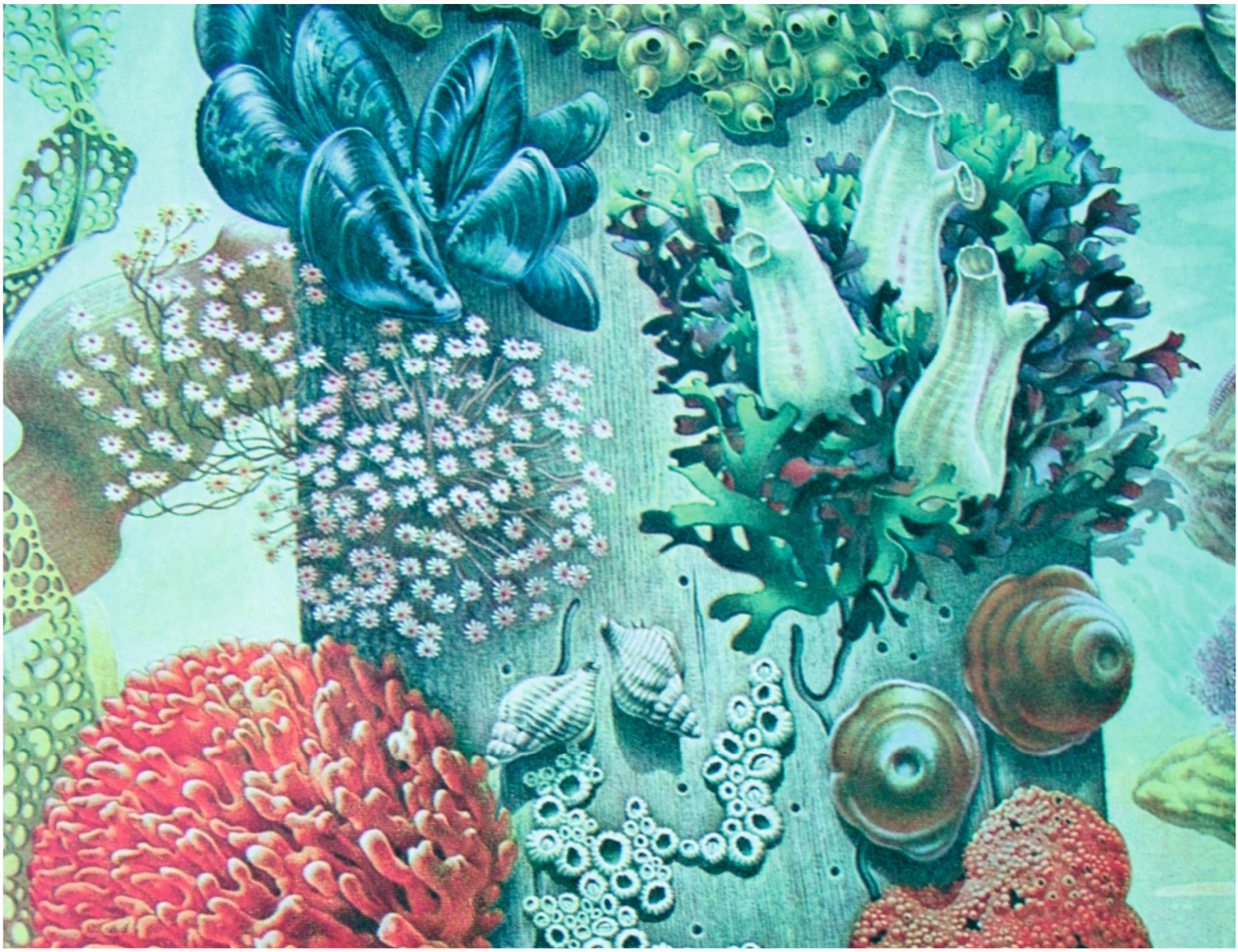

DR. BRILL + PARTNER
INSTITUT FÜR ANTIFOULING UND BIOKORROSION

Handreichung für eine umweltgerechte Ausgestaltung von Waschplätzen in küstennahen Sportboothäfen mit Best-Practice Beispielen

Autoren	Bernd Daehne & Lukas Kuhn
Laboratorium	Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Antifouling und Biokorrosion

Eingereicht am	19.06.2020

Erstellt im Auftrag des

Niedersächsischen Landesbetriebs für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

NLWKN

Dieser Bericht wurde erstellt durch:

Dr. Brill + Partner GmbH
Institut für Antifouling und Biokorrosion
Am Hafen 10
26548 Norderney

Dieser Bericht ist durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz beauftragt worden. Die Verantwortung für den Inhalt liegt allein bei den Autoren. Der Bericht gibt die Auffassung der Autoren wieder und muss nicht mit der Meinung des NLWKN übereinstimmen. Der NLWKN übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung der Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor, insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Zitiervorschlag:

Daehne, B. & L. Kuhn (2020): Handreichung für eine umweltgerechte Ausgestaltung von Waschplätzen in küstennahen Sportboothäfen mit Best-Practice Beispielen. Bericht erstellt im Auftrag des NLWKN. S. 84.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Ziel 3

2 Was ist Bewuchs? 5

3 Aktuelle Entwicklungen der Gesetzgebung zu Bioziden 12

4 Kenntnisstand Waschplätze 17

5 Bestandsaufnahme Waschplätze in Niedersachsen und Bremen .. 21

5.1 Auswahl Häfen und Waschplätze 22

5.2 Vorortbesichtigung der ausgewählten Waschplätze 24

6 Auswertung von 19 küstennahen Häfen 37

6.1 Technik stationärer Waschplatz 38

6.2 Technik mobiler Waschplätze 39

6.3 Technik Filteranlagen 40

7 Empfehlungen für eine umweltgerechte Ausgestaltung von Waschplätzen 43

7.1 Auffangwanne 43

7.2 In-situ Behandlung des Waschwassers 45

7.2.1 Filter mit Einleitung ins Gewässer 45

7.2.2 Kleinkläranlagen mit Einleitung in die Kanalisation 50

7.2.3 Entsorgung durch Entsorger 50

7.2.4 Optimierung Brauch- und Abwassermenge 50

7.2.5 Praxis-Beispiele und Kosten 51

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

8 Weitere Maßnahmen 55

9 Voraussetzung für Genehmigungen 61

9.1 Bauliche Genehmigung 63

9.2 Einleitung in die Kanalisation 63

9.3 Einleitung in ein Gewässer 64

9.3.1 Rechtliche Grundlagen 64

9.3.2 Biozid-Frachten und Stand der Technik 65

9.4 Zukünftige Regelungen 9.4 71

10 Best-Practice-Lösungsvorschläge für die Modellhäfen 73

10.1 Oldenburger YC 73

10.2 SV Norderney 74

11 Datenerfassung Schadstoffe und Mikroplastik 76

12 Literatur 78

13 Anhang 81

14 Legal Information 82

1 Einleitung und Ziel

Feste Oberflächen in aquatischen Lebensräumen, so genannte Hartböden, werden über kurz oder lang von festsitzenden, pflanzlichen und tierischen Organismen besiedelt. Dies betrifft sowohl natürliche Hartböden (Felsen, Muschelschalen, Treibholz) als auch künstliche Substrate (z. B. Schiffsrümpfe und wasserbauliche Anlagen aus Holz, Metall und Kunststoffen). Organismengesellschaften auf lebenden Substraten (z. B. Schneckengehäuse, Krebspanzer) bezeichnet man als Aufwuchs (Epibiose), auf nicht lebenden Substraten (z. B. Schiffsrümpfen) als Bewuchs (engl. Fouling).

Der Bewuchs an Unterwasserrümpfen von Schiffen verursacht dabei einen Verlust von Fahrgeschwindigkeit und sekundär auch hohe Kosten in Form von Treibstoffmehrverbrauch, Dockungskosten, Reinigungsaufwand und Bewuchsschutzmaßnahmen. Darüber hinaus stellt der Bewuchs ein Problem dar, indem er den an Schiffen und wasserbaulichen Anlagen erforderlichen Korrosionsschutz beschädigt und so die Lebensdauer der technischen Anlagen deutlich verkürzen kann. Außerdem geht mit dem Bewuchs eine Gewichtszunahme einher, die die Hydrodynamik an Schiffen und die Statik wasserbaulicher Anlagen negativ beeinflusst.

Daher werden seit vielen Jahrzehnten Schutzmaßnahmen in Form giftiger Farbanstriche ergriffen, die einerseits zwar den Bewuchs verhindern, andererseits durch den Gebrauch toxischer Verbindungen Schäden an freilebenden Meeresorganismen hervorrufen. Auf diese Weise reichern sich einige der Schadstoffe auch in der Nahrungskette an. In der jüngeren Vergangenheit gab es vor allem durch die Bearbeitung der EU-Biozidverordnung (Nr. 528/2012) für die Produktgruppe 21 „Antifoulingbiozide" eine Regulierung der erlaubten Biozidwirkstoffe mit dem Ergebnis einer deutlichen Reduzierung der zugelassenen Biozide (s. Aktuelle Entwicklungen und Gesetzgebung). Auch ältere Produkte benötigen nach der in der Umsetzung befindlichen EU-Biozid-Verordnung eine Zulassung, um weiter vertrieben werden zu können. Diese Zulassungen sind mit hohen Kosten verbunden, da neben Gebühren von rund 50.000 € für die Erstzulassung in einem EU-Mitgliedsland zusätzliche Gebühren für die Zulassung in anderen EU-Staaten und außerdem Kosten für die Erstellung bzw. den Kauf der notwendigen einzureichenden Unterlagen anfallen (Weser-ems.eu 2016). Um diese Kosten und den Eintrag von Bioziden in das Wasser vollständig zu vermeiden, entwickeln Farbfirmen in den letzten Jahren vermehrt Antifoulingbeschichtungen und -systeme, die keine bioziden Inhaltsstoffe enthalten. Für den Sportbootssektor gibt es eine aktuelle Liste unter:

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

www.limnomar.de. Hierbei konzentrieren sich die Untersuchungen nicht nur auf grundsätzliche Phänomene des Bewuchses, sondern auch auf spezifische Aspekte von technischen Umsetzungen neuer Wirkungsprinzipien, um so nachhaltigen Bewuchsschutz von Unterwasserstrukturen ohne Gefährdung von Menschen und Umwelt durch gefährliche Biozide zu erreichen.

Neben Bioziden bestehen Antifouling-Anstriche meist aus Polymeren unterschiedlicher Härtegrade, die sich ‚geplant' abwaschen. Bisher ist der Eintrag von Mikroplastik durch diese Unterwasseranstriche wenig erforscht. LORENZ et al. (2019) zufolge finden sich in Sedimenten und an der Wasseroberfläche vor Niedersachsens Küste Mikroplastik-Konzentrationen in mittlerer Größenordnung im Vergleich zu anderen Stationen der südlichen Nordsee. Zu dem Vorkommen trägt sicherlich auch die Praxis in vielen der 319 niedersächsischen Sportboothäfen bei, Waschwasser bei Reinigungsarbeiten im Herbst teilweise ungefiltert zurück ins Meer zu leiten. Besonders bei der Reinigung werden Teile der Polymere, die in den Anstrichen enthalten sind, abgelöst und gelangen so in die Umwelt (SUNDT 2014). Besonders die häufig verwendeten Weich-Antifoulings (Self-Polishing-) zeichnet eine hohe Abgabe abgelöster Polymere aus, wenn diese mit Wasser angeströmt werden (VERSCHOOR 2016). Dementsprechend stärker ausgeprägt ist dieser Effekt beim Hochdruckreinigen. Laut einer von der EU in Auftrag gegebenen Studie werden jährlich geschätzt 206- 3.438 t Polymere aus Unterwasserfarbe aus dem marinen Freizeitbereich in Europäische Gewässer eingetragen (SHERRINGTON et al. 2016). Die Folgen von Mikroplastik in der Umwelt sind noch weitestgehend unerforscht, schädliche Wirkungen nach Aufnahme sind jedoch nicht auszuschließen.

Die Reduzierung des Eintrags von Mikroplastik in die Gewässer und die Meeresumwelt ist ein Ziel der Maßnahme UZ5-09 der Europäischen Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) (Gast 2018, BMU 2016). Der Titel der Maßnahme UZ5-09 lautet „Reduzierung der Emission und des Eintrags von Mikroplastikpartikeln". Als Teil der Umsetzung der Maßnahme sollen Lösungen für die Reduzierung über unterschiedlichste Eintragspfade entwickelt werden. In der vorliegenden Handlungsanweisung werden daher anhand von zwei Beispielhäfen (Norderney und Oldenburg) praxisnahe Optionen für eine umweltgerechte Ausgestaltung von Waschplätzen in küstennahen Sportboothäfen dargestellt, mit dem Ziel den Gewässereintrag von Schadstoffen und Polymeren aus Sportboothäfen in Niedersachsen zu reduzieren. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Umweltverträglichkeit solcher Anlagen im Hinblick auf eine Vermeidung des Eintrags von Fremd- und Schadstoffen in die Gewässer. REDEKER et al. (2020) fanden in einer Umfrage unter deutschen Bootsbesitzern heraus, dass 82% der

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Teilnehmer/innen, die ihr Antifouling-Produkt benannt haben, ein biozidhaltiges und lediglich 0,4% ein biozidfreies Antifouling-Produkt verwenden. 17% hatten ihr Antifouling-Produkt nicht (ausreichend) konkret benannt.

2 Was ist Bewuchs?

Ein typischer Besiedlungsverlauf einer Bewuchsgemeinschaft lässt sich wie folgt beschreiben: Zunächst bildet sich ein makromolekularer Film aus Zucker, Eiweißen etc., der die Anheftung von Bakterienzellen begünstigt und ihnen gleichzeitig als Nahrung dient. Der Besiedlung durch Bakterien folgen Einzeller (einzellige Algen, Tiere und Pilze). Durch die von den Mikroorganismen ausgeschiedenen Stoffe entsteht ein schleimartiger Film, der so genannte Biofilm, der schnell zu einer dicken Schicht anwachsen kann und auf die Larven und Sporen von Makroorganismen eine überwiegend anziehende Wirkung ausübt. Die Sporen und Larven siedeln sich an und bilden oft dichte Aufwuchsgemeinschaften. Die Abfolge der Besiedlungssukzession lautet vereinfacht:

Organischer Film → Einzeller → Mehrzeller

Es wird vermutet, dass jede der vorhergehenden Phasen die nachfolgende stark beeinflusst, sie oftmals sogar erst ermöglicht (Abb. 1).

Zum tierischen Makrobewuchs gehören Muscheln und Seepocken. Alle Bewuchsorganismen besitzen die Fähigkeit Exkrete herzustellen, die als Klebstoff wirkend sehr effektiv die Haftung auf einem Substrat gewährleisten. Hat sich der Bewuchs erst einmal festgesetzt, breitet er sich rasch am gesamten Bootsrumpf aus. Zum pflanzlichen Makrobewuchs zählen Grün-, Rot- und Braunalgen (Süß- und Salzwasser) sowie Jochalgen (nur Süßwasser) (Tab. 1). Die Pflanzen entlassen Sporen ins Wasser, die teilweise aktiv eine Oberfläche aufsuchen können.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

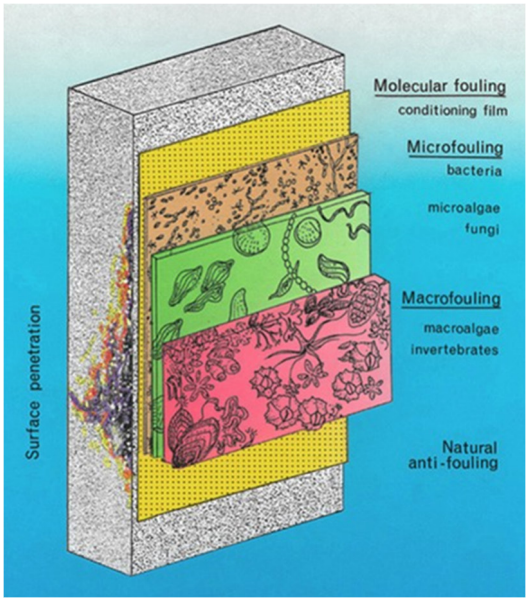

Abb. 1: Schematisierte Abfolge der Besiedlungssukzession (Quelle: DAVIES & WILLIAMSON 1955).

Die Masse und Geschwindigkeit, in der sich Bewuchs ansiedelt, ist regional und saisonal unterschiedlich. Man spricht von einem hohen Bewuchsdruck, wenn sich innerhalb kurzer Zeit ein starker Bewuchs entwickelt. Dies ist in nährstoffreichen, tropischen Gewässern ganzjährig der Fall. In den gemäßigten Breiten ist die Bewuchsentwicklung in den Wintermonaten weitgehend unterbrochen und setzt im Frühjahr mit Erreichen von ca. 10 °C Wassertemperatur wieder ein. Im Sommerhalbjahr ist der Bewuchsdruck in den gemäßigten Breiten sogar stärker als in den Tropen, da die Arten nur diese Zeit zur Verfügung haben, um sich zu reproduzieren.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Tab. 1: Die wichtigsten Bewuchsorganismen in Salz- und Süßwasser

Tierstamm	**Gruppe**	**Salzwasser**	**Süßwasser**
Porifera (Schwämme)	-	z. B. *Halichondria panicea* (Brotschwamm)	-
Cnidaria (Nesseltiere)	Hydrozoa, Generationswechsel von Polypen (sessil, koloniebildend) und frei schwimmender Meduse	z. B. *Clava multicornis* (Keulenpolyp), *Coryne pulsilla* (Kolbenpolyp), Korallen	*Cordylophora caspia* (Brackwasserpolyp), *Hydra viridis* (grüne Hydra/ Süßwasserpolyp)
	Anthozoa (Blumentiere)	z. B. *Actinia equina* (Pferdeaktinie), Seeanemonen	-
Tentaculata (Kranzfühler)	Bryozoa (Moostierchen), sessil, koloniebildend	z. B. *Electra crustulenta* (Krusten-Moostierchen), *Electra pilosa* (Zottige Seerinde)	*Plumatella* spp. (z. B. gekieltes Moostierchen)
Annelida (Ringelwürmer)	Polychaeta (Vielborster)	Sedentaria (Röhrenwürmer)	-
Mollusca (Weichtiere)	Bivalvia (Muscheln)	*Mytilus edulis* (Miesmuschel), *Crassostrea gigas* (Paz. Auster)	*Dreissena polymorpha* (Zebramuschel), Sphaerium spp.
Arthropoda (Gliedertiere)	Crustacea (Krebse)	Seepocken, Entenmuscheln	-
	Insecta	Chironomiden-Larven	die im Wasser lebenden Larven vieler Insektenarten bilden sog. Wohnröhren aus anorgan. Partikeln
Chordata	Tunicata (Manteltiere)	Ascidien (Seescheiden), solitäre Arten z. B. *Styela clava* oder koloniebildende Arten wie *Botryllus schlosseri* und *B. leachi*	-
Pflanzenstamm	**Gruppe**	**Salzwasser**	**Süßwasser**
Chlorophyta (Grünalgen)	Ulotrichales, Cladophorales, Ulvales	*Ulothrix* spp., *Cladophora* spp. (Astalge), *Ulva* spp. (Meersalat, Darmtang)	*Ulothrix* spp. (Kraushaaralge), *Cladophora* spp. (Astalge), *Chaetophora* spp. (Borstengrünalge), *Coleochaete* spp. (Schildgrünalge), *Chlorotyllum* spp. (Knotengrünalge)
Phaeophyta (Braunalgen)	Ectocarpales, Fucales	*Ectocarpus* spp. (Felsen Faseralge), *Fucus* spp. (Blasentang)	-
Rhodophyta (Rotalgen)	Ceramiales, Bangiales	*Ceramium virgatum* (Roter Horntang), *Polysiphonia* spp.,	*Bangia atropurpurea* (Mühlradalge)

		Bangia atropurpurea (Mühlradalge), *Porphyra* spp. (Purpurtang)	

Allerdings verläuft die Bewuchsentwicklung nicht in jedem Jahr gleich. Bei den Seepocken treten beispielsweise nur in einigen Jahren sehr frühe und starke Larvenfälle der Gekerbten Seepocke *Balanus crenatus* auf (Abb. 2) während sonst die an mildere Temperaturen angepasste Australische Seepocke *Austrominius modestus* dominiert.

Abb. 2: Bereits am 24. April 2009 war diese unbehandelte PVC-Referenzplatte aus dem Jahr 2008 vollständig mit einer neuen Generation von Seepocken (*Balanus crenatus*) bedeckt.

Auch der Bewuchsdruck durch Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) oder Pazifischen Austern (*Magallana gigas*) ist nicht in jedem Jahr gleich. 2018 war beispielsweise ein Jahr mit einem extrem starken Miesmuschelbewuchs (Abb. 3). Eine Ursache für diese Variation ist der Temperaturverlauf, es spielen aber auch andere Faktoren eine Rolle. Generell kann man davon ausgehen, dass es nach kalten Eiswintern zu starken Larvenfällen von Miesmuscheln und wahrscheinlich auch von Austern kommt. Die Muscheln reagieren damit auf die hohe Sterblichkeit während des Winters (HERLYN & MILLAT 2000, DE VLAS et al. 2005).

Abb. 3: 2018 waren alle Komponenten des dynamischen Prüfstands RotoMarin®, die keinen Bewuchsschutz hatten, bereits im August massiv mit Miesmuscheln besiedelt.

In einigen Jahren dominieren im Frühjahr zunächst die Algen. Dies ist insbesondere nach längeren sonnigen und windstillen Perioden der Fall. Zum Ende der Saison kann es zum massenhaften Auftreten von aufrecht wachsenden Moostierchen kommen (Bugula sp.). Aus der Gruppe der Manteltiere kann es im Spätsommer zu massenhaftem Auftreten der Mäanderseescheide *Botrylloides leachi*, der Zitronen-Seescheide *Molgula citrina* oder der eingewanderten Ostasiatischen Seescheide *Styela clava* (vgl. Abb. 5) kommen. In der Saison 2019 trat erstmals seit 20 Jahren Auslagerung die Schlauchseescheide *Ciona intestinalis* auf Testplatten auf (Abb. 4).

Abb. 4: 2019 trat erstmals seit 20 Jahren Auslagerung die Schlauchseescheide *Ciona intestinalis* auf Testplatten auf.

Durch den Gebrauch von toxischen Verbindungen zum Schutz von technischen Oberflächen vor diesen Bewuchsorganismen werden Schäden an kommerziell genutzten sowie an freilebenden Meeresorganismen hervorgerufen. Während diese Schäden bisher nur an kommerziell genutzten Arten wie z. B. Austernkulturen abgeschätzt wurden (8 Millionen französische Franc durch den Einsatz von TBT allein in 1997) werden erste Versuche unternommen, auch für freilebende Arten oder Ökosysteme Werte zu berechnen. Hierdurch können Kosten und Nutzen von Antibewuchsmaßnahmen wesentlich realitätsgerechter berechnet werden.

Der Unterschied zwischen Süß- und Salzwasserbewuchs

Aufgrund des geringen Kalziumgehalts im Süßwasser gibt es dort nur wenige Makroorganismen, die Schalen ausbilden können. Zu den wenigen gehören einige Süßwassermuscheln, darunter besonders die Zebramuschel *Dreissena polymorpha*, die sich aufgrund der zunehmend besseren Wasserqualität in den Süßwasserrevieren ausgebreitet hat. Am problematischsten aber ist im Süßwasser der Mikrobewuchs. Die Erfahrungen aus Plattentests haben gezeigt, dass sich innerhalb dieses Mikrofilms häufig Kalk inkrustierende Mikroalgen befinden, die teilweise sehr dicke, feste und krustenartige Filme bilden können.

Vergleicht man den Bedeckungsgrad von Makro- und Mikrobewuchs im Süßwasser so stellt sich häufig heraus, dass der Mikrofilm die Fläche mit 100% komplett abdeckt, während der Makrobewuchs häufig nur örtlich auf der Platte dichte Aufwuchsgemeinschaften bildet und insgesamt selten einen Bedeckungsgrad von 60% überschreitet.

Im Salzwasser spielt der Mikrobewuchs nur eine geringe Rolle. Er wird schon frühzeitig vom Makrobewuchs überdeckt. Der hohe Kalziumgehalt im Salzwasser erlaubt es vielen Makroorganismen, Kalkgerüste bzw. Kalkschalen auszubilden. Des Weiteren verfügen sie über weitaus stärkere Haftmechanismen als der Makrobewuchs im Süßwasser. Beginnen sich Seepocken, Muscheln oder Seescheiden anzusiedeln, können sie binnen kurzer Zeit sehr dichte und festsitzende Bewuchsgemeinschaften bilden (Abb. 5).

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Die Haftung des Bewuchses im Süß- und Salzwasser unterscheidet sich ebenfalls: Die marinen Makroorganismen weisen eine extreme Härte und Festigkeit auf, während der Makrobewuchs im Süßwasser im Durchschnitt nur eine geringe bis mäßige Haftung erzielt. Anders sieht es für den Mikrobewuchs aus. Im Süßwasser zeigen diese Mikrofilme häufig eine Haftung, die den Salzwasserorganismen ähnlich ist.

Abb. 5: Unterschiede in Bewuchsstärke und –zusammensetzung zwischen einem marinen Standort (links: Norderney, Nordsee 2004) und einem limnischen Standort (rechts: Duisburg, Sechs-Seen-Platte 1997).

Diese Unterschiede sind bei der Planung und Einrichtung von Waschplätzen zu berücksichtigen. In Häfen an der Küste, in den Ästuaren oder mit leichtem Zugang zum Meer (z. B. Hooksiel hinter der Schleuse) ist damit zu rechnen, dass fast ausschließlich biozidhaltige Antifoulingbeschichtungen verwendet werden. Nichtsdestotrotz kann es auch auf diesen Schiffen in Nischenbereichen der Rümpfe wie Schwertkästen, Z-Antrieben etc. zu deutlich stärkerem Bewuchs kommen als in Süßwasserrevieren. Insofern müssen Waschplätze in diesen Häfen mit der Entsorgung von Bioziden als auch mit größeren Mengen an Bewuchs umgehen können, während Häfen in Binnerevieren nur geringe Bewuchsmengen zu erwarten haben und es in Revieren mit niedrigem Bewuchsdruck wie Steinhuder Meer und Dümmer auch die Möglichkeit gibt, auf Biozide komplett zu verzichten (Abb. 6).

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Abb. 6: Minimaler Bewuchs und eine Sedimentschicht auf dem Rumpf eines Segelbootes mit einer biozidfreien Beschichtung der Firma Wohlert auf dem Dümmer am Ende der Saison 2015. Dieser Bewuchs konnte einfach mit einem Schwamm abgewischt werden.

3 Aktuelle Entwicklungen der Gesetzgebung zu Bioziden

Die ehemals gültige EU-Biozid-Richtlinie 98/8/EG ist mittlerweile durch die Biozid-Verordnung Nr. 528/2012 abgelöst worden. Zurzeit laufen im Rahmen der Verordnung in der Produktgruppe 21 „Antifoulingbeschichtungen" noch immer drei Verfahren für die Zulassung von Zinkpyrithion und freien Radikalen aus Luft oder Wasser.

Alt- und Neu-Biozide

Im Zusammenhang mit den Gesetzesänderungen besteht immer wieder Unklarheit über die Frage, welche Alt- und Neu-Biozide sich zurzeit in der Prüfung zur Zulassung befinden.

„Altwirkstoffe" sind Biozid-Wirkstoffe, die bereits vor dem 14. Mai 2000 auf dem Markt waren. Für Altwirkstoffe konnten Übergangsregelungen in Anspruch genommen werden. Biozid-Produkte mit Altwirkstoffen konnten bis zu einem bestimmten Stichtag auch ohne eine Zulassung vermarktet werden.

Bei „Neuwirkstoffen" muss das Biozid-Produkt hingegen erst über eine Zulassung verfügen, bevor es vermarktet werden darf. Seit dem Jahr 2004 wurden Unterlagen vor allem zu alten Biozid-Wirkstoffen geordnet nach Prioritäten bei den Behörden eingereicht. Diese Phase ist abgeschlossen. Die

Wirkstoff-Anträge wurden und werden von den Behörden geprüft, und im Kommissionsverfahren wird von der Europäischen Kommission und den EU-Mitgliedsstaaten über eine Aufnahme der Wirkstoffe in den Anhang der Biozid-Verordnung Nr. 528/2012 entschieden.

So lange eine Entscheidung über eine Aufnahme oder Nicht-Aufnahme noch aussteht, können Biozid-Produkte mit alten Wirkstoffen Übergangsregelungen in Anspruch nehmen. Das heißt, sie können in Deutschland ohne Zulassung unter Beibehaltung der Übergangsregelungen vermarktet werden. Bei welchen Biozid-Wirkstoffen es sich um einen Altwirkstoff handelt, können Sie in der Verordnung (EG) Nr. 1451/2007 erfahren. Dort sind im Anhang I sämtliche Biozid-Wirkstoffe als "Identifizierte alte Wirkstoffe" aufgelistet, die die Definition eines alten Biozid-Wirkstoffs erfüllen.

Nicht mehr erlaubte Wirkstoffe

Für einige von diesen Stoffen hat die Kommission bereits die Entscheidung dahingehend getroffen, dass sie nicht mehr zugelassen sind: Dies sind vor allem jene Wirkstoffe, für die keine Unterlagen für einen Antrag auf Aufnahme in die Anhänge der Richtlinie 98/8/EG eingereicht worden waren. Die Stoffe, die für die Produktgruppe 21 seit 2008 nicht mehr auf den Markt gebracht werden dürfen, sind im Folgenden aufgelistet:

- Bis[1-cyclohexyl-1,2-di(hydroxy-.kappa.O)diazeniumato(2-)]-Kupfer
- Formaldehyd
- Cetylpyridiniumchlorid, Captan, N-(trichloromethylthio)phthalimid / Folpet
- Ziram, Thiabendazole, Diuron
- Zinksulfid, Chlorthalonil, Fluometuron
- Prometryn, Schwefeldioxid, Jod
- Natriumhydrogensulfid, Di-Natriumdisulfid, Natriumsulfid
- Lignin, Kaliumsulfid, Dodecylguanidine Monohydrochlorid
- Chlortoluron, Di-Kaliumdisulfid
- (Benzothiazol-2-ylthio)methylthiocyanat
- Dimethyloctadecyl[3-(trimethoxysilyl)propyl]ammonium Chlorid

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

- 3-(4-isopropylphenyl)-1,1-dimethyl Harnstoff / Isoproturon
- Cis-4-[3-(p-tert-butylphenyl)-2-methylpropyl]-2,6-dimethylmorpholin / Fenpropimorph
- Quaternäre Ammonium Verbindungen, Benzyl-C12-18-alkyldimethyl, Chlorid
- Quaternäre Ammonium Verbindungen, Benzyl-C12-16-alkyldimethyl, Chlorid
- Quaternäre Ammonium Verbindungen, Benzyl-C12-14-alkyldimethyl, Chlorid
- Quaternäre Ammonium Verbindungen, C12-14-alkyl[(ethylphenyl)methyl]dimethyl, Chlorid
- 3-Benzo(b)thien-2-yl-5,6-dihydro-1,4,2-oxathiazin,4-oxid
- Chloromethyl n-octyl disulfid
- 4-Bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-(ethoxymethyl)-5-(trifluoromethyl)-1H-pyrrol-3-carbonitril / Chlorfenapyr
- Homopolymer eines 2-tert-butylaminoethyl methacrylate Polymer
- Oligo(2-(2-ethoxy)ethoxyethylguanidinium chlorid) Polymer
- Poly(hexamethylendiamine guanidinium chlorid) Polymer

(Quelle: https://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de)

Abgelehnte Wirkstoffe

- Cybutryn (Irgarol)

Zur Zulassung beantragte Wirkstoffe

Im Anhang II der Verordnung (EG) Nr. 1451/2007 sind die Biozid-Wirkstoffe aufgelistet, bei denen sich ein Unternehmen bereit erklärt hat, einen Antrag auf Aufnahme des Biozid-Wirkstoffes in die Anhänge der Richtlinie 98/8/EG bzw. nun Biozid-Verordnung Nr. 528/2012 zu stellen. Diese "notifizierten" Wirkstoffe sind den "Produktarten" zugeordnet, für die diese Notifizierung gilt, im Fall der Antifoulingprodukte ist das Produktgruppe 21. Damit ein Alt-Wirkstoff in biozidhaltigen Antifouling-Produkten vermarktbar sein wird, muss er in diesem Anhang II der Verordnung (EG) Nr. 1451/2007 zu finden sein. Die aktuellen Eintragungen können unter www.echa.eu eingesehen werden.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Zugelassene Wirkstoffe

Bis zum Stand 10. April 2020 wurden aus der oben genannten Liste folgende Wirkstoffe für Antifoulingbeschichtungen zugelassen, z. T. aber mit Einschränkungen (Nachfolgend der aktuelle Stand der Genehmigungen bzw. Nicht-Genehmigung der beantragten 10 Alt- und 4 Neubiozide (Tab. 2; nach REACH-Helpdesk: https://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de/de/Biozide/Wirkstoffe/Genehmigte-Wirkstoffe/Genehmigte-Wirkstoffe.html)):

Tab. 2: Zugelassene Antifoulingbiozide nach BPD

Antifouling-Produkte (Produktart 21)					
Wirkstoff	**EG-Nr.**	**CAS-Nr.**	**Aufnahme geregelt durch**	**Zeitpunkt der Genehmigung**	**Genehmigung befristet bis**
Zineb	235-180-1	12122-67-7	92/2014 (PDF-Datei, 713 KB)	01.01.2016	31.12.2025
DCOIT	264-843-8	64359-81-5	437/2014 (PDF-Datei, 328 KB)	01.01.2016	31.12.2025
Tralopyril*	nicht anwendbar	122454-29-9	1091/2014 (PDF-Datei, 325 KB)	01.04.2015	31.03.2025
Tolylfluanid	211-986-9	731-27-1	2015/419 (PDF-Datei, 1960 KB)	01.07.2016	31.12.2025
Kupferpyrithion	238-984-0	14915-37-8	2015/984 (PDF-Datei, 332 KB)	01.10.2016	31.12.2025
Medetomidin*	-	86347-14-0	2015/1731 (PDF-Datei, 336 KB)	01.01.2016	31.12.2022
Kupferflocken (beschichtet mit einem Film aus aliphatischer Säure)	231-159-6	7440-50-8	2016/1088 (PDF-Datei, 326 KB)	01.01.2018	31.12.2025
Dikupferoxid	215-270-7	1317-39-1	2016/1089 (PDF-Datei, 303 KB)	01.01.2018	31.12.2025
Kupferthiocyanat	214-183-1	1111-67-7	2016/1090 (PDF-Datei, 408 KB)	01.01.2018	31.12.2025
Dichlofluanid	214-118-7	1085-98-9	2017/796 (PDF-Datei, 329 KB)	01.11.2018	31.12.2025

*Neuwirkstoff oder Altwirkstoff, der nicht unter die Übergangsregelungen für Altwirkstoffe fällt.

Noch nicht entschieden

- Zinkpyrithion
- Freie Radikale aus der Luft
- Freie Radikale aus dem Wasser

Ergänzende Hinweise zu den Radikalen: Bei der Herstellung von bioziden Wirkstoffen unmittelbar vor Ort (*in situ)* war gemäß der alten Biozidrichtlinie (Richtlinie 98/8/EG) die ausschließliche Herstellung von Biozidwirkstoffen vor Ort ohne die biozide Vermarktung von Ausgangsstoffen (Vorläufersubstanzen/Precursor) nicht erfasst.

Mit der neuen Biozidverordnung (Verordnung (EU) Nr. 528/2012) wird einerseits die Definition des Begriffes „Biozidprodukt" erweitert, andererseits wird ausdrücklich klargestellt, dass auch die ausschließliche Verwendung von Biozidprodukten erfasst ist (Artikel 1 Absatz 2 d). Verwendung wird dabei als „alle mit einem Biozidprodukt durchgeführten Maßnahmen, einschließlich Lagerung,

Handhabung, Mischung und Anwendung, außer Maßnahmen, die zur Ausfuhr des Biozidprodukts oder der behandelten Ware aus der Union stattfinden" (Artikel 3 Absatz 1 k) definiert.

Damit fällt nun jedes vor Ort hergestellte Biozid, z. B. das aus Luft/Wasser generierte Ozon, unter die Biozidverordnung und darf nur verwendet werden, wenn die entsprechende Kombination aus Wirkstoff und Vorläufersubstanz (Precursor) auf europäischer Ebene genehmigt und das Biozidprodukt zugelassen worden ist. In der Regel sind die Inverkehrbringer der Vorläufersubstanzen von diesen Pflichten betroffen. Einzig wird auf europäischer Ebene die Vorgehensweise für das *in situ* generierte Ozon diskutiert, da in diesem Fall rechtlich der Verwender verpflichtet wäre.
Im nächsten Schritt müssen nun die Firmen, die zugelassene Wirkstoffe in einem Antifoulingprodukt einsetzen wollen, für diese Produkte ebenfalls eine Zulassung beantragen.

Im Rahmen der Revision der BRL vom November 2011 wurde festgelegt, dass es voraussichtlich ab 2020 nur noch Zulassungen durch die ECHA (European Chemicals Agency) geben wird und nicht mehr von nationalen Zulassungsbehörden, deren Entscheidungen von allen Mitgliedsländern übernommen werden müssen.

4 Kenntnisstand Waschplätze

Das Land Niedersachsen bildet mit seiner Küstenlinie an der Nordsee, den Binnengewässern Dümmer, Steinhuder und Zwischenahner Meer sowie den Flüssen Ems, Weser und Elbe inklusive ihrer Zuflüsse ein sehr gewässerreiches Bundesland. In einem Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes wurden in einer Bestandsaufnahme aller Sportbootliegeplätze in Deutschland für Niedersachsen 319 Hafenanlagen mit insgesamt 22.739 Liegeplätzen ermittelt (WATERMANN et al. 2015). Aktuelle Erkenntnisse, welche Antifoulingbeschichtungen in den unterschiedlichen Gebieten zum Einsatz kommen und wie beim Reinigen, Entschichten und Beschichten mit den meist biozidhaltigen Antifoulinganstrichen umgegangen wird, liegen nicht vor. Bodenanalysen von Hafengeländen sind bisher nicht bekannt, Wasseranalysen aus Hafenbecken liegen nur vereinzelt vor (WATERMANN et al. 2015).

Es wird geschätzt, dass in Küstenrevieren noch mindestens 98% der eingesetzten Antifoulinganstriche biozidhaltig sind und in Binnenrevieren die Zahl etwas niedriger bei ca. 95%

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

liegt. Diese Biozide gelangen beim Waschen des Unterwasserschiffes auf Waschplätzen ohne ein geeignetes Auffangsystem in die Gewässer, ohne ihren eigentlichen Zweck zum Schutz eines Bootsrumpfes vor Bewuchs erfüllt zu haben. Ein kleinerer Anteil gelangt schon während der Applikation unnötig in die Umwelt, aber das ist nicht Thema dieser Arbeit.

Die Arbeitsgruppe um Britta Eklund fand stark erhöhte Werte von Antifoulingbioziden in den Böden rund um schwedische Sportbootwerften (EKLUND et al. 2010; EKLUND & EKLUND 2014; EKLUND, JOHANSSON & YTREBERG 2014). Die schwedischen Studien legten nahe, dass der Eintrag der gemessenen Biozide nur zu einem geringeren Teil durch den gebrauchsmäßigen Einsatz im Wasser, sondern zu einem größeren Teil durch unsachgemäße Praxis in der Applikation, Entschichtung und Entsorgung auf dem Hafengelände erfolgt. SOROLDONI et al. (2017) legten den Fokus ihrer Untersuchungen in Brasilien auf die ökotoxikologischen Auswirkungen von Farbpartikeln, die durch die Unterhaltungsarbeiten an den Schiffen in die Umwelt gelangen und fanden heraus, dass Kupfer, Zink und DCOIT selbst in geringen Konzentrationen Einfluss auf die Fruchtbarkeit von Copepoden hatten. MOLINO et al. (2019) machten die gleiche Erfahrung für Häfen auf den Bermudas.

In Deutschland wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens im Auftrag des Umweltbundesamtes im Jahr 2013 Wasser aus 50 deutschen Sportboothäfen auf biozide Wirkstoffe untersucht. Dabei wurden bundesweit Belastungen mit Kupfer und organischen Bioziden nachgewiesen, die teilweise besorgniserregend hoch waren. Für das inzwischen verbotene organische Biozid Cybutryn lagen die Konzentrationen an 35 der 50 Sportboothäfen über der Umweltqualitätsnorm (UQN) von 0,0025 µg/L, die in der EU-Richtline (2013/39/EU) festgelegt ist und die als Jahresdurchschnitt nicht dauerhaft überschritten werden darf. An fünf Standorten lagen die Konzentrationen dieses prioritären Stoffes nach Wasserrahmenrichtlinie sogar über der zulässigen Höchstkonzentration der EU-Umwelt-qualitätsnorm von 0,016 µg/L, die auch einmalig nicht überschritten werden darf. Die höchste Konzentration von 0,119 µg/L wurde in einem Binnensportboothafen gemessen. Da dieser Wirkstoff allerdings in der EU seit dem 31. Januar 2017 nicht mehr verkehrsfähig ist, ist mittelfristig von einer abnehmenden Belastung auszugehen.
Die Metalle Kupfer und Zink konnten in nahezu allen Proben nachgewiesen werden. Die höchsten Gehalte wurden jeweils im Brackwasser ermittelt, mit maximal 20 µg Kupfer/L und 27 µg Zink/L - jeweils aus der filtrierten Probe. Beide Metalle werden allerdings nicht nur in Antifouling-Beschichtungen für Sportboote eingesetzt, sondern gelangen auch durch andere Anwendungen in die Umwelt. Erhöhte Konzentrationen wurden meist in relativ großen, gut abgegrenzten Marinas

gefunden. Die Gehalte berücksichtigen nicht den an Schwebstoffen gebundenen Anteil. Es ist davon auszugehen, dass der an Schwebstoffe gebundene Metallanteil mittelfristig sedimentiert und sich im Hafenboden langfristig anreichert (WATERMANN at al. 2015).

Neben den Bioziden ist aber auch ein möglicher Eintrag von Mikroplastik in die Gewässer zu berücksichtigen. WATERMANN & EKLUND (2019) haben erstmals untersucht, wie viel Mikroplastik von den geplant erodierenden Biozidfarben und von biozidfreien Hartbeschichtungen in schwedische und deutsche Gewässer abgegeben wird. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass aus konventionellen Biozidfarben 70 – 85% Plastik freigesetzt wird und aus Hartbeschichtungen nur 5%. Nicht berücksichtigt wurden in der Studie die weicheren Foul-Release Coatings mit einem höheren Silikonanteil.

Bezüglich der Waschplätze zeigt sich auch der Deutsche Seglerverband DSV aktiv und hat bereits 2009 in der Schriftenreihe eine Liste mit bestehenden Anlagen herausgegeben (DSV 2009). In der Liste wird eine käuflich erwerbbare Anlage der Firma EUROWATER Wasseraufbereitung GmbH vorgestellt sowie zum damaligen Zeitpunkt vorhandene Anlagen, die im Eigenbau erstellt worden waren, in Lübeck, Uetersen, Stößensee (Berlin) und Ammersee (Herrsching). Weitere Anlagen gab es in Berlin (6), Bremen (1) und Schleswig-Holstein (3).

In den Jahren 2014 und 2015 wurde im Auftrag des NLWKN eine Studie zur Erfassung der Antifoulingpraxis in den Sportboothäfen Niedersachsens durchgeführt (DAEHNE 2015). Dabei wurden sowohl die zuständigen Behörden als auch die Vereine mittels eines Fragebogens nach der Infrastruktur und den Gebräuchlichkeiten in den Häfen befragt. Von den 319 Vereinen, Häfen und Steganlagen in Niedersachsen lagen nach einer vorangegangenen Recherche 217 Email-Adressen vor, die angeschrieben wurden. 46 dieser 217 Vereine haben an der Befragung teilgenommen, was einem Rücklauf von 21% entspricht.

Der für die vorliegende Studie interessanteste Aspekt war die Frage an die Sportbootvereine, wo die Reinigung der Boote im Herbst erfolge. In knapp der Hälfte der Häfen mit gemachten Angaben werden die Sportboote außerhalb des Geländes gereinigt (Abb. 7). In 22 % wird auf dem offenen Hafengelände gereinigt, auf der Slipanlage und in der Halle wird nur selten (je 4 %) gereinigt.

In 24 % der Häfen werden die Boote auf Waschplätzen gereinigt, also in elf Häfen. Es ist aber völlig unklar, ob damit auch ein Auffangen und Nachbehandeln des Waschwassers verbunden ist, oder lediglich ein „Platz zum Waschen" (s. Kap. 5).

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

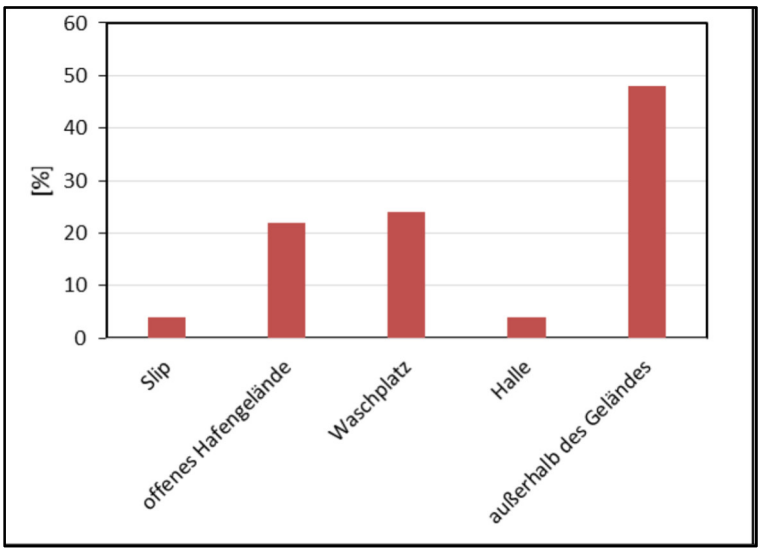

Abb. 7: Ort der Rumpfreinigung in Sportboothäfen Niedersachsens (aus DAEHNE 2015).

Alle Häfen gaben an, dass am Ende der Saison der gesamte Bootsbestand, der im Wasser war, gereinigt wird. Bei den unterschiedlich großen Häfen ergibt sich daraus ein Durchschnitt von 37 Booten. Bezieht man sich auf die Häfen mit Waschplatz, ergibt sich daraus ein Durchschnitt von 45 Booten pro Hafen. Während der Saison wird nur selten gereinigt (in 9 % der Häfen) und wenn, dann auch nur ein geringer Teil der vorhandenen Boote.

Von den 46 Vereinen/Häfen steht an elf Standorten ein Waschplatz für die Reinigung der Boote zur Verfügung (24 %). Neun davon sind mit Filtern bzw. Sedimentationsbecken ausgestattet. Zwei Häfen nutzen den Waschplatz einer benachbarten Werft. Es blieb unklar, ob dort das Abwasser behandelt wird. Die vorhandenen Waschplätze sind für die gleichzeitige Behandlung von ein bis zwei Booten ausgelegt.

In 18 Häfen (39 %) ist das Waschen mit Hochdruckreinigern erlaubt, in acht davon ohne Waschplatz. Als Ort der Reinigung ist dann oft das offene Hafengelände angegeben. Alternativ werden in acht Häfen (17 %) Schwamm, Lappen und Bürste etwa gleichgewichtig eingesetzt. Von den sieben Häfen, in denen ein Ablauf für das Oberflächenwasser vorhanden ist, steht dieser Ablauf nur in fünf Häfen in Verbindung mit einem Waschplatz.

Zum Thema „Ent- und Beschichtung der Sportboote" haben 20 Vereine keine Angaben gemacht. Von den übrigen Vereinen und Häfen wurden als Methoden Trockenschleifen (75 %), Nassschleifen (45 %) und Abziehen mit einer Klinge (60 %) angewendet. Laut Fragebögen gibt es lediglich in einem

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

größeren Hafen eine Absaugeinrichtung für das Trockenschleifen, die für ca. 150 Boote eingesetzt wird.

Zu den eingesetzten Antifoulingbeschichtungen ist festzustellen, dass bis auf eine Ausnahme kein einheitliches Produkt innerhalb eines Vereins eingesetzt wird. Ein Drittel der Häfen gab an, dass auch biozidfreie Produkte zum Einsatz kommen, und in der Hälfte der Häfen gibt es auch Sportboote ohne Antifouling, möglicherweise sind das aber nur kleine Jollen. In acht Häfen sind auch Hebeanlagen für Sportboote vorhanden, die Anzahl dazu ist jedoch unbekannt. Laut Angaben der Vereine werden in der Hälfte der Fälle diese Boote dann trotzdem mit einer Antifoulingbeschichtung versehen. Im Norderneyer Hafen gibt es derzeit zwei Hebeanlagen. Die Boote darauf sind nicht mit Antifouling gestrichen, aber die Hebeanlagen selbst haben einen Biozidanstrich (Abb. 8).

Abb. 8: Hubanlagen mit Antifoulinganstrich aus dem Norderneyer Hafen im Winterlager.

5 Bestandsaufnahme Waschplätze in Niedersachsen und Bremen

Im Fokus der vorliegenden Arbeit lagen v.a. küstennahe Sportboothäfen in Niedersachsen. Für eine Übersicht der aktuellen Ausstattung von Waschplätze wurden einige Sportboothäfen für eine nähere Betrachtung und Besichtigung exemplarisch ausgewählt.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

5.1 Auswahl Häfen und Waschplätze

Die Erfassung vorhandener Waschplätze ist nicht trivial, da diese Information für Gastlieger eines Hafens in der Regel nicht interessant ist und diese deshalb auf den Webseiten der Häfen oder im ADAC-Marinaführer nicht aufgeführt werden.

Von Watermann et al. (2015) wurde eine Gesamtanzahl von 319 Sportboothäfen in Niedersachsen identifiziert (Stand 2014). Von den damals 46 näher betrachteten Häfen, wiesen elf laut Aussage der Häfen einen Waschplatz auf. Während die damalige Arbeit sich auf ganz Niedersachsen bezog, liegt der Fokus der vorliegenden Arbeit auf küstennahen Häfen. Nur zehn der elf Häfen erfüllten dieses Kriterium und wurden daher für die weitere Betrachtung innerhalb der vorliegenden Arbeit berücksichtigt. Die Liste wurde auf Grundlage von Expertenwissen der Autoren und Recherchen um weitere neun Häfen ergänzt, so dass im Rahmen der vorliegenden Arbeit über insgesamt 19 Waschplätze in Niedersachsen Informationen gesammelt werden konnten (Tab. 3). Diese 19 Waschplätze stellen somit eine zufällige Auswahl dar, über die die Gesamtsituation an der Küste exemplarisch beschrieben wird. Die Gesamtanzahl der Häfen mit Waschanlagen an der Küste in Niedersachsen ist sicherlich noch höher. Von den Häfen in Tab. 3 wurden in einem nächsten Schritt fünf Häfen aufgesucht, um die Ausgestaltung der Waschanlage Vorort zu klären.

Zusätzlich wurden im benachbarten Bremen zwei Häfen mit Waschplätzen besichtigt, um auch deren Technik zu erfassen. Über die Qualität der Waschplätze im Hinblick auf eine Umweltentlastung wird nachfolgend bei den einzelnen Häfen berichtet.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Tab. 3: Übersicht exemplarisch ausgewählter Waschplätze in Niedersachsen und Bremen (Stand 7.11.2019)

lfd. Nr.	Ort	Marina	Beschreibung	Entsorg. Waschw.	Quelle
1	Norderney	SV Norderney	Kunststoffvlies zum Auffangen der festen Partikel	Gewässer	eigene Beobachtung
		Bootsservice de Boer	mobiler WP mit Folie	wird entsorgt	eigene Beobachtung
2	Oldenburg	Oldenburger Yachtclub	gepflasterter WP mit 2 Kammer-System und Überlauf	Gewässer	eigene Beobachtung
3	Greetsiel	Hafen Greetsiel	Slipanlage mit Auffangrinne, auch von Fischkuttern genutzt		Heinz Stolle
4	Oldersum	Schiffswerft Diedrich	Helling mit Auffangrinne, überwiegend von der Berufsschifffahrt genutzt	wird abgepumpt	eigene Beobachtung, Auskunft Jens Diedrich
5	Leezdorf	Yachtclub Norden	gepflasterter Waschplatz auf einer Folie		Heinz Stolle
6	Norddeich	Störtebeker	Beton-WP mit Kammer-System	?	eigene Beobachtung
7	Bensersiel	Harle Yachtbau	fest install. WP mit Schlammfang, Koaleszensabscheider u. Probenahmeschacht	Kanalisation	pers. Mitteilung Frank van Delden (Harle Yachtbau)
8	Langeoog	SV Langeoog	Beton-WP mit 3-Kammer-System	wird entsorgt	pers. Mitteilung Michael Agena (SV Langeoog)
9	Leer	Seglerverein Leer e.V.	Filter/Sedimentationsanlage, Wasser wird über Absetzbecken entsorgt, überwacht d. Untere Wasserbeh.	wird entsorgt	Datentabelle Häfen NDS + NRW
10	Weener	Seglerverein Weener	mobiler WP mit Folie	wird entsorgt	pers. Mitteilung Aeisso Kern (SV Weener)
11	Wilhelms-haven	Marina Cramer	Waschplatz mit nicht geklärter Ausstattung		https://marinas.info/marina/marina-cramer
12	Hooksiel	Werft Hooksiel	versiegelter Betonwaschplatz, 3 Kammern-Setzgrube, ca. 350 Boote/Jahr, Abholung 1/Jahr, 2500€ /Abholung	wird entsorgt	https://marinas.info/marina/werft-hooksiel
13	Elsfleth	Hunte Marina Elsfleth	Waschplatz mit nicht geklärter Ausstattung		https://marinas.info/marina/hunte-marina-elsfleth

lfd. Nr.	Ort	Marina	Beschreibung	Entsorg. Waschw.	Quelle
14	Ritterhude	Ver. f. W.-sport "Ritterhuder Ulen" Bremen e.V.	In Auffangbehälter gesammelt		Datentabelle Häfen NDS + NRW
15	Cuxhaven	City-Marina Cuxhaven	versiegelter Waschplatz, 2 Sedimentationsbecken (Entleerung 1 p.a.), 1 Filterbecken (Reinigung, wenn voll)	Kanalisation	https://marinas.info/marina/city-marina-cuxhaven
16	Stade	MYC-Stade	(in Satzung erwähnt)		http://www.myc-stade.com/
17	Ochtum	Delmen-horster Segelclub St. Veit E. V.	versiegelter Waschplatz, Sedimentationsbecken	Kreislauf	* "Antifoulingpraxis in Sportboothäfen" (2015)
18	Rinteln	MSC Bielefeld			* "Antifoulingpraxis in Sportboothäfen" (2015)
19	Otterndorf	SVO Otterndorf	Filter/Sedimentations-anlage		* "Antifoulingpraxis in Sportboothäfen" (2015)
	Bremen Hafen Grohn	4 Vereine	Beton-WP mit Auffangbecken und Überlauf	Kanalisation	eigene Beobachtung
	Bremen Hasenbüren	5 Vereine	Beton-WP mit 3 Kammer-System, Grobfilter, Feinfilter und anschließendem Überlauf	nach Filtration in das Gewässer	eigene Beobachtung
	Bremen Hemelingen	WSV Hemelingen e.V.			https://www.wvh-bremen.de/
	Bremer-haven	Winterlager Inselmann			

5.2 Vorortbesichtigung der ausgewählten Waschplätze

Sieben Häfen wurden aufgesucht, um sich vor Ort ein Bild von den Gegebenheiten zu machen, darunter auch der Oldenburger Yachtclub und der Seglerverein Norderney als die beiden Häfen, die sich bereit erklärt haben, exemplarisch einen Waschplatz einzurichten, der mit den

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Genehmigungsbehörden abgestimmt ist. Diese beiden Häfen werden hier zuerst vorgestellt, nachfolgend dann weitere Häfen mit bestehenden Waschplätzen.

Oldenburger Yachtclub

Der Oldenburger Yachtclub verfügt über ca. 50 Liegeplätze an der Clubanlage und etwa 30 weitere im Stadthafen. Am Clubgelände befindet sich eine Slipanlage, an deren oberer Kante eine Auffangrinne installiert ist, in der das Waschwasser aufgefangen wird, wenn die Schiffe dort gereinigt werden. Zu den anderen drei Seiten besteht keine Begrenzung. Das Waschwasser sammelt sich in zwei relativ kleinen Absetzkammern (gelb), das über einen Überlauf (rot) zur Slipbahn und damit zurück in das Gewässer gelangt (Abb. 9). Zusätzlich besteht die Problematik, dass auch das Regenwasser auf diesem Wege in den Hafen läuft und dabei die Kammern „durchspült". Es besteht keine Filtration und die Auffangkammern werden unregelmäßig geleert. Somit wird durch den Waschplatz der Eintritt des Waschwassers in das Gewässer nicht reduziert und die Feststoffe auch nur zum Teil aufgefangen.

Um die Situation im Yachthafen von Oldenburg zu verbessern, werden von den Autoren folgende Maßnahmen empfohlen:

- Erweiterung der Auffangrinne rund um den Waschplatz
- Ergänzung eines Filtersystems in den zwei Absetzkammern (s. Kap. 7.2), anschließend Rückführung des gereinigten Wassers in die Hunte.
- Abpumpen des kontaminierten Sediments aus den Absetzbecken am Ende der Waschperiode im Herbst sowie Austausch und Entsorgung der Filter.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Abb. 9: Waschplatz des Oldenburger Yachtclub 2019: In einer Rinne wird das Waschwasser aufgefangen und über dem Umweg von zwei kleinen Sickergruben (gelb) mit einem Überlauf (rot) letztlich ungefiltert in das Gewässer eingetragen.

Seglerverein Norderney

Der Seglerverein Norderney verfügt über 270 Liegeplätze, von denen die meisten für Gastlieger zur Verfügung gestellt werden. Die Anzahl der Boote, die auf Norderney für das Winterlager aus dem Wasser genommen und gereinigt werden liegt bei etwa 90. Der Verein verfügt noch nicht über einen fest installierten Waschplatz. Der Bootsservice de Boer bietet seit 2018 die Reinigung auf einem mobilen Waschplatz an (Abb. 10). Das Waschwasser wird aufgefangen und entsorgt. Die Entsorgung des Waschwassers erwies sich allerdings als schwierig, da zunächst weder die Untere Wasserbehörde noch das Klärwerk Norderney Auskunft geben konnte, wie und wo das Waschwasser zu entsorgen ist. Das Klärwerk verwies auf die Entsorgungsfirma Remondis. Diese Firma kam dann auf die Insel, um Proben aus den vier Waschwassercontainern (IBC) zu nehmen und zu analysieren. Die Analyse nach einer nicht näher genannten Vorbehandlung ergab eine Belastung mit Zink zwischen 0,1mg/L und 0,23mg/L. Die Belastung mit Kupfer lag bei allen Containern unter 0,1 mg/L. Letztendlich mussten die 1000-l IBC-Container auf das Festland verfrachtet und dort weiterverarbeitet werden (Nachweis Remondis). Die anteiligen Entsorgungskosten für die Eigner lagen pro Boot mit 8-9 Metern Länge bei 89,50€ (DE BOER mdl. Mitt.).

Abb. 10: Mobiler Waschplatz des Bootsservice de Boer auf Norderney. Das Waschwasser wird in 1000-l IBC-Containern gesammelt und auf dem Festland entsorgt.

Menge Waschwasser pro Jahr:

Für die zukünftige Dimensionierung des Waschplatzes auf Norderney ist natürlich die anfallende Menge an Waschwasser von großer Bedeutung. Leider gibt es bislang keine exakten Angaben über die Menge des Waschwassers, die bei der Reinigung eines Unterwasserschiffes anfallen. Das liegt daran, dass die Angabe bislang nicht beachtet wurde. Häufig wird zusammen mit dem Unterwasserschiff auch das Oberwerk des Schiffes abgespült, was die Bootseigner mit einem unterschiedlichen Aufwand betreiben. Bei der Firma de Boer fielen nach eigenen Angaben 2018 für das Waschen von 16 Schiffen etwa 4 m³ Waschwasser an, die entsorgt werden mussten. Hochgerechnet auf die 90 Schiffe in den Hallen und Außenanlagen des Seglervereins Norderney ergäbe sich daraus eine Menge von 22,5 m³ Waschwasser, aber diese Angabe kann nur als Annäherungswert betrachtet werden.

Auf Norderney gibt es die besondere Situation, dass neben den Booten auch die Steganlage mit biozidhaltiger Antifouling gestrichen und im Herbst aus dem Wasser genommen wird. Dadurch erhöht sich die Waschwassermenge um weitere 6 m³ (Wasserverbrauch lt. RG N-Ports 2019).

Planungen für die Ausgestaltung eines Waschplatzes:

Der Seglerverein Norderney beabsichtigt, entweder einen festen Waschplatz im Hafeninneren anzulegen oder einen mobilen Waschplatz mit mobilen oberirdischen Absetzbecken und Filtern direkt an der Pier. Sowohl eine Filter Anlage der Firma „Axon Marine Filters" als auch der Firma „HTG" (s. Kap. 7.2, Abb. 22 oben) können so konzipiert werden. Eine mobile Lösung - sofern diese denn von N-Ports genehmigt würde - hätte den praktischen Vorteil, dass der komplizierte Ablauf während des Arbeitsdienstes zum Einlagern der Steganlage nicht grundlegend geändert werden müsste.

Aus diesem Grund ist zunächst ein Kostenvoranschlag für eine mobile Axon Marine Filter-Anlage eingeholt worden (s. Kap. 7.2).

Darüber hinaus liegt ein Angebot über 7.500 € (+ MwSt., ohne Einbau) der Firma Jungenkrüger NOWEBAU-Markt für eine Anlage vergleichbar mit derjenigen in Bensersiel/Esens vor (s. u.). Dieses umfasst einen Vorschlammfang mit Ablaufseparator als Absetzbacken für den Waschplatz mit Rechteckschacht als monolithisches Unterteil (800 l), eine Kompakt-Sedimentationsanlage für normalen Schlammanfall, hydraulische Belastung: 8,8 L/s, 1150 L

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Schlammrückhaltevolumen, konisch und einen Probenahmeschacht mit 40 mm Gefällesprung und 120 mm Mulde, konisch.

Weitere Waschplätze, die besichtigt wurden:

Norddeich

In Norddeich gibt es den Yachthafen und das kleinere Yachtzentrum Störtebeker. Letzteres hat seit ca. 2005 einen Waschplatz (Abb. 11). Der Waschplatz hat seinerzeit die vorherige Helling ersetzt, auf der auch kleine Berufsschiffe (Fischkutter, Forschungsschiffe, Personenfähren) gewaschen wurden. Weitere Fakten zum Waschplatz sind den Autoren derzeit nicht bekannt.

Abb. 11: Waschplatz des Yachtzentrums Störtebeker in Norddeich.

Oldersum Schiffswerft Diedrich

In der Schiffswerft Diedrich in Oldersum an der Ems kommen die küstenoperierenden Berufsschiffe in die Werft und werden dort auch gewaschen. Sportboote werden hier nur in Ausnahmefällen bearbeitet.

Die Werft verfügt seit vielen Jahren über eine Auffangrinne, in der das Waschwasser aufgefangen, gesammelt und bei Bedarf von einem Entsorger abgepumpt wird (Abb. 12).

Abb. 12: Die Schiffswerft Diedrich in Oldersum für die küstennahe Berufsschifffahrt (oben). Das Waschwasser (hier von der FRISIA VII der AG Reederei Norden-Frisia mit biozidfreien Testflächen) sammelt sich in der Auffangrinne am rechten Bildrand (unten).

Yachthafen Grohn

Der Yachthafen Grohn am Fluss Lesum bei Bremen verfügt über einen Waschplatz mit Auffanggrube (Abb. 13). Das überlaufende Waschwasser gelangt in die Kanalisation. Die Feststoffe in der Grube wurden in den letzten 8 Jahren lediglich einmal abgepumpt (mdl. Mitt- Hafenmeister).

Abb. 13: Waschplatz im Yachthafen Grohn an der Lesum bei Bremen.

Yachthafengemeinschaft Hasenbüren

Im Yachthafen Hasenbüren sind fünf Wassersportvereine ansässig mit zusammen etwa 600 Booten. Diese Boote wie auch weitere Privatboote aus der Umgebung, die dort geslippt werden, dürfen kostenlos den bereits 1999 installierten Waschplatz (Abb. 14) nutzen.

Abb. 14: Waschplatz am Yachthafen Hasenbüren bei Bremen (Foto: Jens Klose).

Über einen Gully gelangt das Waschwasser in drei Kammern mit Überlauf (Abb. 15 links) und von dort durch ein nachgeschaltetes Druck-Filtersystem bestehend aus Grob- und Feinfilter (Abb. 15 rechts) wieder zurück in das Gewässer. Die Feststoffe aus den Sickergruben werden einmal jährlich abgepumpt und entsorgt. Die Filter mussten hingegen in den letzten fünf Jahren nur einmal ausgetauscht werden (mdl. Mitt. Hafenmeister).

Abb. 15: Drei Auffangkammern (links) und ein nachgeschaltetes Filtersystem (rechts) am Waschplatz des Yachthafens Hasenbüren bei Bremen.

Bensersiel/Esens

Seit wenigen Jahren existiert ein fest installierter Waschplatz mit Schlammfang, Koaleszensabscheider und Probenahmeschacht mit Anschluss an die Kanalisation, genehmigt von der zuständigen Unteren Wasserbehörde. Es handelt sich um eine versiegelte Betonfläche mit erhöhten Kanten, unter der Schlammfang, Koaleszenz-Abscheider und Probenahmeschacht liegen. Vor Koaleszenz-Abscheider und Schlammfang befindet sich ein Überlauf, in dem sich Schalenreste von Seepocken und Muscheln aber auch größere Farbpartikel sammeln. Dieser Überlauf liegt direkt unter dem Gitter (Abb. 16, unten rechts) und wird regelmäßig gelehrt. In vier Jahren fielen ca. 1 m^3 Muschel- und Seepockenschalen an.

Zuvor gab es seit 2004 einen mobilen Waschplatz mit der Genehmigung des Landkreises Wittmund – Bauamt – Untere Deichbehörde zur Einleitung der ca. 2 m^3 Waschwasser in die Kanalisation und Entsorgung der abgesetzten Feststoffe und Muschelreste als Sondermüll.

Abb. 16: Waschplatz Harle Yachtbau. Mitte Rechts sieht man die Zugänge zu Koaleszensabscheider, Schlammfang und Probenahmeschacht. (links IBC-Container mit Muschelresten)

Weitere Waschplätze, die nicht selbst besichtigt wurden:

Bremerhaven Inselmann

An der Westseite des Fischereihafens bietet Horst Inselmann Winterlagerplätze und seit 2019 einen Waschplatz an (Abb. 17). Die Behandlung des Waschwassers ist den Autoren derzeit nicht bekannt.

Abb. 17: Waschplatz in Bremerhaven bei Winterlager Inselmann am Fischereihafen (Foto: Heinz Stolle).

Greetsiel

Slip mit Rinne, wo auch die Fischerboote gewaschen werden.

Leezdorf

Waschplatz für einige Mitglieder des Norddeicher Yachtclub.

Cuxhaven

Die City-Marina Cuxhaven besitzt seit 2000 einen eigenen Waschplatz, auf dem jährlich ca. 300 Boote gewaschen werden. Es handelt sich um eine versiegelte Betonfläche mit erhöhten Rändern. Die erhöhten Ränder sind an einer Stelle durch eine angeschrägte Zufahrt durchbrochen. Das Reinigungswasser wird in einem Gully aufgefangen und von dort durch zwei Sedimentationsbecken und ein Filterbecken geklärt. Danach läuft das geklärte Reinigungswasser in die Kanalisation. Die Sedimentationsbecken werden einmal jährlich ausgeleert, der Filter wird bei Verschmutzung gereinigt. Einmal jährlich erfolgt eine Wartung des Waschplatzes.

Hooksiel

Auf dem Werftgelände in Hooksiel befindet sich ein Bootswaschplatz, auf dem pro Jahr ca. 350 Boote gewaschen werden. Der Waschplatz besteht aus einer versiegelten Betonoberfläche, von der das Waschwasser über einen Gully in ein Drei-Kammersystem aus Setzgruben gelangt. Das Wasser wird hier aufgefangen und nicht weitergeleitet, es gibt keinen Überlauf. Einmal pro Jahr kommt ein Tankwagen und leert die Setzgruben aus. Der Preis für die Entsorgung beläuft sich auf ca. 2500 €. Um eine Überflutung der Setzgruben durch z.B. Regen zu vermeiden, kann das ablaufende Wasser anstatt in die Setzgruben in die Kanalisation umgeleitet werden.

Darüber hinaus existiert eine kleine Aufstellung zu Waschplätzen vom Deutschen Seglerverband (DSV) aus dem Jahre 2009, in der fünf Systeme bzw. Standorte vorgestellt werden (Tab. 4).

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Tab. 4: Bootswaschplätze nach DSV (2009)

Ort/ Gewässer	Marina	Beschreibung	Kapazität / Größe	Waschwasser		Feststoffe	Kosten [€]
				Entsorgung	Menge		
NN	NN	Fertige Anlage EUROWATER-Waschwasser-Kreislaufanlage Typ 2-EFG5-FS		nach Filtration in das Gewässer		werden 1 * jährlich entsorgt	17500
Lübeck	Stettiner YC	Beton-WP mit 4 Kammer-System und Überlauf. Eimer mit Vlies hinter jedem Überlauf, um Feststoffe zu filtern.	50-60 Boote	Entsorgung durch Fachfirma	ca. 30 l/Boot	Entsorgung als Sondermüll	9000
Uetersen	WSV Uetersen	Beton-WP mit 4-Kammer-System und Überlauf	4 * 2,1m³ =8,4 m³	Entsorgung		Entsorgung	38000
Stößensee	SV Havel	Beton-WP mit Schachtring (2000) als Schlammfang-Kammer, Leichtflüssigkeitsabscheider und Überlauf	1,5 m³	Kanalisation (Mischkanal)			k.A.
Ammersee	Herrschinger SC	Teer-WP mit Schlammfang-Kammer, Leichtflüssigkeitsabscheider und Kontrollschacht		Kanalisation			10000 (1989)

6 Auswertung von 19 küstennahen Häfen

Von den ca. 320 Hafenanlagen für ca. 225.000 Sportboote in ganz Niedersachsen (WATERMANN et al. 2015) wurden in der vorliegenden Arbeit exemplarisch die Waschanlagen von 19 küstennahen Häfen näher betrachtet (vergl. Tab. 3). Vierzehn dieser Häfen verfügen über einen fest installierten Waschplatz, während zwei weitere Häfen am Ende der Saison einen mobilen Waschplatz aufbauen. Für drei Häfen liegen keine Informationen zur Ausstattung des Waschplatzes vor.

Nicht an allen der besichtigten Waschplätze wird aber auch das Waschwasser nachbehandelt. Zum Teil handelt es sich nur um Waschplätze im Sinne eines Platzes in Hafennähe, der für das Waschen von Schiffen am Ende der Saison vorgesehen ist und nur einen Abfluss hat, der das Waschwasser mehr

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

oder weniger direkt in das Gewässer zurückleitet. Eine Weiterbehandlung oder Entsorgung des Waschwassers ist nicht bei allen der betrachteten 19 Waschplätze gewährleistet.
An diesen 13 Standorten mit bekanntem Entsorgungsweg verhält es sich folgendermaßen:

- drei sind an die Kanalisation angeschlossen (Bensersiel, Bremen Yachthafen Grohn, Marina Cuxhaven)
- bei sechs weiteren wird das Waschwasser entsorgt (Langeoog, Oldersum, Leer, Hooksiel und die mobilen Anlagen auf Norderney und in Weener)
- bei drei weiteren Anlagen wird das Waschwasser in das Gewässer zurückgeleitet (Oldenburg, Norderney und Bremen Hasenbüren, dort allerdings nach vorheriger Filtration).
- eine Anlage hat ein Kreislaufsystem, sodass das gefilterte Waschwasser erneut zum Waschen benutzt wird (Ochtum).

Für die weiteren sechs Häfen konnten keine Angaben zur Behandlung ermittelt werden.

In fast allen Revieren ist das Hochdruckwaschen der Bootsrümpfe im Herbst das Mittel der Wahl bei der Reinigung. In Kiel gibt es Häfen, wo das Hochdruckwaschen bereits verboten ist (WATERMANN mdl. Mitt.). Letztlich fällt aber auch beim Waschen des Rumpfes mit Bürste und Schwamm belastetes Waschwasser an, dass Biozide und möglicherweise Polymere enthält und somit gefiltert werden muss. Ein Waschplatz wird dadurch nicht ersetzt.

6.1 Technik stationärer Waschplatz

Stationäre, sprich fest installierte Waschplätze bestehen grundsätzlich in den meisten Fällen aus einer versiegelten Betonfläche mit erhöhten Rändern (z.B. Abb. 16). Das Waschwasser wird in einem Ablauf mit grobem Sieb oder Überlauf gesammelt. Zumeist folgt hierauf ein Koaleszenz-Abscheider sowie eine oder mehrere Setzgruben (Reihenfolge veränderlich). Im Koaleszenz Abscheider wird enthaltenes Öl vom Waschwasser getrennt. Ob dies bei einem reinen Bootswaschplatz vonnöten ist, da im Normalfall kein Öl im Waschwasser enthalten sein sollte, ist nach derzeitigem Kenntnisstand fraglich. Die Setzgruben sollen dazu dienen, den Schwebe- und feinere Feststoffen Gelegenheit zu bieten, sich am Boden des Beckens abzusetzen. Einige Waschplätze sind bereits mit Filtern ausgestattet. Diese filtern Biozide sowie feinste Farbpartikel bestehend aus Polymeren größtenteils

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

heraus. Es werden entweder Druckfilter oder Filterbecken genutzt. Das Wasser wurde danach gefiltert oder ungefiltert zurück in den Hafen oder in die Kanalisation geleitet. Bei den Waschplätzen ohne zwischengeschaltete Filter ist diese Praxis als sehr problematisch zu betrachten. So gelangen gelöste Biozide und kleinste Polymere in Kläranlage und Umwelt.

Der oftmals installierte Schacht für die Probennahme blieb bei den meisten Waschplätzen ungenutzt.

6.2 Technik mobiler Waschplätze

Für viele Vereine und Marinas ist ein mobiler Bootswaschplatz attraktiv, da er nur eine kurze Zeit im Jahr genutzt wird und ansonsten weggeräumt werden kann. Nicht nur in Niedersachsen werden derzeit im Groben zwei unterschiedliche Ansätze angewendet, die beide dasselbe Ziel, das Auffangen des Waschwassers, verfolgen.

Ein Ansatz sieht eine mechanisch und chemisch stabile Folie vor, die ausgelegt und an den Rändern entweder durch Balken oder Luftkissen erhöht wird, sodass kein Waschwasser von der Folie auf den Boden gelangen kann (Abb. 18). Um die Trailer auf die Folie zu fahren wird kurzfristig ein Balken entfernt bzw. ein Luftkissen entleert.

Ein zweiter Ansatz mittels stabiler Metallwannen wird in Kap. 7.1 beschrieben. Dieser wird allerdings bislang nicht in den in der vorliegenden Studie besuchten Häfen eingesetzt.

Abb. 18: Mobiler Waschplatz aus Kunststoff der Firma Buitink Technology aus den Niederlanden.

6.3 Technik Filteranlagen

Auch die bundesweit eingesetzten Filteranlagen kann man grob in zwei Kategorien einteilen, die Ober- und die Unterirdischen. Unterirdische Anlagen sind fest verbaut und später nur sehr schwer an neue Gegebenheiten anzupassen. Allerdings nehmen sie kaum Platz weg und sind bei geeigneter Konstruktionsweise komplett energiefrei zu betreiben (Wasserfluss durch Gravitation). Oberirische Filteranlangen können sowohl fest installiert als auch mobil aufgestellt sein. Sie sind leicht zu erreichen, was die Wartung und eventuelle bauliche Veränderungen erleichtert. Je nach Konstruktion kann auch das Wechseln bzw. Reinigen der Filter deutlich einfacher sein, als bei unterirdischen Filteranlagen. Mobile Filteranlagen können zusammen mit dem Waschplatz auf- und abgebaut und bei Nichtbenutzung platzsparend eingelagert werden. Bei überirdischen Filteranlagen muss das Wasser immer durch Pumpen fortbewegt werden, d.h. sie sind nicht energiefrei.

Die eigentlichen Filter in den verschiedenen Anlagen sind sehr unterschiedlich eingesetzt. Die meisten Waschplätze besitzen nur ein oder mehrere Absetzbecken. Feinere Feststoffe und gröbere Schwebstoffe setzen sich hier hab. Gelöste Biozide sowie feine Polymere verbleiben jedoch im Wasser. Bei diesen Waschplätzen ist eine Einleitung des Waschwassers in die Kanalisation oder in Gewässer als kritisch zu betrachten. Viele Waschplätze haben den Absetzbecken einen Koaleszenz-Abscheider vor- oder nachgeschaltet, um etwaige Öle oder Treibstoffe aus dem Wasser zu filtern.

Um das Wasser effektiv von Bioziden und festen Polymeren (Mikroplastik) zu reinigen, werden richtige Filter benötigt. Hier kann man in Druckfilter und Filterbecken unterscheiden. Beim Druckfilter wird das größtenteils sedimentfreie Waschwasser aus den Absetzbecken mittels einer Pumpe durch Filtermembrane gedrückt, die Polymere und Biozide weitestgehend aufhalten (Abb. 15 rechts). Je nach Konstruktion des Filters können die Membrane gereinigt werden. Andernfalls sollten sie regelmäßig ersetzt werden, um die optimale Funktion des Filters zu gewährleisten. Der Vorteil dieser Druckfilter ist, dass sie relativ wenig Platz benötigen. Filterbecken funktionieren etwas anders. Hier fließt das Wasser nur langsam und ohne viel Druck durch die Filtermedien (Abb. 19). Als Filtermedien eignen sich zum Beispiel Fasertorf oder Kokosfaser für feine Partikel sowie Aktivkohle oder Kieselgur für gelöste Moleküle und Polymere. Bei geeigneter Konstruktion kann der Wasserfluss anstatt durch Pumpen nur durch die Schwerkraft erfolgen. Im Vergleich zu Druckfiltern benötigen Filterbecken meist mehr Platz. Auch die Menge an eingesetztem Filtermaterial ist größer. Für die Druckfilteranlage empfiehlt sich auf Grund der komplexeren Technik ein oberirdischer Einbau, die Filterbecken können

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

auch unterirdisch verbaut werden. Beide Filteranlagentypen sind geeignet, das Waschwasser so weit zu säubern, dass es zurück in Gewässer oder die Kanalisation geleitet werden kann. Viele Waschplätze haben eine Vorrichtung, die es erlaubt, Proben von dem aufgereinigten Wasser zu nehmen. Da es aber nach wie vor keine Verpflichtungen gibt, das aufgereinigte Wasser regelmäßig zu kontrollieren, sind diese meist ungenutzt. Solange es keine Regelung gibt, die vorschreibt, das gereinigte Waschwasser in regelmäßigen Abständen zu beproben, wird sich daran aller Voraussicht nach nichts ändern.

Für mobile Waschplätze gibt es die Möglichkeit, die komplette Wasseraufbereitungsanlage in einem (mobilen) Container unterzubringen (Abb. 19). Dadurch entfällt der jährliche Auf- und Abbau der Filteranlage, es müssen nur noch Leitungen zum Waschplatz und zum Ablauf gelegt werden. Je nach Anzahl der zu waschenden Boote ist ein großer Rollcontainer ausreichend.

Abb. 19: Waschwasseraufbereitungsanlage mit Filterbecken der Firma Lorsbach.
(Quelle: http://www.lorsbachconsulting.de/14007.html)

Darüber hinaus gibt es mobile Systeme, bei dem sowohl die Filteranlage als auch der Waschplatz in einem Anhänger untergebracht sind, z.B. vom französischen Hersteller CarenEcolo. Die Filteranlage ist fest im Hänger montiert, während der Waschplatz, bestehend aus einer Folie (ähnlich Buitink Abb. 18), bei Nichtbenutzung aufgerollt (Abb. 20 links) und im Hänger verstaut wird (Abb. 20 rechts).

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Abb. 20: CarenEcolo-Waschplatz aufgerollt (links) und zusammen mit dem Filtersystem im Anhänger verstaut (rechts).
(Quelle: https://www.carenecolo.fr/deutsch/)

7 Empfehlungen für eine umweltgerechte Ausgestaltung von Waschplätzen

Der Anspruch an umweltgerecht ausgestaltete Waschplätze muss sein, sämtliche umweltgefährdenden Stoffe am Eintritt in den Vorfluter oder die Kanalisation zu hindern. Bei diesen Stoffen handelt es sich um:

- zugelassene Antifoulingbiozide (s. Tab. 2),
- Mikroplastik aus den Polymeren der Beschichtungen,
- Evtl. Öle und Fette z.B. von Außenbordmotoren

Außerdem ist es erforderlich, die abgereinigte Biomasse der abgestorbenen Bewuchsorganismen nicht zurück in den Vorfluter, sondern an Land zu entsorgen. Sofern eine Vermischung mit chemischen Bestandteilen ausgeschlossen werden kann, ist ggf. eine Entsorgung als Biomüll möglich, andernfalls muss das Gemisch aus organischen und chemischen Resten als Sondermüll entsorgt werden.

7.1 Auffangwanne

Zunächst einmal wird der Waschplatz oberirdisch betrachtet und zwar dort, wo die Schiffe per Wasserhochdruck zwischen 150 und 300 bar gereinigt werden.

Bei stationären Waschplätzen muss der Boden des Waschplatzes versiegelt sein, da das ungefilterte Waschwasser sonst im Laufe der Jahre in den Beton sickert und diesen beschädigt oder gar durch den Beton in die Umwelt gelangt. Gepflasterte Oberflächen sind deshalb ungeeignet. Die erhöhten Ränder der versiegelten Fläche, verhindern, dass Waschwasser auf nicht versiegelte Flächen neben dem Waschplatz läuft. Zusammen mit der Versiegelung sorgen sie dafür, dass das aufgefangene Wasser in den vorgesehenen Ablauf gelangt. Es ist jedoch zu beachten, dass für die erleichterte Handhabung der Trailer eine flachere Rampe in diesen Rand eingelassen werden sollte. Im Ablauf, wo das Wasser gesammelt wird, werden entweder durch ein Sieb oder einen Überlauf große Feststoffe herausgesiebt, damit diese im weiteren Verlauf die Leitungen und Filter nicht verstopfen. Die weitere

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Reinigung erfolgt meist in unterirdischen Gruben, durch die das Wasser auf Grund eines Gefälles selbständig fließt.
In Anlehnung an Helmut van Veen, Umweltbeauftragter des Landesverbands Motorsportboot Niedersachsen e.V. von 2017, werden folgende technische Anforderungen an einen stationären Bootswaschplatz empfohlen. So soll die Betonwanne ein Gefälle von 2% zum Ablauf aufweisen mit einem anschließenden mit Abfluss über eine Rinne oder einen Schacht. Der Beton soll eine Qualität nach DIN 1045 aufweisen.

Für mobile Waschwannen mit Folien wird auf die Erläuterungen in Kapitel 6.2 verwiesen. Alternativ können auch mobile Metallwannen eingesetzt werden. Als Beispiel sei der stabile Ansatz der Firma Lorsbach Consulting genannt, der für LKW und PKW entwickelt wurde, inzwischen aber auch schon für Boote genutzt wird. Eine Anlage besteht aus mehreren Metallwannen in Modulbauweise, die – zusammengeschraubt - eine Fläche in der gewünschten Größe ergeben. Über eine Rampe werden die zu waschenden Boote auf Gitter geschoben (Abb. 21). Das Waschwasser wird in den Metallwannen aufgefangen und mit einer Pumpe einer Filteranlage zugeführt. Grober Schmutz wird von den Gittern aufgefangen. Am Abfluss der Wannen in ein Filtersystem ist ein Grobfilter vorgeschaltet. Der aufgefangene Bewuchs auf den Gittern und in den Wannen muss entsprechend des niedersächsischen Abfallgesetzes (NAbfG) entsorgt werden (s.o). Gegebenenfalls kann er nach einer optischen Kontrolle auf etwaige grobe Farbpartikel als organische Substanz über den Biomüll entsorgt werden. Dies ist mit dem zuständigen Abfallentsorgungsbetrieb zu klären.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Abb. 21: Mobiler Waschplatz aus Metall der Firma Lorsbach Consulting

7.2 In-situ Behandlung des Waschwassers

7.2.1 Filter mit Einleitung ins Gewässer

Nachdem das Waschwasser mit dem abgewaschenen Bewuchs und ggfs. Farbpartikeln über den Abfluss der Auffangwanne abgeleitet wurde, kann es je nach Größe der Anlage zwei bis vier Auffang- und Absetzbecken durchlaufen. Ein prinzipielles Beispiel dafür ist in Abbildung 22 gegeben.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

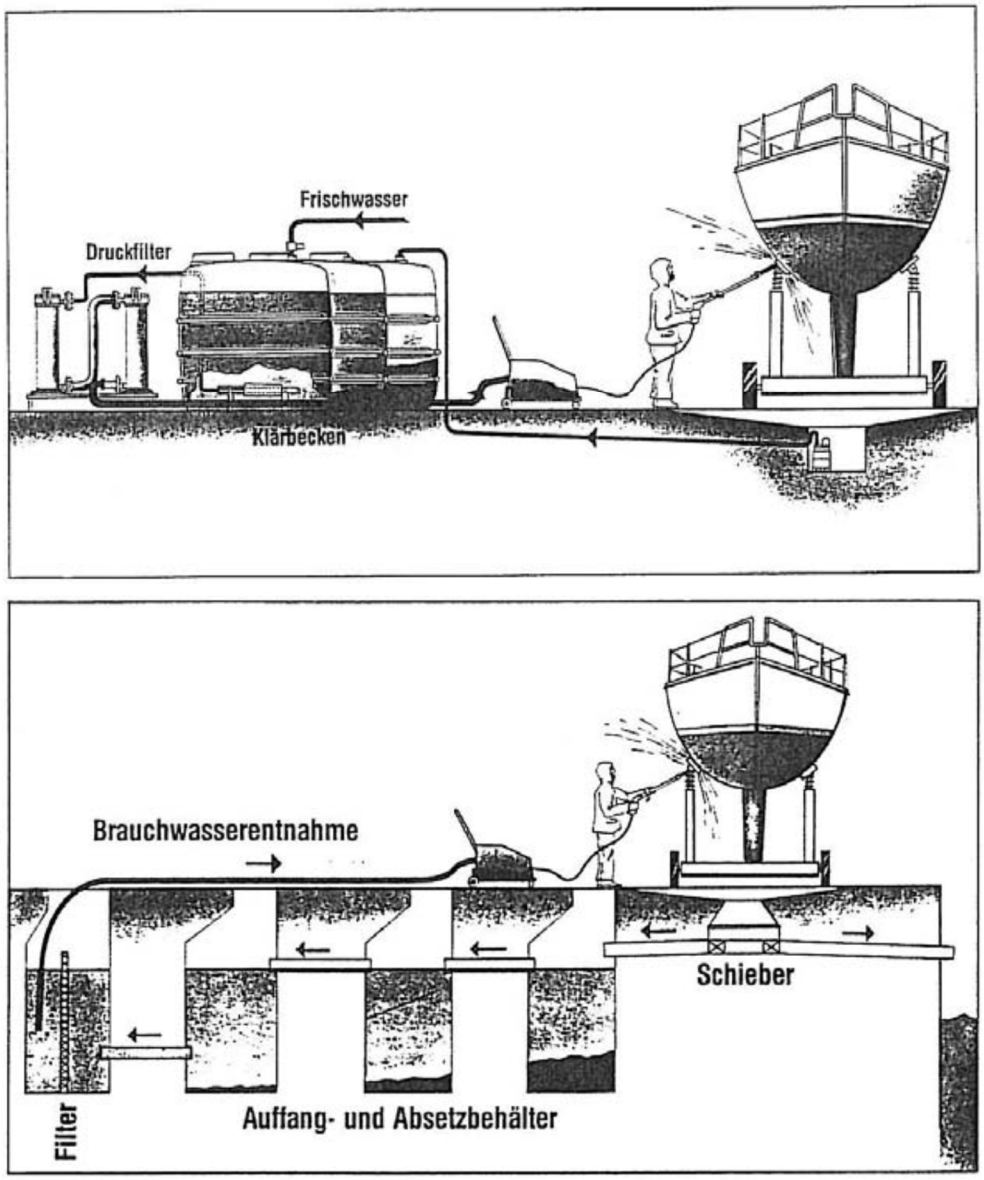

Abb. 22: ———Waschplatz-Systeme mit oberirdischen Abwassertanks (oben) und mit unterirdischen Auffang- und Absetzbecken (unten) (Quelle: www.htg-online.de).

In der vorliegenden Arbeit ist zu unterscheiden zwischen den Küstengewässern mir starkem Bewuchsvorkommen und bewuchsschwachen Binnengewässern. Darüber hinaus ist zu beachten, dass es Hafenstandorte gibt, an denen keine Kanalisation vorliegt, wie beispielsweise auf Wangerooge (ZOEKE mdl. Mitt.). Das bedeutet, dass das Waschwasser so sehr gereinigt werden muss, dass eine Rückführung in den Vorfluter möglich ist.

Dies kann nicht mit Absetzbecken erreicht werden, sondern nur über Filteranlagen. Aus diesem Grund werden gegenüber der Skizze in Abbildung 22 folgende Modifikationen empfohlen:

In bewuchsschwachen Süßgewässern (Dümmer, Steinhuder Meer) sind keine, in bewuchsstärkeren Süßgewässern maximal ein Absetzbecken mit Grobfilter notwendig. Mikroplastik und Antifoulingbiozide werden stattdessen z.B. mit einem Filter zurückgehalten. Als Beispiel sei hier der „Marine Filter" der schwedischen Firma Axon genannt. Mit diesem System bestehend aus einem Torfmoosfilter und einem Aktivkohlefilter ist es möglich, auch hohe Gehalte an Antifoulingbioziden auf niedrigste Werte deutlich unterhalb der Grenzwerte zu reduzieren (Tab. 5, Abb. 23). Außerdem werden mit diesem System gröbere Farbpartikel und auch Öl aufgefangen (www.summitgreentech.com).

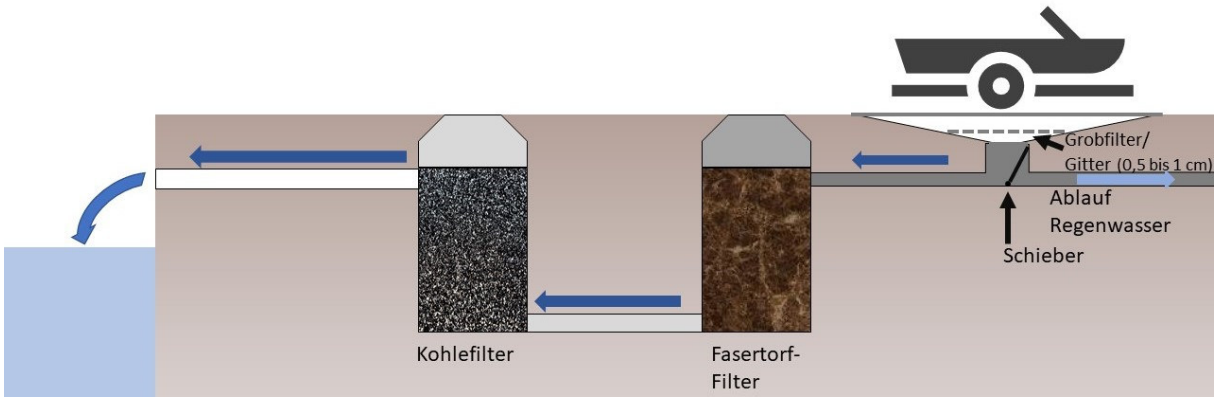

Abb. 23: Waschplatz für Süßwasserstandorte mit geringem Bewuchs- und Sedimentvorkommen: Grobfilter mit anschließenden Axon Marine Filter System bestehend aus Torffaserfilter und Aktivkohlefilter.

Tab. 5: Gehalte mit den Antifoulingbioziden TBT, Irgarol (beide inzwischen verboten) sowie Kupfer und Zink im schwedischen Hafen Svinninge Marina vor dem Filter, nach der ersten Filterstufe mit einem Fasertorf und nach der zweiten Filterstufe mit einem Aktivkohlefilter. Die Werte wurden nach der Reinigung von 450 Booten erhoben (Quelle: Axon Marine Filter).

Parameter	Ungefiltertes Wasser	Nach Torfmoos	Nach Aktivkohle	Grenzwerte (HAoV 2012)
TBT [ng/L]	690	210	<20	200
Irgarol [µg/L]	1,1	1,4	<0,050	0,8
Cu [mg/L]	5,540	0,246	0,004	0,8
Zn [mg/L]	8,340	1,180	0,185	2,0

An den Küstenstandorten mit starkem Bewuchs ist mit einem hohen Anteil an organischem Material zu rechnen. Hier empfiehlt es sich, vor die Filter je nach Hafengröße, Bewuchsmenge und Wassertrübung evtl. ein bis zwei Absetzbecken mit einer Grobfilterkaskade zu schalten. Vor den Abfluss in das erste Becken wäre ein Gitter mit einer Maschenweite von 1-2 cm zu installieren, um den größeren Bewuchs durch Miesmuscheln, Seescheiden und Algen aufzufangen, bevor er in das Becken gelangt. Dieser abgestorbene Bewuchs muss entsprechend des niedersächsischen Abfallgesetzes (NAbfG) entsorgt werden (Verbot der Wiedereinbringung ins Gewässer nach WHG §8 und §9). Informationen wie dies zu erfolgen hat, erteilen z.B. die zuständigen Abfallentsorgungsbetriebe. Sie können darüber Auskunft geben, ob eine Entsorgung nach optischer Kontrolle auf etwaige Farbpartikel über die Biotonne möglich ist, z.B. bei geringen Mengen. Eine Entsorgung dieser Stoffe im Küstengewässer ist verboten (Wasserhaushaltsgesetz, §45, Absatz 1, Einbringung fester Stoffe in ein Küstengewässer).

Im ersten Absetzbecken sammeln sich dann feinere Bewuchsorganismen- und -fragmente sowie etwaige abgelöste Farbpartikel. Dementsprechend muss die Größe dieses Beckens kalkuliert werden. Am Überlauf zum zweiten Becken sollte ein Niro-Grobfilter (Maschenweite 0,5 mm) installiert werden, der sowohl Farb- als auch Bewuchspartikel zurückhält. Der Filter muss gut zugänglich sein und regelmäßig gereinigt werden können. Das abgesetzte Material in diesem Becken muss bei Bedarf, spätestens aber nach Ende der Reinigungssaison im Oktober als Sondermüll entsorgt werden.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Bei größeren Häfen können ein zweites und auch ein drittes Absetzbecken mit kaskadenartig kleiner werden Filtern (3 mm – 1 mm) notwendig sein. Danach folgt ein Filtersystem mit Aktivkohle und Fasertorf gemäß „Axon Marine Filter"-System (Abb. 24).

Anstelle der ersten Kammer kann auch ein Lochgitter über eine Betonwanne analog zum mobilen System der Firma Lorsbach (s.u.) installiert werden.

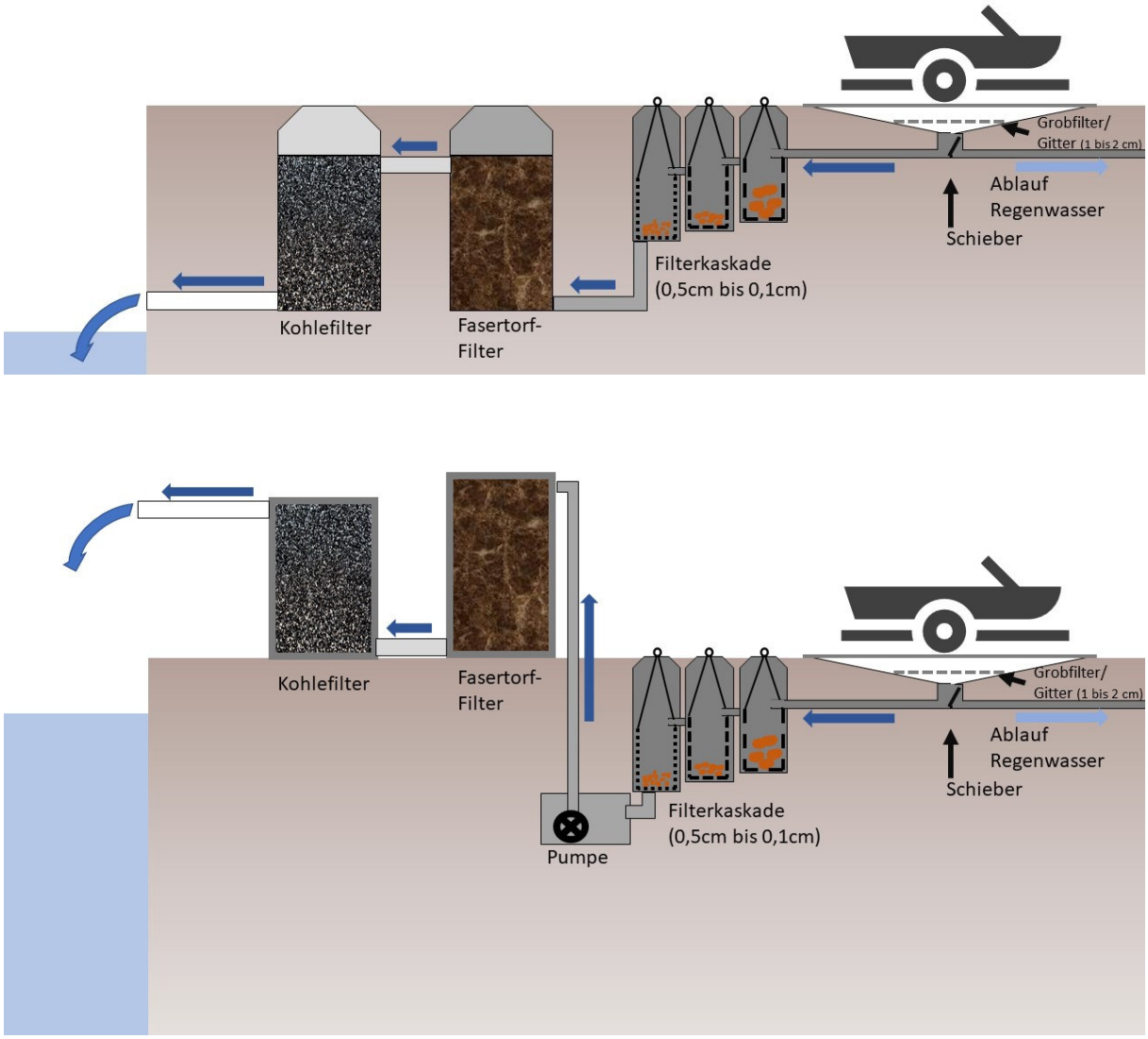

Abb. 24: Waschplatz für Küstenstandorte mit starkem Bewuchs- und Sedimentvorkommen: Grobfilter, 2-3 Absetzbecken mit Filterkaskade und anschließendem Filter System bestehend aus Torffaserfilter und Aktivkohlefilter gemäß Axon.

7.2.2 Kleinkläranlagen mit Einleitung in die Kanalisation

Aus Sicht der Autoren besteht hier das Risiko, dass bei einer Einleitung des zwar geklärten, aber ungefilterten Waschwassers in die Kanalisation die Konzentration der Inhaltsstoffe des Waschwassers nicht bekannt sind. Ob und wie viel der Biozide und des Mikroplastiks in der Kläranlage herausgefiltert werden können, ist den Autoren nicht bekannt. Es besteht das Risiko, dass die Mikroorganismen, die für den Betrieb der Kläranlage unerlässlich sind, durch Antifouling-Biozide in Mitleidenschaft gezogen werden. Ein weiterer Nachteil der Nutzung von Kleinkläranlagen ist, dass alle Waschplätze stationär und in der Nähe einer Kanalisation liegen müssen. Letzteres ist in Niedersachsen in einigen der Häfen nicht gegeben, z.B. insbesondere einigen Inselhäfen.

Aus diesen Gründen werden für Niedersachsen Kleinkläranlagen für die Reinigung von mit Bioziden verunreinigtem Waschwasser nicht empfohlen.

7.2.3 Entsorgung durch Entsorger

In einigen wenigen Häfen ist es Praxis, das Waschwasser zu sammeln und dann durch einen Entsorgungsunternehmen entsorgen zu lassen. Für Details wird auf das Praxisbeispiel im Kapitel 7.2.5. verwiesen.

Dieses Verfahren wird aufgrund der hohen Kosten nicht empfohlen, sofern Alternativen möglich sind.

7.2.4 Optimierung Brauch- und Abwassermenge

An größeren Häfen ist die Installation eines Umlaufverfahrens zur Reduzierung der Brauch- und Abwassermenge überlegenswert. Es ist dabei allerdings zwingend erforderlich, das Waschwasser hinter der letzten Filtrationsstufe zu verwenden, wie beispielsweise bei HTG-Online (Abb. 20) oder der fertigen Anlage EUROWATER Waschwasser-Kreislaufanlage Typ 2-EFG5-FS (siehe DSV 2009). Andernfalls würde die hohe Menge an Sedimentauflage auf den Schiffsrümpfen den Hochdruck-reiniger in sehr kurzer Zeit außer Betrieb setzen (siehe Abb. 25).

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Abb. 25: Ungewaschener Bootsrumpf nach ca. drei Monaten im Wattenmeer mit einer mächtigen Schlickauflage, die bei Kreislaufsystemen zu Schwierigkeiten in den Pumpen der Hochdruckwaschgeräte führen kann.

7.2.5 Praxis-Beispiele und Kosten

Axon Marine Filter

Der bereits oben erwähnte Axon Marine Filter ist ein 2-stufiger Filter der Firma Axon aus Schweden (http://www.summitgreentech.com/axon-marine-filter). Das System reinigt Bootswaschwasser so gut, dass es in Schweden wieder in die Gewässer geleitet werden darf. Den Filterstufen vorgeschaltet ist ein Absetzbecken für groben Schmutz. Die erste Stufe des Filters besteht aus hydrophobem Fasertorf, der neben Öl, Benzin und anderen hydrophoben Bestandteilen einen Großteil der im Waschwasser enthaltenen (Schwer-)Metalle herausfiltert. Das ist notwendig, da die Öle und Fette im weiteren Verlauf die Poren der Aktivkohle in Stufe 2 zusetzen würden und deshalb durch den Fasertorf zuerst herausgefiltert werden müssen. Die zweite Stufe besteht dann aus besagter Aktivkohle, welche auf Grund ihrer porösen Struktur beinahe alle noch im Wasser befindlichen Schadstoffe (hauptsächlich Kohlenwasserstoffe) herausfiltert. Vor, zwischen und nach den Filterstufen wird das Wasser zusätzlich durch ein sehr feines Metallsieb geleitet um Feststoffpartikel sowie Rückstände des Filtermaterials aufzufangen.

Der Hersteller gibt an, dass mit 240 L Fasertorf und 150 L Aktivkohle als Filtermaterial 250 Boote gewaschen werden können, bevor der Filter gewechselt werden muss. Da die Filter den Eintrag von Schadstoffen in die Umwelt deutlich reduzieren können (Gesamtreduktion Kupfer: 99,9%; Gesamtreduktion Zink 97,8%) und sie aus nicht umweltgefährdenden Materialen bestehen (Fasertorf + Aktivkohle), entsprechen sie dem Stand der Technik. Aufgrund der hohen Reinigungsleistung ist

das Verfahren aus Sicht der Autoren geeignet, um das Waschwasser nach der Reinigung in das Gewässer zurückzuleiten.

Eine solche Axon Marine Filter-Anlage inkl. Aktivkohlefilter und Pumpen gibt es in der Standardausführung ab 15.970 € exkl. MwSt., Gehäuse, Zoll, Versand und Montage zu kaufen. Die käuflich erwerbbare Anlage ist stationär.

Mobile Anlage CarenEcolo

Der französische Hersteller CarenEcolo hat ein mobiles System entwickelt, bei dem sowohl die Filteranlage als auch der Waschplatz in einem Anhänger untergebracht sind (https://www.carenecolo.fr/deutsch/). Die siebenstufige Filteranlage ist fest im Hänger montiert, während der Waschplatz, bestehend aus einer Folie, bei Nichtbenutzung aufgerollt und im Hänger verstaut wird (s. Kap. 6.3). Es liegen keine Daten zur Filterleistung vor. Trotzdem gehen die Autoren aufgrund der ausgereiften Technik der Filteranlage davon aus, dass das Waschwasser nach der Filtration ausreichend gereinigt ist, um in das Gewässer zurückgeleitet werden zu können.

Die Kosten der Anlage inklusive Waschplatzfolie liegen bei 39.500 € netto.

Filtersystem im Eigenbau

Da kommerziell erwerbbare Filtersysteme in der Anschaffung nicht unerhebliche Kosten verursachen (s.o.), stellt sich die Frage nach einer günstigeren Alternative für die Vereine durch Eigenbau (Tab. 6). Im Zuge des vorliegenden Projektes wurde in einem Vorversuch ein Filtersystem in kleinem Maßstab gebaut und getestet. Ähnlich wie beim Axon Marine Filter hatte sich für den Eigenbau ebenfalls eine zweistufige Filterlösung empfohlen. Als Filtermaterial wurde Torfgranulat (Peatpearl von euratec) für die erste Filterstufe und Aktivkohle (aus dem Aquaristikbedarf) für die zweite Stufe jeweils in Jutesäcke eingenäht. Das Torfgranulat dient dazu, hydrophobe Substanzen herauszufiltern und verhindert so, dass die Aktivkohle von z.B. Öl verklebt wird. Zusätzlich wurde das Waschwasser nach beiden Filterstufen durch ein Sieb geleitet, um grobe Feststoffe und Filterrückstände aufzuhalten. Bei diesem Versuch gelang es, 82% des Kupfers und 65,65% des Zinks aus dem Waschwasser herauszufiltern. Es ist zu erwarten, dass diese Werte durch technische Verbesserungen, wie zum Beispiel durch besser angepasste Filterbehälter und feinere Siebe noch deutlich erhöht werden können.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Für einen weiteren großmaßstäbigeren Vorversuch bieten sich zwei Varianten an: Fertig lieferbare Säcke aus Vlies und/oder Filterbleche aus Edelstahl mit einem Lochdurchmesser von 100 µm. Es ist davon auszugehen, dass im kleinmaßstäbigen Vorversuch Rückstände des Filtermaterials mit absorbierten Ionen der Schwermetalle die Proben verunreinigt haben und bei der Analyse gemessen wurden. Sowohl Vlies als auch ein Edelstahlfilter würden diese Rückstände auffangen. Es ist sogar denkbar, beide Methoden zu kombinieren. Der Lochblechfilter würden auch etwaige Mikrofasern des Vliesbeutels auffangen.

Da in einem ersten Vorversuch bereits eine hohe Reinigungsleistung ermittelt werden konnte, gehen die Autoren davon aus, dass das Verfahren mit den aufgeführten Anpassungen sehr gut geeignet ist, um das Waschwasser nach der Reinigung in das Gewässer zurückleiten zu dürfen. Es wird daher empfohlen, die Ergebnisse in Realversuchen in den Modellhäfen Oldenburg und Norderney abzusichern (s. Kap. 10 und 11).

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Tab. 6: Kostenübersicht Eigenbau Filter

Material	Kosten
Edelstahlgewebesieb 100 µm Maschenweite	31,20 €/m²
Filtersack 1200x900x900 [mm], 100 µm Maschenweite	24 - 32 €
Fasertorf (Peatpearl euratec)	1,36 €/L
Aktivkohle (GUTmbH)	4,93 €/Kg
(Roll-)Container 240L	120 €
(Roll-)Container 360 L	200 €
Flachsaugerpumpe Schmutzwasser	Ab 50 €

Einleitung in die Kanalisation

An einigen Orten wird das Bootswaschwasser in die Kanalisation geleitet. Beispiele hierfür sind Harle Yachtbau in Esens und der Yachthafen Grohn in Bremen. In Grohn wird das Waschwasser ohne vorherige Behandlung in die Kanalisation geleitet. Bei Harle Yachtbau in Esens wird das Waschwasser durch einen Koaleszenz-Abscheider und ein Absatzbecken in die Kanalisation geleitet, so dass Ölreste und Farbpartikel vorher aufgefangen werden. Diese müssen gesondert entsorgt werden.
In Schleswig-Holstein werden Einleitungserlaubnisse für Abwasser von Plätzen, die zum Reinigen und Hochdruckreinigen von Sportbooten genutzt werden, auch wenn es vorher gefiltert oder behandelt wurde, grundsätzlich nicht erteilt. Der Grund dafür liegt darin, dass die Einleitung des Abwassers in ein Gewässer durch die Verwendung von Kreislaufanlagen „vermeidbar" ist und damit aus wasserrechtlicher Sicht zu unterbleiben hat.

Bei diesen Kreislaufanlagen wird das auf dem Waschplatz anfallende Abwasser in eine Mehrkammerabsetzgrube geleitet, wo es nach erfolgter mechanischer Klärung aus der letzten Kammer wieder für den Hochdruckreiniger entnommen wird. Als Mehrkammerabsetzgrube wurden

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

in Schleswig-Holstein z. B. Kleinkläranlagen gemäß DIN 4261 empfohlen, da diese als Abwasseranlagen bereits typenzugelassen sind.

In der Zeit in der ein Waschplatz nicht als solcher genutzt wird und auf dieser gereinigten Fläche nur „sauberes" Niederschlagswasser anfällt, wird es durch umstellen eines Schiebers, an der Kleinkläranlage vorbei, direkt in das Gewässer eingeleitet. Damit eine Fehlbedienung ausgeschlossen werden kann, darf der Hochdruckreiniger bei dieser Schieberstellung nicht eingesetzt werden können. Die in der Anlage gesammelten Rest- und Schadstoffe sind (oft erst nach Jahren) als Sonderabfall ordnungsgemäß zu entsorgen.

Die Anschaffungskosten einer Kleinkläranlage bei 6.000 Euro beginnen, zuzüglich weiterer Kosten wie z.B. Bau und Betrieb (https://www.abwasser-analysezentrum.de/kleinklaeranlagen/wartung). Die Wartungskosten liegen pro Jahr zwischen 150 – 350 Euro.

Entsorgung durch Entsorger

In einigen Häfen ist es Praxis, das Waschwasser zu sammeln und dann durch einen Entsorgungsunternehmen entsorgen zu lassen. 2018 und 2019 wurde auch auf Norderney so mit dem Bootswaschwasser umgegangen. Das Waschwasser wurde auf einem mobilen Waschplatz gesammelt und durch Pumpen in IBCs gepumpt. Der Großteil der Feststoffe verblieb am Waschplatz und wurde getrennt entsorgt. Das Waschwasser selbst (ca. 4 m³) wurde – nach vorheriger Analyse der Inhaltsstoffe - von Remondis abgeholt und entsorgt.

Die Kosten beliefen sich auf ca. 360 € pro m³ und waren damit für den einzelnen Eigner sehr hoch.

8 Weitere Maßnahmen

Im Folgenden werden Möglichkeiten aufgezählt, die eine Behandlung von Waschwasser überflüssig machen. Darüber hinaus werden Handlungsempfehlungen zum Verhalten beim Waschen der Bootsrümpfe aufgeführt.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Trockenschleifen statt Nassreinigung

Auf Bootsrümpfen mit geringer Bewuchsbildung wird vereinzelt auch das Trockenschleifen der Antifoulingbeschichtung im Herbst praktiziert. Der Vorteil liegt darin, dass dabei kein Waschwasser anfällt. Stattdessen wird mit einem Schleifgerät die nicht verbrauchte Antifoulingschicht abgeschliffen, in Auffangvorrichtungen gesammelt und kann anschließend entsorgt werden (Abb. 26). Die human- und ökotoxikologische Unbedenklichkeit dieser Methode hängt davon ab, wie gut der Schleifstaub aufgefangen wird. Bei einer nahezu hundertprozentigen Auffangquote könnte dies durchaus auch eine Alternative darstellen. Es ist allerdings zu befürchten, dass ein größerer Teil des giftigen Schleifstaubs austritt und somit eine Gefährdung für Mensch und Umwelt darstellt. Außerdem würde diese Methode nur dann einen Waschplatz ersetzen, wenn diese von allen Schiffseignern eines Reviers angewandt wird.

Abb. 26: Verschiedene Trockenschleifgeräte mit Auffangvorrichtung (v. l. Bosch, Menzer, Rokomat)

Verwendung nicht-erodierender Beschichtungen

Fast alle Sportboote im Meerwasser und auch die überwiegende Zahl im Süßwasser verwenden erodierende biozidhaltige Beschichtungen als Bewuchsschutz (s. Kap. 3).

Ein kleiner, aber zunehmender Anteil von weniger als zehn Prozent der Eigner verwendet biozidfreie Lösungen. Aus der Palette an ungiftigen Lösungen gibt es drei Systeme mit wirksamen Produkten, bei denen planmäßig auch kein Eintrag von Mikroplastik stattfindet:

Antihaftbeschichtungen- oder -folien („Foul-Release"-Systeme),

Reinigungsfähige Hartbeschichtungen,

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Bootshebeanlagen

Wirksame Antihaftbeschichtungen oder -folien basieren auf Silikonen. Verstärkt wird die Antihaftwirkung des hydrophoben Silikons durch die Zugabe ausschwitzender hydrophiler Hydrogele oder Lanolin. Es kann eine geringe Bewuchsentwicklung stattfinden, aber der Bewuchs haftet nicht fest an und kann im Herbst ohne Wasserhochdruck lediglich mit einem nassen Schwamm abgereinigt werden.

Ein Nachteil dieser Systeme ist die geringe Belastbarkeit gegenüber mechanischen Einflüssen wie Eisgang, Grundberührung oder Scheuern von Fendern (Abb. 27). Dadurch kann es ungeplant doch zur Freisetzung von Teilen der Beschichtungen in die Meeresumwelt kommen. Und dies ist umso bedenklicher, als dass Silikone persistent sind und in der Meeresumwelt nicht abgebaut werden.

Abb. 27: Antihaftbeschichtungen auf Silikonbasis sind sehr wirksam gegen Bewuchs (links), aber anfällig für Beschädigungen bei mechanischem Einfluss (rechts).

Anders verhält es sich bei reinigungsfähigen Hartbeschichtungen, die eine deutlich geringere Selbstreinigung gegen Bewuchs aufweisen, dafür aber so beständig sind, dass sie durch Fremdreinigung vom Bewuchs befreit werden können, ohne dabei beschädigt zu werden (Abb. 28). Je nach Bewuchsdruck im jeweiligen Gewässer und zur jeweiligen Jahreszeit müssen und können diese Systeme während der Saison im Wasser gereinigt werden. Wenn diese Beschichtungen am Ende der Saison an Land gereinigt werden, wird lediglich die Biomasse der abgereinigten Bewuchsorganismen entfernt, aber keine Biozide und kein Mikroplastik.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

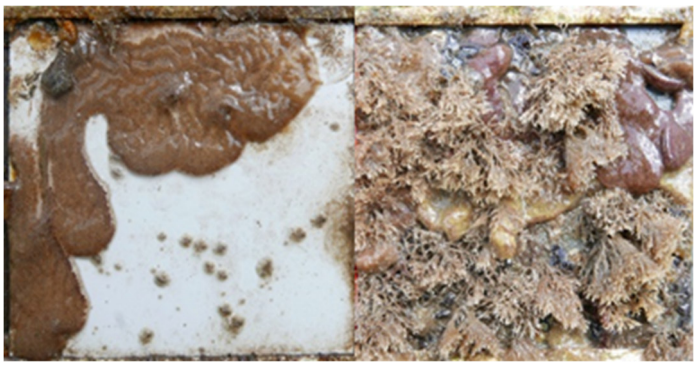

Abb. 28: Eine reinigungsfähige Hartbeschichtung (links) erreicht zwar eine geringere Selbstreinigung, kann aber mit Bürsten oder Wasserhochdruck gereinigt werden, ohne dabei beschädigt zu werden.

Eine völlig andere Methode, um Bewuchs auf dem Schiffsrumpf zu verhindern, sind Bootshebeanlagen. Das Prinzip ist so einfach wie genial: Die Boote werden am Liegeplatz aus dem Wasser gehoben und können so nicht mehr bewachsen. Der Hintergrund dieses Verfahrens beruht auf der Tatsache, dass eine Bewuchsbildung auf dem Rumpf fast ausschließlich während der Liegezeiten stattfindet und nicht während der Fahrt. Ein Nachteil des Konzepts liegt darin, dass die Boote sich nicht zu weit vom Heimathafen entfernen dürfen, da sie sonst im Wasser liegend ohne Antifouling dem Bewuchs schutzlos ausgeliefert sind.

Außerdem gibt es zwei Arten von Hebeanlagen, von denen eine als Best-Practice-Alternative in Frage kommt. Im Wasser schwimmende Hebeanlagen sind selbst dem Bewuchs ausgesetzt und müssen entweder anstatt des Bootsrumpfes mit Antifouling geschützt oder im Herbst intensiv gereinigt werden, da sie sonst stark bewachsen. Dieser Typ Hebeanlagen kommt zumeist im Meerwasser zum Einsatz (Abb. 29).

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Abb. 29: Im Wasser liegende Hebeanlagen schützen zwar den Bootsrumpf vor Bewuchs, sind diesem aber selbst ausgesetzt.

Optimaler scheint ein Beispiel aus dem Süßwasser, welches potenziell auch auf den marinen Bereich übertragen werden kann. In Süßwasserrevieren existieren auch landestützte Hebeanlagen, die das Boot aus dem Wasser heben. Dieses Konzept wurde bislang überwiegend in Süddeutschland eingesetzt, es gibt aber auch Anlagen in Niedersachsen z. B. am Steinhuder Meer (Abb. 30). Hier gibt es den klaren Vorteil, dass die Boote und die Hebeanlage nicht mit Antifouling gestrichen werden müssen.

Abb. 30: Landgestützte Hebeanlagen wie hier am Steinhuder Meer machen einen Antifoulinganstrich für die Boote überflüssig.

Verhalten und Ausrüstung

Boote mit Antifouling-Beschichtungen sollten grundsätzlich nicht im freien Wasser gereinigt werden, da es dadurch zu hohen Einträgen von Bioziden in die Gewässer kommen kann.

Aus Gründen des Gesundheitsschutzes wird empfohlen während der Reinigungsarbeiten am Rumpf persönliche Schutzanzüge, Handschuhe und eine Schutzbrille zu tragen.

Bei starkem Wind, der zu Verwehungen der entstehenden Aerosole mit den gelösten Bioziden führt, sollte grundsätzlich auf die Reinigung von Bootsrümpfen mit Antifouling-Beschichtungen verzichtet werden.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

9 Voraussetzung für Genehmigungen

In Niedersachsen besteht aktuell eine gewisse Unsicherheit seitens der Betreiber der Sportboothäfen welche gesetzlichen Anforderungen Waschplätze erfüllen müssen.

Um die Antragstellung von Genehmigungen durch Sportboothäfen zu unterstützen, wird im folgenden Kapitel erläutert welche gesetzlichen Vorgaben aus Sicht der Autoren beim Bau von Waschplätzen und beim Umgang mit Waschwasser von den Sportboothäfen grundsätzlich zu berücksichtigen sind. Darauf basierend werden Empfehlungen zu Angaben gemacht, die – aus Sicht der Autoren – im Antrag aufgeführt werden sollten.

Für den Bau eines Waschplatzes ist eine baurechtliche Genehmigung erforderlich, sofern ein fest installierter Platz angelegt werden soll. Für mobile Waschplätze ist das nicht erforderlich.

Sofern eine Einleitung des Waschwassers in die Kanalisation (s. Kap. 9.2) oder in den Vorfluter (s. Kap. 9.3) vorgesehen ist, ist auch dafür eine Einleitererlaubnis erforderlich.

Ein entscheidender Punkt ist bei einer Genehmigung ist der Umgang mit dem belasteten Waschwasser. Im Allgemeinen gibt es drei Wege, um das Bootswaschwasser mit den enthaltenen Bioziden und Mikroplastik umweltgerecht zu entsorgen:

- Einleitung ins Hafenbecken

Das Waschwasser wird aufgefangen und durch ein Filtersystem (mit ggfs. vorgelagerten Absetzbecken) geleitet, welches sowohl feste als auch gelöste Stoffe aus dem Wasser filtert. Genehmigungsfähig sind Filtersysteme, die dem Stand der Technik entsprechen (Def. Stand der Technik: WHG §3 Nr.11 Anlage 1), deren Filterleistung die einzuleitenden Schadstoffe auf ein dem Stand der Technik entsprechendes Niveau senken und deren Bau und Betrieb mit den Gewässereigenschaften vereinbar ist (WHG § 57 Abs. 1). Verbrauchtes Filtermaterial sowie anfallende Feststoffe müssen gesondert entsorgt werden. Für weitere Details wird auf Kapitel 9.3 verwiesen.

- Einleitung in die Kanalisation

Das Waschwasser wird aufgefangen und ggf. nach Filterung und Sedimentation in die Kanalisation und von da in die Kläranlage geleitet. Da die Biozide im Bootswaschwasser eine potentielle Gefahr für die Mikroflora in Kläranlagen darstellen, unterliegt der Eintrag des Waschwassers in die Kanalisation den kommunalen Abwassersatzungen. Diese legen fest, ob für die Erteilung einer Indirekteinleitererlaubnis das Waschwasser vor der Einleitung in die Kanalisation behandelt werden

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

muss. Für weitere Details wird auf Kapitel 9.3 und dort die Angaben zur Abwasserverordnung verwiesen. Etwaiges verbrauchtes Filtermaterial sowie anfallende Feststoffe müssen gesondert entsorgt werden.

- Entsorgung über Entsorger

Das Waschwasser wird am Waschplatz aufgefangen und gesammelt, z.B. in Intermediate Bulk-Containern (IBC). Anfallende grobe Feststoffe werden gesondert gesammelt und entsorgt. Das Waschwasser wird von Entsorgungsunternehmen zumeist erst getestet und anschließend abgeholt und fachgerecht entsorgt. Das Waschwasser gilt auf Grund der enthaltenen umweltgefährdenden Stoffe als Sondermüll (AVV §2 Abs. 1) und darf daher nur von qualifizierten Unternehmen und Personen zum Entsorger transportiert werden (AVV §54 Abs.1).

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass in einer Vielzahl von Häfen bislang keine der drei genannten Methoden in der dargelegten Form angewandt wird (s. Kap. 4 - Abb. 7 und Kap. 5 - Tab. 3). Es wird auch Waschwasser ungefiltert in ein Gewässer oder in den Boden geleitet.

9.1 Bauliche Genehmigung

In § 36 des Wasserhaushaltsgesetzes ist geregelt, dass bauliche Maßnahmen und das Bauwerk selbst keine schädlichen Gewässerveränderungen nach sich ziehen dürfen. Neben dieser Regelung gelten die landesrechtlichen Vorgaben.

Das Niedersächsische Wassergesetz NWG besagt in § 57, dass die zuständige Wasserbehörde Genehmigungen versagen kann, wenn schädliche Gewässerveränderungen zu erwarten oder der Unterhalt des Gewässers unverhältnismäßig erschwert wird. § 83 des NWG besagt außerdem, dass weder die Strömungsverhältnisse der Küstengewässer noch die Schiffbarkeit sowie das Zu- und Ablaufen des Wassers in Hafeneinfahrten und Außentiefs von baulichen Anlagen behindert werden dürfen. Werden zusätzlich andere Genehmigungen z.B. nach Bau- oder Gewerberecht erforderlich, so entscheidet laut WG § 57 Abs. 4 die Behörde, die für diese andere Genehmigung zuständig ist, an Stelle, aber in Abstimmung mit, der Wasserbehörde über die Gesamtgenehmigung.

9.2 Einleitung in die Kanalisation

Die Gemeinden sind für die öffentliche Kanalisation und Abwasserbehandlung zuständig. Sie können diese Kompetenz jedoch an die Landkreise oder kreisfreien Städte abgeben nach § 97 Abs. 2 NWG.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Da man allgemein sowieso dem Anschlusszwang an das öffentliche Kanalnetz unterliegt, muss bei einer Neueinleitung von der Gemeinde/ Landkreis oder Stadt geprüft werden, ob die öffentliche Kläranlage dieses verunreinigte Abwasser reinigen kann, ohne dass die eigentliche biologische Reinigung gehemmt wird. Die Gemeinden können in einer Indirekteinleitererlaubnis Überwachungswerte (ÜW) festsetzen, welche vor der Vermischung mit anderen Abwässern eingehalten werden müssen. Diese ÜW orientieren sich an den in der AbwV stehenden Mindestanforderungen, die den Stand der Technik widerspiegeln.

Sollte die Kläranlage dieses Abwasser nicht oder nur eingeschränkt reinigen können oder ist eine Schädigung des Systems möglich, so kann die Gemeinde von der Wasserbehörde (untere) von der Pflicht zur Beseitigung dieser Abwässer freistellen (§ 96 Abs. 8 NWG).

Falls die zuständige Gemeinde sich von der Pflicht der Beseitigung dieser Abwässer befreien lässt und dadurch ein Anschluss an das öffentliche Kanalnetz verwehrt wird, ist eine wasserrechtliche Erlaubnis zur Einleitung in ein Oberflächengewässer zu beantragen.

9.3 Einleitung in ein Gewässer

9.3.1 Rechtliche Grundlagen

Die Erstellung einer wasserrechtlichen Erlaubnis setzt voraus, dass dem Gewässer bei unbehandelten Waschwasser Stoffe zugeführt werden würden, die in ausreichender und konzentrierter Form eine punktuelle Belastung des Gewässers darstellen könnten. Die Erlaubnis wird nach pflichtgemäßem Ermessen durch die zuständige Behörde erteilt. Dies sind in der Regel die Unteren Wasserbehörden der Landkreise und Städte.

Die Benutzung von Gewässern ist nach Wasserhaushaltsgesetz (WHG) erlaubnispflichtig (WHG §8). Das Einbringen und Einleiten von Stoffen gilt in der Regel als Benutzung (WHG §9, Absatz 1, Unterpunkt4). Die Länder können allerdings bei Küstengewässern bestimmen, dass eine Erlaubnis hier nicht erforderlich ist für das Einbringen und Einleiten von anderen Stoffen (…als Grund-, Quell- und Niederschlagswasser), wenn dadurch keine signifikanten nachteiligen Veränderungen seiner Eigenschaften zu erwarten sind (WHG §43). Grundsätzlich sind die Erlaubnis und Bewilligung aber zu versagen, wenn u.a. schädliche, auch durch Nebenbestimmungen nicht vermeidbare oder

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

ausgleichbare Gewässerveränderungen zu erwarten sind (WHG§12, Absatz 1). Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Direkteinleitung) darf nur erteilt werden, wenn u.a. die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so geringgehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist (WHG§57, Absatz 1, Nummer 1). Als Stand der Technik wird der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren bezeichnet, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in [...], Wasser [...] oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt als insgesamt gesichert erscheinen lässt (WHG §3, Nummer 11; WHG Anlage 1). Für die Beurteilung der „Schädlichkeit des Abwassers" können verschiedene Regelungen herangezogen (z.B. Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) und die dort verankerten Umweltqualitätsnomen (2008/105/EG)). Eine Beurteilung nach WRRL setzt allerdings voraus, dass der Zustand im Gewässer bekannt ist (Konzentrationen im Gewässer). Da die Konzentrationen in den Gewässern variieren ist auf dieser Basis keine für niedersächsische Gewässer allgemeingültige Aussagemöglich. Als geeignetere Alternative könnte daher die Emissionsseite über die Abwasserverordnung (AbwV) herangezogen werden. Diese regelt die Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer. In den Anhängen werden branchenspezifische Anforderungen an das jeweilige Abwasser angegeben. Allerdings regelt keiner der Anhänge der AbwV explizit Waschplätze von Sportboothäfen oder Werften. Hier können derzeit also lediglich über Analogien Anforderungen an das Waschwasser spezifiziert werden.

9.3.2 Biozid-Frachten und Stand der Technik

Abwasser von Waschanlagen enthält Biozide. Die Autoren gehen daher davon aus, dass eine erlaubnisfreie Nutzung der Küstengewässer (WHG $43) nicht vorauszusetzen ist und Einleitungen von solchen Abwässern in Gewässer i.d.R. erlaubnispflichtig sind (WHG §8, WHG §9). Obendrein sind Häfen an der Küste nicht zwingend Teil der Küstengewässer, sondern stellen, wie in Norderney, ein eigenständiges Gewässer dar. In diesen Fällen kann WHG § 43 nicht angewendet werden.

Es obliegt also den Betreibern der Sportboothäfen, das Gespräch mit den Betreibern der kommunalen Kläranlagen zu suchen und zu klären, ob die Anschlusspflicht bestand hat (siehe Kapitel 9.2) und ansonsten die erforderliche wasserrechtliche Erlaubnis einzuholen. Um einen positiven Bescheid zu

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

fördern, wird von den Autoren empfohlen, insbesondere folgende Aspekte im Antrag näher darzulegen:

- die zu erwartende Schädlichkeit der Gewässerveränderungen durch das Waschwasser (WHG § 12), in Analogie zur AbwV. Dies bedeutet, es sollten die zu erwartenden Mengen an Waschwasser pro Jahr und darauf basierend die zu erwartenden jährlichen Frachten der Schadstoffe angegeben werden. Die Autoren empfehlen, die Angabe auf Biozide zu fokussieren.
- Darlegung, inwieweit die Waschwasseraufbereitung (z.B. Filtration) dem Stand der Technik entspricht (WHG §57, WHG §3).

Wie diese Punkte angegangen werden können, wird im Folgenden dargelegt.

9.3.2.1 Ermittlung der Biozid-Frachten

Die Frachten, also die Art und Menge an Bioziden und Mikroplastik, die im Jahresverlauf im betroffenen Hafen über das Waschwasser in das Gewässer eingetragen werden, sind für die zuständigen Genehmigungsbehörden ein entscheidender Parameter bei der Beurteilung, ob aufgrund von filtriertem Waschwasser schädliche oder nicht ausgleichbare Veränderungen am Gewässer zu erwarten sind.

Die Art an zugelassenen Antifoulingbioziden ist über die Biozid-Verordnung (EU) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments klar geregelt. Derzeit sind zehn Biozide zugelassen, drei weitere beantragte befinden sich noch in der Bearbeitungsphase. Der aktuelle Stand der zugelassenen Antifoulingbiozide nach REACH-Helpdesk ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Dabei muss bedacht werden, dass in fast allen gängigen Sportboot-Antifoulings die Kupferverbindungen als Hauptwirkstoff enthalten sind und die anderen Wirkstoffe allenfalls als Co-Biozide in geringen Mengen. Zusätzlich enthalten ist in den erodierenden Beschichtungen allerdings noch Zinkoxid, das in Antifoulingfarben nicht als Biozid deklariert werden muss, da es für den Polierprozess unersetzlich ist. Bei der Betrachtung der Frachten aus den Antifoulingbeschichtungen sollten deshalb in erster Linie Kupfer und Zink beachtet werden (DAEHNE et al. 2017, SOROLDONI et al. 2017, REDEKER et al. 2020). Für die übrigen Biozide sind Analysen nur in Speziallaboren möglich. Diese sollten nur bei Verdachtsmomenten zusätzlich analysiert werden (Abb. 31).

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

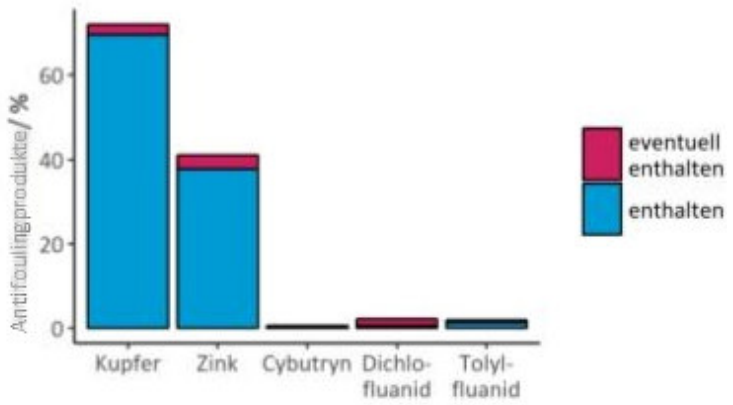

Abb. 31: Anteil der Biozide in den verwendeten Antifoulingprodukten in Deutschland gemäß einer Umfrage von REDEKER et al. (2020) bis zum April 2018.

Die Menge des Waschwassers und damit die Frachten dieser Biozide berechnet sich aus der Anzahl und der Unterwasserfläche der Boote.

Anzahl gewaschener Boote

In einer Studie für das Umweltbundesamt wurden sämtliche Liegeplätze aller deutschen Sportboothäfen erfasst. Im Abschlussbericht von WATERMANN et al. (2015) sind allerdings nicht alle Daten hafengenau veröffentlicht, sondern nur für Wassersportregionen, die teilweise bundesländerübergreifend sind (Tab. 7).

Tab. 7: Häfen (blau) und Liegeplätze (rot) für Sportboote in den Wassersportregionen Niedersachsens nach Watermann et al. (2015). Da einige Regionen bundesländerübergreifend sind, werden die Summen der Häfen (319) und Liegeplätze (22.739) in Niedersachsen überschritten.

	Salzwasser		Brackwasser		Süßwasser		Gesamt nach Ort	
Region	**Anz. Häfen**	**Anz. Liegepl.**	**Anz. Häfen**	**Anz. Liegepl.**	**Anz. Häfen**	**Anz. Liegepl.**	**Anz. Häfen**	**Anz. Liegepl.**
Ostfriesische Inseln	8	1402	-	-	-	-	8	1402
Ostfriesische Küste	20	1965	7	1008	-	-	27	2973
Emsästuar	1	77	4	267	15	852	20	1196
Untere Ems *	-	-	14	782	16	479	30	1261
Weserästuar	4	293	7	1276	-	-	11	1569
Untere Weser *	-	-	19	1156	46	2913	65	4069
Mittelweser *	-	-	-	-	32	2308	32	2308
Elbästuar	10	770	-	-	-	-	10	770
Untere Elbe *	-	-	67	4894	73	4569	140	9463
Mittellandkanal *	-	-	-	-	21	1098	21	1098
Niedersächsische Seen	-	-	-	-	50	4995	50	4995
Gesamt nach Gewässer	**43**	**4507**	**118**	**9383**	**253**	**17214**	**414**	**31104**

* z.T. nicht in NDS

Neun niedersächsische Häfen wurden eingehender untersucht und vorgestellt, darunter auch Norderney. Dabei wird deutlich, dass die Zählmethode von Watermann et al (2015) mit einer anderen Zielstellung nicht für jeden Hafen übertragbar auf die vorliegende Untersuchung ist. Der Norderneyer Hafen als beliebtes Ausflugsziel hat laut der Studie 270 Liegeplätze. Aber nur ca. 90 Boote davon sind einheimische Boote, die dann auch im Herbst auf Norderney aus dem Wasser gekrant und gewaschen werden. Auf der anderen Seite gibt es Häfen, die aufgrund ihrer logistischen Lage sehr beliebt sind, um das Boot dort zu kranen, so dass dort mehr Boote gekrant und gewaschen werden als Liegeplätze vorhanden sind. Das trifft z.B. auf den Bremer Yachthafen Hasenbüren zu, wo auch viele niedersächsische Boote aus dem Wasser genommen werden. Insofern kann die Studie von Watermann et al (2015) nur bedingt für eine Abschätzung der Anzahl der Boote herangezogen werden, die in dem entsprechenden Hafen tatsächlich gekrant und gewaschen werden.

Es sollte daher möglichst auf eigene Zahlen an gewaschenen Booten der Vereine zurückgegriffen werden.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Menge der Biozide im Waschwasser eines Bootes

Die anfallende Biozidfracht im Waschwasser eines Bootes kann über die Unterwasserfläche der einzelnen Boote berechnet werden. Die Unterwasserfläche [A] von Sportbooten kann mit Faustformeln näherungsweise berechnet werden.

Dabei werden die Sportboote gemäß ihrer Rumpfform in drei Kategorien geteilt: Motorboote, Langkieler und Kurzkieler. Im Grunde berechnen sich die Unterwasserflächen aus Länge der Wasserlinie [LWL] mal der Summe aus Tiefgang [Tg] und Breite [B]. Für jede der drei Boots-Kategorien wird jeweils noch ein Multiplikator hinzugefügt: 1 für Motorboote, 0,75 für Lang- und 0,5 für Kurzkieler. Daraus ergeben sich folgende Formeln, um die Fläche des Unterwasserschiffes zu berechnen (Quelle: www.SVB.de):

Motorboote: A = 1 x LWL x (Tg+B)

Langkieler: A = 0,75 x LWL x (Tg+B)

Kurzkieler: A = 0,5 x LWL x (Tg+B)

Alternativ berechneten DAEHNE et al. (2017) mit einer ähnlichen Formel die Unterwasserfläche zahlreicher Sportboote und gaben die gemittelten Werte unterteilt nach Bootstyp und Fahrtgebiet an: 257 Motorboote hatten im Meerwasser eine gemittelte Unterwasserfläche von 31,2 m²/ Boot, 332 Segelboote eine etwas geringere Fläche von im Mittel 27,8 m²/Boot. Im Süßwasser war der Stichprobenumfang deutlich größer: 3455 Motorboote hatten eine mittlere Fläche von 21,7 m²/Boot, 4295 Segelboote eine Fläche von 18,7 m²/Boot.
Durch Multiplikation der Unterwasserfläche mit der benötigten Antifoulingmenge und dessen Biozidgehalt kann berechnet werden, wie viel der enthaltenen Biozide auf dem Rumpf waren und somit im Waschwasser enthalten sind. Letztlich ist dieser Wert der enthaltenen Schadstoffe umweltrelevanter als Menge des (Wasch-)Wassers, in dem sich die Schadstoffe verteilen.

Menge Waschwasser: Erfahrungswerte

Alternativ kann die durchschnittlich pro Jahr anfallende Menge an Waschwasser eigene Erfahrungswerte der Hafenbetreiber bestimmt werden. Als Beispiel und Näherungswerte seien die

Erfahrungen des SY Norderney genannt (sieh Kapitel 5.2). 2018 wurden für 16 Schiffe rund 4m³ Waschwasser, zuzüglich 6m³ für die Steganlagen generiert. Pro Boot kann daher für den SY Norderney im Durchschnitt 0,25 m² Waschwasser angesetzt werden und ggf. auch bei anderen Häfen als Richtwert verwendet werden.

Konzentrationen von Kuper und Zink im Waschwasser (vor Filtration)

Für die Berechnung der jährlichen Frachten der Biozide muss die Menge des jährlich anfallenden Waschwassers mit den Konzentrationen der Biozide multipliziert werden. Es gibt allerdings keine allgemeingültigen Zahlen zum Vorkommen von Bioziden im Waschwasser in Sportboothäfen. Eine Übersicht exemplarischer Zahlen wird in Tab. 8 gegeben. Die Zahlen des mobilen Waschplatzes auf Norderney basieren auf eigenen im Jahr 2019 durchgeführten Messungen der Schadstoffkonzentration des aufgefangenen Waschwassers. Die chemischen Analysen wurden vom NLWKN in Brake durchgeführt.

Im Jahr zuvor hatte die Entsorgungsfirma Remondis bei „vorbehandelten" Proben für Zink und Kupfer deutlich geringere Werte gemessen. Die Art der Vorbehandlung hat die Firma Remondis nicht mitgeteilt.

Die Werte in Tab. 8 beruhen lediglich auf einzelnen Messungen mit unterschiedlichen Methoden und sind daher keineswegs repräsentativ. Aber die Werte können zumindest als eine grobe Größenordnung betrachtet werden und für die Berechnung der Frachten herangezogen werden.

Tab 8: Übersicht Messergebnisse zu Kuper und Zink im Waschwasser von Sportboothäfen

Ort	Norderney	Norderney	Schweden
Art Waschwasser	Ungefiltertes Waschwasser (2019)	Vorgefiltertes Waschwasser (2018)	Ungefiltertes Waschwasser
Messende Einrichtung	Dr. Brill + Partner/ NLWKN	Remondis	Axon Marine Filters
Kupfer (mg/l)	3,033	< 0,1 mg/l	5,54
Zink (mg/l)	4,706	0,1 - 0,23 (min/max)	8,34

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

9.3.2.2 Ist der „Stand der Technik" erfüllt?

Wenn das Einleiten von Abwasser in Gewässer genehmigt werden soll, müssen die eingesetzten Wasch- und Filteranlagen dem Stand der Technik entsprechen (WHG §57, WHG §3). Das beinhaltet im Großen und Ganzen den Einsatz fortschrittlicher Technologien, aufgrund derer die Vermeidung und Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt als gesichert erscheint.

Ein dem SV Norderney angebotenes System, das lediglich aus Ölabscheidern (Koaleszenz-Abscheidern) und Absetzbecken besteht, entspricht aus Sicht der Autoren z.B. nicht dem Stand der Technik für Bootswaschanlagen, da aus den Antifoulinganstrichen in erster Linie Biozide und Mikroplastikbestandteile ausgewaschen werden und keine Öle. Feststoffe aus Mikroplastik, die sich nicht absetzen, sowie gelöste Biozide würden hier nicht aus dem Waschwasser entfernt.

Gleiches gilt für reine Druckfiltersysteme, die aus Sicht der Autoren ebenfalls nicht dem Stand der Technik entsprechen. Um Mikroplastik aufzufangen muss ein mechanischer Filter vorhanden sein und gelöste Biozide können nur aus dem Waschwasser entfernt werden, wenn diese von einem Filtermaterial (z. B. Aktivkohle, Fasertorf, etc.) adsorbiert werden.

Die in Kapitel 7.2.5 empfohlenen Filtersysteme mit Torffasern und Aktivkohle adsorbieren nachweislich Kupfer und Zink und werden für Bootswaschplätze genutzt (s.a. Tab. 5). Es liegt noch kein Nachweis für die Filtration von Mikroplastik vor, diese ist aber sehr wahrscheinlich. Aus Sicht der Autoren erfüllen solche Filter das Kriterium „Stand der Technik" sehr gut.

9.4 Zukünftige Regelungen

Wie im vorherigen Kapitel 9.3 erläutert, bestimmt die Abwasserverordnung branchenspezifisch die Mindestanforderungen für das Einleiten von Abwasser in Gewässer. Hier werden Grenzwerte angegeben, die das einzuleitende Wasser nicht überschreiten darf. Auch die maximale Eintragsmenge pro Jahr wird hier festgelegt. Bootswaschplätze sind in den Anhängen der AbwV nicht explizit benannt (s.o.) und müssen derzeit voraussichtlich im Rahmen der Genehmigung von den Genehmigungsbehörden über Analogien einer bestehenden Branche zugeordnet werden.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

Um in Niedersachsen das Erlaubniserteilungsverfahren bei Einleitung von Waschwasser von Bootswaschplätzen in ein Gewässer zu vereinfachen und um eindeutige Bewertungskriterien zu schaffen, plant das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU), einen entsprechenden Erlass herauszubringen. Es gibt Überlegungen, den Erlass in Anlehnung an Empfehlungen des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume in Schleswig-Holstein (LLUR 2018) zu erstellen (s. Anlage).

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

10 Best-Practice-Lösungsvorschläge für die Modellhäfen

In diesem Kapitel werden konkrete Verbesserungsvorschläge für die Modellhäfen Oldenburg und Norderney vorgestellt. Diese entsprechen aus Sicht der Autoren dem Stand der Technik (entsprechend WHG) und die Grenzwerte nach LLUR (2018) dürften unterschritten werden.

10.1 Oldenburger YC

Die Marina des Oldenburger Yachtclub ist bereits mit einem Bootswaschplatz an der Slipanlage ausgestattet (vgl. Kap. 5). Um diesen Waschplatz so anzupassen, dass er noch sinnvoller zu Verhinderung von Umweltverschmutzungen beiträgt, bedarf es lediglich drei Modifikationen (Abb. 32):

Bisher ist der Waschplatz nur in Richtung der Slipanlage durch eine Abflussrinne begrenzt. Um zu verhindern, dass Waschwasser ungefiltert den Waschplatz verlässt, sollte der Waschplatz in die anderen drei Richtungen begrenzt werde. Das kann durch zusätzliche Rinnen oder Betonwülste erreicht werden. Eine mobile Variante aus z.B. Sandsäcken würde diesen Zweck aber ebenso erfüllen.

Die Ablaufrinne, die das Waschwasser auffängt und zu den Filtern leitet, sollte mit einem Schieber ausgestattet werden, der es erlaubt, Regenwasser dergestalt umzuleiten, dass es nicht durch die Filter läuft und eventuelle Schadstoffe ausspült. Soll ein Boot gewaschen werden, wird der Schieber so gestellt, dass das anfallende Wasser wieder durch die Filter und zurück in die Hunte geführt wird.

Der Waschplatz des Oldenburger Yachtclubs ist mit zwei unterirdischen Absetzbecken ausgestattet. Diese Becken sollten zu Filterbecken umfunktioniert werden. Dazu wird empfohlen Vliessäcke (100 µm „Maschenweite") mit Filtermaterial zu füllen und in die Absetzbecken zu lassen. Das erste Filterbecken sollte mit Fasertorf, das zweite mit Aktivkohle befüllt werden. Das Waschwasser durchläuft dann diese beiden Filter und gelangt danach gefiltert in die Hunte. Wenn das Filtermaterial verbraucht ist, kann es z.B. mit einem Stapler in den Vliessäcken aus den Gruben gehoben und als Sondermüll entsorgt werden. Die Säcke können gereinigt und wiederverwendet werden. Das dabei anfallende Waschwasser enthält vermutlich Schadstoffe und muss ebenfalls wie Sondermüll

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

behandelt werden. Die hierbei anfallende Menge dürfte aber im Vergleich zum Bootswaschwasser marginal sein.

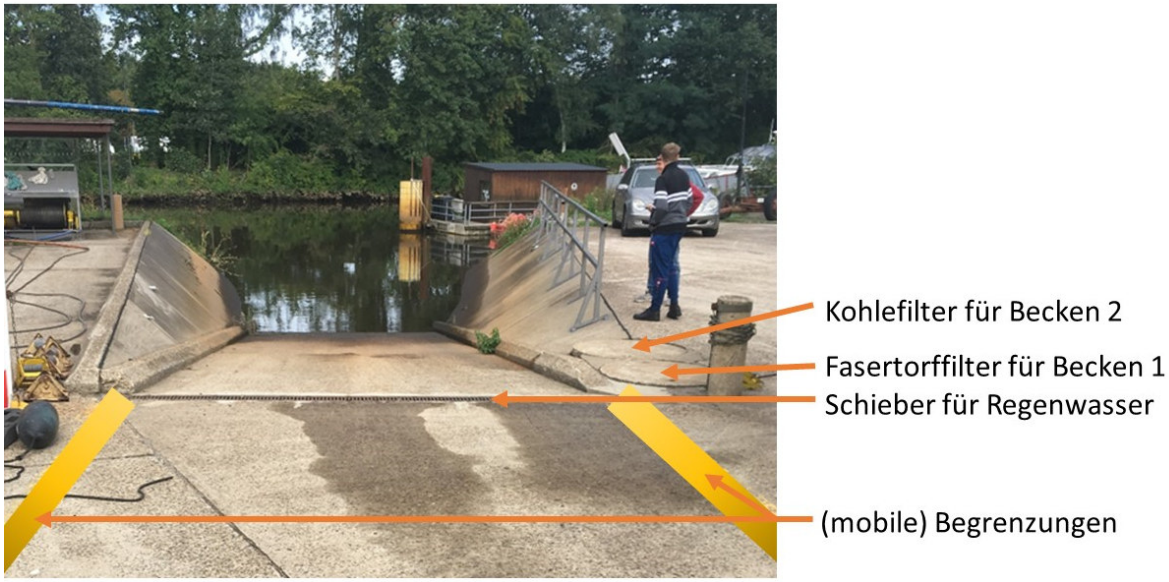

Abb. 32: Erforderliche Modifikationen für den Waschplatz des Oldenburger YC.

10.2 SV Norderney

Es bietet sich an, in Norderney weiterhin eine mobile Einrichtung zum Waschen von Booten zu benutzen, die nur im Herbst aufgebaut wird. Beim SV Norderney wird neben den Booten auch die Steganlage am Ende der Saison aus dem Wasser geholt und gereinigt. Idealerweise geschieht dies beides an verschiedenen Orten: Die Boote werden vor den Hallen gewaschen, die Steganlage direkt auf der Pier. Anstatt einer Plane für den Waschplatz empfehlen sich hierfür Wannen aus Stahl, um das Waschwasser aufzufangen. Mehrere Wannen sollten verbunden werden, um zukünftig einen den Anforderungen entsprechenden Waschplatz zu erhalten. Auf die Wannen sollten Metallgitter gelegt werden, auf die dann später die Trailer mit den Booten gefahren werden. Von hier sollte das Wasser zunächst von einer Pumpe in einen erhöht gelagerten IBC gepumpt werden, der bei hohem Wasseraufkommen als Puffer vor dem eigentlichen Filter dient. Grobe Feststoffe sollten manuell aus den Wannen entfernt und in einem bereitgestellten Container gesammelt werden. Von dem Puffer-

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

IBC sollte das Wasser durch die Schwerkraft in einen ersten (Roll-) Container gelangen, in dem sich ca. 250 L Fasertorf als Filtermaterial befinden sollten. Hierfür empfiehlt sich die Verwendung von Vliessäcken, da so das Filtermaterial einfach zu handhaben ist und das Vlies ebenfalls eine Filterwirkung aufweist. Dadurch würden Rückstände vom eigentlichen Filtermaterial sowie grobe, nicht adsorbierte Feststoffe aufgehalten.

Der Vliessack mit dem Filtermaterial sollte sich in dem Container erhöht auf einem Metallsieb mit 100 µm Maschenweite befinden. Dieses Sieb dient dazu, etwaige Feststoffe und abgelöste Vliesfasern aufzuhalten, die durch den eigentlichen Filter gelangen.

Das einfach gefilterte Wasser, das sich unter dem Metallsieb sammelt, sollte durch eine Pumpe von der ersten in die zweite Filterstufe gepumpt werden. Der Aufbau der zweiten Filterstufe sollte dem der ersten Stufe entsprechen, mit den Unterschied, dass in der zweiten Filterstufe ca. 150 L Aktivkohle als Filtermaterial verwendet werden sollten. Der Container könnte hier also etwas kleiner gewählt werden.

Nach der zweiten Filterstufe wären die Schadstoffe herausgefiltert und das Wasser könnte in das Hafenbecken geleitet werden.

Sollte einmal mehr Wasser anfallen, als die Filter ad hoc bewältigen können, sollte für die temporäre Zwischenlagerung ein zweiter IBC bereitgestellt werden (Abb. 33). Bei Filterwechsel nach ca. 2 Jahren können die Vliessäcke gereinigt werden. Die Filtermaterialien Fasertorf und Aktivkohle müssen auf der Mülldeponie gemäß Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis und Anhang III der Richtlinie 2008/98/EG als Abfall mit gewässergefährdenden Stoffen fachgerecht entsorgt werden.

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

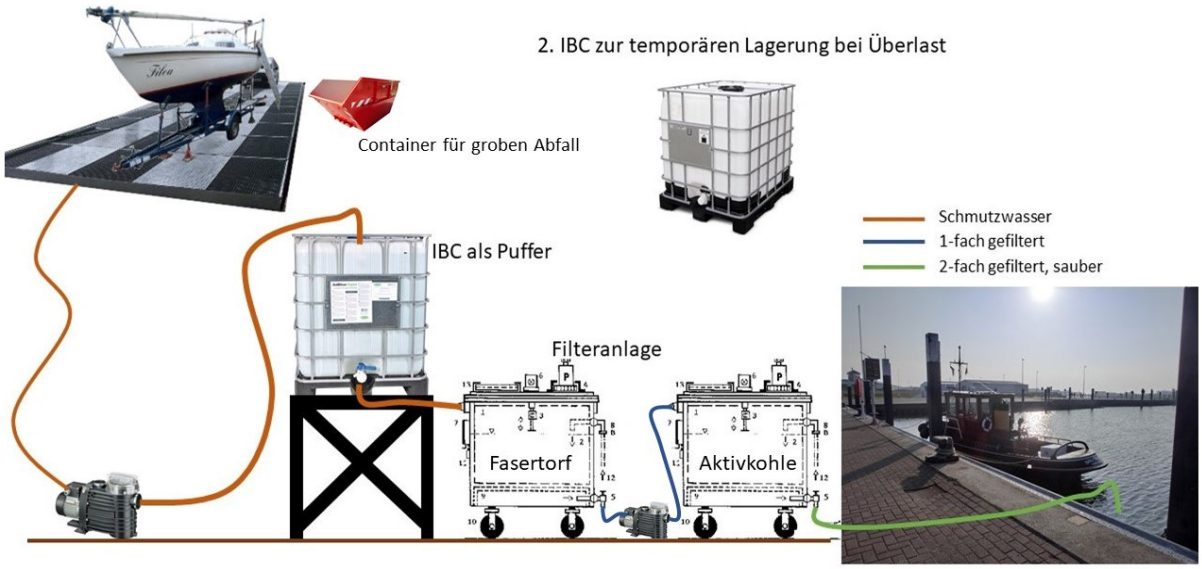

Abb. 33: Schematische Darstellung des zu bauenden Bootswaschplatzes für Norderney

11 Datenerfassung Schadstoffe und Mikroplastik

Durch Angaben von Entsorgerfirmen und Herstellern, wie z.B. der Firma Axon, liegt eine gute Grundlage vor, um den Stand der Technik von einigen Filtern und das geringe Ausmaß der von so gefiltertem Waschwasser potenziell verursachte Wasserverschmutzung einschätzen zu können. Auf dieser Grundlage basieren die in Kapitel 7 aufgeführten Empfehlungen.

Trotzdem wäre grundsätzlich eine Verbesserung der Datenlage wünschenswert. Es ist z.B. in der Regel nicht bekannt, welche Ausgangswerte unbehandeltes Waschwasser für den Schadstoff- und insbesondere Mikroplastikgehalt im Detail hat. Auch bei vielen der derzeit in Sportboothäfen gängigen Rückhaltesysteme sind den Autoren keine Zahlen zu dem Schadstoff- und Mikroplastikgehalt im behandelten Waschwasser bekannt.

Es wird daher empfohlen, solche Daten zu erheben, um die Effektivität der verschiedenen Maßnahmen besser beurteilen zu können. Da in den in Kapitel 10 beschriebenen Modellhäfen potenziell die Bereitschaft besteht, die in der vorliegenden Studie vorgeschlagenen Systeme in die Praxis umzusetzen, würde es sich anbieten hier entsprechende begleitende Messungen

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

durchzuführen. Idealerweise sollten auch zusätzliche Standorte, an denen andere Rückhaltemethoden eingesetzt werden, untersucht werden, um Vergleichszahlen zu ermitteln.

12 Literatur

BMU (2016): MSRL-Maßnahmenprogramm zum Meeresschutz der deutschen Nord- und Ostsee. Bericht gemäß § 45h Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes. Anlage 1 Maßnahmenkennblätter (https://www.meeresschutz.info/berichte-art13.html).

DAEHNE, D. (2015): Antifoulingpraxis in Sportboothäfen Niedersachsens. Abschlussber. für den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Norderney, 39 S.

DAEHNE, D., C. FÜRLE, A. THOMSEN, B. WATERMANN & M. FEIBICKE (2017): Antifouling Biocides in German Marinas: Exposure Assessment and Calculation of National Consumption and Emission. Integrated Environmental Assessment and Management — Volume 9999, Number 9999—pp. 1–14.

DAS EUROPÄISCHEN PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (2008): RICHTLINIE 2008/98/EG vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien (Abfallrahmenrichtlinie – 2008/98/EG).

DE VLAS J., B. BRINKMAN, CHR. BUSCHBAUM, N. DANKERS, M. HERLYN, P.S. KRISTENSEN, G. MILLAT, G. NEHLS, M. RUTH, M. STEENBERGEN & A. WEHRMANN (2005): Intertidal blue mussel beds. In: Essink K, Dettmann C, Farke H, Laursen K, Lüerßen G, Marencic H, Wiersinga W (eds): Wadden Sea quality status report 2004. Wadden Sea ecosystem No. 19. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, pp 190–200.

DSV (2009): Bootswaschplätze. Schriftenreihe des Deutschen Segler-Verbandes, Hamburg, 12 S.

EKLUND, B., M. ELFSTRÖM, I. GALLEGO, B.-E. BENGTSSON & M. BREITHOLTZ (2010): Biological and chemical characterization of harbour sediments from the Stockholm area. J Soils Sediments **10**: 127-141, DOI 10.1007/s11368-009-0149-y.

EKLUND B. & D. EKLUND (2014): Pleasure Boatyard Soils are Often Highly Contaminated. Environmental Management **53**: 930–946, DOI 10.1007/s00267-014-0249-3.

EKLUND B., L. JOHANSSON & E. YTREBERG (2014): Contamination of a boatyard for maintenance of pleasure boats. J Soils Sediments **14**: 955–967, DOI 10.1007/s11368-013-0828-6.

GAST, M. (2018): Mikroplastik in der Umwelt - Fakten und Herausforderungen. Fortbildung für den öffentlichen Gesundheitsdienst, Berlin, 13. April 2018,

https://www.bfr.bund.de/cm/343/mikroplastik-in-der-umwelt-fakten-und-herausforderungen.pdf

HEMPEL (2015): SilicOne Brochure. Fouling? Don´t fight it. Release it. http://www.hempel.co.uk/~/media/Global/files/yacht/brochures/hempel-silicone-uk.pdf (Zuletzt geprüft am 02. November 2018).

HERLYN M. & G. MILLAT (2000): Decline of the intertidal blue mussel (*Mytilus edulis*) stock at the coast of Lower Saxony (Wadden Sea) and influence of mussel fishery on the development of young mussel beds. Hydrobiologia **26**: 203–210.

MOLINO, C., D. ANGELETTI, V.E. OLDHAM, G. GOODBODY-GRINGLEY, K.N. BUCK (2019): Effect of marine antifouling paint particles waste on survival of natural Bermuda copepod communities. Marine Pollution Bulletin 149, 110492, 1-8.

LLUR (2018): Empfehlungen für die Festlegung von Anforderungen an das Einleiten von Abwasser aus dem Bereich „Reinigung, Konservierung, Instandhaltung, Instandsetzung sowie dem Neubau und der Verwertung von Wasserfahrzeugen". 4 S.

LORENZ, C., L. ROSCHER, M.S. MEYER, L. HILDEBRANDT, J. PRUME, M.G.J. LÖDER, S. PRIMKE & G. GERDTS (2019): Spatial distribution of microplastics in sediments and surface waters of the southern North Sea. Environmental Pollution, 252, 1719-1729.

REDEKER, M., R. RISSEL, D. SCHWANDT, B. MEERMANN (2020): Minimierung von Umweltrisiken der Antifouling-Schiffsanstriche in Deutschland: Entwicklung von Handlungsoptionen im Rahmen der Produktzulassung. UBA 35/2020, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Forschungskennzahl 3715 6740 40, 275 S.

SETZER, S. (2017): https://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2017/2017_09_21_setzer.pdf?__blob=publicationFile

SHERRINGTON, C., C. DARRAH, S. HANN, G. COLE & M. CORBIN (2016): Study to support the development of measures to combat a range of marine litter sources. Report for the European Commission DG Environment. (https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/study-to-support-the-development-of-measures-to-combat-a-range-of-marine-litter-sources/)

SOROLDONI, S., F. ABREU, Í.B. CASTRO, F.A. DUARTE & G.L.L. PINHO (2017): Are antifouling paint particles a continuous source of toxic chemicals to the marine environment? Journal of Hazardous Materials 330: 76–82.

SUNDT, P., P.-E. SCHULZE, F. SYVERSEN (2014) Sources of Microplastics-Pollution to the marine environment

VERSCHOOR; A., L. DE POORTER, R. DRÖGE, J. KUENEN, E. DE VALK (2016): Emission of Mircroplastics and potential mitigation measures – Abrasive cleaning agents, paints, tyre wear. National Institute for Public Health and the Environment, RIVM Report 2016-**0026**

Weser-ems.eu (2016): Deutschen Reparaturwerften und mittelständischen Schiffsfarbenherstellern droht durch die Umsetzung der EU-Biozid Verordnung das Aus. https://www.weser-ems.eu/wissensregion/de/nachrichten/Deutschen-Reparaturwerften-und-mittelstaendischen-Schiffsfarbenherstellern-droht-durch-die-Umsetzung-der-EU-Biozid-Verordnung-das-Aus

WATERMANN, B., D. DAEHNE, C. FÜRLE & A. THOMSEN (2015): Sicherung der Verlässlichkeit der Antifouling-Expositionsschätzung im Rahmen des EU-Biozid-Zulassungsverfahrens auf Basis der aktuellen Situation in deutschen Binnengewässern für die Verwendungsphase im Bereich Sportboothäfen. UBA-TEXTE 68/2015 Forschungskennzahl 3711 67 432, UBA-FB 002123, Dessau, 135 S.

WATERMANN, B. & B. EKLUND (2019): Can the input of biocides and polymeric substances from antifouling paints into the sea be reduced by the use of non-toxic hard coatings? Marine Pollution Bulletin **144**: 146–151.

WATERMANN, B. & M. HERLYN (2020): Beschichtungspartikel- und Polymereinträge aus Unterwasserbeschichtungen von Schiffen und Booten. Wasser und Abfall **03/2020**: 43-49.

13 Anhang

Anhang 1: Firmenauswahl Waschplätze und Filter

Firma	Produkt	Ort	Link
Farmers Departmentstore	Waschplatz (mobil) (evtl. Buitink Technology)	NRW	https://www.farmers-department.store/
Summit Green Tech (Axon)	Filter	Schweden	http://www.summitgreentech.com/
CarenEcolo	Waschplatz + Filter (mobil)	Frankreich	https://www.carenecolo.fr/english/
ATM (Abwassertechnik Mudersbach)	Filter	Rheinland-Pfalz	https://www.atm-mudersbach.de/
Lorsbach Consulting	Waschplatz (semimobil)/ Filter	NRW	http://www.lorsbachconsulting.de/
Tow-Tec	Waschplatz (mobil) (evtl. Buitink Technology)	NRW	https://www.tow-tech.de/
Bibko System GmbH	Filter	BW	https://bibko.com/
Generac Mobile	Waschplatz (mobil)	Italien	https://www.towerlight.com/
Jungenkrüger Baustoffe (Nowebau-Markt)	Waschplatz / Filter (stationär)	NDS	https://www.jungenkrueger-baustoffe.de/
Buitink Technology	Waschplatz (mobil)	Niederlande	https://www.buitink-technology.com/
Eurowater	Filter	Hamburg	https://www.eurowater.de/

© Dr. Brill + Partner GmbH · Institut für Hygiene und Mikrobiologie · www.brillhygiene.com

14 Legal Information

Daehne, B. & L. Kuhn (2020): Sachstandsbericht zum Projekt „Erstellung einer Handreichung für eine umweltgerechte Ausgestaltung von Waschplätzen in küstennahen Sportboothäfen mit Best-Practice Beispielen" 76 S.

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced and/or published by print, photoprint, microfilm or any other means without the previous written consent of Dr. Brill + Partner GmbH Institut für Antifouling und Biokorrosion.

In case this report was drafted on instructions, the rights and obligations of contracting parties are subject to either the Standard Conditions for Research Instructions given to Dr. Brill + Partner GmbH or the relevant agreement concluded between the contracting parties. Submitting the report for inspection to parties who have a direct interest is permitted.

Dr. Brill + Partner GmbH is a private, independent research enterprise including consultancy, owned by Dr. Florian H. H. Brill.