



Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt

Amt für Umwelt und Energie

# Pilotprojekt Bootsreinigung

## Massnahme gegen die Verschleppung invasiver Neozoen aus dem Rhein in andere Gewässer



**Pilotprojekt Bootsreinigung – Massnahme gegen die Verschleppung invasiver  
Neozoen aus dem Rhein in andere Gewässer**

September 2019

Herausgeber: Amt für Umwelt und Energie, Kanton Basel-Stadt, Abteilung Gewässerschutz

Titelbild: Rhein bei Basel

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	3
Ausgangslage .....	4
Fragestellung .....	5
Methoden .....	6
Auswahl der Boote.....	6
Probenahme des organischen Aufwuchses .....	6
Bootsreinigung.....	6
Waschwasser-Probenahme .....	7
Resultate und Erfahrungen.....	8
Teilnahmebereitschaft der Bootsbesitzer .....	8
Organismen an Bootsrümpfen und in Aussenbord-Motoren.....	10
Reinigung der Boote .....	10
Zeitlicher Aufwand für Probenahme und Reinigung .....	11
Waschwasser-Analysen.....	11
Fazit und Empfehlungen.....	16
ANHANG.....	19

## Zusammenfassung

Invasive Schwarzmeergrundeln haben sich im Rhein bei Basel rasant ausgebreitet und stellen eine Bedrohung für die einheimische Fischfauna dar. Eine weitere Ausbreitung der Grundeln in Schweizer Gewässer muss möglichst verhindert werden. In einem Pilotprojekt untersuchte das Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt in Zusammenarbeit mit der Universität Basel die Bedeutung von Kleinbooten für die unbeabsichtigte Verschleppung von Grundeln.

Von Mitte April bis Mitte Juli 2018 wurden 10 Kleinboote ausgewassert und auf anhaftende Neozoen untersucht, insbesondere auf Eigelege von Schwarzmeergrundeln. Neben den untergetauchten Bootspartien überprüften wir die Kühlwasserleitungen der Motoren. Wir fanden keine Schwarzmeergrundel-Eier, jedoch wiesen wir an allen Booten invasive Flohkrebsarten und in zwei Fällen die invasive Zebrauschel nach. Auch in den Kühlwasserleitungen der Motoren fanden wir regelmässig invasive Flohkrebse. Kleinboote im Rhein bei Basel scheinen kein bevorzugtes Laichsubstrat für Schwarzmeergrundeln zu sein. Da die Stichprobenzahl von 10 Booten aber klein ist, müssen die Resultate mit Vorsicht interpretiert werden. Zudem liegt die Mehrheit der untersuchten Boote an mittel bis stark strömenden Flussabschnitten vor Anker, weshalb die Resultate nicht repräsentativ für strömungsberuhigte Standorte sind.

Als generelle Massnahme gegen die Verschleppung von Neozoen durch Boote wird vor jedem Transport an ein anderes Gewässer eine gründliche Bootsreinigung empfohlen. Um die chemische Belastung von Bootsreinigungsabwasser durch Antifouling-Anstriche abzuschätzen, analysierten wir das Abwasser der Hochdruckreinigung von 9 Booten. Die Metallkonzentrationen des Abwassers überschritten in allen Fällen die zulässigen Grenzwerte für die Einleitung in Gewässer oder in die Kanalisation. Eine Vorbehandlung des Abwassers an den Bootswaschplätzen ist also erforderlich.

## Ausgangslage

Seit dem Jahr 2011 breiten sich invasive gebietsfremde Schwarzmeergrundeln (SMG) in der Region Basel aus. Aktuell sind sie im Hochrhein in unterschiedlicher Dichte bis oberhalb Kraftwerk Säckingen sowie in den Rheinzufüssen Wiese und Ergolz nachgewiesen. Es handelt sich dabei um 2 Arten, die sehr wahrscheinlich via Frachtschifffahrt aus dem Schwarzmeerraum über den Rhein-Main-Donau-Kanal in die Region Basel gelangt sind: die Kessler-Grundel und die Schwarzmund-Grundel, wobei letztere seit einigen Jahren dominiert (Abbildung 1). Die Einwanderung von drei weiteren Grundelarten ist absehbar, da diese bereits im deutschen Rhein vorkommen.

Alle SMG vermehren sich sehr schnell und können einheimische Fischarten verdrängen und damit im Gewässerökosystem grosse Schäden anrichten. Ihre weitere Ausbreitung muss unter allen Umständen verhindert werden. Seit Mai 2017 gehören sie zur „unerwünschten Fischfauna“, und die Kantone sind zur Umsetzung von Massnahmen verpflichtet (vgl. VBGF Art. 9a und Anh.3; SR 923.01).

Da SMG schlechte Schwimmer sind, werden sie insbesondere mit der Grossschifffahrt (Kühlsystem, Ballastwasser) sowie wahrscheinlich auch über den Kleinbootverkehr verbreitet. Vieles deutet darauf hin, dass Bootsrümpfe von SMG als Eiablageplatz genutzt werden können. Dafür notwendige Verhaltensweisen wie freies Schwimmen bis zur Wasseroberfläche und die Nutzung von Spundwänden als Aufenthaltsort wurden bei SMG schon beobachtet<sup>1</sup>. Dementsprechend wäre eine Nutzung geeigneter Bootstrukturen zur Eiablage denkbar. Experimente haben gezeigt, dass Grundeleier auch bei starker Strömung sehr gut am Laichsubstrat haften und zudem gegen kurzzeitige Austrocknung resistent sind (Abbildung 1).

Mit Eiern verunreinigte Kleinboote aus dem Rhein bei Basel sind deshalb ein möglicher Vektor für die Verschleppung von SMG in noch nicht befallene Gewässer. Aber nicht nur Grundeleier sondern auch weitere aquatische Neozoen wie die invasive Quagga-Muschel oder aquatische Neophyten können an Kleinbooten haften und unbemerkt weitertransportiert werden. In grösseren Seen könnte die Verbreitung von SMG die einheimische Fischfauna dezimieren und neben ökologischen auch wirtschaftliche Schäden anrichten (z.B. bei der Berufsfischerei).

Eine Expertengruppe bestehend aus Fachleuten von Kantonen, der Universität Basel und des Bundes erachten die Reinigung von Kleinbooten nach dem Auswassern aus dem Rhein (resp. vor Einwassern in nicht-kontaminierte Gewässer) als beste Präventionsmassnahme gegen die passive Ausbreitung von SMG und weiteren aquatischen Neobiota. Da es die

---

<sup>1</sup> Beobachtungen Programm MGU, Universität Basel; Kornis, MS und Vander Zanden, MJ (2010). Forecasting the distribution of the invasive round goby (*Neogobius melanostomus*) in Wisconsin tributaries to Lake Michigan. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 67(3): 553-562

heutige Rechtslage nicht erlaubt, die immatrikulierten Boote (ca. 700 in BS/BL) zur Reinigung zu verpflichten, soll diese vorerst auf freiwilliger Basis und vor allem kostenlos erfolgen.

### **Fragestellung**

Das Ziel des hier präsentierten Kollaborations-Projekts des Amtes für Umwelt und Energie (AUE) des Kantons Basel-Stadt und der Universität Basel (Programm MGU) war es, abzuklären, wie stark im Rhein verankerte Freizeitboote von Grundellaich und anderen Neozoen befallen sind, und wie und mit welchem Reinigungsaufwand diese entfernt werden können. Diese Fragestellungen sind als Fokusprojekte M7 und M8 in die nationale Grundelstrategie<sup>2</sup> eingeflossen, welche von den Kantonalen Umweltämtern sowie von der Jagd- und Fischereiverwalterkonferenz im November 2016 verabschiedet wurde.

Mit dem Pilotprojekt ‚Bootreinigung‘ sollten folgende Fragen beantwortet werden:

1. Sind Kleinboote im Rhein mit SMG-Laich und anderen Neozoen verunreinigt?  
Falls ja, welche Bootspartien sind besonders betroffen?
2. Wie gut lassen sich Boote mit einem Hochdruckreiniger von SMG-Laich und Neozoen reinigen, und was ist bei der Reinigung zu beachten?
3. Wie gross ist der finanzielle und zeitliche Aufwand für eine Reinigung?
4. Wie gross ist die Bereitschaft der Bootsbesitzer eine Reinigung durchzuführen?
5. Wie stark ist das anfallende Reinigungsabwasser mit Antifouling-Schadstoffen belastet?
6. Ist eine Abwasserbehandlung aufgrund der Antifouling-Schadstoffe notwendig?



**Abbildung 1** Schwarzmund-Grundel (links) und Laichegele an einem Stein (rechts).

<sup>2</sup> Schwarzmeergrundeln Schweiz. Eine Strategie von KVU und JFK, erstellt durch die AGIN-D  
[https://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/161220142623\\_Grundelstrategie\\_2016\\_29.11.16.pdf](https://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/161220142623_Grundelstrategie_2016_29.11.16.pdf)

## Methoden

### *Auswahl der Boote*

Mit Unterstützung der für Kleinboot-Zulassungen zuständigen Rheinpolizei und des Wassersportvereins Regioboot Basel wurden 95 Besitzer von Kleinbooten per Brief oder per E-Mail über die Ziele des Projekts informiert und angefragt, ob sie daran teilnehmen wollten (siehe Anhang A). Bedingungen für die Teilnahme waren, dass das Boot maximal 15 m lang und seit November 2017 nicht länger als 4 Tage ausgewassert war.

Als Anreiz für die Teilnahme wurde eine kostenlose Bootsrumf-Reinigung in Aussicht gestellt. Ausser dem Ausfüllen eines kurzen Fragebogens (siehe Anhang B) sowie dem Transport zur Auswässerungsstelle entstand für die Bootsbesitzer kein zeitlicher oder finanzieller Aufwand.

### *Probenahme des organischen Aufwuchses*

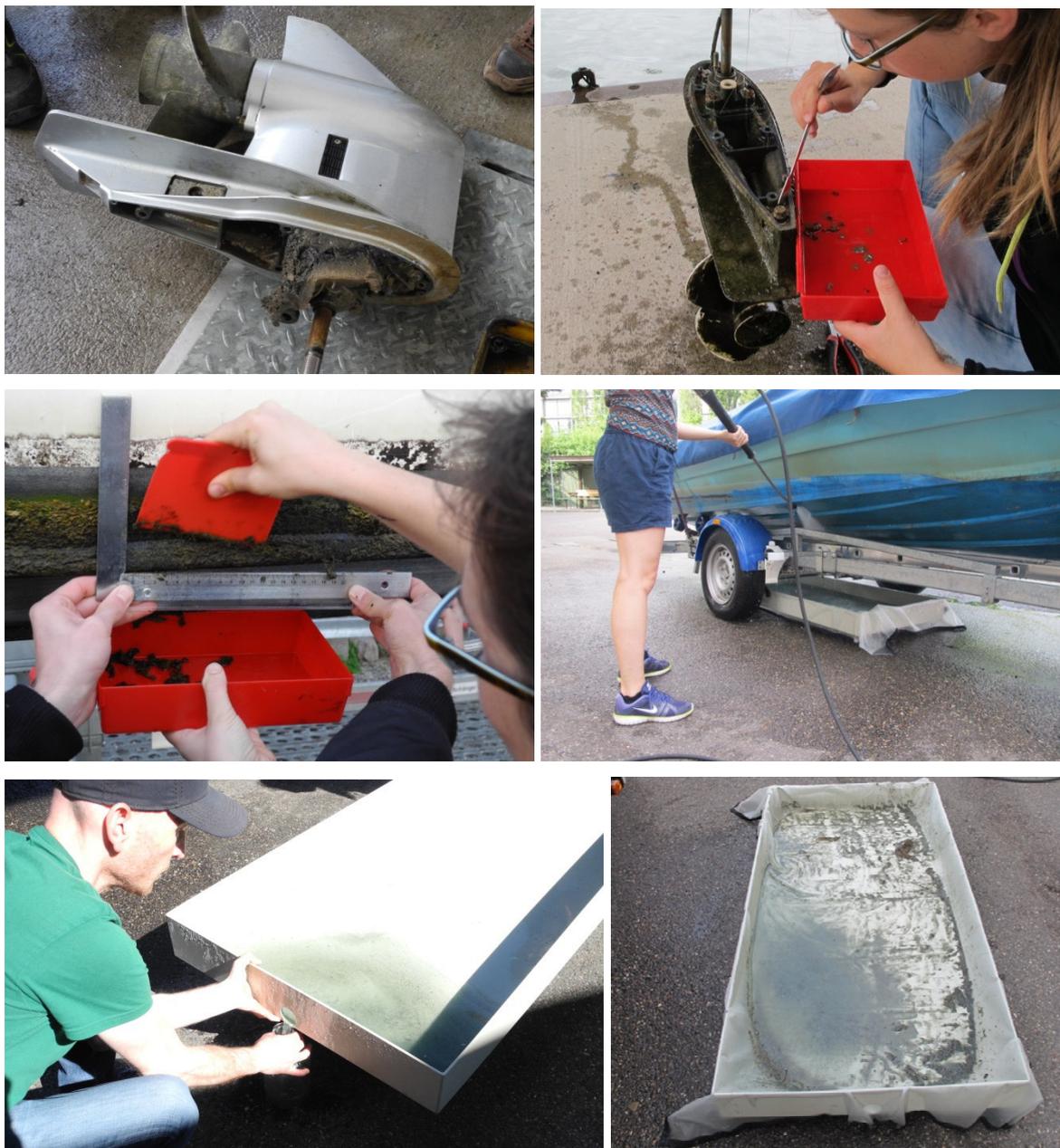
Die Boote wurden durch die Werft Nautic Solutions im Hafenbecken 1 des Basler Rheinhafens mit einem Kran ausgewassert. Vor Ort untersuchte die Uni Basel die Boote auf SMG-Gelege und andere anhaftende Organismen. Für die Demontage der Aussenbordmotoren war der Werftmechaniker verantwortlich. Er legte die Kühlwasserleitungen frei, durch welche bei Motorbetrieb Flusswasser zirkuliert, damit diese auf organisches Material untersucht werden konnten. Es wurden standardisierte Proben des organischen Aufwuchses und anhaftender Organismen entnommen und in Ethanol konserviert. Die Proben gelangten später zur mikroskopischen Untersuchung ins Labor der Uni Basel (Details zu Beprobungsmethoden siehe Anhang C).

### *Bootsreinigung*

Nach der Auswässerung und den Probenahmen wurden die Boote auf einen Trailer verladen, zu einem nahe gelegenen Waschplatz mit Entwässerung in die Kanalisation gefahren und dort gereinigt. Die Reinigung des Bootsrumf samt Aussenbordmotor fand direkt auf dem Trailer statt. Der Bootsrumf und der Aussenbordmotor wurden dabei mit einem Kärcher Hochdruckreiniger und 80°C heissem Wasser gesäubert (Abbildung 2, Abbildung 3). Eine mit Planktonnetz (Maschenbreite: 300 µm) ausgekleidete Plastikwanne (Länge x Breite x Höhe: 150 cm x 75 cm x 12 cm) unter dem Bootstrailer diente zum Auffangen des Waschwassers (Abbildung 2). Am Ende der Reinigung wurde das im Netz aufgefangene Material gesammelt und als Rückstellprobe für allfällige weitere Untersuchungen in Ethanol konserviert.

## Waschwasser-Probenahme

Zu Beginn der Reinigung wurde eine etwa 1 m<sup>2</sup> grosse Fläche des Boottrumpfes während 60 Sekunden intensiv gereinigt und vom anfallenden Waschwasser Proben entnommen (Abbildung 2). Als Kontrollprobe wurde jeweils auch unverschmutztes Wasser direkt aus dem Kärcher Hochdruckreiniger abgefüllt. Die Waschwasser- und Kontrollproben bewahrten wir in einer Kühlbox auf und übergaben diese innerhalb von 3-4 Stunden nach Probenahme dem Umweltanalytiklabor des AUE. Dieses untersuchte die (Ab-)Wasserproben mit verschiedenen massenspektrometrischen Analysemethoden (Methoden-Details siehe Anhang D).



**Abbildung 2 Obere Reihe:** Demontierter Motorfuss mit sichtbaren organischen Ablagerungen und Probenahme am Motorfuss. **Mitte links:** Probenahme am Bootsumpf. **Mitte rechts:** Reinigung eines Motorbootes mit Hochdruck-Reinigungsgerät. **Unten links:** Probenahme des Waschwassers. **Unten rechts:** Auffangwanne mit Planktonnetz.

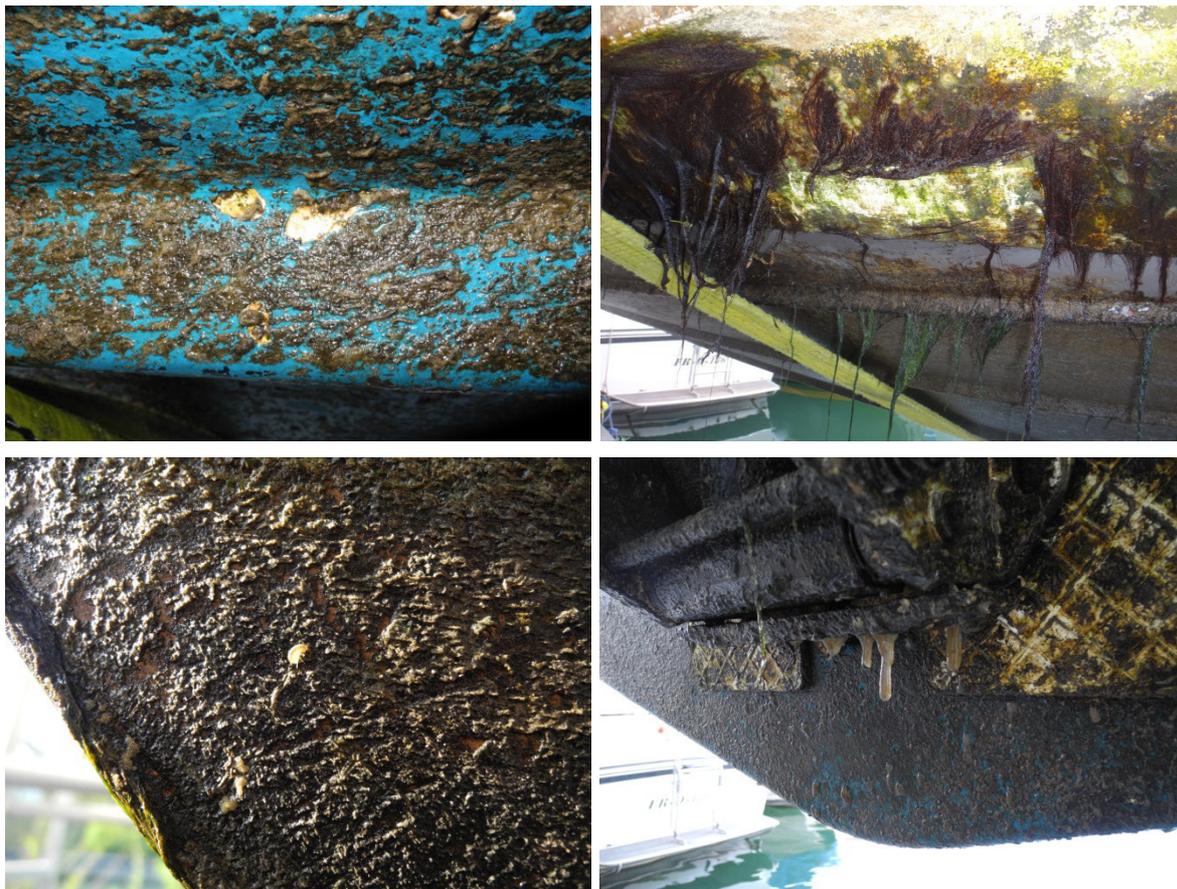


Abbildung 3 Organischer Aufwuchs an verschiedenen Bootsstrukturen.

## Resultate und Erfahrungen

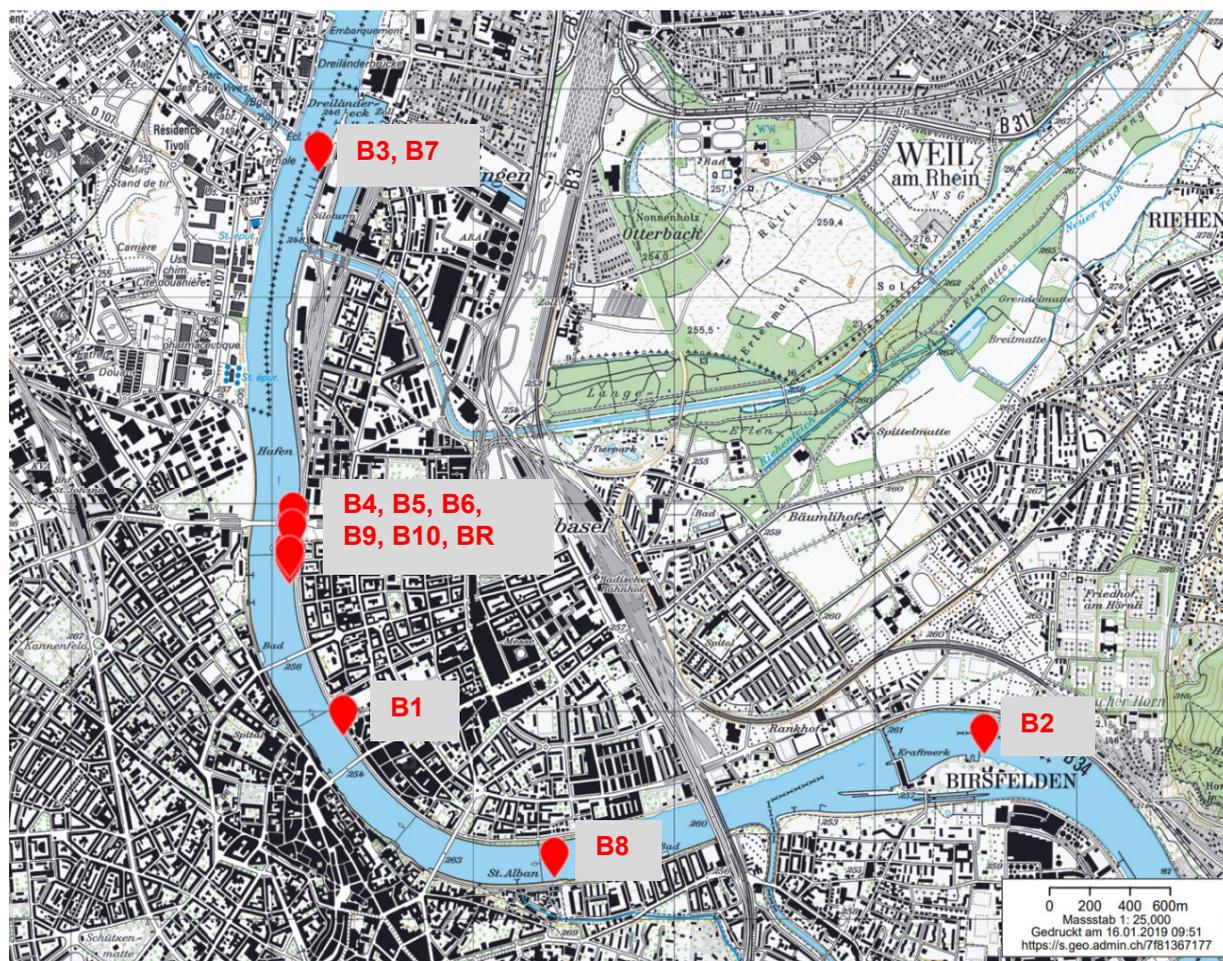
### *Teilnahmebereitschaft der Bootsbesitzer*

Von den insgesamt 95 angeschriebenen Bootsbesitzern erklärten sich 8 bereit, an der Studie teilzunehmen (Teilnahmequote 8%). Darüber hinaus standen ein Motorboot der Rheinpolizei Basel-Stadt und das Vermessungsboot des Tiefbauamts des Kantons Basel-Stadt für die Untersuchungen zur Verfügung. Ein weiterer Bootsbesitzer konnte durch die Werft für das Projekt gewonnen werden.

Total wurden also 11 Boote ins Projekt einbezogen (Tabelle 1, Abbildung 4), wovon eines lediglich gereinigt wurde, weil es bereits mehrere Wochen ausgewassert war. Von zwei weiteren Booten, deren Besitzer sich sehr kurzfristig meldeten, konnten nur Aufwuchs-Proben entnommen werden. Für die Auswertung lagen demzufolge biologische Analysen von 10 Booten bzw. chemische Analysen von 9 Booten vor.

**Tabelle 1** Informationen zu den untersuchten Booten, Probenahmen und Standortbedingungen an den Bootsstandplätzen.

	Boot										
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11
<b>Datum Probenahme</b>	16.04.2018	17.04.2018	19.04.2018	02.05.2018	08.05.2018	07.06.2018	12.06.2018	02.07.2018	09.07.2018	13.07.2018	06.06.2018
<b>Probenahme Bootsumpf</b>	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein
<b>Reinigung Bootsumpf</b>	ja	ja	nein	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja
<b>Probenahme Waschwasser</b>	ja	ja	nein	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja
<b>Probenahme Motor</b>	ja	ja	nein	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	nein
<b>Wassertiefe am Liegeplatz (m)</b>	2.4	3.0	2.7	2.0	2.5	2.4	3.4	3.4	2.0	3.0	-
<b>Strömungsgeschwindigkeit am Liegeplatz (m/s)</b>	1.3	0.9	0.9	1.2	1.2	1.2	0.9	1.3	1.3	1.2	1.3
<b>Letzter Antifouling-Anstrich</b>	2012	2015	?	2016	2016	?	Vor 2016	2016	2017	?	?
<b>Letzte Auswässerung</b>	2012	2017	?	2017	2016/17	2015	2017	2016	2017	?	?
<b>Fahrten seit März 2018</b>	0	3	?	beinahe täglich	0	0	12-13	> 5	2	?	?



**Abbildung 4** Standplätze der untersuchten Kleinboote im Rhein bei Basel.

## Organismen an Bootsrümpfen und in Aussenbord-Motoren

An allen Booten war ein mehr oder weniger starker organischer Aufwuchs am Rumpf und an den untergetauchten Teilen der Motoren vorhanden (Abbildung 3). Es konnten aber keine SMG-Gelege festgestellt werden.

Organische Ablagerungen und Organismen fanden sich auch regelmässig in den Kühlwasserleitungen der Motoren.

Ein auffälliger Befund war, dass sich in den Motoren, welche am Bootsstandplatz konsequent hochgeklappt und dadurch trockengelegt wurden, keine Ablagerungen und Organismen in den Kühlwasserleitungen befanden.

Die gefundenen Makroinvertebraten entsprachen der typischen im Basler Rhein lebenden Lebensgemeinschaft, deren Artenzusammensetzung mitteleuropäischen Flusssystemen mit organisch geprägtem Untergrund entspricht (Tabelle 2). Am weitaus häufigsten waren Dipteren (v.a. Zuckmückenlarven), gefolgt von Oligochaeten, Flohkrebse (Amphipoda) und Köcherfliegen (Trichoptera).

An invasiven Neozoen wurden der Grosse Höckerflohkrebs (*Dikerogammarus villosus*, an allen 10 Booten) sowie der Süsswasser-Röhrenkrebs (*Chelicorophium curvispinum*, an 3 Booten) gefunden. An zwei Booten haftete zudem die invasive Zebrauschel (*Dreissena polymorpha*).

## Reinigung der Boote

Der organische Aufwuchs liess sich mit dem Hochdruckreiniger gut beseitigen. Teilweise blieben jedoch Spuren von hartnäckigem Algenbewuchs zurück, die sich kaum entfernen liessen. Bei manchen Booten löste sich während der Reinigung der Antifouling-Anstrich. Nach Rücksprache mit der Werft ist dies ein Zeichen dafür, dass der Anstrich erneuert werden muss und nicht für einen durch die Hochdruckreinigung verursachten Schaden. Viele Bootsrümpfe hatten Rillen oder Kiele in Längsrichtung. Dadurch waren manche Stellen schlecht zugänglich, und die Reinigung erforderte einiges an körperlicher Beweglichkeit. Auch im Heckbereich und auf den Verschalungen der Aussenbordmotoren befanden sich oft schlecht zugängliche Nischen. Je nach Farbe des Bootsrumpfes war teilweise auch schwer zu erkennen, ob der Aufwuchs bereits vollständig entfernt war oder nicht. Da die Boote auf einem Trailer lagen, konnten zudem die durch die Trailerstützen verdeckten Teile des Rumpfes nicht gereinigt werden.

## **Zeitlicher Aufwand für Probenahme und Reinigung**

Für die verschiedenen Arbeitsschritte war folgender zeitlicher Aufwand nötig:

- Hin- und Rücktransport des gemieteten Trailers: ca. 90 min
- Bootsauswässerung und Verlad auf Trailer: ca. 40 min
- Untersuchungen an Bootsrumpf und Aussenbordmotor inkl. Probenahme: ca. 40 min
- Bootstransport zum Waschplatz mit Trailer: ca. 15 min
- Reinigung mit Hochdruckreiniger: ca. 70 min
- Probenahme Waschwasser und aufgefangenes organisches Material: ca. 20 min
- Bootstransport zur Werft mit Trailer: ca. 15 min
- Bootseinwässerung: ca. 40 min

Der totale zeitliche Aufwand belief sich pro Boot auf durchschnittlich ca. 330 min.

## **Waschwasser-Analysen**

### Metalle

In den Waschwasser-Proben wurden regelmässig hohe Schwermetall-Belastungen gemessen (Tabelle 3):

In 8 von 9 Proben überschritten die Kupfer-Konzentrationen den zulässigen Grenzwert für die Einleitung von Industrieabwasser in die öffentliche Kanalisation teilweise massiv (GSchV Anhang 3.2, Ziffer 2; SR 814.201). Ebenso lagen die Zink-Konzentrationen in 3 Proben über dem Grenzwert, und in einer Probe wurde der Arsen-Grenzwert überschritten.

### Biozide

Erwartungsgemäss konnten auch Biozide im Waschwasser festgestellt werden (Tabelle 4): Insgesamt wurden 9 Stoffe und dazugehörige Metaboliten gemessen. Benzisothiazolinon kam regelmässig in Blind- und Waschwasserproben vor. Dieser Stoff ist als Konservierungsmittel in Farben, Klebstoffen, Dichtungen, etc. enthalten. Die Belastungen stammen mit hoher Wahrscheinlichkeit aus dem verwendeten Hochdruckreinigungsgerät oder den wasserzuführenden Anlagen. Dass die Konzentrationen dieses Stoffes in den Kontrollproben meist höher waren als im Waschwasser, kann damit erklärt werden, dass die Kontrollproben jeweils vor den Waschwasserproben erhoben wurden. Das Kontrollprobenwasser hatte daher eine längere Standzeit im Hochdruckreinigungssystem und wies dadurch grössere Verunreinigungen auf.

Im Vergleich zu den Metallen ist die Beurteilung der Biozidkonzentrationen schwieriger, da für diese keine zulässigen Einleitkonzentrationen für Abwasser definiert sind. In der GSchV

sind lediglich Anforderungswerte für die Konzentration von organischen Pestiziden von 0.1 µg/l je Einzelstoff in Oberflächengewässern vorgegeben (GSchV, Anhang 2; SR 814.201). Für 4 der gefundenen Pestizide sind „Predicted No Effect Concentration“-Werte (PNEC) bzw. EU-Umweltqualitätsnorm-Werte (**JD-UQN**) verfügbar. Für zwei dieser Pestizide (Benzisothiazolinon und Irgarol) wurden wiederholt Überschreitungen des PNEC im Waschwasser festgestellt.

#### Weitere Stoffe

Weitere auffällige Stoffe in den Waschwasserproben waren Benzotriazol (Korrosionsschutzmittel), Naphtalinsulfonsäure (Farbstoffindustrie) und Oxypurinol (Medikamentenmetabolit) (Anhang D, Tabelle A1). Oxypurinol ist als Hintergrundbelastung im Rheinwasser nachweisbar. Die erhöhten Werte in den Waschwasserproben lassen auf eine Bioakkumulation von Oxypurinol im organischen Aufwuchs schliessen. Die erhöhten Kontrollproben-Werte von Benzothiazol, welches in der Gummiproduktion verwendet wird, stammen mit grosser Wahrscheinlichkeit aus dem Hochdruckreinigungssystem (vgl. Diskussion zu Benzisothiazolinon, Abschnitt Biozide).

**Tabelle 2** Liste der in den Aufwuchs-Proben vom Rumpf (R) und Motor (M) gefundenen Anzahl Organismen. Bei B3, B6 und B8 wurde der Motorinnenraum nicht untersucht. Neozoen sind in rot aufgeführt.

Organismen- gruppe	Spezies / Status	Boot																		Total Ind.		
		B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7		B8		B9			B10	
		R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M		R	M
<i>Diptera</i>	Heimische Arten	91	22	36	24	228	-	351	0	756	0	124	-	878	1	197	-	409	0	637	22	3776
<i>Oligochaeta</i>	Heimische Arten	7	2	14	0	0	-	63	0	385	0	0	-	5	0	0	-	4	3	2	0	485
<i>Amphipoda</i>	<i>Dikerogammarus villosus</i>	0	3	1	3	15	-	29	0	10	0	15	-	7	5	93	-	2	0	16	23	222
<i>Amphipoda</i>	<i>Chelicorophium curvispinum</i>	0	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0	-	2	0	15	-	0	0	0	0	18
<i>Amphipoda</i>	Heimische Arten	3	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	-	2	0	0	-	0	0	2	0	7
<i>Trichoptera</i>	Heimische Arten	0	0	0	0	32	-	0	0	2	0	59	-	6	0	11	-	4	0	22	0	136
<i>Ephemeroptera</i>	Heimische Arten	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	90	-	1	0	0	-	1	0	0	0	92
<i>Mollusca</i>	<i>Dreissena polymorpha</i>	0	0	0	0	3	-	0	0	0	2	-	-	0	0	0	-	0	0	0	0	5
<i>Mollusca</i>	Heimische Arten	0	0	0	0	1	-	0	0	0	2	-	-	0	0	0	-	0	0	0	0	3
<i>Acari</i>	Heimische Arten	0	0	0	0	0	-	0	0	0	2	-	-	0	0	0	-	1	0	0	0	3
<i>Coleoptera</i>	Heimische Arten	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	-	1	0	0	-	0	0	0	0	1

**Tabelle 3** Metallkonzentrationen in Waschwasser- und Kontrollproben. Überschreitungen der Grenzwerte für die Einleitung in Gewässer bzw. die öffentliche Kanalisation (Anhang 3.2 Ziff. 2 GSchV) sind rot markiert. na = keine Messwerte.

Parameter	Einheit	B1 Kontrolle	B1 Waschwasser	B2 Kontrolle	B2 Waschwasser	B4 Kontrolle	B4 Waschwasser	B5 Kontrolle	B5 Waschwasser	B7 Kontrolle	B7 Waschwasser	B8 Kontrolle	B8 Waschwasser	B9 Kontrolle	B9 Waschwasser	B10 Kontrolle	B10 Waschwasser	B1 Kontrolle	B11 Waschwasser	Grenzwert für Einleitung in Gewässer / Kanalisation
Antimon (Sb)	µg/l	0.36	1	na	0.59	0.3	1.4	0.28	2.4	0.35	0.74	0.34	0.39	0.32	0.79	0.29	0.48	0.31	0.61	-
Arsen (As)	µg/l	<1.00	160	na	3.8	<1.00	15	<1.00	8.3	<1.00	17	<1.00	1.1	1.2	36	<1.00	5.3	<1.00	5.6	100
Blei (Pb)	µg/l	5.1	19	na	6.3	0.7	12	<1.00	36	<1.00	12	<1.00	5.6	1.4	12	<1.00	3.8	<1.00	4.6	500
Cadmium (Cd)	µg/l	0.04	0.49	na	0.07	<0.020	0.59	<1.00	<1.00	<5.00	5	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	100
Chrom (Cr)	µg/l	1.3	56	na	7.9	<0.50	23	<1.00	23	<1.00	22	<1.00	2.8	<1.00	15	1.3	8.1	<1.00	4.8	2000
Kupfer (Cu)	µg/l	150	10600	na	1600	14	3700	17	69600	11	25900	11	633	12	9300	10	2810	11	6920	500 / 1000
Nickel (Ni)	µg/l	4	37	na	7.7	6.8	28	2	27	3	18	3.3	4.2	2.5	13	3.1	10	3.1	6.2	2000
Quecksilber (Hg)	µg/l	<0.100	<0.10	na	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.44	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	50*
Zink (Zn)	µg/l	100	9500	na	80	290	1100	259	5980	283	567	242	397	240	5700	174	310	240	1640	2000
Zinn (Sn)	µg/l	4	4.8	na	4.4	<0.5	5.2	<2.0	73	2	3.7	<2.0	<2.0	18	8.8	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	2000*

\* Zulässige Tagesmittelwerte für die Branche Oberflächenbehandlung/Galvanik (Anhang 3.2 Ziff. 2 GSchV)

**Tabelle 4** Konzentrationen von Bioziden und ihren Metaboliten in Waschwasser- und Kontrollproben. Überschreitungen von PNEC und JD-UQN sind rot markiert. na = keine Messwerte.

Parameter	Einheit	B1 Kontrolle	B1 Waschwasser	B2 Kontrolle	B2 Waschwasser	B4 Kontrolle	B4 Waschwasser	B5 Kontrolle	B5 Waschwasser	B7 Kontrolle	B7 Waschwasser	B8 Kontrolle	B8 Waschwasser	B9 Kontrolle	B9 Waschwasser	B10 Kontrolle	B10 Waschwasser	B11 Kontrolle	B11 Waschwasser	PNEC <sup>1</sup>	JD-UQN <sup>2</sup>	
Benzisothiazolin-3-on	µg/l	na	0.54	na	<0.025	6.4	0.54	4	2.9	3.2	0.078	3.2	4.4	4.2	0.1	2.6	0.08	4	9.5	1.1		
Desethyl-2-hydroxyterbutylazin	µg/l	na	<0.010	na	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.41	<0.010	<0.010	<0.010	0.019	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010		
Diethyltoluamid (DEET)	µg/l	na	0.006	na	0.007	0.055	0.048	0.005	0.005	0.008	0.02	0.006	0.008	0.006	0.095	0.026	0.038	0.023	0.033	4.3		
Dimethachlor-OXA	µg/l	na	<0.010	na	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.038	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010		
Dimethylamino-sulfanilid	µg/l	na	<0.010	na	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	8.8	<0.010	<0.010	<0.010	0.045	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.13		0.2	
Diuron	µg/l	na	<0.005	na	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.09	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005		
Irgarol	µg/l	na	<0.010	na	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.22	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.15	0.002		
Metolachlor	µg/l	na	<0.005	na	<0.005	<0.005	0.026	<0.005	0.012	<0.005	0.007	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.007	0.015			
Metolachlor-OXA	µg/l	na	<0.005	na	<0.005	0.036	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.031	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.052			
Metolachlor-ESA	µg/l	na	0.007	na	0.007	0.009	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.006	0.005	0.006	0.007	0.007	0.006	0.006	0.011			
Propiconazol	µg/l	na	<0.010	na	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.2	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010		

<sup>1</sup> Predicted No-Effect-Concentration

<sup>2</sup> Jahresdurchschnittswert Umweltqualitätsnorm, Richtlinie 2013/39/EU der Europäischen Union

## Fazit und Empfehlungen

Die wichtigsten Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.

### **Risiko der Verschleppung von Schwarmeergrundeln und anderen Neobiota durch Kleinboote**

An den untersuchten Kleinbooten wurden keine SMG-Gelege gefunden. Dieses Resultat lässt den vorläufigen Schluss zu, dass Kleinboote unter vergleichbaren Bedingungen kein bevorzugtes Laichsubstrat für SMG darstellen. Aufgrund der relativ kleinen Stichprobenzahl müssen die Resultate aber mit Vorsicht interpretiert werden. Ausserdem befanden sich die Standplätze der Boote alle in mässig bis stark strömenden Abschnitten des Rheins, bei Wassertiefen zwischen 2.0 und 3.4 m (mittlerer Wasserstand). Diese Strömungsbedingungen und Wassertiefen, welche typisch für Bootsstandplätze im Rhein bei Basel sind, erschweren den SMG das Erreichen der Bootsrümpfe. Die Resultate sind aber nicht repräsentativ für Standplätze mit geringem Abstand zum Gewässergrund oder in schwach strömenden oder stehenden Abschnitten (z.B. Staubereich Kraftwerk Augst).

Die regelmässigen Funde von neozoischen Flohkrebse und teilweise auch Muscheln zeigen jedoch, dass eine Bootsreinigung vor einem Gewässerwechsel ausserordentlich wichtig ist. Insbesondere konnten Kühlwasserleitungen von Aussenbordmotoren als Reservoir von Organismen bestätigt werden. Während des Motorbetriebs wird Wasser samt den darin vorhandenen Organismen angesaugt und durch die Kühlwasserleitungen geführt. Verbleibt der Motorfuss nach dem Betrieb im Wasser, trocknet der untere Teil der Leitungen nicht aus, und Organismen können darin überleben. Neben der Verschleppung von Flohkrebse und Muscheln wäre dadurch theoretisch auch eine Verschleppung von Grundellarven möglich. Juvenile Grundeln einer Grösse von ca. 0.5-1.2 cm steigen während der Dämmerung und Nacht in die Wassersäule auf, um sich mit der Strömung verdriften zu lassen<sup>3</sup>. Dabei besteht die Gefahr, dass sie von Bootsmotoren angesaugt werden. Die Untersuchungen der Kühlleitungen haben auch gezeigt, dass diese organismenfrei bleiben, wenn der Aussenbordmotor nach der Fahrt hochgestellt und aus dem Wasser genommen wird (Tabelle 2, Boote B4 und B5). Durch konsequentes Hochstellen der Motoren kann das Risiko der Verschleppung über diesen Weg auf einfache Weise minimiert werden.

---

<sup>3</sup> Borcharding, J, Arndt, H, Breiden, S, Brenner, K, Heermann, L, Hofer, S, Leistenschneider, C, Lindner, J, Staas, S und Gertzen S (2016). Drift of fish larvae and juveniles in the Lower Rhine before and after the goby invasion. *Limnologica* 59: 53-62.

Das aktuelle Merkblatt<sup>4</sup> für Bootsbesitzer mit Empfehlungen zur Reinigung von Freizeitbooten sollte mit dieser Information ergänzt werden

### **Bootsreinigung mit Hochdruckreiniger sowie zeitlicher und finanzieller Aufwand**

Die Reinigung von Bootsrümpfen und Aussenbordmotoren mit einem Hochdruckreiniger ist grundsätzlich einfach durchzuführen. Die Erfahrungen haben aber gezeigt, dass schwer zugängliche Stellen auf der Unterseite des Bootes oder am Motor sehr leicht übersehen oder mit dem Hochdruckreiniger nicht erreicht werden können. Liegt das Boot auf einem Trailer – was die häufigste Ausgangslage darstellt – werden wenig bewegliche oder ältere Personen zudem Mühe haben, alle Stellen zu erreichen. Eine gründliche Reinigung des Bootes setzt also eine gewisse Fitness, Aufmerksamkeit und Motivation der reinigenden Person voraus. Der zeitliche Aufwand für die Aussenreinigung von Bootsrumpf und Motor liegt bei etwa 60 – 70 Minuten.

Da die Reinigung unbedingt an einem dafür vorgesehenen Waschplatz mit Kanalisationsanschluss erfolgen muss (siehe unten), entstehen zusätzlich Kosten für die Benutzung der Waschanlage und den Transport dorthin. Demzufolge hängen der finanzielle und zeitliche Aufwand für die Bootsreinigungen auch stark von der räumlichen Verteilung der empfohlenen Waschanlagen ab.

### **Belastung und Umgang mit Waschwasser**

Die chemische Belastung des Waschwassers war bei allen Proben erheblich. Kupfer und Zink wurden regelmässig nachgewiesen, und die gemessenen Konzentrationen überschritten die Grenzwerte für die Einleitung von Industrieabwasser in die Kanalisation oder das Gewässer teilweise massiv. Kupfer- und Zinkverbindungen finden aufgrund ihrer bioziden Wirkung häufig Verwendung in aktuellen Antifouling-Produkten. In einer Probe wurde zudem eine Grenzwertüberschreitung für Arsen gemessen. Für arsenhaltige Antifouling besteht seit 2005 ein Anwendungsverbot (ChemRRV Anhang 2.4, Ziffer 4.2; SR 814.81). Das betroffene Boot erhielt letztmals im Jahr 2012 einen neuen Antifouling-Anstrich. Ob dabei ein nicht zugelassenes arsenhaltiges Produkt verwendet wurde oder die Verunreinigung aus einer anderen Quelle stammt, ist unklar. Neben Metallen wurden im Waschwasser auch Biozide in auffälligen Konzentrationen nachgewiesen. Diese Verunreinigungen sind schwieriger zu bewerten als die Metallkonzentrationen, da für Biozide keine Grenzwerte für die Einleitung existieren und oft ökotoxikologische Beurteilungskriterien wie die PNEC fehlen. Für die Biozide

---

<sup>4</sup> Merkblatt für Bootsbesitzer der Jagd- und Fischereiverwalterkonferenz, der Universität Basel und des Bundesamts für Umwelt:

[https://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwinmYyHvurgAhWJ16QKHeDmA\\_wQFIAAegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.bafu.admin.ch%2Fdam%2Fbafu%2Fde%2Fdokumente%2Ffischerei%2Ffachinfo-daten%2FRZ-Merkblatt-Bootbesitzer-DE-181113.pdf.download.pdf%2FRZ-Merkblatt-Bootbesitzer-DE-181113.pdf&usg=AOvVaw38jn6zrllJee\\_00Bz12Kld](https://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwinmYyHvurgAhWJ16QKHeDmA_wQFIAAegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.bafu.admin.ch%2Fdam%2Fbafu%2Fde%2Fdokumente%2Ffischerei%2Ffachinfo-daten%2FRZ-Merkblatt-Bootbesitzer-DE-181113.pdf.download.pdf%2FRZ-Merkblatt-Bootbesitzer-DE-181113.pdf&usg=AOvVaw38jn6zrllJee_00Bz12Kld)

Benzisothiazolinon und Irgarol (Cybutryn) wurde in einigen Proben deutliche Überschreitungen der PNEC gemessen. Im Falle von Benzisothiazolinon stammt die Verunreinigung jedoch nicht vom Bootanstrich sondern aus dem Hochdruckreinigungssystem.

Aufgrund der Resultate muss von einer hohen chemischen Belastung des bei einer Hochdruckreinigung anfallenden Waschwassers ausgegangen werden.

Da in 8 von 9 Waschwasserproben die zulässigen Grenzwerte für die Einleitung von Industrieabwasser in die Kanalisation überschritten wurden (Anhang 3.2 Ziff. 2 GSchV; SR 814.201), ist eine spezielle Vorbehandlung des Abwassers an Bootswaschplätzen erforderlich. Beispielsweise könnte das Abwasser separat aufgefangen und von einem Saugwagenunternehmen fachgerecht entsorgt werden. Alternativ dazu wäre eine Behandlung des Waschwassers mit Fällmitteln und eine nachfolgende Entsorgung des mit Schwermetallen belasteten Sediments möglich.

## ANHANG

A



Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt  
Amt für Umwelt und Energie



Universität  
Basel

Basel, 19.03.2018

### **Reinigung von Sportbooten gegen die Verschleppung landesfremder Arten (Pilotprojekt)**

Sehr geehrte/r Bootsbesitzer/in

Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass mit Freizeitbooten oft unbemerkt landesfremde Arten wie Muscheln, Fischeier, Algen etc. in andere Gewässer verschleppt werden (vgl. Merkblatt in der Beilage). Aus diesem Grund wollen das Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt (AUE) und die Universität Basel in diesem Frühsommer rund 20 Boote aus dem Rhein gründlich untersuchen und anschliessend mit einem Hochdruckreiniger professionell reinigen. Das Pilotprojekt hat unter anderem zum Ziel, Notwendigkeit, Wirksamkeit und Aufwand von Bootsreinigungen zu ermitteln.

Für dieses Pilotprojekt suchen wir Bootbesitzer, die uns bei unserer Untersuchung unterstützen. Dabei darf das Boot höchstens 15 m lang und mindestens seit November 2017 nicht mehr als 4 Tage ausgewassert worden sein. Wir bieten Ihnen:

- ➔ Eine **kostenlose Reinigung** des Bootsrumpfs an einem individuell vereinbarten **Reinigungstermin zwischen Mai und Juli 2018**.
- ➔ Das **Aus- und Einwassern sowie der Transport zur Waschanlage** auf einem zur Verfügung gestellten Trailer (falls benötigt) sind für Sie **unentgeltlich**.

Im Gegenzug bitten wir Sie, uns für die Auswertung der Studie einen kurzen Fragebogen auszufüllen.

Falls Sie interessiert sind, mit Ihrem Boot die Wissenschaft und den Umweltschutz zu unterstützen und das Boot gleichzeitig von lästigem Bewuchs befreien zu lassen, freuen wir uns auf Ihre Anmeldung. Folgende Personen stehen Ihnen bei weiteren Fragen gerne zur Verfügung:

- Mirica Scarselli, AUE, Fachstelle Oberflächengewässer, [mirica.scarselli@bs.ch](mailto:mirica.scarselli@bs.ch), Tel. +41 61 639 22 10
- Karen Bussmann, Universität Basel, [karen.bussmann@unibas.ch](mailto:karen.bussmann@unibas.ch), Tel. +41 61 207 04 21

Freundliche Grüsse

Dr. Paul Svoboda  
Abteilungsleiter

Prof. Dr. Patricia Holm  
Programm MGU, Universität Basel

Weitere Informationen:

- Merkblatt Bootsbesitzer (Beilage)
- <http://mgu.unibas.ch/forschung/schwarzmeergrundelninderschweiz/>

B



Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt  
Amt für Umwelt und Energie



Universität  
Basel

### Reinigung von Sportbooten gegen die Verschleppung landesfremder Arten (Pilotprojekt)

Sie haben Ihr Boot für unser Bootsreinigungsprojekt zur Verfügung gestellt – danke!  
Wir benötigen noch einige Hintergrundinformationen zu Ihrem Boot. Diese werden dazu verwendet, das Vorkommen von Fouling-Organismen an Ihrem Boot zu verstehen. Ihr Name und die Bootsnummer dienen dabei ausschliesslich der Zuordnung der bei der Reinigung gewonnenen Daten zu Ihrem Fragebogen. Sie werden bei der Auswertung anonymisiert. Bitte füllen Sie den Fragebogen aus, soweit es Ihnen möglich ist. Die Beantwortung der Fragen dauert etwa 10-15 Minuten.  
Danke für Ihre Kooperation!

### Fragebogen Bootsbesitzer

Vor-/Nachname Bootshalter: \_\_\_\_\_

Bootsnummer: \_\_\_\_\_

1. In welchem Yachthafen liegt Ihr Boot?
2. Aus welchem Material besteht Ihr Boot?
3. Wie alt ist Ihr Boot (Baujahr)? Falls keine genaue Information vorliegt: Schätzung.
4. Wie wird Ihr Boot gestrichen? <input type="checkbox"/> Von mir selbst <input type="checkbox"/> Von einer Werft/einem Bootsbauer
5. Ist Ihr Boot mit Antifouling gestrichen? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein  Falls ja, welches Antifouling benutzen Sie?
6. Wann wurde Ihr Boot das letzte Mal gestrichen?
7. In welcher Werft lassen Sie Ihr Boot warten?



8. Von wann bis wann war Ihr Boot das letzte Mal ausserhalb des Wassers?

In welcher Marina wurde Ihr Boot das letzte Mal ausgewässert?

9. Wann wurde Ihr Boot das letzte Mal gefahren?

10. Wie viele Ausfahrten haben Sie mit Ihrem Boot seit März 2018 unternommen?

11. Wie weit sind Ihre Ausfahrten normalerweise?

Wie lange dauern Ihre Ausfahrten normalerweise?

12. Wie schnell fahren Sie mit Ihrem Boot?

Durchschnittlich:

Maximal:

13. Wie oft pro Jahr überführen Sie Ihr Boot in andere Gewässer?

Falls Sie Ihr Boot überführen, in welche Gewässer?

14. Zu welchem Zweck benutzen Sie Ihr Boot? Mehrfachnennungen möglich.

- Ausflüge (eintägig)
- Touren (mehrtägig)
- Wassersport
- Angeln
- Anderes, nämlich \_\_\_\_\_

15. Welches Naturerlebnis verbinden Sie mit dem Bootfahren? Mehrfachnennungen möglich.

- Naturbeobachtung
- Schwimmen/Baden
- Fischen/Angeln
- Anderes, nämlich \_\_\_\_\_
- Natur spielt für mich beim Bootfahren keine Rolle.



16. An welcher Stelle an Ihrem Boot könnten Sie sich vorstellen, dass Fische ihre Eier ablegen?

Anmerkungen:

Basel, 28. März 2018

**Fragebogen bitte zurücksenden an:**

Universität Basel | Programm MGU  
Frau Karen Bussmann  
Vesalgasse 1  
CH-4051 Basel

karen.bussmann@unibas.ch  
+41 61 207 04 21 <https://mgu.unibas.ch>

## **C**

### **Probenahmen am Bootsrumppf und Motor:**

Von jeder Bootsrumppfseite (links und rechts) wurden 2 zufällig gewählte Rechtecksflächen von 20 cm x 10 cm im vorderen und im hinteren Bereich beprobt (insgesamt 4 Proben pro Boot). Die Proben wurden mit einem Plastikspachtel vom Rumpf abgeschabt und in Ethanol (70%) konserviert. Die beprobten Flächen wurden fotografisch dokumentiert.

Weiter wurde auffälliges Aufwuchsmaterial von Aussenbordmotorverkleidungen, Rohröffnungen, Stangen, Trimmklappen, Badeleitern, etc. mit einem Spatel oder Löffel abgeschabt und in Ethanol konserviert.

### **Probenahmen aus Kühlwasserleitungen der Aussenbordmotoren:**

Der Motorfuss der Aussenbordmotoren wurde durch Mitarbeiter der Werft Nautic Solutions demontiert. Vorhandene organische Ablagerungen in der Kühlwasserleitung im Bereich des Motorschafts wurden abgekratzt und in Ethanol konserviert.

### **Probenahme des bei der Hochdruckreinigung aufgefangenen Materials:**

Das Waschwasser der Hochdruckreinigung wurde in einer Wanne mit einem Planktonnetz (Maschenbreite: 300 µm) gefiltert. Das aufgefangene Material wurde als Rückstellprobe für allfällige weitere Untersuchungen in Ethanol konserviert.

### **Mikroskopische Analysen der Proben:**

Die von Rumpf und Motor abgeschabten Proben eines Bootes wurden durchmischt und davon jeweils eine standardisierte Menge (2 Teelöffel) mikroskopisch untersucht (Probenanalyse durch Programm MGU, Universität Basel). Die Proben aus den Kühlwasserleitungen der Aussenbordmotoren wurden separat und mit der gleichen Methodik untersucht. Die vorhandenen Tiere wurden auf das tiefstmögliche taxonomische Niveau bestimmt.

## **D**

### **Analysen der Waschwasserproben**

Die Proben wurden durch das Umweltanalytiklabor des AUE mit Flüssig- (LCMS) und Gaschromatografie (GCMS) mit Massenspektrometrie-Kopplung analysiert. Die Gehalts-Bestimmung der Metalle erfolgte mit Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS).

Die LCMS-Resultate wurden mit einer semiquantitativen automatisierten Methode mit der Software enviMass ausgewertet. Die Messgenauigkeit der Methode liegt bei  $\pm 25\%$ .

Es wurden GCMS-Methoden für die Erfassung von häufig auftretenden, bekannten „Target“-Substanzen (leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe und Lösungsmittel) und von „Non-Target“-Substanzen (Erfassung aller relevanten Substanz-Peaks der Probe) angewandt.

Die GCMS-Methoden für „Target“-Substanzen lieferte Resultate mit einer Messgenauigkeit von  $\pm 20\%$ .

Die GCMS-Methode zur Erfassung von „Non-Target“-Substanzen lieferte Resultate mit einer Messgenauigkeit von  $\pm 50\%$ .

Die Gehalts-Bestimmung der Metalle (gelöste und feste Bestandteile) durch ICP-MS ergab Resultate mit einer Messgenauigkeit von  $\pm 10\%$ .

**Tabelle A1** Weitere Stoffe in Waschwasser- und Kontrollproben. na = keine Messwerte.

Parameter	Verwendung, Quelle*	Einheit	B1 Kontrolle	B1 Waschwasser	B2 Kontrolle	B2 Waschwasser	B4 Kontrolle	B4 Waschwasser	B5 Kontrolle	B5 Waschwasser	B7 Kontrolle	B7 Waschwasser	B8 Kontrolle	B8 Waschwasser	B9 Kontrolle	B9 Waschwasser	B10 Kontrolle	B10 Waschwasser	B11 Kontrolle	B11 Waschwasser
Benzothiazol	G	µg/l	na	1.2	na	2.1	12	3.8	1.4	13	120	16	57	7.8	2	0.36	2	0.83	240	21
Benzo-triazol	K	µg/l	na	1.5	na	2	0.017	2.3	0.01	1.7	0.018	0.58	0.023	0.76	0.014	2.2	0.012	0.41	0.026	1.4
O,N-Didesvenlafaxin	P	µg/l	na	<0.005	na	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.075
Metformin	P	µg/l	na	0.02	na	0.048	<0.005	0.014	<0.005	0.029	<0.005	0.1	<0.005	0.017	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.027
MTBE	T/L	µg/l	<0.050	<0.050	na	<0.050	<0.050	<0.050	0.054	0.19	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Summe 4-Methylbenzo-triazol, 5-Methylbenzo-triazol	K	µg/l	na	0.54	na	0.69	0.088	0.6	0.012	0.66	0.037	0.13	0.038	0.23	<0.010	<0.010	0.013	0.071	0.064	0.39
2-Naphtalin-sulfonsäure	I	µg/l	na	0.35	na	8.7	0.042	0.12	<0.005	0.39	0.014	0.021	0.016	0.015	0.01	0.016	0.025	0.031	0.023	0.18
Oxypurinol	P	µg/l	na	0.69	na	0.7	<0.020	<0.020	<0.020	0.88	0.21	3.7	0.1	2.7	0.02	9	0.013	7.4	0.11	9.7
Paracetamol	P	µg/l	na	<0.010	na	<0.010	<0.010	0.016	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.023	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Propranolol	P	µg/l	na	<0.010	na	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.11
Sotalol	P	µg/l	na	<0.010	na	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.014	<0.010	0.022	<0.010	<0.010	<0.010	0.022
Sulfamethoxazol	P	µg/l	na	<0.010	na	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.04
Toluol	T/L	µg/l	0.4	<0.25	na	<0.25	0.66	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
Toluol-4-sulfonsäure	I	µg/l	na	0.11	na	0.44	0.021	0.32	0.034	0.13	0.11	0.037	0.091	0.07	0.009	0.047	0.01	0.024	0.037	0.35
1,2,4-Trimethylbenzol	L	µg/l	<0.25	<0.25	na	<0.25	<0.25	<0.25	0.3	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	0.34	<0.25	<0.25
Summe m-Xylol und p-Xylol	L	µg/l	<0.25	<0.25	na	<0.25	0.75	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	0.26	<0.25	<0.25
o-Xylol	L	µg/l	<0.25	<0.25	na	<0.25	0.33	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	0.39	<0.25	<0.25

\* G = Gummiproduktion, I = Industriechemikalie, K = Korrosionsschutzmittel, Le = Lebensmittelproduktion, L = Lösungsmittel, P = Pharmazeutika, T = Treibstoffe