

Zwischen- Bericht Projekt CLEAN, Stand Mai 2021



B. Watermann, LimnoMar, Hamburg,
Donna Lee Garrick, Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität,
Stadtentwicklung und Wohnungsbau Bremen,
Katja Pape, bremenports

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
2	Schiffe und Testplatten	3
2.2	„POLARSTERN“	4
2.2.1	Gewässerbelastung durch Unterwasserreinigung	9
2.2.2	Belastung der abfiltrierten Feststoffe	12
2.3	„WEGA“	14
2.3.1	Gewässerbelastung durch die Unterwasser-Reinigung der „WEGA“	27
3	Bewuchszusammensetzung auf der „POLARSTERN“ und der „WEGA“ vor der Reinigung	30
3.1	Neobiota	33
3.2	Kryptogene Arten	34
3.3	Gäste	34
3.3.1	Auswertung der taxonomischen Bestimmung des Bewuchses	35
3.4	Patrouillenboot Wasserschutzpolizei Niedersachsen „W5“	36
3.5	Arbeitsschiff „MÖWE“	38
3.6	Propeller-Reinigung	39
3.7	Stahlplatte BREDO-Werft	41
4	Unterwasser-Reinigung der „Gabriella“ Helsinki	46
5	Ausblick und weitere Planungen	48
6	Literatur	48

1 Einführung

2018 wurde von einem Konsortium aus Vertretern der bremischen Umweltbehörde, des Hafenmanagementgesellschaft bremenports der bremischen Häfen, der niedersächsischen Wasserschutzpolizei, dem Bundesamt für Schifffahrt und Hydrographie, Beschichtungstofffirmen, dem AWI/Laeisz-Reederei, der Tauch- und Reinigungsfirma und LimnoMar ein Projekt zur Reinigung von Schiffsrümpfen gestartet. Das Projekt verfolgt drei wesentliche Ziele:

- Demonstration der Durchführbarkeit von Unterwasserreinigungen auf nicht-biozidhaltigen, abriebfesten Beschichtungen
- Demonstration von Techniken zum Auffangen des Bewuchses und der Vermeidung von Gewässerbelastungen und der Einschleppung von nicht-heimischen Arten
- Bildung von ersten Grundlagen für die Erteilung von Genehmigungen zur Unterwasserreinigung von Schiffen in Häfen

2 Schiffe und Testplatten

Für die Reinigungsversuche wurden Schiffe zur Verfügung gestellt, die entweder eine biozidfreie, abriebfeste Komplettbeschichtung aufweisen oder mit Testbeschichtungen versehen sind. Im Folgenden werden die beteiligten Schiffe mit ihren unterschiedlichen Beschichtungen und deren jeweilige Bewuchsentwicklung kurz vorgestellt.

2.2 „POLARSTERN“

Die „Polarstern“ ist ein Forschungsschiff des Alfred-Wegener-Instituts (AWI), Bremerhaven, welches als Eisbrecher ausgedehnte Forschungsexpeditionen im Packeis der Polarmeere ermöglicht (<https://www.awi.de/expedition/schiffe/polarstern.html>). Da die hauptsächlichen Operationsgebiete im Treib- und Packeis liegen, ist der Rumpf ausschließlich mit einer extrem abriebfesten Eisbrecher-Beschichtung (INERTA, International) versehen. Eine Antifouling-Beschichtung wäre in den befahrenen Gewässern schon nach wenigen Seemeilen abgerieben (Abb. 1).



Abb. 1: Eisbrecher und Forschungsschiff „Polarstern“, AWI

Heimathafen:	Bremerhaven
Länge:	118 Meter
Breite:	25 Meter
Max. Tiefgang:	11,20 Meter
Max. Verdrängung:	17.277 Tonnen
Indienststellung AWI:	1982
Max. Geschwindigkeit:	16 Knoten
Einsatzgebiet	Überall incl. Packeiszone
Tage auf See:	pro Jahr ca. 300

Das Schiff wurde freundlicherweise vom AWI für Unterwasserreinigungen vor der jährlichen Dockung bei der Lloyd Werft in Bremerhaven zur Verfügung gestellt. Das Schiff kam direkt aus dem letzten Operationsgebiet in der Antarktis mit nur einem kurzen Zwischenstopp auf den Falklandinseln. Auf der Überfahrt von der Antarktis bis nach Bremerhaven hatte sich im Heck- und Bugbereich ein Biofilm und mäßiger Algenbewuchs entwickelt, der bei den Tauchinspektionen vor der Reinigung sichtbar wurde (Abb. 2 – 5). Die taxonomische Untersuchung der vom Rumpf bei der Tauchinspektion und im Dock entnommenen Bewuchssproben erfolgte 2021, s.u.



Abb. 2: Bewuchs mit Biofilm und fädigen Grünalgen Heckbereich „Polarstern“ am 1.7.2019 vor der Reinigung, DG Diving



Abb. 3: Bewuchs mit Biofilm und fädigen Grünalgen Heckbereich „Polarstern“ am 1.7.2019 vor der Reinigung, DG Diving

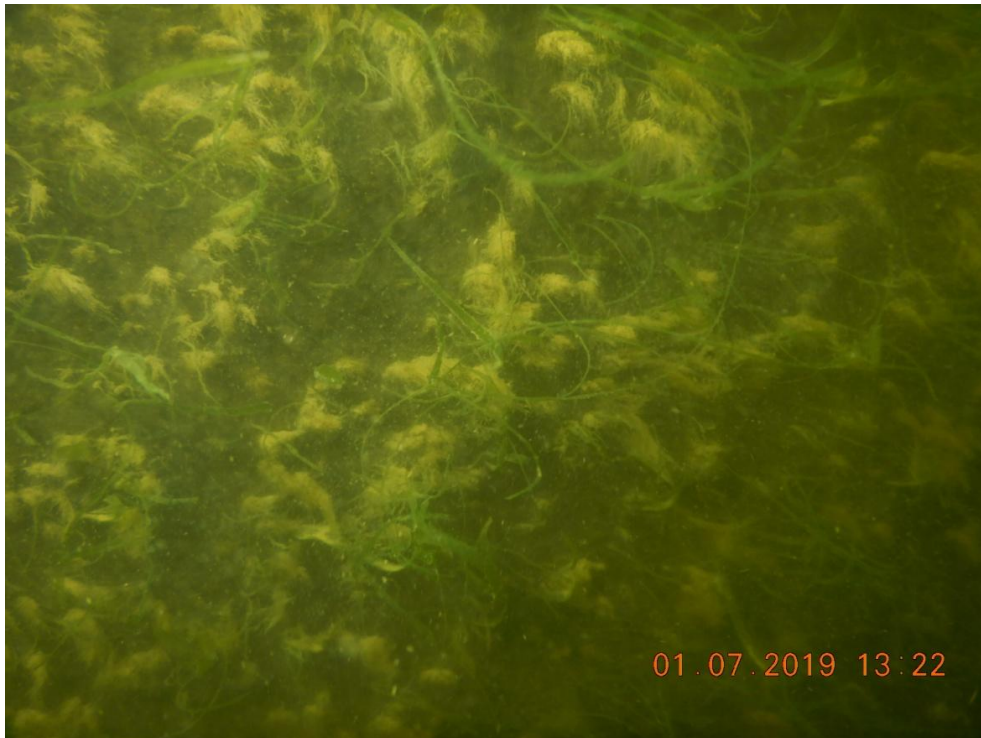


Abb. 4: Bewuchs mit Biofilm und fädigen Grünalgen Bugbereich „Polarstern“ am 1.7.2019 vor der Reinigung, DG Diving

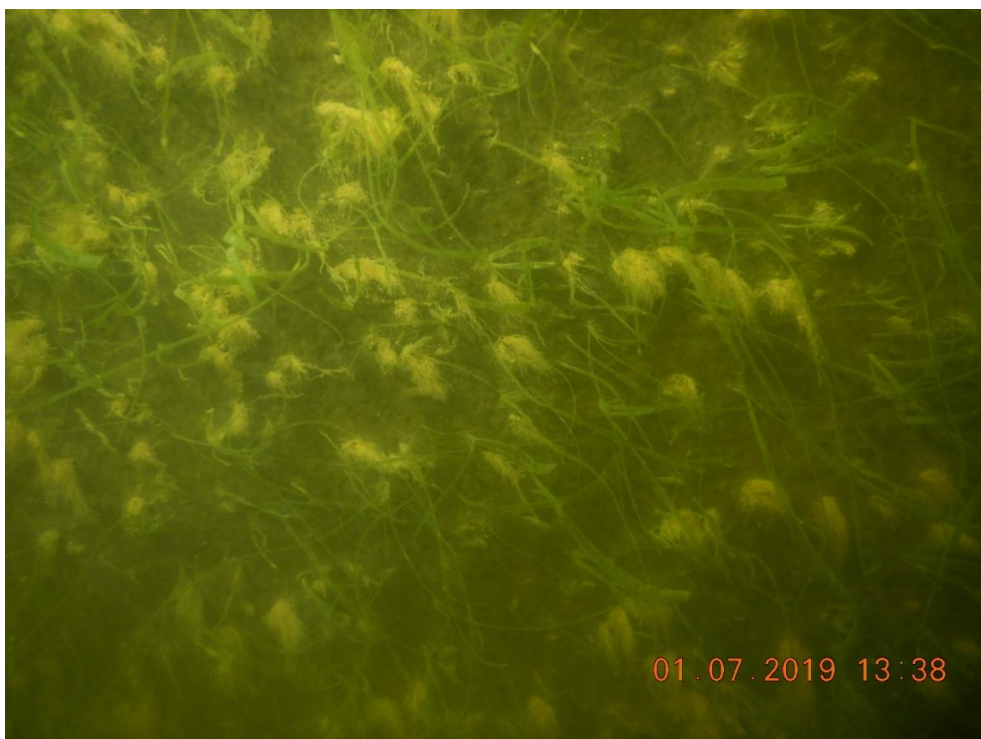


Abb. 5: Bewuchs mit Biofilm und fädigen Grünalgen Bugbereich „Polarstern“ am 1.7.2019 vor der Reinigung, DG Diving

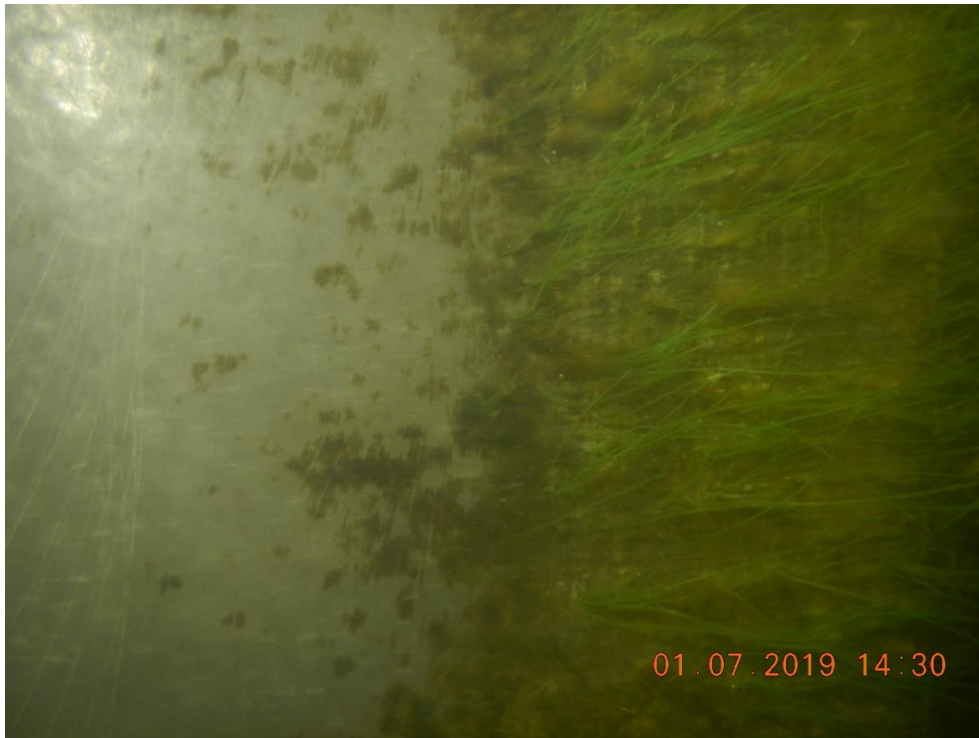


Abb. 6: Gereinigte Beschichtung (links) und Bewuchs mit fädigen Grünalgen (rechts) Bugbereich „Polarstern“ am 1.7.2019, DG Diving

Der Bewuchs konnte leicht und fast vollständig abgereinigt werden (Abb. 6).

Bei der anschließenden Dockung konnte der Reinigungserfolg verifiziert werden. Die Beschichtung war auch nach der Reinigung intakt und völlig frei von Bewuchs (Abb. 7 - 9).



Abb. 7: „Polarstern“ nach der Unterwasserreinigung im Dock, Steuerbord (Lloyd Werft, Bremerhaven), Juli 2019



Abb. 8: „Polarstern“ nach der Unterwasserreinigung im Dock, Backbord (Lloyd Werft, Bremerhaven), Juli 2019



Abb. 9: „Polarstern“ nach Reinigung im Dock, gereinigte Fläche links, ungereinigt rechts

2.2.1 Gewässerbelastung durch Unterwasserreinigung

Die Prüfung der Gewässerbelastung wurde durch eine TOC Bestimmung des Hafenwassers vor der Reinigung und nach der Reinigung am Auslauf der Filtrationsvorrichtung durchgeführt.

Das Unterwasser-Reinigungsgerät von DG Diving ist mit einer aufwendigen Absaug- und Filtrationsanlage verbunden, die aus einem Siebfilter und nachgeschaltetem Vliesfilter besteht. In diesem System können Partikel bis 100 µm herausgefiltert, gesammelt und gesondert entsorgt werden (Abb. 10),

Um die Gewässerbelastung durch die Nutzung des Hafenwassers für die Unterwasserreinigungsgeräte abzuschätzen, wurde der TOC- Wert des Hafenwassers durch die BSU Hamburg bestimmt. Die Proben aus dem jeweiligen Hafenwasser am Liegeplatz der Schiffe wurden kurz vor Reinigungsbeginn als Referenz genommen. Die Wasserproben nach Filtration wurden direkt aus dem abführenden Schlauch entnommen (Abb. 11). Wie aus der Tabelle und der Grafik ersichtlich, ist traten bei den beiden Schiffen leicht unterschiedliche Referenzwerte auf, die auf die unterschiedlichen Entnahme-Zeitpunkte und zurückzuführen sind.



Abb. 10: Filtrationsvorrichtung mit Siebfilter (100 μm), darunter Vliesfilter 100 μm und Feinfilter (100 μm) mit abführendem grauen Schlauch, über den das filtrierte Wasser in das Hafenbecken zurückgeleitet wurde



Abb. 11: Entnahme der filtrierten Wasserproben aus dem abführenden Schlauch der Filtrationsvorrichtung

Bei der POLARSTERN lag der TOC-Mittel-Wert des Hafenwassers vor der Reinigung bei 5,2 und nach der Filtration des ab gereinigten Bewuchses bei 7,3 (Tab. 1 und Abb. 12).

Tab. 1: TOC-Werte „POLARSTERN“ in mg/l

TOC-Werte vor der Reinigung	TOC-Werte nach der Filtration
5,1	5,4
4,8	6
5,4	7,6
5,4	6,2
Mittelwert 5,2	6,2
	7,5
	5,9
	7,8
	11
	6,6
	9,9
	Mittelwert 7,3

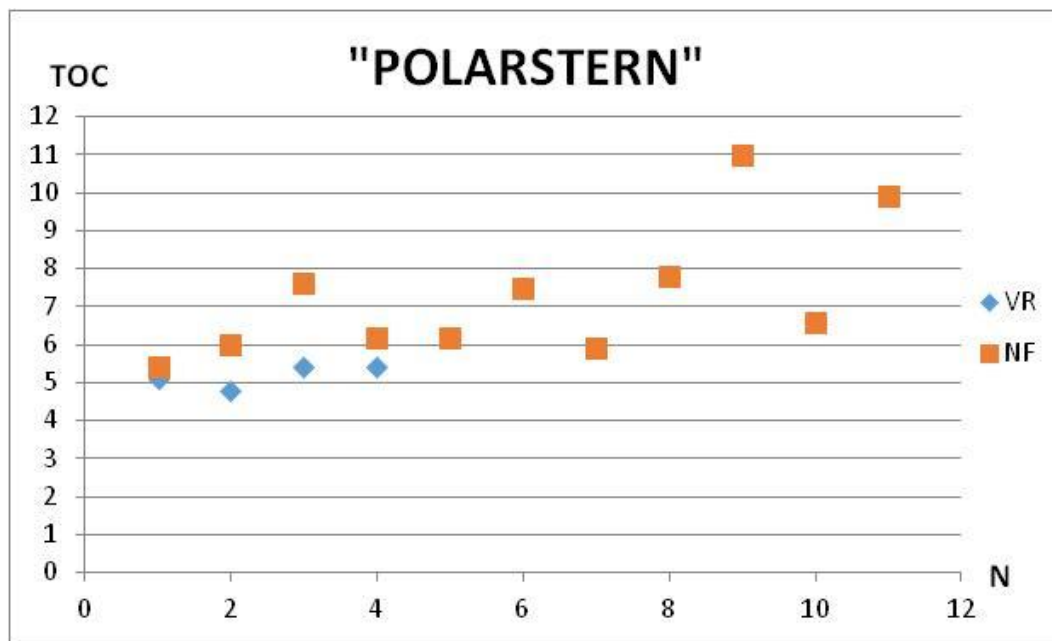


Abb. 12: TOC-Werte des Hafenwassers, Bremerhaven, Überseehafen vor der Reinigung (VR) und nach der Unter-Wasserreinigung des Rumpfes der „POLARSTERN“, nach Auffangen und Filtration (NF)

2.2.2 Belastung der abfiltrierten Feststoffe

Eine chemische Analyse der abfiltrierten Feststoffe nach der Reinigung der „Polarstern“ ergab hohe Gehalte an Kupfer und Organozinnverbindungen (Tabelle 2), die möglicherweise von roten Farbpartikeln stammten, die im Filterkuchen sichtbar waren. Eine Kontamination des Filterkuchens durch die Eisbrecherbeschichtung der „Polarstern“ kann ausgeschlossen werden.

Tab. 2: Biozidgehalte im abfiltrierten Feststoff nach Reinigung der „Polarstern“

Biozid	Konzentration	Einheit
Kupfer	44	mg/kg
TBT	160	µg/kg
DBT	140	µg/kg
MBT	54	µg/kg
Analyse: Institut Dr. Novak		

Es ergeben sich daher für die gemessenen Schwermetallwerte in dem abfiltrierten Feststoff nach Reinigung der „Polarstern“ folgende Erklärungen:

- Vor der Reinigung der „Polarstern“ wurde von der Reinigungsfirma ein Schiff mit einem aktiven oder nicht versiegelten TBT-haltigem Antifoulingssystem gereinigt. Nach allen zur Verfügung stehenden Daten ist es relativ unwahrscheinlich, dass es noch Schiffe in der Ostsee gibt, die TBT im aktiven Antifoulingssystem einsetzen.

- Ein anderer Grund für die TBT-Konzentrationen könnte darin liegen, dass die „Polarstern“ an ihrem Liegeplatz sehr nahe am Sediment oder in direktem Kontakt mit dem Hafensediment lag und dieses aufgewirbelt hat. Hierdurch wurden die beobachteten roten Farbpartikel an die Oberfläche gebracht, die im Sediment lagen.

Da jeder Hafen mit TBT-haltigen Altlasten im Sediment zu kämpfen hat, und eine Aufwirbelung von Sediment durch die Reinigung nicht ausgeschlossen werden kann, ist es daher notwendig, den Filterkuchen immer als Sondermüll einzustufen und entsprechend zu entsorgen.

2.3 „WEGA“

Dieses Schiff (Abb. 13) war vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) schon zuvor in dem Forschungsprojekt „FOULPROTECT“ für Versuche mit Antihaft- und reinigungsfähigen Unterwasserbeschichtungen zur Verfügung gestellt worden (Watermann, 2018). Im Rahmen dieses Projekts waren im November 2015 an der Backbordseite zwei abriebfeste Beschichtungen von Jotun und Momentive/Wohrlert aufgebracht (Abb. 14), die im Rahmen des Projekts zwischen 2015 und 2017 in unterschiedlichen Abständen 4 mal gereinigt worden waren.



Abb. 13: Vermessungs-, Wracksuch- und Forschungsschiff „Wega“, BSH

Heimathafen:	Bremerhaven
Länge:	52,06 m
Breite:	11,40 m
Tiefgang:	3,45 m
Geschwindigkeit:	11 Kn
Einsatzgebiet	Nord- und Ostsee
Tage auf See:	ca. 250 Tage auf See



Abb. 14: Reinigungsfähige Testbeschichtungen auf der „WEGA“ nach Applikation November 2015

Die Testflächen waren bei einer Dockung im März 2017 zum letzten Mal gereinigt worden. Daher war es von besonderem Interesse, ob nach einem Zeitraum von mehr als 2 Jahren die Beschichtungen immer noch intakt und der Bewuchs relativ leicht zu entfernen war. Tauchuntersuchungen des schiffseigenen Tauchteams, die zuvor unternommen worden waren, hatten auf beiden Beschichtungen einen dichten Makrobewuchs gezeigt. Der Bewuchs auf der Beschichtung von Jotun vor und nach der Reinigung ist in den Abbildungen 15 – 19 dargestellt.



Abb. 15: Reinigungsfähige Beschichtung von Jotun auf der „Wega“ im April 2019, mit dichtem Bewuchs aus fädigen Grünlagen und vereinzelten Seepocken, letzte Reinigung März 2017, BSH



Abb. 16: Reinigungsfähige Beschichtung von Jotun auf der „Wega“ im Juli 2019, mit dichtem Bewuchs aus fädigen Grünlagen und vereinzelten Seepocken, vor der Reinigung, DG Diving

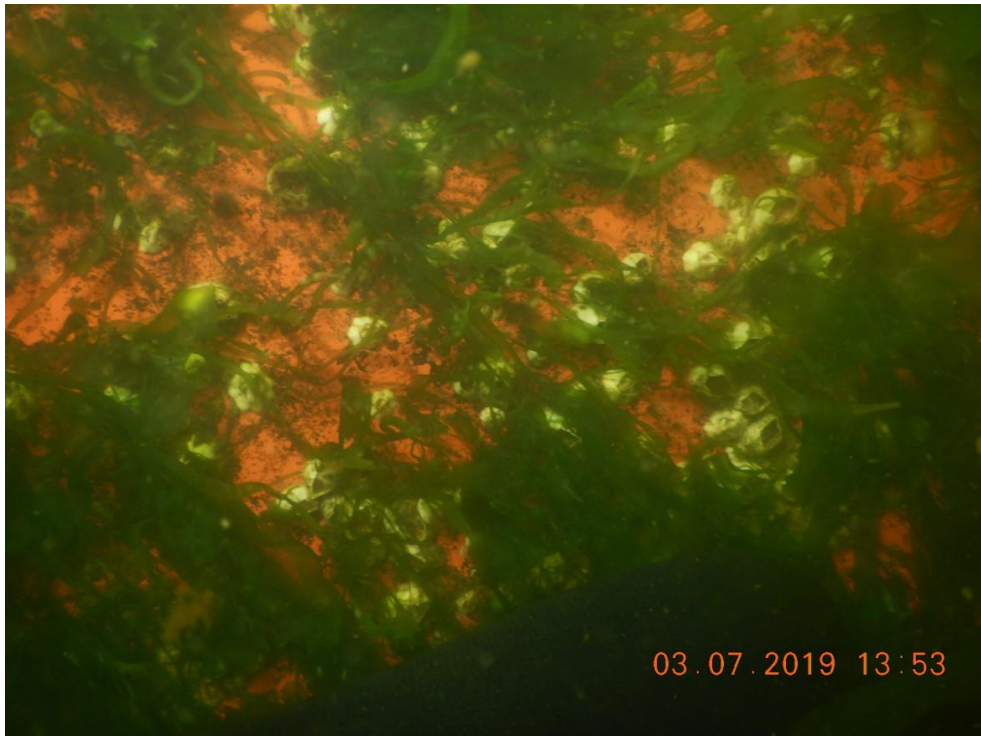


Abb. 17: Reinigungsfähige Beschichtung von Jotun auf der „Wega“ im Juli 2019, mit dichtem Bewuchs aus fädigen Grünalgen und vereinzelt Seepocken, vor der Reinigung



Abb. 18: Reinigungsfähige Beschichtung von Jotun auf der „Wega“ nach der Reinigung im Juli 2019, DG Diving



Abb. 19: Reinigungsfähige Beschichtung von Jotun auf der „Wega“ nach der Reinigung im Juli 2019, DG Diving

Wie aus den Abbildungen nach der Unterwasser-Reinigung ersichtlich ist, konnte der Bewuchs vollständig und ohne Beschädigung der Beschichtung entfernt werden. Eine anschließende Reinigung mit Wasserhochdruck im Dock zeigte, dass beide Beschichtungen vollständig gereinigt werden konnten und völlig intakt waren (Abb. 20).



Abb. 20: Reinigungsfähige Testbeschichtungen auf der „WEGA“ nach der Unterwasserreinigung im unteren Drittel, im Juli 2019, links Jotun, rechts Momentive/Wohlert

Auch die Beschichtung von Momentive/Wohlert wies nach 2 Jahren ohne Reinigung im April einen dichten Makrobewuchs auf (Abb. 21 und 22). Vor der Reinigung im Juli 2019 zeigte sich ein Bewuchsbild mit fädigen Grünalgen und Seepocken (Abb. 20 und 21). Dennoch konnte der Bewuchs vollständig und ohne Beschädigung der Beschichtung entfernt werden (Abb. 23 - 25).



Abb. 21: Testbeschichtung von Momentive/Wohlert auf der „Wega“ im April 2019, 2 Jahre nach der letzten Reinigung mit fädigen Grünalgen und vereinzelten Seepocken, BSH



Abb. 22: Testbeschichtung von Momentive/Wohlert auf der „Wega“ im April 2019, 2 Jahre nach der letzten Reinigung mit fädigen Grünalgen und vereinzelten Seepocken, BSH

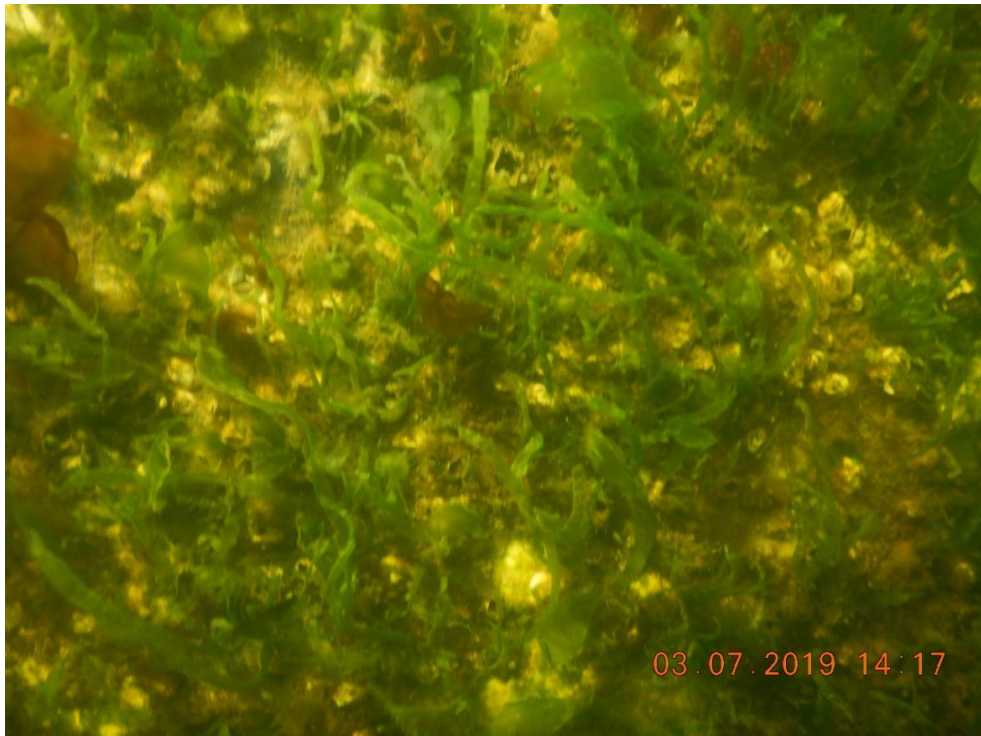


Abb. 23: Testbeschichtung von Momentive/Wohlert auf der „Wega“ im Juli 2019, vor der Reinigung mit fädigen Grünalgen und vereinzelten Seepocken, DG Diving

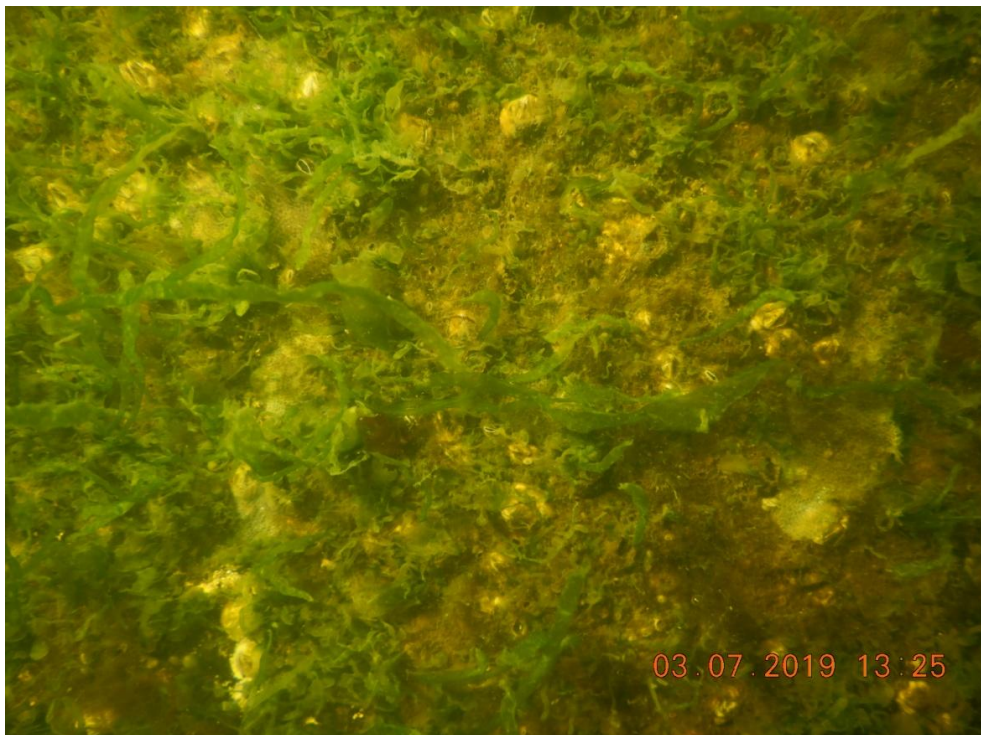


Abb. 24: Testbeschichtung von Momentive/Wohlert auf der „Wega“ im Juli 2019, vor der Reinigung mit fädigen Grünalgen und vereinzelten Seepocken, DG Diving



Abb. 25: Testbeschichtung von Momentive/Wohlert auf der „Wega“ im Juli 2019, mittig nach einem ersten Reinigungsversuch, DG Diving

Der Reinigungserfolg konnte anschließend im Dock verifiziert werden. Eine anschließende Reinigung mit Wasserhochdruck im Dock zeigte, dass beide Beschichtungen vollständig gereinigt werden konnten und völlig intakt waren (Abb. 26).



Abb. 26: Testbeschichtungen auf der „WEGA“ Juli 2019 nach vollständiger HD-Reinigung im Dock, links Jotun, rechts Momentive/Wohlert

Im Rahmen des Forschungsprojekts „FoulProtect“ waren im November 2015 auch an der Steuerbordseite Testbeschichtungen angebracht worden (Abb. 27). Diese hatten Antihafteigenschaften und sollten sich durch die Fahrt im Wasser selbst reinigen. Da dieses nicht der Fall war, waren diese Testbeschichtungen zuletzt im März 2017 im Dock gereinigt worden. Durch die üppige Bedeckung mit Makrobewuchs (Abb. 28, Beispiel Momentive) wurden auch diese Testbeschichtungen im Juli 2019 im unteren Drittel unter Wasser gereinigt (Abb. 29, Beispiel Momentive). Alle steuerbord-seitigen Beschichtungen konnten problemlos gereinigt werden (Abb. 30). Bei einer anschließenden, vollständigen Reinigung im Trockendock mit Wasserhochdruck zeigte sich, dass es bei einigen Beschichtungen zu Beschädigungen gekommen war, aber alle vollständig gereinigt werden konnten (Abb. 31).



Abb. 27: Antihaft-Beschichtungen auf der Steuerbordseite der „WEGA“ nach Applikation November 2015



Abb. 28: Antihaft-Beschichtung von Mumentive auf der Steuerbordseite der „WEGA“ im Juli 2019 mit Makrobewuchs aus fädigen Algen Seepocken, DG Diving



Abb. 29: Antihaft-Beschichtung von Momentive auf der „WEGA“ nach der Unterwasserreinigung, unteres Drittel Juli 2019, DG Diving



Abb. 30: Antihaft-Beschichtungen auf der „WEGA“ nach Unterwasserreinigung Juli 2019



Abb. 31: Antihaft-Beschichtungen auf der „WEGA“ Juli 2019 nach HD-Reinigung im Dock

2.3.1 Gewässerbelastung durch die Unterwasser-Reinigung der „WEGA“

Bei der WEGA lag der TOC-Wert des Hafenwassers vor der Reinigung bei 6,8 und nach der Filtration des ab gereinigten Bewuchses bei 7,3 (Tab. 3 und Abb. 32).

Tab. 3: TOC-Werte „WEGA“ in mg/l

TOC-Werte vor der Reinigung	TOC-Werte nach der Filtration
6,6	7,6
7,1	9,6
6,6	7,6
Mittelwert 6,8	9,3
	6,6
	6,8
	6,7
	6,6
	6,9
	6,5
	6,4
	6,6
	Mittelwert 7,3

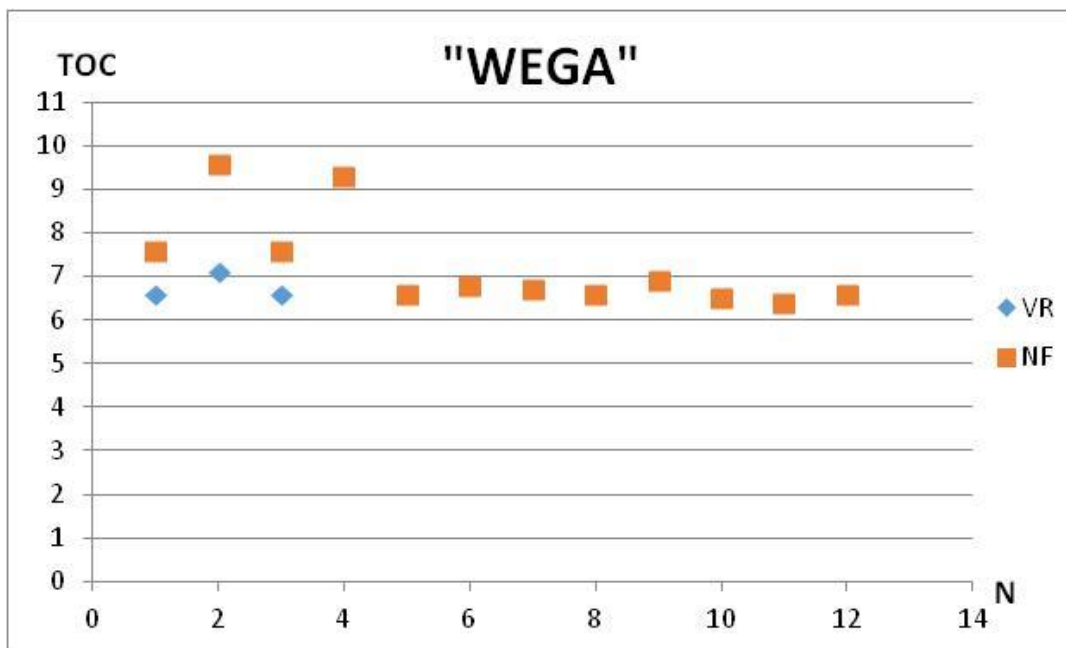


Abb. 32: TOC-Werte des Hafenwassers, Bremerhaven, Fischereihafen vor der Reinigung (VR) und nach der Unter-Wasserreinigung des Rumpfes der „WEGA“, nach Auffangen und Filtration (NF)

Die gemessenen Werte waren nach beiden Reinigungen leicht erhöht. Erstaunlich war aber, dass der Mittelwert bei beiden Schiffen gleich war, obwohl die „POLARSTERN“ kaum Bewuchs aufwies, dagegen die Testflächen der „WEGA“ sehr stark bewachsen waren.

Werden die gemessenen TOC-Werte im Hinblick auf den Anhang 30 für Werftabwässer betrachtet, liegen diese weit unter dem Grenzwert von 50 mg/l.

Um die im Hafenwasser gemessenen TOC-Werte mit dort im Sommer auftretenden TOC-Werten zu vergleichen, wurden Referenzwerte herangezogen, die auf der niedersächsischen Seite der Unterweser und der Wesermündung vom NLWKN regelmäßig erhoben werden. Diese TOC-Werte wurden mit den regelmäßig erfassten TOC-Werten des Hafenwassers verglichen werden (Tabelle 4 und Abb. 33).

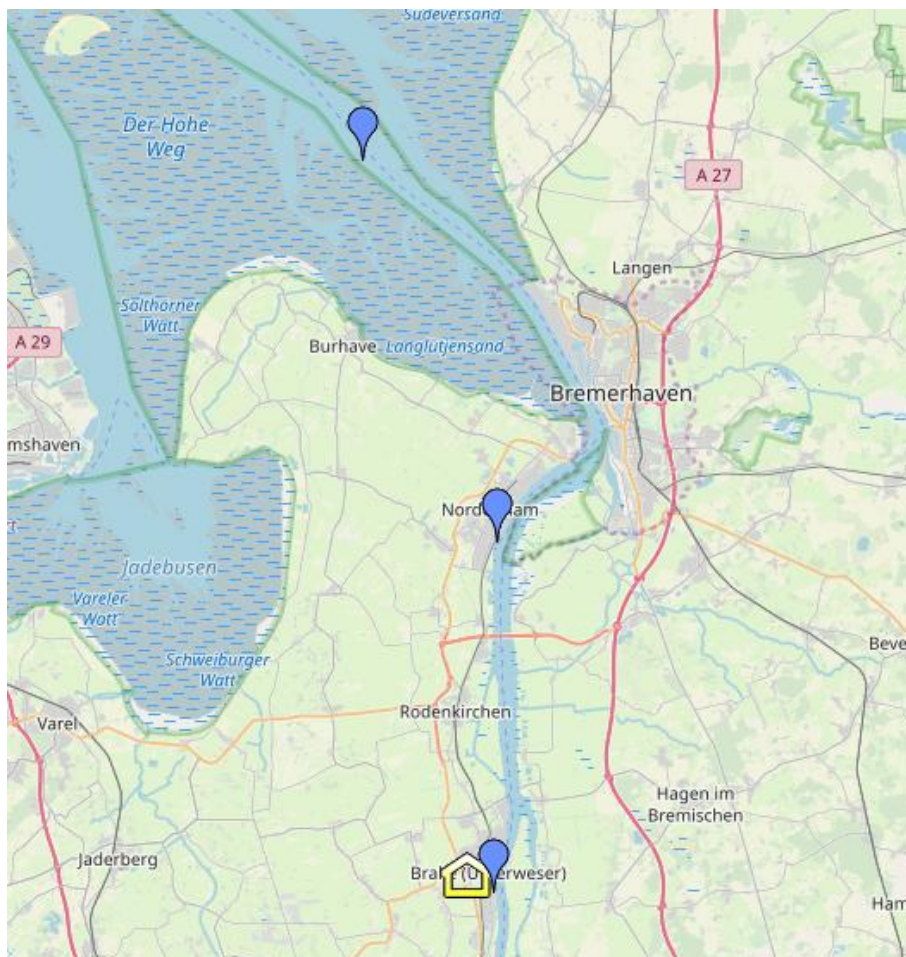


Abb. 33: Probenstandorte des NLWKN in der Unterweser und der Wesermündung, an denen u.a. der TOC-Wert regelmäßig bestimmt wird

Tab. 4: TOC- Bestimmungen des NLWKN in der Unterweser, Brake, und der Wesermündung Nordenham und Ästuar

Mess-Stellenname	Proben-Nr.	Datum der Probenahme	DOC mg/l	TOC mg/l
Weser Mündung W 1	2018-04472	17.05.2018	5,1	7,0
Weser Mündung W 1	2018-05724	14.06.2018	2,8	4,9
Weser Mündung W 1	2018-06681	12.07.2018	2,9	3,6
Weser Mündung W 1	2018-08702	19.09.2018	2,4	2,4
Gütestation Nordenham	2016-01183	20.06.2016	5,8	13
Gütestation Nordenham	2016-01457	25.07.2016	7,9	11
Gütestation Nordenham	2016-01651	15.08.2016	5,6	10
Gütestation Nordenham	2016-01964	19.09.2016	4,7	14
Gütestation Brake	2018-05434	12.06.2018	5,0	15
Gütestation Brake	2018-05987	02.07.2018	4,7	8,5
Gütestation Brake	2018-07160	01.08.2018	4,4	13
Gütestation Brake	2019-05310	15.04.2019	6,6	8,3
Gütestation Brake	2019-07025	20.05.2019	5,0	17

Im Weser-Ästuar treten in den Sommermonaten Werte zwischen 2,4 und 7,0 auf, an der Station Nordenham Werte zwischen 10 und 14, sowie an der Station in der Unterweser Brake, Werte zwischen 8,5 und 17 auf.

3 Bewuchszusammensetzung auf der „POLARSTERN“ und der „WEGA“ vor der Reinigung

Die taxonomische Bestimmung wurde durch das BSH veranlasst und vom IOW durchgeführt.

Im Gegensatz zur „WEGA“, die nur in der Nord- und Ostsee operiert, kam die „POLARSTERN“ direkt aus der Antarktis. Daher war es besonders wichtig und interessant zu prüfen, ob sich auf dem Rumpf nicht-heimische Arten angesiedelt hatten, die bei einer Reinigung in das Hafenwasser gelangen könnten, wenn der entfernte Bewuchs nicht zu 100% aufgefangen würde.

Tab. 5: Alle Arten, die auf den Rümpfen der „WEGA“ und der „POLARSTERN“ gefunden wurden

Phylum	Bestimmung Taxon	Bemerkung	Legende
Annelida	<i>Pygospio elegans</i>		Neobiota
Arthropoda	<i>Amphibalanus improvisus</i>		Gast
Arthropoda	Aoridae gen. sp.	nicht heimisch; spezialisiert darauf, sich an großen mobilen Objekten festzuheften (z. B. Wale, siehe Dalley & Crisp, 1981)	
Arthropoda	<i>Austrominius modestus</i>		
Arthropoda	<i>Conchoderma auritum</i>		
Arthropoda	Corophiidae gen. sp. juv.		
Arthropoda	<i>Gammarus salinus</i>		
Arthropoda	<i>Gammarus</i> sp.		
Arthropoda	<i>Gammarus</i> sp. juv.		
Arthropoda	<i>Jassa marmorata</i>		
Arthropoda	<i>Lepas (Anatifa) anserifera</i>		typischer "Gast" als Fouling an Schiffen, vgl. Conchoderma
Arthropoda	<i>Lepas (Anatifa) hillii</i>		typischer "Gast" als Fouling an Schiffen, vgl. Conchoderma
Arthropoda	<i>Leptocheirus pilosus</i>		
Arthropoda	<i>Monocorophium acherusicum</i>		
Arthropoda	<i>Monocorophium insidiosum</i>		
Arthropoda	Mysidae gen. sp.		
Arthropoda	<i>Neomysis integer</i>		
Arthropoda	<i>Sinelobus</i> sp. nov.		
Bryozoa	<i>Conopeum seurati</i>		
Bryozoa	<i>Einhornia crustulenta</i>		
Bryozoa	<i>Farrella repens</i>		
Chlorophyta	<i>Cladophora sericea</i>		
Chlorophyta	<i>Ulva</i> sp.		
Chlorophyta	Ulvales gen. sp.		
Cnidaria	Leptothecata indet.		
Cnidaria	<i>Obelia bidentata</i>		
Mollusca	<i>Mytilus edulis</i> agg.		
Ochrophyta	Ectocarpales gen. sp.		
Ochrophyta	Phaeophyceae gen. sp.		
Rhodophyta	Acrochaetiales gen. sp.		
Rhodophyta	<i>Ceramium</i> sp.		

Gläser	Probenahme Standort	Bootsname	Anmerkung	Datum	Bezeichnung	Taxon	Bemerkung
1	Bremerhaven	WEGA	SLR/Backbord	03.07.2019	WG 01	Austrominius modestus	C. virgatum ? Tubulär Platt
1	Bremerhaven	WEGA	SLR/Backbord	03.07.2019	WG 01	Conopeum seurati	
1	Bremerhaven	WEGA	SLR/Backbord	03.07.2019	WG 01	Sinelobus sp. nov.	
1	Bremerhaven	WEGA	SLR/Backbord	03.07.2019	WG 01	Mytilus edulis agg.	
1	Bremerhaven	WEGA	SLR/Backbord	03.07.2019	WG 01	Acrochaetiales gen. sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	SLR/Backbord	03.07.2019	WG 01	Ceramium sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	SLR/Backbord	03.07.2019	WG 01	Ectocarpales gen. sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	SLR/Backbord	03.07.2019	WG 01	Ulvaes gen. sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	SLR/Backbord	03.07.2019	WG 01	Phaeophyta/Ulvaes gen. sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 02	Austrominius modestus	C. virgatum?
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 02	Conopeum seurati	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 02	Einhornia crustulenta	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 02	Sinelobus sp. nov.	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 02	Corophiidae gen. sp. juv.	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 02	Pygospio elegans	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 02	Ceramium sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 02	Ectocarpales gen. sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 02	Cladophora sericea	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 02	Ulvaes gen. sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 02	Phaeophyta/Ulvaes gen. sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	MOM, Backbord	03.07.2019	WG 03	Amphibalanus improvisus	C. virgatum ?
1	Bremerhaven	WEGA	MOM, Backbord	03.07.2019	WG 03	Austrominius modestus	
1	Bremerhaven	WEGA	MOM, Backbord	03.07.2019	WG 03	Mytilus edulis agg.	
1	Bremerhaven	WEGA	MOM, Backbord	03.07.2019	WG 03	Conopeum seurati	
1	Bremerhaven	WEGA	MOM, Backbord	03.07.2019	WG 03	Sinelobus sp. nov.	
1	Bremerhaven	WEGA	MOM, Backbord	03.07.2019	WG 03	Monocorophium insidiosum	
1	Bremerhaven	WEGA	MOM, Backbord	03.07.2019	WG 03	Ceramium sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	MOM, Backbord	03.07.2019	WG 03	Ulvaes gen. sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 04	Austrominius modestus	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 04	Conopeum seurati	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 04	Mytilus edulis agg.	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 04	Sinelobus sp. nov.	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 04	Einhornia crustulenta	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 04	Monocorophium acherusicum	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 04	Ectocarpales gen. sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 04	Cladophora sericea	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 04	Ulvaes gen. sp.	
1	Bremerhaven	WEGA	Testfl. Steuerbord	03.07.2019	WG 04	Ceramium sp.	

Gläser	Probenahme Standort	Bootsname	Anmerkung	Datum	Bezeichnung	Taxon	Bemerkung
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Amphibalanus improvisus	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Leptothecata indet.	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Farrella repens	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Mytilidae gen. sp. juv.	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Austrominius modestus	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Ulva sp.	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Obelia bidentata	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Monocorophium insidiosum	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Corophiidae gen. sp. juv.	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Leptocheirus pilosus	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Conchoderma auritum	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Lepas (Anatifa) anserifera	
1	Bremerhaven	Polarstern	Dock	06.07.2019	PS 01	Lepas (Anatifa) hillii	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2019	PS 02	Ulva sp.	♀♀ Stücke, Praunus sp.? Planosiphon zosterifolius oder Punctaria tenuissima Ectocarpus sp.?
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2019	PS 02	Sinelobus sp. nov.	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2019	PS 02	Monocorophium insidiosum	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2019	PS 02	Jassa marmorata	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2019	PS 02	Aoridae gen. sp.	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2019	PS 02	Leptocheirus pilosus	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2019	PS 02	Gammarus salinus	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2019	PS 02	Mysidae gen. sp.	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2019	PS 02	Neomysis integer	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2018	PS 02	Ectocarpales gen. sp.	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2018	PS 02	Ectocarpales gen. sp.	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2018	PS 02	Phaeophyceae gen. sp.	
2	Bremerhaven	Polarstern	Filtrat	01.07.2018	PS 02	Ulvaes gen. sp.	
2	Bremerhaven	Polarstern	Mittelschiff	01.07.2019	PS 03	Gammarus sp. juv.	Stücke
2	Bremerhaven	Polarstern	Mittelschiff	01.07.2019	PS 03	Jassa marmorata	
2	Bremerhaven	Polarstern	Mittelschiff	01.07.2019	PS 03	Neomysis integer	
2	Bremerhaven	Polarstern	Mittelschiff	01.07.2019	PS 03	Mysidae gen. sp.	
2	Bremerhaven	Polarstern	Mittelschiff	01.07.2019	PS 03	Phaeophyceae gen. sp.	
2	Bremerhaven	Polarstern	Mittelschiff	01.07.2019	PS 03	Ectocarpus siliculosus	
2	Bremerhaven	Polarstern	Mittelschiff	01.07.2019	PS 03	Ulvaes gen. sp.	

Tab. 6: Hier sind die auf den Rümpfen der „WEGA“ und der „POLARSTERN“ aufgefundenen Bewuchsorganismen aufgelistet

In Tabelle 5 sind die auf den Rümpfen der „WEGA“ und der „POLARSTERN“ aufgefundenen Bewuchsorganismen aufgelistet nach Schiff und Entnahmeort am Rumpf, bzw. lokale Beschichtung. Die Artenbestimmung erfolgte in Proben, die direkt vor der Reinigung genommen und weiteren, die nach der Reinigung im Trockendock entnommen wurden. Bei den Testflächen auf der „WEGA“ SLR und MOM handelte es sich an der Backbordseite um abriebfeste Epoxid-Silikon-Hybride. Bei den Testflächen auf der Steuerbordseite handelte sich um verschiedene Silikonformulierungen.

Der Rumpf der „POLARSTERN“ war vollständig mit einem glasfaserverstärkten Epoxid beschichtet. Proben wurden mittschiffs direkt vor der Reinigung entnommen. Zudem wurden während der Reinigung Proben aus dem Filtrat gezogen, welches bei der Reinigung abgeschieden worden war und anschließend an Land entsorgt wurde.

In der taxonomischen Bestimmung wurde in der Tabelle 6 zwischen heimischen Arten (nicht farbig unterlegt), Neobiota (gelb unterlegt), kryptogenen Arten, also solchen mit unbekanntem Ursprung (orange unterlegt) und sogenannten Gastarten (blau unterlegt), also solchen, die zwar eingeschleppt werden, sich aber bisher in den Gewässern der Nord- und Ostsee nicht vermehren.

3.1 Neobiota

Sessile Arten, die zum festsitzenden Bewuchs gehören:

Seepocken, Cirripedier (*Amphibalanus improvisus*, seit 1868 in der Ostsee häufig, *Austrominius modestus*, seit 1960 in der Nordsee beschrieben) Beide Arten gehören daher seit Jahrzehnten zum Schiffsbewuchs in Nord- und Ostsee.

Moostierchen, Bryozoen, (*Bugulina stolonifera*, seit den sechziger Jahren in der Nordsee gefunden ; *Tricellaria inopinata*, seit ca. 2000 in der Nordsee gefunden)

Manteltiere, Tunikaten (*Styela clava*, seit 1954 in der Nordsee beschrieben)

Muscheln, Bivalvia, Pazifische Auster (*Magallana gigas*), seit den siebziger Jahren in der Nordsee beschrieben

Vagile Arten, die sich in der Bewuchsgemeinschaft frei bewegen:

Gespensterkrebse (*Caprella mutica*), seit den neunziger Jahren in der Nordsee gefunden

Krebstiere, Tanaidaceen, (*Sinelobus sp.*), Erstfund 2014 Ostsee

Plattwürmer, Platyhelminthes (*Stylochoidea indet.*) seit den zwanziger Jahren des 20. Jh. in der Nord- und Ostsee beschrieben

3.2 Kryptogene Arten

Als kryptogenen Arten, also solche deren Herkunft und Verschleppungspfad unbekannt ist, wurden folgende Organismen bestimmt:

Sessile Arten, die zum festsitzenden Bewuchs gehören:

Moostierchen, Bryozoen (*Amathia gracilis*), seit 2000 an der Nordseeküste beschrieben

Manteltiere Tunikaten, (*Botryllus schlosseri*, seit Beginn des 20. Jahrhunderts in der Nordsee beschrieben; *Diplosoma listerianum*, seit ca. 1950 in der Nordsee beschrieben; *Molgula manhattensis*, seit Beginn des 20. Jahrhunderts für die Nordsee beschrieben). Diese Arten werden auch schon seit Jahrzehnten in Makrofouling-Gemeinschaften auf Schiffsrümpfen gefunden

Vagile Arten, die sich in der Bewuchsgemeinschaft frei bewegen:

Ringelwürmer, Anneliden, (*Alitta succinea*)

Krebstiere, Amphipode (*Jassa marmorata*)

3.3 Gäste

Dieser Begriff wird für Arten verwendet, die eingeschleppt werden, sich aber „noch“ nicht in unseren Gewässern reproduzieren können.

Als Gäste wurden drei Seepockenarten, die zur Ordnung der sogenannten Entenmuscheln gehören:

Entenmuscheln, Lepadidae (*Lepas syn. Anatifa anserifera*)

Entenmuscheln, Lepadidae (*Lepas syn. Anatifa hillii*)

Entenmuscheln, Lepadidae (*Conchoderma auritum*)

Alle drei Arten sind global anzutreffen auf Treibgut, auf der Haut von Walen oder auf dem Rumpf von langsam fahrenden Schiffen. Bisher liegt ihre geografische Reproduktionsgrenze auf der Höhe der spanischen Atlantikküste, sodass sie bisher als Gäste in Nord- und Ostsee eingestuft wurden.

3.3.1 Auswertung der taxonomischen Bestimmung des Bewuchses

Bei der „POLARSTERN“ bestand die sehr günstige Situation, dass das Schiff 5 Tage nach der Reinigung gedockt wurde. Dort bestand die Möglichkeit, den Bewuchs auch auf den nicht-gereinigten Flächen insbesondere auf dem Flachboden zu beproben. Es stellte sich heraus, dass das Schiff einen Bewuchs mit zwei neobiotischen Seepockenarten aufwies, die aber in der Nord- und Ostsee schon seit mehr als 60 bzw. 100 Jahren verbreitet sind. Die auf dem Rumpf festhaftenden Entenmuscheln können sich bisher nicht in heimischen Gewässern fortpflanzen und wurden daher als Gäste eingestuft. So kann festgestellt werden, dass die „POLARSTERN“ keine neuen Neobiota nach einer nahezu direkten Fahrt aus der südlichen Hemisphäre in die Nordsee eingeschleppt hatte. Dennoch ist für die Zukunft zu empfehlen, dass das Schiff vor oder direkt bei Einlaufen in den ersten deutschen Seehafen zügig gereinigt werden sollte, um zukünftige Einschleppungen zu vermeiden.

Ähnliche Beobachtungen konnten auf der „WEGA“ gemacht werden. Dieses Schiff operiert ausschließlich in der Nord- und Ostsee. Als neobiotische Arten traten hier ebenfalls die beiden Seepockenarten *Amphibalanus improvisus* und *Austrominius modestus* auf, die wie erwähnt, seit Jahrzehnten in der Nord- und Ostsee vorkommen. Der beobachtete Bewuchs nach 2 Jahren ohne Reinigung entsprach demjenigen, der bei der vorherigen Dockung im März 2017 vorgefunden worden war

3.4 Patrouillenboot Wasserschutzpolizei Niedersachsen „W5“



Abb. 34: Patrouillenboot „W5“, WSP Niedersachsen

Das Patrouillenboot „W5“ operiert regelmäßig im ostfriesischen Wattenmeer zwischen dem Jadebusen und der Wesermündung (Abb. 28).

Heimathafen:	Bremerhaven/Wilhelmshaven
Länge:	19,80 m
Breite:	5,45 m
Tiefgang:	1,50 m
Geschwindigkeit:	17 Kn

Das Boot wechselt kontinuierlich seinen Liegeplatz zwischen Wilhelmshaven Marinehafen und Bremerhaven, Geeste

Im Januar 2021 wurde die „W5“ beidseitig im Bugbereich mit zwei 1 m breiten Streifen Overdrive beschichtet (Abb. 34, 35 und 36). Overdrive ist eine reinigungsfähige Hartbeschichtung, die aus einem Epoxid-Silikon-Hybrid besteht. Diese Beschichtung wird schon seit mehreren Jahren von der WSP-Niedersachsen auf mehreren Booten im Süß- und Brackwasser eingesetzt.



Abb. 35: „W5“ nach Applikation von Overdrive im Bugbereich



Abb. 36: Overdrive Teststreifen an backbord und steuerbord Bug auf der „W5“

Die Overdrive Beschichtung wird von Land mit dem handgeführten Reinigungsgerät „PowerBrush“ von SeaBoost gereinigt werden.

3.5 Arbeitsschiff „MÖWE“



Abb. 37: Arbeitsschiff „MÖWE“, bremenports

Das Arbeitsschiff „Möwe“ wird im Operationsbereich Bremerhavener Hafengewässern, in den abgeschleusten Bereichen in Bremerhaven: Kaiserhafen I, II, III, Osthafen, Verbindungshafen, an den Schleusen und im Fischereihafen von bremenports eingesetzt (Abb. 37).

Heimathafen:	Bremerhaven
Länge:	16,25 m
Breite:	4,50 m
Tiefgang:	0,90 m
Dienst-Geschwindigkeit:	7-8 Kn
Einsatz:	häufig
Liegeplatz:	„Bückingstrasse – Alte Banane“

Der Rumpf wurde im August 2019 an Backbord mittschiffs mit der Antihaft-Folie „Dolphin S“ von Renolit beklebt (Abb. 38). Die Testfolie soll regelmäßig mit einer Unterwasserkamera inspiziert werden, um festzustellen, ob ein Reinigungsbedarf vorhanden ist.



Abb. 38: Antihaftholie „Dolphin S“ auf der „MÖWE“ bei der Applikation August 2019

Leider wurde die Folie mechanisch so stark beschädigt, dass sie sich teilweise ablöste und 2020 entfernt werden musste.

3.6 Propeller-Reinigung

Parallel zu den Rumpfreinigungen entwickelt die Nordseetaucher GmbH ein Reinigungs- und Poliersystem für Schiffspropeller (Abb. 39). Das Reinigungssystem umfasst eine Auffangvorrichtung mit einer anschließenden Filtration des entfernten Bewuchses und etwaigen Abriebs der Bestandteile der Propeller-Legierung. In enger Absprache mit der Bremer Umweltbehörde wurden in 2020 und 2021 die Propeller zahlreicher Schiffe (Auto-Transporter, Forschungsschiffe etc.) gereinigt und die Auffang- und Filtrationsvorrichtungen optimiert. Es ist zu erwarten, dass bis zum Ende des Projekts eine genehmigungsfähige Technik zur Propeller-Reinigung und -Polierung verfügbar sein wird, die auch in anderen Häfen eingesetzt werden kann.

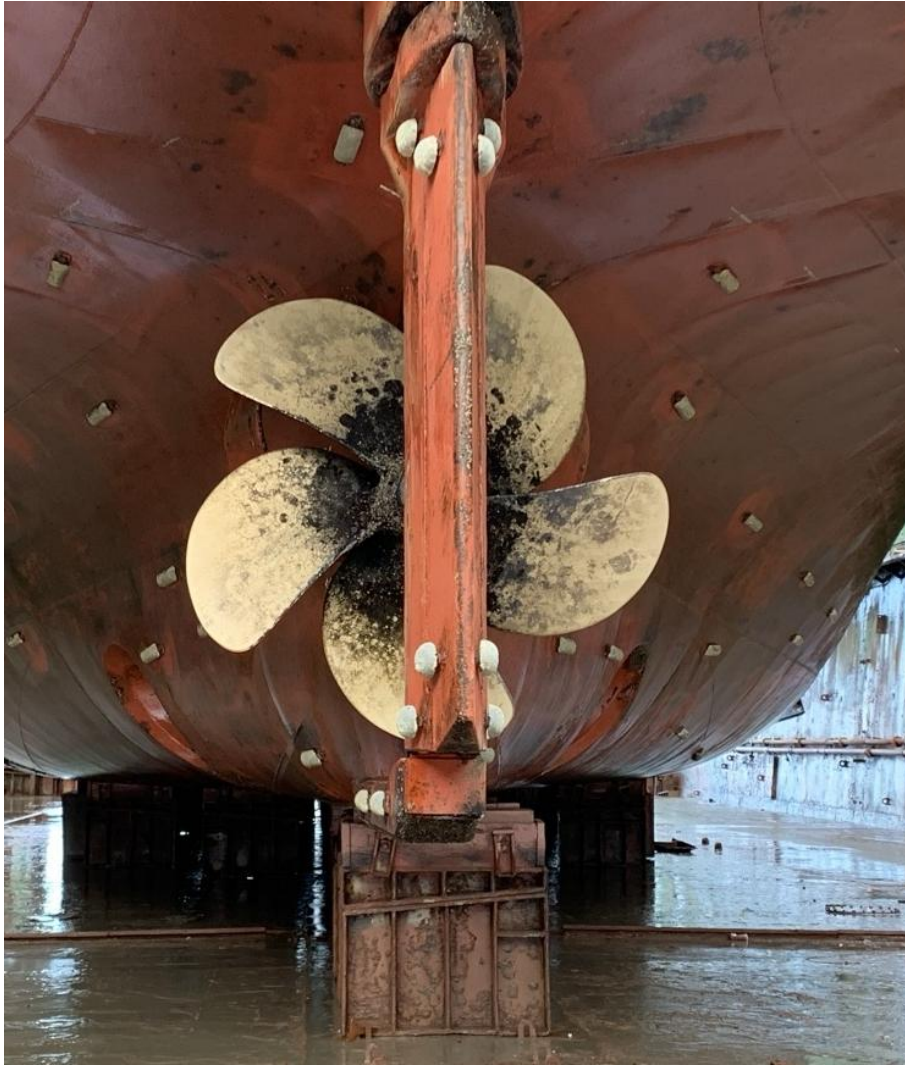


Abb. 39: Propeller der „WEGA“ im Dock, März 2021

3.7 Stahlplatte BREDO-Werft

Für kontrollierte Reinigungsversuche, bei denen der Reinigungserfolg direkt überprüft werden konnte, wurde in der BREDO-Werft eine Stahlplatte aufgehängt, die für die Kontrolle der Effektivität der Reinigungen aus dem Wasser gehoben werden konnte (Abb. 40). Die Stahlplatte wurde mit der abriebfesten, biozidfreien Beschichtung Overdrive versehen. An dieser Platte wurden kleinere Reinigungsgeräte und –Roboter getestet.

Im November 2019 konnte nach 7- monatiger Auslagerung ein Reinigungsversuch mit dem Reinigungsroboter KeelCrab One durchgeführt werden (Abb. 41). Der Bewuchs auf der Stahlplatte setzte sich zu diesem Zeitpunkt aus überwiegend größeren und kleineren Seepocken zusammen mit jeweils 3- 4 mm und 5 – 7 mm Basalplatten Durchmesser. Daneben traten Manteltiere, Nesseltiere und kurzfädige Algen auf. Der Bedeckungsgrad wurde auf 15% geschätzt (Abb. 42 und 43).



Abb. 40: Stahlplatte BREDO Werft, für Reinigungsversuche



Abb. 41: KeelCrab Reinigungsroboter



Abb. 42: Bewuchs auf Stahlplatte nach 7 Monaten Exposition an der Bredo-Werft Bremerhaven



Abb. 43: Stahlplatte nach 7 Monaten Exposition vor der Reinigung



Abb. 44: KeelCrab bei der Reinigung der Stahlplatte, November 2019



Abb. 45: Nahansicht gereinigte Fläche auf der Stahlplatte, November 2019

Der Bewuchs auf der Stahlplatte konnte mit dem Roboter „KeelCrab“ relativ zügig gereinigt werden (Abb. 44 und 45).

4 Unterwasser-Reinigung der „Gabriella“ Helsinki

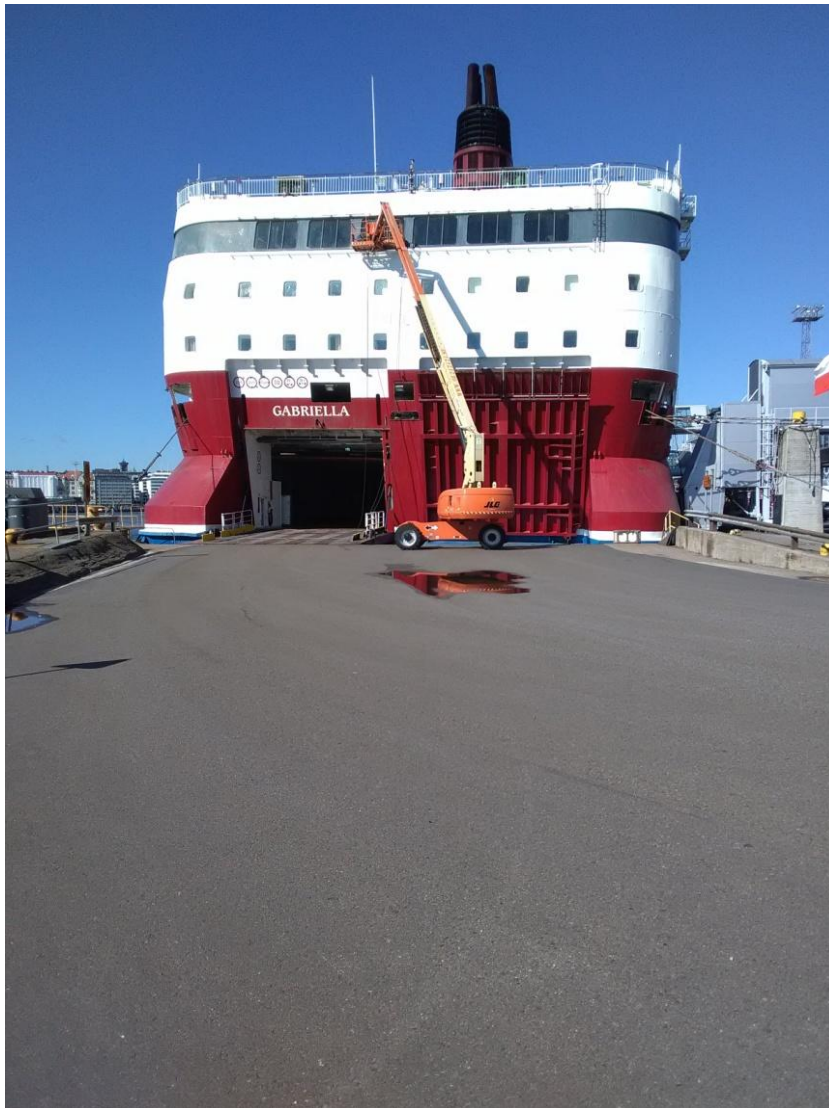


Abb. 46: Fähre „Gabriella“, VIKING Reederei im Hafen von Helsinki

Im September 2020 bot sich die Möglichkeit, an einer Rumpfreinigung von DG-Diving im Hafen von Helsinki teilzunehmen (Abb. 46). Die Reinigung erfolgte an einer Fähre der Reederei „VIKING“, die Ihre Schiffe schon seit mehreren Jahren ohne Antifouling-Beschichtungen ausrüstet und die Korrosionsschutz-Beschichtung regelmäßig durch DG-Diving reinigen lässt. Die Reinigung am 1. September 2020 erfolgte an der Fähre „Gabriella“, die in ca. zweiwöchigem Abstand in der Bewuchssaison gereinigt wird (Abb. 47). Der Rumpf dieser Fähre ist mit HEMPADUR MULTI-STRENGTH GF 35870 beschichtet eine Zwei-Komponenten Amin-Addukt gehärtete Epoxid-Beschichtung, die mit Glasfasern verstärkt ist. Sie besitzt eine Eis-Klassifizierung durch Lloyds Register. Daher würde die Reinigung in Helsinki auch dazu genutzt, Informationen über die Reinigungspraxis aus der Sicht der Reederei in Erfahrungen zu bringen. Diese Informationen flossen in die Vorbereitungen für den Film über das CLEAN-Projekt ein.



Abb. 47: Reinigung der „Gabriella“ im Hafen von Helsinki

5 Ausblick und weitere Planungen

Erstellung eines Films über die bisherigen Aktivitäten, deutsch englisch auf YouTube

Erstellung eines Ablaufschemas hinsichtlich der Anforderungen und Voraussetzungen für eine Antragstellung zur Unter-Wasser-Reinigung in Seehäfen

Überprüfung der Wirksamkeit der Filtration- und Separations-Anlagen. Mikroskopische Kontrolle von Reinigungsabwässern auf Größe und Lebensfähigkeit der Organismen, Vergleich mehrerer methodische Ansätze und Techniken,

Optimierung der Rückhaltetechnik der Rumpf- und Propeller-Reinigung

Vorbereitung einer Veranstaltung in Bremen am 14. September 2021.

6 Literatur

Gollasch, S., Nehring, S. (2006): National checklist for aquatic alien species in Germany. Aquatic Invasions (2006) Volume 1, Issue 4: 245-269.

Nehring, S., Essl, F., Rabitsch, W. (2015): Methodik der naturschutzfachlichen Invasivitätsbewertung für gebietsfremde Arten. Version 1.3, BfN-Skripten 401, 49 S.

Watermann, B. (2018): Reinigung statt Antifouling. Schiff & Hafen, 4, 18 -19.

Zettler, A., Zettler, M. (2017): Status und Verbreitung der gebietsfremden Arten (Neobiota) in den deutschen Küstengewässern der Ostsee. BfN, AWI, IOW, 46S.