



BUNDESAMT FÜR
SEESCHIFFFAHRT
UND
HYDROGRAPHIE

Exoten im Bewuchs – Bedeutung der Freizeitschiff- fahrt für die Verbreitung nicht-einheimischer Arten

Ostsee & Bundeswasserstraßen

2017
2018





BUNDESAMT FÜR
SEESCHIFFFAHRT
UND
HYDROGRAPHIE

Exoten im Bewuchs – Bedeutung der Freizeitschiff- fahrt für die Verbreitung nicht-einheimischer Arten

Schlussbericht
der Sportbootuntersuchungen Ostsee & Bundeswasserstraßen
in den Jahren 2017 und 2018
M. Zabrocki | N. Heibeck | K. Broeg

Bundesamt für Seeschifffahrt
und Hydrographie

Juni 2021

Zitiervorschlag

M. Zabrocki, N. Heibeck, K. Broeg (2021) Exoten im Bewuchs – Bedeutung der Freizeitschifffahrt für die Verbreitung nicht-einheimischer Arten. Schlussbericht der Sportbootuntersuchungen im Themenfeld 2 des BMVI-Expertennetzwerks.

Impressum



Digitale Publikationsreihe des Themenfeldes 2 Umwelt und Verkehr im BMVI-Expertennetzwerk „Wissen – Können – Handeln“ zu den Forschungsergebnissen (der Schwerpunktthemen) aus der 1. Forschungsphase (2016–2020).

Die Arbeiten des BMVI-Expertennetzwerk „Wissen – Können – Handeln“ wurden durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert. Internet: BMVI-Expertennetzwerk

Autorinnen und Autoren

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH):



Dr. Katja Broeg
Mariusz Zabrocki



Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG):
Dr. Nicole Heibeck

Redaktionsschluss: Mai 2021

Titelbilder: Bewuchs am Heck eines Bootes, ein Segel- und Motorboot während eines Kranvorgangs und Muscheln und Algen an der Außenwand. (Fotos: Zabrocki / BSH)

© Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

Hamburg und Rostock 2021

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des BSH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	5
2	Hintergründe und Ziele	6
	2.1 Freizeitschiffahrt in Deutschland	7
3	Material und Methoden	8
	3.1 Untersuchungsgebiet und -zeitraum	9
	3.2 Bestimmung der Bewuchsstärke	9
	3.3 Besiedlungsplatten	10
	3.4 Probenahme an den Sportbooten (Kratzproben)	10
	3.5 Interviews	10
4	Ergebnisse und Erkenntnisse	11
	4.1 Bewuchsstärke (LoF)	11
	4.1.1 Ostsee	11
	4.1.2 Binnenwasserstraßen	11
	4.2 Bewuchsdruk	13
	4.3 Die Exoten im Bewuchs	13
	4.3.1 Die häufigsten Exoten im Bewuchs der Ostsee	15
	4.3.2 Die häufigsten Exoten im Bewuchs der Binnenwasserstraßen	16
	4.4 Interviews	17
	4.4.1 Bewuchsschutz (AFS)	18
	4.4.2 Trailernutzung (Überlandtransporte)	18
	4.4.3 Nutzungs- und Reiseprofil	18
	4.4.4 Neobiota und bestehende Empfehlungen ...	19
5	Diskussion und Folgerungen	20
	5.1 Bewuchsstärke und Bewuchsdruk	20
	5.2 Exoten im Bewuchs	21
	5.3 Interviews	24
	5.3.1 Bewuchsschutz (AFS)	25
	5.3.2 Trailernutzung (Überlandtransporte)	26
	5.3.3 Nutzungs- und Reiseprofil	27
	5.3.4 Kenntnis von bestehenden Empfehlungen ...	27
6	Alternativen zu AFS	28
7	Fazit/Empfehlungen/Ausblick	29

8	Danksagung	30
9	Literaturverzeichnis	31
10	Anhang	36
	10.1 Bootseigner – Umfragebogen: Untersuchungen von Bioaufwuchs	36
	10.2 Zusammenstellung von Umfrageergebnissen sowie der Bewuchsstärke	37
	10.3 Gesamtartenliste erfasster Arten (Brack- und Süßwasser)	43
11	Abkürzungsverzeichnis	47

1 Kurzfassung

Im Rahmen des Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) Expertennetzwerks führten das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) in den Jahren 2017 und 2018 Untersuchungen zum Bewuchs an Sportbooten durch. Ziel war es, die Rolle des Bewuchses als Vektor für die Einschleppung und Verbreitung nicht-einheimischer Arten (Neobiota) zu ermitteln und Vorschläge zur Minderung des Bewuchses zu erarbeiten.

Die Untersuchungen wurden an 121 Sportbooten in 24 Yachthäfen entlang von Elbe, Mosel, Main, Main-Donau-Kanal und an der deutschen Ostseeküste durchgeführt. Der kombinierte Ansatz der Untersuchungen bestehend aus biologischer Probennahme, visueller und fotografischer Dokumentation sowie Befragungen der Sportbootbesitzerinnen und Sportbootbesitzern lieferte wichtige Erkenntnisse über den Zusammenhang des Nutzungs- und Pflegeregimes und der Qualität und Quantität des Bewuchses.

Insgesamt wurden im Bewuchs der untersuchten Sportboote 34 nicht-einheimische Arten nachgewiesen, was einem Anteil von 22,4 % an der Gesamtartenzahl (152) entspricht. Der hohe Anteil von nicht-einheimischen Arten belegt, dass die Verbreitung von nicht-einheimischen Arten auch durch Sportboote stattfindet. Die häufigsten Neobiota waren die Brackwasser-Seepocke (*Amphibalanus improvisus*), *Sinelobus sp. nov.*, der Keulenpolyp (*Cordylophora caspia*), zwei Flohkrebsarten (*Chelicorophium curvispinum* und *Dikerogammarus villosus*) sowie die Quagga-Dreikantmuschel (*Dreissena rostriformis bugensis*).

Ob Bewuchs zu negativen Effekten führt, hängt u. a. stark von den Bewuchsverhältnissen in den Yachthäfen sowie vom Nutzungs- und Pflegeregime ab. Die Unkenntnis von bereits existierenden Bewuchsempfehlungen verdeutlicht die Notwendigkeit aktiver Öffentlichkeitsarbeit.

Der vorliegende Bericht soll einen Überblick über die durchgeführten Untersuchungen geben.

2 Hintergründe und Ziele

Im Gegensatz zur natürlichen Ausbreitung von Arten können Organismen auch durch menschliches Handeln in Gegenden eingebracht werden, die sie aus eigener Kraft nicht erreichen würden. Arten, die durch menschliche Aktivitäten ihre biogeographischen Grenzen überwunden und sich in neuen Ökosystemen erfolgreich etabliert haben, werden als nicht-einheimische oder gebietsfremde Arten (Neobiota) bezeichnet. Neobiota, die Probleme verursachen, zählen zu den sogenannten „invasiven gebietsfremden Arten“. Aufgrund der globalisierungsbedingten Zunahme von Handelsströmen und des voranschreitenden Klimawandels wird zukünftig mit einer Zunahme der durch invasiven Arten verursachten Probleme gerechnet^{1,2,3}.

Eines der bekanntesten Beispiele für eine invasive marine Art ist der Schiffsbohrwurm (*Teredo navalis*). Diese invasive Muschel verursacht große Schäden an Holzkonstruktionen wie Holzschwimmendern oder Weichdalben von Hafenanlagen (Abbildung 2-1). Die Instandsetzung der betroffenen Bereiche und Schutzmaßnahmen, wie der Austausch von Holzstegen durch Stahlelemente, sind stets mit hohem finanziellen Aufwand verbunden.

Bei der Einschleppung und Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten spielen Verkehrsträger als

Vektoren sowie Verkehrswege aufgrund ihrer Verbindungsfunktion eine entscheidende Rolle^{4,5}.



Abbildung 2-1 | Vom Schiffsbohrwurm befallene Holzbalkenfragmente am Strand von Cuxhaven. Foto: Zabrocki / BSH.

Nicht-einheimische Arten können auf zwei verschiedenen Wegen mit Schiffen (exklusive Ladung) transportiert werden:

- als Aufwuchsorganismen auf Schiffskörpern (Bewuchs) und
- in dem aufgenommenen Ballastwasser.

Das Ballastwasser und der Bewuchs wurden schon vor langer Zeit als bedeutende Vektoren für die Verbreitung nicht-einheimischer Arten erkannt⁶.

1 Kleinbauer I, Dullinger S, Klingenstein F, May R, Nehring S, Essl F (2010) Ausbreitungspotenzial ausgewählter neophytischer Gefäßpflanzen unter Klimawandel in Deutschland und Österreich. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn. *BfN-Skripten* 275.

2 Lenda M, Skróka P, Knops J M H, Maron D, Sutherland W J, Kuszewska K, Woyciechowski M (2014) Effect of the Internet Commerce on Dispersal Modes of Invasive Alien Species. *PLoSOne* 9 (6). DOI: 10.1371/journal.pone.0099786.

3 Early R, Bradley B. A, Dukes J. S, Lawler J. J, Olden J. D, Blumenthal D. M, Gonzalez P, Grosholz E. D, Ibanez I, Miller L. P, Sorte C. J. B, Tatem A. J (2016) Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature communications* 7. DOI: 10.1038/ncomms12485

4 Hulme P. E, Bacher S, Kenis M, Klotz S, Kühn I, Minchin D, Nentwig W, Olenin S., Panov V, Pergl J, Pyšek P, Roques A, Sol D, Solarz W, Vila M (2008). Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology* 45, 403-414. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2007.01442.x

5 Seebens H, Schwartz N, Schupp P. J, Blasius B (2016) Predicting the spread of marine species introduced by global shipping. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113 (20), 5646-5651. DOI: 10.1073/pnas.1524427113

6 Hentschel E (1923) *Der Bewuchs an Seeschiffen*.

Die Verhinderung der Einschleppung und Verbreitung von invasiven gebietsfremden Arten und ihre Bekämpfung bzw. die Minderung der damit verbundenen Gefahren ist Gegenstand internationaler Vereinbarungen.

Zu nennen ist hier insbesondere die europäische Verordnung zu invasiven Arten⁷, die seit dem Jahr 2015 in Kraft ist und die Mitgliedstaaten zu entsprechenden Maßnahmen verpflichtet.

Zudem wurde eine Reihe von freiwilligen Maßnahmen und Handlungsempfehlungen zum bewussten Umgang mit invasiven gebietsfremden Arten für den Sportbootsektor erarbeitet. Insbesondere der Verhaltenskodex für Sportbootbesitzer⁸ sowie die Leitlinien der Internationalen Maritimen Organisation (IMO) für den Wassersport⁹, die auch vom Deutschen Segler-Verband (DSV) übersetzt wurden, liefern eine Reihe von wichtigen Hinweisen und Empfehlungen.

Die Studie hatte zum Ziel, die bislang in Deutschland noch wenig erforschte Rolle des Bewuchses (Biofouling) im Sportbootbereich für die Einschleppung und Verbreitung nicht-einheimischer Arten zu ermitteln und Vorschläge zur Minderung des Bewuchses zu erarbeiten.

2.1 Freizeitschifffahrt in Deutschland

Ein gut ausgebautes Wasserstraßennetz ermöglicht die Ausübung von zahlreichen Wassersportaktivitäten und ist für die Naherholung wesentlich. Die Ostsee bietet perfekte Segelbedingungen, und auch die Nordsee steht den Erholungssuchenden und Wassersportlerinnen und Wassersportlern zur Verfügung.

In Deutschland gibt es über 30.000 km befahrbare Wasserwege. Davon sind 23.000 km Seewasserstraßen und 7.350 km Binnenwasserstraßen¹⁰. Bundesweit gibt es 3.091 Sportboothäfen mit etwa 206.000 Liegeplätzen. Ein Großteil der Liegeplätze, etwa 146.000 (71,0 %), entfallen auf Süßwassereviere, 54.000 (26,2 %) auf die Yachthäfen an der Ostsee und 5.800 (2,8 %) auf die Reviere der Nordsee.¹¹

Laut einer jährlich durchgeführten statistischen Erhebung¹² besaßen in Deutschland im Jahr 2020 etwa 220.000 Personen eine Motoryacht und 410.000 Personen eine Segelyacht/-jolle. Im Vergleich zum Jahr 2017 sank die Anzahl der Personen, die eine Segelyacht/-jolle besaßen, um 24 %, wohingegen die Anzahl der Motoryachten seit dem Jahr 2018 stagniert.

7 *EU (2014) Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten, Europäische Union (EU).*

8 *EBA (2016) European Code of Conduct on recreational boating and invasive species, European Boating Association (EBA), Strasbourg.*

9 *IMO (2012) Guidance for minimizing the transfer of invasive aquatic species as biofouling hull fouling for recreational craft, MEPC.1/Circ.792, International Maritime Organization (IMO), London.*

10 *DMYV (2016) Deutschland – Ein Wassersportland – Zahlen, Daten, Fakten zum Motorbootsport in Deutschland, Deutsche Motor-yachtverband e.V. (DMYV), Duisburg.*

11 *Daehne D, Feibicke M, Fürle C (2017) Risiken durch Antifouling-Einsatz bei Sportbooten vorhersagen, In: Porth M., Schüttrumpf H. (eds) Wasser, Energie und Umwelt. Springer Vieweg, Wiesbaden, pp. 264-272. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-15922-1_34*

12 *Statista (2020) Zugriff: 17/09/2020*

3 Material und Methoden

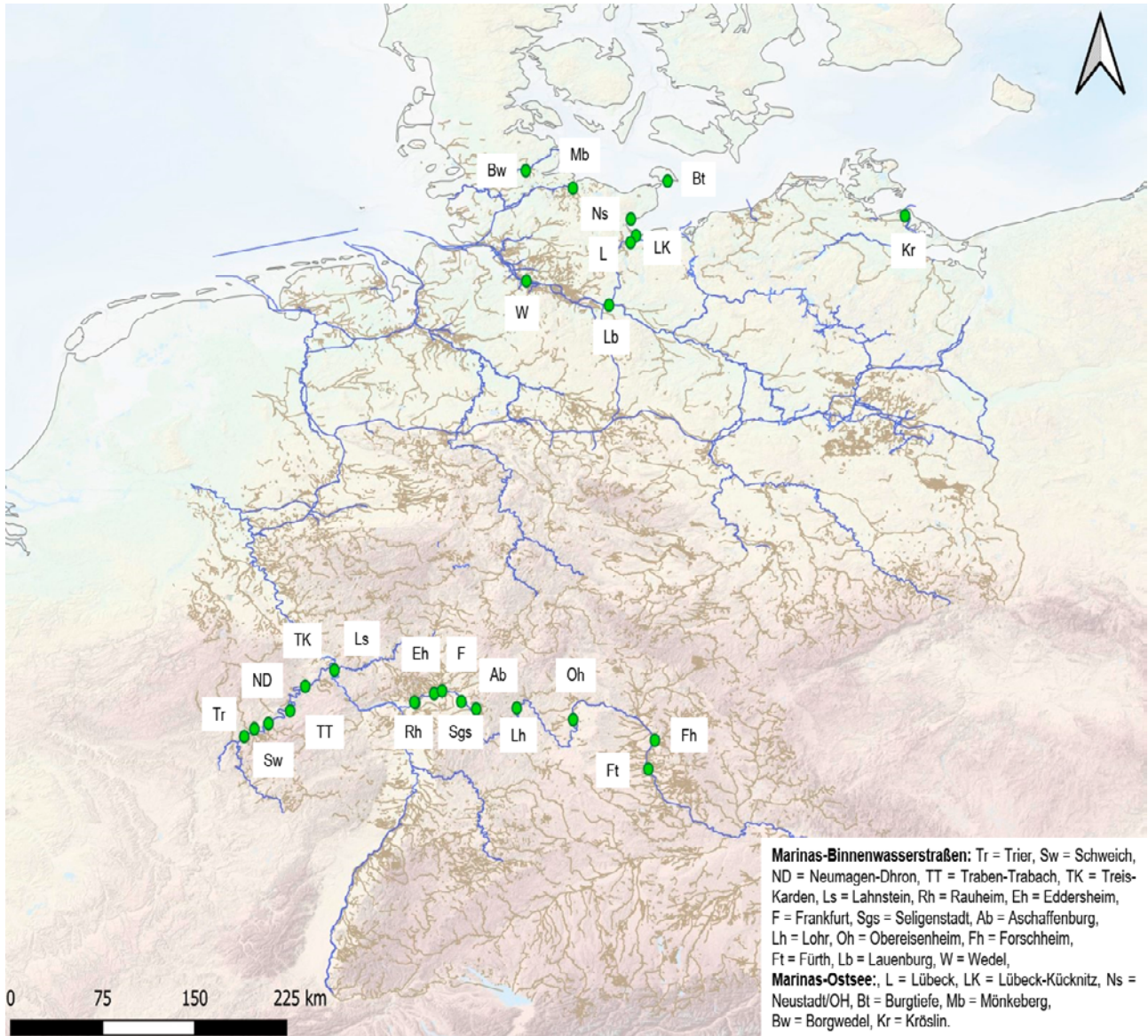


Abbildung 3-1 | Lage der untersuchten Yachthäfen

Die untersuchten Yachthäfen variieren in der Anzahl von Liegeplätzen, der Hafeninfrastuktur (Tankstellen, Geschäfte, Übernachtungsmöglichkeiten, Restaurants etc.) und den angebotenen Dienstleistungen (Kranen, Reparatur und Wartung, Bootsreinigung) deutlich. Mit durchschnittlich 40 Liegeplätzen

waren die Yachthäfen im Binnenland tendenziell kleiner als die an der Ostseeküste mit bis zu 1400 Liegeplätzen. Das Untersuchungsgebiet zeichnet sich durch einen Salzgradienten von Süßwasser (<1 PSU)¹³ in den Flüssen und Kanälen bis Brackwasser (<20 PSU) in der Ostsee aus.

¹³ PSU steht für Practical Salinity Unit und beschreibt den Salzgehalt eines Gewässers (Salinität)

RANG	Kriterien der Einstufung
0	Kein Aufwuchs: kein sichtbarer Schiffsaufwuchs, auch kein „Schleim“, am gesamten Schiffsrumpf.
1	Kein Makrofouling: Schiffsrumpf teilweise oder komplett mit „Schleim“ bedeckt, aber keine Makroorganismen.
2	Leichtes Fouling: 1–5 % der Oberfläche ist von sehr weit verteilten Makrofouling-Organismen bewachsen. Die restliche Fläche ist häufig von „Schleim“ bedeckt.
3	Mäßiges Fouling: Makrofouling ist klar sichtbar (meistens >1 Art), aber immer noch lückenhaft. 6–15 % ist von Makrofouling-Organismen bewachsen, restliche Fläche häufig von „Schleim“ bedeckt.
4	Großflächiges Fouling: 16–40 % des Schiffsrumpfes sind von Makrofouling-Organismen bewachsen, meistens von mehreren verschiedenen Arten. Die restliche Fläche ist häufig von „Schleim“ bedeckt.
5	Sehr starkes Fouling: 41–100 % des Schiffsrumpfes sind von Makrofouling bewachsen, meistens von mehreren verschiedenen Arten. Die restliche Fläche häufig von „Schleim“ bedeckt.

Tabelle 3.2-1 | Qualitative Einstufung der Bewuchsstärke nach dem LoF – Ranking von Floerl et al., (2005)¹⁴

3.1 Untersuchungsgebiet und -zeitraum

Die Untersuchung fand in der Regel zum Saisonabschluss (September–November) statt. Dabei wurden Yachthäfen an der Elbe, Mosel, Main, Main-Donau-Kanal und der deutschen Ostsee in Borgwedel, Mönkeberg, Burgtiefe, Neustadt, Lübeck und Kröslin aufgesucht (Abbildung 3-1).

3.2 Bestimmung der Bewuchsstärke

Im Rahmen einer visuellen Inspektion und Fotodokumentation wurde die Bewuchsstärke zunächst quantitativ an den verschiedenen Bereichen des Schiffsrumpfes (Bug, Heck, Unterseite, Wasserlinie, Nischen) nach dem Ranking des „Level of Fouling“ (LoF) abgeschätzt und entsprechend der Tabelle 3.2-1 dargelegten Kriterien eingestuft.

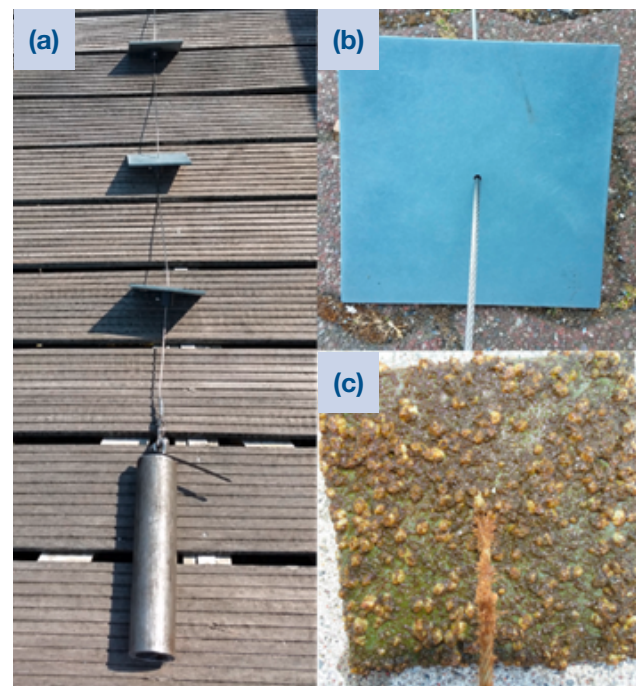


Abbildung 3.2 | (a) Besiedlungsplatten-Set mit Gewicht, (b) eine 15 x 15 cm große mit Schleifpapier bearbeitete PVC-Platte, (c) eine durch Aufwuchsorganismen bewachsene PVC-Platte. Foto: Zabrocki / BSH.

¹⁴ Floerl O, Graeme J. I, Hayden B. J (2005) A Risk-Based Predictive Tool to Prevent Accidental Introductions of Nonindigenous Marine Species. *Environmental Management* 35 (6) 765-778. DOI: 10.1007/s00267-004-0193-8

3.3 Besiedlungsplatten

Neben der Bestimmung der Bewuchsstärke wurden 18 Besiedlungsplatten in drei Yachthäfen in Anlehnung an das Hafenmonitoring¹⁵ ausgebracht. Jede Montage bestand aus drei 15 x 15 cm großen Polyvinylchlorid (PVC) Platten, einem Drahtseil und einem Gewicht (Abbildung 3-2). Für eine bessere Haftung der Organismen wurden die Platten mit einem Schleifpapier vorbehandelt. Jeweils drei Platten wurden an einer Leine befestigt und in unterschiedlichen Tiefen an Schwimmpontons für einen Zeitraum von mindestens 20 Wochen horizontal ausgebracht.

Name des Yachthafens	Datum (von–bis)	Expositionsdauer (Wochen)
Baltic Sea Resort	26.05 – 13.10.2018	20
ancora Marina	01.06 – 26.10.2018	22
Hamburger Yachthafen e.V.	09.07 – 23.11.2018	20

Tabelle 3.3-1 | Lage und Expositionsdauer der ausgebrachten Platten.

Jeweils zwei Montagen wurden im Jahr 2018 in den Yachthäfen „Baltic Sea Resort“ in Kröslin, „ancora Marina“ in Neustadt sowie im „Hamburger Yachthafen e. V.“ in Wedel montiert. Der Zeitpunkt der Ausbringung sowie die Dauer der Exposition der Platten waren aus organisatorischen Gründen unterschiedlich und sind in der Tabelle 3.3-1 dargestellt. Im Yachthafen „Baltic Sea Resort“ wurden zwei Montagen an Schwimmstegen in Tiefen von 0,5–3,0 m am 26.05.2018 ausgebracht. Im Yachthafen „ancora Marina“ wurden zwei Montagen am 01.06.2018 ausgebracht und am 26.10.2018 wieder eingeholt. Die Platten befestigten wir am Schwimmsteg einer Tankstelle und an den Bootsliegendeplätzen in den Tiefen von ca. 0,5–1,3 m. Im „Hamburger Yachthafen e.V.“ wurden die Platten am 09.07.2018

für die Dauer von 20 Wochen jeweils an den Schwimmstegen einer Tankstelle und Bootsliegendeplätzen in den Tiefen von 1–5 m angebracht.

3.4 Probenahme an den Sportbooten (Kratzproben)

Nach der Fotodokumentation wurden stichprobenartig Kratzproben von unterschiedlichen Schiffsregionen wie Rumpf, Heck und Nischen mit einem Spachtel (Breite: 6 cm) genommen und in Vierkantflaschen mit 96 %igem Ethanol fixiert. Die vor Ort bestimmten Arten wurden dokumentiert, fotografiert und dann mit Ethanol für eine spätere Nachbestimmung konserviert. Die Süßwasserarten wurden in den Laboren der BfG und „AlgaLab“ taxonomisch bestimmt. Die Brackwasserproben (Ostsee) analysierte das Institut für Angewandte Ökosystemforschung (IfAÖ). Die Bestimmung der Organismen erfolgte halbquantitativ und wenn möglich, bis auf Artniveau. Letzteres war allerdings besonders bei den fädigen Algen häufig nicht möglich.

3.5 Interviews

Parallel zu den Untersuchungen wurden Sportbootbesitzerinnen und Sportbootbesitzern hinsichtlich der Pflege- und Nutzungsregime befragt. Der Umfragebogen (Anhang 10.1) enthielt Fragen zur Bootsgröße, Bootsnutzung und dem Fahrtenprofil – hier waren die Liegezeiten sowie Reiseziele von besonderem Interesse. Die aufgetragenen Bewuchsschutz-Produkte (Antifouling System, AFS) wurde ebenfalls abgefragt.

Fragen nach der Bekanntheit von Leitlinien für den Wassersport oder der Bedeutung von nicht-einheimischen Arten (Neobiota) wurden am Tag der Beprobung separat von uns gestellt.

¹⁵ HELCOM (2014) Joint HELCOM/OSPAR Guidelines for the Contracting Parties of OSPAR and HELCOM on the granting of exemptions under International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, Regulation A-4. The Helsinki Convention (HELCOM), Helsinki. https://helcom.fi/media/documents/Joint-HELCOM_OSPAR-Guidelines.pdf

4 Ergebnisse und Erkenntnisse

In 24 Häfen an der deutschen Ostseeküste und an Binnenwasserstraßen wurden insgesamt 121 Sportboote untersucht. Die Anzahl der untersuchten Boote variierte je nach Standort und Jahr zwischen 1–13. Eine Übersichtstabelle mit u. a. mit Nennung des Untersuchungsgebiets, Gewässer, Bootstyp, Reiseziel, AFS, Bewuchsstärke etc., findet sich im Anhang 10.2.

Insgesamt überwog der Anteil untersuchter Motorboote (70 %) den Anteil der Segelboote (30 %). Allerdings ändert sich das Verhältnis, wenn nur Yachthäfen an der Ostsee und in Wedel (Elbe) betrachtet werden zu 68,7 % Segelboote und 31,3 % Motorboote.

4.1 Bewuchsstärke (LoF)

Für 114 Boote wurde die Bewuchsstärke (LoF) bestimmt. In einigen Yachthäfen, insbesondere an der Ostseeküste, waren der Kranvorgang, die Hochdruckreinigung und der Abtransport der Boote in das Winterlager eng getaktet, dass die Möglichkeit der Fotodokumentation und der eigentlichen Probenahme stark eingeschränkt waren. Eine entsprechende Zuweisung der Proben nach beprobter Fläche (Heck/Bug/Kiel/Nischen etc.) war daher nur bedingt möglich. Die gesammelten Kratzproben wurden zu einer Sammelprobe zusammengefasst. Im Binnenland hingegen wurden die Boote zumeist mit einem Trailer an Land gebracht, wodurch viel Zeit für die Dokumentation und Probenahme blieb.

4.1.1 Ostsee

Die Bewuchsstärke für 35 Motor- und Segelboote wurde vor Ort dokumentiert und geschätzt. Keinen oder leichten Bewuchs (LoF 2) wiesen 38 % der Boote auf. Von einem starken (LoF 4) oder sehr starken (LoF 5) Bewuchs waren insgesamt 31 % der Boote betroffen (Abbildung 4-1).

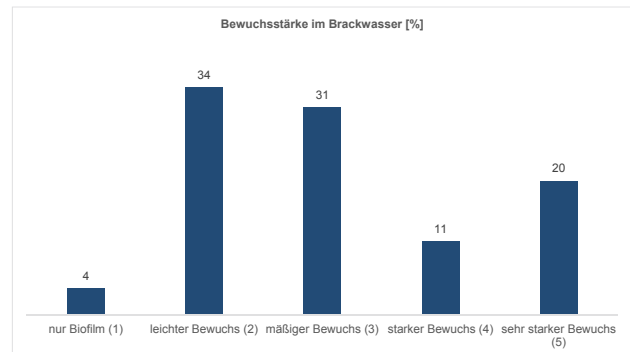


Abbildung 4-1 | Verteilung der Bewuchsstärke an Sportbooten im Brackwasser.

4.1.2 Binnenwasserstraßen

Von den 79 Booten mit einem Liegeplatz im Süßwasser wiesen 66 % keinen Bewuchs bzw. nur Biofilm auf, 34 % der Boote waren nur leicht bewachsen (LoF 2). Eine Bedeckung des Rumpfes von über 5 % (LoF 3) wurde auf keinem Boot nachgewiesen.

Im Süßwasser war keines der Boote vom mäßigen bis sehr starken Bewuchs betroffen.

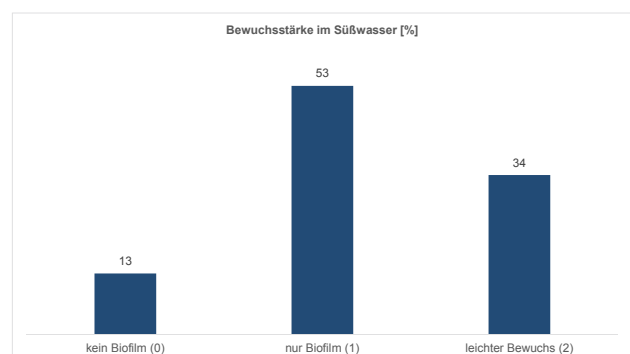


Abbildung 4-2 | Verteilung der Bewuchsstärke an Sportbooten im Süßwasser.



Abbildung 4-3 | Anbringungstiefe und Fotodokumentation der Bedeckung durch Organismen im Yachthafen „Baltic Sea Resort“.

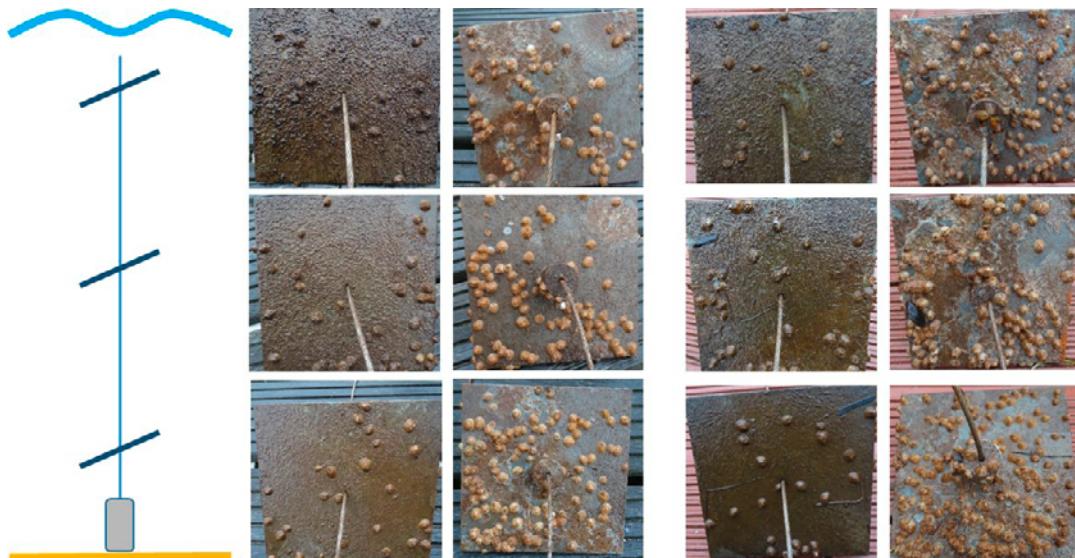


Abbildung 4-4 | Anbringungstiefe und Fotodokumentation der Bedeckung durch Organismen im Yachthafen „ancora Marina“.

Artennamen	Wissenschaftliche Artennamen	Brackwasser	Süßwasser
k. A.	<i>Dasya baillouviana</i>	+	-
k. A.	<i>Dugesia tigrina</i>	-	+
Süßwasser-Borstenwurm	<i>Hypania invalida</i>	-	+
k. A.	<i>Stylochoidea indet.</i>	+	-
k. A.	<i>Amathia gracilis*</i>	+	-
k. A.	<i>Pectinatella magnifica</i>	-	+
k. A.	<i>Victorella sp.*</i>	+	-
Keulenpolyp	<i>Cordylophora caspia</i>	+	+
k. A.	<i>Garveia franciscana</i>	+	-
Brackwasser-Seepocke	<i>Amphibalanus improvisus</i>	+	+
Süßwasser-Röhrenkrebs	<i>Chelicorophium curvispinum</i>	-	+
Großer Röhrenkrebs	<i>Chelicorophium robustum</i>	-	+
k. A.	<i>Chelicorophium sowinskyi</i>	-	+
Höckerflohkrebs	<i>Dikergammarus sp.</i>	+	-
Kleiner Höckerflohkrebs	<i>Dikergammarus haemobaphes</i>	-	+
Großer Höckerflohkrebs	<i>Dikergammarus villosus</i>	-	+
Pontischer Flohkrebs	<i>Echinogammarus ischnus</i>	-	+
k. A.	<i>Echinogammarus sp.</i>	-	+
Chinesische Wollhandkrabbe	<i>Eriocheir sinensis</i>	-	+
Gefleckter Flußflohkrebs	<i>Gammarus tigrinus</i>	+	-
k. A.	<i>Grandidierella japonica</i>	+	-
Pinsel-Felsenkrabbe	<i>Hemigrapsus takanoi</i>	+	-
k. A.	<i>Jaera sarsi</i>	-	+
k. A.	<i>Melita nitida</i>	+	-
Kleine Felsengarnele	<i>Palaemon elegans</i>	+	-
Zuiderzeekrabbe	<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	+	-
k. A.	<i>Sinelobus sp.</i>	+	-
k. A.	<i>Telmatogeton japonicus</i>	+	-
Quagga-Dreikantmuschel	<i>Dreissena rostriformis bugensis</i>	-	+
Wandermuschel	<i>Dreissena polymorpha</i>	-	+
Flache Mützenschnecke	<i>Ferrissia wautieri</i>	-	+
Brackwasser-Dreieckmuschel	<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	+	-
k. A.	<i>Alitta succinea*</i>	+	-
k. A.	<i>Boccardiella ligERICA*</i>	+	-

Tabelle 4.3-1 | Neobiota im Bewuchs von Sportbooten. Kryptogene Arten ¹⁶ sind mit (*) versehen; (+) nachgewiesen; (-) fehlend.

Der Keulenpolyp (*Cordylophora caspia*) wurde sowohl im Brackwasser – wie auch im Süßwasser nachgewiesen. Die Brackwasser-Seepocke (*Amphibalanus improvisus*) ist keine Süßwasserart, wurde

aber trotzdem lebend auf Sportbooten in Binnengewässern gefunden, die vorher einige Wochen an der Ost- oder Nordsee verbrachten.

¹⁶ Kann die natürliche Verbreitung (Herkunft) einer nicht-einheimischen Art nicht eindeutig geklärt werden, so wird diese auch als „kryptogen“ bezeichnet.

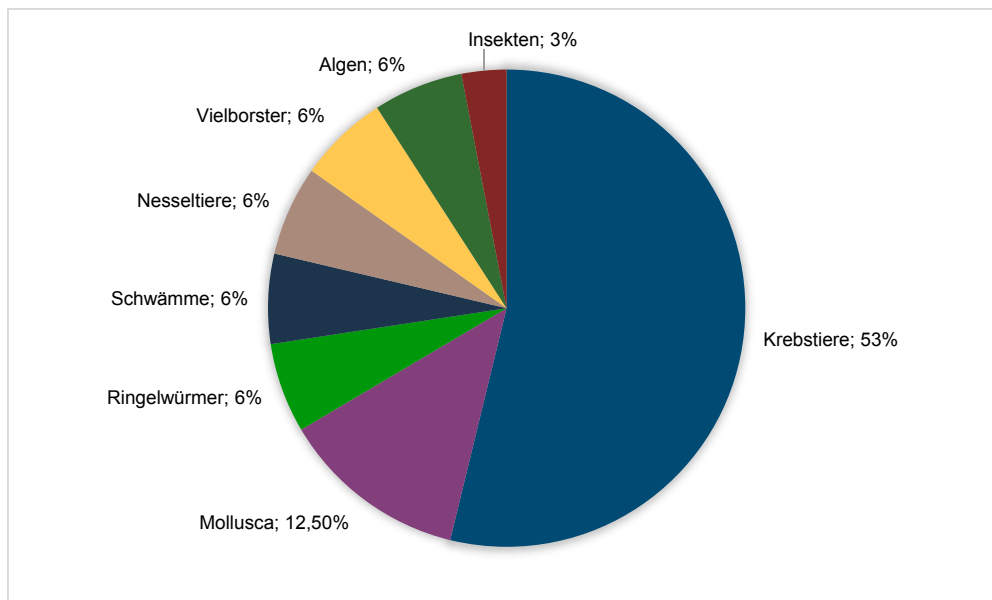


Abbildung 4-6 | Übersicht der Neobiota – Artengruppen

Mit 17 (53 %) verschiedenen nicht-einheimischen Arten stellten die Krebstiere (*Crustacea*) die größte Artengruppe dar, gefolgt von Weichtieren (*Mollusca*) wie Muscheln mit 12,5 %. Die Abbildung 4-6 zeigt eine Übersicht der Verteilung weiterer Artengruppen.

(c) Mehr als die Hälfte der erfassten Neobiota waren Krebstiere.

4.3.1 Die häufigsten Exoten im Bewuchs der Ostsee

Die Organismen von 33 Sportbooten, einem Hausboot, einem Schwimmponton und sechs Besiedlungsplatten wurden taxonomisch bestimmt. Die Platten aus dem Yachthafen „Baltic Sea Resort“ wurden aufgrund falscher Probenhandhabung nicht ausgewertet.

Die Brackwasser-Seepocke (*Amphibalanus improvisus*) wurde in 97 % der Proben gefunden und war damit der am häufigsten gefundene Neobiont, gefolgt von *Sinelobus sp. nov.* (54 %) und dem Keulenpolypen (*Cordylophora caspia*, 31 %).

Den stärksten Bewuchs bildeten häufig nur zwei Arten aus. Die Gemeine Miesmuschel (*Mytilus edulis*), eine einheimische Art und die Brackwasser-Seepocke (*Amphibalanus improvisus*) aus (Abbildung 4-7). Vor allem am Heck und in den Nischen wurden dichte, festhaftende Gemeinschaften beider Arten gefunden. Einige Boote in der Kieler Förde waren von dichten, tropfenförmigen und teilweise mehrere Dezimeter großen „Miesmuscheln-Kolonien“ bewachsen. Dagegen stellte die Brackwasser-Seepocke, durch extrem festsitzenden und dichten Bewuchs mancher Orts die dominante und problematische Art dar.



Abbildung 4-7 | Beispiele für Bewuchs im Brackwasser. (a) Boot in der Kieler Förde mit sehr starkem Bewuchs; (b) traubenförmige Miesmuschel – Kolonien; (c) starker Bewuchs des gesamten Heckbereiches mit der Brackwasser-Seepocke; (d) Boot mit starkem Pocken-Bewuchs (d). (Fotos: Zabrocki / BSH).

4.3.2 Die häufigsten Exoten im Bewuchs der Binnenwasserstraßen

Die häufigste Art auf den 83 Sportbooten in Binnen- gewässern war der Süßwasser-Röhrenkrebs (*Chelicorophium curvispinum*), der in 67 % der Proben identifiziert wurde, gefolgt von dem Keulenpolypen (*Cordylophora caspia*, 57 %), der Quagga-Dreikant- muschel (*Dreissena rostriformis bugensis*, 48 %) und dem Großen Höckerflohkrebs (*Dikerogamma- rus villosus*, 45 %).

Zwei Sportboote, die die gesamte Saison an der Ostsee verbrachten und lediglich zum Kranen einen Yachthafen an der Elbe aufsuchten, wiesen neben

der Brackwasser-Seepocke auch die für den Süßwasserbewuchs typischen Flohkrebsarten *Chelicorophium curvispinum*, *Chelicorophium robustum* und *Echinogammarus ischnus* auf.

Die Artenvielfalt war generell deutlich geringer als in der Ostsee. Lediglich an einem defekten Motorboot, das etwa drei Jahre unbewegt im Wasser lag, bildete sich ein geschlossener, festsitzender Bewuchs aus. Nahezu der gesamte Rumpf und Nischenbereiche waren u. a. mit Wander- und Quagga-Dreikantmuscheln bewachsen. Von insge- samt 15 erfassten Arten waren über 50 % nicht- einheimisch. In der Abbildung 4-8 sind die Bewuchsstärken exemplarisch dargestellt.



Abbildung 4-8 | Beispiele für Bewuchs im Süßwasser. (a) ein Boot mit weichen Bewuchs bestehend aus Algen, Bakterien und Schwämmen; (b) in den Nischen konnten Muscheln und Flohkrebse besonders zahlreich vorgefunden werden; (c) an zahlreichen Sportbooten wurde kein Bewuchs festgestellt; (d) Bewuchs an einem defekten Motorboot an der Elbe. Am gesamten Unterwasserschiff hat sich nach etwa drei jähriger Liegezeit ein harter Bewuchs aus Wander- und Quagga-Muscheln gebildet. (Fotos: Zabrocki / BSH).

Neobiota wurden in allen Bewuchsstärken von LoF 0 bis LoF 2 nachgewiesen. Dabei handelte es sich um wenige Exemplare einer einzigen Art wie z.B. Süßwasser-Röhrenkreb, Pontischer Flohkreb, Großer Höckerflohkreb oder ganz vereinzelt festsitzende Arten wie Süßwassermoostierchen (*Pectinatella magnifica*) oder die Quagga-Dreikantmuschel.

(d) Das Vorkommen von Neobiota war unabhängig von der Bewuchsstärke.

4.4 Interviews

Es wurden 118 Fragebögen ausgewertet, davon betrafen 36 Ostsee- und 82 Binnenhäfen. Nicht alle Fragen wurden beantwortet, da entweder für die Beantwortung der Fragen die Zeit, Kenntnis fehlten oder die Eigener nicht vor Ort waren.

4.4.1 Bewuchsschutz (AFS)

Ein Großteil der untersuchten Boote (67 %) wurde mit biozidhaltigen Antifouling-Anstrichen behandelt. In wenigen Ausnahmefällen (3 %) wurden im Süßwasser bewusst biozidfreie Alternativen verwendet oder es wurde komplett auf ein AFS verzichtet. Für 32 % der untersuchten Boote konnten keine Angaben über das verwendete Produkt gemacht werden.

Bei AFS wird zwischen Hart-Antifouling-Beschichtungen, bei denen eine harte Oberfläche gebildet wird, und selbstpolierenden Anstrichen, bei denen die Farbe und Inhaltsstoffe während der Fahrt abgegeben werden, unterschieden. Nach Herstellerangaben eignen sich Hart-Antifouling-Beschichtungen für schnelle Fahrten, wohingegen selbstpolierende Antifouling-Beschichtungen für die Segelboote empfohlen werden. In unserer Studie wurden Hart-Antifouling-Beschichtungen mit 70 % bevorzugt aufgetragen, dabei gab es keine erkennbaren Unterschiede zwischen Motor- oder Segelbooten. Es wurden 13 unterschiedliche Produkte von sieben verschiedenen Herstellern genannt.

4.4.2 Trailernutzung (Überlandtransporte)

Mehr als die Hälfte der untersuchten Sportboote (53 %) war der Längensklasse 8–11 m zuzuordnen, gefolgt von Sportbooten bis 8 m (27 %). Etwa 20 % der untersuchten Boote war länger als 11 m.

Von 115 auswertbaren Antworten gaben 12 % an, einen Trailer zu nutzen, wobei dieser größtenteils für den Abtransport ins Winterlager genutzt wurde. In drei konkreten Fällen wurden Boote von Yachthäfen am Main und Mosel für die Dauer des Urlaubs an die Mecklenburger Seenplatte, die dänische Nordseeküste und den Bodensee getrailert. Die transportierten Motorboote waren nicht länger als 8,3 m.

4.4.3 Nutzungs- und Reiseprofil

Eine Sportbootsaison dauert etwa 6–7 Monate (April bis Oktober). Nach Aussagen von mehreren Hafenmeistern ist es unüblich und teilweise auch verboten, die Boote am Liegeplatz über die gesamte Winterzeit da zu belassen (Abbildung 4-9).

Die Angaben zur Nutzung der Boote wurden seitens der Bootseignerinnen und Bootseignern geschätzt oder in seltenen Fällen dem Fahrtenbuch entnom-



Abbildung 4-9 | (a) in der Hochsaison sind Wasserliegeplätze nahezu gänzlich belegt; (b) in den Wintermonaten werden die Boote ins Winterlager gebracht. (Fotos: Zabrocki / BSH).

men. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Angaben zu Nutzungshäufigkeit/Betriebsdauer vereinheitlicht und in die folgenden fünf Gruppen eingeteilt: Nie, Selten, Gelegentlich, Häufig, sehr Häufig. Nach Schätzung der Sportbooteigner dauert ein Tagesausflug im Durchschnitt etwa 6 Stunden. Ein Boot, das nur einmal im Monat genutzt wurde und höchstens auf 30 Betriebsstunden kam, wurde eine seltene Nutzung zugewiesen.

In den Binnengewässern wurden Sportboote wesentlich seltener genutzt, als in der Ostsee. 44 % nutzten ihr Boot an maximal fünf Tagen (30 Stunden) in der gesamten Saison, wohingegen an der Ostsee 97 % das eigene Boot „häufig“ oder „sehr häufig“ nutzten (Tabelle 4.4.3-1).

Nutzungsintensität	Ostsee [%]	Binnenwasserstraßen [%]
Nie	–	3
Selten	–	44
Gelegentlich	3	12
Häufig	30	28
Sehr Häufig	67	13

Tabelle 4.4-1 | Durchschnittliche Nutzungsintensität. Diese wurde wie folgt eingeteilt: Nie = 0 Stunden, Selten = 1–30 Stunden, Gelegentlich = 31–60 Stunden, Häufig = 61–120, Sehr Häufig > 120 Stunden.

Die Reisearten wurden als lokale Tagesfahrten (Abfahrt und Rückkehr zum selben Yachthafen am selben Tag) oder Langstreckenreisen (Touren über mehrere Tage und Orte) klassifiziert. Knapp die Hälfte (49 %) der durchgeführten Reisen dauerte mindestens drei Tage. Dabei lag die durchschnittliche Reisedauer zwischen 11 und 19 Tagen.

Die beliebtesten Ziele mit einem Reisebeginn ab Wedel/Lauenburg/Ostseeküste waren:

- Dänischen Ostseeinseln, wie z. B. „Dänische Südsee“ oder Bornholm,
- deutsche Ostseeküste, wie z. B. Rügen,
- polnische Ostseeküste bis Kolberg,
- schwedische Ostseeküste bis Kalmar.

Eine Etappe führte sogar bis nach Litauen. Die Reisen beschränkten sich auf die Ostseeregion. Auch Bootseigner mit einem Liegeplatz an der Elbe (Wedel und Lauenburg) bevorzugten ebenfalls die Ostsee als Urlaubsziel, dabei wurden der Nord-Ostsee-Kanal oder der Elbe-Lübeck-Kanal für die Passagen genutzt.

Dagegen waren an der Mosel, Main, Main-Donau-Kanal und Rhein die bevorzugten Reiseziele:

- Reviere innerhalb Deutschlands, wie z. B. Bodensee oder Mecklenburger Seenplatte,
- Niederlande (Binnengewässer)
- Frankreich (Binnengewässer)

Eine Reise führte ab Lahnstein über Flüsse und Kanäle bis zur deutschen Ostseeküste und von dort weiter bis Turku in Finnland und zurück.

(e) Boote an der Küste wiesen deutlich stärkere Nutzungen und somit kürzere Liegezeiten auf.

4.4.4 Neobiota und bestehende Empfehlungen

Die Bedeutung von Neobiota, die Leitlinien oder der Verhaltenskodex waren zum Zeitpunkt der Untersuchung unter den Umfrageteilnehmerinnen und Umfrageteilnehmern gänzlich unbekannt.

(f) Neobiota und bestehende Empfehlungen sind unbekannt.

5 Diskussion und Folgerungen



Abbildung 5-1 | Der Kalkröhrenwurm (*Ficopomatus enigmaticus*) trat im Jahr 2020 massenhaft u. a. in Bremerhaven sowie in Rostock auf (Fotos: ©bremenports).

Der Bewuchs und die damit einhergehenden Probleme sind zurzeit ein häufiges und kontrovers diskutiertes Thema und werden von den Medien gerne aufgegriffen. Die neuerlichen Schlagzeilen wie „Würmer-Invasion“¹⁷ und „Australischer Problem-Wurm breitet sich im Hafen aus“¹⁸ beziehen sich auf das massenhafte Auftauchen des Kalkröhrenwurms (*Ficopomatus enigmaticus*) in der Nordsee (Abbildung 5-1). Ein weiteres Vorkommen des Röhrenwurms wurde ebenfalls in der Ostsee im Rahmen des Hafenmonitorings in Rostock nachgewiesen¹⁹. Diese Art kann für Boote problematisch werden. Beispielsweise führte ein dichter Bewuchs am Bugstrahlruder des Arbeitsschiffes „Möwe“ zur Beeinträchtigung der Manövrierbarkeit (persönliche Mitteilung: Bremenports).

5.1 Bewuchsstärke und Bewuchsdruck

In den untersuchten Yachthäfen waren die Bewuchsverhältnisse sowie der Bewuchsdruck unterschiedlich, sogar innerhalb eines Yachthafens traten unterschiedliche Bewuchsverhältnisse auf. So waren beispielsweise sonnenexponierte Bootsflächen stärker von Algen bewachsen als sonnenabgewandte Flächen. Weitere große Unterschiede gab es besonders zwischen Sportbooten mit einem Liegeplatz im Brack- und im Süßwasser. Auf 62 % der Sportboote an der Ostsee wurde ein mäßiger bis sehr starker Bewuchs festgestellt, dagegen war keines der untersuchten Boote im Süßwasser von mäßigen bis sehr starken Bewuchs betroffen. Die regionalen Unterschiede wurden auch durch die Plattenversuche bestätigt. Im Yachthafen „Baltic Sea Resort“ waren die Boote einem starken Bewuchsdruck ausgesetzt. Der Bewuchs haftete sehr fest und konnte nur mit Hochdruckreiniger und durch intensives Abkratzen entfernt werden. Der

¹⁷ In der Zeitschrift *Yacht* 19/2020 auf Seite 10 thematisiert.

¹⁸ Brockmann T (2020) beschreibt im Artikel *Australischer Problem Wurm breitet sich im Hafen aus* u. a. die Auswirkungen des Röhrenwurms auf das Arbeitsschiff „Möwe“ (<https://www.norderlesen.de/>).

¹⁹ Im Auftrag des BSH wurden in den letzten vier Jahren fünf Hafenuntersuchungen in Kiel, Hamburg, JadeWeserPort, Cuxhaven und 2020/21 in Rostock durchgeführt. Weitere Informationen und Berichte können unter <https://www.bsh.de/> heruntergeladen werden.

Bewuchsdruck im Yachthafen „ancora Marina“ war mäßig. Mit Hochdruckreiniger wurde der Bewuchs relativ schnell entfernt. Der Bewuchs im „Hamburger Yachthafen“ wurde durch Keulenpolypen und Algen dominiert und war typisch für Süßwasser. Der Bewuchs haftete an den Rümpfen nicht besonders stark und wurde leicht abgewaschen. Die Boote waren demnach einem schwachen Bewuchsdruck ausgesetzt.

Mittels eines Ampelsystems (rot, gelb, grün) werden im Bewuchs-Atlas die lokalen Bewuchsverhältnisse für Deutschland in den Yachthäfen dargestellt und weitere Bewuchs relevante Themen ausführlich präsentiert.

Neben den dargelegten regionalen Unterschieden unterliegt die Bewuchsentwicklung zudem saisonalen Schwankungen und hängt u. a. von Salzgehalt, Temperatur, Nährstoffgehalt, Hydrodynamik und Unterwasserstrukturen ab^{20,21}.

Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen Schutz vor Bewuchs sollte die Kenntnis von lokalen Bewuchsverhältnissen sein. Am Beispiel des Plattenversuchs wurden die saisonalen Schwankungen und lokalen Gegebenheiten effektiv demonstriert. Ein etabliertes Monitoring mit Platten kann dabei helfen auf drohenden Bewuchs am Boot rechtzeitig und angemessen zu reagieren.

5.2 Exoten im Bewuchs

Das Artenspektrum von nicht-einheimischen Arten im Bewuchs lag bei 22,4 % (Ostsee und Binnenwasserstraßen). Die größte Artengruppe von Neobiota stellten die Krebstiere dar. Gerade auf künstlichen Hartsubstraten, wie z. B. Spundwände oder Schwimmpontons, wurden bisher die meisten Neobiota nachgewiesen²². Somit bieten auch Sportboote geeignete Lebensbedingungen für zahlreiche auf künstlichen Hartsubstraten lebende Neobiota.



Abbildung 5-2 | (a) Die Brackwasser-Seepocke gehört zu den prägenden Bewuchsarten der Ostseeregion an. Foto: Zabrocki / BSH. (b) Eine Unterwasseraufnahme. An lebenden Exemplaren kann man leicht den dunkel-violett/hell gestreiften Mantelsaum erkennen. Foto: D. Lackschewitz / AWI.

²⁰ Franz M, Lieberum C, Bock G, Karez R (2019) Environmental parameters of shallow water habitats in the SW Baltic Sea. *Earth System Science Data Discussions*.

²¹ Sokołowski A, Ziółkowska M, Balazy P, Plichta I, Kukliński P, Mudrak-Cegiołka S (2017) Recruitment pattern of benthic fauna on artificial substrates in brackish low-diversity system (the Baltic Sea). *Hydrobiologia* 784, 125–141.

²² Im Auftrag des BSH wurden seit 2017 fünf Häfen (Kiel, Hamburg, JadeWeserPort, Cuxhaven, Rostock) auf das Vorkommen von nicht einheimischen Arten untersucht. Die dazugehörigen Forschungsberichte wurden unter: veröffentlicht.



Abbildung 5-3 | Die Männchen der Japanischen-Felsenkrabbe zeichnen sich durch Haarpolster auf den Scheren aus, die meist an der Luft zusammenkleben und an einen Klumpen Dreck erinnern²³. Fotos: K. Reise / AWI.

Die Brackwasser-Seepocke war die häufigste Art in unseren Ostsee-Proben und bildete stellenweise zentimeterdicke Schichten aus. Diese Pockenart zeichnet sich durch breite Umwelttoleranz aus und gehört zu den weltweit verbreiteten Arten. Als Lebensraum werden Flussästuare und Brackwasser-Buchten mit einem Salzgehalt von etwa 5–20 PSU bevorzugt. Die ursprüngliche Verbreitung ist nicht eindeutig geklärt, allerdings weisen genetische Untersuchungen auf eine mögliche Herkunft in argentinischen Küstengewässern hin²⁴. Die ersten Vorkommen wurden bereits 1844 in der Ostsee dokumentiert²⁵.

Neben den festsitzenden (sessilen) Arten wurden auch mobile Organismen, wie z. B. die Pinsel-Felsenkrabbe (*Hemigrapsus takanoi*), nachgewiesen. Der bevorzugte Lebensraum dieser Krabbe



Abbildung 5-4 | Süßwasser-Röhrenkrebs. Foto: Rombach / BfG

sind geschützte Standorte, wie Flussmündungen und Hafenbereiche, mit wenig Hydrodynamik. Dort werden primär felsige Uferbefestigungen und Miesmuschelbänke besiedelt. Das ursprüngliche Verbreitungsgebiet der Felsenkrabbe ist der Nordwest-Pazifik (Japan, Korea, China). Die ersten Vorkommen in der Ostsee wurden im Jahr 2014 in einem Hafen in der Kieler Förde beschrieben²⁶.

²³ Lackschewitz D, Reise K, Buschbaum C, Karez R (2014) *Neobiota in deutschen Küstengewässern – Eingeschleppte und kryptogene Tier- und Pflanzenarten an der deutschen Nord- und Ostseeküste*.

²⁴ Wrange A-L, Rosenblad MA, Charrier G (2016) *The Story of a Hitchhiker: Population Genetic Patterns in the Invasive Barnacle Balanus (Amphibalanus) improvisus Darwin 1854*. PLoS ONE 11 (1). DOI: 10.1371/journal.pone.0147082

²⁵ Leppäkoski E, Olenin S (2000) *Non-native species and rates of spread: lessons from the brackish Baltic Sea*. Biological Invasions 2. 151-163 / Jensen Kathe R (2015) *NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – Amphibalanus improvisus – From: Identification key to marine invasive species in Nordic waters – NOBANIS www.nobanis.org, Date of access 16/06/2020*

²⁶ Geburzi C J, Graumann G, Köhnk S, Brandis D (2015) *First record of the Asian crab Hemigrapsus takanoi Asakura & Watanabe, 2005 (Decapoda, Brachyura, Varunidae) in the Baltic Sea*. BiolInvasions 4 (2), 103–107.

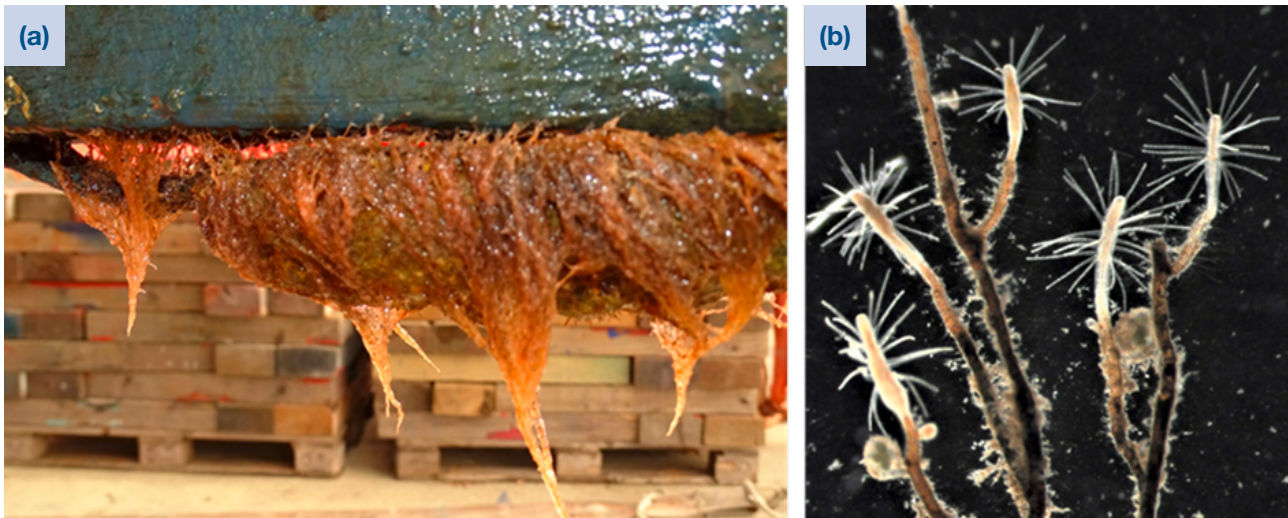


Abbildung 5-5 | (a) In den Nischen kann der Keulenpolyp dichte der Bestände ausbilden. Foto: Zabrocki / BSH. (b) Eine Nahaufnahme von Polypen. Foto: D. Lackschewitz / AWI.

Bereits 20 Jahre zuvor wurden die ersten Exemplare in Bremerhaven und von Gollasch 1999 beschrieben²⁷. Drei Jahre nach dem Erstfund in der Kieler Förde wurde 2017 im Yachthafen Mönkeberg die Felsenkrabbe auch im Bewuchs eines Sportbootes nachgewiesen. Nach weiteren Nachweisen während eines Hafenmonitorings in Kiel kann die Pinsel-Felsenkrabbe in der Kieler Förde als etabliert angesehen werden. Im Juli 2020 wurden weitere Vorkommen in Rostock nachgewiesen (pers. Beobachtung). In den beiden Häfen lag ein Salzgehalt von etwa 11 PSU in Rostock und von 19,5 PSU in Kiel vor. Der Salzgradient deutet auf die potenzielle Verbreitung der Krabbe zwischen Kiel und Rostock hin. Eine weitere Krabbenart, die Zuiderzeekrabbe (*Rhithropanopeus harrissi*), wurde ebenfalls im Bewuchs nachgewiesen, allerdings in Yachthäfen mit niedrigem Salzgehalt (<6 PSU).

Die in den Binnengewässern nachgewiesenen Neobiota stammen überwiegend aus der Ponto-Kaspischen Region (Schwarzes und Kaspisches Meer).

Mit einer Körperlänge von unter 10 mm gehörte der Süßwasser-Röhrenkrebs (*Chelicorophium curvispinum*) zu den häufigsten nachgewiesenen invasiven Arten. Er ist weiß oder gelblich gefärbt, mit einer undeutlichen dunklen Flecken- und Bindenzeichnung. Günstige Umweltbedingungen wie ein gutes Nahrungsangebot, hohe Strömungsgeschwindigkeiten, Verfügbarkeit von Hartsubstraten und Wassertemperaturen von über 10 °C führen bis zu drei Generationen pro Jahr und damit zur massenhaften Vermehrung²⁸. Der Erstdnachweis erfolgte 1912 im Müggelsee bei Berlin²⁹ und später in zahlreichen Gewässern Mecklenburg-Vorpom-

²⁷ Gollasch S (1999) *The Asian decapod Hemigrapsus penicillatus* (de Haan, 1835) (Grapsidae, Decapoda) introduced in European waters: status quo and future perspective. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 359–366. DOI: 10.1007/BF02908909

²⁸ Rajagopal S, Van der Velde G, Paffen B G P, bij de Vaate A (1998) *Ecology and impact of the exotic amphipod, Corophium curvispinum* Sars, 1895 (Crustacea: Amphipoda), in the River Rhine an Meuse. *Ecological Rehabilitation of Rivers Rhine an Meuse* No. 75-1998.

²⁹ Wundsch H H (1912) *Eine neue Species des Genus Coropium Latr. Aus dem Müggelsee bei Berlin*. *Zoologischer Anzeiger* 39, 693-697.

merns³⁰. Die Verbreitung begann vom Kaspischen und Schwarzen Meer über Flüsse bis nach West- und Zentraleuropa. Im Dortmund-Ems-Kanal wurde die Art erstmals 1977 und zehn Jahre später am Mittel- und Niederrhein gemeldet^{31,32}.

Eine weitere häufige Art in den Proben war der Keulenpolyp (*Cordylophora caspia*). Diese Art gilt als wenig anspruchsvoll³³ und wurde sowohl im Süßwasser als auch im Brackwasser erfasst. Es werden natürliche Hartsubstrate wie Steine und Felsen sowie alle möglichen künstlichen Hartsubstrate wie Schwimmpontons, Schwimmstege und weitere untergetauchte Hafenanlagen besiedelt. Durch den Schiffsverkehr verschleppt gelangte der Keulenpolyp von den Flussmündungen flussaufwärts in die Süßwassergebiete Europas. Der Keulenpolyp wurde 2007 im Neusiedlersee/Österreich erstmals beschrieben. Die Verschleppung in die Seen erfolgte beim Überlandtransport von Booten³⁴.

Eine wesentliche Erkenntnis der praktischen Probenahme im Süßwasser war, dass auch auf Booten ohne Bewuchs nicht-einheimische Arten nachgewiesen wurden. Dabei wurde häufig eine einzige Art, wie z.B. Süßwasser-Röhrenkrebs, Großer Höckerkrebs oder vereinzelt in den Nischen der

Keulenpolyp und die Quagga-Dreikantmuschel, nachgewiesen.

Im Rahmen dieser Studie wurde die Verbreitung von Neobiota im Bewuchs der Sportboote belegt. Vergleichbare Ergebnisse sind u. a. aus den Niederlanden³⁵, Dänemark³⁶ und Polen³⁷ bekannt.

Weitere Informationen rund um das Thema Neobiota und zahlreichen Artensteckbriefen werden auf den Seiten des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) ([Gebietsfremde Arten](#)), der [Neobiota-Plattform für Nord- und Ostsee](#) sowie im Artenkatalog „[Neobiota in den deutschen Küstengewässern](#)“ bereitgestellt.

5.3 Interviews

Die Interviews trugen wesentlich dazu bei, die Ursachen für starken und sehr starken Bewuchs herauszuarbeiten.

30 Zettler M L (1996) *Untersuchungen zur Verbreitung der Amphipoden (Crustacea) in Fließgewässern Mecklenburg-Vorpommerns*. Arch. Freunde Naturg. Mecklenb. XXXV.

31 Van den Brink F. W. B, Van der Verde G, Bij de Vaate A (1989) A note on the immigration of *Corophium curvispinum* SARS, 1895 (Crustacea: Amphipoda) into the Netherlands via the River Rhine. *Bulletin Zoölogisches Museum* 11, 211-213.

32 Schöll F (1990) *Zur Bestandssituation von Corophium curvispinum SARS im Rheingebiet*. *Lauterbornia* H 5, 67-70.

33 Olenin S (2006) *Cordylophora caspia*. *Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe*.

34 Kusel-Fetzmann E, Kusel H (2007) *Cordylophora caspia* Pallas – Erstfund im Neusiedlersee. *Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich* 144, 39-47.

35 Gittenberger A, Wesdorp K.H, Rensing M (2017) *Biofouling as a transport vector of non-native marine species in the Dutch Delta, along the North Sea coast and in the Wadden Sea*. *GiMaRIS*, Leiden.

36 Bohn P, Hansen S. L, Møller K. J., Stuer-Lauridsen F (2016) *Non-indigenous species from hull fouling in Danish marine waters*. *LITEHAUZ AqS*, Lyngby.

37 Cupak J, Hałupka M, Gruszka P (2014) *Porostanie kadłubów małych statków jako sposób rozprzestrzeniania się Makrozoobentosu*. *Inżynieria Ekologiczna* 37, 72-79. DOI: 10.12912/2081139X.18

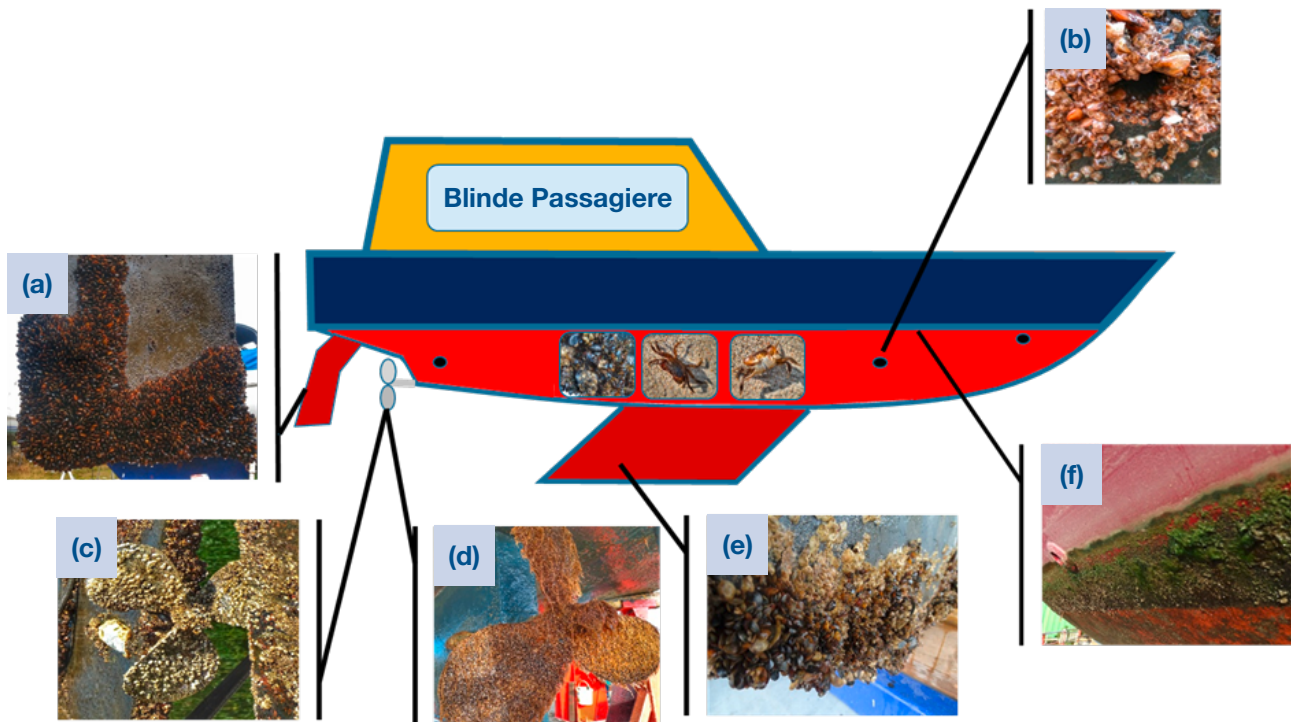


Abbildung 5-6 | In der Ostsee führte der harte Bewuchs aus Muscheln und Pocken an Ruder (a), Auslässen (b), Propeller (c) und am Kiel (e) zu Problemen. Im Süßwasser war der Bewuchs am Propeller (d) und Rumpf (f) weich. Von Booten die ausschließlich Binnenwasserstraßen befahren, waren keine Auswirkungen auf das Verhalten des Bootes bekannt. Fotos: Zabrocki / BSH.

5.3.1 Bewuchsschutz (AFS)

Schutz vor Bewuchs soll AFS bieten, die häufig mit bioziden Wirkstoffen versehen sind. Laut der Umfrageergebnisse wurden unabhängig von der Region (Ostsee oder Binnenwasserstraßen) überwiegend biozidhaltige Produkte (67 %) verwendet. Daneben gaben 32 % an, nicht zu wissen, was aufgetragen wurde. Allerdings dürfte es sich auch hierbei um biozidhaltige Produkte handeln. Die Erneuerung des AFS erfolgte in der Regel jährlich und wurde entweder selbstständig oder von Fachpersonal aufgetragen. Manche Yachthäfen boten Komplettleistungen bestehend aus Wartung, Kranen, Reinigung, Lagerung bis hin zur AFS-Erneuerung an. Diese kostenpflichtigen Angebote wurden häufig wahrgenommen.

Die Sichtung, die von den Besitzerninnen und Besitzern genannten Produkte und dazugehöriger Sicherheitsdatenblätter ergab, dass die wichtigsten Wirkstoffe Kupfer (Cu), Dikupferoxid (Cu_2O) und weitere Kupferverbindungen (Cu^{2+}) sind. Je nach Produkt wurden weitere Stoffe wie Zinkoxid (ZnO) und Zink-Pyrithion ($\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}_2\text{Zn}$) gelistet. Dabei stellte Kupfer den Hauptwirkstoff dar und wurde in unterschiedlichen Konzentrationen angeboten.

Die Unkenntnis über die verwendeten Produkte und deren Risiken war unter den Teilnehmerinnen und Teilnehmern groß, dabei lagern sich Metalle wie Kupfer und Zink in der Umwelt ab und werden von Organismen aufgenommen. Hohe Konzentrationen von Kupfer können u. a. Funktionsstörungen in Organismen verursachen. Insbesondere Süßwasserorganismen wie Grünalgen reagieren empfindli-

cher auf Kupfer als Salzwasserorganismen³⁸. Daehne et al. (2017) zeigten bei einzelnen Messungen in deutschen Gewässern Kupferkonzentrationen im Brackwasser von 20 µg/l für Kupfer und 27 µg/l für Zink. Im Süßwasser lagen die Konzentrationen bei 2–20 µg/l für Kupfer und 2–16 µg/l für Zink. Die Umweltqualitätsnorm (UQN) für Oberflächengewässer empfiehlt für ausgewählte Stoffe Schwellenwerte, die nicht überschritten werden sollten, wenn ein guter chemischer Zustand von Oberflächengewässern erreicht werden soll. Für Süßwasser werden Kupfer- und Zinkwerte (MAC-QS)³⁹ von 2,4 µg Cu/l und 33 µg Zn/l und für Salzwasser von 2,4 µg Cu/l sowie 9 µg Zn/l vorgeschlagen⁴⁰.

Obwohl biozidhaltige Produkte seit langem verwendet werden, wird von zahlreichen, durch intensiven Bewuchs verursachten, Problemen berichtet (Abbildung 5-6). Dabei handelte es sich um mangelnde Manövrierbarkeit, Geschwindigkeitsverlust und erhöhten Treibstoffverbrauch. Vor allem der Bewuchs am Propeller, am Ruder und in den Zwischenräumen (Nischen) beeinträchtigt die Manövrierbarkeit und erhöht das Unfallrisiko.

Bei den stark und sehr stark betroffenen Booten konnten die Ursachen für Bewuchs auf folgende Dinge zurückgeführt werden:

- (1) Erwerb von gebrauchten Booten – dabei war die vom Vorbesitzer aufgetragene Beschichtung unbekannt, eine Erneuerung wurde nicht durchgeführt.

- (2) Fehler in der Handhabung mit AFS sowie unzureichende Behandlung schwer zugänglicher Flächen (Nischen).
- (3) Missverständlich formulierte Angaben zu AFS-Produkten – insbesondere dann, wenn Produktangaben unterschiedlich oder weiterführende Links nicht abrufbar waren.

Um die Probleme mit dem Bewuchs in den Griff zu bekommen, wurde zwischendurch gekrant und gereinigt. Wo das Kranen nicht möglich war, wurden Reinigungsarbeiten notfalls Unterwasser durchgeführt.

5.3.2 Trailernutzung (Überlandtransporte)

In Anlehnung an die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (§ 32 StVZO⁴¹) waren Bootslängen von <8 m für die Betrachtung der potenziellen Einschleppung von Neobiota durch Überlandtransporte in andere Gewässer (Seen, Flüsse) relevant. Die Überlandtransporte in andere Gewässersysteme waren im Rahmen dieser Studie eine Ausnahme. Das kann daran gelegen haben, dass kleine Boote (<8 m) in der Regel ohne Terminvereinbarung über Slipanlagen zu Wasser gelassen oder an Land gezogen werden können. Ein Ortswechsel ist für diese Größenklasse der Boote schnell möglich. In dieser Studie wurden allerdings nur Boote erfasst, die zum Saisonende am vereinbarten Tag gekrant wurden. Dabei handelte es sich überwiegend um Boote, die länger als 8 m und auf das Kranen angewiesen waren. Ein Ortswechsel ist nur nach sorgfältiger Planung und unter erschwerten

³⁸ UBA (2015a) *Revision der Umweltqualitätsnormen der Bundes-Oberflächengewässer nach Ende der Übergangsfrist für Richtlinie 2006 / 11 / EG und Fortschreibung der europäischen Umweltqualitätsziele für prioritäre Stoffe*. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.

³⁹ MAC-QS: *Maximum Acceptable Concentration (Quality Standard)*

⁴⁰ UBA (2015b) *Revision der Umweltqualitätsnormen der Bundes-Oberflächengewässer nach Ende der Übergangsfrist für Richtlinie 2006 / 11 / EG und Fortschreibung der europäischen Umweltqualitätsziele für prioritäre Stoffe*. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.

⁴¹ Nach § 32 StVZO / *Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) – Abmessungen von Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen beträgt die höchstzulässigen Länge für Kraftfahrzeuge mit Anhängern 18 m*.

Bedingungen möglich. Eine Risikobewertung der Einschleppung von Neobiota durch Trailer konnte daher nicht erfolgen. Weitere gezielte Studien wäre hier notwendig.

5.3.3 Nutzungs- und Reiseprofil

Neben den bereits genannten Ursachen, die die Bildung von Bewuchs fördern, waren schlechte Pflege und geringe Nutzung der Sportboote weitere wesentliche Faktoren. Gerade an der Ostsee waren Boote mit Liegezeiten von mehr als zwei Wochen und geringer Betriebszeit in der gesamten Saison, von Bewuchs stark oder sehr stark betroffen. Im Süßwasser wirkten sich lange Liegezeiten und geringe Nutzung dagegen kaum auf die Bewuchsentwicklung aus.

Die Reisen konzentrierten sich auf lokale und regionale Gewässer, dabei waren Ziele innerhalb der Ostseeregion für Yachthäfen in Norddeutschland sehr beliebt. Dagegen für Yachthäfen in Rhein–Main–Mosel-Region wurden Reiseziele innerhalb Deutschlands bevorzugt. In Einzelfällen fand auch ein Wechsel zwischen Süßwasser und Salz-/Brackwasser statt. Reisen in weitentfernte Regionen, wie z. B. in die Karibik, fanden in den zwei Jahren (2017/2018) nicht statt.

Das Reiseverhalten liefert Hinweise auf potenzielle Verbreitungswege von Neobiota. Wie am Beispiel der Pilsen-Felsenkrabbe gezeigt, ist eine Verbreitung von marinen Arten in der gesamten Ostsee von Yachthafen zu Yachthafen durch Sportboote potenziell möglich. Daneben kann eine Verbreitung von Neobiota im Süßwasser sowie zwischen Süßwasser und Brackwasser von Yachthafen zu Yachthafen durch Sportboote ebenfalls stattfinden. Dies gilt insbesondere für die zahlreichen im Süßwasser-Bewuchs erfassten ponto-kaspischen Arten.

Eine besondere Gefahr stellt die Einbringung von invasiven Arten in die Natur- oder Trinkwasserschutzgebiete dar. Die im Bewuchs von Sportbooten häufig nachgewiesene Quagga-Dreikantmuschel breitet sich z. B. im Bodensee schnell aus und verursacht erhebliche wirtschaftliche Kosten, indem die Trinkwasserleitungen verstopft werden⁴².

Das lokale und regionale Reiseverhalten führt zu der Einschätzung, dass das Risiko der ersten Einschleppung von neuen invasiven Arten aus anderen Regionen oder Kontinenten über den Bewuchs von Sportbooten gering ist. Die Aussage wird auch dadurch begründet, dass keine neuen Neobiota erfasst wurden. Alle gefundenen Arten sind europaweit verbreitet und seit langem gut bekannt. Jedoch ist zu bedenken, dass durch die Gesamtzahl von Sportbooten sowie der Dichte von Yachthäfen eine Einschleppung und Verbreitung von aquatischen Neobiota durchaus gegeben ist.

5.3.4 Kenntnis von bestehenden Empfehlungen

Die existierenden Leitlinien und Empfehlungen zur Verminderung des Einschleppens fremder Arten und die Risiken der Verbreitung von nicht-einheimischen Arten sowie die negativen Auswirkungen von invasiven Arten auf die Umwelt, Wirtschaft und Gesundheit waren unter den interviewten Personen unterschiedlich stark bekannt.

Die Informationen und Empfehlungen kommen in den Zielgruppen nicht an. Diese Erkenntnis verdeutlicht die Notwendigkeit einer zielgerichteten und aktiven Öffentlichkeitsarbeit aller beteiligten Parteien.

⁴² Spiegel-online berichtete über die neuen Probleme der Trinkwasseraufbereitung „Quagga-Muschel richtet Schäden im Bodensee an“, Zugriff am 02.12.2019

6 Alternativen zu AFS

Die Umfrageergebnisse und die Betrachtung der Bewuchsverhältnisse führten zu der Frage, ob biozidhaltige Produkte überall notwendig sind. Durch einen Verzicht auf biozidhaltige Anstriche könnte die Freizeitschiffahrt einen wichtigen Beitrag zum Schutz unserer Gewässer leisten. Der Eintrag von Bioziden in die Binnengewässer und in die Meere könnte so reduziert werden.

Im Vergleich zu biozidhaltigen AFS werden allerdings nur wenige biozidfreie Alternativen auf dem Markt angeboten. Alternativen auf Silikonbasis sind für die Umwelt allerdings auch nicht ganz unbedenklich, da die Partikel in die Gewässer gelangen und sich im Sediment anreichern können⁴³. Eine weitere Alternative könnten mechanische Reinigungsanlagen sein. Jedoch waren zum Zeitpunkt dieser Untersuchung keine Systeme in den besuchten Yachthäfen vorhanden. Der Grund könnte darin liegen, dass es sich nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) bei den Reinigungsarbeiten um eine Gewässerbenutzung handelt, die einer wasserrechtlichen Erlaubnis bedarf. Somit sind mechanische Reinigungsanlagen genehmigungspflichtig und bedürfen einer Einzelfallprüfung. Eine weitere Alternative wären kürzere Reinigungsintervalle mit Auffangen des gereinigten Materials in Kombination mit einer biozidfreien Beschichtung⁴⁴.

Weitere Empfehlungen, wie z. B. ein allmähliches Auslaufen von biozidhaltigen Beschichtungen, schrittweise Reduzierung von Kupferkonzentrationen in den Beschichtungen oder Empfehlungen für wirkungsvolle biozidfreie Alternativen, wurden in den beiden Vorhaben „Changing antifouling practices for leisure boats in the Baltic Sea“ und „Minimierung von Umweltrisiken der Antifouling-Schiffsanstriche in Deutschland: Entwicklung von Handlungsoptionen im Rahmen der Produktzulassung“ erarbeitet.

Neben den oben genannten Alternativen sollten vor der Wahl des AFS zuerst die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Welche Bewuchsverhältnisse liegen im Yachthafen vor?
- Wie sah mein Reise- und Nutzungsverhalten der vergangenen Jahre aus? Schließe ich Reisen an die Ost- oder Nordsee aus?
- Ist eine „Notfall“-Reinigung in der laufenden Saison möglich?

Falls der Bewuchsdruck gering ist, die Ausflüge sich nur auf Süßwasser beschränken und eine Reinigung auch im Notfall möglich ist, dann ist die Empfehlung, auf biozidhaltige Anstriche zu verzichten.

⁴³ Dibke C, Fischer M, Scholz-Böttcher B M (2021) Microplastic Mass Concentrations and Distribution in German Bight Waters by Pyrolysis-Gas Chromatography-Mass Spectrometry / Thermochemolysis Reveal Potential Impact of Marine Coatings: Do Ships Leave Skid Marks? *Environmental Science and Technology* 55, 4, 2285–2295.

⁴⁴ Wrangé A-L, Barboza F R, Ferreira J, Eriksson-Wiklund A-K, Ytreberg E, Jonsson P R, Watermann B, Dahlström M (2020) Monitoring biofouling as a management tool for reducing toxic antifouling practices in the Baltic Sea. *Journal of Environmental Management* 264.

7 Fazit/Empfehlungen/Ausblick

Im Projekt wurde die mögliche Verbreitung nicht-einheimischer und invasiver Arten durch Bewuchs von Sportbooten unabhängig vom Bootstyp nachgewiesen. Die häufigsten gefundenen Neobiota gehören den Gruppen der Krebse (*Crustacea*) und Muscheln (*Bivalvia*) an. Die hohe Anzahl nachgewiesener Neobiota (22,4 %) weist auf ein mögliches Risiko von Häfen und Sportbooten für die Verbreitung nicht-einheimischer Arten hin.

Segel- und Motorboote sind an der Ostsee, im Vergleich zu Binnengewässern, einem höheren Bewuchsdruck ausgesetzt. Fehler in der Handhabung von Antifouling-Anstrichen und/oder lange Liegezeiten führen zu einem deutlich stärkeren Bewuchs. Eine Kombination aus den Faktoren hoher Bewuchsdruck, lange Liegezeiten und Wissenslücken im Bereich des AFS begünstigen die Bewuchsentwicklung.

Die unterschiedlichen Bewuchsverhältnisse und Umweltparameter sowie die hohe Anzahl von etwa 600.000 Sportbooten in Deutschland, verdeutlicht die Notwendigkeit maßgeschneiderter Lösungsansätze im Bewuchsmanagement. Eine Vielzahl von Richtlinien und anderen Empfehlungen wurde bereits entwickelt, diese sind allerdings wenig bekannt. Eine öffentlichkeitswirksame Zusammenarbeit zwischen Behörden, Verbänden, Industrie und Anwendern bei der Entwicklung von Produkten und Leitfäden würde zu einer größeren Akzeptanz und Verbreitung führen. Um die Verbreitung von (potenziell) invasiven Arten zu minimieren, werden folgende Präventionsmaßnahmen vorgeschlagen:

- (1) **Gezielte Öffentlichkeitsarbeit:** Informationen zum Thema „Neobiota und invasive Arten“ verknüpft mit Hinweisen auf bestehende Empfehlungen und Leitlinien zur Verhinderung von Bewuchs können mit multimedialen Werkzeugen, wie z. B. kurzen Videoclip, über die

bekanntesten Kanäle schnell und gezielt verbreitet werden.

Ziel: eine verbesserte Wahrnehmung von Neobiota-Themen und internationalen Empfehlungen.

- (2) **Antifouling-Beauftragte:** Eine geschulte Person in jedem Verein und jeder Marina. Die Ansprechperson erhält regelmäßige Schulungen zu den Themen AFS, Reinigung, rechtliche Vorgaben, Neobiota etc.

Ziel: eine Ansprechperson für Kolleginnen und Kollegen und Behörden würde die Kommunikation verbessern und beratend mitwirken.

- (3) **Monitoring:** mit Besiedlungsplatten in jedem Hafen und der Dokumentation der Beobachtungen können Bewuchsverhältnisse dokumentiert werden.

Ziel: Kenntnis von Bewuchsverhältnissen sowie abgestimmte Produktwahl.

- (4) **Reinigung:** Regelmäßige Reinigung der Boote, über Auffangeinrichtungen für das gereinigte Material, mindestens einmal im Jahr sowie Reinigung vor oder nach einem bedeutenden Wechsel des Fahrtenprofils des Sportbootes.

Ziel: geringere Gewässerbelastung und Reduzierung der Verschleppung.

- (5) **Dokumentation:** Es wird empfohlen, die Historien der aufgetragenen AFS zu dokumentieren.

Ziel: die Beschichtungen wären auch beim Gebrauchtbootskauf bekannt und würde die Beantwortung nach Erneuerung des Anstrichs oder die Produktwahl erleichtern.

Die Untersuchungen werden in den Jahren 2020/21 in Yachthäfen an der Nord- und Ostsee fortgesetzt. Neben den geplanten Kratzproben werden auch Besiedlungsplatten ausgebracht und Interviews geführt. Ziele sind die Verbesserung der Datengrundlage, weiterer Erkenntnisgewinn zur Verbreitung nicht-einheimischer Arten sowie die Weiterentwicklung von Maßnahmen und Empfehlungen.

8 Danksagung

Die Umsetzung des Vorhaben wäre nicht möglich gewesen ohne die Neugier, den Enthusiasmus und die gute Zusammenarbeit unzähliger Personen aus dem Sportbootsektor. Besonders die umfassende Unterstützung und Hilfsbereitschaft teilnehmender Yachthäfen und Ihrer Mitarbeiter / innen war großartig.

Wir bedanken uns bei allen teilnehmenden Personen für die tolle Unterstützung und Diskussionen und danken dem BMVI-Expertennetzwerk.

„Wissen – Können – Handeln“ für die Finanzierung der Forschungs- und Entwicklungsarbeit.

9 Literaturverzeichnis

- Bij de Vaate A, Jazdzewski K, Ketelaars H. A. M, Gollasch S. and Van der Velde G (2002) Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59, 1159–1174. DOI: 10.1139/F02-098
- BMVI-Expertennetzwerk (2020) Das Netzwerk – Ein neues Format in der Ressortforschung. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin. https://www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Home/home_node.html
- Bohn P, Hansen S. L, Møller K. J., Stuer-Lauridsen F (2016) Non-indigenous species from hull fouling in Danish marine waters. *LITEHAUZ AqS*, Lynby.
- Brockmann T (2020) Australischer Problem-Wurm breitet sich im Hafen aus. www.norderlesen.de <https://www.norderlesen.de/Heute/Australischer-Problem-Wurm-breitet-sich-im-Hafen-aus-48547.html>
- Cupak J, Hałupka M, Gruszka P (2014) Porostanie kadłubów małych statków jako sposób rozprzestrzeniania się Makrozoobentosu. *Inżynieria Ekologiczna* 37, 72-79. DOI: 10.12912/2081139X.18
- Daehne D, Feibicke M, Fürle C (2017) Risiken durch Antifouling-Einsatz bei Sportbooten vorhersagen, In: Porth M., Schüttrumpf H. (eds) *Wasser, Energie und Umwelt*. Springer Vieweg, Wiesbaden, pp. 264-272. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-15922-1_34
- Dibke C, Fischer M, Scholz-Böttcher B M (2021) Microplastic Mass Concentrations and Distribution in German Bight Waters by Pyrolysis-Gas Chromatography-Mass Spectrometry / Thermolysis Reveal Potential Impact of Marine Coatings: Do Ships Leave Skid Marks? *Environmental Science and Technology* 55, 4, 2285–2295. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.est.0c04522>
- DMYV (2016) Deutschland – Ein Wassersportland – Zahlen, Daten, Fakten zum Motorbootsport in Deutschland, Deutsche Motoryachtverband e.V. (DMYV), Duisburg. https://www.dmyv.de/fileadmin/content/_global/_downloads/daten_fakten/Daten_Fakten_DMYV.pdf
- DSV (2013) Fremde Wasserorganismen gefährden die heimische Flora und Fauna. So schützen Sie das ökologische Gleichgewicht Ihrer Gewässer. Leitlinien der International Maritime Organisation (IMO) für den Wassersport zur Verminderung des Einschleppens fremder Arten an Schiffrümpfen – aus dem Englischen übersetzt vom Deutsche Segler-Verband. Deutscher Segler-Verband (DSV), Hamburg. https://www.dsv.org/app/uploads/leitlinien_der_international_maritime_organisation_2018.pdf
- Early R, Bradley B. A, Dukes J. S, Lawler J. J, Olden J. D, Blumenthal D. M, Gonzalez P, Grosholz E. D, Ibanez I, Miller L. P, Sorte C. J. B, Tatem A. J (2016) Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature communications* 7. DOI: 10.1038/ncomms12485
- EBA (2016) European Code of Conduct on recreational boating and invasive species, European Boating Association (EBA), Strasbourg. <https://rm.coe.int/1680746815>
- EU (2014) Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbreitung

- invasiver gebietsfremder Arten, Europäische Union (EU).
- EU (2008) Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG, Europäische Union (EU).
- Floerl O, Graeme J. I, Hayden B. J (2005) A Risk-Based Predictive Tool to Prevent Accidental Introductions of Nonindigenous Marine Species. *Environmental Management* 35 (6) 765-778. DOI: 10.1007/s00267-004-0193-8
- Franz M, Lieberum C, Bock G, Karez R (2019) Environmental parameters of shallow water habitats in the SW Baltic Sea. *Earth System Science Data Discussions*. <https://doi.org/10.5194/essd-2018-159>
- Geburzi C J, Graumann G, Köhnik S, Brandis D (2015) First record of the Asian crab *Hemigrapsus takanoi* Asakura & Watanabe, 2005 (Decapoda, Brachyura, Varunidae) in the Baltic Sea. *BioInvasions* 4 (2), 103–107. DOI: <http://dx.doi.org/10.3391/bir.2015.4.2.06>
- Gittenberger A, Wesdorp K.H, Rensing M (2017) Biofouling as a transport vector of non-native marine species in the Dutch Delta, along the North Sea coast and in the Wadden Sea. GiMaRIS, Leiden.
- Gollasch S (1999) The Asian decapod *Hemigrapsus penicillatus* (de Haan, 1835) (Grapsidae, Decapoda) introduced in European waters: status quo and future perspective. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 359–366. DOI: 10.1007/BF02908909
- HELCOM (2014) Joint HELCOM/OSPAR Guidelines for the Contracting Parties of OSPAR and HELCOM on the granting of exemptions under International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, Regulation A-4. The Helsinki Convention (HELCOM), Helsinki. https://helcom.fi/media/documents/Joint-HELCOM_OSPAR-Guidelines.pdf
- Hentschel E (1923) *Der Bewuchs an Seeschiffen*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/iroh.19230110303>
- Hulme P. E, Bacher S, Kenis M, Klotz S, Kühn I, Minchin D, Nentwig W, Olenin S., Panov V, Pergl J, Pyšek P, Roques A, Sol D, Solarz W, Vila M (2008). Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology* 45, 403-414. DOI:10.1111/j.1365-2664.2007.01442.x
- IfAÖ (2018) Assessment of Non-Indigenous Species (NIS) in the Ports of Hamburg and Kiel. Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH (IfAÖ), Neu Broderstorf. https://www.bsh.de/download/Report_Harbor_Assessment_HH_KI_20181030.pdf
- IfAÖ (2020) Assessment of Non-Indigenous Species (NIS) in the Ports of Cuxhaven and JadeWeserPort. Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH (IfAÖ), Neu Broderstorf. https://www.bsh.de/download/Report_Harbor_Assessment_JWP_CUX_2019_20200116.pdf
- IMO (2012) Guidance for minimizing the transfer of invasive aquatic species as biofouling hull

- fouling) for recreational craft, MEPC.1/Circ.792, International Maritime Organization (IMO), London. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Biofouling.aspx>
- Jensen Kathe R (2015) NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Amphibalanus improvisus*– From: Identification key to marine invasive species in Nordic waters – NOBANIS www.nobanis.org, Date of access 16/06/2020
- Kleinbauer I, Dullinger S, Klingenstein F, May R, Nehring S, Essl F (2010) Ausbreitungspotenzial ausgewählter neophytischer Gefäßpflanzen unter Klimawandel in Deutschland und Österreich. Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn. BfN-Skripten 275. <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/skript275.pdf>
- Kusel-Fetzmann E, Kusel H (2007) *Cordylophora caspia* Pallas – Erstfund im Neusiedersee. Verh. Zool. – Bot. Ges. Österreich 144, 39 – 47. https://www.zobodat.at/pdf/VZBG_144_0039-0047.pdf
- Lackschewitz D, Reise K, Buschbaum C, Karez R (2014) Neobiota in deutschen Küstengewässern – Eingeschleppte und kryptogene Tier- und Pflanzenarten an der deutschen Nord- und Ostseeküste. https://www.awi.de/fileadmin/user_upload/AWI/Forschung/Besondere_Gruppen/Nordseebuero/Neobiota_Plattform_Datei_und_Listen/Neobiota_Germany_2015.pdf
- Lenda M, Skróka P, Knops J M H, Maron D, Sutherland W J, Kuszewska K, Woyciechowski M (2014) Effect of the Internet Commerce on Dispersal Modes of Invasive Alien Species. PLoSOne 9 (6) DOI: 10.1371/journal.pone.0099786.
- Leppäkoski E, Olenin S (2000) Non-native species and rates of spread: lessons from the brackish Baltic Sea. Biological Invasions 2. 151-163. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A:1010052809567.pdf>
- Olenin S (2006) *Cordylophora caspia*. Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe.
- Rajagopal S, Van der Velde G, Paffen B G P, bij de Vaate A (1998) Ecology and impact of the exotic amphipod, *Corophium curvispinum* Sars, 1895 (Crustacea: Amphipoda), in the River Rhine an Meuse. Ecological Rehabilitation of Rivers Rhine an Meuse No. 75-1998. <https://edepot.wur.nl/324720>
- Seebens H, Schwartz N, Schupp P. J, Blasius B (2016) Predicting the spread of marine species introduced by global shipping. Proceedings of the National Academy of Sciences 113 (20), 5646-5651. DOI: 10.1073/pnas.1524427113
- Schöll F (1990) Zur Bestandssituation von *Corophium curvispinum* SARS im Rheingebiet. Lauterbornia H 5, 67-70. https://www.zobodat.at/pdf/Lauterbornia_1990_05_0067-0070.pdf
- Sokołowski A, Ziółkowska M, Balazy P, Plichta I, Kukliński P, Mudrak-Cegiołka S (2017) Recruitment pattern of benthic fauna on artificial substrates in brackish low-diversity system (the Baltic Sea). Hydrobiologia 784, 125–141. DOI: 10.1007/s10750-016-2862-z
- Spiegel-online (2019) Quagga-Muschel richtet Schäden im Bodensee an – Sie misst nur 40 Millimeter, aber der potenzielle Schaden ist groß: Im Bodensee breitet sich eine Muschel aus dem Schwarzen Meer aus. Gefahr besteht für die Trinkwasserversorgung. <https://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/bodensee-quagga-muschel-richtet-schaeden-an-a-1299202.html>

- Statista (2021) Anzahl der Personen in Deutschland, die eine Motoyacht im Haushalt besitzen, von 2016 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/264969/umfrage/besitz-einer-motor-yacht-in-deutschland/>
- Statista (2021) Anzahl der Personen in Deutschland, die eine Segelyacht oder Segelkolle im Haushalt besitzen, von 2016 bis 2020. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/264965/umfrage/besitz-einer-segelyacht-segeljolle-in-deutschland/>
- UBA (2015a) Revision der Umweltqualitätsnormen der Bundes-Oberflächengewässer nach Ende der Übergangsfrist für Richtlinie 2006 / 11 / EG und Fortschreibung der europäischen Umweltqualitätsziele für prioritäre Stoffe. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/revision-der-umweltqualitaetsnormen-der-bundes>
- UBA (2015b) Revision der Umweltqualitätsnormen der Bundes-Oberflächengewässer nach Ende der Übergangsfrist für Richtlinie 2006 / 11 / EG und Fortschreibung der europäischen Umweltqualitätsziele für prioritäre Stoffe. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/revision-der-umweltqualitaetsnormen-der-bundes>
- UBA (2020) Minimierung von Umweltrisiken der Antifouling-Schiffsanstriche in Deutschland: Entwicklung von Handlungsoptionen im Rahmen der Produktzulassung. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/minimierung-von-umweltrisiken-der-antifouling>
- UBA (2018) Bewuchs-Atlas – die Seiten zeigen Informationen zum Thema Bewuchs sowie eine Karte von lokalen Bewuchsverhältnissen. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/biozide/biozidprodukte/antifouling-mittel/bewuchsatlas-start>
- Van den Brink F W B, Van der Verlde G, Bij de Vaate A (1989) A note on the immigration of *Corophium curvispinum* SARS, 1895 (Crustacea: Amphipoda) into the Netherlands via the River Rhine. Bulletin Zoölogisches Museum 11, 211-213. https://www.researchgate.net/publication/39747541_A_Note_of_the_Immigration_of_Cerophium_curvispinum_Sara_1895Crustacea_Amphipoda_into_the_Netherlands_Via_the_River_Rhine
- Watermann B, Berger H.-D, Sönnichsen H, 1994. Untersuchungen zur Adhäsion an Seepocken auf Silikonbeschichtungen.
- Watermann B, Dahlström Mia, Dahlström Magnus, Wrangé A-L, Bergman K, Ziegler F, Eriksson-Wiklund A-K, Lagerström M, Solér C, Koroschetz B, Björkqvist J, Gipperth L, Anker T H, Ekroos A, Säppälä J, Maenpää E, Martin D (2018) BONUS CHANGE Recommendations towards Regulations for Sustainable Antifouling practices in the Baltic Sea. https://www.bonusportal.org/files/6946/BONUS_CHANGE_recommendations_aimed_for_policy_makers_in_the_Baltic_Sea_region.pdf
- WHG (2009) Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG). https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/BJNR258510009.html

- Wrange A-L, Rosenblad M A, Charrier G (2016) The Story of a Hitchhiker: Population Genetic Patterns in the Invasive Barnacle *Balanus* (*Amphibalanus*) improvisus Darwin 1854. PLoS ONE 11 (1). DOI: 10.1371/journal.pone.0147082
- Wrange A-L, Barboza F R, Ferreira J, Eriksson-Wiklund A-K, Ytreberg E, Jonsson P R, Watermann B, Dahlström M (2020) Monitoring biofouling as a management tool for reducing toxic antifouling practices in the Baltic Sea. Journal of Environmental Management 264. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110447>
- Wundsch H H (1912) Eine neue Species des Genus *Coropium* Latr. Aus dem Müggelsee bei Berlin. Zoologischer Anzeiger 39, 693-697.
- Yacht (2020) Würmer-Invasion, Im Koosmeer an der Jade breiten sich Kalkröhrenwürmer aus. Sie befallen unter anderem die Rümpfe der dort beheimateten Rund 100 Yachten – sehr zum Leidwesen der Eigner. Yacht 19 – 2020, 10.
- Zettler M L (1996) Untersuchungen zur Verbreitung der Amphipoden (Crustacea) in Fließgewässern Mecklenburg-Vorpommerns. Arch. Freunde Naturg. Meckenb. XXXV. https://www.io-warne-muende.de/tl_files/bio/ag-benthische-organismen/pdf/zettler-1996-amphipoda_fliessgewaesser.pdf

10 Anhang

10.1 Bootseigner – Umfragebogen: Untersuchungen von Bioaufwuchs

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Untersuchung soll die Verbreitung nicht-einheimischer Arten entlang der Meeresküste und im Binnenland untersucht werden. Die Speicherung der Daten erfolgt statistisch und anonym ohne jegliche rechtliche Konsequenzen.

Wir bitten um Ihre Unterstützung, vielen Dank!

Datum:

Heimathafen/Liegeplatz:

Allgemeine Fragen:

Schiffstyp: Segelboot Motorboot

Name:

Länge: Breite: Tiefgang:

Leistung [KW/PS]: Baujahr:

Bootsnutzung:

Was ist Ihr Heimatrevier?

Was war Ihre längste/weiteste Reise diese Saison?

Start: Ziel:

Dauer [Tage]:

Wie häufig wurde Ihr Boot in dieser Saison genutzt [Betriebsstd. oder Tage pro Saison]?

Befahrene Gewässer (außer Heimatgewässer):

Nutzen Sie einen Trailer?

Wenn ja, wie häufig im Jahr?

Bewuchsschutzsystem:

Typ und Handelsname des vorhandenen Bewuchsschutzsystems:

Erneuerung Antifouling:

Firma Privat

Wie häufig wird die Außenwand des Bootes **im Jahr** von Bioaufwuchs befreit?

Mehrmals einmal nach Bedarf

Bitte um Zusammenarbeit:

Wir würden gerne mehr über den Bioaufwuchs auf Sportbooten erfahren und dazu im Herbst bei der Entnahme der Boote eine Probe nehmen. Über Ihre Mithilfe an unserem Projekt würden wir uns sehr freuen.

10.2 Zusammenstellung von Umfrageergebnissen sowie der Bewuchsstärke

Gewässer	Yachthafen	Schiffbezeichnung	Schiffstyp	Größenklassen [m]	GeoLat	GeoLon	Reiseziel	Nutzungsdauer [Gruppiert]	Biozidhaltiges AFS	Bewuchsstärke [LoF]
Ostsee/ Binnen	Heimathafen	Anonymisiert	1 = Segelboot; 2 = Motorboot	1=4–8; 2=8–11; 3=11–13; 4=13–15; 5=15–24	WGS84	WGS84	Weitentlegestes Ziel während einer Reise	1 = Nie; 2 = Selten; 3 = Gelegentlich; 4 = Häufig; 5 = Sehr Häufig	Ja / Nein N/A = nicht Angegeben	0–5
Ostsee	Mönkeberg	MB 01	1	2	54,353555	10,176769	Kappeln	5	Ja	5
Ostsee	Mönkeberg	MB 02	1	2	54,353555	10,176769	Dänische Südsee	5	Ja	4
Ostsee	Mönkeberg	MB 03	1	2	52,797832	5,32359	Mönkeberg	4	N/A	5
Ostsee	Mönkeberg	MB 04	1	2	54,353555	10,176769	Rügen	5	Ja	3
Ostsee	Mönkeberg	MB 05	2	2	54,353555	10,176769	Dänische Südsee	5	Ja	3
Ostsee	Mönkeberg	MB 06	1	1	54,353555	10,176769	Dänische Südsee	5	Ja	2
Ostsee	Mönkeberg	MB 07	1	3	54,353555	10,176769	Dänische Südsee	5	Ja	5
Ostsee	Mönkeberg	MB 08	2	1	54,353555	10,176769	Mönkeberg	5	Ja	3
Ostsee	Mönkeberg	MB 09	2	1	54,353555	10,176769	Mönkeberg	3	Ja	5
Ostsee	Borgwedel	BW 01	1	3	54,496764	9,673505	Borgwedel	5	Ja	2
Ostsee	Borgwedel	BW 02	1	3	54,681076	9,994254	Bornholm	5	Ja	3
Ostsee	Borgwedel	BW 03	2	1	54,496764	9,673505	Borgwedel	4	Ja	2
Ostsee	Borgwedel	BW 04	1	1	54,496764	9,673505	Dänische Südsee	5	Ja	3
Ostsee	Borgwedel	BW 05	2	1	54,496764	9,673505	Borgwedel	5	Ja	2
Ostsee	Burgtiefe	BT 01	1	2	54,094094	10,801395	Bornholm	4	Ja	4
Ostsee	Burgtiefe	BT 02	1	2	54,094094	10,801395	Dänische Südsee	5	N/A	3
Ostsee	Burgtiefe	BT 03	1	2	54,413246	11,197203	Dänische Südsee	5	N/A	3
Ostsee	Neustadt OH	NS 01	1	4	54,094094	10,801395	Klaipėda	5	Ja	2
Ostsee	Neustadt OH	NS 02	1	2	54,094094	10,801395	Schweden	5	Ja	2

Gewässer	Yachthafen	Schiffbezeichnung	Schiffstyp	Größenklassen [m]	GeoLat	GeoLon	Reiseziel	Nutzungsdauer [Gruppirt]	Biozidhaltiges AFS	Bewuchsstärke [LoF]
Ostsee	Neustadt OH	NS 03	2	N/A	54,094094	10,801395	Dänische Südsee	4	Ja	2
Ostsee	Neustadt OH	NS 04	1	3	54,094094	10,801395	Dänische Südsee	4	Ja	2
Ostsee	Neustadt OH	NS 05	2	1	54,094094	10,801395	Neustadt OH	4	N/A	2
Ostsee	Neustadt OH	NS 06	2	2	54,094094	10,801395	Mönkeberg	4	Ja	2
Ostsee	Neustadt OH	NS 07	2	1	54,094094	10,801395	Neustadt OH	5	Ja	2
Ostsee	Neustadt OH	NS 08	1	2	54,094094	10,801395	Neustadt OH	4	Ja	3
Ostsee	Neustadt OH	NS 09	1	2	54,094094	10,801395	Smaland Schweden	4	Ja	1
Ostsee	Neustadt OH	NS 10	1	1	54,094094	10,801395	Neustadt OH	4	Ja	3
Ostsee	Neustadt OH	NS 11	1	1	54,094094	10,801395	Wismar	4	N/A	5
Ostsee	Bad Schwartau	BS 01	2	5	53.916.339	10.685.414	Bornholm	-	Ja	5
Ostsee	Lübeck	LB 01	1	2	53,895842	10,806255	Dänische Südsee	5	Ja	3
Ostsee	Kröslin	KS 01	1	4	54,121873	13,754207	Kopenhagen	5	Ja	4
Ostsee	Kröslin	KS 02	1	2	54,121873	13,754207	Kolberg	5	Ja	3
Ostsee	Kröslin	KS 03	1	2	54,121873	13,754207	Swinemünde	5	N/A	5
Ostsee	Kröslin	KS 04	1	2	54,121873	13,754207	Kröslin	-	Ja	3
Ostsee	Großenbrode1	GB 01	1	3	54,361591	11,083755	Bornholm	-	Ja	2
Ostsee	Grömitz2	GM 01	2	3	54,134987	10,948348	Lauenburg	4	N/A	4
Elbe	Lauenburg	LB 01	2	2	53,371693	10,566927	Travemünde	5	Ja	2
Elbe	Lauenburg	LB 02	1	2	53,371693	10,566927	Stettin	4	Ja	2
Elbe	Lauenburg	LB 03	2	2	53,371693	10,566927	Grömitz	5	Ja	0
Elbe	Lauenburg	LB 04	2	1	53,371693	10,566927	Lauenburg	4	N/A	2
Elbe	Lauenburg	LB 05	1	2	53,429813	10,360515	Tesperhude	4	Ja	2
Elbe	Lauenburg	LB 06	2	2	53,371693	10,566927	Poel	-	Ja	2
Elbe	Lauenburg	LB 07	2	3	53,371693	10,566927	Berlin	5	N/A	2
Elbe	Lauenburg	LB 08	1	1	53,371693	10,566927	Bleckede	2	Ja	2
Elbe	Lauenburg	LB 09	2	2	53,371693	10,566927	Lauenburg	2	N/A	2

Gewässer	Yachthafen	Schiffbezeichnung	Schiffstyp	Größenklassen [m]	GeoLat	GeoLon	Reiseziel	Nutzungsdauer [Gruppiert]	Biozidhaltiges AFS	Bewuchsstärke [LoF]
Elbe	Wedel	WD 01	1	2	53,572123	9,677625	Dänische Südsee	5	N/A	1
Elbe	Wedel	WD 02	1	2	53,572123	9,677625	Wedel	5	N/A	1
Elbe	Wedel	WD 03	1	1	53,572123	9,677625	Wedel	3	N/A	2
Elbe	Wedel	WD 04	1	2	53,572123	9,677625	Dänische Südsee	5	N/A	2
Elbe	Wedel	WD 05	2	2	53,572123	9,677625	Wedel	2	N/A	2
Elbe	Wedel	WD 06	1	2	53,572123	9,677625	Dänische Südsee	5	Ja	2
Elbe	Wedel	WD 07	2	2	53,572123	9,677625	Wedel	1	Ja	2
Main	Lohr	LH 01	2	2	49,9892207	9,5722309	Aschaffenburg	2	N/A	1
Main	Lohr	LH 02	2	2	49,980663	9,135555	Bamberg	2	Ja	1
Main	Lohr	LH 03	2	2	49,9892207	9,5722309	Steinbach-Rothfels	2	N/A	1
Main	Lohr	LH 04	2	2	49,9892207	9,5722309	Bamberg	3	Ja	1
Main	Lohr	LH 05	2	2	49,9892207	9,5722309	Dänemark	2	Ja	1
Main	Frankfurt	F 01	2	1	50,1109221	8,6821267	Straßburg	4	Ja	2
Main	Obereisenheim	OH 01	2	4	49,892485	10,179619	Obereisenheim	2	Nein	1
Main	Obereisenheim	OH 02	2	3	49,892485	10,179619	Obereisenheim	2	Ja	1
Main	Obereisenheim	OH 03	2	2	49,892485	10,179619	Obereisenheim	2	Ja	1
Main-Donau-Kanal	Forchheim	FH 01	2	2	49,718713	11,059642	Bamberg	2	N/A	2
Main-Donau-Kanal	Forchheim	FH 02	2	1	49,718713	11,059642	Schweinfurt	2	Ja	2
Main-Donau-Kanal	Forchheim	FH 03	2	2	49,718713	11,059642	Bamberg	3	N/A	2
Main-Donau-Kanal	Forchheim	FH 04	2	2	49,718713	11,059642	Kitzingen	4	N/A	1
Main-Donau-Kanal	Forchheim	FH 05	2	2	49,718713	11,059642	Forchheim	2	Ja	2

Gewässer	Yachthafen	Schiffbezeichnung	Schiffstyp	Größenklassen [m]	GeoLat	GeoLon	Reiseziel	Nutzungsdauer [Gruppiert]	Biozidhaltiges AFS	Bewuchsstärke [LoF]
Main-Donau-Kanal	Forchheim	FH 06	2	2	49,718713	11,059642	Straßburg	4	Ja	1
Main-Donau-Kanal	Fürth	FT 01	2	3	49,477263	10,989616	Katwijk (Ndl)	5	Ja	1
Main-Donau-Kanal	Fürth	FT 02	2	N/A	49,477263	10,989616	Fürth	1	N/A	1
Main-Donau-Kanal	Fürth	FT 03	2	2	49,477263	10,989616	Hausen	2	N/A	2
Main	Raunheim	RH 01	2	2	50,034444	8,480268	Rauheim		Ja	1
Main	Raunheim	RH 02	2	1	50,034444	8,480268	Rauheim	2	Ja	2
Main	Raunheim	RH 03	2	1	50,034444	8,480268	Mainz	4	Ja	2
Main	Raunheim	RH 04	2	2	50,034444	8,480268	Traben-Trarbach	4	Ja	2
Main	Raunheim	RH 05	2	2	50,034444	8,480268	Ludwigshafen	2	Ja	1
Main	Raunheim	RH 06	2	1	50,034444	8,480268	Raunheim	2	Ja	2
Main	Raunheim	RH 07	2	1	50,034444	8,480268	Gustavsburg	2	Ja	2
Main	Raunheim	RH 08	2	2	50,034444	8,480268	Müritz	5	Ja	1
Main	Raunheim	RH 09	2	1	50,034444	8,480268	Ginsheim	2	Ja	1
Main	Raunheim	RH 10	2	2	50,034444	8,480268	Mainz	2	N/A	2
Main	Raunheim	RH 11	2	2	50,034444	8,480268	Bingen	5	N/A	2
Main	Seligenstadt	SG 01	2	1	50,044242	8,975367	Seligenstadt	2	Ja	2
Main	Aschaffenburg	AB 01	2	2	49,980663	9,135555	Aschaffenburg	2	Ja	1
Main	Aschaffenburg	AB 02	2	2	49,980663	9,135555	N/A	4	N/A	1
Main	Aschaffenburg	AB 03	2	N/A	49,980663	9,135555	Aschaffenburg	2	N/A	1
Main	Aschaffenburg	AB 04	2	2	49,980663	9,135555	Koblenz	3	N/A	1
Main	Mainkur	MK 01	2	2	50,133231	8,766769	Arzviller	4	Ja	0
Main	Mainkur	MK 02	2	2	50,133231	8,766769	Frankfurt	2	N/A	1
Main	Mainkur	MK 03	2	2	50,133231	8,766769	Hitdorf	3	N/A	0

Gewässer	Yachthafen	Schiffbezeichnung	Schiffstyp	Größenklassen [m]	GeoLat	GeoLon	Reiseziel	Nutzungsdauer [Gruppiert]	Biozidhaltiges AFS	Bewuchsstärke [LoF]
Main	Mainkur	MK 04	2	2	50,133231	8,766769	Bingen	4	Ja	0
Main	Mainkur	MK 05	2	2	50,133231	8,766769	Mainkur	-	N/A	1
Main	Eddersheim	ED 01	2	1	50,040121	8,469288	N/A	4	N/A	1
Mosel	Treis-Karden	TK 01	2	N/A	50,171336	7,294014	N/A		Nein	2
Mosel	Treis-Karden	TK 02	2	N/A	50,171336	7,294014	N/A		Ja	0
Mosel	Traben-Trabach	TT 01	2	3	49,966556	7,130787	N/A	2	Ja	1
Mosel	Traben-Trabach	TT 02	2	2	49,966556	7,130787	Traben-Trabach	4	Ja	1
Mosel	Traben-Trabach	TT 03	2	N/A	49,813999	6,746687	N/A	3	Ja	1
Mosel	Schweich	SW 01	2	1	49,813999	6,746687	Schweich/Fluss	2	N/A	1
Mosel	Schweich	SW 02	2	1	49,813999	6,746687	N/A	2	Ja	1
Mosel	Schweich	SW 03	2	3	49,813999	6,746687	N/A	3	N/A	1
Mosel	Neumagen-Drohn	ND 01	2	2	49,859528	6,897658	N/A	4	Ja	1
Mosel	Neumagen-Drohn	ND 02	2	2	49,859528	6,897658	N/A	2	Ja	1
Mosel	Neumagen-Drohn	ND 03	2	2	49,859528	6,897658	Bad Ems	4	Ja	1
Mosel	Neumagen-Drohn	ND 03	2	2	49,859528	6,897658	N/A		N/A	1
Mosel	Trier	T 01	1	1	49,749992	6,637143	Bodensee	4	Ja	0
Mosel	Trier	T 02	1	1	49,749992	6,637143	N/A	3	Ja	1
Mosel	Trier	T 03	1	1	49,749992	6,637143	Konstanz	2	Ja	1
Mosel	Trier	T 04	1	1	49,749992	6,637143	N/A	5	Ja	1
Rhein	Lahnstein	LS 01	2	N/A	50,307827	7,609363	N/A		N/A	0
Rhein	Lahnstein	LS 02	2	4	50,307827	7,609363	N/A	4	Ja	1
Rhein	Lahnstein	LS 03	2	3	50,307827	7,609363	N/A	4	Ja	0
Rhein	Lahnstein	LS 04	2	3	50,307827	7,609363	Niederlande	5	Ja	0
Rhein	Lahnstein	LS 05	2	3	50,307827	7,609363	Niederlande	5	Ja	1
Rhein	Lahnstein	LS 06	2	4	50,307827	7,609363	N/A	3	Ja	1

Gewässer	Yachthafen	Schiffbezeichnung	Schiffstyp	Größenklassen [m]	GeoLat	GeoLon	Reiseziel	Nutzungsdauer [Gruppirt]	Biozidhaltiges AFS	Bewuchsstärke [LoF]
Rhein	Lahnstein	LS 07	2	3	50,307827	7,609363	Niederlande	4	Ja	1
Rhein	Lahnstein	LS 08	2	4	50,307827	7,609363	Lahnstein		Ja	1
Rhein	Lahnstein	LS 09	2	2	50,307827	7,609363	Lahnstein		Ja	0
Rhein	Lahnstein	LS 10	2	3	50,307827	7,609363	Turku	5	Ja	1

10.3 Gesamtartenliste erfasster Arten (Brack- und Süßwasser)

Taxa	Brackwasser	Süßwasser	Neobiota
BRYOZOA			
<i>Alcyonidiidae gen. sp.</i>	+	-	
<i>Amathia gracilis*</i>	+	-	+
<i>Conopeum seurati</i>	+	+	
<i>Cristatella mucedo</i>	-	+	
<i>Einhornia crustulenta</i>	+	-	
<i>Electra pilosa</i>	-	+	
<i>Paludicella articulata</i>	-	+	
<i>Pectinatella magnifica</i>	-	+	+
<i>Plumatella emarginata</i>	-	+	
<i>Plumatella fungosa</i>	-	+	
<i>Plumatella repens</i>	-	+	
<i>Victorella sp.*</i>	+	-	+
CHLOROPHYTA			
<i>Blidingia marginata</i>	-	+	
<i>Cladophora sp.</i>	+	+	
<i>Ulva sp.</i>	+	+	
<i>Ulvaes indet.</i>	+	+	
CNIDARIA			
<i>Anthoathecata indet.</i>	+	-	
<i>Bougainvillia muscus</i>	+	-	
<i>Campanulina pumila</i>	+	-	
<i>Clytia hemisphaerica</i>	+	-	
<i>Cordylophora caspia</i>	+	+	+
<i>Garveia franciscana</i>	+	-	+
<i>Gonothyraea loveni</i>	+	-	
CRUSTACEA			
<i>Amphibalanus improvisus</i>	+	(+)	+
<i>Aoridae gen. sp.</i>	+	-	
<i>Apocorophium lacustre</i>	+	-	
<i>Apothyale prevostii</i>	+	-	
<i>Calliopius laeviusculus</i>	+	-	
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	-	+	+
<i>Chelicorophium sp. (juv.)</i>	-	(+)	+
<i>Chelicorophium robustum</i>	-	+	+
<i>Chelicorophium sowinskyi</i>	-	+	+
<i>Corophium volutator</i>	+	-	
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	-	+	+
<i>Dikerogammarus sp. (juv.)</i>	+	-	+
<i>Dikerogammarus villosus</i>	-	+	+
<i>Echinogammarus ischnus</i>	-	+	+
<i>Echinogammarus sp. (juv.)</i>	-	+	+
<i>Eriocheir sinensis</i>	-	+	+

Taxa	Brackwasser	Süßwasser	Neobiota
<i>Gammarus inaequicauda</i>	+	-	
<i>Gammarus oceanicus</i>	+	-	
<i>Gammarus salinus</i>	+	-	
<i>Gammarus sp.</i>	+	-	
<i>Gammarus tigrinus</i>	+	-	+
<i>Gammarus zaddachi</i>	+	-	
<i>Grandidierella japonica</i>	+	-	+
<i>Harpacticella sp.</i>	+	-	
<i>Harpacticidae gen. sp.</i>	+	-	
<i>Harpacticoida indet.</i>	+	-	
<i>Harpacticus flexulosus</i>	+	-	
<i>Hemigrapsus takanoi</i>	+	-	+
<i>Idotea chelipes</i>	+	-	
<i>Idotea sp.</i>	+	-	
<i>Jaera (Jaera) albifrons agg.</i>	+	-	
<i>Jaera sarsi</i>	-	+	+
<i>Lekanesphaera hookeri</i>	+	-	
<i>Lekanesphaera rugicauda</i>	+	-	
<i>Leptocheirus pilosus</i>	+	-	
<i>Melita nitida</i>	+	-	+
<i>Melita palmata</i>	+	-	
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	+	-	
<i>Monocorophium insidiosum</i>	+	-	
<i>Mucropedia sp.</i>	+	-	
<i>Palaemon elegans agg.</i>	+	-	+
<i>Pseudamphiascopsis attenuatus</i>	+	-	
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	+	-	+
<i>Sinelobus sp. nov. (vanhaareni)</i>	+	-	+
<i>Tisbe sp.</i>	+	-	
<i>Tisbidae gen. sp.</i>	+	-	
CYANOBACTERIA			
<i>Cyanobacteria indet.</i>	-	+	
ENTOPROCTA			
<i>Barentsia benedeni</i>	+	-	
<i>Barentsia gracilis</i>	+	-	
<i>Barentsia sp.</i>	+	-	
INSECTA			
<i>Ablabesmyia sp.</i>	-	+	
<i>Ceratopogonidae gen. sp.</i>	-	+	
<i>Chironomus (Chironomus) sp.</i>	-	+	
<i>Clunio marinus</i>	+	-	
<i>Coleoptera indet.</i>	+	+	
<i>Cricotopus sp.</i>	+	+	

Taxa	Brackwasser	Süßwasser	Neobiota
<i>Cyrnus trimaculatus</i>	-	+	
Diamesinae	-	+	
<i>Dicrotendipes</i> sp.	+	-	
<i>Ecnomus tenellus</i>	-	+	
Empididae	-	+	
<i>Endochironomus tendens</i>	-	+	
<i>Glyptotendipes barbipes</i>	+	-	
<i>Glyptotendipes pallens/glaucus</i>	+	-	
<i>Orthoclaadiinae</i> gen. sp.	+	+	
<i>Orthotrichia</i> sp.	-	+	
<i>Orectochilus villosus</i>	-	+	
Prodiamesinae	-	+	
Psychodidae Gen. Sp.	-	+	
<i>Sisyra</i> sp.	-	+	
Stratiomyiidae	-	+	
<i>Synendotendipes</i> sp.	-	+	
Tanypodinae	-	+	
Tanytarsini	-	+	
<i>Tanytarsus</i> sp.	-	+	
<i>Telmatogeton japonicus</i>	+	-	+
<i>Tinodes</i> sp. (c.f. <i>maculicornis</i>)	-	+	
<i>Tinodes maculicornis</i>	-	+	
<i>Tinodes unicolor</i>	-	+	
<i>Tinodes waeneri</i>	-	+	
Tipulidae	-	+	
Trichoptera indet.	+	+	
MOLLUSCA			
<i>Acroloxus lacustris</i>	-	+	
<i>Ancylus fluviatilis</i>	-	+	
<i>Dreissena rostriformis bugensis</i>	-	+	+
<i>Dreissena polymorpha</i>	-	+	+
<i>Ferrissia wautieri</i>	-	+	+
<i>Fionoidea</i> indet.	+	+	
<i>Gyraulus</i> sp. (juv)	-	+	
<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	+	-	+
<i>Mytilus edulis</i> agg.	+	(+)	
<i>Nudibranchia</i> indet.	+	-	
<i>Physa fontinalis</i>	-	+	
<i>Radix balthica</i>	-	+	
<i>Radix auricularia</i>	-	+	
<i>Tenellia adspersa</i>	+	-	
<i>Theodoxus fluviatilis</i>	-	+	
NEMATODA			

Taxa	Brackwasser	Süßwasser	Neobiota
<i>Nematoda indet.</i>	+	-	
OLIGOCHAETA			
<i>Naididae gen. sp.</i>	-	+	
<i>Nais elinguis</i>	+	-	
<i>Oligochaeta non det.</i>	-	+	
<i>Paranais litoralis</i>	+	-	
<i>Stylaria lacustris</i>	-	+	
PHAEOPHYCEAE			
<i>Ectocarpales indet.</i>	+	-	
<i>Halacaridae gen. sp.</i>	+	-	
<i>Pylaiella littoralis</i>	+	-	
PLATHELMINTHES			
<i>Leptoplanoidea indet.</i>	+	-	
<i>Stylochoidea indet.</i>	+	-	+
POLYCHAETA			
<i>Alitta succinea*</i>	+	-	+
<i>Boccardiella ligerica*</i>	+	-	+
<i>Harmothoe imbricata</i>	+	-	
<i>Harmothoe sp.</i>	+	-	
<i>Hediste diversicolor</i>	+	-	
<i>Hypania invalida</i>	-	+	+
<i>Nereididae gen. sp.</i>	+	-	
<i>Nereimyra punctata</i>	+	-	
<i>Polydora ciliata</i>	+	-	
<i>Polydora cornuta</i>	+	-	
RHODOPHYTA			
<i>Callithamnidae gen. sp.</i>	+	-	
<i>Ceramium deslongchampsii</i>	+	-	
<i>Ceramium sp.</i>	+	-	
<i>Dasya baillouviana</i>	+	-	+
<i>Polysiphonia sp.</i>	+	-	
PORIFERA			
<i>Ephydatia muelleri</i>	-	+	
<i>Eunapius fragilis</i> oder <i>Ephydatia fluviatilis</i>	-	+	
<i>Spongilla lacustris</i>	-	+	
TRICLADIDA			
<i>Dugesia tigrina</i>	-	+	+
HYDROZOA			
<i>Hydra sp.</i>	-	+	-
Gesamtartenzahl	90	71	
Neobiota und kryptogene Arten*	19	16	34*
Neobiota [%]	21,1	22,5	22,4

11 Abkürzungsverzeichnis

AFS	Antifouling System (deutsch: Bewuchsschutz)
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Cu	Kupfer
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DSV	Deutscher Segler-Verband
GIS	Geographisches Informationssystem
IfAÖ	Institut für Angewandte Ökosystemforschung
IMO	Internationale Maritime Organisation
LoF	Level of Fouling (deutsch: Bewuchsstärke)
MAX-QS	Maximum Acceptable Concentration (Quality Standard)
NOK	Nord-Ostsee-Kanal
nov.	<i>nova species</i>
PSU	Practical Salinity Unit
PVC	Polyvinylchlorid
sp.	<i>species</i> (deutsch: Spezies, Art)
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
UBA	Umweltbundesamt
UQN	Die Umweltqualitätsnorm
WHG	Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz– WHG)
Zn	Zink