfunde in Nord-Europa und, speziell für Deutschland, der aktuelle Etablierungsstatus sowie nachgewiesene oder vermutete ökologische und ökonomische Effekte dargelegt. Insgesamt konnten 22 Arten identifiziert werden, bei denen höchstwahrscheinlich der Mensch direkt oder indirekt für eine Einschleppung verantwortlich ist. Hauptursprungsgebiet ist die nord-amerikanische Atlantikküste. Der Anteil der Neozoen am jeweiligen Gesamtartenbestand des Makrozoobenthos beträgt in der Brackwasserzone der Ästuarie ca. 10 % und in den brackigen Kanälen und Gräben ca. 7 %. Bisher konnten keine relevanten ökologischen oder ökonomischen Effekte durch die etablierten Neozoen in den Brackgewässern an der deutschen Nordseeküste nachgewiesen werden.**

**The present study explains comprehensively for the first time the probable area of origin, possible introduction vectors, primary finds in northern Europe and, specifically for Germany, the current setup status as well as the verified or presumed ecological and economic effects for all known neozoans under the macrozoobenthic species in the brackish waters at the German North Sea coast. In total, 22 species could be identified, in which the human influence is directly or indirectly responsible for the introduction. The main area of origin is the Atlantic coast of North America. The share of the neozoans compared to the respective total macrozoobenthic species numbers amounts to 10% in the brackish water zone of the estuaries and 7% in the brackish canals and ditches. Up to now, no relevant ecological or economic effects by established neozoans could be proved in the brackish waters at the German North Sea.**

### **1 Einleitung**

Die Besiedlung neuer Lebensräume durch gebietsfremde Arten war schon immer Teil natürlicher Evolutionsprozesse. Nur wenige der heute in Nord-Europa vorkommenden Arten konnten unter den eiszeitlichen Bedingungen vergangener Zeiten hier existieren. Die Lebensgemeinschaften bestehen demnach zu einem Großteil aus zugewanderten oder eingeschleppten Arten anderer Herkunftsbereiche.

Außer den natürlichen Ausbreitungsmechanismen von Organismen existieren verschiedene anthropogen geprägte Vektoren, die die Überwindung von Verbreitungsbarrieren ermöglichen. Neben Artimporten für wirtschaftliche Nutzung oder wissenschaftliche Versuche haben v.a. der Schiffsverkehr und der Bau von Kanälen für eine vermehrte Einschleppung von nicht-heimischen Tier- und Pflanzenarten, den Neozoen bzw. Neophyta, geführt (u.a. GOLLASCH 1996, TITTIZER 1996).

Weltweit finden die nicht-heimischen Arten eine zunehmende Bedeutung. Schäden ökonomischer Art sind in vielen Fällen nachgewiesen. Ökologische Schäden sind zu vermuten, da die meist konkurrenzstarken Opportunisten spezialisierte heimische Arten bedrohen können. Ihre geographische Ausbreitung führt zur Homogenisierung früher getrennter Biozöosen und daher auch auf anderer Ebene zu Biodiversitätsverlust (KINZELBACH 1996, NEHRING 2000a).

In der Zoologie waren die eingeschleppten Tiere bisher – im Gegensatz zu den Neophyta der Botanik – vernachlässigt (z.B. BÖCKER & al. 1995, DRAKE & al. 1989). Dieses gilt v.a. für den deutschen Bereich, wo erst in den letzten Jahren verstärkt an dieser Thematik gearbeitet wird. Schwerpunkte waren hier bisher terrestrische und limnische Tierarten, wie die Dokumentationen von Fachtagungen belegen (u.a. AKNU 1996, GEBHARDT & al. 1996, UBA 1996). Für das Makrozoobenthos in den Brackgewässern wurden bisher nur für einige wenige Einzelfälle, z.B. zur Ausbreitung der Wollhandkrabbe *Eriocheir sinensis* (ANGER 1990) und der Zuiderzeekrabbe *Rhithropanopeus harrisi* (NEHRING 2000b) nähere Betrachtungen angestellt.

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, erstmals umfassend für alle bekannten Neozoen unter den Makroinvertebrata in den Brackgewässern an der deutschen Nordseeküste (Ästuar, Kanäle, Gräben) das wahrscheinliche Herkunftsgebiet, mögliche Einschleppungsvektoren, Erstfunde in Nord-Europa und, speziell für Deutschland, den aktuellen Etablierungsgrad sowie Hinweise auf interspezifische Konkurrenz darzulegen. Eine abschließende Betrachtung erörtert Ursachen und Folgen sich etablierender Neozoen dar.

Aufgrund der Erkenntnisse zur Einschleppung der Sandklaffmuschel *Mya arenaria* aus Nord-Amerika nach Europa durch die Wikinger wird statt des Jahres 1492 (Ersteinführung amerikanischer Pflanzen nach Europa) das Jahr 982 als Symbol der Ersteinführung amerikanischer Organismen als Scheidejahr zwischen Archäozoen und Neozoen gewählt; eine umfassende Diskussion zur Begriffsdefinition „Neozoon - Neozoen“ findet sich in NEHRING & LEUCHS 1999b.

## 2 Die Neozoen in den Brackgewässern an der deutschen Nordseeküste

Insgesamt konnten bisher 22 Makrozoobenthos-Arten als Neozoen im oligo- bis polyhalinen Bereich der Ästuarien, Kanäle und Gräben an der deutschen Nordseeküste nachgewiesen werden. Die Neozoen gehören den systematischen Gruppen der Cnidaria (3), Arthropoda (7), Mollusca (8), Annelida (3) und Tentaculata (1) an (Tab. 1). Von einer Art, der Hydrozoe *Nemopsis bachei*, wurde bisher nur das Medusenstadium im Bereich der Deutschen Bucht gefunden. Laboruntersuchungen bestätigten aber die Existenz eines benthischen Polypenstadiums, wobei die Angaben zur Größe und zum Aussehen jedoch sehr stark differieren. Möglicherweise ist *N. bachei* aufgrund der Größe des Polypen zur Meiofauna zu rechnen.

Drei Arten (die Zuiderzeekrabbe *Rhithropanopeus harrisi*, die Amerikanische Bohrmuschel *Petricola pholadiformis* und die Amerikanische Pantoffelschnecke *Crepidula fornicata*) werden in den Rote-Listen für die bodenlebenden Wirbellosen als „gefährdet“ bzw. „potenziell gefährdet“ eingestuft (PETERSEN & al. 1996, RACHOR & al. 1995).

Die einzelnen Arten stammen ursprünglich aus biogeographisch oft entfernten Gebieten, wobei aber eindeutig der Schwerpunkt im Nordwest-Atlantik im Bereich der nordamerikanischen Küstengewässer liegt. Dort herrschen ähnliche klimatische Verhältnisse wie in den europäischen Küstengewässern. Die Neozoen wurden in der Regel durch Schiffe im Aufwuchs oder Ballastwasser verschleppt oder durch Menschen für wirtschaftliche Nutzung oder wissenschaftliche Versuche ausgesetzt. Der Bau von Kanälen ermöglichte v.a. hololimnischen Tieren aus dem pontokaspischen Raum die Überwindung natürlicher Ausbreitungsbarrieren zwischen den verschiedenen hydrographischen Einzugsgebieten (Abb. 1).

Den Anfang machte die Sandklaffmuschel *Mya arenaria*, die wahrscheinlich durch die Wikinger um 1.000 n.Chr. von Nordamerika nach Europa verschleppt wurde. Die meisten Nachweise von Neozoen stammen aus dem 20. Jahrhundert. Im vorangegangenen Jahrhundert wurden anscheinend nur fünf Arten (der Keulenpolyp *Cordylophora caspia*, die Brackwasser-Seepocke *Balanus improvisus*, die Zebramuschel *Dreissena polymorpha*, die Bohrmuschel *Petricola pholadiformis* und die Neuseeländische Zwergdeckelschnecke *Potamopyrgus antipodarum*) in die Brackgewässer an der deutschen Nordseeküste eingeschleppt. Die Diskrepanz liegt sicherlich auf der einen Seite darin begründet, dass heute vermehrt auf das Vorhandensein von nicht-heimischen Tieren geachtet wird bzw. die Determinationsliteratur genauere Artbestimmungen ermöglicht. Auf der anderen Seite ist natürlich der heute viel umfassendere globale Warenaustausch per Schiff sowie die verstärkte Nutzung von biotop-fremden Produkten aus der marinen Aquakultur zu nennen.

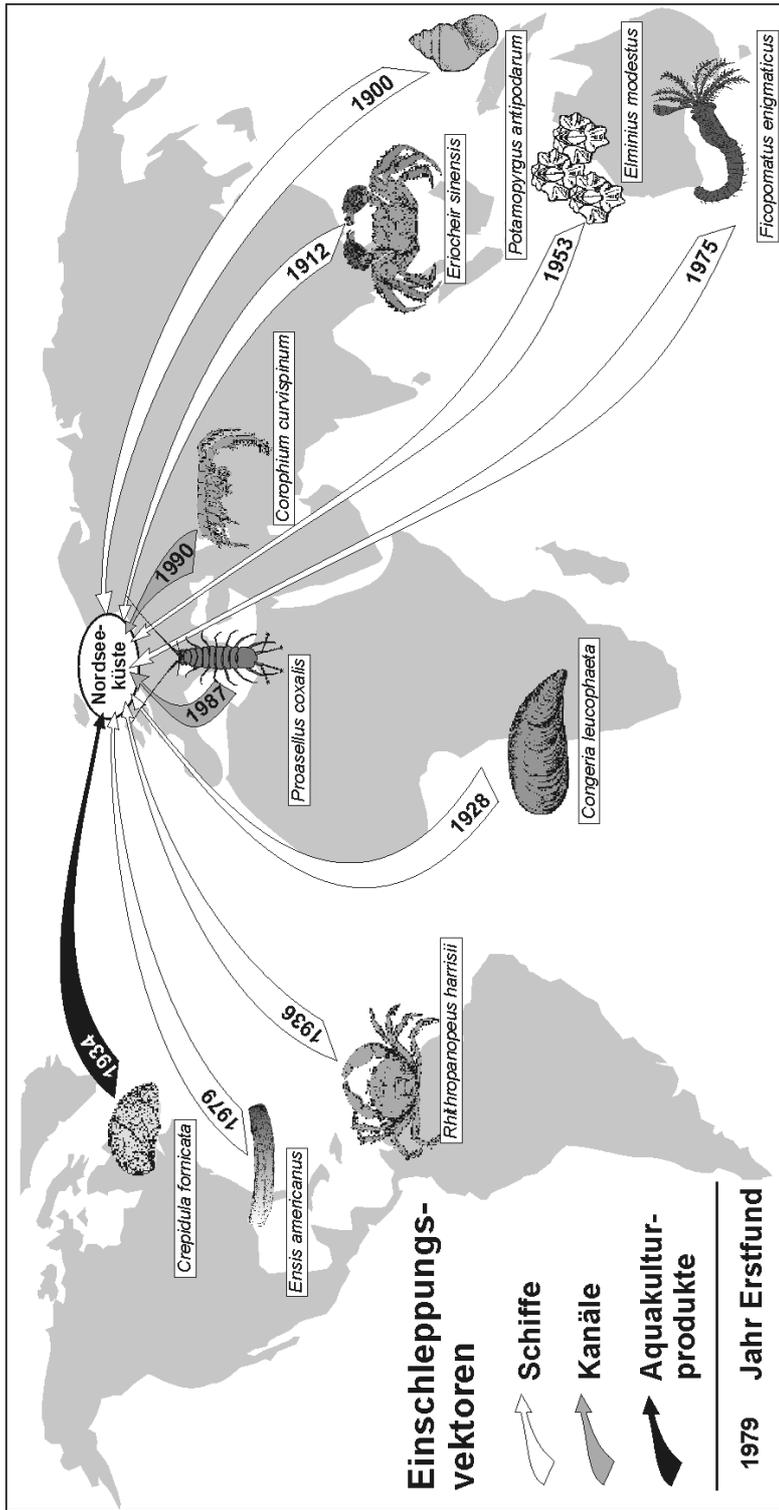


Abb. 1: Neozoen, ihre Einschleppungsvektoren und Jahr des Erstfundes an der deutschen Nordseeküste - eine Auswahl

Tabelle 1 Neozoen der Brackgewässer an der deutschen Nordseeküste - Ursprungsgebiet und Vektor für die nach Nordeuropa eingeschleppten Tiere; Befunde für die deutsche Nordseeküste: direkte Herkunft, zu vermutender Vektor, Erstfund und wahrscheinlicher Einschleppungszeitpunkt für die Küstengewässer, aktueller vierstufiger Etablierungsgrad in den Brackgewässern; weitere Erläuterungen siehe Text

Befunde für Nordeuropa				Befunde für die Brackgewässer an der deutschen Nordseeküste				
Art	Ursprungsgebiet	Vektor	Herkunft	Vektor	Einschleppung	Erstfund	Ästuare	Kanäle, Gräben
<b>HYDROZOA</b>								
<i>Bimeria franciscana</i>	Indischer Ozean?	Schiff?	Niederlande	Schiff	1910-1914	1952	ausgestorben?	regelmäßig
<i>Cordylophora caspia</i>	Pontokaspis	Kanal, Schiff	Pontokaspis	Kanal, Schiff	Anfang 19. Jh.	1858	häufig	häufig
<i>Nemopsis bachei</i>	Nordwest-Atlantik	Schiff	Nordwest-Atlantik	Schiff	1942?	1942	häufig	
<b>AMPHIPODA</b>								
<i>Corophium curvispinum</i>	Pontokaspis	Kanal, Schiff, Wanderung	Pontokaspis	Kanal, Schiff, Wanderung	1980er	1990	selten	
<i>Gammarus tigrinus</i>	Nordwest-Atlantik	Schiff?	Irland	ausgesetzt	1957	1957	selten	teilw. häufig
<b>ISOPODA</b>								
<i>Proasellus coxalis</i>	Mittelmeer	Kanal, Schiff, Wanderung	Mittelmeer/Frankreich	Kanal, Schiff, Wanderung	1980er?	1987	selten	teilw. häufig
<b>CIRRIPEDIA</b>								
<i>Balanus improvisus</i>	Subtropen	Schiff	Subtropen	Schiff	Anfang 19. Jh.	1858	teilw. häufig	regelmäßig
<i>Elminius modestus</i>	Australien/Neuseeland	Schiff	Großbritannien?	Drift?	1953	1953	häufig	häufig
<b>DECAPODA</b>								
<i>Eriocheir sinensis</i>	China/Korea/Japan	Schiff	China (Kiautschou)	Schiff	Anfang 20. Jh.	1912	regelmäßig	regelmäßig
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	Nordwest-Atlantik	Schiff	Niederlande	Schiff	1910-1914	1936	selten	regelmäßig
<b>BIVALVIA</b>								
<i>Congeria leucophaeta</i>	Südatlantik?	Schiff?	Niederlande	Schiff	1910-1914	1928	selten	regelmäßig
<i>Corbicula fluminalis</i>	Asien/Australien/Afrika	Schiff	Asien/Australien/Afrika	Schiff	1980er	1984	selten	selten

Befunde für Nordeuropa				Befunde für die Brackgewässer an der deutschen Nordseeküste				
Art	Ursprungsgebiet	Vektor	Herkunft	Vektor	Einschleppung	Erstfund	Ästuare	Aktueller Etablierungsgrad
							Kanäle, Gräben	
<i>Dreissena polymorpha</i>	Pontokaspis	Kanal, Schiff	Pontokaspis	Kanal, Schiff	Anfang 19. Jh.	1835		regelmäßig
<i>Ensis americanus</i>	Nordwest-Atlantik	Schiff	Nordwest-Atlantik	Schiff	1978	1979	häufig	
<i>Mya arenaria</i>	Nordwest-Atlantik	Schiff	Nordwest-Atlantik	Schiff	10./11. Jh.	?	regelmäßig	regelmäßig
<i>Peitricola pholadiformis</i>	Nordwest-Atlantik	Saat-Austern	Nordwest-Atlantik	Saat-Austern	1890er	1896	selten	
<b>GASTROPODA</b>								
<i>Crepidula fornicata</i>	Nordwest-Atlantik	Saat-Austern	Niederlande	Saat-Austern	1931-1934	1934	selten	
<i>Potamopyrgus antipodanum</i>	Neuseeland	Schiff	Großbritannien?	Schiff	Ende 19. Jh.	1900	selten	regelmäßig
<b>POLYCHAETA</b>								
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Süd-Australien?	Schiff?	Süd-Australien?	Schiff?	1972-1975	1975	häufig <sup>1)</sup>	
<i>Marenzelleria viridis</i>	Nordwest-Atlantik	Schiff	Nordwest-Atlantik	Schiff	1990er?	1996	regelmäßig	?
<i>Marenzelleria wireni</i>	Arktis?	Schiff?	Arktis?	Schiff?	1980er?	1983 ?	häufig	?
<b>BRYOZOA</b>								
<i>Victorella pavida</i>	Indischer Ozean?	Schiff	?	Schiff	1940er?	1951		selten

<sup>1)</sup> nur Hafengebiete Emden

Auffällig ist, dass die Mehrzahl der Arten zu den so genannten Aufwuchsformen bzw. zur vagilen Epifauna zählt. Vertreter der echten Endofauna sind mit der Körbchenmuschel *Corbicula fluminalis*, der Amerikanischen Scheidenmuschel *Ensis americanus*, der Bohrmuschel *Petricola pholadiformis* sowie den zwei Polychaeten *Marenzelleria viridis* und *Marenzelleria wireni* stark unterrepräsentiert. Eine Erklärung hierfür ist wahrscheinlich bei den Transportvektoren zu suchen. Die Chance, dass eine Tierart der Endofauna, die vornehmlich als adultes Tier im Sediment der Ballastwassertanks transportiert werden kann, am neuen Ort in die Umgebung gelangt, ist sicherlich kleiner als wenn sie freibeweglich ist bzw. als Aufwuchs an den äußeren Schiffswänden oder von Marikulturprodukten transportiert werden kann (siehe hierzu auch Abschnitt 3).

Für einige Makrozoobenthos-Arten ist zurzeit nicht eindeutig geklärt, ob sie aktuell an der deutschen Nordseeküste als Neozoon anzusehen sind. Hierzu gehört z. B. der Pfelischwanzkrebis *Limulus polyphemus*, eine eingeschleppte Art, von der aber seit Jahrzehnten keine Lebendfunde mehr publiziert worden sind. Oder aber der Pfahlwurm *Teredo navalis*, dessen Vorkommen möglicherweise mit einer natürlichen Arealerweiterung in Verbindung stehen kann.

Im nachfolgenden werden die einzelnen, zurzeit als echte Neozoen angesehenen Arten in der gleichen Reihenfolge wie in Tabelle 1 abgehandelt.

## 2.1 Hydrozoa

### ***Bimeria franciscana* TORREY 1902**

Herkunft. Das genaue Ursprungsgebiet von *B. franciscana* ist unbekannt. Die Erstbeschreibung stammt von der nordamerikanischen Pazifikküste, wo der Hydroidpolyp 1901 von TORREY (1902 zit. in VERVOORT 1964) in der Bucht von San Francisco gefunden wurde. Nach COHEN & CARLTON (1995) stammt *B. franciscana* möglicherweise aus dem nördlichen Indischen Ozean. Die Art wurde aber auch in Westafrika, Australien, im Golf von Mexiko und im Mittelmeer gefunden (VERVOORT 1964).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Die genaue Angabe eines Erstfundes für Europa bzw. Deutschland ist äußerst schwierig, da nach taxonomischen Untersuchungen durch VERVOORT (1964) *Bimeria franciscana* zumindest teilweise als *Cordylophora caspia* (siehe dort) bzw. als dessen Synonym *C. lacustris* bestimmt worden ist.

Aufgrund von überprüftem Belegmaterial konnte VERVOORT (1964) Funde von *Cordylophora* im niederländischen Zuiderzee zwischen 1926 und 1934 eindeutig *Bimeria franciscana* zuordnen. Aufgrund der in der Zuiderzee beobachteten hohen Individuendichten von *B. franciscana* ist anzunehmen, dass die Hydrozoe hier seit längerem heimisch war. Nachdem 1932 der Zugang der Zuiderzee zur Nordsee abgedämmt worden und das so genannte Ijsselmeer entstanden war, verschwand mit Abnahme des Salzgehaltes *B. franciscana* hier vollständig; in

anderen niederländischen Gewässern konnte die Hydrozoe aber weiterhin nachgewiesen werden (VERVOORT 1964). Im Bereich der belgischen Schelde konnte seit den 1950er Jahren *B. franciscana* teilweise recht häufig beobachtet werden (nach Vervoort 1964).

In Deutschland wurde *B. franciscana* erstmals 1952 im Nordostseekanal (NOK) festgestellt. Die Hydrozoe besiedelte hierbei fast den gesamten Verlauf (SCHÜTZ 1963). Vermutlich ist die Art hier schon zwischen 1910-1914 eingeschleppt worden (s.u.).

Transportvektor. *B. franciscana* gelangte vermutlich als Hydroidpolyp bzw. als dessen Ruhestadium (Menont) im Aufwuchs (oder im Ballastwasser) von Schiffen aus einem der oben angegebenen Gebieten an die niederländische Küste.

Die Einschleppung nach Deutschland wird auf dem gleichen Wege erfolgt sein, wobei vermutlich die Hydrozoe direkt aus den Niederlanden stammte. Bei der Erweiterung des NOK in den Jahren 1910-1914 wurden vorwiegend niederländische Großgeräte benutzt, die zuvor in Seitenkanälen des Noordzeekanals, der in den Zuidersee mündet, abgestellt waren (REDEKE 1937). Die gleiche Art von Einschleppung nach Deutschland wird auch für die Muschel *Congeria leucophaeta* (siehe dort) und den Krebs *Rhithropanopeus harrisi* (siehe dort) angenommen.

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Nachdem *B. franciscana* in den 1910er Jahren durch DECHOW (1920) im NOK noch nicht hatte nachgewiesen werden können, gilt die Hydrozoe seit den Untersuchungen von KINNE (1956 a,b) und SCHÜTZ (1963) als fester Bestandteil der Kanalfauna. Möglicherweise hat DECHOW sie mit der Hydrozoe *C. caspia* verwechselt (vgl. KINNE 1956b). Funde von *B. franciscana* in den 1960er in der Ems nennt DITTMER (1981).

Interspezifische Konkurrenz. Es ist keine relevante bekannt.

### ***Cordylophora caspia* (PALLAS 1771)**

Herkunft. Die Urheimat von *C. caspia* ist das Paläogenmeer, dessen Reste heute das Kaspische und Schwarze Meer bilden (THIENEMANN 1950). Seit langem gilt die Art als kosmopolitisch.

Erstfunde in Europa/Deutschland. Der erste Nachweis von *C. caspia* in Nordeuropa stammt wahrscheinlich von AGARDH (1816 zit. in ROCH 1924) aus schwedischen Küstengewässern. Etwas später fand ALLMAN (1844 zit. in KIRCHENPAUER 1862) einige Exemplare von *C. caspia* an einem versenkten Schiffsboden in einem Dock im irischen Dublin. Bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts wurde *C. caspia* aus fast allen nordeuropäischen Ländern gemeldet (Roch 1924).

In Deutschland wurde *C. caspia* erstmals 1858 an Fahrwassertonnen im Elbe-

ästuar durch KIRCHENPAUER (1862) nachgewiesen. Etwa zur gleichen Zeit wurde die Hydrozoe auch aus der Schlei bei Schleswig gemeldet (nach KIRCHENPAUER 1862). 1888 fand DAHL (1891) *C. caspia* von Brunsbüttel elbaufwärts bis ins Süßwasser hinein.

Transportvektor. *C. caspia* wurde vermutlich als Hydroidpolyp bzw. als Menont (Ruhestadium) im Aufwuchs (oder als Planularlarve im Ballastwasser) von Schiffen weltweit verschleppt, da die meisten Fundorte sich durch regen Schiffsverkehr auszeichnen (ROCH 1924).

Bei isolierten Vorkommen, z.B. in Seen, wird auch eine Verschleppung als Menont durch Wasservögel für möglich gehalten (ROCH 1924).

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. *C. caspia* gilt nach MICHAELIS (1994) als genuine Brackwasserart. Obwohl auch Populationen aus dem reinen Süßwasser bekannt sind, stellt sie ursprünglich eine haline Form dar. An der deutschen Nordseeküste ist *C. caspia* in brackigen Gewässern, z.B. im Nord-Ostsee-Kanal und im Brackwasserbereich um Emden, allgemein verbreitet (ARNDT 1984, POST & LANDMANN 1994). Da in den deutschen Nordseeästuarien die Salzgehaltsschwankungen an ihrer potenziellen Verbreitungsgrenze zum Meer jedoch relativ hoch sind, breitet sie sich hier in höhere Halinitätszonen nicht aus. In deutschen Gewässern findet der Keulenpolyp die stärkste Entfaltung bei eutrophen oligo/mesohalinen (3-7 ‰ S) Verhältnissen (ARNDT 1984, SCHÜTZ 1963), obwohl nach Laboruntersuchungen ihr Optimum bei 16,7 ‰ S liegt (KINNE 1956a).

Interspezifische Konkurrenz. Es ist keine relevante bekannt.

### ***Nemopsis bachei* AGASSIZ 1849**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *N. bachei* ist die nordamerikanische Atlantikküste von Massachusetts bis Florida (HARTLAUB 1911).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Der erste Nachweis von *N. bachei* in Europa stammt aus dem Jahr 1851, als Medusen bei den Hebriden beobachtet wurden. Bis 1925 wurde die Art weitere dreimal aus Schottland gemeldet. 1879 wurde *N. bachei* an der norwegischen Küste und 1905 in der niederländischen Zuiderzee gefunden. Nur im letzteren Falle konnte sich eine Population etablieren (alle Angaben nach KRAMP 1961, TAMBS-LYCHE 1964 und THIEL 1968).

1942 wurde eine Meduse von *N. bachei* erstmals für die deutsche Nordseeküste bei Helgoland entdeckt (KÜHL 1962).

Der Polyp soll nach MINER (1950 zit. in KÜHL 1962) eine Höhe von bis zu 1 Inch (= 2,5 cm) erreichen, wodurch eine Klassifizierung der Art als Makroinvertebrat gerechtfertigt wäre. In Laboruntersuchungen von KÜHL (1962) erreichte der Polyp (exkl. Tentakel) jedoch nur eine Größe von 0,6 mm. Die Tentakel wa-

ren maximal 0,9 mm lang.

Transportvektor. *N. bachei* gelangte vermutlich als Hydroidpolyp im Aufwuchs (oder im Ballastwasser) von Schiffen an die europäischen Küsten. Aufgrund der weit auseinanderliegenden Fundstellen, der zeitlichen Abstände und der mit Ausnahme der Zuiderzee und der Elbmündung vorliegenden Einzelfunde ist davon auszugehen, dass *N. bachei* jeweils neu eingeschleppt worden ist.

Etablierungsgrad in den Ästuarien. Nach dem Fund bei Helgoland konnte die Meduse 1949 auch in der Elbmündung bei Cuxhaven nachgewiesen werden. In den darauffolgenden Jahren wurde *N. bachei* hier von Mai bis Oktober in allen Altersstadien und in der polyhalinen Zone in großen Mengen gefunden (GIERE 1968, KÜHL 1957 zit. in THIEL 1968, SCHULZ 1961). Laboruntersuchungen von KÜHL (1962) bestätigten, dass *N. bachei* im Elbwasser fortpflanzungsfähig ist und damit hier ein benthisches Polypenstadium besitzt. Vereinzelt konnte die Hydromeduse im Weserästuar (KÜHL 1971) und im Hafen von Büsum (THIEL 1968) gefangen werden.

Interspezifische Konkurrenz. Es ist keine relevante bekannt.

## 2.2 Amphipoda

### *Corophium curvispinum* SARS 1895

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *C. curvispinum* ist die pontokaspische Region (WUNDSCH 1920).

Erstfunde in Europa/Deutschland. *C. curvispinum* erreichte Nord-Deutschland vom Schwarzen Meer über die Flüsse Dnjepr, Pripet, Weichsel, Warthe und ihrer verbindenden Kanäle, Spree-Havel-Gebiet und Elbe (THIENEMANN 1950, WUNDSCH 1913, 1920). Der Erstfund stammt von WUNDSCH (1912), der den Amphipoden am 26. März 1912 im Müggelsee bei Berlin fand. Aufgrund vorheriger Probenahmen ist davon auszugehen, dass *C. curvispinum* frühestens Ende 1910 hier eingewandert ist. Im limnischen Bereich der Tideelbe bei Harburg trat der Amphipode erstmals um 1920 auf (SCHLIENZ 1923). Der erste Nachweis in der brackigen Unterelbe auf der Höhe von Brokdorf gelang aber erst 1990 (ARGE Elbe 1991).

Transportvektor. *C. curvispinum* gelangte vermutlich im Aufwuchs (oder im Ballastwasser) von Schiffen, aber auch durch aktive Wanderung an die deutsche Nordseeküste (vgl. REINHOLD & TITTIZER 1997). Möglich war dies aber nur aufgrund der die Flüsse verbindenden Kanäle.

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. In der brackigen Unterelbe hat sich *C.*

*curvispinum* nach seinem Erstfund anscheinend etabliert, und es gibt Hinweise auf eine anhaltende Abwärtswanderung dieser Art bis in die mixo-haline Zone des Ästuars. Die Bestandsdichten sind hier aber gering (BfG unveröffentl.).

Interspezifische Konkurrenz. Die erfolgreiche Etablierung von *C. curvispinum* ist v.a. in seiner Reproduktionskapazität (s.u.) und seiner Salztoleranz begründet.

Im Gegensatz zum Küstenbereich, wo bisher keine Effekte von *C. curvispinum* festgestellt werden konnten, überziehen im limnischen Bereich die Wohnröhren von *C. curvispinum* in dichten Polstern die Substrate an den Flußufern und überwachsen sessile Makrozoa wie die Muschel *Dreissena polymorpha* (siehe dort), den Schwamm *Spongilla fragilis* und Bryozoen. Zumindest teilweise scheint der Amphipode hierdurch diese Organismen zu verdrängen (SCHÖLL 1990). Durch den dichten Bewuchs wird vermutlich auch ein erfolgreicher Larvenfall von z.B. *Dreissena* beeinträchtigt, da die Larven für eine Festsetzung bewuchsfreie Hartsubstrate benötigen. Auch eine Nahrungskonkurrenz zu anderen Filtrierern ist nicht auszuschließen (VAN DEN BRINK & al. 1991, 1993). Auf der anderen Seite zählt der Amphipode zu den wichtigsten Fischnährtieren in den limnischen Bereichen der Bundeswasserstraßen (TITTIZER 1996).

### ***Gammarus tigrinus* SEXTON 1939**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *G. tigrinus* liegt in den tidebeeinflussten Ästuarrien und Flußmündungen der nordamerikanischen Atlantikküste (BOUSFIELD 1958).

Erstfunde in Europa/Deutschland. 1931 wurde *G. tigrinus* erstmals und in den darauffolgenden Jahren vermehrt in verschiedenen brackigen Binnengewässern in Süd-England und Irland gefunden (HYNES 1955).

1960 wurden einige Individuen von *G. tigrinus* aus einer irischen Population im niederländischen IJsselmer ausgesetzt (NIJSSEN & STOCK 1966). In den folgenden Jahren breitete sich der Amphipode im Norden und Westen der Niederlande in oligohalinen Gewässern stark aus (PINKSTER 1975). Zwischen 1974 und 1976 hatte sich die niederländische Population soweit ausgedehnt, dass auch das Ems-Ästuar von nun ab besiedelt wurde (nach HERHAUS 1978).

In Deutschland wurden 1957 durch SCHMITZ ca. 1000 Individuen von *G. tigrinus* aus einer britischen Population bei Freudenthal in der Werra ausgesetzt (SCHMITZ 1960). Zwei Jahre nach Einsetzung in die Werra bildete *G. tigrinus* hier bereits eine stabile Population aus. Weitere zwei Jahre später hatte sich der Amphipode flußabwärts in die Weser bis nach Bremen sowie über den Mittel-landkanal und Dortmund-Ems-Kanal ausgebreitet (HERHAUS 1978). Im September 1965 wurde *G. tigrinus* erstmals an der deutschen Küste im Weser-Ästuar bei der Strohauser Plate mit sechs Individuen nachgewiesen (KLEIN 1969). 1978 wurde der Amphipode im Nord-Ostsee-Kanal häufig nachgewiesen (BULNHEIM

1980). Anfang der 1980er Jahre erfolgte eine weitere Besatzmaßnahme in der Elbe bei Geesthacht (HERBST 1982).

Transportvektor. HYNES (1955) vermutet, dass *G. tigrinus* von Nordamerika im Ballastwasser von Schiffen an die britische Küste gelangt ist.

Auf das europäische Festland gelangte der Amphipode durch den Transfer von britischen/irischen Individuen und gezielte Einsetzung in Gewässer. Die weitere Ausbreitung erfolgte über aktive Wanderung bzw. Drift, teilweise unterstützt durch das Vorhandensein von Kanälen. Für das Vorkommen im NOK wird eine Einschleppung über Ballastwasser vermutet (BULNHEIM 1980).

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. An der deutschen Nordseeküste kommt der Amphipode heute allgemein bis in die Brackwasserzone der Ästuare vor, dominant tritt er aber nur in einigen nicht tidebeeinflussten Brackgewässern, z.B. bei Emden, auf (MEURS & ZAUKE 1988, POST & LANDMANN 1994).

Interspezifische Konkurrenz. Im Bereich der Werra und Weser waren die autochthonen Amphipodenbestände aufgrund der starken Versalzung durch die Kali-Industrie stark dezimiert, so dass der salztolerante *Gammarus tigrinus* hier auf eine fast leere ökologische Nische traf (SCHMITZ 1960).

Faunenanalysen in den Niederlanden zeigten, dass *G. tigrinus* sich wohl aufgrund seiner großen Reproduktionskapazität gegenüber einer vollausgebildeten autochthonen Amphipodengemeinschaft durchsetzen und heimische Arten massiv zurückdrängen kann (PINKSTER 1975).

## 2.3 Isopoda

### *Proasellus coxalis* (DOLLFUS 1892)

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *P. coxalis* ist der Mittelmeerraum mit Süd-Italien, Sizilien und den Ägäischen Inseln (GRUNER 1965).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Von seinem Ursprungsgebiet hat sich *P. coxalis* bis nach Nordafrika, Syrien und Palästina, Griechenland und Jugoslawien, Norditalien, Südfrankreich, Spanien und Portugal ausgebreitet (GRUNER 1965).

*P. coxalis* erreichte Nord-Deutschland wahrscheinlich von Südfrankreich via die Flüsse Rhône, Saône, Doubs, den Rhein-Rhône-Kanal, den Rhein und abschließend den Dortmund-Ems-Kanal. Eine identische Route nach Deutschland wird nach TITTIZER (1996) auch für die nahverwandte Asselart *P. meridianus* RACOVITZA, die 1948 erstmals am Niederrhein gefunden wurde, vermutet. Erstmals wurde *P. coxalis* in den 1950er Jahren in der Ruhr, bei der Einmündung der Werse in die Ems sowie bei Halle, Merseburg und Mansfeld nachgewiesen (HERBST 1956). An der Nordseeküste kommt *P. coxalis* seit mindestens 1987 vor. Seit Beginn der biologischen Gewässergütebestimmung 1987 im Dienstbezirk

des StWA Aurich konnte die Assel regelmäßig in der Ems und in den brackigen Gewässern um Emden gefunden werden (POST & LANDMANN 1994). 1987 konnte *P. coxalis* auch in zwei Bächen bei Hamburg nachgewiesen werden (KIEL & al. 1989).

Transportvektor. *Proasellus coxalis* gelangte vermutlich im Aufwuchs (oder im Ballastwasser) von Schiffen, aber auch durch aktive Wanderung an die deutsche Nordseeküste. Möglich war dies aber nur aufgrund der die Flüsse verbindenden Kanäle.

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. *P. coxalis* ist in den brackigen niedersächsischen Binnengewässern und in der Ems bis in die oligohaline Zone regelmäßig zu finden (POST & LANDMANN 1994, SUHRHOFF & GUMPRECHT 1997).

Im Mündungsbereich der Elbe wurde die Assel erstmals 1993 an mehreren Stationen auf Höhe von Cuxhaven mit jeweils einigen Individuen gefunden (SCHÖLL & BALZER 1998). Zuvor war hier die Art nur elbaufwärts im Einzugsbereich der Alster (KIEL & al. 1989) und oberhalb von Geesthacht bekannt (TITTI-ZER 1996). Im Weser-Ästuar konnte *P. coxalis* erstmals im September 1996 mit einem Individuum an einer Buhne bei UW-km 73,6 (direkt nördlich Containerterminal III, Bremerhaven) gefunden werden (LEUCHS & NEHRING 1997). Aufgrund des Einzelfundes scheint sich hier bisher noch keine eigenständige Population ausgebildet zu haben. Es handelt sich hierbei vermutlich um eine Verdriftung aus dem flüßaufwärtigen Bereich der Weser. In der stark versalzten Mittelweser gehört *P. coxalis* seit längerem zum Fauneninventar (HAESLOPP & SCHUCHARDT 1995).

Interspezifische Konkurrenz. Es ist bisher keine relevante bekannt.

## 2.4 Cirripedia

### *Balanus improvisus* DARWIN 1854

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *B. improvisus* liegt wahrscheinlich in subtropisch-gemäßigten Gewässern (BROCH 1924).

Erstfunde in Europa/Deutschland. In seiner Monographie beschreibt DARWIN (1854 zit. in HOEK 1909) das Vorkommen von *B. improvisus* an der Küste von Großbritannien. Kurze Zeit später wurde die Seepocke auch in den Niederlanden gefunden (nach HOEK 1909).

Fast zeitgleich mit der Erstbeschreibung fand KIRCHENPAUER (1862) *B. improvisus* 1858 erstmals auf Fahrwassertonnen im Elbeästuar. Kirchenpauer beschrieb nur die Art *B. crenatus*, die 1888 auch von DAHL (1891) hier gefunden wurde. Nach SCHAPER (1922) sind jedoch einige Tiere als *B. improvisus* anzusehen. 1873 wurde *B. improvisus* an der ostfriesischen Küste und im Elbeästuar bis

fast zur Süßwassergrenze nachgewiesen (METZGER 1891).

Transportvektor. *B. improvisus* wurde wahrscheinlich im Aufwuchs von Schiffen weltweit verschleppt. Diese Art ist eine der häufigsten Seepocken an Schiffskielen (HENTSCHEL 1932).

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Bis Anfang der 1970er Jahre noch regelmäßig im Aufwuchs aller Hartböden an der deutschen Nordseeküste anzutreffen, fehlt *B. improvisus* seit Mitte der siebziger Jahre fast völlig. Nur im Brackwasser der Ästuar, Kanäle und Sielausläufe sind kleine Populationen dieser Seepocke erhalten geblieben (MICHAELIS & REISE 1994, POST & LANDMANN 1994, SCHÖLL & BALZER 1998), die aber z.B. an Fahrwassertonnen in der Unter- und Außenweser hohe Individuendichten erreichen (BfG unveröffentl.).

Interspezifische Konkurrenz. *B. improvisus* gilt allgemein als konkurrenzschwach bei Vorhandensein anderer Cirripedia-Arten (SCHÜTZ 1963). Möglicherweise ist daher *B. improvisus* durch die zunehmende Ausbreitung der Seepocke *Elminius modestus*, die 1953 in das deutsche Wattenmeer eingeschleppt wurde (siehe dort), aus einigen eu- und polyhalinen Bereichen der niedersächsischen Küste verdrängt worden (KÜHL 1963, MICHAELIS & REISE 1994).

#### ***Elminius modestus* DARWIN 1854**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *E. modestus* liegt in australisch-neuseeländischen Gewässern (BISHOP 1947).

Erstfunde in Europa/Deutschland. *E. modestus* wurde 1945 von BISHOP (1947) in Chichester Harbour bei Plymouth an der britischen Ärmelkanalküste gefunden. Durch Nachuntersuchungen älterer Proben wurde 1943 als Einwanderungsjahr ermittelt (CRISP 1958, STUBBINGS 1950).

Die Ausbreitung von *Elminius* an den europäischen Küsten ging recht schnell vor sich und konnte gut verfolgt werden (CRISP 1958). In den Niederlanden wurde die Seepocke erstmals 1946 an zwei Stellen in der Nähe von Rotterdam festgestellt. 1950 erreichte *E. modestus* das niederländische Wattenmeer bei der Insel Texel (DEN HARTOG 1953).

Im Dezember 1953 wurde *E. modestus* im Elbeästuar bei Cuxhaven an verschiedenen Stellen gefunden; Mitte August 1953 war dieses Gebiet noch nicht besiedelt (KÜHL 1954). Die Angabe 1952 als Etablierungszeitpunkt von *Elminius* im deutschen Wattenmeer in MICHAELIS & REISE (1994) ist nach den Ausführungen in KÜHL (1963) als spekulativ anzusehen. Kühl hatte 1952 umfangreiche Untersuchungen im Wattenmeer durchgeführt und keine Individuen von *E. modestus* feststellen können. Der Erstfund für das Wattenmeer gelang erst 1954 bei Neßmersiel/Norderney/Baltrum, und anhand der Zuwachslinien definierte KÜHL

das Jahr 1953 für eine erste Besiedlung des deutschen Wattenmeeres.

Transportvektor. *E. modestus* wurde wahrscheinlich im Aufwuchs von Schiffen nach Großbritannien eingeschleppt. Möglicherweise diente auch ein Wasserflugzeug als Vektor (ENO & al. 1997). Die weitere Ausbreitung in Europa erfolgte über Schiffe, Treibholz, Saatmiesmuscheln und als Larve mit der natürlichen Wasserströmung (KÜHL 1963).

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Innerhalb von 15 Jahren hat sich *E. modestus* zwischen Frankreich und der westlichen Ostsee etabliert.

In Deutschland wurde die gesamte Nordseeküste innerhalb von 2 Jahren besiedelt. Übersichten zur Ausbreitung in deutschen Küstengewässern geben BARNES & BARNES (1960) und KÜHL (1963). Heute stellt *Elminius* in vielen Bereichen eine der häufigsten Seepocken-Arten dar. Auch seine Larven sind z.B. im Zooplankton des Elbeästuars dominant (GIERE 1968).

Interspezifische Konkurrenz. Im marinen Bereich besteht zwischen *E. modestus* eine Platzkonkurrenz zu den Seepocken *Balanus balanoides* und *B. improvisus*, letztere ebenfalls ein Neozoon (siehe dort). Beide Arten waren in den dreißiger Jahren an der gesamten niedersächsischen Küste im Gegensatz zu heute häufig. Es wird vermutet, dass *Elminius* beide Seepocken aus einigen Gebieten (v.a. Wattenmeer) verdrängt hat (nach MICHAELIS & REISE 1994, REISE 1990); ein Phänomen, das auch in anderen Seegebieten beobachtet wurde (z.B. CRISP 1958).

Durch Massenvorkommen von *E. modestus* ist aufgrund der filtrierenden Ernährungsweise ein nachhaltiger Einfluß auf planktische Larvalpopulationen benthischer Tiere incl. der verschiedenen kommerziell genutzten Austern-Arten nicht auszuschließen (ROSENTHAL 1980).

## 2.5 Decapoda

### *Eriocheir sinensis* MILNE-EDWARDS 1854

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *E. sinensis* liegt im ostasiatischen Raum an den Küsten von China, Japan und Korea (PANNING 1938).

Erstfunde in Europa/Deutschland. *E. sinensis* wurde zuerst in Deutschland nachgewiesen, wo ein ausgewachsenes Männchen (4-5 Jahre alt) am 26. September 1912 in der Aller bei Rethem gefangen wurde (MARQUARD 1926). Aufgrund des Fundortes (flußaufwärts hinter zwei Wehren) wurde vermutet, dass das Tier bzw. dessen Eltern schon einige Jahre zuvor eingeschleppt wurde(n) (PANNING 1950). Ab 1915 wurden in der Tideelbe regelmäßig Wollhandkrabben durch Fischer gefangen (SCHNAKENBECK 1924).

Innerhalb von zwei Jahrzehnten reichte das Verbreitungsgebiet von *E. sinensis* in Europa von der Nordsee elbaufwärts bis zur Tschechoslowakei und von den

Küsten Finnlands bis Belgien und Großbritannien. Als durchschnittliche Ausbreitungsgeschwindigkeit errechnete PETERS (1938a) zwischen 75 km (Nordsee und Süßwasser) und 300 km (Ostsee) im Jahr.

Transportvektor. *E. sinensis* wurde vermutlich mehrfach als Jungtier oder Larve im Ballastwasser von Schiffen nach Deutschland eingeschleppt (MARQUARD 1926, PANNING 1938, PETERS 1933). Von 1897 bis Ende 1914 unterhielt das deutsche Kaiserreich intensive Handelsbeziehungen per Schiff mit seinem kolonialen Pachtgebiet Kiautschou (heute ein Teil von China).

Eine Verschleppung von Jungtieren im Aufwuchs von Schiffen, z.B. in leeren Seepockengehäusen, ist, wie für andere Krabben gezeigt, nicht auszuschließen (SCHNAKENBECK 1942).

Die nachfolgende Ausbreitung erfolgte wahrscheinlich hauptsächlich über natürliche Wanderungen entlang der Gewässer bzw. über Larventransport mit den Wasserströmungen.

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Nach den anfänglichen Massenentwicklungen von *E. sinensis* ab Mitte der 1920er Jahre (s.u.) wurde wohl aufgrund der zunehmenden Gewässerverschmutzung in den 1930er Jahren ein starker Rückgang der Besiedlungsdichten beobachtet (ANGER 1990).

Seit den letzten 10 Jahren erholen sich die Bestände wieder, wobei jedoch die Populationsdichten noch nicht wieder das Ausmaß „einer Plage“ erreicht haben. Unerwartet hohe Dichten von *Eriocheir* wurden aber im Mai 1998 an der Staustufe in Geesthacht beobachtet (NEHRING unveröffentl.). Bemerkenswert ist, dass *E. sinensis* im Vergleich zu den 1930er Jahren keinen relevanten Terraingewinn verzeichnen konnte (Ausnahme: Frankreich, vgl. ZIBROWIUS 1991).

Interspezifische Konkurrenz. Die erfolgreiche Etablierung von *E. sinensis* ist neben optimalen abiotischen Bedingungen auch auf eine unbesetzte ökologische Nische in den Küstengewässern zurückzuführen.

Schon 15 Jahre nach dem Erstfund wurden in Norddeutschland so hohe Populationsdichten beobachtet, dass die Krabbe bei den Binnenfischern bald als Schädling galt und intensive Bekämpfungsmaßnahmen eingeleitet wurden (PETERS & HOPPE 1938). Neben Beschädigung von Netzen und Reusen wurde auch vom Anfressen gefangener Fische berichtet. *E. sinensis* wurde zudem als bedeutender Nahrungskonkurrent für Nutzfische angesehen, was aber durch die Untersuchungen von THIEL (1938) relativiert wurde.

Schäden verursacht die Wollhandkrabbe an unbefestigten Uferböschungen durch den Bau von bis zu 80 cm tiefen Gängen (PETERS 1938b).

### ***Rhithropanopeus harrisi* (GOULD 1841)**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *R. harrisi* liegt an der Atlantikküste von Ka-

nada bis Nordost-Brasilien (ENO & al. 1997).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Ursprünglich wurde *R. harrisii* für die niederländischen Gewässer als endemisch angesehen und von MAITLAND (1875) aus der niederländischen Zuiderzee und angrenzenden Gewässern als neue Art beschreiben. In den folgenden Jahrzehnten stellte sich heraus, dass *R. harrisii* in den mesohalinen Binnengewässern der Nord-Niederlande überaus zahlreich vorkommt (BUITENDIJK & HOLTHUIS 1949).

In Deutschland wurde *R. harrisii* erstmals am 2.9.1936 in dem mit dem Nordostseekanal (NOK) in offener Verbindung stehenden Flemhuder See und in Teilen des Kanals selbst nachgewiesen (NEUBAUR 1936).

Transportvektor. *R. harrisii* wurde vermutlich als adultes Tier und/oder als Larvenstadium im Ballastwasser bzw. Aufwuchs von Schiffen nach den Niederlanden eingeschleppt.

Für das Vorkommen im NOK wird angenommen, dass *R. harrisii* bei der Erweiterung des NOK in den Jahren 1910-1914 mit niederländischen Kähnen aus den Seitenkanälen des Noordzee-Kanals unweit Amsterdam eingeschleppt wurde (REDEKE 1937, SCHUBERT 1936). Die gleiche Art von Einschleppung in den NOK wird auch für die Hydrozoe *Bimeria franciscana* (siehe dort) und die Muschel *Congeria leucophaeta* (siehe dort) angenommen.

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Seit dem Erstnachweis 1936 ist *R. harrisii* ein fester Bestandteil der NOK-Fauna (SCHÜTZ & KINNE 1955, NEHRING 2000b). In den letzten Jahren konnte die Krabbe auch im deutschen Rheinabschnitt bei Rees (FONTES & SCHÖLL 1994), in der Ems und in Brackwassergräben im Bereich um Emden (POST & LANDMANN 1994) sowie im Weser- und Elbeästuar (MEURS & ZAUKE 1996, NEHRING & LEUCHS 1999a) nachgewiesen werden. Alle Funde deuten auf eine sukzessive natürliche Ausbreitung von *R. harrisii* hin.

Interspezifische Konkurrenz. Es ist bisher keine relevante bekannt.

## 2.6 Bivalvia

### *Congeria leucophaeta* (CONRAD 1831)

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *C. leucophaeta* soll nach BOETTGER (1928) und Thienemann (1950) in Westafrika liegen. BARNES (1994) vermutet aber, dass die Herkunft der nach Europa eingeschleppten Tiere die subtropische Karibik ist. JUNGBLUTH (1996) gibt Nordamerika als Herkunft an.

Erstfunde in Europa/Deutschland. Der erste Nachweis von *C. leucophaeta* in Europa stammt aus dem Jahr 1835, als mehrere Individuen im Hafen der belgischen

Stadt Antwerpen gefunden wurden. 1885 wurde diese Population durch Bauarbeiten vollständig vernichtet. 1886 fand man die Muschel in einem Kanal bei Brüssel. In den Niederlanden wurde die Art zuerst 1895 in der Amstel festgestellt. In den folgenden Jahrzehnten stellte sich heraus, dass *C. leucophaeta* in den Binnengewässern der Niederlande und Belgiens allgemein verbreitet ist; in den Amsterdamer Docks und im damaligen Zuiderzee war sie häufig zu finden (alle Angaben nach BOETTGER 1928, 1933, THIENEMANN 1950).

In Deutschland wurde *C. leucophaeta* erstmals 1928 im Nordostseekanal (NOK) 10 km von der Holtenauer Schleuse/Kiel festgestellt (BOETTGER 1933). Vermutlich ist die Art hier schon zwischen 1910-1914 eingeschleppt worden (s.u.).

Transportvektor. *C. leucophaeta* gelangte vermutlich im Aufwuchs von Schiffen in belgische und niederländische Häfen (THIENEMANN 1950).

Die Einschleppung nach Deutschland wird auf dem gleichen Wege erfolgt sein, wobei vermutlich die Muschel direkt aus den Niederlanden stammte. Bei der Erweiterung des NOK in den Jahren 1910-1914 wurden vorwiegend niederländische Großgeräte benutzt, die zuvor in Seitenkanälen des Noordzeekanaals, der in den Zuiderzee mündet, abgestellt waren (REDEKE 1937). Die gleiche Art von Einschleppung nach Deutschland wird auch für die Hydrozoe *Bimeria franciscana* (sieh dort) und den Krebs *Rhithropanopeus harrisi* (siehe dort) angenommen.

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Nachdem *Congeria leucophaeta* in den 1910er Jahren durch DECHOW (1920) im NOK noch nicht nachgewiesen werden konnte, gilt die Muschel seit den Untersuchungen von SCHÜTZ (1969) als fester Bestandteil der Kanalfauna (KOTHÉ 1973, BfG unveröffentl.).

Einen weiteren Verbreitungsschwerpunkt besitzt die Art noch in Teilen der Weser, wo aber die Bestände 1994 auf ein Minimum reduziert waren (BÄTHE 1996). Voll etabliert ist *C. leucophaeta* bislang in Brackwassergräben im Bereich um Emden (POST & LANDMANN 1994). *C. leucophaeta* wird von MICHAELIS & al. (1992) als genuine Brackwasserart eingestuft.

Interspezifische Konkurrenz. Es ist keine relevante bekannt. POST & LANDMANN (1994) äußern aber die Vermutung, ob nicht vielleicht *C. leucophaeta* die Muschel *Dreissena polymorpha* (siehe dort), im Einzugsbereich der Ems verdrängt haben könnte.

Aufgrund von Massenvorkommen kann es zu Verstopfungen von Wasserrohren etc. kommen.

### ***Corbicula fluminalis* (O.F. MÜLLER 1774)**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *C. fluminalis* liegt nach MEISTER (1997) in der australasiatischen und afrikanischen Region.

*C. fluminalis* war aber vermutlich während des Tertiärs in Europa weitverbreitet. Im Zuge der Vereisungszyklen im Quartär wurde die Muschel jedoch (bis nach Afrika ?) verdrängt (nach JUNGBLUTH 1996).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Der Erstfund für Europa stammt aus Deutschland, wo *C. fluminalis* erstmals 1984 in der Unterweser nachgewiesen wurde (KINZELBACH 1991).

In den Niederlanden wurde die Muschel 1988 im Gewässersystem des Rheins festgestellt. Aus ihrer Altersstruktur wurde auf eine Erstbesiedlung in den Jahren 1985 oder 1986 geschlossen (VAATE & GREIJANUS-KLAAS 1991). Die Ausbreitung im Rhein und in einigen seiner Nebenflüsse verlief rasch; schon 1994 war Basel erreicht (SCHÖLL & al. 1995).

*C. fluminalis* scheint nur in Mitteleuropa vorzukommen. Bei den Populationen in Spanien, Südwest-Frankreich und Portugal handelt es sich um *C. fluminea*, wenn auch zunächst einige Autoren von *C. fluminalis* sprachen (nach MEISTER 1997).

Transportvektor. *C. fluminalis* gelangte vermutlich als mit Byssus angeheftete Larve im Aufwuchs (oder im Ballastwasser) von Schiffen an die europäischen Küsten (s.u.). Der gleiche Transportvektor ermöglichte hier wahrscheinlich die sukzessive Ausbreitung der Muschel flußaufwärts.

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. In der Weser hat sich *C. fluminalis* nach ihrem Erstfund gut etabliert. Die Muschel besiedelt heute das Ästuar vom oligohalinen Bereich flußaufwärts bis fast auf Höhe des Mittellandkanals mit maximal 456 Ind./m<sup>2</sup> (BÄTHER 1994, NEHRING & LEUCHS 1996). Seit 1994 breitet sich hier auch die nahverwandte Art *C. fluminea* aus (BÄTHER 1996). Die limnische *C. fluminea* ist vermutlich aus Nordamerika nach Europa eingeschleppt worden.

Interspezifische Konkurrenz. Es ist keine relevante bekannt. Die erfolgreiche Etablierung von *C. fluminalis* zumindest im Süßwasser wird auf das hohe Reproduktionspotenzial zurückgeführt (MEISTER 1997).

### ***Dreissena polymorpha* (PALLAS 1771)**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet der Dreikantmuschel *D. polymorpha* ist die pontokaspische Region (THIENEMANN 1950). Die Wandermuschel war aber während des Tertiärs in Mitteleuropa weitverbreitet. Im Zuge der Vereisungszyklen im Quartär wurde die Muschel jedoch verdrängt, wobei aber nicht auszuschließen ist, dass Reliktpopulationen an einigen Orten überlebten (s.u.).

Erstfunde in Europa/Deutschland. *D. polymorpha* erreichte Nord-Deutschland

vom Schwarzen Meer wahrscheinlich über die Gewässer Dnjepr, Pripet, Oginsky-Kanal (Eröffnet 1803), Memel und Ostsee (THIENEMANN 1950).

*D. polymorpha* wurde 1824 gleichzeitig in Großbritannien (Londener Docks) und in Deutschland (Frisches und Kurisches Haff/Ostsee) nachgewiesen. Etwa zur selben Zeit wird sie auch aus der Havel und den Havelseen bei Potsdam gemeldet. 1827 wurde sie in den Niederlanden in der Rheinmündung gefunden.

Im Bereich der deutschen Nordseeküste wurde die Muschel 1835 in der Eider, 1865 in der Unterweser und 1888 in der Tideelbe nachgewiesen. 1896, ein Jahr nach Eröffnung des Nord-Ostsee-Kanals (NOK), wurde *D. polymorpha* in der Nähe von Rendsburg gefunden (alle Angaben nach ARNDT 1931, BENTHEIM-JUTTING 1922, DAHL 1891, THIENEMANN 1950).

Transportvektor. *Dreissena polymorpha* wurde vermutlich im Aufwuchs (oder als Larve im Ballastwasser) von Schiffen verschleppt, da die meisten Fundorte sich durch regen Schiffsverkehr auszeichnen. Möglich war dies aber nur aufgrund der die Flüsse verbindenden Kanäle. Bei isolierten Vorkommen z.B. in Seen werden auch tertiäre Reliktpopulationen für möglich gehalten (s.u.).

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Seit ihrem Erstfund im NOK gilt die Muschel als fester Bestandteil der Kanalfauna (KOTHÉ 1973, BfG unveröffentl.). In einigen Brackwassergräben bei Emden und im Elbe-Ästuar wird die Muschel zurzeit nur in geringer Individuendichte gefunden (POST & LANDMANN 1994, SCHÖLL unveröffentl.).

Zu ihrer übrigen Verbreitung in Deutschland (limnische Gewässer und Ostsee) gibt JUNGBLUTH (1996) eine Übersicht. Es scheint, dass *D. polymorpha* nach Bestandsrückgängen Mitte des 20. Jahrhunderts heute wieder häufiger wird (z.B. PETERMEIER & al. 1996).

Interspezifische Konkurrenz. *D. polymorpha* tritt an neuen Fundorten oft explosionsartig auf. Innerhalb kürzester Zeit kann fast jedes Plätzchen ausgenutzt werden; dabei können dicke Beläge entstehen. Die limnischen Unioniden werden hierdurch offensichtlich verdrängt (THIENEMANN 1950). Die Massenentwicklungen können auch zu Verstopfungen von Rohren etc. führen.

Die enorme Filtrierleistung in Verbindung mit hohen Bestandsdichten hat zu Wasserenttrübung in einigen Bereichen geführt, was eine Ausbreitung benthischer Algen zur Folge hatte (nach GOLLASCH 1996).

POST & LANDMANN (1994) äußern die Frage, ob nicht vielleicht die Muschel *Congeria leucophaeta* (siehe dort) im Einzugsbereich der Ems *Dreissena polymorpha* zurückgedrängt haben könnte.

VAN DEN BRINK & al. (1991) und SCHÖLL (1990) vermuten, dass Bestandseinbußen von *Dreissena polymorpha* durch den Raumkonkurrenten *Cochropleura curvispinum* (siehe dort), erfolgten.

***Ensis americanus* (BINNEY 1870)**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *E. americanus* liegt wahrscheinlich an der Atlantikküste von Nordamerika (VAN URK 1987).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Der Erstfund für Europa stammt aus Deutschland, wo juvenile *E. americanus* im Juni 1979 im äußeren Bereich des Elbeästuars in Massen nachgewiesen wurden. Aufgrund der gewonnenen populationsdynamischen Daten wurde eine Einschleppung in der ersten Hälfte des Jahres 1978 vermutet (VON COSEL & al. 1982).

Innerhalb weniger Jahre breitete sich *E. americanus* nach Norden (Erstfund: in Dänemark 1981 und im Kattegat 1982, KNUDSEN 1997) und Westen aus (Erstfunde: in den Niederlanden 1981, ESSINK 1985; in Belgien 1986 und in Frankreich 1991, LUCZAK & al. 1993; in Großbritannien 1989, HOWLETT 1990).

Transportvektor. *E. americanus* gelangte vermutlich als Larve im Ballastwasser von Schiffen an die deutsche Nordseeküste (VON COSEL & al. 1982).

Die nachfolgende Ausbreitung erfolgte wahrscheinlich als Larvenstadium mit der natürlichen Wasserströmung Richtung Norden bzw. mit einer windinduzierten Umkehrung der Wasserströmung Richtung Westen (ESSINK 1985).

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Seit dem Erstfund hat sich *E. americanus* im polyhalinen bis marinen Bereich der gesamten deutschen Nordseeküste voll etabliert. Im äußeren sublitoralen Bereich der Ästuare gehört *E. americanus* zu einer der häufigsten Muschelarten (GOSSELCK & al. 1993, NEHRING & LEUCHS 1996, 1997). Die Muschel erreicht hier Individuendichten als Juvenilstadium von mehreren 10.000 Ind./m<sup>2</sup> (u.a. MÜHLENHARDT-SIEGEL & al. 1983).

Interspezifische Konkurrenz. Da die einheimischen *Ensis*-Arten in tieferen Sedimentschichten siedeln, war die ökologische Nische noch nicht besetzt. Das begründet wahrscheinlich neben der hohen Reproduktionskapazität (s.u.) die erfolgreiche Etablierung der relativ flachsiedelnden *E. americanus*. Trotz der hohen Individuendichten ist bisher keine relevante interspezifische Konkurrenz bekannt geworden.

***Mya arenaria* (LINNAEUS 1758)**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet der Sandklaffmuschel *M. arenaria* ist die nordamerikanische Atlantikküste, wo die Art seit dem Pliozän (7-1,5 Mio. Jahre vor unserer Zeit) als Fossil nachzuweisen ist (STRAUCH 1972).

Die Art war während des Pliozäns auch in Nordeuropa weitverbreitet, starb aber zu Beginn der pleistozänen Vereisung (vor ca. 1,5 Mio. Jahren) hier aus (STRAUCH 1972).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Lange Zeit wurde aufgrund von subfossilen Funden angenommen, dass *M. arenaria* während des 16. oder 17. Jahrhunderts Europa wieder neu besiedelte (HESSLAND 1945). Radiocarbonuntersuchungen an *Mya*-Schalen aus dem Kattegat zeigten aber, dass diese Muschel-Art schon im 13. Jahrhundert dieses Gebiet besiedelte (PETERSEN & al. 1992).

Der erste Lebendfund in Nordwest-Europa stammt von LINNAEUS, der die Muschel 1758 als neue Art beschrieb. In seiner „Systema naturae“ werden als Verbreitungsgebiet allgemein die nördlichen Bereiche von West-Europa angegeben. 1765 wurde durch Baster *Mya arenaria* an der niederländischen Küste in der Schelde-Mündung nachgewiesen (nach HESSLAND 1945).

Eine korrekte Angabe zum Erstfund an der deutschen Küste kann zurzeit nicht gemacht werden, da bisher keine der historischen Quellen von vor 1860 zugänglich waren. Es ist aber anzunehmen, dass aufgrund ihrer Häufigkeit und Größe *Mya* schon seit vor 1860 bei uns bekannt ist.

Transportvektor. Aufgrund der subfossilen Funde von *M. arenaria* in Nordeuropa muß eine Verschleppung vor 1534 bzw. vor 1497, den Zeitpunkten der ersten Schiffsreisen von Franzosen bzw. Engländern nach Nord-Amerika, sowie vor 1492, dem Zeitpunkt der Entdeckung Amerikas durch Kolumbus, stattgefunden haben.

PETERSEN & al. (1992) vermuten daher, dass die Wikinger, die 982 durch E- rich den Roten Grönland und um 1000 durch Leif Eriksson Nord-Amerika entdeckten, *M. arenaria* in Nord-Europa eingeschleppt haben. Neben dem unbeabsichtigten Transport mit Steinen, die als Ballast in ihren Schiffen dienten, bzw. durch Byssusfäden im Aufwuchs von Schiffen anhaftenden Jungtieren, könnte *M. arenaria* auch bewußt als Nahrungsreserve mitgeführt worden sein. Die Ureinwohner Nord-Amerikas, die Indianer, nutzten neben anderen Muschel-Arten auch *Mya* als Nahrung (HESSLAND 1945).

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Seit der Wiederbesiedlung hat sich *Mya arenaria* in Nord-Europa im mesohalinen bis marinen Bereich im Sub- und Eulitoral voll etabliert. An der offenen deutschen Nordseeküste und in den Brackgewässern erreicht die Muschel heute Individuendichten als Juvenilstadium von bis zu 100.000 Ind./m<sup>2</sup> (KÜHL 1950).

Interspezifische Konkurrenz. Als Bewohner der tieferen Bodenschichten nutzen adulte *Mya arenaria* eine unbesetzte ökologische Nische aus. Das begründet wahrscheinlich neben der hohen Reproduktionskapazität (s.u.) ihre erfolgreiche Etablierung. Aufgrund ihres teilweise häufigen Vorkommens ist eine Raum- oder Nahrungskonkurrenz zu anderen Arten nicht auszuschließen.

## 2.7 Gastropoda

### *Crepidula fornicata* (LINNAEUS 1758)

Herkunft. Das Ursprungsgebiet der Pantoffelschnecke *C. fornicata* liegt an der Atlantikküste von Nordamerika zwischen Neuschottland und dem Golf von Mexiko (MINCHIN & al. 1995).

Erstfunde in Europa/Deutschland. 1872 wurde *C. fornicata* erstmals an der britischen Westküste bei Liverpool gefunden; die Population starb aber kurze Zeit später aus. Der nächste Fund stammt aus dem Jahr 1893, als *C. fornicata* auf Austernbänken an der britischen Südost-Küste bei Creeksea gefunden wurde (nach MINCHIN & al. 1995). 1911 wurde die Schnecke lebend auch an der belgischen und 1924 an der niederländischen Küste nachgewiesen (ADAM & LELOUP 1934, VAAS 1975). In den folgenden Jahren breitete sich die Schnecke auf Austernbänken intensiv aus, so dass von einer regelrechten "Austernpest" gesprochen wurde. Im August 1934 wurden die ersten Pantoffelschnecken im nordfriesischen Wattenmeer auf der Austernbank am Ellenbogen bei List/Sylt gefunden (ANKEL 1935). 1936 wurde *Crepidula fornicata* auch im ostfriesischen Wattenmeer heimisch (HEIDRICH 1973).

Transportvektor. *C. fornicata* gelangte vermutlich jeweils aus Nordamerika um 1870 mit Setzlingen der Muschel *Mercenaria mercenaria* nach Liverpool und um 1880 mit Setzlingen der Amerikanischen Auster (*Crassostrea virginica*) nach Creeksea (MINCHIN & al. 1995).

An die belgische und niederländische Küste gelangte *C. fornicata* wahrscheinlich als Larve aus Südost-Großbritannien mit der natürlichen Wasserströmung. Eine Einschleppung im Aufwuchs (oder als Larve im Ballastwasser) von Schiffen wäre aber auch möglich. Über eine Verschleppung mit importierten Austern in diese Gebiete liegen keine Informationen vor.

Die Art wurde mit niederländischen Setzlingen der Europäischen Auster (*Ostrea edulis*) ins deutsche Wattenmeer eingeschleppt. Zwischen 1931 und 1934 wurden auf der Ellenbogenbank insgesamt ca. 450.000 derartige Austern ausgesetzt (NEUDECKER 1985).

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Nachdem 1934 und 1935 *C. fornicata* nur auf der Ellenbogenbank auf niederländischen Austernsetzlingen gefunden worden war, breitete sich die Pantoffelschnecke in den folgenden Jahren über das nordfriesische Wattenmeer aus (u.a. HAGMEIER 1941, WERNER 1948). Einen ähnlich schnellen Verlauf nahm auch die Bestandsentwicklung im ostfriesischen Wattenmeer (WILLMANN 1989). Das Hauptvorkommen von *C. fornicata* war eng mit dem Vorkommen der Austernbänke, deren Hauptverbreitungsgebiet das Wattenmeer darstellte, gekoppelt. In den Ästuarien und seit 1941 auch im Wattenmeer, als die letzte lebende Europäische Auster (*Ostrea edulis*) gefangen wurde,

ist die Pantoffelschnecke nur noch selten anzutreffen. Der strenge Winter 1979 bereitete der *Crepidula*-Population fast ein Ende, aber nach etwa 10 Jahren erholte sich der Bestand zumindest im Wattenmeer wieder (REISE 1993).

Interspezifische Konkurrenz. Unterstützt durch ihr freilebendes Larvenstadium war die erfolgreiche Etablierung von *Crepidula* v.a. in einer fast unbesetzten ökologischen Nische auf den Kultur-Austernbänken begründet.

*C. fornicata* ist ein intensiver Strudler und steht damit in direkter Nahrungskonkurrenz z.B. zur Auster. Schädlich für den Austernbestand wird die Schnecke dabei aber nur bei Massenentwicklungen (HAVINGA 1929).

### ***Petricola pholadiformis* LAMARCK 1818**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet der Bohrmuschel *P. pholadiformis* liegt an der Atlantikküste von Nordamerika (ENO & al. 1997).

Erstfunde in Europa/Deutschland. In Europa wurde *P. pholadiformis* erstmals 1890 in Cricksea an der britischen Nordseeküste in der Nähe von Kulturausternbänken gefunden. 1895 war sie vor Südost-England schon relativ häufig. 1899 wurde die Muschel auch an der belgisch-niederländischen Küste nachgewiesen. 1905 wurde *P. pholadiformis* im dänischen Wattenmeer bei Skallingen/Jütland gefunden (SCHLESCH 1932). In den letzten Jahrzehnten ist die Art in diesen Gebieten wieder seltener geworden bzw. konnte gar nicht mehr nachgewiesen werden (z.B. JENSEN 1992).

Der erste Nachweis in Deutschland stammt von 1896 aus dem nordfriesischen Wattenmeer bei der Insel Föhr (SCHLESCH 1932). 1906 wurde *P. pholadiformis* in großen Beständen bei den nordfriesischen Inseln Amrum und Sylt sowie bei der ostfriesischen Insel Juist gemeldet (SCHÄFER 1939).

Transportvektor. *P. pholadiformis* gelangte vermutlich in den 1880er Jahren mit Setzlingen der Amerikanischen Auster (*Crassostrea virginica*) nach Großbritannien. Seit Anfang der 1870er Jahre wurde diese Art aus Nordamerika als Konsum- aber auch als Zuchtauster importiert (UTTING & SPENCER 1992).

An die belgische und niederländische Küste gelangte die Bohrmuschel wahrscheinlich als Larve aus Großbritannien mit der natürlichen Wasserströmung. Über eine Verschleppung mit importierten Austern in diese Gebiete liegen keine Informationen vor.

Neben einer natürlichen Larvendrift könnte *Petricola pholadiformis* in das nordfriesische Wattenmeer auch mit Setzlingen der Europäischen Auster (*Ostrea edulis*) eingeschleppt worden sein. Zwischen 1894-1896 wurden hier 6,5 Mio. französische Jungaustern und zwischen 1898-1899 ca. 0,2 Mio. Nordseeaustern auf den Bänken ausgestreut (HAVINGA 1932).

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Nach den Erstfunden breitete sich *P. pholadiformis* in den folgenden Jahren über das gesamte Wattenmeer aus (nach SCHÄFER 1939). Im Bereich der Ästuarre erreichte sie nie hohe Bestandsdichten (CASPER 1951). Einzig im Bereich des Jadebusens, der Innen- und Außenjade hatte sich die Art v.a. auf Grund der besonders zum Bohren geeigneten Substrate so gut etabliert, dass ein Biozönose-Typ nach ihr benannt wurde (DÖRJE & al. 1969). Heute gilt die Art auch in diesen Gebieten als selten (NEHRING & LEUCHS 1997).

Interspezifische Konkurrenz. Das Vordringen von *P. pholadiformis* bewirkte einen teilweisen Rückgang der einheimischen Bohrmuschel *Barnea candida* (u.a. SCHÄFER 1939), inzwischen scheinen sich beide Arten jedoch „arrangiert“ zu haben (nach VON COSEL & al. 1982).

### ***Potamopyrgus antipodarum* (GRAY 1843)**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *P. antipodarum* liegt in Neuseeland (THIENEMANN 1950).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Die ersten Lebend-Nachweise von *P. antipodarum* in Europa stammen aus Großbritannien. Nachdem die Art um 1837 und 1859 aus Süßgewässern in Süd-England gemeldet wurde, konnte sie 1883 auch im Mündungsgebiet der Themse nachgewiesen werden. Um 1890 verbreitete sich *P. antipodarum* verstärkt im Süßwasser Großbritanniens aus. Da *P. antipodarum* aus jüngeren Ablagerungen in England subfossil bekannt ist (ab ca. 1500 n. Chr.), muß die Schnecke wohl schon im 15. Jahrhundert hier eingeschleppt worden sein (alle Angaben nach THIENEMANN 1950).

Auf dem europäischen Festland wurde *Potamopyrgus antipodarum* um 1890 in den Niederlanden, 1912 in Nordfrankreich und 1927 in Belgien erstmals nachgewiesen (nach BENTHEIM-JUTTING 1922, THIENEMANN 1950).

In Deutschland wurde *P. antipodarum* erstmals im Sommer 1900 im Nordostseekanal (NOK) 12 km von der Schleuse bei Brunsbüttel mit drei Exemplaren festgestellt. DECHOW (1920) vermutete, dass die Art hier wahrscheinlich nach Änderung des "Spülbetriebs" im Sommer 1899 eingeschleppt wurde. Von dort breitete sie sich zunächst entlang der Nord- und Ostseeküste aus und wurde 1908 in der stark versalzten Weser bei Bremen gefunden (THIENEMANN 1950).

Transportvektor. *P. antipodarum* gelangte vermutlich aus Australien als Larve im Ballastwasser von Schiffen oder als adultes Tier in Trinkwasserfässern mit Schiffen nach Großbritannien, von wo sich die Art vermutlich sukzessive per Schiff in die anderen nordeuropäischen Länder ausgebreitet hat. Hier hat sich die Schnecke dann wohl v.a. auf natürlichen Wegen verbreitet, vielleicht vor allem durch Verschleppung durch Vögel (PONDER 1988, THIENEMANN 1950).

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Innerhalb kürzester Zeit breitete sich *P. antipodarum* im NOK aus. Schon 1907 waren in fast allen Fängen von der Brunsbütteler Schleuse an bis Nobiskrug eine ganze Reihe von Tieren vorhanden (DECHOW 1920). Bis heute gilt *P. antipodarum* als fester Bestandteil der Fauna des NOK (ARNDT 1931, KOTHÉ 1973, BfG unveröffentl.).

In den Ästuarien von Eider, Elbe und Ems ist *P. antipodarum* heute in geringen Abundanzen zu finden, in kleineren Zuflüssen (z.B. Geeste, Jade) sowie in Brackwassergräben ist die Schnecke regelmäßig vorhanden (z. B. FOCK 1996, MICHAELIS & al. 1992, POST & LANDMANN 1994).

Im Gegensatz zu den Küstengewässern ist *P. antipodarum* in den Süßgewässern Nordeuropas weitverbreitet und erreicht hier teilweise hohe Abundanzen (THIENEMANN 1950).

Interspezifische Konkurrenz. Die erfolgreiche Etablierung von *P. antipodarum* in Nordeuropa wurde wahrscheinlich dadurch begünstigt, dass die in Neuseeland zweigeschlechtliche Art in England im Laufe der Jahrhunderte eine parthenogenetische Mutante bildete, die eine vereinfachte Reproduktion ermöglichte (THIENEMANN 1950). Eine mögliche Nahrungskonkurrenz zu Schnecken aus der Gattung *Hydrobia*, die in den gleichen Biototypen siedeln, ist wahrscheinlich wenig intensiv, da *P. antipodarum* als Substratfresser etwa dreimal größere Partikel aufnimmt (nach JAGNOW & GOSSELCK 1987).

## 2.8 Polychaeta

### *Ficopomatus enigmaticus* (FAUVEL 1923)

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *F. enigmaticus* liegt in subtropischen bis gemäßigten Breiten, möglicherweise im Indischen Ozean bzw. an der Küste von Süd-Australien (FAUVEL 1933, ZIBROWIUS 1991).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Erstmals wurde *F. enigmaticus* 1921 im Seekanal bei Caen (Nord-Frankreich) gefunden und als neue Art beschrieben (FAUVEL 1923). 1922 wurde der Polychaet auch in den Docks von London in großer Anzahl nachgewiesen. In den folgenden Jahrzehnten breitete sich *F. enigmaticus* in Süd-England, Wales, Irland, Frankreich, Spanien und Belgien aus (FRIEDRICH 1938, KÜHL 1977, ZIBROWIUS & THORP 1989). 1968 wurde *F. enigmaticus* an der niederländischen Küste im Veerse Meer im Deltagebiet Oosterschelde und kurze Zeit später auch an anderen Stellen gefunden (VAAS 1975, TEN HOVE 1974). Von 1953-1958 existierte eine Population des Polychaeten im Südhafen der dänischen Hauptstadt Kopenhagen (RASMUSSEN briefl. Mitt. in KÜHL 1977).

1975 trat *F. enigmaticus* erstmals in Deutschland auf. Im Hafen von Emden wurde ein dicker Bewuchs von lebenden Tieren an einem Amts-Schiff, das drei Jahre im Hafen im Einsatz war, sowie in einem Versuchsbecken einer dort vor-

handenen Fischzucht-Versuchsanlage festgestellt. Bei vorherigen Untersuchungen zwischen 1959-1960 konnte die Art hier nicht nachgewiesen werden. Seit 1972 war eine merkliche Wassertemperaturerhöhung aufgrund der Leistungserhöhung eines Kraftwerkes festzustellen, was die Ansiedlung der wärmeliebenden Art wahrscheinlich möglich gemacht hatte (s.u.). Die 1975 gefundenen Tiere wurden auf ein Alter von einem bis zwei Jahren geschätzt (KÜHL 1977).

Transportvektor. *F. enigmaticus* wurde wahrscheinlich im Aufwuchs (und/oder als Larve im Ballastwasser) von Schiffen nach Europa verschleppt, da die meisten Erstfundorte sich durch regen Schiffsverkehr auszeichnen.

Die weitere Ausbreitung in Europa erfolgte über Neueinschleppung bzw. sukzessive Ausbreitung der Initialpopulationen durch Schiffe oder als Larve mit Wasserströmungen.

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Nach der vorliegenden Literatur scheint bis heute *F. enigmaticus* in Deutschland nur im Emdener Raum vorzukommen (vgl. HARTMANN-SCHRÖDER 1996). Der Polychaet besiedelt hier den Hafen stellenweise mit dicken Krustenbildungen an Mauern und Schleusen. Von dort werden zeitweise die brackigen Kleingewässer der Umgebung besiedelt, in denen es aber anscheinend nicht zur Fortpflanzung kommt (POST & LANDMANN 1994).

Interspezifische Konkurrenz. Es ist keine relevante bekannt. Möglicherweise ist *F. enigmaticus* als subtropische Art in artifiziiellen, durch wärme-beeinflußten Biotopen im Vorteil gegenüber einheimischen ästuarinen Arten.

### ***Marenzelleria viridis* (VERRILL 1873)**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *Marenzelleria viridis* sind die Ästuarie an der nordamerikanischen Küste (BICK & ZETTLER 1997).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Für den Bereich der Nordsee konnte *M. viridis* eindeutig bisher nur im Elbe- (1996) und Weser-Ästuar (1997) sowie im Nordostseekanal (1996) nachgewiesen werden. Die Art besiedelt hier den Bereich mit Salinitäten <10 ‰ (BfG unveröffentl.). Eigentlicher Schwerpunkt ihrer Besiedlung sind die deutschen Küstengewässer der Ostsee, wo die Art erstmals 1985 in der Darß-Zingster Boddenkette gefunden wurde (BICK & ZETTLER 1997).

Alle anderen dokumentierten Funde in der Nordsee sind entweder *Marenzelleria wireni* zuzuordnen oder aber bedürfen einer Nachbestimmung.

Transportvektor. *M. viridis* wurde wahrscheinlich als Larve im Ballastwasser von Schiffen nach Europa verschleppt. Ob die Ostsee- und Elbe/Weserpopulationen in einer ursächlichen Verbindung stehen, ist unsicher. Aufgrund der Besiedlung des Nordostseekanal ist zumindest das Vorkommen im Elbeästuar wahrscheinlich

auf die Population in der Ostsee zurückzuführen. Für die Weser scheint es sich eher um eine eigenständige Einschleppung zu handeln.

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Nach der vorliegenden Literatur scheint bis heute *Marenzelleria viridis* an der deutschen Nordseeküste nur im Elbe- und Weser-Ästuar vorzukommen. Gezielte Untersuchungen in der Ems (1994) erbrachten nur den Nachweis der nahverwandten Art *M. wireni* (BICK & ZETTLER 1997).

Für eine endgültige Klärung des Verbreitungsgebietes und des Etablierungsgrades sind umfassende Nachuntersuchungen an alten Proben bzw. gezielte Beprobungen an der deutschen Nordseeküste notwendig.

Interspezifische Konkurrenz. Es ist bisher keine relevante bekannt. Bei Massenvorkommen dieser Art wie z.B. in der Ostsee (6.700 Ind./m<sup>2</sup>, ARNDT pers. Mitt. in ESSINK & KLEFF 1993) ist eine Raum- oder Nahrungskonkurrenz zu anderen Arten jedoch nicht auszuschließen.

### ***Marenzelleria wireni* AUGENER 1913**

Herkunft. Das Ursprungsgebiet von *M. wireni* sind arktische Gewässer (BICK & ZETTLER 1997).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Sowohl der erstmalige Fund von *M. wireni* im Bereich der Nordsee 1932 durch WOHLBERG (1937) in einem Priel im Königshafener-Watt bei Sylt, als auch der Nachweis 1970 durch OTTE (1979) auf Höhe Kampen im Wattenmeer gelten als taxonomisch unsicher, da keine Artbeschreibungen und kein Belegmaterial vorhanden sind (BICK & ZETTLER 1997).

Aufgrund von Nachuntersuchungen durch BICK & ZETTLER (1997) ist als Erstfund von *M. wireni* im Bereich der Nordsee der Nachweis 1979 im schottischen Forth Ästuar durch ELLIOT & KINGSTON (1987) anzusehen.

1983 konnten ESSINK & KLEFF (1988) die Art im Ems-Ästuar mit einem Verbreitungsschwerpunkt im Dollart nachweisen.

Eine Übersichtskarte zu den Erstfunden und den Verbreitungswegen von *M. wireni* in Nordwest-Europa geben ESSINK & KLEFF (1993), wobei aber alle dokumentierten Funde in der Ostsee nach heutigen Erkenntnissen *M. viridis* zuzuordnen sind (BICK & ZETTLER 1997).

Transportvektor. *M. wireni* wurde wahrscheinlich als Larve im Ballastwasser von Schiffen nach Europa verschleppt, da sich die beiden Erstfundorte (Forth- und Ems-Ästuar) durch regen Schiffsverkehr auszeichnen. Es ist davon auszugehen, dass es sich bei beiden Erstfunden aufgrund der geographischen Entfernung und der fast zeitgleichen Nachweise um zwei eigenständige Einschleppungen handelt. Die weitere Ausbreitung an den Küsten der Nordsee ist vermutlich v. a. auf Lar-

vendrift mit den natürlichen Wasserströmungen zurückzuführen.

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Nach dem Erstfund im Ems-Ästuar breitete sich *M. wireni* relativ schnell entlang der deutschen Nordseeküste aus. Im Weser-Ästuar konnte die Art erstmals 1986 und im Elbe-Ästuar 1985 festgestellt werden (nach ESSINK & KLEEF 1993).

Heute gilt *M. wireni* als eine der häufigsten Polychaeta-Arten im meso- bis oligohalinen Bereich der deutschen Nordsee-Ästuare (NEHRING & LEUCHS 1997). Auch in anthropogen stark beeinträchtigten Bereichen in den Ästuaren (z.B. Klappstellen) ist *M. wireni* dominant (LEUCHS & NEHRING 1996).

Interspezifische Konkurrenz. Es ist bisher keine relevante bekannt, aber ESSINK & KLEEF (1988, 1993) haben Hinweise gefunden, dass *M. wireni* möglicherweise als Raumkonkurrent den ebenfalls gangbewohnenden Polychaeten *Nereis diversicolor* verdrängen kann.

## 2.9 Bryozoa

### *Victorella pavida* SAVILLE Kent 1870

Herkunft. Das genaue Ursprungsgebiet von *V. pavida* ist unbekannt. Die Erstbeschreibung stammt aus Großbritannien, wo die Bryozoe von KENT (1870) in den Dockanlagen von London gefunden wurde. Nach COHEN & CARLTON (1995) stammt *V. pavida* wahrscheinlich aus dem Indischen Ozean. BACESCU (1966) sieht *V. pavida* hingegen als pontokaspische Art an, die, begünstigt durch den Menschen, eine große Erweiterung ihres Vorkommens erfahren hat. Die Art wurde in der Zwischenzeit u.a. auch in den Niederlanden, in Australien, Japan, an der amerikanischen Pazifikküste und im Mittelmeer gefunden und gilt heute allgemein als Kosmopolit (BARNES 1994, WOLFF 1972).

Erstfunde in Europa/Deutschland. Der erste Nachweis von *V. pavida* in Europa stammt aus dem Jahr 1868, als die Art in Großbritannien erstmals entdeckt und beschrieben wurde (KENT 1870).

Die ersten Funde in Deutschland stammen von der Ostseeküste. Hier wurde *V. pavida* in der Mündung der Ryck bei Greifswald (1911), im Frischen Haff bei Pillau (1911) und im Hafen von Rostock (1925) nachgewiesen (BRAEM 1951, STAMMER 1928, VANHÖFFEN 1917, ULRICH 1926). 1951 wurde *V. pavida* erstmals im Nordostseekanal (NOK) bei der Holtener Schleuse/Kiel gefunden (AX 1952). 1968 gelang ihr Nachweis in der Oberen Eider, nahe der Mündung in den NOK (JEBRAM 1969).

Transportvektor. *V. pavida* wurde wahrscheinlich im Aufwuchs von Schiffen verschleppt, da die meisten Fundorte sich durch regen Schiffsverkehr auszeichnen.

Etablierungsgrad in den Brackgewässern. Die Vorkommen von *V. pavida* an der deutschen Ostseeküste sind seit vielen Jahrzehnten nicht mehr bestätigt worden, so dass davon auszugehen ist, dass diese Bryozoa-Art hier ausgestorben ist. Im NOK hingegen ist *V. pavida* seit dem Erstnachweis 1951 ein fester Bestandteil der Fauna (KOTHÉ 1973, SCHÜTZ 1963), wobei aber aktuell das Vorkommen auf den Bereich zwischen Kiel/Holtenau und Rendsburg beschränkt ist (BfG unveröffentl.). In den letzten Jahren konnte *V. pavida* auch in Brackwassergräben im Bereich um Emden und Norden nachgewiesen werden (POST & LANDMANN 1994).

Interspezifische Konkurrenz. Es ist bisher keine relevante bekannt, aber DEAN & BELLIS (1975) haben in nordamerikanischen Gewässern Hinweise gefunden, dass *Victorella pavida* durch Überwachsen eine erhöhte Mortalität bei Seepocken verursachen kann.

### **3. Problemgruppe Neozoen?**

#### **3.1 Neozoen – eine Übersicht**

Neozoen im strengen Sinne umfaßt nur die Tierarten, die unter direkter oder indirekter Mitwirkung des Menschen in ein bestimmtes Gebiet gelangt sind und dort wild leben. Der Nachweis von Neozoen setzt die umfassende Kenntnis der einheimischen Fauna und die Verfügbarkeit aktueller Determinationsliteratur (auch aus Übersee!) voraus, um diese als solche identifizieren zu können. Diese grundlegende Problematik macht es absolut notwendig, Funde, die sich nicht in einem bekannten Identifizierungsmuster der heimischen Tierwelt wiederfinden lassen, nicht in ein solches zu pressen, sondern den mühseligen Weg der Recherche zu beschreiten.

In der vorliegenden Studie wurde versucht, alle bisher anerkannten und in der Literatur publizierten Neozoen unter den Makroinvertebrata der Brackgewässer an der deutschen Nordseeküste umfassend vorzustellen. Dies soll helfen, das Phänomen „Neozoon“ auf einer informativen und wissenschaftlich fundierten Ebene in die Diskussionen über die Dynamik der aquatischen Lebensgemeinschaften zu integrieren. Eine Analyse zum Vorkommen von Neozoen unter den Makroinvertebrata der Bundeswasserstraßen v.a. für den limnischen Bereich zeigte, dass zwischen 10-15 % des Arteninventars allochthonen Ursprungs sind (TITTIZER 1996, TITTIZER & al. dieser Band). Zu beachten ist aber, dass hierbei zwei große taxonomische Gruppen (Oligochaeta und Chironomidae) nicht bis zur Art aufgesplittet sind. Nach SCHÖLL & al. (1995) können diese beiden Gruppen hier über 60 % des Artenbestandes repräsentieren.

Für die deutsche Nordseeküste liegen bisher nur für das Phytoplankton umfassende Studien zum Auftreten „neuer“ Arten vor (NEHRING 1998a,b, 1999a). 12 biotopfremde Arten, die in der Deutschen Bucht permanente Populationen ausbilden, konnten identifiziert werden. Nur für vier Arten wird vermutet, dass der Mensch indirekt mitverantwortlich für das Auftreten ist. So sollen der Dinoflagel-

lat *Gyrodinium aureolum* und die Kieselalge *Odontella sinensis* mit Ballastwasser und die beiden Kieselalgen *Coscinodiscus wailesii* und *Thalassiosira punctigera* mit Marikulturprodukten eingeschleppt worden sein. Für drei weitere Arten sind das Ursprungsgebiet und damit auch der Vektor ungeklärt. Für die restlichen fünf Arten wird eine Einwanderung mit Hilfe von Meeresströmungen angenommen. Insgesamt ergibt sich eine anthropogen verursachte Erhöhung der Artenanzahl des Phytoplanktons von <1 %.

Für das Makrozoobenthos der deutschen Küstengewässer sind in den letzten Jahren erste Auflistungen von „Neu-Nachweisen“ publiziert worden, in denen aber nur eine Auswahl an Neozoen darlegt (z.B. BERGHAHN 1990, MEURS & ZAUKE 1996, NEHRING 1998C, REISE 1990) oder - relativ vollständig - keine nähere Differenzierung des eigentlichen Status (bisher übersehen, eingewandert, eingeschleppt) angegeben werden (GOLLASCH 1996). Nur für einige wenige Einzelfälle, z.B. zur Ausbreitung der Wollhandkrabbe *Eriocheir sinensis* v.a. in den Flußläufen (ANGER 1990) oder zum Vorkommen der Pazifischen Auster *Crassostrea gigas* im Wattenmeer (REISE 1998, NEHRING 1999b), wurden bisher nähere Betrachtungen angestellt.

Durch die vorliegende Studie wird deutlich, dass eine Vielzahl von Neozoen unter den Makroinvertebrata in den Brackgewässern an der deutschen Nordseeküste vorkommt. Hervorzuheben ist, dass nur jede zweite Neozoen-Art direkt aus dem Ursprungsgebiet in die deutschen Küstengewässer eingeschleppt worden ist (durch Kanäle eingewanderte Arten nicht mitbetrachtet!). Alle anderen Arten wurden zuerst in andere Nordsee-Anrainerstaaten eingeschleppt und verbreiteten sich von hier v.a. mit Hilfe des natürlichen Vektors Wasserströmung bzw. wurden durch das Verpflanzen von Austernsetzlingen als ungewollte Begleitformen u.a. auch in das deutsche Wattenmeer verfrachtet. Insgesamt konnten 22 Arten identifiziert werden, bei denen höchstwahrscheinlich der Mensch direkt oder indirekt für eine Einschleppung verantwortlich ist.

Nach RACHOR & al. (1995) sind in der Nordsee insgesamt zur Zeit etwa 1.500 marine Makrozoobenthos-Arten bekannt. Davon kommen in der Brackwasserzone der deutschen Ästuarie bei einer Salinität von 0,5 bis 18 ‰ etwa 200 Arten vor. Der Anteil der Neozoen liegt demnach bei ca. 10 %. Für die brackigen Kanäle und Gräben an der deutschen Nordseeküste gibt es zurzeit keine Angabe für die Artenanzahl beim Makrozoobenthos. Durch die vorliegenden Untersuchungen ist davon auszugehen, dass die Artenanzahl etwa in der Größenordnung der Ästuarie liegen wird. Der Anteil der Neozoen dürfte demnach bei ca. 7 % liegen.

Einen ähnlichen Vergleich hat auch WOLFF (1973) für die niederländische Küste durchgeführt. Obwohl Wolff für die Brackwasserbereiche der Ästuarie mit 6 Neozoen-Arten relativ wenig eingeschleppte Arten gefunden hatte, errechnete er mit 20 % Anteil am Gesamtartenbestand im Vergleich zu deutschen Gewässern einen doppelt so hohen Wert. Ursachen für diesen Unterschied können zurzeit nur spekulativ beantwortet werden. Ein Hauptgrund könnte die grundsätzliche Datenlage zum Makrozoobenthosbestand sein. Vor allem während der letzten 20 Jahre

wurden in Deutschland u.a. aufgrund von Umweltverträglichkeitsuntersuchungen für Baumaßnahmen in den Ästuaren umfangreiche Bestandsaufnahmen des Makrozoobenthos durchgeführt. Zudem betrachtete WOLFF (1973) nur das zusammenhängende Deltagebiet des Rheins, wohingegen in Deutschland die Ästuarre Eider, Elbe, Ems und Weser eigenständige Systeme mit sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen darstellen.

Untersuchungen zum Einschleppungspotenzial nicht-heimischer aquatischer und terrestrischer Tiere durch Schiffe wurden schon Ende des 19./Anfang des 20. Jahrhunderts durchgeführt (u.a. HENTSCHEL 1923, KRAEPLIN 1900). Aktuell wurden im Rahmen eines UBA-Projektes zwischen 1992 und 1995 über 180 Schiffe beprobt (GOLLASCH 1996). In ca. 74 % der Ballastwasserproben, in ca. 75 % der Sedimentproben aus Ballasttanks sowie in ca. 99 % der Außenhautproben wurden Organismen festgestellt. Hierbei lag der Anteil der nicht-heimischen Tierarten am Gesamtspektrum mit ca. 98 % in den Außenhautproben am höchsten. In den Sedimentproben betrug der Anteil ca. 57 %, in den Wasserproben ca. 38 %. Berechnungen zum Individueneintrag durch gelenztes Ballastwasser aus außereuropäischen Regionen in die Häfen an der deutschen Nordseeküste ergaben, dass täglich 2,7 Mio. Organismen hier freigesetzt werden.

Vor allem in den Seehäfen von Bremerhaven, Cuxhaven und Wilhelmshaven, die durch relativ hohe Salzkonzentrationen gekennzeichnet sind, ist grundsätzlich mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit der Ansiedlung nicht-heimischer Tiere zu rechnen, da zumeist Ballastwasser aus brackigen oder marinen Überseebereichen verwendet wird. Anzumerken bleibt aber, dass in diesen drei Häfen nur ein geringerer Teil des deutschen Hafenumschlages getätigt wird. Mit Abstand ist Hamburg der bedeutendste Hafen, dessen Gebiet aber durch Süßwasser geprägt ist. Insgesamt ist der echte Eintrag von Neozoen durch Schiffe als gering anzusehen. Werden doch in den Niederlanden mit Rotterdam als einem der größten marin geprägten Häfen der Welt nicht grundsätzlich mehr Neozoen gefunden als z.B. an der deutschen Küste. Betrachtet man allein den oben erwähnten täglichen Eintrag nicht-heimischer Tiere durch das Lenzen von Ballastwasser in die deutschen Küstengewässer der Nordsee, ist in Relation hierzu die Anzahl von bisher 27 nachgewiesenen Neozoen unter den Makroinvertebrata (neben den 22 Arten in den Brackgewässern noch weitere 5 Arten im Wattenmeer bzw. bei Helgoland, NEHRING 1998D, NEHRING & LEUCHS 1999b) als äußerst gering zu betrachten. Die überwiegende Mehrheit der potenziellen Neozoen werden also aufgrund mangelnder Anpassung an die biotischen und abiotischen Gewässerverhältnisse in der Regel schnell eliminiert. Deutsche Fließgewässer sind im allgemeinen durch Wasserbau, Schadstoffbelastung, geprägt. Für den Küstenbereich kommt ergänzend das Tidegeschehen mit all seinen Konsequenzen (v.a. Trockenfallen von Flächen, Ausbildung einer Vermischungszone zwischen Meer- und Süßwasser) hinzu. Da schon ein einzelner Faktor für sich allein verbreitungslimitierend wirken kann, besitzen hier v.a. Ubiquisten die größte Chance zur Etablierung.

So sind auch unter den an der deutschen Nordseeküste etablierten Neozoen zum großen Teil konkurrenzstarke und euryöke Arten vertreten. Günstig scheinen auch leistungsfähige Dispersionsmechanismen wie die Massenproduktion von Schwimmlarven zu sein. Neben asexueller bzw. parthenogenetischer Fortpflanzung, die den Erfolg einer einwandernden Art im Lebensraum begünstigt, wirkt sich anscheinend die mögliche hohe genetische Variationsbreite durch getrenntgeschlechtliche Fortpflanzung positiv aus. Die überwiegende Mehrheit der Neozoen haben aufgrund mangelnder Anpassungsfähigkeit an die neuen Umweltbedingungen keine Überlebenschancen. Neben der Schadstoffbelastung und dem Ausbau der Ästuare kommt ergänzend das Tidegeschehen mit all seinen Konsequenzen (v.a. Trockenfallen von Flächen, Ausbildung einer Vermischungszone zwischen Meer- und Süßwasser) hinzu. Da schon ein einzelner Faktor für sich allein verbreitungslimitierend wirken kann, besitzen hier v.a. Ubiquisten die größte Chance zur Etablierung. So sind auch unter den an der deutschen Nordseeküste etablierten Neozoen zum großen Teil konkurrenzstarke und euryöke Arten vertreten. Auffällig ist, dass der größte Anteil der Neozoen sich in den Ästuarien etabliert hat. Dies mag auf der einen Seite damit zusammenhängen, dass hier die salztoleranten Arten aus dem limnischen Bereich (insgesamt 7 Arten) zuerst mit der Küste in Berührung kommen. Auch ist dieser Bereich durch intensiven Schiffsverkehr charakterisiert und besitzt daher möglicherweise eine höhere potenzielle Infektionsrate, gerade auch vor dem Hintergrund, dass Ballastwasser oft ästuarinen Charakter hat. Mitentscheidend ist auch der Umstand, dass in der Brackwasserzone der Ästuare allgemein ein autochthones Artenminimum zu verzeichnen ist (REMANE & SCHLIEPER 1971), d. h., dass nicht alle ökologischen Nischen besetzt sind. Es ist gewissermaßen noch Platz für Einwanderer vorhanden, sofern diese im Brackwasser leben und sich fortpflanzen können.

### 3.2 Neozoen – Effekte auf die Umwelt

Das gesamte Ökosystem Küste umfaßt sowohl die Biota als auch ihr Milieu und bildet ein sich gemeinsam fortentwickelndes Ganzes. Gelangt eine neue Art in ein Ökosystem, sind verschiedene ökologische Reaktionsmechanismen möglich:

- Die neue Art kann sich nicht etablieren.
- Die neue Art lebt in Koexistenz mit den autochthonen Arten, ohne wesentliche gegenseitige Beeinflussung.
- Die neue Art verdrängt direkt oder indirekt als Vektor für Parasiten/Krankheiten autochthone Arten.

Daneben werden Neozoen oft grundsätzlich als ökonomisch bedenklich eingestuft (GOLLASCH 1996).

Für beide negativen Effekte - Verdrängung und ökonomischer Schaden - gibt es vielfältige in der Literatur aufgeführte Fälle. Über einige spektakuläre Vorkommnisse in limnischen und terrestrischen Systemen berichtet REICHHOLF

**Tabelle 2: Übersicht zu relevanten nachgewiesenen oder vermuteten ökologischen und ökonomischen Effekte der in Brackgewässern an der deutschen Nordseeküste als Neozoen nachgewiesenen Makroinvertebraten. ? = vermutete Effekte, (...) = gilt bisher nur für limnische Gewässer**

Art	ökologische Auswirkungen	ökonomische Auswirkungen
HYDROZOA		
Bimeria franciscana		
Cordylophora caspia		(Verstopfung von Rohren etc.)
Nemopsis bachei		
AMPHIPODA		
Corophium curvispinum	(Verdrängung sessiler Makrozoa)	
Gammarus tigrinus	(Verdrängung anderer Amphipoda)	(wichtiges Fischnährtier)
ISOPODA		
Proasellus coxalis		
CIRRIPEDIA		
Balanus improvisus		Verkrustungen von Rohren etc.
Elminius modestus	Verdrängung anderer Cirripedia ?	Verkrustungen von Rohren etc.
DECAPODA		
Eriocheir sinensis		Anfressen in Netzen gefangener Fische Grabgänge in Uferbereich
Rhithropanopeus harrisi		
BIVALVIA		
Congeria leucophaeta	Verdrängung anderer Bivalvia	
Corbicula fluminalis		
Dreissena polymorpha	(Verdrängung anderer Bivalvia)	(Verstopfung von Rohren etc.)
Ensis americanus		
Mya arenaria	Verdrängung anderer Bivalvia ?	
Petricola pholadiformis	Verdrängung anderer Bivalvia	
GASTROPODA		
Crepidula fornicata		
Potamopyrgus antipodarum		
POLYCHAETA		
Ficopomatus enigmaticus		Verkrustungen von Hafenanlagen
Marenzelleria viridis	Verdrängung anderer Polychaeta ?	
Marenzelleria wireni	Verdrängung anderer Polychaeta ?	
BRYOZOA		
Victorella pavida	Verdrängung sessiler Makrozoa ?	

(1996). Sucht man hingegen entsprechendes für den deutschen Küstenbereich, wird schnell deutlich, dass die Neozoen hier bisher unter den Makroinvertebrata keine eindeutigen Problemfälle darstellen (Tabelle 2). Auch wenn bei einigen Arten Verdrängungen „nachgewiesen“ oder zumindest vermutet werden, ist hier stets nur eine Abnahme der Populationsdichten autochthoner Arten zu erkennen gewesen; zu einem Erlöschen der Population kam es bisher jedoch nicht.

Lokal führen also die Einbürgerungen zu einer Bereicherung der Fauna, weltweit betrachtet könnte es bei verstärktem Austausch von Arten jedoch zu einer Uniformierung der Biozöosen kommen.

Auf der ökonomischen Seite sind positive als auch negative Effekte zu beobachten. Das absichtliche Ausbringen von Fischnährtieren (Beispiel *Gammarus tigrinus*) kann zu einer verbesserten Nutzung der Fischbestände führen. Demgegenüber stehen finanzielle Einbußen, die durch Neozoen verursacht werden. Ein

Beispiel hierfür im deutschen Küstenbereich ist das in den 1920er Jahren beobachtete Anfressen von Fischen in Stellnetzen in der Tideelbe durch die Wollhandkrabbe *Eriocheir sinensis*. Die durch *E. sinensis* angelegten Grabgänge führten bisher nicht zu relevanten ökonomischen Schäden.

Worin begründet sich die relative ökologische und ökonomische Unbedenklichkeit der bisher an der deutschen Nordseeküste eingeschleppten Neozoen?

In Insel-Biotopen, wo die abiotischen Verhältnisse meistens ausgeglichen sind, können sich im Verlauf der gemeinsamen Evolution die Arten eng aufeinander abstimmen. Es entsteht ein festgefügtes Beziehungsnetz, in dem eingeschleppte Arten dramatische Auswirkungen verursachen können (REISE 1993). In den deutschen Küstengewässern ist dies anders. Hier werden die Lebensgemeinschaften durch die Jahreszeiten, durch den Tidenrhythmus mit Ebbe und Flut, durch wechselndes Abflußregime etc. immer wieder massiv gestört, so dass es nicht zu einem austarierten Beziehungsnetz kommt. Da spielt es mit Blick auf die Stabilität der verschiedenen Ökosysteme kaum eine Rolle, wenn Neozoen sich hier etablieren können. Sie werden einfach integriert.

#### Dank

Diese Studie wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen der BMU-Maßnahme 6 „Biodiversität und Strukturgüte“ gefördert.

#### Literatur

- ADAM, W. & E. LELOUP (1934): Sur la présence du Gastéropode *Crepidula fornicata* (Linné, 1758) sur la Côte Belge.- Bulletin du Musée royal d'Historie naturelle de Belgique 10 (45): 1-6, Brüssel
- AKNU (ed.) (1996): Neophyten, Neozoen - Gefahr für die heimische Natur?- Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg 22: 188 pp., Stuttgart
- ANGER, K. (1990): Der Lebenszyklus der Chinesischen Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*) in Norddeutschland: Gegenwärtiger Stand des Wissens und neue Untersuchungen.- Seevögel 11 (2): 32-37, Hamburg
- ANKEL, W.E. (1935): Die Pantoffelschnecke, ein Schädling der Auster.- Natur und Volk 65: 173-176, Frankfurt/M.
- ARGE Elbe (1991): Das oberflächennahe Zoobenthos der Elbe als Indikator für die Gewässerqualität.- Wassergütestelle Elbe: 108 pp., Hamburg
- ARNDT, E.A. (1984): The ecological niche of *Cordylophora caspia* (Pallas).- Limnologica 15: 469-477, Berlin
- ARNDT, W. (1931): Die Tierwelt des Nordostseekanals und ihr Lebensraum.- Der Naturforscher 8: 113-118, 159-162, 188, 332-338, Berlin Lichtenfelde
- AX, P. (1952): Eine Brackwasser-Lebensgemeinschaft an Holzpfählen des Nord-Ostsee-Kanals.- Kieler Meeresforschungen 8: 229-243, Kiel
- BARNES, H. & M. BARNES (1960): Recent spread and present distribution of the barnacle *Elminius modestus* Darwin in north-west Europe.- Proceedings of the zoological Society 135: 137-145, London
- BARNES, R.S.K (1994): The brackish-water fauna of northwestern Europe.- 287 pp, (University Press) Cambridge
- BACESCU, M. (1966): Die kaspische Reliktfauna im ponto-asowschen Becken und in anderen Gewässern.- Kieler Meeresforschungen 22: 176-188, Kiel
- BÄTKE, J. (1994): Die Verbreitung von *Corbicula fluminalis* (O.F. Müller 1774) (Bivalvia, Corbi-

- culidae) in der Weser.- *Lauterbornia* 15: 17-21, Dinkelscherben
- BÄTKE, J. (1996): Versalzung der Werra und Weser und ihre Auswirkungen auf das Phytoplankton und Makrozoobenthos.- In: Lozán, J.L. & H. Kausch (eds.): Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren: 244-249, (Parey) Berlin
- BARNES, R.S.K. (1994): The brackish-water fauna of northwestern Europe.- 287 pp., (Cambridge University Press) Cambridge
- BENTHEIM-JUTTING, T. VAN (1922): Zoet - en brackwatermollusken.- *Flora en Fauna der Zuiderzee*: 391-410, Den Helder
- BERGHAHN, R. (1990): Biologische Veränderungen im Wattenmeer.- In: Lozán, J.L., W. Lenz, E. Rachor, B. Watermann & H.v. Westernhagen (eds.): Warnsignale aus der Nordsee: 202-212, (Parey) Berlin
- BICK, A. & M.L. ZETTLER (1997): On the identity and distribution of two species of *Marenzelleria* (Polychaeta, Spionidae) in Europe and North America.- *Aquatic Ecology* 31: 137-148, AH Dordrecht
- BISHOP, M.W.H. (1947): Establishment of an immigrant barnacle in British coastal waters.- *Nature* 159: 501-502, London
- BÖCKER, R., H. GEBHARDT, W. KONOLD & S. SCHMIDT-FISCHER (1995): Gebietsfremde Pflanzenarten.- 215 pp., (Ecomed) Landsberg
- BOETTGER, C.R. (1928): Über die Artzugehörigkeit der seinerzeit in den Hafen von Antwerpen eingeschleppten Muschel der Gattung *Congeria* Partsch.- *Zoologischer Anzeiger* 77: 267-269, Leipzig
- BOETTGER, C.R. (1933): Über die Ausbreitung der Muschel *Congeria cochleata* Nyst in europäischen Gewässern und ihr Auftreten im Nordostseekanal.- *Zoologischer Anzeiger* 101: 43-48, Leipzig
- BOUSFIELD, E.L. (1958): Fresh-water amphipod crustaceans of glaciated North America.- *The Canadian Field-Naturalist* 72 (2): 55-118, Ottawa
- BRAEM, F. (1951): Über *Victorella* und einige ihrer nächsten Verwandten sowie über die Bryozoenfauna des Ryck bei Greifswald.- *Zoologica* 37 (102): 1-59, Taf. I-XII, Stuttgart
- BRINK, F.W.B. VAN DEN, G. VAN DER VELDE & A. BIJ DE VAATE (1991): Amphipod invasion on the Rhine.- *Nature* 352: 576, London
- BRINK, F.W.B. VAN DEN, G. VAN DER VELDE & A. BIJ DE VAATE (1993): Ecological aspects, explosive range extension and impact of a mass invader, *Corophium curvispinum* Sars, 1895 (Crustacea: Amphipoda), in the Lower Rhine (The Netherlands).- *Oecologia* 93: 224-232, Berlin
- BROCH, H. (1924): *Cirripedia thoracica* von Norwegen und dem norwegischen Nordmeer. Eine systematische und biologisch-tiergeographische Studie.- *Videnskabselskabets Skrifter (Mathematisk-naturisk klasse)* 14: 1-121, Christiania
- BUITENDIJK, A.M. & L.B. HOLTHUIS (1949): Note on the Zuiderzee Crab, *Rithropanopeus harrisi* (Gould) Subspecies *tridentatus* (Maitland).- *Zoologische Mededelingen Rijksmuseum van Natuurlijke Historie* 30: 95-106, Leiden
- BULNHEIM, H.-P. (1980): Zum Vorkommen von *Gammarus tigrinus* im Nord-Ostsee-Kanal.- *Archiv für Fischereiwissenschaft* 30: 67-73, Berlin
- CASPERS, H. (1951): Bodengreiferuntersuchungen über die Tierwelt in der Fahrinne der Unterelbe und im Vormündungsbereich der Nordsee.- *Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft Wilhelmshaven 1951*: 404-418, Stuttgart
- COHEN, A.N. & J. T. CARLTON (1995): Nonindigenous aquatic species in a United States estuary: A case study of the biological invasions of the San Francisco Bay and Delta.- Report for the US Fish and Wildlife Service, Washington D.C. and the National Sea Grant College Program, Connecticut: 246 S. [<http://www.nfrcg.gov/nas/sfinvade.htm>]
- COSEL, R. VON, J. DÖRJES & U. MÜHLENHARDT-SIEGEL (1982): Die amerikanische Schwertmuschel *Ensis directus* (Conrad) in der deutschen Bucht: I. Zoogeographie und Taxonomie im Vergleich mit den einheimischen Schwertmuschel-Arten.- *Senckenbergiana maritima* 14: 147-173, Frankfurt/M.

- CRISP, D.J. (1958): The spread of *Elminius modestus* Darwin in north-west Europe.- Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 37: 483-520, Plymouth
- DAHL, F. (1891): Untersuchungen über die Thierwelt der Unterelbe.- Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere 1887-1891, 6: 150-185, Kiel
- DEAN, T.A. & V.J. BELLIS (1975): Seasonal and spatial distribution of epifauna in the Pamlico river estuary, North Carolina.- Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society 91: 1-12
- DECHOW, F. (1920): Die Bodentiere des Kaiser-Wilhelm-Kanals.- Dissertation, Universität Kiel: 52 pp., Kiel
- DITTMER, J.-D. (1981): The distribution of subtidal macrobenthos in the estuaries of the rivers Ems and Weser.- In: Dankers, N., H. Kühl & W.J. Wolff (eds.): Invertebrates of the Wadden Sea, Report 4: 188-206, (Balkema) Rotterdam
- DÖRJES, J., S. GADOW, H.-E. REINECK & I.B. SINGH (1969): Die Rinnen der Jade (Südliche Nordsee). Sedimente und Makrozoobenthos.- Senckenbergiana maritima 50: 5-62, Frankfurt/M.
- DRAKE, J.A., H.A. MOONEY, F. DI CASTRI, R.H. GROVES, F.J. KRUGER, M. REJMÁNEK & M. WILLIAMSON (eds.) (1989): Biological invasions - A global Perspective.- 525 pp., (John Wiley & Sons) New York
- ELLIOT, M. & P.F. KINGSTON (1987): The sublittoral benthic fauna of the estuary and Firth of Forth, Scotland.- Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 93B: 449-446, Edinburgh
- ENO, N.C., R.A. CLARK & W.G. SANDERSON (1997): Non-native marine species in British waters: a review and directory.- Joint Nature Conservation Committee: 152 pp., Peterborough
- 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, Amsterdam
- ESSINK, K. & H.L. KLEEF (1988): *Marenzelleria viridis* (Verrill, 1873) (Polychaeta: Spionidae): a new record from the Ems estuary (The Netherlands/Federal Republic of Germany).- Zoologische Bijdragen 38: 1-13, Leiden
- ESSINK, K. & H.L. KLEEF (1993): Distribution and life cycle of the North American spionid polychaete *Marenzelleria viridis* (Verrill, 1873) in the Ems Estuary.- Netherlands Journal of Aquatic Ecology 27: 237-246, Bilthoven
- FAUVEL, P. (1923): Un nouveau Serpulién d'eau saumâtre *Mercierella enigmatica* n. g. n. sp.- Bulletin de la Société Zoologique de France 47: 424-430, Paris
- FAUVEL, P. (1933): Histoire de la *Mercierella enigmatica* Fauvel, Serpulién d'eau saumâtre.- Archives de Zoologie expérimentale et générale 75: 185-193, Paris
- FOCK, H.O. (1996): Lebensgemeinschaften im Eu-, Supra- und Epilitoral des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres und der Eider und Elbe und die analytische Modellierung der Struktur und Dynamik der Lebensgemeinschaften und der Regulation durch biotische Parameter und Umweltparameter.- Berichte des Forschungs- und Technologiezentrum Westküste Büsum, Universität Kiel, 13: 226 pp., Kiel
- FONTES, R.-J. & F. SCHÖLL (1994): *Rhithropanopeus haisii* (Gould 1841) - eine neue Brackwasserart im deutschen Rheinabschnitt (Crustacea, Decapoda, Brachyura).- Lauterbornia 15: 111-113, Dinkelscherben
- FRIEDRICH, H. (1938): Polychaeta.- In: Grimpe, G. & E. Wagler (eds.): Die Tierwelt der Nord- und Ostsee, Band VIb: 201 pp., (Akad. Verlagsges. Becker & Erler) Leipzig
- GEBHARDT, H., R. KINZELBACH & S. SCHMIDT-FISCHER (eds.) (1996): Gebietsfremde Tierarten: 314 pp., (Ecomed) Landsberg
- GIERE, O. (1968): Die Fluktuationen des marinen Zooplanktons im Elbe-Aestuar.- Archiv für Hydrobiologie, Supplement 31: 379-546, Stuttgart
- GOLLASCH, S. (1996): Untersuchungen des Arteintrages durch den internationalen Schiffsverkehr unter besonderer Berücksichtigung nichtheimischer Arten.- 312 pp., (Verlag Dr. Kovac) Hamburg
- GOSSELCK, F., J. PRENA, G. ARLT & A. BICK (1993): Distribution and zonation of macrobenthic fauna in the deep channels of the Weser estuary.- Senckenbergiana maritima 23: 89-98, Frankfurt/M.

- GRUNER, H.-E. (1965): Krebstiere oder Crustacea. V. Isopoda.- In: Dahl, F. (ed.): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise, Teil 51 und 53: 380 pp., (G. Fischer) Jena
- HAESLOPP, U. & B. SCHUCHARDT (1995): Plankton und Makrozoobenthon der gezeitenbeeinflussten Unterweser.- In: Gerken, B. & M. Schirmer (eds.): Die Weser. Limnologie aktuell 6: 159-173, (G. Fischer) Stuttgart
- HAGMEIER, A. (1941): Die intensive Nutzung des nordfriesischen Wattenmeeres durch Austern- und Muschelkultur.- Zeitschrift für Fischerei 39: 105-165, Berlin
- HARTLAUB, C. (1911): Craspedote Medusen, Fam. III, Margelidae.- In: Brandt, K. & C. Apstein (eds.): Nordisches Plankton, Teil XII/1, Lief. 2: 137-236, (Lipsius & Tischer) Kiel
- HARTMANN-SCHRÖDER, G. (1996): Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta.- In: Dahl, F. (ed.): Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise, Teil 58.- 2. Aufl., 648 pp., (G. Fischer) Jena
- HARTOG, C. DEN (1953): Immigration, dissemination and ecology of *Elminius modestus* Darwin in the North Sea, especially along the Dutch coast.- Beaufortia 4 (33): 9-20, Amsterdam
- HAVINGA, B. (1929): Krebse und Weichtiere.- In: Lübbert, H. & E. Ehrenbaum (eds.): Handbuch der Seefischerei Nordeuropas, Band III, Heft 2: 147 pp., (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung) Stuttgart
- HAVINGA, B. (1932): Austern- und Muschelkultur.- In: Lübbert, H. & E. Ehrenbaum (eds.): Handbuch der Seefischerei Nordeuropas, Band VII, Heft 5: 64 pp., 19 Taf., (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung) Stuttgart
- HEIDRICH, H. (1973): Die Einschleppung der amerikanischen Pantoffelschnecke (*Crepidula fornicata* LINNAEUS) in Ostfriesland.- Mitteilungen der deutschen malakologischen Gesellschaft 3/1973: 12-13, Frankfurt/M.
- HENTSCHEL, E. (1923): Der Bewuchs an Seeschiffen.- Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie 11: 238-264, Berlin
- HERBST, V. (1982): Amphipoden in salzbelasteten niedersächsischen Oberflächengewässern.- Gewässer und Abwässer 68/69: 35-40, Krefeld
- 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 verbreitungsgeschichtliche Einordnung.- Natur und Heimat 38: 71-77, Aussig
- HESSLAND, I. (1945): On the quaternary *Mya* Period in Europe.- Arkiv för Zoologi 37 A (8): 1-51, Taf. 1, Stockholm
- HOEK, P.P.C. (1909): Cirripeden und Cirripedenlarven.- In: Brandt, K. & C. Apstein (eds.): Nordisches Plankton, Teil VIII: 265-332, (Lipsius & Tischer) Kiel
- HOVE, H.A. TEN (1974): Notes on *Hydroides elegans* (Haswell, 1883) and *Mercierella enigmatica* Fauvel, 1923, alien serpulid polychaetes introduced into the Netherlands.- Bulletin zoologisch Museum Universiteit van Amsterdam 4 (6): 45-51, Amsterdam
- HOWLETT, D.J. (1990): The arrival in Britain of *Ensis americanus* (Binney).- Conchologist's Newsletter 114: 301-302, London
- HYNES, H.B.N. (1955): Distribution of some freshwater Amphipoda in Britain.- Verhandlungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 12: 620-628, Stuttgart
- JAGNOW, B. & F. GOSSELCK (1987): Bestimmungsschlüssel für die Gehäuseschnecken und Muscheln der Ostsee.- Mitteilungen des Zoologischen Museums Berlin 63: 191-268, Berlin
- JEBRAM, D. (1969): Bryozoen als Holzschädlinge im Brackwasser.- Kieler Meeresforschungen 25: 224-231, Kiel
- 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 Meeresuntersuchungen 46: 363-376, Hamburg
- JUNGBLUTH, J.H. (1996): Einwanderer in der Molluskenfauna von Deutschland. I. Der chorologische Befund.- In: Gebhardt, H., R. Kinzelbach & S. Schmidt-Fischer (eds.): Gebietsfremde Tierarten: 105-125, (Ecomed) Landsberg

- KENT, W.S. (1870): On a new Polyzoon, „*Victorella pavidæ*“, from the Victoria Docks.- Quarterly Journal for the Microscopic Science (N. S.) 10: 34-39, London
- KIEL, E., W. PIPER, H. BEHR & V. BROCK (1989): Erstnachweis von *Proasellus coxalis* (Dollfuß 1892) für Hamburg (Crustacea: Isopoda: Asellidae).- Seevögel 10: 32, Hamburg
- KINNE, O. (1956a): Zur Ökologie der Hydroidpolypen des Nord-Ostsee-Kanals. *Laomedea loveni* (Allmann), *Cordylophora caspia* (Pallas), *Perigonimus megas* (Kinne).- Zeitschrift zur Morphologie und Ökologie der Tiere 45: 217-249, Berlin
- KINNE, O. (1956b): *Perigonimus megas*, ein neuer brackwasserlebender Hydroidpolyp aus der Familie Bongainvillidae.- Zoologisches Jahrbuch (Abteilung für Systematik) 84 (2/3): 257-268, Jena
- KINZELBACH, G. (1991): Die Körbchenmuscheln *Corbicula fluminalis*, *Corbicula fluminea* und *Corbicula fluviatilis* in Europa (Bivalvia: Corbiculidae).- Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv 29: 215-228, Mainz
- KINZELBACH, G. (1996): Wasserausbau und Neozoen.- In: UBA (ed.), Faunen- und Florenveränderung durch Gewässerausbau - Neozoen und Neophyten (UBA-Texte 74/96): 13-21, (Umweltbundesamt) Berlin
- KIRCHENPAUER, J.U. (1862): Die Seetonnen der Elbmündung.- Abhandlungen auf dem Gebiet der Naturwissenschaft 4 (3): 1-59, Hamburg
- KLEIN, G. (1969): Amphipoden aus der Wesermündung und der Helgoländer Bucht, mit Beschreibung von *Talorchestia frisiae* n.sp.- Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung Bremerhaven 11: 173-194, Bremerhaven
- KNUDSEN, J. (1997): Ny dansk knivmusling fra Amerika.- Dyr i Natur og Museum 1/1997: 28-31, Kopenhagen
- KOTHÉ, P. (1973): Die Verbreitung des Makrozoobenthos im Nord-Ostsee-Kanal und ihre Abhängigkeit vom Salzgehalt. II. Organismenverbreitung und biologische Indikation des Seewasser-einflusses.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 17: 21-26, Koblenz
- KRAEPLIN, K. (1900): Ueber die durch den Schiffsverkehr in Hamburg eingeschleppten Tiere.- Mitteilungen des Naturhistorischen Museum Hamburg 18: 185-209, Hamburg
- KRAMP, P.L. (1961): Synopsis of the medusae of the world.- Journal of the Marine and Biological Association of the United Kingdom 40: 1-469, Plymouth
- KÜHL, H. (1950): Studien über die Sandklaffmuschel *Mya arenaria*.- Archiv für Fischereiwissenschaft 2: 25-39, Braunschweig
- KÜHL, H. (1954): Über das Auftreten von *Elminius modestus* Darwin in der Elbmündung.- Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen 5: 53-56, Hamburg
- KÜHL, H. (1962): Die Hydromedusen der Elbmündung.- Abhandlungen und Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg N.F. 6: 209-232, Hamburg
- KÜHL, H. (1963): Die Verbreitung von *Elminius modestus* Darwin (Cirripedia, Thoracica) an der deutschen Küste.- Crustaceana 5: 99-111, Leiden
- KÜHL, H. (1971): Die Hydromedusen der Wesermündung.- Vie et Milieu, Supplement 22: 803-810, Banyuls-sur-Mer
- KÜHL, H. (1977): *Mercierella enigmatica* (Polychaeta: Serpulidae) an der deutschen Nordseeküste.- Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung Bremerhaven 16: 99-104, Bremerhaven
- LEUCHS, H. & S. NEHRING (1996): Auswirkungen von Baggern und Verklappen auf das Makrozoobenthos im Küstenbereich - Dargestellt an einem Beispiel aus dem Elbeästuar.- Deutsche hydrographische Zeitschrift, Supplement 6: 177-187, Hamburg
- LEUCHS, H. & S. NEHRING (1997): Faunistische Untersuchungen an einer Buhne in der Außenweser (km 73,6).- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht-Nr. BfG-1061: 43 pp. 2 Anl., Koblenz
- LUCZAK, C., J.-M. DEWARUMEZ & K. ESSINK (1993): First record of the American jack-knife clam *Ensis directus* on the French coast of the North Sea.- Journal of the marine and biological Association of the United Kingdom 73: 233-235, Plymouth
- MAITLAND, R.T. (1875): Naamlijst der Nederlandsche Schaaldieren.- Tijdschrift der nederlandse DIERKUNDIGE VEREENIGING 1: 228-269, GRAVENHAGE
- MARQUARD, O. (1926): Die Chinesische Wollhandkrabbe, *Eriocheir sinensis* Milne-Edwards, ein

- neuer Bewohner deutscher Flüsse.- Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften 24: 417-433, Berlin
- MEISTER, A. (1997): Lebenszyklus, Autökologie und Populationsökologie der Körbchenmuscheln *Corbicula fluminea* und *Corbicula fluminalis* (Bivalvia, Corbiculidae) im Inselrhein.- Umweltplanung, Arbeits- und Umweltschutz, Schriftenreihe Hessisches Landesamt für Umwelt 238: 170 pp., Wiesbaden
- METZGER, A. (1891): Nachträge zur Fauna von Helgoland.- Zoologisches Jahrbuch (Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere) 5: 907-920, Jena
- MEURS, H.-G. & G.-P. ZAUKE (1988): Regionale und zeitliche Aspekte der Besiedlung des Elbe-, Weser- und Emsästuars mit euryhalinen Gammariden (Crustacea: Amphipoda).- Archiv für Hydrobiologie 113: 213-230, Stuttgart
- MEURS, H.-G. & G.-P. ZAUKE (1996): Neozoen und andere Makrozoobenthos-Veränderungen.- In: Lozán, J.L. & H. Kausch (eds.): Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren: 208-213, (Parey) Berlin
- MICHAELIS, H. (1994): Der Schwund echter Brackwasserarten in Ästuaren und kleinen Mündungsgewässern.- In: Lozán, J.L., E. Rachor, K. Reise, H.v. Westernhagen & W. Lenz (eds.): Warnsignale aus dem Wattenmeer: 178-181, (Blackwell Wissenschaftsverlag) Berlin
- MICHAELIS, H. & K. REISE (1994): Langfristige Veränderungen des Zoobenthos im Wattenmeer.- In: Lozán, J.L., E. Rachor, K. Reise, H.v. Westernhagen & W. Lenz (eds.): Warnsignale aus dem Wattenmeer: 106-117, (Blackwell Wissenschaftsverlag) Berlin
- MICHAELIS, H., H. FOCK, M. GROTHJAHN & D. POST (1992): The status of the intertidal zoobenthic brackish-water species in estuaries of the German Bight.- Netherlands Journal of Sea Research 30: 201-207, AB den Burg
- MINCHIN, D., D. MCGRATH & C.B. DUGGAN (1995): The Slipper Limpet, *Crepidula fornicata* (L.), in Irish waters, with a review of its occurrence in the North-Eastern Atlantic.- Journal of Conchology 35: 249-256, London
- Mühlenhardt-Siegel, U., J. Dörjes & R. von Cosel (1983): Die amerikanische Schwertmuschel *Ensis directus* (Conrad) in der deutschen Bucht: II. Populationsdynamik.- Senckenbergiana maritima 15: 93-110, Frankfurt/M.
- NEHRING, S. (1998a): Establishment of thermophilic phytoplankton species in the North Sea - biological indicators of climatic changes? - ICES Journal of Marine Science 55: 818-823, London
- NEHRING, S. (1998b) Non-indigenous phytoplankton species in the North Sea: supposed region of origin and possible transport vector.- Archive of Fishery and Marine Research 46: 181-194, Jena
- NEHRING, S. (1998c): 'Natural' processes in the Wadden Sea - challenging the concept of 'an intact ecosystem'.- Ocean Challenge 8/1: 27-29, Southampton
- NEHRING, S. (1998d): Neozoen an der Nordseeküste - Ein bislang wenig beachtetes Phänomen!- Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Meeresforschung 3/98: 3-6, Hamburg
- NEHRING, S. (1999a): Biocoenotic signals in the pelagial of the Wadden Sea: The possible biological effects of climate change.- Senckenbergiana maritima 29, Supplement.: 101-106, Frankfurt/M.
- NEHRING, S. (1999b): Oyster beds and Sabellaria reefs.- In: de Jong, F., J.F. Bakker, C.J.M. van Berkel, N.M.J.A. Dankers, K. Dahl, C. Gätje, H. Marencic & P. Potel (eds.): Wadden Sea Quality Status Report. Wadden Sea Ecosystem No. 9: 146-147, (Common Wadden Sea Secretariat) Wilhelmshaven
- NEHRING, S. (2000a): Biodiversität und Naturschutz in aquatischen Systemen - Zum Status eingeschleppter Tierarten.- Wasser & Boden 52 (1+2): 23-26, Berlin
- NEHRING, S. (2000b): Zur Bestandssituation von *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) in deutschen Gewässern: die sukzessive Ausbreitung eines amerikanischen Neozoons (Crustacea: Decapoda: Panopeidae).- Senckenbergiana maritima (im Druck), Frankfurt/M.
- NEHRING, S. & H. LEUCHS (1996): BfG-Ästuarmonitoring in Ems, Jade, Weser, Elbe - Makrozoobenthos 1995.- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht-Nr. BfG-1040: 34 pp., 17 Anl., Koblenz
- NEHRING, S. & H. LEUCHS (1997): BfG-Ästuarmonitoring in Ems, Jade, Weser, Elbe, Eider - Makrozoobenthos 1996.- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht-Nr. BfG-1113: 43 pp., 34 Anl., Ko-

blenz

- NEHRING, S. & H. LEUCHS (1999a): *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841) (Crustacea: Decapoda) - ein amerikanisches Neozoon im Elbeästuar.- *Lauterbornia* 35: 49-51, Dinkelscherben
- NEHRING, S. & H. LEUCHS (1999b): Neozoen (Makrozoobenthos) an der deutschen Nordseeküste - eine Übersicht.- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht-Nr. BfG-1200: 131 pp., Koblenz
- NEUBAUER, R. (1936): Ein neuer Mitbewohner schleswig-holsteinischer Fischgewässer.- *Fischereizeitung* 39: 725-726, Berlin
- NEUDECKER, T. (1985): Untersuchungen zur Reifung, Geschlechtsumwandlung und künstlichen Vermehrung der pazifischen Auster *Crassostrea gigas* in deutschen Gewässern.- *Veröffentlichungen des Instituts für Küsten- und Binnenfischerei* 88: 212 pp., Hamburg
- NIJSSEN, H. & J.H. STOCK (1966): The amphipod, *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939, introduced in the Netherlands (Crustacea).- *Beaufortia* 13 (160): 197-206, Amsterdam
- Otte, G. (1979): Untersuchungen über die Auswirkungen kommunaler Abwässer auf das benthische Ökosystem mariner Watten.- *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* 32: 73-148, Hamburg
- PANNING, A. (1938): Systematisches über *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards.- *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* 47: 105-111, Hamburg
- PANNING, A. (1950): Der gegenwärtige Stand der Wollhandkrabbenfrage.- *Zoologischer Anzeiger* 145, Ergänzungsband: 719-732, Leipzig
- PETERMEIER, A., F. SCHÖLL & T. TITTIZER (1996): Die ökologische und biologische Entwicklung der deutschen Elbe - Ein Literaturbericht.- *Lauterbornia* 24: 1-95, Dinkelscherben
- PETERS, N. (1933): B - Lebenskundlicher Teil.- *Zoologischer Anzeiger* 104, Ergänzungsband: 59-156, Leipzig
- PETERS, N. (1938a): Ausbreitung und Verbreitung der chinesischen Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis* H. M.-Edw.) in Europa in den Jahren 1933 bis 1935.- *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* 47: 1-31, Hamburg
- PETERS, N. (1938b): Neue Untersuchungen über die Erdbauten der Wollhandkrabbe.- *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* 47: 129-139, Hamburg
- PETERS, N. & H. HOPPE (1938): Über Bekämpfung und Verwertung der Wollhandkrabbe.- *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* 47: 140-171, Hamburg
- PETERSEN, G.H. & al. (1996): Red list of macrofaunal benthic invertebrates of the Wadden Sea.- *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 50, Supplement: 69-76, Hamburg
- PETERSEN, K.S., K.L. RASMUSSEN, J. HEINEMEIER & N. RUD (1992): Clams before Columbus? - *Nature* 359: 679, London
- PINKSTER, S. (1975): The introduction of the alien Amphipod *Gammarus tigrinus* Seston, 1939 (Crustacea, Amphipoda) in the Netherlands and its competition with indigenous species.- *Hydrobiological Bulletin*. 9: 131-138, Amsterdam
- PONDER, W.F. (1988): *Potamopyrgus antipodarum*: A molluscan coloniser of Europe and Australia.- *Journal of Molluscan Studies* 54: 271-285, London
- POST, D. & M. LANDMANN (1994): Verbreitungsatlas der Fließgewässerfauna in Ostfriesland.- *Staatliches Amt für Wasser und Abfall*: 141 pp., Aurich
- RACHOR, E., J. HARMS, W. HEIBER, I. KRÖNCKE, H. MICHAELIS, K. REISE & K.-H. v. BERNEM (1995): Rote Liste der bodenlebenden Wirbellosen des deutschen Wattenmeer- und Nordseebereichs.- *Schriften-Reihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 44: 63-74, Bonn
- REDEKE, H.C. (1937): Über die Verbreitung einiger Malakostraken in niederländischen Gewässern.- *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 35: 217-228, Berlin
- REICHHOLF, J.H. (1996): Wie problematisch sind die Neozoen wirklich?- In: Gebhardt, H., R. Kinkelbach & S. Schmidt-Fischer (eds.): *Gebietsfremde Tierarten*: 37-48, (Ecomed) Landsberg
- REINHOLD, M. & T. TITTIZER (1997): Zur Rolle von Schiffen als Vektoren beim Faunenaustausch Rhein/Main/Main-Donau-Kanal/Donau.- *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen* 41: 199-205, Koblenz
- REISE, K. (1990): Historische Veränderungen in der Ökologie des Wattenmeeres.- *Rheinisch-*

- Westfälische Akademie der Wissenschaften, Vorträge N 382: 35-50, Düsseldorf
- REISE, K. (1993): Ausländer durch Austern im Wattenmeer.- Wattenmeer International 3/93: 16-17, Frankfurt/M.
- REISE, K. (1998): Pacific oysters invade mussel beds in the European Wadden Sea.- Senckenbergiana maritima 28: 167-175, Frankfurt/M.
- REMANE, A. & C. SCHLIEPER (1971): Biology of Brackish Water.- In: Thienemann, A. (ed.): Die Binnengewässer, Bd. XXV.- 2. Aufl., 372 pp., (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung) Stuttgart
- ROCH, F. (1924): Experimentelle Untersuchungen an *Cordylophora caspia* (Pallas) (= *lacustris* Allmann) über die Abhängigkeit ihrer geographischen Verbreitung und ihrer Wuchsformen von den physikalisch-chemischen Bedingungen des umgebenden Mediums.- Zeitschrift zur Morphologie und Ökologie der Tiere 2: 350-426, 667-670, Taf. 3, Berlin
- ROSENTHAL, H. (1980): Implications of transplanatations to aquaculture and ecosystems.- Marine Fishery Revue 5: 1-14, Washington
- SCHÄFER, W. (1939): Fossile und rezente Bohrmuschel-Besiedlung des Jade-Gebiets.- Senckenbergiana 21: 227-254, Frankfurt/M.
- SCHAPER, P. (1922): Beiträge zur Kenntnis der Cirripedia Thoracia der Nord- und Ostsee.- Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen Abteilung Kiel N.F. 19: 211-250, Kiel
- SCHLESCH, H. (1932): Über die Einwanderung nordamerikanischer Meeresmollusken in Europa unter Berücksichtigung von *Petricola pholadiformis* Lam. und ihrer Verbreitung im dänischen Gebiet.- Archiv für Molluskenkunde der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft 64: 146-154, Frankfurt/M.
- SCHLIENZ, W. (1923): Verbreitung und Verbreitungsbedingungen der höheren Krebse im Mündungsgebiet der Elbe.- Archiv für Hydrobiologie 14: 429-452, Taf. IV-V, 2 Tab., Stuttgart
- SCHMITZ, W. (1960): Die Einbürgerung von *Gammarus tigrinus* Sexton auf dem europäischen Kontinent.- Archiv für Hydrobiologie 57: 223-225, Stuttgart
- SCHNAKENBECK, W. (1942): Die Wollhandkrabbe.- In: Demoll, R. & H.N. Maier (eds.): Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, Ergänzungsbd. zu Band V: 99-140, Taf. VII-XI, (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung) Stuttgart
- SCHÖLL, F. (1990): Zur Bestandssituation von *Corophium curvispinum* SARS im Rheingebiet.- Lauterbornia 5: 67-70, Dinkelscherben
- SCHÖLL, F. & I. BALZER (1998): Das Makrozoobenthos der deutschen Elbe 1992-1997.- Lauterbornia 32: 113-129, Dinkelscherben
- SCHÖLL, F., C. BECKER & T. TITTIZER (1995): Das Makrozoobenthos des schiffbaren Rheins von Basel bis Emmerich 1986-1995.- Lauterbornia 21: 115-137, Dinkelscherben
- SCHUBERT, K. (1936): *Pilumnopeus tridentatus* Maitland, eine neue Rundkrabbe in Deutschland.- Zoologischer Anzeiger 116 (11/12): 320-323, Leipzig
- SCHULZ, H. (1961): Qualitative und quantitative Planktonuntersuchungen im Elbästuar.- Archiv für Hydrobiologie 26: 5-105, Stuttgart
- SCHÜTZ, L. (1963): Ökologische Untersuchungen über die Benthosfauna im Nordostseekanal. I. Autökologie der sessilen Arten.- Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie 48: 361-418, Berlin
- SCHÜTZ, L. (1969): Ökologische Untersuchungen über die Benthosfauna im Nordostseekanal. III. Autökologie der vagilen und hemisessilen Arten im Bewuchs der Pfähle: Makrofauna.- Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie 54: 553-592, Berlin
- SCHÜTZ, L. & O. KINNE (1955): Über die Mikro- und Makrofauna der Holzpfähle des Nord-Ostseekanals und der Kieler Förde.- Kieler Meeresforschungen 11: 110-135, Kiel
- STAMMER, H.J. (1928): Die Fauna der Ryckmündung, eine Brackwasserstudie.- Zeitschrift zur Morphologie und Ökologie der Tiere 11: 36-101, Berlin
- STRAUCH, F. (1972): Phylogese, Adaption und Migration einiger nordischer mariner Mollusken-genera (*Neptunea*, *Panomya*, *Cyrtadaria* und *Mya*).- Abhandlungen der senckenbergianischen naturforschenden Gesellschaft 531: 1-211, 11 Taf., Frankfurt/M.

- STUBBINGS, H.G. (1950): Earlier records of *Elminius modestus* Darwin in British waters.- *Nature* 166: 277-278, London
- SUHRHOFF, P. & R. GUMPRECHT (1997): Verbreitungsatlas der Fließgewässerfauna im nordöstlichen Weser-Ems-Gebiet.- Staatliches Amt für Wasser und Abfall: 188 pp., Aurich
- TAMBS-LYCHE, H. (1964): *Gonionemus vertens* L. Agazziz (Limnomedusae) - a zoogeographical puzzle.- *Sarsia* 15: 1-8, Bergen
- THIEL, H. (1938): Die allgemeinen Ernährungsgrundlagen der chinesischen Wollhandkrabbe (*Eriochelone sinensis* H. M.-Edw.) in Deutschland, insbesondere im Einwanderungsgebiet im weiteren Sinne.- *Mitteilungen des Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut* 47: 50-64, Hamburg
- THIEL, H. (1968): Die Einwanderung der Hydromeduse *Neomopsis bachei* L. Ag. aus dem ostamerikanischen Küstengebiet in die westeuropäischen Gewässer und die Elbmündung.- *Abhandlungen und Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Hamburg, N.F.* 12: 81-94, Hamburg
- THIENEMANN, A. (1950): Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas.- In: Thienemann, A. (ed.): *Die Binnengewässer*, Bd. XVIII: 809 pp., (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung) Stuttgart
- TITTIZER, T. (1996): Vorkommen und Ausbreitung aquatischer Neozoen (Makrozoobenthos) in den Bundeswasserstraßen.- In: Gebhardt, H., R. Kinzelbach & S. Schmidt-Fischer (eds.): *Gebietsfremde Tierarten*: 49-86, (Ecomed) Landsberg
- UBA (ed.) (1996): Faunen- und Florenveränderung durch Gewässerausbau - Neozoen und Neophyten (UBA Texte 74/96).- 220 pp., (Umweltbundesamt) Berlin
- ULRICH, W. (1926): Über das Vorkommen der *Victorella pavida* Kennt und einiger anderer Bryozoen im Brackwasser des Rostocker Hafens.- *Zeitschrift zur Morphologie und Ökologie der Tiere* 5: 559-576, Berlin
- URK, R.M. VAN (1987): *Ensis americanus* (Binney) (syn. *E. directus* auct. Non Conrad) a recent introduction from Atlantic North America.- *Journal of Conchology* 32: 329-333, London
- UTTING, S.D. & B.E. SPENCER (1992): Introductions of marine bivalve molluscs into the United Kingdom for commercial culture - case histories.- *ICES Marine Science Symposium* 194: 84-91, London
- VAAS, K.F. (1975): Immigrants among the animals of the delta-area of the southwestern Netherlands.- *Hydrobiological Bulletin* 8: 114-119, Amsterdam
- VAATE, A. BIJ DE & M. GREIJLDANUS-KLAAS (1991): The Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Pelecypoda, Corbiculidae), a new immigrant in the Netherlands.- *Bulletin zoologisch Museum Universiteit van Amsterdam* 12 (12): 173-177, Amsterdam
- VANHÖFFEN, E. (1917): Die niedere Tierwelt des Frischen Haffs.- *Sitzungsberichte der Gesellschaft der naturforschenden Freunde Berlin, Jg. 1917*: 113-147, Berlin
- VERVOORT, W. (1964): Note on the distribution of *Garveia franciscana* (Torrey, 1902) and *Cordylophora caspia* (Pallas, 1771) in the Netherlands.- *Zoologische Mededelingen* 39: 125-146, Leiden
- WERNER, B. (1948): Die amerikanische Pantoffelschnecke *Crepidula fornicata* L. im Nordfriesischen Wattenmeer.- *Zoologisches Jahrbuch (Abteilung für Systematik)* 77: 449-488, Jena
- WILLMANN, R. (1989): Muscheln und Schnecken der Nord- und Ostsee.- 310 pp., (Neumann-Neudamm) Melsungen
- WOHLENBERG, E. (1937): Die Wattenmeer-Lebensgemeinschaft im Königshafen von Sylt.- *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* 1: 1-92, Hamburg
- WOLFF, W.J. (1972): Origin and history of the brackish water fauna of N.W. Europe.- In: Battaglia, B. (ed.): *5<sup>th</sup> European Marine Biology Symposium*: 11-18, (Piccin) Padova
- WOLFF, W.J. (1973): The estuary as a habitat.- *Zoologische Verhandlungen* 126: 1-242, Leiden
- WUNDSCH, H.H. (1912): Eine neue Spezies des Genus *Corophium* Latr. aus dem Müggelsee bei Berlin.- *Zoologischer Anzeiger* 39: 729-738, Leipzig
- WUNDSCH, H.H. (1913): Das Auftreten der marinen Amphipodengattung *Corophium* Latr. im Ge-

- biete der Oder und Oberspree.- Zeitschrift für Fischerei 14: 136-149, Berlin
- WUNDSCH, H.H. (1920): Weitere Fundorte der Süßwasserform von *Corophium curvispinum* G.O. Sars in der Baltischen Tiefebene.- Archiv für Hydrobiologie 12: 693-697, Stuttgart
- ZIBROWIUS, H. (1991): Ongoing modification of the Mediterranean marine fauna and flora by the establishment of exotic species.- Mésogée (Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille) 51: 83-107, Marseille
- ZIBROWIUS, H. & C.H. THORP (1989): A review of the alien Serpulid and Spirorbid Polychaetes in the British Isles.- Cahiers de Biologie Marine 30: 271-285, Paris

*Anschrift der Verfasser:* Dr. Stefan Nehring und Dr. Heiko Leuchs, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Kaiserin-Augusta-Anlagen 15-17, D-56068 Koblenz, email [nehring@bafg.de](mailto:nehring@bafg.de)

*Manuskripteingang:* 12.06.2000