TEXTE
35/2020

Minimierung von Umweltrisiken der Antifouling-Schiffsanstriche in Deutschland: Entwicklung von Handlungsoptionen im Rahmen der Produktzulassung

Abschlussbericht

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

TEXTE 35/2020

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3715 6740 40
FB000037

Minimierung von Umweltrisiken der Antifouling-Schiffsanstriche in Deutschland: Entwicklung von Handlungsoptionen im Rahmen der Produktzulassung

von

Maria Redeker, Ricarda Rissel, Daniel Schwandt, Björn Meermann
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

/umweltbundesamt.de
/umweltbundesamt

Durchführung der Studie:
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Abschlussdatum:
April 2018

Redaktion:
Fachgebiet IV 1.2 Biozide

Publikationen als pdf:
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Februar 2020

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Im Auftrag des Umweltbundesamtes und gefördert vom BMUB führte die BfG das Forschungsprojekt „Minimierung von Umweltrisiken der Antifouling-Schiffsanstriche in Deutschland“ durch.

Das Projekt untergliedert sich in fünf Arbeitspakete:

Im ersten Arbeitspakt wurde auf der Datenbasis eines Vorgängerprojektes sowie im Projekt erhobenen Daten ein „realistic worst case“-Szenario für deutsche Binnengewässer entwickelt, welches innerhalb der Zulassung biozidhaltiger Antifouling-Produkte Anwendung finden soll. Basierend auf dem Szenario wird die Umweltkonzentration der Antifouling-Wirkstoffe vorhergesagt, die bei einer sachgemäßen Anwendung eines bestimmten Antifouling-Produkts zu erwarten ist. Aufgrund v.a. hydrodynamisch unterschiedlicher Eigenschaften der drei Gewässerkategorien „Fluss“, „Kanal“ und „See“ wurde für jede dieser drei Kategorien ein Szenario entwickelt. Die Szenarien beruhen jeweils auf Häfen, die aufgrund ihrer Struktureigenschaften (z.B. Liegeplatzdichte, hydrodynamischen Gegebenheiten) hohe Antifouling-Konzentrationen erwarten lassen.

Im Rahmen des zweiten Arbeitspakets wurden mögliche Gebrauchsklassen für Antifouling-Produkte (z.B. Lage des Reviers, Art des Anwenders, Bootsklasse, Strömungsverhalten) vorgeschlagen und diskutiert, anhand deren Einteilung Antifouling-Produkte zugelassen werden könnten. Die Einteilung nach Lage des Reviers in Süß-, Brack- oder Salzwasser und die Einteilung nach Applikation durch professionellen oder nicht professionellen Anwender haben sich als am praktikabelsten herausgestellt.

Im dritten Arbeitspaket wurden Bestimmungen und Empfehlungen zum Umfang mit Antifouling-Produkten recherchiert und auf ihre Praktikabilität hin überprüft. Die Überprüfung wurde dabei im Rahmen einer groß angelegten Umfrage unter Bootsbesitzern durchgeführt. Insgesamt haben sich über 900 Teilnehmer/innen an der Umfrage beteiligt. Als ein Ergebnis stellte sich heraus, dass knapp zwei Drittel der Umfrageteilnehmer/innen ein Antifouling-Produkt verwenden. Ein interessanter Aspekt hierbei war, dass über 30% der Teilnehmer/innen, die angegeben haben ein Antifouling-Produkt zu verwenden, auf die Frage hin, ob ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist, „weiß ich nicht“ als Antwort angegeben hat. Biozidhaltige Produkte werden nicht immer als solche erkannt. Die Ergebnisse der Umfrage wurden in dem praktischen Leitfaden, der im Rahmen des Projekts erstellt wurde (Arbeitspaket IV), berücksichtigt und können somit einen wichtigen Beitrag leisten.

Im Rahmen des vierten Arbeitspakets wurde unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus dem dritten Arbeitspaket und dem Workshop im Rahmen des fünften Arbeitspakets ein praktischer Leitfaden zum gewässerschonenden Umgang mit Antifouling-Produkten erstellt. Neben Informationen zu rechtlichen Hintergründen zum Themenfeld Antifouling-Biozide werden verbindliche und vorbildliche Hinweise rund um das Thema Umgang mit Antifouling gegeben. Weiterhin informiert der Leitfaden über biozidfreie Alternativen und verweist auf weiterführende Informationen.

Im Rahmen des fünften Arbeitspaketes wurde ein Workshop zum Themenfeld Antifouling organisiert und an der BfG in Koblenz durchgeführt. Der zweitägige Workshop informierte zum einen in Form von Vorträgen eingeladener Experten über die gängige Anwendungspraxis, zu rechtlichen Aspekten und möglichen biozidfreien Alternativen. Der zweite Teil des Workshops ermöglichte es den Teilnehmern/innen, sich im Rahmen eines „Worldcafé“ aktiv zu verschiedenen Aspekten rund um das Thema Antifouling einzubringen. Die Ergebnisse des Workshops wurden bei der Erstellung des praktischen Leitfadens berücksichtigt.

Abstract

By order of the Federal Environmental Agency (UBA) and funded by the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMUB) the research project „Minimierung von Umweltrisiken der Antifouling-Schiffsanstriche in Deutschland“ was conducted by the Federal Institute of Hydrology (BfG).

The project was subdivided into five work packages:

In the first work package a “realistic worse case” scenario for antifouling-active substances approval was developed. The derivation of the scenario was mainly based on results from a previous project as well as a sampling campaign within fresh water marinas. To obtain a “realistic worse case” scenario three scenarios were developed reflecting the situation of a fresh water marina located on the bank of a river, a channel as well as a lake.

The focus of the second work package was placed on the derivation of suitable categories (location of the boat district, type of user, boat class, and flow behavior) for antifouling-products. By means of the categories as well as decision trees a location/situation adapted choice of antifouling-products would be enabled. By this, an “overdosing” of antifouling-products could be avoided.

In the third work package regulations and recommendations on how to handle Antifouling-products were researched and then checked for practicability by means of a large-scale survey among boat owners. More than 900 participants took part in the survey. One of the results was that about two third of the survey participants use antifouling-products. But, more than 30% of these survey participants responded that they do not know, whether their antifouling-product contains biocides.

Considering the results from the work packages three and five a practical guide for the environmentally friendly handling of antifouling biocides was developed in the frame of the fourth work package. Besides information on legal background on the topic of antifouling biocides binding and exemplary hints on handling were provided. Further information on biocide-free alternative antifouling products as well as cross references to further information were included as well.

In the fifth work package a workshop on the topic of antifouling was organized and conducted at the BfG in Koblenz (Germany). The two-day workshop informed about common practice, legal aspects and biocide free antifouling products. Part two of the workshop was organized in the frame of a “world café”. The participants were encouraged to contribute actively and express their ideas and opinions on several aspects related to antifouling. The outcomes of the workshop had been considered during the development of the practical guide (work package IV).

Inhaltsverzeichnis

Berichtskennblatt 2
Report Cover Sheet 3
Kurzbeschreibung 4
Abstract 5
Inhaltsverzeichnis 6
Abbildungsverzeichnis 12
Tabellenverzeichnis 25
Abkürzungsverzeichnis 27
Danksagung 28
Generelle Hinweise 28
Zusammenfassung 29
Summary 38
2 Einleitung 45
3 Struktur des Projekts 47
3.1 Projektteil 1: Erarbeitung von Methoden zur differenzierteren Produktbewertung 47
3.1.1 Arbeitspaket I: Erarbeitung eines Szenarios zur Abschätzung der Einträge von Antifouling-Wirkstoffen in deutsche Binnengewässer 47
3.1.2 Arbeitspaket II: Erarbeitung von Kriterien für eine Zulassung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten in Gebrauchsklassen 47
3.2 Projektteil 2: Erarbeitung von Möglichkeiten zur Minimierung der Umweltexposition durch eine optimierte Verwendung 47
3.2.1 Arbeitspaket III: Zusammenstellung und Validierung von Bestimmungen und Empfehlungen im Umgang mit biozidhaltigen Antifouling-Produkten 48
3.2.2 Arbeitspaket IV: Erarbeitung einer guten fachlichen Anwendung und eines praktischen Leitfadens 48
3.3 Workshop 48
3.3.1 Durchführung eines nationalen Workshops 48
4 Ergebnisse der Arbeitspakete 49
4.1 Arbeitspaket I: Erarbeitung eines Szenarios zur Abschätzung der Einträge von Antifouling-Wirkstoffen in deutsche Binnengewässer 49
4.1.1 Datengrundlage 49
4.1.2 (Statistische) Analyse der Datensätze aus Vorgängerprojekt 50
4.1.2.1 Kriterien für die Auswahl relevanter Häfen 50
4.1.2.2 Auswahl geeigneter Häfen für die Ableitung eines „realistic worst case“-Szenarios 53
4.1.3 Probenahmekampagne 58

4.1.4 (Nach-)Beprobung neuer/alter Häfen 59
4.1.4.1 Probennahme und Messergebnisse 60
4.1.4.2 Diskussion der Ergebnisse 62
4.1.5 Modellierung ausgewählter Marinas mittels MAMPEC / Ergebnisvergleich 65
4.1.5.1 Vergleich von gemessenen und modellierten Wirkstoffkonzentrationen in der Wasserphase 66
4.1.6 Ableitung der „realistic worst case“-Szenarien 67
4.1.6.1 Häfen mit hohen gemessenen Wirkstoffkonzentrationen 67
4.1.6.2 Modellierungsergebnisse der vier ausgewählten Häfen 70
4.1.6.3 Anpassung der Modellierung mit MAMPEC 75
4.1.6.4 Überprüfung der Auswahl der 3 Szenarien 82
4.1.6.5 Fazit 83
4.2 Arbeitspaket II: Erarbeitung von Kriterien für eine Zulassung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten in Gebrauchsklassen 84
4.2.1 Absprache möglicher Kriterien 84
4.2.2 Prüfung der Kriterien hinsichtlich praktischer Umsetzbarkeit 84
4.2.3 Vergleich der Kriterien hinsichtlich des vermuteten Mehrwerts für die Umwelt 85
4.2.4 Vorschläge für das Vorgehen zur Einteilung anhand von Entscheidungsbäumen 86
4.2.5 Schlussfolgerungen 87
4.3 Arbeitspaket III: Zusammenstellung und Validierung von Bestimmungen und Empfehlungen im Umgang mit biozidhaltigen Antifouling-Produkten 88
4.3.1 Erhebung der derzeitigen Anwendungspraxis und Diskussion von Optimierungsmöglichkeiten durch Befragung von Experten 88
4.3.1.1 Befragung von Hafenmeister/innen, Vereinsvertreter/innen, Bootsservices und Charterbetrieben in Häfen 88
4.3.1.2 Befragung von Vertretern des Farbenhandels auf der Messe Interboot 89
4.3.2 Zusammenstellung relevanter Quellen zu Anwendungsbestimmungen und Empfehlungen 90
4.3.3 Katalog von recherchierten Anwendungsbestimmungen und Empfehlungen 91
4.3.4 Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten für Bootsbesitzer 95
4.3.4.1 Ziel, Inhalt und Vorbereitung der Umfrage 95
4.3.4.2 Allgemeines zur Teilnehme an der Umfrage 96
4.3.4.3 Datengrundlage 98
4.3.4.4 Angaben zu Booten und Revieren der Teilnehmer/innen, demografische Angaben 98
4.3.4.5 Verwendung von Antifouling-Produkten 103
4.3.4.6 Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten 106

4.3.4.7 Arbeiten, die die Teilnehmer/innen selbst durchführen bzw. durchführen lassen 112
4.3.4.8 Individuelle bzw. gemeinsame Auswahl des Antifouling-Produkts 114
4.3.4.9 Akzeptanz von Infrastruktur 115
4.3.4.10 Auswertung ob die abgefragten Maßnahmen sinnvoll und praktikabel sind 121
4.3.4.11 Auswertung der abgefragten Alternativen zu biozidhaltigen Antifouling-Produkten 137
4.3.4.12 Fazit 143
4.4 Arbeitspaket IV: Erarbeitung eines praktischen Leitfadens zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten 144
4.4.1 Einleitung 145
4.4.2 Hintergrund 146
4.4.2.1 Was ist Bewuchs? 146
4.4.2.2 Wie kann Bewuchs verhindert werden? 146
4.4.2.3 Warum ist Antifouling ein Problem für Mensch und Umwelt? 146
4.4.2.4 Wie können Umweltrisiken durch Antifouling vermindert werden? 147
4.4.3 Wie werden biozidhaltige Antifouling-Produkte behördlich reguliert? 148
4.4.3.1 Biozid-Verordnung 148
4.4.3.2 Wirkstoff-Zulassung 148
4.4.3.3 Produkt-Zulassung 149
4.4.3.4 Alt- und Neuwirkstoffen in der Produktzulassung 150
4.4.3.5 Übergangsbestimmungen Deutschland 150
4.4.4 Welche Antifouling-Wirkstoffe und -Produkte sind erlaubt bzw. nicht erlaubt? 151
4.4.4.1 Nicht zugelassene Antifouling Wirkstoffe 151
4.4.4.2 Zugelassene/gemeldete Antifouling Produkte 151
4.4.5 Wer ist bei der Bewertung von Antifouling-Produkten beteiligt? 155
4.4.6 Welche Antifouling-Produkte sind in anderen EU-Ländern erlaubt bzw. nicht erlaubt? 156
4.4.6.1 Niederlande 156
4.4.6.2 Dänemark 156
4.4.6.3 Schweden 158
4.4.6.4 Schweiz und Österreich 158
4.4.7 Wie wähle ich ein geeignetes Antifouling-Produkt? 159
4.4.7.1 Vorschriften für die Auswahl eines Antifouling-Produkts 159
4.4.7.2 Empfehlungen für die Auswahl eines Antifouling-Produkts 161
4.4.8 Was muss und was sollte ich aus Umweltsicht bei der Anwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten beachten? 164

4.4.8.1 Vorschriften bei der Anwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten 164
4.4.8.2 Empfehlungen für die Anwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten 165
4.4.9 Welche biozidfreien Alternativen gibt es? 168
4.4.9.1 Antihaftbeschichtung (Foul release coating) 168
4.4.9.2 Hartbeschichtung kombiniert mit mechanischer Reinigung 168
4.4.9.3 Ultraschall-Systeme 170
4.4.9.4 Kunststoffplane zur Abdunkelung des Bootsrumpfs 170
4.4.9.5 Bootslift 171
4.4.10 Was muss ich bei der Reinigung meines Boots beachten? 175
4.4.11 Wo finde ich weiterführende Informationen zum Thema Antifouling und Umwelt? 176
4.4.12 An wen kann ich mich bei Fragen wenden? 178
Informationen rund um die Zulassung von Biozid- und Antifouling-Produkten 178
Informationen rund um die Umweltbewertung und -auswirkungen von Antifouling-Produkten 178
Fachinformationen zu den Themen Bewuchsdruck, Alternativen zu biozidhaltigen Antifouling-Beschichtungen sowie Verbraucherrechte und Biozide 178
4.5 Arbeitspaket V: Durchführung eines nationalen Workshops 179
4.5.1 Eckdaten des Workshops 179
4.5.2 Vorträge 179
4.5.2.1 Antifouling-Praxis im Sportbootbereich: Anforderungen, Probleme, Alternativen (B. Watermann, LimnoMar) 180
4.5.2.2 Umgang mit Antifouling aus Sicht der Verbände (D. Haendel, Deutscher Motoryachtverband, European Boating Association) 180
4.5.2.3 Aktuelles aus der Forschung: Antifouling ohne Biozide – ein Beispiel (W. Tremel, Universität Mainz) 180
4.5.2.4 Aktuelle Entwicklungen in der Antifouling-Zulassung und – Umweltbewertung (S. Setzer, Umweltbundesamt) 181
4.5.2.5 Projektergebnisse: „Strategien zur Minimierung des Antifouling-Biozideintrags bei Sportbooten“ (M. Redeker, Bundesanstalt für Gewässerkunde) 182
4.5.3 Gesamtdiskussion zu den Beiträgen des ersten Tages 183
4.5.4 Worldcafé 184
4.5.4.1 Tisch I. Fouling in Deutschland – Sind Antifouling-Beschichtungen überall notwendig? 185
4.5.4.2 Tisch II. Umweltfreundliche Anwendungspraxis – Was ist nötig, was möglich? 187
4.5.4.3 Tisch III. Biozidfreie Antifouling-Beschichtungen – Mythos oder Alternative? 189
4.5.4.4 Tisch IV. Infrastruktur und Materialien – Was ist vorhanden, was fehlt? 193

4.5.4.5 Tisch V. Weiterer Handlungs- und Forschungsbedarf 196
4.5.4.6 Fazit 197
5 Quellenverzeichnis ... 198
6 Anhang ... 200
6.1 Probenahme und Feldmethoden ... 200
6.1.1 Wasserproben zur Bestimmung der organischen Wirkstoffe, Abbauprodukte und des Schwebstoffgehalts ... 200
6.1.2 Wasserproben zur Bestimmung von Kupfer und Zink ... 200
6.1.3 Sedimentproben zur Bestimmung von Kupfer und Zink ... 200
6.1.4 Wasserproben zur Bestimmung von TOC und DOC ... 200
6.1.5 Bestimmung von Wassertiefe, Wassertiefe mit Schlick und Sichttiefe ... 200
6.1.6 Bestimmung von pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit, Wassertemperatur, Sauerstoffkonzentration und Salinität ... 200
6.2 Analytische Methoden zur Bestimmung der Wirkstoff- und Abbauprodukt-Konzentrationen sowie weiterer Parameter ... 201
6.2.1 Cybutryn, M1 ... 201
6.2.1.1 Anreicherung der Proben mittels Festphasenextraktion 201
6.2.1.2 Quantifizierung mittels HPLC-MS/MS 201
6.2.2 Dichlofluanid, Tolylfluanid, Cybutryn, DMSA, DMST ... 202
6.2.3 Kupfer, Zink ... 202
6.2.3.1 Bestimmung von Kupfer und Zink in Wasserproben 202
6.2.3.2 Bestimmung von Kupfer und Zink in Sedimentproben 202
6.2.4 Schwebstoff ... 202
6.2.5 TOC/DOC ... 202
6.3 Messergebnisse Vor-Ort- und Begleitparameter ... 202
6.4 Vergleich modellierter und gemessener Konzentrationen in einzelnen Häfen ... 203
6.5 Parameter für die Modellierung der 24 Häfen mit dem Modell MAMPEC ... 215
6.5.1 Eingabefeld Environment ... 215
6.5.1.1 Kategorie Hydrodynamik 215
6.5.1.2 Kategorie wasserchemische Parameter 216
6.5.1.3 Kategorie Geometrie 216
6.5.1.4 Kategorie Allgemein 217
6.5.1.5 Kategorie Sediment 217
6.5.1.6 Kategorie Wind 217
6.5.1.7 Kategorie Geometrie Hafeneinfahrt 218
6.5.2 Eingabefeld Emission ... 218

6.6 Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten 221
6.6.1 Online-Version des Fragebogens 221
6.6.2 Papier-Version des Fragebogens 232
6.6.3 Auswertung der Umfrage 236
6.6.3.1 Berechnung des Anteils der Zeit, in dem ein Boot bewegt wird 236
6.6.3.2 Verwendung von Antifouling-Produkten 237
6.6.3.3 Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten 238
6.6.3.4 Akzeptanz von Infrastruktur 239
6.6.3.5 Auswertung ob die abgefragten Maßnahmen sinnvoll und/oder praktikabel sind 247
6.6.3.6 Alternativen 268
6.7 Flyer mit Programm des Workshops 274

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Boxplots der a) „Gesamtkonzentration organische Wirkstoffe“ und b) „Gesamtkonzentration anorganische Wirkstoffe“ in Häfen mit und ohne Tide. 51

Abbildung 2: Boxplots der Gesamtkonzentrationen a) „organische Wirkstoffe“ und b) „anorganische Wirkstoffe“ in geschlossenen und offenen Häfen. 52

Abbildung 3: Streudiagramme der Gesamtkonzentrationen a) „organische Wirkstoffe“ und b) „anorganische Wirkstoffe“ in geschlossenen Häfen in Abhängigkeit von der Breite der Hafeneinfahrt (n = 18). 52

Abbildung 4: Streudiagramme der Gesamtkonzentrationen a) „organische Wirkstoffe“ und b) „anorganische Wirkstoffe“ in geschlossenen Häfen in Abhängigkeit von der Hafenfläche pro Liegeplatz (n = 18). 53

Abbildung 5: Diagramm des Selektionskonzepts zur Ableitung von geeigneten Häfen für „realistic worst case“-Szenarien für deutsche Binnen-Sportboothäfen. Die angegebenen Daten beziehen sich auf das Vorgängerprojekt (UFOPLAN 2011, FKZ 371167432) (Watermann et al. 2015). 55

Abbildung 6: Berechnung der Gesamtkonzentrationen „organische Wirkstoffe“ und „anorganische Wirkstoffe“ ausgehend vom Datensatz „beprobte Häfen“. Die Nummern 1-4 beziehen sich auf die oben genannten Arbeitsschritte. 56

Abbildung 7: Lage der für die Probenahme im Sommer 2016 ausgewählten Häfen (gelb: Erstbeprobung 2013, grün: Erstbeprobung 2016). 59

Abbildung 8: Anzahl der Häfen, bei denen die Modellierung mit den gemessenen Konzentrationen übereinstimmt, höhere und niedrigere Konzentrationen modelliert wurden. 67

Abbildung 9: Hafen K_3 (Kanal): Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Cybutryn, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit den Hafenlayouts a) Commercial Harbour und b) Marina durchgeführt. 71

Abbildung 10: Hafen S_5 (See): Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Cybutryn, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit den Hafenlayouts a) Commercial Harbour und b) Marina durchgeführt. 72

Abbildung 11: Hafen S_7 (See): Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Cybutryn, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout Marina durchgeführt. 73

Abbildung 12: Hafen F_4 (Fluss): Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Cybutryn, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout Commercial Harbour durchgeführt. 74

Abbildung 13: Hafen K_3: Modellierung für das „realistic worst case“-Szenario mit Applikationsfaktoren für Dichlofluanid von 20% und 90%, Tolylfluanid von 20% und 90% und Kupfer von 90%. Dargestellt sind die modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Commercial Harbour“ durchgeführt. 76

Abbildung 14: Hafen F_4: Modellierung für das „realistic worst case“-Szenario mit Applikationsfaktoren für Dichlofluanid von 20% und 90%, Tolylfluanid von 20% und 90% und Kupfer von 90%. Dargestellt sind die modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Commercial Harbour“ durchgeführt. 77

Abbildung 15: Hafen S_5: Modellierung für das „realistic worst case“ Szenario mit Applikationsfaktoren für Dichlofluanid von 20% und 90%, Tolylfluanid von 20% und 90% und Kupfer 90%. Dargestellt sind die modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Commercial Harbour“ durchgeführt. 78

Abbildung 16: Modellierung für die drei „realistic worst case“-Szenarien im Vergleich. 81

Abbildung 17: Entscheidungsbaum zur Einteilung von Produkten in Gebrauchsklassen anhand des Kriteriums „Lage des Reviers in Salz-, Brack- oder Süßwasser“. 86

Abbildung 18: Entscheidungsbaum zur Einteilung von Produkten in Gebrauchsklassen anhand des Kriteriums „Applikation durch professionelle (Werft, Bootsservice) oder nicht-professionelle Anwender“. 87

Abbildung 19: Zeitlicher Verlauf der Zahl der Umfrage-Teilnehmer/innen seit Start der Umfrage am 12.6.2017. Einträge vor dem 12.6.2017 stammen von Testläufen und wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. 96

Abbildung 20: Zahl der Teilnehmer/innen, denen die einzelnen Fragen der Umfrage angezeigt wurden (grüne Balken) und die sie beantwortet haben (blaue Balken). 97

Abbildung 21: Anteil der Teilnehmer/innen in den verschiedenen Gruppen der Kategorien „Privater Bootsbesitzer / Bootsverleih“, „Motor-/Segelboot“, „Länge des Bootes“, „übliche Reisegeschwindigkeit“, „Dauer, die sich das Boot pro Jahr im Wasser befindet“,

„Gewässertyp des Reviers“, „Häufigkeit der Reisen in anderen Gewässertyp“, „Bewegung des Boots pro Jahr“, „Alter der Teilnehmer“, „Geschlecht“, „Umfrage abgeschlossen/abgebrochen“. 100

Abbildung 22: Anteil der Zeit, die die Boote der Teilnehmer/innen pro Jahr insgesamt etwa bewegt werden, an der Zeit, die sie sich pro Jahr im Waser befinden (n = 1307). 101

Abbildung 23: Anteil aller Teilnehmer/innen, die ein Antifouling-Produkt verwenden, nicht verwenden oder es nicht wissen (n = 1285).....103

Abbildung 24: Gründe, warum kein Antifouling-Produkt angewendet wird (n = 63).....103

Abbildung 25: Vergleich der Verteilung von Segel- und Motorbootbesitzer/innen a) danach, ob sie ein Antifouling-Produkt verwenden, b) hinsichtlich des Gewässertyps ihrer Reviere und c) der Geschwindigkeit, mit der sie üblicherweise fahren. 104

Abbildung 26: Vergleich der Verteilung von Besitzer/innen von Booten unterschiedlicher Länge a) danach, ob sie ein Antifouling-Produkt verwenden und b) hinsichtlich des Gewässertyps ihrer Reviere.....105

Abbildung 27: Vergleich der Verteilung von Teilnehmer/innen, deren Reviere in verschiedenen Gewässern liegen danach, ob sie ein Antifouling-Produkt verwenden. 105

Abbildung 28: Anteil der Teilnehmer/innen, die angegeben haben ein Antifouling-Produkt zu nutzen, nicht zu nutzen bzw. es nicht wissen abhängig von a) der Zeit, die das Boot pro Jahr im Wasser ist und b) dem Anteil der Zeit, den das Boot bewegt wird. 106

Abbildung 29: Anteil aller Teilnehmer/innen, die angegeben haben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist bzw. nicht bzw. dass sie es nicht wissen (n = 942). 107

Abbildung 30: Anteil der Teilnehmer/innen, deren Antifouling-Produkt laut Recherche (tatsächlich) biozidhaltig bzw. nicht biozidhaltig ist oder für die es sich aus verschiedenen Gründen nicht zuordnen ließ (n = 892). 108

Abbildung 31: Vergleich der Angabe der Teilnehmer, ob ihr verwendetes Antifouling-Produkt biozidhaltig ist, mit den Rechercheergebnissen aus der Antifouling-Produktliste 2017 (Watermann *et al.* 2017) und Sicherheitsdatenblättern der Produkte. Die Zahlen stehen für die Anzahl Teilnehmer/innen. 109

Abbildung 32: Anteil von Motor- und Segelbootbesitzer/innen, die angegeben haben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist, nicht biozidhaltig ist bzw. dass sie es nicht wissen. 110

Abbildung 33: Anteil der Teilnehmer/innen, die angegeben haben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig bzw. nicht biozidhaltig ist bzw. dass sie es nicht wissen abhängig von a) der Zeit, die das Boot pro Jahr im Wasser ist und b) dem Anteil der Zeit, den das Boot bewegt wird. 110

Abbildung 34: Anteil von Teilnehmer/innen, die angegeben haben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist, nicht biozidhaltig ist bzw. dass sie

es nicht wissen abhängig von der Geschwindigkeit, mit der sie üblicherweise fahren. 111

Abbildung 35: Anteil der Biozide, die in den von den Teilnehmern/innen verwendeten Antifouling-Produkten enthalten sind (n = 931). 112

Abbildung 36: Anteil der Teilnehmer/innen, die die verschiedenen Arbeiten im Zusammenhang mit Antifouling-Beschichtungen selbst durchführen (n = 1047). 113

Abbildung 37: Anteil der Teilnehmer/innen, die für die Arbeitsschritte, die sie nicht selbst durchführen, eine Werft/Bootsservice, eine Privatperson bzw. sonstige Personen beauftragen bzw. alle Arbeiten selbst durchführen (n = 1037). 114

Abbildung 38: Anteil der Teilnehmer/innen, die ihr Antifouling-Produkt individuell bzw. gemeinsam mit anderen Personen ausgewählt und gekauft haben (n = 1413). 114

Abbildung 39: Vorhandensein der Einrichtungen/Materialien Bootsservice, Waschplatz (mit unbekannter Ausstattung, ohne technische Ausrüstung, mit Abwasserentsorgung, mit Partikelabscheidung), Arbeitsplatz (ohne weitere Ausstattung, mit versiegeltem Untergrund (z.B. Betonplatte), in einer Halle), Plane zum Schutz des Bodens, Windfang, Lager für Farbe, Abfallsammlung, Trailer, Informationsveranstaltungen und Informationsmaterial zum gewässerschonenden Umgang mit Antifouling. 116

Abbildung 40: Akzeptanz der abgefragten Einrichtungen und Materialien unter allen Umfrageteilnehmern/innen, denen die Frage angezeigt wurde. 117

Abbildung 41: Akzeptanz der Einrichtung „Bootsservice, Werft o.ä.“ unterteilt nach den Kriterien „Motor- oder Segelboot“, „Länge des Boots“, „übliche Geschwindigkeit“, „Gewässertyp des Reviers“ und „Alter der Teilnehmer“. 119

Abbildung 42: Akzeptanz der Einrichtung „Waschplatz“ unterteilt nach den Kriterien „Motor- oder Segelboot“, „Länge des Boots“ und „Zeit pro Jahr im Wasser“. 120

Abbildung 43: Akzeptanz der Einrichtung „Plane, mobile Stellwand o.ä. als Windfang“ unterteilt nach den Kriterien „Motor- oder Segelboot“ und „Länge des Boots“. 120

Abbildung 44: Akzeptanz der Einrichtung „geeigneter Lagerplatz für angebrochene Farben“ abhängig vom Alter der Teilnehmer/innen. 120

Abbildung 45: Akzeptanz von a) Informationsveranstaltungen und b) Informationsmaterialien zur gewässerschonenden Anwendung von Antifouling-Produkten unter Teilnehmer/innen verschiedener Altersgruppen. 121

Abbildung 46: Beurteilung der Maßnahmen „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung durch eine Werft / einen Bootsservice“, „Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur von einer Werft, Bootsservice o.ä.“ und „Verwendung eines Windfangs,

falls die Beschichtung in Freien durch Sprühen aufgetragen wird“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind.[a)] 122

Abbildung 47: Beurteilung der Maßnahme „Prüfen, ob der Verzicht auf ein Antifouling-Produkt möglich ist“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist. 122

Abbildung 48: Beurteilung der Maßnahmen „Prüfen, ob die Verwendung eines biozidfreien Antifouling-Produkts möglich ist“, „in einer Halle mit versiegeltem Boden arbeiten“ „im Freien auf einem Arbeitsplatz über versiegeltem Boden arbeiten“, „Verwendung eines Windfangs bei Arbeiten im Freien“ und „Bei Wind die Antifouling-Beschichtung nicht im Freien anschleifen und/oder entfernen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind. 123

Abbildung 49: Beurteilung der Verwendung eines Windfanges bei Arbeiten im Freien allgemein, falls bei Wind geschliffen wird und falls die Antifouling-Beschichtung durch Sprühen aufgetragen wird, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist. 124

Abbildung 50: Beurteilung der Verwendung einer Absaugvorrichtung beim Schleifen, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist. 124

Abbildung 51: Beurteilung der Verwendung einer Absaugvorrichtung beim Schleifen, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist. 125

Abbildung 52: Beurteilung der Maßnahmen „Reinigung des Bootsrumpfs bzw. Entfernung von Bewuchs auf einem Waschplatz mit Partikelabscheidung und Abwasserentsorgung“ und „Waschwasser nicht auf den ungeschützten Boden oder ins Hafenbecken gelangen lassen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind, durch Teilnehmer/innen, die ihr Boot selbst reinigen oder nicht. 128

Abbildung 53: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung durch einen Bootsservice eine Werft o.ä.“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht. 129

Abbildung 54: Beurteilung der Maßnahmen „Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur von einer Werft, Bootsservice o.ä.“ und „Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur unter Verwendung eines Windfangs“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht. 130

Abbildung 55: Beurteilung der Maßnahmen „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung in einer Halle mit versiegeltem Boden“ und „Auftragen / Anschleifen / Entfernen der Antifouling-Beschichtung im Freien nur über versiegeltem Boden“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht. 131

Abbildung 56: Beurteilung der Maßnahme „Schutz des unversiegelten Bodens mit einer Plane“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht. 131

Abbildung 57: Beurteilung der Maßnahme Verwendung eines Windfangs beim „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im Freien“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht. 132

Abbildung 58: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur unter Verwendung eines Windfangs“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht. 133

Abbildung 59: Beurteilung der Maßnahme „Falls die Beschichtung bei Wind angeschliffen oder entfernt wird, Verwendung eines Windfangs“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen oder anschleifen bzw. nicht. 133

Abbildung 60: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur von einer Werft, Bootsservice o.ä.“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht. 134

Abbildung 61: Beurteilung der Praktikabilität der überwiegend als nicht praktikabel beurteilten Maßnahmen abhängig davon, ob relevante Materialien/Einrichtungen im Hafen oder erreichbarer Umgebung vorhanden sind. 135

Abbildung 62. Bekanntheit der Alternativen „Antihaftbeschichtung“, „Hartbeschichtung kombiniert mit mechanischer Reinigung“, „elektrisch leitender Anstrich“, „Hochfrequenzvibrationen (Ultraschall)“, „Bootslift für den Liegeplatz“ und „Kunststofffolie, die am Liegeplatz unter den Schiffsrumpf gezogen und dann leer gepumpt wird“. 138

Abbildung 63. Akzeptanz der abgefragten Alternativen unter allen Umfrageteilnehmern/innen. 139

Abbildung 64. Akzeptanz der Alternativen „biozidfreie Antihaftbeschichtung“ und „Hartbeschichtung kombiniert mit mechanischer Reinigung“ unter Besitzer/innen von Motor- und Segelbooten. 140

Abbildung 65. Akzeptanz der Alternative „biozidfreie Antihaftbeschichtung“ in Abhängigkeit vom Gewässertyp des Reviers. 140

Abbildung 66. Akzeptanz der Alternative „Hartbeschichtung kombiniert mit mechanischer Reinigung“ abhängig von der Länge des Boots und der Zeit, die es sich pro Jahr im Wasser befindet. 140

Abbildung 67. Akzeptanz der Alternative „Bootslift für den Liegeplatz“ abhängig von der Zeit, die sich Boote pro Jahr im Wasser befinden. 141

Abbildung 68. Akzeptanz der Alternative „Folie, die unter den Rumpf gezogen und dann leer gepumpt wird“ abhängig von der Länge des Bootes. 141

Abbildung 69. Anteil der Teilnehmer/innen, die sich vorstellen bzw. nicht vorstellen können, die abgefragten Alternativen anzuwenden, unterteilt danach, ob sie sie kennen. 142

Abbildung 70: Beispiel für ein Los für die Verteilung der Worldcafé-Teilnehmer auf die Tische. 184

Abbildung 71: Poster der Beiträge an Worldcafé-Tisch I. 185

Abbildung 72: Poster der Beiträge an Worldcafé-Tisch II. 187

Abbildung 73: Poster der Beiträge an Worldcafé-Tisch III. 190

Abbildung 74: Poster der Beiträge an Worldcafé-Tisch IV. 193

Abbildung 75: Poster der Beiträge an Worldcafé-Tisch V. 196

Abbildung 76: Hafen F_1: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 203

Abbildung 77: Hafen F_2: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Commercial Harbour“ durchgeführt. 204

Abbildung 78: Hafen F_3: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 204

Abbildung 79: Hafen F_5: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout Commercial Harbour durchgeführt. 205

Abbildung 80: Hafen F_7: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit den Hafenlayouts a) „Marina“ und b) „Commercial Harbour“ durchgeführt. 206

Abbildung 81: Hafen F_8: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 207

Abbildung 82: Hafen F_10: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 207

Abbildung 83: Hafen F_12: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 208

Abbildung 84: Hafen F_13: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 208

Abbildung 85: Hafen F_14: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 209

Abbildung 86: Hafen F_15: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 209

Abbildung 87: Hafen K_4: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 210

Abbildung 88: Hafen S_1: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit den Hafenlayouts a) „Marina“ und b) „Commercial Harbour“ durchgeführt. 211

Abbildung 89: Hafen S_2: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 212

Abbildung 90: Hafen S_4: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 212

Abbildung 91: Hafen S_9: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 213

Abbildung 92: Hafen S_10: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 213

Abbildung 93: Hafen S_11: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 214

Abbildung 94: Hafen K_1: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 214

Abbildung 95: Hafen K_2: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt. 215

Abbildung 96: Beispiel für eine Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten an einer Wetterstation, graphisch dargestellt in einer Stärkewindrose (rechts). 218

Abbildung 97: Anteil der damals als Antifouling-Wirkstoffe verwendeten einzelnen Substanzen (heute sind im Sinne der Biozidverordnung Zinkoxid und Terbutryn keine Antifouling-Wirkstoffe mehr) an der Gesamtanzahl der am deutschen Markt vorhandenen Antifouling-Produkte für die Jahre 2011, 2012 und 2013. 219

Abbildung 98: Anteil der Teilnehmer/innen, die ein Antifouling-Produkt verwenden, nicht verwenden oder es nicht wissen, unterteilt nach den in Kapitel 3.3.4.4 genannten Kriterien. 237

Abbildung 99: Anteil der Teilnehmer/innen, die angegeben haben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist bzw. nicht bzw. dass sie es nicht wissen, unterteilt nach den in Kapitel 3.3.4.4 genannten Kriterien. 238

Abbildung 100: Akzeptanz der Einrichtung „Bootsservice, Werft o.ä.“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 239

Abbildung 101: Akzeptanz der Einrichtung „Waschplatz“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 240

Abbildung 102: Akzeptanz der Einrichtung „Arbeitsplatz“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 241

Abbildung 103: Akzeptanz der Einrichtung „Halle oder Arbeitsplatz im Freien mit versiegeltem Boden“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 242

Abbildung 104: Akzeptanz der Einrichtung „Plane o.ä. zum Schutz des Bodens“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 243

Abbildung 105: Akzeptanz der Einrichtung „Plane, mobile Stellwand, Zelt o.ä. als Windfang“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 244

Abbildung 106: Akzeptanz der Einrichtung „Geeigneter Lagerplatz für angebrochene Farben“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 244

Abbildung 107: Akzeptanz der Einrichtung „Trailer“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 245

Abbildung 108: Akzeptanz der Einrichtung „Zentrale Abfallsammlung für entfernte Farbe/Bewuchs, schmutziges Arbeitsmaterial und Farbreste“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 245

Abbildung 109: Akzeptanz der Einrichtung „Informationsveranstaltungen“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 246

Abbildung 110: Akzeptanz der Einrichtung „Informationsmaterial“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 246

Abbildung 111: Beurteilung der abgefragten Maßnahmen, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind. Aufgetragen sind die 9 möglichen Kombinationen aus „ja“, „nein“ und „keine Antwort“ hinsichtlich „sinnvoll“ und „praktikabel“. Angegeben ist jeweils die Anzahl der Antworten in Prozent, unterlegt mit einem blauen Kreis, dessen Größe proportional zur jeweiligen Zahl ist. Zusätzlich ist die Summe der Antworten pro Zeile und Spalte angegeben, unterlegt mit einem gelben Kreis, der proportional zur jeweiligen Zahl ist. 247

Abbildung 112: Beurteilung der Maßnahme „Prüfen, ob der Verzicht auf ein Antifouling-Produkt möglich ist“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die verschiedene Arbeiten an ihrem Boot selbst durchführen oder nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 249

Abbildung 113: Beurteilung der Maßnahme „Prüfen, ob die Verwendung eines biozidfreien Antifouling-Produkts möglich ist“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die verschiedene Arbeiten an ihrem Boot selbst durchführen oder nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 250

Abbildung 114: Beurteilung der Maßnahme „Bei selbst erodierender Beschichtung: Auswahl eines anderen Farbtons bei Neuanstrich“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die verschiedene Arbeiten an ihrem Boot selbst durchführen oder nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 251

Abbildung 115: Beurteilung der Maßnahme „Reinigung auf einem Waschplatz mit Partikelabscheidung und Abwasserentsorgung“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die den Arbeitsschritt „Boot reinigen“ selbst durchführen oder nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 252

Abbildung 116: Beurteilung der Maßnahme „Waschwasser nicht auf den ungeschützten Boden oder ins Hafenbecken gelangen lassen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die den Arbeitsschritt „Boot reinigen“ selbst durchführen oder nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 252

Abbildung 117: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung durch einen Bootsservice, Werft o.ä.“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 253

Abbildung 118: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung nur in einer Halle mit versiegeltem Boden“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 254

Abbildung 119: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im Freien über versiegeltem Boden“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 255

Abbildung 120: Beurteilung der Maßnahme „Schutz des unversiegelten Bodens mit einer Plane“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 256

Abbildung 121: Beurteilung der Maßnahme „Verwendung eines Windfangs bei Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im Freien“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 257

Abbildung 122: Beurteilung der Maßnahme „Aufrühren bzw. Anmischen der Antifouling-Farben auf/über einer geeigneten Auffangwanne“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 258

Abbildung 123: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen von Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur unter Verwendung eines Windfangs“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne

Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 258

Abbildung 124: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen von Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur von Werft, Bootsservice o.ä.“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 259

Abbildung 125: Beurteilung der Maßnahme „Verwendung einer Absaugvorrichtung bei Schleifarbeiten“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen oder anschleifen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 260

Abbildung 126: Beurteilung der Maßnahme „Bei Wind die Beschichtung nicht im Freien anschleifen oder entfernen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen oder anschleifen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 261

Abbildung 127: Beurteilung der Maßnahme „Gründliche Reinigung des Arbeitsplatzes nach den Arbeiten, um Verwehungen/Verteilung von Farbpartikeln zu vermeiden“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 262

Abbildung 128: Beurteilung der Maßnahme „Entsorgung von Farbresten gemäß Herstellerangaben und örtlichen Vorschriften“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 263

Abbildung 129: Beurteilung der Maßnahme „Verwendung eines Windfangs, falls die Beschichtung bei Wind im Freien angeschliffen oder entfern wird“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 264

Abbildung 130: Beurteilung der Maßnahme „Entsorgung von entfernter Farbe/Bewuchs, und schmutzigen Werkzeugen, Lappen und Planen gemäß örtlichen Vorschriften“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 265

Abbildung 131: Beurteilung der Maßnahme „Falls Pinsel ausgewaschen werden: Lösungsmittel auffangen und gemäß örtlichen Vorschriften entsorgen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 266

Abbildung 132: Beurteilung der Maßnahme „Rückstände auf Lappen, Planen etc. trocknen lassen und nicht auswaschen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben. 266

Abbildung 133: Beurteilung der Maßnahme „Sichere Lagerung der Antifouling-Produkte, d.h. überdacht und mit festem Boden / Auffangwanne“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben....267

Abbildung 134. Akzeptanz der Alternative „biozidfreie Antihaftbeschichtung“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 268

Abbildung 135. Akzeptanz der Alternative „Hartbeschichtungen kombiniert mit mechanischer Reinigung“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt....269

Abbildung 136. Akzeptanz der Alternative „elektrisch leitender Anstrich“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 270

Abbildung 137. Akzeptanz der Alternative „Hochfrequenzvibrationen (Ultraschall)“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt....271

Abbildung 138. Akzeptanz der Alternative „Bootslift für den Liegeplatz“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 272

Abbildung 139. Akzeptanz der Alternative „Kunststofffolie, die am Liegeplatz unter den Schiffsrumpf gezogen und leergepumpt wird“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt. 273

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Konzentrationsbereiche und Bestimmungsgrenzen (BG) verschiedener Antifouling-Wirkstoffe und -Abbauprodukte, die im Rahmen des Vorgängerprojekts in Oberflächenwasser aus 34 deutschen Süßwasser-Sportboothäfen gemessen wurden. 49

Tabelle 2: Anordnung der Häfen nach den Gesamtkonzentrationen „organische Wirkstoffe“ und „anorganische Wirkstoffe“. Hellgrün markierte Häfen gehören für beide Parameter zu den neun Häfen mit den höchsten Konzentrationen. 57

Tabelle 3: Während der Probenahme im Sommer 2016 beprobte Häfen und Referenzstandorte 58

Tabelle 4: In Wasser- und Sedimentproben aus Häfen und Referenzstandorten untersuchte Parameter. 60

Tabelle 5: Antifouling-Wirkstoff- und Abbauprodukt-Konzentrationen in Wasser- und Sedimentproben aus den Häfen und Referenzgewässern der Probenahme 2016. 61

Tabelle 6: Differenz der Antifouling-Wirkstoffkonzentrationen sowie der Parameter Wassertemperatur, Schwebstoff, Boote vor Ort, Fließgeschwindigkeit und Datum der Probenahme von 2013 zu 2016. Die Höhe der Differenz ist mit farbigen Balken unterlegt, grüne Balken kennzeichnen positive, blaue Balken negative Differenzen gegenüber 2013. 63

Tabelle 7: a) Berechnung der „Gesamtkonzentration organische Wirkstoffe“ für die 2016 genommenen Proben und b) Anordnung der Häfen nach absteigender Konzentration. 68

Tabelle 8: Gemeinsame Anordnung der 2013 und 2016 beprobten Häfen (b) nach der „Gesamtkonzentration organische Wirkstoffe“ (a). 69

Tabelle 9: Einteilung der 22 Häfen mit >0 Punkten in die drei Gruppen „Häfen an Flüssen“, „Häfen an Kanälen“ und „Häfen an Seen“. 69

Tabelle 10: „Realistic worst case“-Szenarien für einen Hafen an einem Kanal, an einem Fluss und an einem See. Datenquellen: siehe Kapitel 5.5. 79

Tabelle 11: Gemeinsame Anordnung der Häfen nach der Summe der modellierten organischen Wirkstoffkonzentrationen für 2013 und 2016. 82

Tabelle 12: Vergleich der Punktzahlen für die Summe der gemessenen und die Summe der modellierten Konzentrationen an organischen Wirkstoffen, sortiert nach der Punktzahl für a) gemessene und b) modellierte Konzentrationen. 83

Tabelle 13: Katalog von recherchierten Anwendungsbestimmungen und -empfehlungen zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten. 91

Tabelle 14: Materialien / Einrichtungen und selbst durchgeführte Arbeiten, nach denen der Datensatz gefiltert wurde. 118

Tabelle 15: Maßnahmen, deren Sinn und Praktikabilität abgefragt wurden, und die Arbeitsschritte, für die die Beurteilung der Maßnahmen jeweils ausgewertet wurden. 125

Tabelle 16: Maßnahmen und relevante Einrichtungen/Materialien, für die untersucht wurde, ob die Praktikabilität einer Maßnahme hauptsächlich von ihrem Vorhandensein abhängt. 134

Tabelle 17: Gradient für die Quantifizierung von Cybutryn und M1 mittel HPLC-MS/MS. 201

Tabelle 18: MS-Parameter für die Detektion von Cybutryn und M1 im MRM-Modus. 201

Tabelle 19: Messergebnisse der Vor-Ort- und Begleitparameter in den Häfen und Referenzgewässern der Probenahme 2016. 202

Tabelle 20: Übersicht der Bootslängenklassen und der mittleren Unterwasserfläche (UWF) für Segel- und Motorboote, eingeteilt in Bootslängen als Länge über das gesamte Boot (Länge über Alles = LüA) 219

Abkürzungsverzeichnis

∑anorg	Gesamtkonzentration anorganischer Wirkstoffe
∑org	Gesamtkonzentration organischer Wirkstoffe und Abbauprodukte
BG	Bestimmungsgrenze
DMSA	N,N-dimethylaminosulfanilid
DMST	N,N-dimethylamino-N'-tolylsulfondiamid
DOC	gelöster organischer Kohlenstoff
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
ICP-OES	Induktiv gekoppeltes Plasma mit optischer Emissionsspektroskopie
IKSR	Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
LC-MS/MS	Flüssigchromatografie-Tandemmassenspektrometrie
M1	Irgarol N-descyclopropyl-Metabolit
MAMPEC	Marine Antifoulant Model to Predict Environmental Concentrations
POC	partikulärer organischer Kohlenstoff
SPM	Schwebstoffgehalt
SPE	Festphasenextraktion
TBT	Tributylzinn
TOC	gesamter organischer Kohlenstoff
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

Danksagung

Wir bedanken uns bei allen Personen, dank deren Hilfe wir eine umfangreiche Datengrundlage für die Bearbeitung des Projekts erhalten haben und die uns auf verschiedene Weise unterstützt haben:

Für die Erarbeitung des Szenarios danken wir den Hafenmeister/innen, Mitarbeiter/innen und Bootsbesitzer/innen für ihr Einverständnis mit der Probenahme sowie für wertvolle Auskünfte zu ihren Häfen und Gewässern. Beim Institut Deltares bedanken wir uns für die umfangreiche Beratung bei der Modellierung mit MAMPEC. Beim Deutschen Wetterdienst bedanken wir uns für die Aufbereitung und Bereitstellung der Winddaten, bei Kolleg/innen aus der BfG für die Bereitstellung von Daten zur Wassertemperatur und Fließgeschwindigkeit.

Für die Umfrage bedanken wir uns bei den zahlreichen Teilnehmer/innen für ihre Zeit, die sie in die Umfrage investiert haben und für die Mitteilung ihrer Erfahrungen. Beim Deutschen Motoryachtverband (DMYV), dem Deutschen Seglerverband (DSV), ihren Mitgliedsvereinen, den Zeitschriften Segeln, Yacht und Skipper, dem Interessenverband Pro Lahn, dem Pestizid Aktions-Netzwerk sowie den Hafenmeister/innen bedanken wir uns für die Verteilung der Umfrage. Beim DMYV, dem DSV, dem Institut LimnoMar, dem GESIS Leibniz Institut für Sozialwissenschaften, der Firma Statistik & Beratung und der Management Akademie Weimar bedanken wir uns für die Beratung bei der Erstellung der Umfrage, bei Kolleg/innen in der BfG für ihre Unterstützung bei der Auswertung.

Bei den Workshop-Teilnehmer/innen bedanken wir uns für wertvolle Informationen durch rege Teilnahme an den Diskussionen.

Beim Deutschen Verein der Blinden und Sehbehinderten in Studium und Beruf (DVBS) bedanken wir uns für hilfreiche Hinweise zur Herstellung der Barrierefreiheit des Berichts.

Schließlich bedanken wir uns bei allen weiteren Personen, die das Projekt unterstützt haben.

Generelle Hinweise

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit und zugunsten der Übersichtlichkeit von Diagrammen wird an manchen Stellen im Bericht auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beiderlei Geschlecht. In den meisten Fällen wurden beide Geschlechter angesprochen („Teilnehmer/innen“). Die Ergebnisse des Berichtes auch genderspezifisch auszuwerten, weil z.B. überwiegend männliche Teilnehmer im Rahmen der Umfrage den Fragebogen beantwortet haben und somit zu schlussfolgern, dass die Mehrheit männliche Bootsbesitzer sind, wird nicht verfolgt. Dies ist damit zu begründen, dass ungewiss ist, wie der Anteil von männlichen und weiblichen Bootseignern wirklich ist, da auch oft Paare vertreten sind. Eine Abgrenzung ist somit nicht möglich.

Zusammenfassung

Oberflächen, die in direktem Kontakt mit der aquatischen Umwelt stehen, unterliegen der Bildung von Bewuchs (sog. Biofouling). Dabei kommt es binnen Stunden zur Anlagerung von Mikroorganismen (z.B. Bakterien, Algen) und im weiteren Verlauf von Makroorganismen.

Hiervon sind im Besonderen Rümpfe von Booten und Schiffen betroffen. Bei etwa 206.000 Liegeplätzen für Segel- und Motorboote bundesweit (Stand 2015; Waterman et al. 2015) bestehen im Hinblick auf den Bewuchs große ökologische Herausforderungen.

Hierbei kann es zum einen durch das Befahren verschiedener Reviere zu einer Verbreitung invasiver Arten (Neobiota) kommen, zum anderen führt der Bewuchs zu einer deutlichen Zunahme des Strömungswiderstandes sowie einer damit verbundenen Abnahme der Fahrgeschwindigkeit und Zunahme des Kraftstoffverbrauchs was einen verstärkten Ausstoß treibhausrelevanter Gase zur Folge hat. Im Bereich der kommerziellen Seeschifffahrt, die mit über 90% als Transportmittel des Welthandels vertreten ist dominieren die ökonomischen Auswirkungen.

Um Biofouling am Bootsrumpf entgegen zu wirken, kommen sog. Antifouling-Beschichtungen zum Einsatz. Diese speziellen Anstriche entfalten ihre Wirkung oftmals durch darin enthaltene Biozide, die aus den Oberflächen herausgelöst werden und das Ansiedlung von Organismen durch eine toxische Wirkung unterbinden.

Bis 2008 kam hier vor allem Tributylzinn (TBT) aufgrund seiner hohen Wirksamkeit und Wirkungsbreite zum Einsatz. Aufgrund starker toxischer Effekte wurde dies jedoch weltweit durch ein internationales Übereinkommen verboten. In Folge des Verbots von TBT kamen Antifouling-Anstriche auf Kupferbasis (z.B. metallisches Kupfer, Kupferoxide, -thiocyanate, -pyrithion) verstärkt zum Einsatz. Kupfer weist jedoch im Vergleich zu TBT eine geringere Wirkungsbreite auf, weshalb den Anstrichen zusätzlich sog. Cobiozide beigemischt werden.

Die genannten Antifouling-Biozide sind nach aktuellem Stand des Wissens nicht so extrem schädlich wie TBT, dennoch handelt es sich um hochwirksame Substanzen, die unerwünschte Wirkungen auch auf Nicht-Zielorganismen haben können: toxische Reaktionen wurden an Miesmuscheln durch Zinkpyrithion (Marcheselli et al. 2010) und durch Kupferpyrithion an Ringelwürmern (Mochida et al. 2011) bereits beschrieben.

Da Antifouling-Produkte direkt im Gewässer eingesetzt werden und sich somit leicht verbreiten können, zählen sie zu den aus Umweltschutzsicht bedenklichsten Produktgruppen innerhalb der Biozide. Erhöhte Biozidkonzentrationen aus Antifouling-Produkten wurden bereits in Gewässern nachgewiesen (Biggs und D'Anna 2012, Daehne et al. 2017). Daher haben einige Staaten bereits gesetzliche Grenzen für die Auslaugrate dieser Substanzen (z.B. Dänemark - Kupfer: 200 µg/cm² innerhalb der ersten 14 Tage) festgelegt (Schultz 2007).

Aktuell werden im Rahmen der Biozid-Verordnung (EU) Nr. 528/2012 alle bioziden Antifouling-Wirkstoffe in Bezug auf ihre Wirksamkeit und Risiken für die Gesundheit von Mensch, Tier und Umwelt bewertet. Bisher sind zehn biozide Wirkstoffe (DCOIT, Zineb, Tolylfluanid, Dichlofluanid, Kupfer, Kupferthiocyanat, Dikupferoxid und Kupferpyrithion als Altwirkstoffe sowie Medetomidin und Tralopyril als Neuwirkstoffe) für die Verwendung in Antifouling-Produkten genehmigt. Biozidprodukte dürfen künftig nur genehmigte Wirkstoffe enthalten und sind zudem zulassungspflichtig.

Angesichts in Gewässern nachgewiesener überhöhter Biozidrückstände war das wesentliche Ziel des ersten Teils des vorliegenden Projekts, Werkzeuge zu entwickeln, mit deren Hilfe im Rahmen der Produktzulassung eine Abschätzung der Freisetzung von Bioziden in die aquatische Umwelt ermöglicht und Umweltrisiken durch Antifouling-Produkte minimiert werden können. Zum einen sollte ein Szenario entwickelt werden, mit dessen Hilfe die in deutschen Sportboothäfen freigesetzten Konzentrati-

onen an Antifouling-Bioziden abgeschätzt werden können. Weiterhin sollten für die Produkte Gebrauchsklassen abgeleitet werden - hierüber könnte perspektivisch die Verwendung von Antifouling-Produkten differenzierter reguliert werden.

Der zweite Teil des Projektes richtete sich stärker an die Anwender/Bootsbesitzer - Ziel war hierbei diesen direkte Werkzeuge zum umweltgerechten Umgang mit Antifouling-Produkten an die Hand geben. Hierbei wurde zunächst mittels einer Umfrage die gängige Praxis im Umgang mit Antifouling-Produkten und vor allem die Akzeptanz, Effizienz und Handhabbarkeit von Maßnahmen zur gewässerschonenden Anwendung ermittelt. Die Ergebnisse der Umfrage wurden in einem nachfolgenden Arbeitspaket in einem praktischen Leitfaden für Anwender/Bootsbesitzer zusammengefasst.

Im Rahmen eines nationalen Workshops wurden Vertretern/innen verschiedener Interessengruppen die recherchierten Anwendungsbestimmungen und -empfehlungen, die Ergebnisse der Umfrage sowie die vorläufige Gliederung des Leitfadens vorgestellt. Offene Fragen für den Leitfaden wurden in Form eines Weltcafés diskutiert. Die Diskussionsergebnisse wurden anschließend in den Leitfaden eingearbeitet.

Die Risikobewertung von Biozidprodukten beruht auf dem Vergleich von toxikologischen Daten mit vorhergesagten Umweltkonzentrationen. Letztere werden mit Hilfe von „realistic worst case"-Expositionsszenarien als höchste Konzentrationen, die unter realistischen Bedingungen auftreten können, berechnet. Bisherige Expositionsszenarien zur Abschätzung der Umwelteinträge von Antifouling-Wirkstoffen wurden für den marinen Bereich entwickelt. Sie eignen sich jedoch nicht für eine Expositionsabschätzung im Bereich deutscher Binnengewässer.

Da der Großteil (ca. 70%) der deutschen Sportboote ihr Revier im Binnenbereich haben, wurde im **Arbeitspaket I** ein „realistic worst case"-Szenario für Antifouling-Wirkstoffe in deutschen Binnensportboothäfen entwickelt und in das Modell MAMPEC implementiert. Das Szenario sollte auf einem realen Hafen basieren.

Dafür wurden zunächst aus einem Datensatz zu 50 deutschen Sportboothäfen aus dem vorangegangenen UBA-Forschungsprojekt „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" (FKZ 3711 67 432, Watermann et al. 2015), der Messdaten u.a. zu Antifouling-Wirkstoffen enthält und in diesem Bericht Datensatz „beprobte Häfen" genannt wird, die Daten zu den im Datensatz erfassten Süßwasserhäfen extrahiert. Mit Hilfe von (statistischen) Analysen wurden Charakteristika der Häfen identifiziert, die mit hohen Antifouling-Wirkstoffkonzentrationen in den Häfen einher gehen: kein Tidenhub, geschlossenes Hafenbecken, schmale Hafeneinfahrt, kleine Hafenfläche pro Liegeplatz.

Anschließend wurde ein dem Datensatz „beprobte Häfen" übergeordneter Datensatz (in diesem Bericht Datensatz „deutsche Sportboothäfen" genannt), in dem im vorangegangenen Projekt die deutschen Sportboothäfen und -vereine erfasst wurden, auf die Häfen reduziert, die für das „realistic worst case"-Szenario in Frage kamen. Dies waren Häfen, die hinsichtlich ihrer Geometrie und Lage als typisch für den deutschen Binnenbereich anzusehen und anfällig für hohe Antifouling-Wirkstoffkonzentrationen sind. Für die Auswahl wurden aus den vier oben genannten Charakteristika die Filterkriterien „Häfen ohne Tidenhub", „geschlossene Häfen", „Häfen, deren Einfahrt schmaler als 60 m ist" und „Häfen mit weniger als 300 m^2 Hafenfläche pro Liegeplatz" formuliert. Um untypisch kleine Häfen auszuschließen, wurde zusätzlich das Filterkriterium „mindestens 30 Liegeplätze" formuliert. Nach Anwendung dieser Filter verblieben 318 von ursprünglich 2470 Süßwasserhäfen in der Auswahl. Aus den verbliebenen Häfen wurden nach visueller Betrachtung ihrer Luftbilder diejenigen aussortiert, die eine ausgefallene Hafengeometrie haben, in denen die Liegeplätze sehr ungleichmäßig verteilt sind, die eine geringe Bootsbelegungsdichte aufweisen, die nur durch Stege begrenzt oder

durch eine Bucht begrenzt aber an einer Seite offen sind. Ebenfalls wurden Häfen ausgeschlossen, die auf dem Luftbild nicht gut zu erkennen waren (überdacht/von Bäumen überdeckt), bei denen auch professionelle Nutzung zu erkennen war oder aufgrund deren Lage zu vermuten ist, dass sie wenig genutzt werden. Nach der visuellen Aussortierung blieben 55 Häfen in der Auswahl.

Zur Überprüfung der Filterkriterien wurden die Süßwasserhäfen aus dem Datensatz „beprobte Häfen" anhand eines Punktesystems nach ihren Antifouling-Wirkstoffkonzentrationen angeordnet. Dabei zeigte sich, dass sieben Häfen mit den höchsten Wirkstoffkonzentrationen auch unter den 55 Häfen, die nach Anwendung der Filter in der Auswahl blieben, waren. Daraus wurde geschlossen, dass die Filter geeignet sind, um unter den Süßwasserhäfen aus dem Datensatz „deutsche Sportboothäfen" geeignete Kandidaten für das „realistic worst case"-Szenario zu identifizieren.

Um die Messdaten aus dem Datensatz „beprobte Häfen" teilweise durch einen zweiten Messpunkt zu untermauern, Antifouling-Wirkstoffkonzentrationen in weiteren, potenziell relevanten Häfen zu bestimmen und die Modellierungsergebnisse in den kommenden Arbeitsschritten verifizieren zu können, wurden 13 der 55 Häfen im Sommer 2016 (z. T. erneut) beprobt. Darunter waren acht Häfen aus dem Datensatz „beprobte Häfen" und fünf weitere, noch nicht beprobte Häfen aus dem Datensatz „deutsche Sportboothäfen". Zusätzlich wurde an jedem Standort eine Referenzprobe außerhalb des Hafenbeckens genommen um Hintergrundkonzentrationen zu bestimmen. In den Proben wurden die organischen Antifouling-Wirkstoffe Dichlofluanid, Tolylfluanid, Cybutryn, ihre Abbauprodukte DMSA, DMST und M1 sowie von Kupfer und Zink jeweils die gelöste und die Gesamtkonzentration bestimmt. Außerdem wurden weitere für die Modellierung relevante Parameter bestimmt. Wie im Vorgängerprojekt wurden die organischen Wirkstoffe Dichlofluanid und Tolylfluanid aufgrund ihres schnellen Abbaus zu DMSA und DMST in keiner der Proben nachgewiesen. Cybutryn und sein Abbauprodukt M1 wurden hingegen in allen Proben nachgewiesen. Im Vergleich zum Datensatz „beprobte Häfen" wurden die organischen Wirkstoffe und Abbauprodukte sowie Zink in geringeren Konzentrationen, Kupfer in höheren Konzentrationen nachgewiesen. Mögliche, aber nicht eindeutige Gründe hierfür sind die vorrangige Verwendung von kupferhaltigen Antifouling-Produkten im Vergleich zu Produkten mit organischen Wirkstoffen oder Zink und höhere Kupfer-Hintergrund-Konzentrationen im Vergleich zu 2013, als die Häfen für den Datensatz „beprobte Häfen" beprobt wurden.

Für die 24 geschlossenen Süßwasserhäfen, die für den Datensatz „beprobte Häfen" und/oder während der Probenahme im Rahmen dieses Projekts beprobt wurden, wurden die Konzentrationen von Dichlofluanid, Tolylfluanid, Cybutryn, DCOIT und Kupfer mit dem Modell MAMPEC modelliert. Je nach Situation der einzelnen Häfen wurde dabei entweder der Hafentyp „Marina" (gut durchmischtes, eher quadratisches Hafenbecken mit gleichmäßiger Verteilung der Liegeplätze, geringe Konzentrationsunterschiede) oder „Commercial Harbour" (längliches Hafenbecken mit geringer Durchmischung, Emission der Wirkstoffe im hinteren Teil des Hafenbeckens, größere Konzentrationsspannen) modelliert. Dabei wurden für die wasserchemischen Parameter, Wasserstandsschwankungen , Hafengeometrie, Wolkenbedeckung, Breitengrad, Geometrie der Hafeneinfahrt, Zahl und Länge der anwesenden Boote die individuellen Messwerte aus dem Datensatz „beprobte Häfen" bzw. von der Probenahme im Sommer 2016, für Windgeschwindigkeit und -richtung, Fließgeschwindigkeiten der angrenzenden Gewässer und die Leachingrate von Kupfer recherchierte Werte und für die Parameter Tidenperiode, Chlorophyllkonzentration, Applikationsfaktor und Leachingraten der organischen Wirkstoffe generalisierte Werte eingegeben.

Der Vergleich der Modell- und Messergebnisse zeigte für die schnell abbaubaren Wirkstoffe DCOIT, Dichlofluanid und Tolylfluanid eine gute Übereinstimmung, für den langsam abbauenden Wirkstoff Cybutryn wurde die Konzentration zumeist über- und für Kupfer in etwa der Hälfte der Häfen unterschätzt. Während der Modellierung zeigte sich auch, dass die Strömung des Gewässers, an dem ein Hafen liegt, einen deutlichen Einfluss auf das Modellierungsergebnis hat. Daher wurde entschieden,

drei „realistic worst case"-Szenarien, für Häfen an einem Fluss (hohe Strömung), an einem Kanal (geringe Strömung) und einem See (keine Strömung) zu entwickeln.

Um unter den 24 Häfen geeignete Häfen mit hohen organischen Wirkstoffkonzentrationen zu identifizieren, wurden die Häfen basierend auf den Messwerten aus dem Datensatz „beprobte Häfen" und der Probenahmekampagne 2016 in einer gemeinsamen Liste nach abnehmender Konzentration angeordnet. Kupfer wurde dabei aufgrund der hohen Hintergrundkonzentrationen nicht berücksichtigt. Aufgrund der zwischen beiden Probenahmen systematisch verschobenen Konzentrationsbereiche und da nicht alle Häfen in beiden Jahren beprobt wurden, wurde für die gemeinsame Anordnung der Häfen wiederum ein Punktesystem angewendet. Als potenzielle Kandidaten für das „realistic worst case"-Szenario wurde pro Gewässertyp (Fluss, Kanal, See) jeweils der Hafen mit der höchsten Punktzahl (entsprechend den höchsten Konzentrationen) für eine detailliertere Betrachtung der Modellierungs- und Messergebnisse ausgewählt.

Die modellierten Konzentrationsspannen in den ausgewählten Häfen deckten die gemessenen Konzentrationen größtenteils ab, nur für Cybutryn lagen die modellierten Spannen jeweils über den gemessenen Konzentrationen. Mit dem Hafenlayout „Marina" wurden für Dichlofluanid, Tolylfluanid und Kupfer in einzelnen Fällen ebenfalls höhere Konzentrationen als die gemessenen modelliert. Aufgrund des Vergleichs der gemessenen und modellierten Konzentrationen sowie anhand der Geometrie der Hafenbecken wurde die Modellierung mit dem Hafenlayout „Commercial Harbour" angemessener als mit dem Layout „Marina" angesehen.

Da die im ersten Modellierungsschritt berechneten Konzentrationen auf vor Ort gemessenen bzw. für den Tag der Probenahme recherchierten Werten beruhte, das „realistic worst case"-Szenario aber eine möglichst repräsentative Situation darstellen sollte, wurden die Werte für einige Parameter verallgemeinert: Für die Windgeschwindigkeit und -richtung sowie die Wassertemperatur wurden Mittelwerte über die Monate April bis September aus mehreren aufeinanderfolgenden Jahren berechnet, um einen repräsentativen Wert für die Saison zu erhalten; die Wolkenbedeckung wurde auf 50% eingestellt; die Liegeplätze wurden vollständig mit Booten belegt, wobei die anteilige Verteilung der Bootslängenklassen am Probenahmetag beibehalten wurde. Für den Applikationsfaktor wurden zwei verschiedene Werte angenommen und parallel zueinander angewendet: a) entsprechend dem Anteil der Antifouling-Produkte auf dem Markt, die einen bestimmten Wirkstoff enthalten: 20% für Dichlofluanid und Tolylfluanid, 90% für Kupfer, b) entsprechend der regulatorischen Anforderungen auf EU-Ebene: 90% für alle Wirkstoffe. Zink, DCOIT und Cybutryn wurden für das „realistic worst case"-Szenario mangels Relevanz bzw. in MAMPEC hinterlegten Daten nicht berücksichtigt. Zudem wurden für die Fließgeschwindigkeit und die wasscherchemischen Parameter die Werte aus dem Datensatz „beprobte Häfen" und die Werte von der Probenahme 2016 parallel angewendet, so dass pro Wirkstoff insgesamt vier Berechnungen durchgeführt wurden.

Für die finalen „realistic worst case"-Szenarien wurden jeweils die Fließgeschwindigkeiten und wasserchemischen Parameter von der Probenahme 2016 ausgewählt, da sie zu einer höheren modellierten Konzentration führten. Für Dichlofluanid und Tolylfluanid wurde der Applikationsfaktor 20% ausgewählt, da die hiermit modellierten Konzentrationen eher den gemessenen entsprachen als mit dem Applikationsfaktor 90%.

Die mit den drei Szenarien modellierten Mittelwerte und Konzentrationsspannen weichen für Dichlofluanid und Tolylfluanid kaum voneinander ab. Für Kupfer nehmen sowohl die mittleren Konzentrationen als auch die Konzentrationsspannen vom Szenario „Häfen an Flüssen" über das Szenario „Häfen an Kanälen" bis zum Szenario „Häfen an Seen" zu. Beides lässt sich durch die geringere Strömung in den Gewässern und damit die geringere Durchmischung in den Hafenbecken erklären.

Da die Risikobewertung von Antifouling-Produkten anhand von modellierten Konzentrationen in den „realistic worst case"-Szenarien vorgenommen wird, wurde überprüft, ob die aufgrund ihrer hohen

gemessenen Konzentrationen für das „realistic worst case"-Szenario ausgewählten Häfen auch zu den Häfen mit den höchsten modellierten Konzentrationen zählen. Eine Anordnung der Häfen nach abnehmenden modellierten Wirkstoffkonzentrationen entsprechend dem Punktesystem, das für die Anordnung der gemessenen Konzentrationen angewendet wurde, zeigte, dass die drei für das „realistic worst case"-Szenario ausgewählten Häfen auf den Plätzen 2, 3 und 10 der modellierten Wirkstoffkonzentrationen lagen, also bis auf einen Hafen fast die höchsten modellierten Konzentrationen hatten.

Eine Möglichkeit, mit deren Hilfe der Einsatz von Antifouling-Produkten optimiert werden könnte, ist eine Einteilung in Gebrauchsklassen. Perspektivisch könnte anhand einer solchen Einteilung die Verwendung von Antifouling-Produkten differenzierter reguliert werden. Hintergrund dieser Überlegung war, dass sich je nach Produkt, Anwendergruppe und Anwendungsart die Exposition und die daraus resultierenden Risiken von Antifouling-Produkten stark unterscheiden können. Eine Einstufung von Produkten in Gebrauchsklassen könnte eine gezieltere Bereitstellung auf dem Markt sowie das Auflegen gebrauchsklassenspezifischer Anwendungsbeschränkungen bei der Produktzulassung und damit einen optimierten Einsatz von Antifouling-Produkten ermöglichen.

Im **Arbeitspaket II** wurden sechs Vorschläge für mögliche Kriterien erarbeitet, hinsichtlich ihrer praktischen Umsetzbarkeit geprüft und hinsichtlich ihres vermuteten Mehrwerts für die Umwelt verglichen. Die Kriterien „Lage des Reviers in Salz-, Brack- oder Süßwasser", „Applikation durch professionelle oder nicht-professionelle Anwender", „Größe/Geschwindigkeit des Boots" und „Strömungsverhältnisse am Liegeplatz" schienen praktisch umsetzbar, da Empfehlungen der Hersteller ebenfalls (u.a.) auf diesen Kriterien beruhen. Der Mehrwert für die Umwelt erschien für die Einteilung nach den Kriterien „Lage des Reviers in Salz-, Brack- oder Süßwasser" und „Applikation durch professionelle oder nicht-professionelle Anwender" am höchsten. Die Kriterien „Geschwindigkeit des Boots", „Strömung am Liegeplatz" und „Temperatur im Revier" müsste man miteinander und möglicherweise weiteren Kriterien verschneiden, um eine sinnvolle Einteilung zu erhalten. Diese würde dadurch aber sehr komplex.

Für die Kriterien „Lage des Reviers in Salz-, Brack- oder Süßwasser" und „Applikation durch professionelle oder nicht-professionelle Anwender" wurden schließlich Entscheidungsbäume erarbeitet, in denen das mögliche Vorgehen zur Einteilung in Gebrauchsklassen beschrieben wird.

In **Arbeitspaket III** wurde der Status quo der Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten erhoben. Es wurde ein Katalog von Bestimmungen und Empfehlungen zur Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten erstellt und die Akzeptanz der Bestimmungen und Empfehlungen unter Anwendern wurde erhoben. Ziel des Arbeitspakets war es, die Grundlagen für einen praktischen Leitfaden zum gewässerschonenden Umgang mit Antifouling-Produkten zu erarbeiten.

Erste Informationen zur aktuellen Verwendungspraxis sowie zur Akzeptanz und Praktikabilität der Bestimmungen und Empfehlungen wurden während der Probenahme in Arbeitspaket I durch Befragung der Hafenmeister/innen, Vereinsvertreter/innen, Bootsservices in den Häfen erhalten sowie durch Befragung von Vertretern des Farbenhandels auf der Messe Interboot 2016. Grundlage für den Katalog bildeten Dokumente aus der Wirkstoffprüfung und -genehmigung, Vorgaben und Empfehlungen auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene, sowie Empfehlungen von Antifouling-Produktherstellern, Bootssportvereinen und -verbänden.

Im Rahmen einer Umfrage wurden die Akzeptanz, praktische Umsetzbarkeit und Effizienz der erarbeiteten Anwendungsbestimmungen und Empfehlungen unter Anwendern evaluiert. Außerdem sollte in der Umfrage die aktuelle Anwendungspraxis von Antifouling-Produkten umfassender als in den Ge-

sprächen mit ausgewählten Personen erfasst werden, um die Ausgangssituation, auf die der praktische Leitfaden aufbaut, möglichst gut zu kennen. An der Umfrage haben 1441 Personen teilgenommen, die meisten Fragen wurden von mindestens 80% der Teilnehmer/innen beantwortet.

Die Teilnehmer/innen waren hauptsächlich private Bootsbesitzer (ca. 80%, <1% Bootsverleihe, ca. 20% haben nicht geantwortet) und besaßen Segelboote (ca. 50%, ca. 30% Motorboote, ca. 20% keine Antwort). Der Großteil ihrer Boote waren zwischen 6 m und 15 m lang (74%), fuhren üblicherweise mit Geschwindigkeiten von maximal 10 kn (70%), waren mindestens 3 Monate pro Jahr im Wasser (82%) und wurden von der Hälfte der Teilnehmer/innen nur bis zu 25% dieser Zeit bewegt, wobei der Anteil der Teilnehmer/innen, deren Boot öfter bewegt wurde, über 25% - 50% und 50% - 75% bis zu 75% - 100% der Zeit abnahm. Ungefähr die Hälfte der Teilnehmer/innen hatten ihr Revier im Süßwasser, gut ein Viertel im Brackwasser und etwa 10% im Salzwasser. Knapp ein Drittel der Teilnehmer/innen blieben immer im Gewässertyp ihrer Reviere, während jeweils 20% einmal pro Jahr, häufiger oder seltener in anderen Gewässertypen unterwegs sind.

Knapp zwei Drittel der Teilnehmer/innen verwendeten ein Antifouling-Produkt. Dabei verwendeten mehr Segel- als Motorbootbesitzer/innen und mit zunehmender Länge des Bootes ein größerer Anteil der Teilnehmer/innen ein Antifouling-Produkt, was darauf zurück geführt wurde, dass diese Boote einem stärkeren Bewuchsdruck ausgesetzt sind, weil sich die Reviere von Segelbooten und längeren Boote häufiger in Salz- und Brackwasser befinden als die von Motorbooten und kürzeren Booten und Segelboote üblicherweise mit geringerer Geschwindigkeit als Motorboote fahren. Auf Booten, die nur zum Fahren im Wasser sind, wird häufiger kein Antifouling-Produkt angewendet als auf Booten, die längere Zeit im Wasser liegen. Nur ca. 4% der Teilnehmer/innen verwendeten kein Antifouling-Produkt. Für die meisten unter ihnen war die Verwendung nicht notwendig, da sie ihr Boot regelmäßig reinigen, eine andere Beschichtung verwenden oder ihr Boot nur zum Fahren im Wasser ist.

Bei gut 80% der Teilnehmer/innen, die ein Antifouling-Produkt verwendeten, war dieses biozidhaltig. Dabei enthielten die Produkte der meisten Teilnehmer/innen Kupfer (ca. 70%) und/oder Zink (ca. 40%), die organischen Biozide Cybutryn, Dichlofluanid und Tolylfluanid waren jeweils in <2% der verwendeten Produkte enthalten. Weniger als 1% der Teilnehmer/innen verwendeten entweder ein nicht-biozidhaltiges Produkt, das von ihnen angegebene Produkt war kein Antifouling-Produkt sondern eine Grundierung oder es ließ sich nicht herausfinden ob ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist. Analog zur Verwendung eines Antifouling-Produkt haben ein größerer Anteil an Besitzer/innen von Segelbooten, von Booten die üblicherweise mit geringerer Geschwindigkeit fahren und von Booten, die nur zum Fahren im Wasser sind angegeben, dass ihr Produkt biozidhaltig sei.

Knapp zwei Drittel der Teilnehmer/innen, deren Antifouling-Produkt biozidhaltig war, waren sich dessen bewusst und alle Teilnehmer/innen, die ein biozidfreies Produkt verwendeten wussten, das es biozidfrei war. Allerdings wussten auch knapp 40% der Teilnehmer/innen nicht, ob ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist und über 90% der Teilnehmer/innen, die dachten, dass ihr Antifouling-Produkt biozidfrei sei, verwendeten tatsächlich ein biozidhaltiges Antifouling-Produkt. Daraus wurde geschlossen, dass nicht immer leicht ersichtlich ist, ob ein Antifouling-Produkt biozidhaltig ist oder nicht.

Entgegen der häufigen Annahme, dass Bootsbesitzer/innen in einem Hafen gemeinsam ein und dasselbe Antifouling-Produkt auswählen und bestellen, hat der Großteil der Teilnehmer/innen (85%) sein/ihr Antifouling-Produkt individuell ausgewählt oder gekauft. Nur ca. 10% haben es gemeinsam mit anderen ausgewählt oder bestellt.

Die Hälfte der Teilnehmer/innen führt alle Arbeiten, die mit der Instandhaltung ihres Boots zusammenhängen (Reinigung, Anschleifen bzw. Entfernen der Beschichtung (falls für ihr Produkt notwendig), Auftragen der neuen Beschichtung) selbst durch. Gut ein Drittel beauftragen für die Arbeiten, die

sie nicht selbst durchführen, eine Werft, einen Bootsservice oder ähnliche Einrichtungen, lediglich 2% eine Privatperson.

Materialien und Einrichtungen, deren Verwendung dazu beitragen kann Biozideinträge aus Antifouling-Produkten in die Umwelt zu verringern, waren für die Teilnehmer/innen in unterschiedlichem Maß verfügbar. Am häufigsten waren in den Häfen oder erreichbarer Umgebung Werften, Bootsservices oder ähnliche Einrichtungen und Planen zum Schutz des Bodens verfügbar, am seltensten Informationsveranstaltungen oder -materialien zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling. Dort, wo die Materialien und Einrichtungen vorhanden waren, wurden sie zumeist von 70% - 80% der Teilnehmer/innen akzeptiert, lediglich Windfänge wurden nur von gut 50% der Teilnehmer/innen akzeptiert. Als Gründe, Einrichtungen und Materialien nicht zu akzeptieren, wurden vor allem geringe Praktikabilität ihrer Verwendung, geringeres Bewusstsein für die Umweltbelastung durch Antifouling-Wirkstoffe und möglicherweise für bestimmte Altersgruppen weniger ansprechende Formate der Informationsvermittlung abgeleitet.

Verschiedene Maßnahmen zur Verringerung der Biozideinträge aus Antifouling-Produkten bei den Arbeitsschritten Rumpf-Reinigung, Anschleifen bzw. Entfernen der vorhandenen Antifouling-Beschichtung, Auftragen der neuen Antifouling-Beschichtung, Entsorgung und Lagerung wurden hinsichtlich ihrer Effizienz und Praktikabilität bewertet. Die meisten Maßnahmen wurden als sinnvoll angesehen um die Biozideinträge zu verringern und als praktikabel bewertet. Diese Maßnahmen wurden in den Entwurf für den praktischen Leitfaden übernommen. Als eher nicht sinnvoll und nicht praktikabel wurde es bewertet für die Arbeiten, die die Antifouling-Beschichtung betreffen, eine Werft oder ähnliche Einrichtung zu beauftragen. Als Gründe hierfür werden zum einen Kosten und Kapazitäten der Werften genannt, zum anderen möchten Bootsbesitzer den Zustand ihres Boots selbst überprüfen und beurteilen.

Vorwiegend nicht praktikabel war es, zu prüfen ob der Verzicht auf ein Antifouling-Produkt möglich ist, die Arbeiten mit Antifouling in einer Halle durchzuführen, bei Arbeiten im Freien allgemein und spezifisch beim Sprühen oder beim Anschleifen bzw. Entfernen der Beschichtung einen Windfang zu verwenden. Angegebene oder vermutete Gründe dafür waren, dass Grundlagen fehlen, anhand deren die Möglichkeit des Verzichts auf ein Antifouling-Produkt überprüft werden kann, dass entweder keine Halle vorhanden war oder nicht genügend Arbeitsplatz in Hallen zur Verfügung steht und dass kein Windfang vorhanden war oder für größere Boote zu groß dimensioniert sein müsste um praktikabel zu sein. Außerdem stellte sich heraus, dass es im privaten Bereich nicht üblich ist Antifouling-Beschichtungen aufzusprühen und deshalb Maßnahmen, die das Sprühen betreffen, nicht sinnvoll und nicht praktikabel sind. Insgesamt wurden die meisten Maßnahmen von Teilnehmer/innen, die relevante Arbeiten selbst durchführen, seltener als praktikabel und sinnvoll bewertet als von Teilnehmern, die die Arbeiten nicht selbst durchführen.

Unter den Alternativen zu biozidhaltigen Antifouling-Produkten waren Bootslifte für den Liegeplatz ca. 60% und biozidfreie Antihaftbeschichtungen sowie Hartbeschichtungen, die mit mechanischer Reinigung des Bootsrumpfs kombiniert werden, etwa der Hälfte der Teilnehmer/innen bekannt. Elektrisch leitende Anstriche, Ultraschallsysteme und Folien, die unter das Boot gezogen und dann leer gepumpt werden, waren jeweils weniger als 20% der Teilnehmer/innen bekannt. Keine der sechs Alternativen wurde von mehr als 20% der Teilnehmer/innen, die sie kannten, genutzt, Am ehesten wurden biozidfreie Antihaftbeschichtungen und Hartbeschichtungen kombiniert mit mechanischer Reinigung akzeptiert. Ihre Akzeptanz war unter Besitzer/innen von Motorbooten höher als unter Besitzer/innen von Segelbooten und nahm mit zunehmender Salinität im Revier und mit zunehmender Länge des Boots ab. Bootslifte für den Liegeplatz wurden am ehesten von Teilnehmer/innen akzeptiert, die ihr Boot nur zum Fahren im Wasser haben. Am ehesten vorstellten konnten sich die Teilneh-

mer/innen biozidfreie Antihaftbeschichtungen (ca. 60%) oder Hartbeschichtungen kombiniert mit mechanischer Reinigung (ca. 40%) anzuwenden.

Basierend vor allem auf den Erkenntnissen der Umfrage und eines Workshops zum Thema „Gewässerschonender Umgang mit Antifouling-Beschichtungen im Sportbootbereich. Zulassung – Praxis – Zukunft", der im Rahmen von Arbeitspaket V stattfand, wurde in **Arbeitspaket IV** ein Konzept für einen Leitfaden zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten erarbeitet.

Der erste Teil des Leitfadens enthält allgemeine Informationen über Bewuchs, Antifouling und die Umweltrisiken, die durch die Anwendung von Antifouling-Produkten entstehen. Anschließend wird das europäische Zulassungsverfahren von Antifouling-Produkten vorgestellt und es wird erklärt, woran Anwender erkennen können, ob die Verwendung eines konkreten Antifouling-Produkts zulässig ist. Dabei wird auch auf die Situation in anderen EU-Mitgliedsstaaten eingegangen.

Im Hauptteil des Leitfadens werden basierend auf der Umfrage und dem Workshop verschiedene Maßnahmen vorgestellt, mit denen Bootsbesitzer/innen dazu beitragen können Umweltrisiken durch biozidhaltige Antifouling-Produkte zu vermindern und damit die Möglichkeit haben, aktiv am Gewässerschutz mitzuwirken. Soweit möglich wurden dabei jeweils die Umweltrisiken benannt, denen die Maßnahmen entgegenwirken sollen. Die Maßnahmen betreffen die Auswahl eines geeigneten Antifouling-Produkts, die Gestaltung und Ausstattung des Arbeitsplatzes, die Nutzungsdauer von Antifouling-Produkten, Ausrüstung und Werkzeug, Auftragen und Entfernen der Antifouling-Beschichtung, die Lagerung von Farbdosen, die Entsorgung von Produktresten und kontaminiertem Material sowie die Reinigung des Boots. Sie sind jeweils unterteilt in Vorschriften, die auf EU-, nationaler oder regionaler Ebene gelten und Empfehlungen, die darüber hinaus helfen können, Biozideinträge in die Umwelt zu verringern. Darüber hinaus werden biozidfreie Alternativen vorgestellt und weiterführende Informationen sowie Literatur zu Forschungsergebnissen zum Thema biozidfreie Alternativen verlinkt. Schließlich werden weiterführende Informationen zum Thema Antifouling und Umwelt sowie Ansprechpartner für verschiedene Fragen aufgelistet und verlinkt. Da die Links zum Teil lang und/oder komplex sind, wurden für Leser/innen der gedruckten Version des Leitfadens QR-Codes ergänzt.

Im Rahmen eines zweitägigen nationalen Workshops, der im Rahmen von **Arbeitspaket V** an der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz gemeinsam mit dem Umweltbundesamt unter dem Titel „Gewässerschonender Umgang mit Antifouling-Beschichtungen im Sportbootbereich. Zulassung - Praxis - Zukunft" ausgerichtet wurde, wurde den etwa 50 Vertretern/innen verschiedener Interessengruppen die recherchierten Anwendungsbestimmungen und -empfehlungen, die Ergebnisse der Umfrage sowie die vorläufige Gliederung des Leitfadens vorgestellt. Offene Fragen für den Leitfaden wurden in Form eines Weltcafés mit ihnen diskutiert. Die Diskussionsergebnisse wurden anschließend in den Leitfaden (Arbeitspaket IV) eingearbeitet.

Teilnehmer/innen aus den Bereichen der Verbände, Universitäten/Institute, Umweltorganisationen, Behörden sowie der Industrie (Farbenhersteller) waren auf dem Workshop vertreten.

Der erste Tag des Workshops wurde mit verschiedenen Fachvorträgen zu den Bereichen - gängige Praxis zum Umgang mit Antifouling aus verschiedenen Blickwinkeln, aktuelle Entwicklungen im Bereich der Zulassung von Antifouling sowie aktuelle Forschung zu biozidfreien alternativen Antifouling-Beschichtungen. In einem letzten Vortrag wurde den Teilnehmer/innen Ergebnisse des Projektes zu den Arbeitspaketen III und IV (praktischen Leitfaden zum gewässerschonenden Umgang mit Antifouling-Produkten & Umfrage, gute fachliche Anwendung & praktischer Leitfaden) vorgestellt und im Anschluss zur Diskussion gestellt.

Am zweiten Tag des Workshops wurden Strategien zu einem optimierten Umgang mit Antifouling-Bioziden mit den Teilnehmern in Form eines Worldcafé diskutiert und erarbeitet. Hierbei wurden fünf Oberthemen vorgegeben, zu denen die Teilnehmer/innen diskutieren und Ideen sammeln konnten - Notwendigkeit von Antifouling in Deutschland, Umweltfreundliche Anwendungspraxis, Biozidfreie Alternativen, Infrastruktur und Materialien zum umweltgerechten Umgang mit biozidhaltigem Antifouling, weiterer Handlungs- Forschungsbedarf. Das Worldcafé hat sich als effizientes und konstruktives Format für die Diskussion erwiesen. Es wurde eine große Zahl an Anregungen und Kommentaren der verschiedenen Interessengruppen zusammengetragen. Diese Kommentare sind in die Überarbeitung des Leitfadens eingeflossen, so dass neben den Bootsbesitzern, deren Erfahrungen durch die Umfrage in den Leitfaden eingegangen sind, auch die Erfahrungen der verschiedenen weiteren Interessengruppen berücksichtigt werden können. Zudem haben sich in den Diskussionen interessante Anregungen für künftige mögliche Schritte ergeben.

Summary

Surfaces in direct contact with the aquatic environment are prone to biofouling. Within a few hours micro- (e.g. bacteria, algae) and in further course macro-organisms attach on the respective surfaces.

Especially boat hulls are subjected to biofouling. Given the fact that nationwide about 206,000 boat moorings exist (Waterman et al. 2015) large ecological challenges do exist in view of biofouling.

On the one hand boating activities may cause spreading of invasive species, on the other hand biofouling on boat hulls causes an increase in flow resistance and thus reduced speed, enhanced fuel consumption as well as enhanced exhaust emission. In particular in commercial shipping biofouling has a major economic impact.

To prevent biofouling, so-called antifouling paints are applied to the boat´s hull. The mode of action of antifouling paints is based on the leaching of embedded biocides preventing biofouling. Till 2008 mainly tributyltin (TBT) was used as biocide due to their high effectiveness as well as effective width. But, due to its high toxicity as well as endocrine effects TBT was banned worldwide by means of an international agreement. Following the ban of TBT zinc as well as copper-based antifouling paints (e.g. metallic copper, copper -oxide, -thiocyanate, -pyrithione) have been used increasingly. Due to a decreased effective width of copper-based antifouling paints co-biocides are admixed. Although Cu-based antifouling paints are not that toxic than TBT, non-wanted toxic side effects on non-target species, such as blue mussels (Marcheselli et al. 2010) or annedlids (Mochida et al. 2011) have been reported. Given the fact that Antifouling paints are directly applied to surface waters they easily distribute within the aquatic environment; hence in terms of environmental protection they are one of the most critical product groups. Elevated biocidal concentrations were already detected in surface waters (Biggs und D'Anna 2012, Daehne et al. 2017). Thus, some countries set statutory thresholds for leaching rates (e.g. Denmark: copper 200 µg/cm2 within the first 14 days after application) (Schultz 2007).

Currently all biocides which are in use in antifouling paints are assessed according to the biocides regulation ((EU) Nr. 528/2012) for potential risks to the health of humans and animals. Until now ten biocidal active ingredients (DCOIT, zineb, tolylfluanid, dichlofluanid, copper, copper thiocyanate, copper oxide, copper pyrithione as well as medetomidine and tralopyril were approved. In future only approved biocides may be used in antifouling paints.

In view of elevated biocidal concentrations in surface waters the aim of the first part of the current project was the development of tools allowing for estimating the concentration of leached biocides in the aquatic environment as well as minimizing environmental risks stemming from biocides. Therefore, a model scenario was developed allowing for the estimation of antifouling biocidal concentrations in German marinas. Furthermore, application classes were derived which are intended to enable a more differentiated consideration for a possible legal regulation of antifouling usage.

The second part of the current project addresses end users of antifouling paints/boat owners - tools for environmentally compatible handling of antifouling paints were developed. In the first instance a questionnaire-based survey of boat owners was carried out. The aim of the survey was to determine the current practice in how antifouling paints are handled, and in particular the acceptance, efficiency as well as manageability of measures for a water-protective handling of antifouling paints. The results of the survey were summarized into a practical guide.

Within the framework of a national workshop results of the current project, in particular the outcome of the survey as well as the practical guide was presented to representatives of diverse stakeholder groups. The results of the discussions as well as the outcome of a World Cafe were integrated into the practical guide.

The environmental risk assessment of biocidal products is based on the comparison of ecotoxicological data with predicted environmental concentrations (PECs). PECs are predicted with "realistic worst case" scenarios, which calculate the highest concentrations which can occur under realistic conditions. Current scenarios used to estimate environmental concentrations of antifouling active substances were developed for coastal marinas. They are not suitable to estimate antifoulant concentrations in freshwater marinas.

Most German pleasure crafts (ca. 70%) are located in freshwater marinas, to which the existing scenarios are not applicable. Thus, the aim of **work package I** was the development of a "realistic worst case scenario" for antifoulant concentrations in German freshwater marinas, which should be based on a real marina.

The data basis were two datasets provided from a previous project of the German Federal Environmental Agency (FKZ 371167432, Watermann et al. 2015) and the data collected in a sampling campaign of the present project. The first dataset ("German marinas") is an inventory of leisure boats, marinas and their numbers of berths based on a comprehensive survey of the project holders of the previous project. The second dataset ("analyzed marinas") contains data on antifoulant concentrations of 50 marinas from the "German marina dataset", also sampled by the project holders of the previous project.

In a first step, data of the 34 freshwater marinas were extracted from the "analyzed marinas" dataset and analyzed (in part statistically) for correlations between certain characteristics of the marinas and high antifoulant concentrations. The absence of tidal influence, embankment of the marina, a narrow marina entrance and a small surface per berth were identified to correlate with high antifoulant concentrations. Subsequently, the dataset "German marinas" was reduced to those marinas which were suitable for the "realistic worst case scenario", i.e., marinas which are susceptible to high antifoulant concentrations and which can be considered as "typical" concerning their geometry and location. From the identified characteristics four filter criteria were defined: "marinas without tide", "embanked marinas", "marinas with narrower entrances than 60 m" and "marinas with less than 300 m^2 per berth". To exclude untypically small marinas, the criterion "marinas with at least 30 berths" was added. Applying these filters 318 marinas were selected from the 2470 freshwater marinas in the "German marinas" dataset. Aerial views of the selected marinas were screened for marinas with an untypical geometry, with a very inhomogeneous distribution of berths, with only few berthed boats, marinas which are not really embanked but bordered only by pedestrian overpasses or situated in a bay with one non-embanked edge, marinas which could not be viewed well (covered by roofs/trees), in which also commercial use was identified or whose localization suggested that they are used unfrequently. All these marinas were discarded from the selection, which was reduced thereby to 55 marinas.

To verify the filter criteria, the 34 freshwater marinas in the dataset "analyzed marinas" were ranked by descending antifoulant concentrations. This made apparent that seven marinas with the highest antifoulant concentrations were part of the 55 marinas selected by applying the filters and visual screening. It was therefore concluded that the filters are applicable to identify suitable candidates for the "realistic worst case" scenario from the dataset "German marinas".

To corroborate part of the data from the dataset "analyzed marinas" by a second sampling point, to determine antifoulant concentrations in further, potentially relevant marinas and to be able to verify the modeled concentrations in the following steps, 13 of the 55 marinas were (in part re-)sampled in summer 2016. Eight of these marinas were taken from the dataset "analyzed marinas"; five further, potentially relevant, marinas were taken from the dataset "German marinas". An additional sample was taken outside of each marina to determine background concentrations. All samples were analyzed for the organic antifoulants dichlofluanid, tolylfluanid, cybutryne, their transformation products DMSA, DMST and M1 as well as for total and dissolved cooper and zinc. In addition, further parameters relevant for modelling were determined. Consistent with the dataset "analyzed marinas", dichlofluanid

and tolylfluanid were not detected in any sample due to their quick transformation into DMSA and DMST. Cybutryne and its transformation product M1 were detected in all samples. Compared to the dataset "analyzed marinas" the organic antifoulants and their transformation products as well as zinc were detected in lower concentrations, copper in higher concentrations. Possible, but not definite, reasons may be the preferred use of antifouling products containing copper compared to those containing organic biocides and the higher background concentrations of copper in 2016.

The concentrations of dichlofluanid, tolylfluanid, cybutryne, DCOIT and copper were modelled using MAMPEC for the 24 freshwater marinas which were sampled either for the dataset "analyzed marinas" or in the sampling campaign 2016 or both. Depending on the situation of the individual marinas, the environment type "marina" (well mixed, rather squared basin, homogeneous distribution of berths, only small range of concentrations) or "commercial harbor" (less mixed, rather long basin, emission of antifoulants at the rear end of the basin, wider range of concentrations). The water characteristics, non-tidal daily water level change, cloud coverage, latitude, geometry of the basin and the entrance were entered as recorded on-site, flow velocities and the leaching rate of copper were researched, and generalized values were entered for the tidal period, chlorophyll concentration, application factor and leaching rate of the organic antifoulants.

The modeled concentrations of the quickly transformed antifoulants DCOIT, dichlofluanid and tolylfluanid agreed well with the experimentally determined concentrations. For cybutryne, which is transformed slowly, most concentrations were overestimated by modelling. For copper ca. 50% of the modelled concentrations were below the experimental ones. The flow velocity of the adjacent water body became apparent to have a considerable impact on the modeled concentrations. Hence, three "realistic worst case" scenarios were developed: for marinas located at a river (high flow velocity), at a channel (low flow velocity), and at a lake (no flow).

To identify marinas with high antifoulant concentrations, the 24 marinas were ranked by descending concentrations in a common list, based on the experimental concentrations from the dataset "analyzed marinas" and the sampling campaign 2016. Copper was not considered because of high background concentrations. Due to the systematic concentration shift between both campaigns and because not all marinas were sampled in both years, a ranking system based on scores instead of concentrations was applied. The marina with the highest score was chosen per kind of water body (river, channel, lake) as potential candidates for the "realistic worst case" scenarios. For these marinas, the modeled and experimental concentrations were examined in more detail.

The modeled concentration ranges covered the experimental concentrations in most cases. Only for cybutryne the modelled concentrations were higher than the experimental concentrations. Applying the environment type "marina", the modeled concentrations of tolylfluanid and copper were also higher than the experimental ones. Because of the better agreement between modeled and experimental concentrations and based on the geometry of the marina basins, applying the environment type "commercial harbor" was regarded to be more suitable than applying the environment type "marina".

While the first modelling was based on data recorded and researched for the days of sampling, the "realistic worst case" scenario was supposed to reflect a more representative situation for the boating season. Thus, the values entered for certain parameters were generalized: for wind speed and direction and water temperature, mean values of the months April to September from several consecutive years were calculated; cloud coverage was set to 50%; all berths in the marinas were occupied by boats, keeping the ratio of boat length classes recorded at the sampling day. Two different values were assumed for the application factors: a) according to the percentage of antifouling products on the market which contain the modeled antifoulant (dichlofluanid: 20%, tolylfluanid: 20%, copper: 90%), b) according to the regulatory requirement at EU level (90% for all antifoulants). Zinc, DCOIT and cybutryne were excluded, because they were not relevant, or no data was available in MAMPEC. Also flow velocity and water characteristics recorded in the dataset "analyzed marinas" and in the sampling

campaign 2016 were applied separately, so that in total four calculations were conducted per antifoulant.

For the final "realistic worst case" scenarios the flow velocities and water characteristics were chosen from the sampling campaign 2016, because they resulted in higher modeled concentrations. For dichlofluanid and tolylfluanid the application factor 20% was chosen, because the modeled concentrations were closer to the experimental ones applying this factor than applying 90%.

The modeled arithmetic means and concentration ranges of dichlofluanid and tolylfluanid showed little variation between the three scenarios. For copper both the arithmetic means and concentration ranges increase from the scenario "marinas at rivers" to the scenario "marinas at channels" to the scenario "marinas at lakes". Both can be explained by the lower flow velocity and therefore the lower mixing of the marina basins.

Finally, it was tested whether the marinas chosen for the "realistic worst case" scenarios because of their high experimental concentrations are among the marinas with the highest modeled concentrations. Ranking the marinas by descending modeled concentrations, these marinas got the ranks 2, 3 and 10. I.e., apart from one marina, they had almost the highest modelled antifoulant concentrations.

One possibility to optimize the use of antifouling products from the water pollution control point of view is grouping them into application classes as a possible tool to regulate the use of antifouling products in a more differentiated way. The biocidal inputs from antifouling products into the environment and thus their environmental risks may vary considerably, depending on the specific product, on the user group and on the type of application. Thus, introducing application classes might enable a more targeted placing on the market. In addition, application class specific limitations of use may be released during product authorization.

Six possible criteria for the grouping of antifouling products into application classes were suggested in **work package II**. Their feasibility was estimated, and the criteria were compared relating to their estimated benefit for water pollution control. The criteria "application on boats in marine, brackish or freshwater areas", "application by professionals or non-professionals", "navigation velocity" and "flow velocity at the berth" were concluded to be feasible, because antifouling manufacturers' recommendations for the scope of individual antifouling products are based, between others, on these criteria. The benefit for water pollution control was estimated to be highest for the criteria "application on boats in marine, brackish or freshwater areas" and "application by professionals or non-professionals". The criteria "navigation velocity", "flow velocity at the berth" and "water temperature" would have to be blended with each other and possibly further criteria to obtain a sensible classification, which result too complex to be practicable.

For the criteria "application on boats in marine, brackish or freshwater areas" and "application by professionals or non-professionals" decision trees were compiled, which describe the possible procedure to group antifouling products into application classes.

In **work package III** the status quo of applying antifouling products was investigated. An inventory of instructions and recommendations concerning the application of biocidal antifouling products was compiled and their acceptance by boat owners was surveyed. The aim of the work package was to develop the fundamentals for a practical guideline how to handle antifouling products in a more water protective way.

First information concerning the current practice and concerning the acceptance, manageability and efficiency of the compiled instructions and recommendations was gained by interviewing marina masters, club representatives and boat services during the sampling campaign in summer 2016 (work

package I) as well as retailers of antifouling products at the boat fair "Interboot" in autumn 2016. The inventory was based on documents from the active substances' assessment and approval, regional, national and international instructions and recommendations as well as recommendations of manufacturers, boating clubs and associations.

A questionnaire-based survey was conducted to assess the acceptance, manageability and efficiency of the compiled instructions and recommendations among boat owners. In addition, the current practice of applying antifouling products was assessed more extensively than in single interviews in order to know the starting point on which the practical guideline is based. 1441 persons participated, and most questions were answered by at least 80% of the participants.

Most of the participants were private boat owners (ca. 80%, <1% boat rentals, ca. 20% did not answer) and owned sailing boats (ca. 50%, ca. 30% motor boats, ca. 20% did not answer). Most of the boats were 6 to 15 m long (74%), were usually driven with velocities of max. 10 kn (70%), were in the water for at least 3 months per year (82%). Half of the boats were moved only up to 25% of their time in the water, with decreasing shares of boats which were moved 25% - 50%, 50% - 75% and 75% - 100% of their time in the water. About half of the boats were located in freshwater, about one quarter in brackish water and about 10% in saltwater. Nearly one third stayed in water bodies of the same salinity throughout the year, while ca. 20% each went once a year, more often or less often to water bodies with other salinities.

Antifouling products were used by nearly one third of the participants. They were used by a higher percentage of sailing boats than motor boats and the percentage of participants who used an antifouling product increased with the length of the boat. The reason for both was assumed to be the higher fouling pressure which they are subject to, because sailing boats and longer boats are more often than motor boats and shorter boats in salt and brackish water and because sailing boats are often driven with a lower velocity than motor boats. Boats which are removed from the water after a trip are less often covered with an antifouling product than boats which are left in the water. Only ca. 4% of the participants did not use an antifouling product. For most of them the application was not necessary because they clean their boats regularly, they use another kind of coating, or they remove their boat from the water after each trip.

About 80% of the antifouling users used a biocidal antifouling product. Most of them used a product containing copper (ca. 70%) and/or zinc (ca. 40%). The organic antifoulants cybutryne, dichlofluanid and tolylfluanid were each contained in <2% of their products. Less than 1% used a biocide free antifouling product, the product they used was not an antifouling product but a primer, or it was not possible to identify whether their product was biocidal. Consistent with using an antifouling product, a higher percentage of participants owning sailing boats, boats which are driven with a lower velocity and boats which are removed from the water after each trip indicated that their antifouling product was biocidal.

Nearly two thirds of the participants using a biocidal antifouling product knew that was biocidal and all participants using a biocide free antifouling product knew that it was biocide free. However, nearly 40% of the antifouling users did not know whether their antifouling product was biocidal and more than 90% of the antifouling users who thought that their antifouling product was biocide free actually used a biocidal antifouling product. It was concluded that it is not always easy to distinguish whether an antifouling product is biocidal.

Often it is assumed that the boat owners in one marina chose and order the same antifouling product. In contrast to this assumption, most of the participants (85%) indicated to have chosen or bought their antifouling products individually. Only ca. 10% have chosen or ordered it together with other persons.

One half of the participants realizes maintenance of their boats (cleaning, sanding back or removing the antifouling coating, applying new antifouling product) by themselves. About one third delegated maintenance to professionals, only 2% to private person.

Infrastructure which can help to reduce biocidal input into the environment was available to the participants to different extents. The most available infrastructure were dockyards and similar facilities as well as tarpaulins to cover the soil. The least available infrastructure were informative sessions and materials on a more water protective use of antifouling products. Where infrastructure was available, it was usually agreed by 70% - 80% of the participants, only windscreens were accepted by ca. 50%. The derived reasons not to accept an infrastructure were a low manageability, a low awareness for the environmental impacts of biocidal antifouling products and that the formats in which information is offered may not be pleasant to boat owners in certain age ranges.

Different measures to reduce biocidal input from antifouling products into the environment were evaluated by the participants according to their efficiency and manageability. Most of the measures were regarded as suitable to reduce biocidal inputs and as manageable. Those measures were adopted by the draft of the practical guideline on water protective handling of antifouling products. Delegating antifouling concerning work to professionals was evaluated as rather not suitable and not manageable, because of the costs, the capacities of the dockyards and because boat owners prefer to check and evaluate the condition of their boats by themselves.

The following measures were mainly regarded as not manageable: checking whether it is possible not to use an antifouling product, to perform antifouling-related work in a hall, to use a windscreen when any antifouling-related work is performed outside, or specifically when spraying the new coat or when grinding or removing the current coat. The indicated or concluded reasons were missing information how to decide whether it is possible not to use an antifouling product, the absence of a hall or not enough available working space in the hall, and the absence of a windscreen or that the required size of a windscreen would be to large to be manageable. The participants performing antifouling-related work by themselves evaluated the measures in general as less manageable and less suitable than the participants who delegated the work.

About 60% of the participants knew the biocide free antifouling strategy “boat lift installed at the berth”, about each 50% knew biocide free “foul-release coatings” or “hard coatings applied in combination with regularly cleaning the hull”. “Electrically conducting coats”, “ultrasonic systems” and “plastic sheets shading the hull” were each known to less than 20% of the participants. None of these six alternatives was used by more than 20% of the participants knowing them. The acceptance of biocide free foul-release coatings or hard coatings applied in combination with regularly cleaning the hull was the highest. It was higher among sailing boat owners than among motor boat owners and increased with increasing salinity of the marinas and navigated waters and with increasing length of the boats. The acceptance of boat lifts installed at the berth was highest among those participants who remove their boat from the water after each trip. The most realistic alternatives which the participants might be willing to use in future were biocide free foul-release coatings (ca. 60%) and hard coatings applied in combination with regularly cleaning the hull (ca. 40%).

In **work package IV** a practical guideline for boat owners concerning the water protective handling of antifouling products was worked out. It was based mainly on the results of the survey and a workshop involving different interest groups, which was organized in work package V.

The first part of the practical guideline contains general information on fouling, antifouling and the environmental risks arising from antifouling products while handling them and during service life. The European procedure of admitting antifouling products is introduced and readers are guided how to

recognize whether it is valid to use a certain antifouling product. Also, the situation in other EU member states is addressed.

The main part presents, based on the survey and the workshop, different measures which boat owners can apply to reduce the biocide input from antifouling products into the environment and thereby actively participate in water pollution control. As far as possible the environmental risks which are addressed by the single measures are referred to. The measures apply to the choice of an adequate antifouling product, the configuration of the working area, the lifetime of antifouling products, the equipment for handling antifouling products, applying, grinding and removing antifouling coatings, safe storage of tins, disposal of residual products and contaminated material, and hull cleaning. Each topic is subdivided into EU, national or regional legal instructions and further recommendations, which can in beyond the instructions help to reduce biocidal inputs to the environment. In addition, biocide free alternatives are introduced and links to further information and to scientific results are provided. Because of the length and/or complexity of some links, QR-codes are provided for readers of the printed version of the practical guideline.

A national workshop was organized by the Federal Institute of Hydrology (BfG) in cooperation with the Federal Environmental Agency and hosted at the BfG in Koblenz. The workshop was part of **work package V** entitled with "Water protective handling of antifouling coatings in the pleasure craft sector. Regulation - Practice - Future". About 50 attendees from different interest groups joined the workshop. During the workshop results of the project were presented and a Worldcafé serving as a discussion platform was organized. The results of the Worldcafé were integrated in the work package IV (practical guideline) of the project.

Participants came from a variety of backgrounds: boating associations, universities, environmental protection agencies, public authorities as well as industry.

The first day of the workshop started with different presentations on the following subjects: common practices in handling of antifouling, current situation regarding legislation and approval of antifouling biocides, current research results on the subject of biocide-free alternative antifouling strategies. Furthermore, the current project status regarding the work packages III and IV was presented to the participants.

During the second day of the workshop (Worlcafé) strategies for a water protective handling of antifouling products were discussed and compiled in collaboration with the participants. The Worldcafé was organized around five main topics: need for antifouling biocides in Germany, water protective application practice, biocide free antifouling strategies, optimized infrastructure as well as materials for water protective handling of biocidal antifouling products, future research needs.

The Worldcafé turned out being an efficient as well as constructive platform for discussion. A large number of ideas and comments were brought together. The output from the Worldcafé was incorporated into the practical guideline (work package IV).

2 Einleitung

Oberflächen, die in direktem Kontakt mit der aquatischen Umwelt stehen, unterliegen der Bildung von Bewuchs. Dabei kommt es binnen Stunden zur Anlagerung von Mikroorganismen (z.B. Bakterien, Algen) und im weiteren Verlauf von Makroorganismen wie z.B. Seescheiden und Rankenfußkrebsen (Dafforn et al. 2011).

Hiervon sind im Besonderen Rümpfe von Booten und Schiffen betroffen. Etwa 206.000 Liegeplätze für Segel- und Motorboote werden bundesweit für den Sport- und Freizeitbootbereich gezählt (Stand 2015; Waterman et al. 2015); im Hinblick auf den Bewuchs stellen sich somit große ökologische Herausforderungen. Zum einen kann es durch das Befahren verschiedener Reviere zu einer Verbreitung invasiver Arten (Neobiota) kommen, zum anderen führt der Bewuchs zu einer deutlichen Zunahme des Strömungswiderstandes sowie einer damit verbundenen Abnahme der Fahrgeschwindigkeit und Zunahme des Kraftstoffverbrauchs bei Motorbooten, was einen verstärkten Ausstoß treibhausrelevanter Gase zur Folge hat. Im Bereich der kommerziellen Seeschifffahrt, die mit über 90% als Transportmittel des Welthandels vertreten ist (Dafforn et al. 2011), dominieren die ökonomischen Auswirkungen.

Um dem Bewuchs (englisch: Biofouling) am Bootsrumpf entgegen zu wirken, kommen sog. Antifouling-Beschichtungen zum Einsatz. Diese speziellen Anstriche entfalten ihre Wirkung oftmals durch darin enthaltene Biozide. Diese werden aus den funktionalisierten Oberflächen herausgelöst (leaching - Auslaugen) und unterbinden an der Grenzfläche zum Wasser durch eine toxische Wirkung die Ansiedlung von Organismen.

Die biozide Wirkung einiger Metalle wie Blei, Kupfer, Arsen und Quecksilber wurde bereits seit Jahrhunderten gegen Bewuchs genutzt. Ab etwa der Mitte des 20. Jahrhunderts kamen Organozinnverbindungen (im Besonderen Tributylzinn - TBT) aufgrund ihrer hohen Wirksamkeit und Wirkungsbreite zum Einsatz. In den frühen 80er Jahren beobachteten französische Austernzüchter jedoch erstmals Anomalien innerhalb ihrer Bestände. Neben einem Rückgang des Ertrages kam es unter anderem zu Missbildungen der Schalen und gestörtem Larvenwachstum. Als Grund hierfür stellte sich der Einsatz von TBT heraus. Wenig später wurden weitere Folgen des TBT-Einsatzes auf aquatische Organismen sichtbar, u.a. das Imposex-Symptom bei Schnecken. Mit dem 2008 weltweit in Kraft getretenen Internationalen Übereinkommen über die Beschränkung des Einsatzes schädlicher Bewuchsschutzsysteme auf Schiffen wurden TBT-haltige Unterwasseranstriche in den Unterzeichnerstaaten verboten. Im Rahmen des Verbots von TBT kamen Antifouling-Anstriche auf Kupferbasis (z.B. metallisches Kupfer, Kupferoxide, -thiocyanate, -pyrithion) verstärkt zum Einsatz. Kupfer weist jedoch im Vergleich zu TBT eine geringere Wirkungsbreite auf (Resistenz einiger Algenarten (Reed und Moffat 1983)). weshalb den Anstrichen sog. Cobiozide beigemischt werden: organische Pestizide, z.B. Cybutryn/Irgarol® 1051, Dichlofluanid, Isothiazolinon, Tolylfluanid sowie eine Reihe metallbasierter Komplexverbindungen (LimnoMar 2013).

Die genannten Antifouling-Biozide sind nach aktuellem Stand des Wissens nicht so extrem schädlich wie TBT, dennoch handelt es sich um hochwirksame Substanzen, die unerwünschte Wirkungen auch auf Nicht-Zielorganismen haben können: toxische Reaktionen wurden an Miesmuscheln durch Zinkpyrithion (Marcheselli et al. 2010) und durch Kupferpyrithion an Ringelwürmern (Mochida et al. 2011) beschrieben.

Da Antifouling-Produkte direkt im Gewässer eingesetzt werden und sich somit leicht verbreiten können, zählen sie zu den aus Umweltschutzsicht bedenklichsten Produktgruppen innerhalb der Biozide. Erhöhte Biozidkonzentrationen aus Antifouling-Produkten wurden bereits in Gewässern nachgewiesen (Biggs und D'Anna 2012, Daehne et al. 2017). Daher haben einige Staaten bereits gesetzliche Grenzen für die Auslaugrate dieser Substanzen (z.B. Dänemark - Kupfer: 200 µg/cm² innerhalb der ersten 14 Tage) festgelegt (Schultz 2007).

Aktuell werden im Rahmen der Biozid-Verordnung (EU) Nr. 528/2012 alle bioziden Antifouling-Wirkstoffe in Bezug auf ihre Wirksamkeit und Risiken für die Gesundheit von Mensch, Tier und Umwelt bewertet. Bisher sind zehn biozide Wirkstoffe (DCOIT, Zineb, Tolylfluanid, Dichlofluanid, Kupfer, Kupferthiocyanat, Dikupferoxid und Kupferpyrithion als Altwirkstoffe sowie Medetomidin und Tralopyril als Neuwirkstoffe) für die Verwendung in Antifouling-Produkten genehmigt, ein Wirkstoff (Cybutryn/Irgarol®) wurde wegen unannehmbarer Umweltrisiken nicht genehmigt. Die Wirkstoffe Zinkpyrithion sowie in situ generierte freie Radikale („free radicals generated in situ“) und in situ generierte freie Radikale aus der Umgebungsluft oder Wasser („free radicals generated in situ from ambient air or water“) befinden sich noch im Genehmigungsverfahren. Biozidprodukte dürfen künftig nur genehmigte Wirkstoffe enthalten und sind zudem zulassungspflichtig.

Angesichts in Gewässern nachgewiesener überhöhter Biozidrückstände ist das wesentliche Ziel des ersten Teils des Projekts, Werkzeuge zu entwickeln, mit deren Hilfe im Rahmen der Produktzulassung eine Abschätzung der Freisetzung von Bioziden in die aquatische Umwelt ermöglicht und Umweltrisiken durch Antifouling-Produkte minimiert werden können. Zum einen sollte ein Szenario entwickelt werden, mit dessen Hilfe die in deutschen Sportboothäfen freigesetzten Konzentrationen an Antifouling-Bioziden abgeschätzt werden können. Weiterhin sollten für die Produkte Gebrauchsklassen abgeleitet werden - hierüber könnte perspektivisch die Verwendung von Antifouling-Produkten differenzierter reguliert werden. Teil zwei des Projektes sollte sich stärker an die Anwender/Bootsbesitzer richten und diesen direkte Werkzeuge zum umweltgerechten Umgang mit Antifouling-Produkten an die Hand geben. Hierbei sollte zunächst mittels einer Umfrage die gängige Praxis im Umgang mit Antifouling-Produkten und vor allem die Akzeptanz, Effizienz und Handhabbarkeit von Maßnahmen zur gewässerschonenden Anwendung ermittelt werden. Die Ergebnisse der Umfrage sollten in einem nachfolgenden Arbeitspaket in einem praktischen Leitfaden für Anwender/Bootsbesitzer einfließen. Im folgenden Abschnitt werden die Projektteile und Arbeitspakete nochmals im Detail vorgestellt.

3 Struktur des Projekts

Das Projekt gliedert sich in zwei Projektteile, die jeweils zwei Arbeitspakete enthalten, sowie als fünftes Arbeitspaket einen Workshop, in dem Ergebnisse aus beiden Projektteilen mit Experten diskutiert und anschließend überarbeitet werden.

3.1 Projektteil 1: Erarbeitung von Methoden zur differenzierteren Produktbewertung

Projektteil 1 umfasst Arbeitspaket I „Erarbeitung eines Szenarios zur Abschätzung der Einträge von Antifouling-Wirkstoffen in deutsche Binnengewässer“ und Arbeitspaket II „Erarbeitung von Kriterien für eine Zulassung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten in Gebrauchsklassen“.

3.1.1 Arbeitspaket I: Erarbeitung eines Szenarios zur Abschätzung der Einträge von Antifouling-Wirkstoffen in deutsche Binnengewässer

Bisherige Expositionsszenarien zur Abschätzung der Umwelteinträge von Antifouling-Wirkstoffen auf Basis des Modells MAMPEC wurden für den marinen Bereich entwickelt und eignen sich nicht für eine Expositionsabschätzung im Bereich deutscher Binnengewässer. Deshalb war das Ziel des Arbeitspakets I die Entwicklung eines „realistic worst case“-Szenarios für deutsche Binnengewässer und dessen Implementierung in das Modell MAMPEC. Grundlage für die Entwicklung des Szenarios waren eine statistische Analyse des Datensatzes zu 50 deutschen Sportboothäfen aus dem vorangegangenen UBA-Forschungsprojekt „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“ (FKZ 3711 67 432, im Folgenden: „Vorgängerprojekt“, Watermann et al. 2015) sowie Daten, die während einer darauf aufbauenden, im Sommer 2016 durch den Auftragnehmer (BfG) durchgeführten Probenahmekampagne erhoben wurden.

3.1.2 Arbeitspaket II: Erarbeitung von Kriterien für eine Zulassung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten in Gebrauchsklassen

Ergänzend zu Maßnahmen, die zu einer reduzierten Emission von Antifouling-Produkten führen können, wurde über weitere Möglichkeiten nachgedacht, mit deren Hilfe der Einsatz von Antifouling-Produkten optimiert werden könnte. Eine Möglichkeit, die dabei erwogen wurde, war eine Einteilung in Gebrauchsklassen. Perspektivisch könnte anhand einer solchen Einteilung die Verwendung von Antifouling-Produkten differenzierter reguliert werden.

Da sich je nach Produkt, Anwendergruppe und Anwendungsart die Exposition und die daraus resultierenden Risiken von Antifouling-Produkten stark unterscheiden können, könnte eine Einstufung von Produkten in Gebrauchsklassen eine gezieltere (gebrauchsklassenspezifische) Bereitstellung auf dem Markt sowie das Auflegen gebrauchsklassenspezifischer Anwendungsbeschränkungen bei der Produktzulassung und damit einen optimierten Einsatz von Antifouling-Produkten ermöglichen.

Im Arbeitspaket II wurden deshalb Kriterien erarbeitet, durch die Antifouling-Produkte in Gebrauchsklassen eingeteilt werden könnten.

3.2 Projektteil 2: Erarbeitung von Möglichkeiten zur Minimierung der Umweltexposition durch eine optimierte Verwendung

Projektteil 2 enthält die Arbeitspakete III „Zusammenstellung und Validierung von Bestimmungen und Empfehlungen im Umgang mit biozidhaltigen Antifouling-Produkten“ und IV „Erarbeitung eines praktischen Leitfadens für Antifouling“.

3.2.1 Arbeitspaket III: Zusammenstellung und Validierung von Bestimmungen und Empfehlungen im Umgang mit biozidhaltigen Antifouling-Produkten

In Arbeitspaket III wurde der Status quo der Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten durch Befragung ausgewählter Experten/innen erhoben. Zudem wurde basierend auf Literaturrecherchen ein Katalog von Bestimmungen und Empfehlungen zur Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten erstellt. Die Akzeptanz der Bestimmungen und Empfehlungen unter Anwendern wurde mittels eines Fragebogens und vor-Ort-Recherchen erhoben.

3.2.2 Arbeitspaket IV: Erarbeitung einer guten fachlichen Anwendung und eines praktischen Leitfadens

In Arbeitspaket IV wurde unter Nutzung der in Arbeitspaket III recherchierten Bestimmungen und Empfehlungen, der Ergebnisse der Umfrage sowie den Ergebnissen eines Workshops (Arbeitspaket V) ein praktischer Leitfaden zum gewässerschonenden Umgang mit biozidhaltigen Antifouling-Produkten erarbeitet. Der praktische Leitfaden richtet sich an nichtberufsmäßige Anwender/innen und enthält neben Informationen über die Umweltproblematik von biozidhaltigen Antifouling-Produkten praktische Hinweise für alle relevanten Aspekte im Umgang mit Antifouling-Produkten.

3.3 Workshop

3.3.1 Durchführung eines nationalen Workshops

In Arbeitspaket V, „Durchführung eines nationalen Workshops“, wurden Vertretern/innen verschiedener Interessengruppen die recherchierten Anwendungsbestimmungen und -empfehlungen, die Ergebnisse der Umfrage sowie die vorläufige Gliederung des Leitfadens vorgestellt. Offene Fragen für den Leitfaden wurden in Form eines Weltcafés mit ihnen diskutiert. Die Diskussionsergebnisse werden anschließend in den Leitfaden eingearbeitet.

4 Ergebnisse der Arbeitspakete

4.1 Arbeitspaket I: Erarbeitung eines Szenarios zur Abschätzung der Einträge von Antifouling-Wirkstoffen in deutsche Binnengewässer

4.1.1 Datengrundlage

Die Ableitung des „realistic worst case"-Szenarios basiert auf Datensätzen aus dem Vorgängerprojekt „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" (FKZ 371167432) (Watermann et al. 2015).

In dem genannten Projekt wurde eine bundesweit flächendeckende Erfassung der Sportboothäfen und -vereine mit ihren Liegeplätzen durchgeführt um zu überprüfen, ob die EU-weit bestehenden OECD-Emissionsszenarien auch für deutsche Sportboothäfen repräsentativ sind. Die Ergebnisse wurden in einem Datensatz (im Folgenden: Datensatz „deutsche Sportboothäfen") zusammengefasst. Dazu wurden Luftbilder und Seekarten ausgewertet, um Strukturdaten (Position, Größe, Geometrie, Liegeplätze, Hafeninfrastruktur) zu mindestens 80% der deutschen Sportboothäfen und –vereine zu erhalten. Insgesamt wurden 3091 Sportboothäfen und –vereine identifiziert. Ca. 70% der Boote und ca. 80% der Häfen liegen im Süßwasser. Dabei variierte die Zahl der Liegeplätze in den Süßwasserhäfen zwischen einzelnen Stegen und über 1000 Liegeplätzen. Die Zählung ergab, dass die meisten Sportboothäfen 25-49 oder 50-99 Liegeplätze umfassen. Die meisten Sportboothäfen liegen an Flüssen oder Seen.

Außerdem wurden an 50 Sportboothäfen, darunter 34 Häfen im Süßwasser, wasserchemische Untersuchungen der zu dem Zeitpunkt erlaubten Antifouling-Wirkstoffe einmalig durchgeführt, zusammen mit einer Erhebung der aktuellen Bootsbelegung und weiteren Infrastruktureinrichtungen (zusammengefasst im Datensatz „beprobte Häfen"). Die beprobten Häfen wurden nach den folgenden Kriterien aus dem gesamten Datensatz „deutsche Sportboothäfen" ausgewählt, um die Diversität der lokalen Gegebenheiten abzubilden: i) offene und geschlossene Hafenbecken, ii) kleines bis großes Wasservolumen, iii) wenige bis viele Liegeplätze, iv) strömungsarme bis strömungsreiche Standorte. Zusätzlich zu Proben aus dem Hafenbecken wurde bei einigen Hafenstandorten eine Referenzprobe aus dem anliegenden Gewässer genommen.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Antifouling-Wirkstoffe, die in den Proben gemessen wurden sowie die Konzentrationsbereiche, die jeweils detektiert wurden. Für einige Häfen, für die bei einer erneuten Beprobung im Jahr 2014 die Messung der Kuper- und Zinkkonzentrationen wiederholt wurde, wurde der Mittelwert aus beiden Messungen berechnet.

Tabelle 1: Konzentrationsbereiche und Bestimmungsgrenzen (BG) verschiedener Antifouling-Wirkstoffe und -Abbauprodukte, die im Rahmen des Vorgängerprojekts in Oberflächenwasser aus 34 deutschen Süßwasser-Sportboothäfen gemessen wurden.

Wirkstoff (Abbauprodukte)	gemessener Konzentrationsbereich in Häfen	gemessener Konzentrationsbereich an Referenzpunkten	Bestimmungsgrenze
Zineb (ETU, EU)	Nicht analysiert (< BG)	Nicht analysiert (< BG)	(1 µg/L)
Sea-Nine (NNOA, NNOMA, NNOOA)	< BG (< BG)	< BG (< BG)	0,01 µg/L (0,01 µg/L, 1 µg/L, 1 µg/L)
Pyrithione (PSA)	< BG (< BG)	< BG (< BG)	1 µg/L (0,5 µg/L)
Dichlofluanid	< BG	< BG	0,01 µg/L

Wirkstoff (Abbauprodukte)	gemessener Konzentrationsbereich in Häfen	gemessener Konzentrationsbereich an Referenzpunkten	Bestimmungsgrenze
(DMSA)	(0,01 – 0,28 µg/L; in 22 Häfen)	(< BG)	(0,01 µg/L)
Tolylfluanid (DMST)	< BG (0,011 – 0,100 µg/L; in 15 Häfen)	< BG (< BG)	0,01 µg/L (0,01 µg/L)
Cybutryn (M1)	0,002 – 0,110 µg/L; in 25 Häfen (0,002 – 0,071 µg/L; in 14 Häfen)	0,001 – 0,004 µg/L; an 5 Messstellen (< BG)	[a)]
Kupfer gelöst	1 –14 µg/L; in 33 Häfen	2 – 20 µg/L; an 9 Messstellen	1 µg/L
Zink gelöst	1 –11 µg/L; in 28 Häfen	2 – 16 µg/L; an 9 Messstellen	1 µg/L

[a)] Für Cybutryn gab es keine feste Bestimmungsgrenze, sie wurde je Analysengang ausgewertet und als Perzentile angegeben (für Cybutryn: P10 = 0,001 µg/L, P50 = 0,002 µg/L, P90 = 0,005 µg/L; für M1: P10 = 0,002 µg/L, P50 = 0,003 µg/L, P90 = 0,009 µg/L)

Die Rohdaten aus dem Vorgängerprojekt wurden vom Umweltbundesamt zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Für die Herleitung des „realistic worst case"-Szenarios wurden die Strukturdaten der Häfen und die gemessenen Biozidkonzentrationen verwendet.

4.1.2 (Statistische) Analyse der Datensätze aus Vorgängerprojekt

4.1.2.1 Kriterien für die Auswahl relevanter Häfen

Die Entwicklung des „realistic worst case"-Szenarios soll auf der Auswahl realer Häfen basieren, in denen durch ihre Strukturdaten hohe Konzentrationen an Antifouling-Wirkstoffen zu erwarten sind. Um relevante Häfen zu identifizieren, wurde der Datensatz „deutsche Sportboothäfen" nach definierten Kriterien gefiltert, die hohe Wirkstoffkonzentrationen im Hafenbecken erwarten lassen.

Zur Identifizierung geeigneter Kriterien wurde der Datensatz „beprobte Häfen" visuell und z.T. statistisch auf Zusammenhänge verschiedener Parameter mit hohen bzw. niedrigen gemessenen Antifouling-Wirkstoffkonzentrationen in Hafenbecken untersucht. Da das Szenario für Sportboothäfen im Süßwasserbereich gelten soll, wurden nur die Süßwasserhäfen berücksichtigt.

Dafür wurde zunächst für die einzelnen Wirkstoffe und deren Abbauprodukte (AP), die in Konzentrationen >BG nachgewiesen wurden (Cybutryn, M1, DMSA, DMST, Kupfer, Zink) jeweils der Mittelwert aus den Mehrfachmessungen (Messwerte lagen als Einfach- (Cybutryn, M1) bzw. Doppelbestimmung (DMSA, DMST) vor bzw. wurden zweimal beprobt (Kupfer und Zink in einigen Häfen s.o.)) berechnet. Anschließend wurden für jeden Hafen die Summe der Konzentrationen von organischen Wirkstoffen und ihren Abbauprodukten (Irgarol, M1, DMSA, DMST) (nachfolgend in Summe „Gesamtkonzentration organische Wirkstoffe" genannt, ∑org) sowie die Summe aus Kupfer- und Zinkkonzentrationen (nachfolgend in Summe „Gesamtkonzentration anorganische Wirkstoffe" genannt, ∑anorg) wie in Kapitel 4.1.2.2 unter „Validierung der Filter" beschrieben, gebildet.

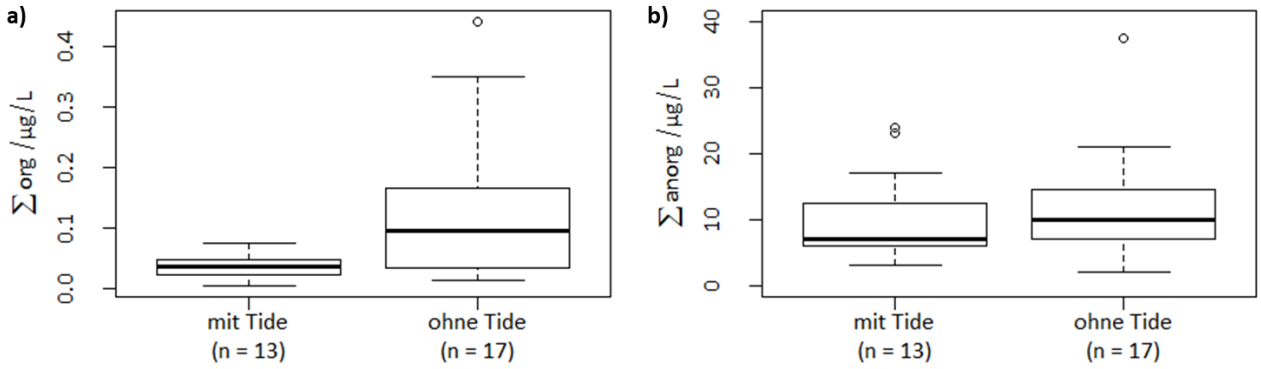
Da hohe Wirkstoffkonzentrationen im Hafenbecken durch geringen Wasseraustausch mit dem angrenzenden Gewässer und/oder durch eine hohe Dichte an behandelten Booten begünstigt werden, wurden folgende Parameter aus dem Datensatz „beprobte Häfen" für die Untersuchung auf einen Zusammenhang mit den Wirkstoffkonzentrationen ausgewählt:

- Häfen ohne Tidenhub vs. Häfen mit Tidenhub
- geschlossene vs. offene Häfen
- Breite der Hafeneinfahrt (bei geschlossenen Häfen)
- Hafenfläche pro Liegeplatz.

4.1.2.1.1 Tidenhub

Abbildung 1 zeigt die Verteilung der „Gesamtkonzentration organische Wirkstoffe“ und der „Gesamtkonzentration anorganische Wirkstoffe“ in den Häfen mit und ohne Tidenhub. Alle Häfen mit Tidenhub im Datensatz „beprobte Häfen“ waren geschlossene Häfen, von denen allerdings nur drei im Süßwasser lagen. Deshalb wurden für die Beurteilung dieses Parameters auch Häfen im Brack- und im Salzwasser mit einbezogen.

Abbildung 1: Boxplots der a) „Gesamtkonzentration organische Wirkstoffe“ und b) „Gesamtkonzentration anorganische Wirkstoffe“ in Häfen mit und ohne Tide.



Quelle: eigene Darstellung BfG

In Häfen ohne Tidenhub war die höchste „Gesamtkonzentration organische Wirkstoffe“ 6-fach höher als in Häfen mit Tidenhub. Die niedrigsten Konzentrationen waren in beiden Kategorien vergleichbar. Auch der Median war in Häfen ohne Tidenhub höher als in Häfen mit Tidenhub. Das Ergebnis eines Mann-Whitney-U-Test ergab eine signifikant ($p = 0.013$) höhere Konzentrationen organischer Wirkstoffe und Abbauprodukte in Häfen ohne Tide als in Häfen mit Tide.

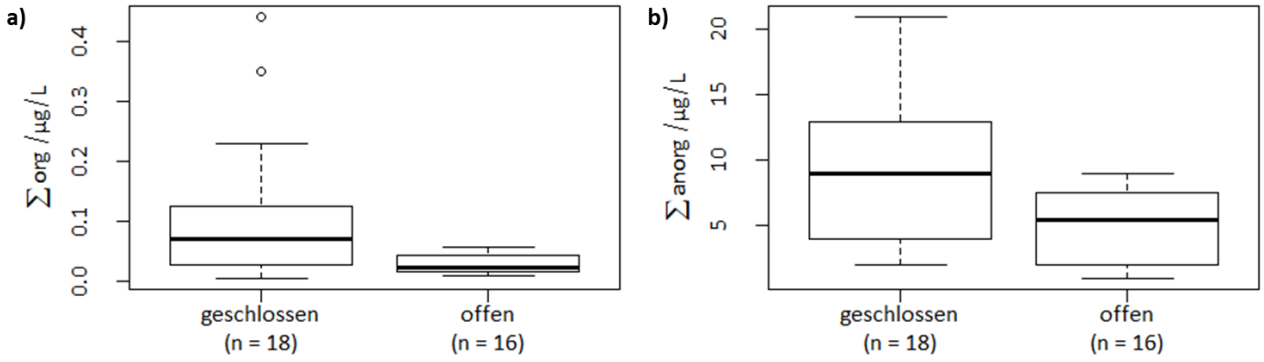
Der Median der „Gesamtkonzentration anorganische Wirkstoffe“ war dagegen in Häfen ohne und mit Tidenhub identisch (jeweils 10 µg/L). Die Konzentrationen streuten in den Häfen ohne Tide mehr als in Häfen mit Tide (höheres Maximum und geringeres Minimum). Allerdings waren die Hintergrundkonzentrationen an den Referenzstellen in den jeweiligen Gewässern meistens ähnlich wie die Hafenkonzentrationen (siehe Tabelle 1). Es ist daher nicht möglich, einen Effekt für das Kriterium „Tidenhub“ bei der „Gesamtkonzentration anorganische Wirkstoffe“ nachzuweisen, da keine Sportbootbedingte Anreicherung der anorganischen Biozide im Hafen vorliegt.

Deshalb wurde die Untersuchung dieses Kriteriums auf organische Wirkstoffe begrenzt. Aufgrund der obigen Ergebnisse kann das Kriterium „**kein Tidenhub**“ als geeigneter Selektionsparameter für relevante Häfen für das „realistic worst case“-Szenario angesehen werden.

4.1.2.1.2 Geschlossene vs. offene Häfen

In Abbildung 2 sind die Gesamtkonzentrationen „organische Wirkstoffe“ und „anorganische Wirkstoffe“ in geschlossenen Häfen denen in offenen Häfen gegenübergestellt.

Abbildung 2: Boxplots der Gesamtkonzentrationen a) „organische Wirkstoffe“ und b) „anorganische Wirkstoffe“ in geschlossenen und offenen Häfen.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Die Gesamtkonzentrationen sowohl an „organischen Wirkstoffen“ als auch an „anorganischen Wirkstoffen“ streuten in den geschlossenen mehr als in den offenen Häfen. Maximum und Median lagen in den geschlossenen Häfen jeweils höher als in den offenen.

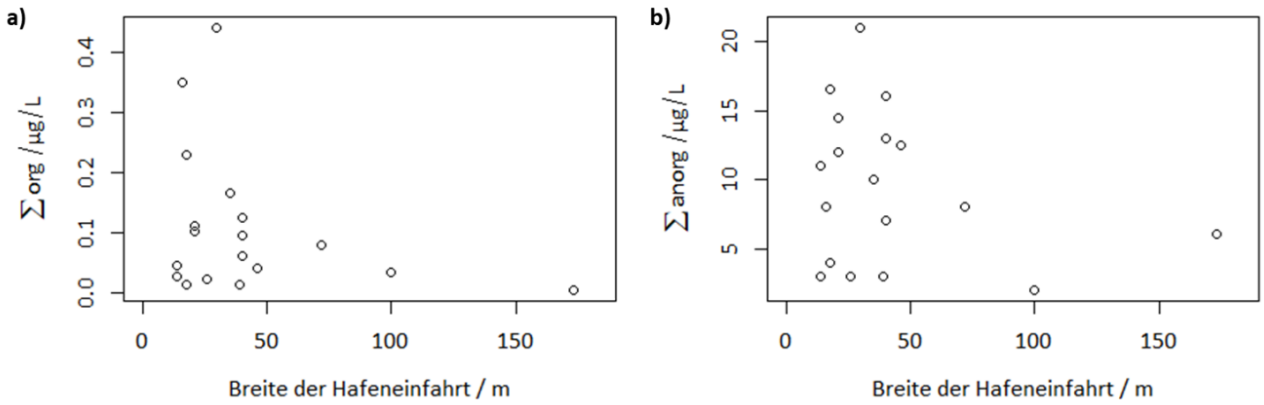
Ein Mann-Whitney-U-Test ergab, dass sowohl die Gesamtkonzentration „organische Wirkstoffe“ als auch die Gesamtkonzentration „anorganische Wirkstoffe“ in den geschlossenen Häfen signifikant ($p = 0.012$, $p = 0.023$) höher waren als in den offenen Häfen.

Ausgehend von den 34 Süßwasserhäfen aus dem Datensatz „beprobte Häfen“ ist auch das Kriterium „**geschlossener Hafen**“ ein geeigneter Selektionsparameter für relevante Häfen für das „realistic worst case“-Szenario.

4.1.2.1.3 Breite der Hafeneinfahrt

Die Auswirkung der Breite der Hafeneinfahrt auf die Gesamtkonzentrationen an „organischen Wirkstoffen“ und „anorganischen Wirkstoffen“ in geschlossenen Häfen zeigt Abbildung 3.

Abbildung 3: Streudiagramme der Gesamtkonzentrationen a) „organische Wirkstoffe“ und b) „anorganische Wirkstoffe“ in geschlossenen Häfen in Abhängigkeit von der Breite der Hafeneinfahrt (n = 18).



Quelle: eigene Darstellung BfG

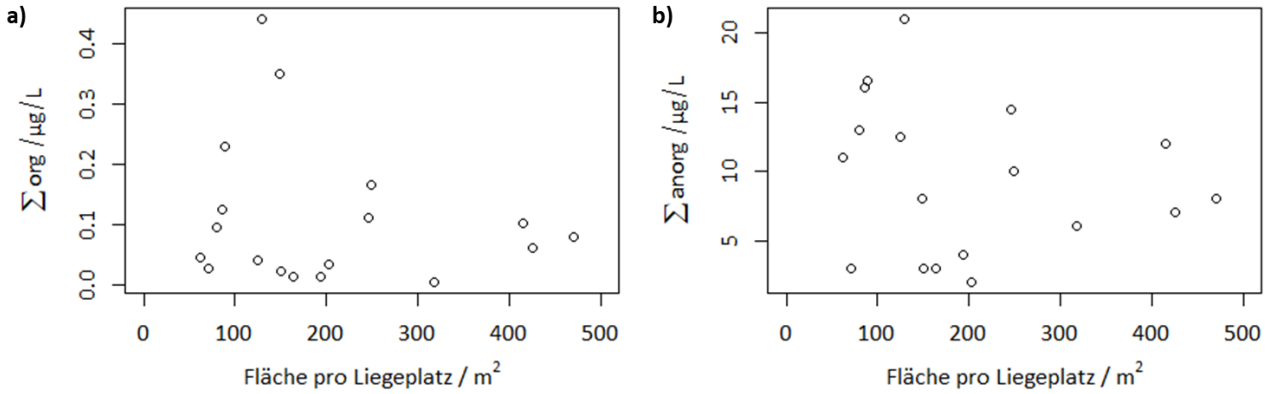
Vergleichsweise hohe Wirkstoffkonzentrationen traten nur in Häfen mit schmalen Hafeneinfahrten von unter 60 m auf. Da der Wasseraustausch auch von weiteren Merkmalen wie beispielsweise der

Hafengeometrie oder dem Tidenhub abhängig ist und zudem die Liegeplatzanzahl die Wirkstoffkonzentration beeinflusst (s. u.) können Häfen mit schmalen Hafeneinfahrten auch geringe Wirkstoffkonzentrationen aufweisen. Alle Häfen mit einer breiteren Einfahrt, die allerdings nur mit drei Vertretern untersucht worden waren, wiesen geringe Wirkstoffkonzentrationen auf. Eine **schmale Hafeneinfahrt** kann daher als geeigneter Selektionsparameter für relevante Häfen angesehen werden.

4.1.2.1.4 Hafenfläche pro Liegeplatz

In Abbildung 4 sind die Gesamtkonzentrationen an „organischen Wirkstoffen“ und „anorganischen Wirkstoffen“ in den geschlossenen Häfen gegen die Hafenfläche pro Liegeplatz aufgetragen.

Abbildung 4: Streudiagramme der Gesamtkonzentrationen a) „organische Wirkstoffe“ und b) „anorganische Wirkstoffe“ in geschlossenen Häfen in Abhängigkeit von der Hafenfläche pro Liegeplatz (n = 18).



Quelle: eigene Darstellung BfG

Vor allem bei den „organischen Wirkstoffen“ traten die höchsten Gesamtkonzentrationen in den Häfen mit einer geringeren Fläche pro Liegeplatz auf, während alle Häfen mit einer größeren Fläche pro Liegeplatz (> 300 m^2 / Liegeplatz) niedrige Gesamtkonzentrationen aufwiesen. Es gibt allerdings auch Häfen mit einer geringen Fläche pro Liegeplatz und niedrigen Konzentrationen „organischer Wirkstoffe“. Für die „anorganischen Wirkstoffe“ war der prinzipielle Zusammenhang größerer Flächen pro Liegeplatz und niedriger Gesamtkonzentrationen auch zu beobachten, aber weniger stark ausgeprägt. Dies könnte den höheren Hintergrundkonzentrationen geschuldet sein (siehe Tabelle 1 und Anmerkung zum Kriterium „Tidenhub“).

Eine **geringe Hafenfläche pro Liegeplatz** kann deshalb als zusätzliches Selektionskriterium für die Auswahl relevanter Häfen für das „realistic worst case“-Szenario verwendet werden.

4.1.2.2 Auswahl geeigneter Häfen für die Ableitung eines „realistic worst case“-Szenarios

Für die Ableitung des „realistic worst case“-Szenarios für deutsche Sportboothäfen im Binnengewässer sollten sowohl Häfen aus dem Datensatz „beprobte Häfen“ als auch weitere Häfen aus dem Datensatz „deutsche Sportboothäfen“ berücksichtigt werden. Die Einstufung der Häfen in „geschlossene“ und „offene“ Häfen im Datensatz „deutsche Sportboothäfen“ wies im Hinblick auf die geplante Modellierung von „realistic worst case“-Häfen Defizite (Fehlklassifzierungen und Einstufung von Liegeplatzclustern in besonders großen Hafenbecken als „offene“ Häfen) auf, die im Zuge der weiteren Bearbeitung berücksichtigt und behoben wurden.

4.1.2.2.1 Auswahl von Häfen anhand von Filtern

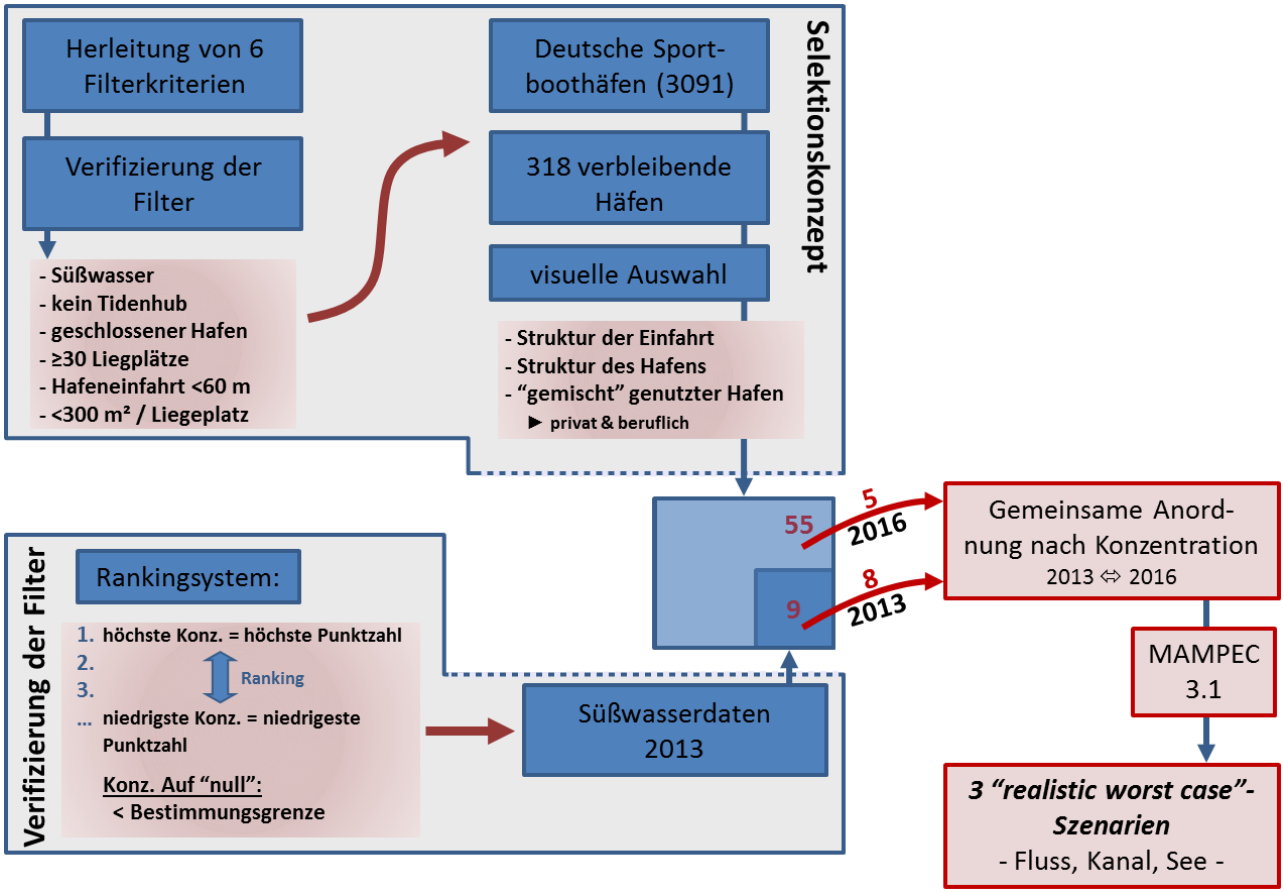
Um Häfen mit voraussichtlich hohen Konzentrationen auszuwählen, wurden Filter auf den gesamten Datensatz „deutsche Sportboothäfen“ angewendet. Die Filter basieren auf den in Kapitel 4.1.2.1 identifizierten Selektionskriterien. Zusätzlich wurden untypisch kleine Häfen ausgeschlossen. Die folgenden Filter wurden nacheinander angewendet:

1. Süßwasserhäfen (2470)
2. Häfen ohne Tidenhub (2386)
3. geschlossene Häfen (483)
4. Häfen mit mindestens 30 Liegeplätzen (376)
5. Häfen, deren Einfahrt schmaler als 60 m ist (331)
6. Häfen mit weniger als 300 m^2 Hafenfläche pro Liegeplatz (318)

Die Zahl in Klammern gibt an, wie viele Häfen nach Anwendung des Filters in der Auswahl blieben.

In einem nachfolgenden Schritt wurden die verbliebenen 318 Häfen visuell überprüft, ob sie für die Modellentwicklung des Szenarios geeignet sind. Sie wurden noch einmal genauer bezüglich der Kriterien Geometrie der Hafeneinfahrt und des Hafenbeckens, künstlich angelegtes oder natürliches Hafenbecken und Verteilung der Liegeplätze über das Hafenbecken betrachtet. Zudem wurde überprüft, ob die als „geschlossen“ dokumentierten Häfen tatsächlich baulich gegen das Gewässer abgegrenzt oder durch Stege begrenzt bzw. an einer Seite offen sind. Häfen mit ausgefallener Hafengeometrie, mit sehr ungleichmäßig verteilten Liegeplätzen, mit geringer Bootsbelegungsdichte sowie nur durch Stege begrenzte Häfen oder Häfen, die durch eine Bucht begrenzt aber an einer Seite offen sind, wurden ausgeschlossen. Ebenfalls wurden Häfen ausgeschlossen, die auf dem Luftbild nicht gut zu erkennen waren (überdacht/von Bäumen überdeckt), bei denen auch professionelle Nutzung zu erkennen war oder aufgrund deren Lage zu vermuten war, dass sie wenig genutzt werden. Nach der visuellen Aussortierung blieben 55 Häfen in der Auswahl. Das Auswahlverfahren ist schematisch in Abbildung 5 dargestellt.

Abbildung 5: Diagramm des Selektionskonzepts zur Ableitung von geeigneten Häfen für „realistic worst case“-Szenarien für deutsche Binnen-Sportboothäfen. Die angegebenen Daten beziehen sich auf das Vorgängerprojekt (UFOPLAN 2011, FKZ 371167432) (Watermann et al. 2015).



Quelle: eigene Darstellung BfG

4.1.2.2.2 Verifizierung der Filter

Die anhand der Filter getroffene Auswahl aus dem Datensatz „deutsche Sportboothäfen“ beruht einzig auf Struktureigenschaften der Häfen. Sofern gezeigt werden kann, dass die „beprobten Häfen“ mit den höchsten gemessenen Gesamtkonzentrationen organischer / anorganischer Wirkstoffe eine Teilmenge dieser Auswahl sind (d.h. möglichst viele „beprobte Häfen“ mit hoher Gesamtkonzentration entsprechende Struktureigenschaften aufweisen), kann geschlossen werden, dass die Filter bzw. Selektionskriterien wirksam und valide sind.

Dafür wurden die Häfen aus dem Datensatz „beprobte Häfen“ anhand der Mittelwerte ihrer Gesamtkonzentrationen an (i) „organischen Wirkstoffen“ und (ii)“ anorganischen Wirkstoffen“ angeordnet (Tabelle 2). Die Nummerierung der Häfen ist dabei unterteilt nach Häfen, die an Flüssen (F), Kanälen (K) und Seen (S) liegen.

Die Gesamtkonzentrationen der „organischen Wirkstoffe“ (beinhaltet die organischen Wirkstoffe Cybutryn, Dichlofluanid und Tolylfluanid sowie ihre Abbauprodukte M1, DMSA und DMST) und der „anorganischen Wirkstoffe“ (beinhaltet Kupfer und Zink) wurden wie folgt berechnet:

- Pro Wirkstoff und Abbauprodukt (siehe Abbildung 6a):

  1. Anordnung der Häfen nach absteigender Konzentration

2. Konzentrationen < BG wurden am Ende gelistet und in der Summierung (siehe 4.) als „0-Wert“ berücksichtigt

- Pro Hafen (siehe Abbildung 6b):

1. Umrechnung der Abbauprodukt-Konzentrationen in Wirkstoffkonzentrationen gemäß Gleichung 1:

$$c_{AP \rightarrow W} = \frac{c_{AP} \cdot M_W}{M_{AP}} \qquad (1)$$

$c_{AP \rightarrow W}$: in Wirkstoffkonzentration umgerechnete Abbauprodukt-Konzentration [µg/L]
c_{AP} : Abbauproduktkonzentration [µg/L]
M_W : molare Masse des Wirkstoffs [g/mol]
M_{AP} : molare Masse des Abbauprodukts [g/mol]

2. Berechnung der Gesamtkonzentrationen „organische Wirkstoffe“ (Summe der Konzentrationen aus DMSA in Dichlofluanid umgerechnet, DMST in Tolylfluanid umgerechnet, M1 in Cybutryn umgerechnet sowie Cybutryn) und „anorganische Wirkstoffe“ (Summe der Konzentrationen aus gelöstem Kupfer und gelöstem Zink)

Abbildung 6: Berechnung der Gesamtkonzentrationen „organische Wirkstoffe“ und „anorganische Wirkstoffe“ ausgehend vom Datensatz „beprobte Häfen“. Die Nummern 1-4 beziehen sich auf die oben genannten Arbeitsschritte.

a)

Hafen	DMSA c / µg/L
S_7	0.28
F_4	0.18
K_3	0.17
F_5	0.08
S_2	0.07
S_5	0.05
F_7	0.04
S_10	0.03
S_15	0.03
F_10	0.03
F_12	0.02
F_3	0.02
S_9	0.02
S_1	0.02
S_8	0.02
K_4	0.02
S_3	0.02
S_6	0.02
S_14	0.01
F_2	0.01
S_17	0.01
S_19	0.01
F_1	< BG
F_6	< BG
F_8	< BG
F_9	< BG
F_11	< BG
S_4	< BG
S_11	< BG
S_12	< BG
S_13	< BG
S_16	< BG
S_18	< BG
S_20	< BG

1. 2.

b)

	3.			3.	4.			4.
	DMSA als Dichlo-fluanid	DMST als Tolyl-fluanid	Cybutryn UBA	M1 UBA als Cybutryn	organische Wirkstoffe	Kupfer (gelöst)	Zink (gelöst)	anorga-nische Wirkstoffe
Hafen	c / µg/L	c / µg/L	c / µg/L	c / µg/L	c / µg/L	c / µg/L	c / µg/L	c / µg/L
F_1	< BG	< BG	< BG	<BG	< BG	2	4	6
F_2	0.019	< BG	0.005	<BG	0.024	1	1	2
F_3	0.033	0.028	0.002	0.002	0.065	4	9	13
F_4	0.291	0.053	0.008	0.005	0.357	6	11	17
F_5	0.135	0.043	0.053	0.015	0.246	7	3	10
F_6	< BG	< BG	0.002	<BG	0.002	1	5	6
F_7	0.065	0.065	0.012	0.010	0.151	5	7	12
F_8	< BG	< BG	0.005	0.002	0.007	2	1	3
F_9	< BG	< BG	0.004	<BG	0.004	2	< BG	2
F_10	0.042	0.048	0.011	0.006	0.106	4	4	8
F_11	< BG	< BG	0.003	<BG	0.003	2	< BG	2
F_12	0.037	0.026	0.009	0.006	0.078	4	3	7
K_3	0.275	0.162	0.110	0.084	0.631	14	7	21
K_4	0.027	0.020	0.010	0.006	0.064	3	3	6
S_1	0.032	0.019	0.005	0.011	0.067	4	4	8
S_2	0.052	0.018	0.007	<BG	0.077	5	8	13
S_3	< BG	< BG	0.006	0.011	0.017	5	3	8
S_4	< BG	< BG	< BG	<BG	< BG	4	< BG	4
S_5	< BG	0.046	0.016	0.017	0.079	8	7	15
S_6	0.022	< BG	0.002	0.006	0.030	2	3	5
S_7	0.047	0.036	0.013	0.029	0.124	6	2	8
S_8	< BG	< BG	0.006	<BG	0.006	4	3	7
S_9	0.017	< BG	0.014	0.005	0.037	7	4	11
S_10	< BG	0.105	0.018	<BG	0.123	11	5	16
S_11	0.017	0.024	< BG	<BG	0.040	3	< BG	3
S_12	0.117	< BG	< BG	<BG	0.117	1	2	3
S_13	< BG	< BG	0.004	<BG	0.004	3	1	4
S_14	0.027	< BG	0.005	<BG	0.032	4	4	8
S_15	< BG	0.021	0.006	<BG	0.027	4	5	9
S_16	0.081	< BG	< BG	<BG	0.081	4	2	6
S_17	0.025	< BG	< BG	<BG	0.025	2	< BG	2
S_18	0.466	< BG	< BG	<BG	0.466	< BG	1	1
S_19	0.030	< BG	< BG	<BG	0.030	1	< BG	1
S_20	0.032	< BG	< BG	<BG	0.032	1	2	3

Quelle: eigene Darstellung BfG

Anschließend wurden die Häfen nach den Gesamtkonzentrationen an „organischen Wirkstoffen“ und „anorganischen Wirkstoffen“, jeweils nach absteigender Konzentration, angeordnet (Tabelle 2).

Sieben Häfen gehören für beide Parameter (organische / anorganische Wirkstoffe) jeweils zu den neun Häfen mit den höchsten Konzentrationen. Diese sieben Häfen sind auch unter den 55 Häfen, die nach Anwendung der Filter (s.o.) in der Auswahl für das „realistic worst case“-Szenario blieben. Daher kann angenommen werden, dass die Filter geeignet sind, um aus dem Datensatz „deutsche Sportbootthäfen“ geeignete Kandidaten für das „realistic worst case“-Szenario zu identifizieren.

Tabelle 2: Anordnung der Häfen nach den Gesamtkonzentrationen „organische Wirkstoffe“ und „anorganische Wirkstoffe“. Hellgrün markierte Häfen gehören für beide Parameter zu den neun Häfen mit den höchsten Konzentrationen.

organische Wirkstoffe		anorganische Wirkstoffe	
Hafen	c / µg/L	Hafen	c / µg/L
K_3	0.631	K_3	21
S_7	0.543	F_4	17
F_4	0.357	S_10	16
F_5	0.246	S_5	15
S_10	0.176	S_2	13
S_5	0.160	F_3	13
F_7	0.151	F_7	12
S_2	0.141	S_9	11
F_10	0.106	F_5	10
F_12	0.078	S_15	9
S_15	0.074	S_1	8
S_1	0.067	S_3	8
F_3	0.065	S_14	8
K_4	0.064	S_7	8
S_9	0.052	F_10	8
S_3	0.043	S_8	7
S_8	0.036	F_12	7
S_6	0.033	F_1	6
S_14	0.027	K_4	6
F_2	0.024	F_6	6
S_11	0.024	S_16	6
S_17	0.017	S_6	5
S_19	0.017	S_13	4
F_8	0.007	S_4	4
F_9	0.004	F_8	3
S_13	0.004	S_20	3
F_11	0.003	S_12	3
F_6	0.002	S_11	3
F_1	*< BG*	F_2	2
S_16	*< BG*	F_9	2
S_4	*< BG*	F_11	2
S_18	*< BG*	S_17	2
S_20	*< BG*	S_18	1
S_12	*< BG*	S_19	1

Quelle: eigene Darstellung BfG

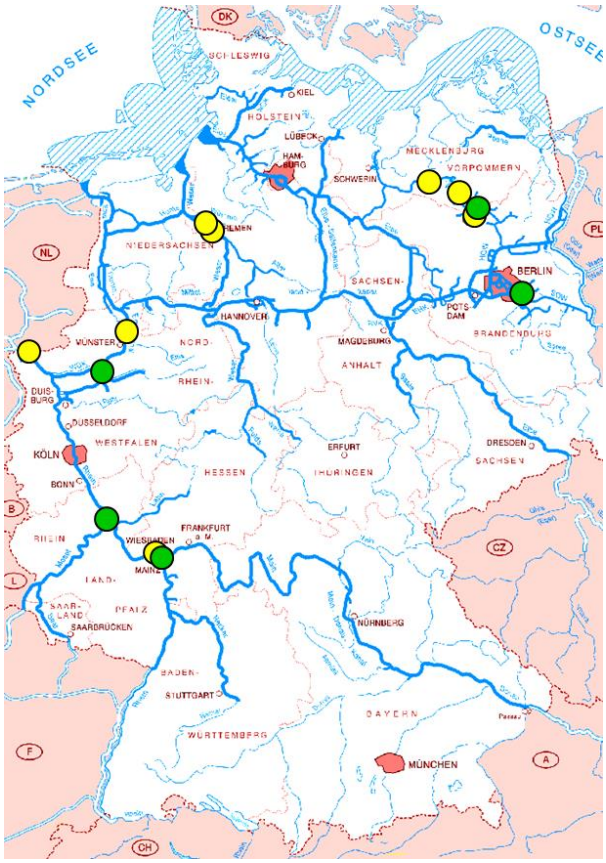
4.1.3 Probenahmekampagne

Von den 55 Häfen, die durch Anwendung der Filterkriterien (Kapitel 4.1.2.2) auf den Datensatz „deutsche Sportboothäfen“ erhalten wurden, wurden 13 Häfen für eine erneute Probenahmekampagne im Sommer 2016 ausgewählt. Ziel der Kampagne war es, (i) einige Ergebnisse des Datensatzes „beprobte Häfen“ durch einen zweiten Messzeitpunkt zu untermauern, (ii) Konzentrationen in weiteren, potenziell relevanten Häfen zu bestimmen und (iii) die Modellierungsergebnisse zu verifizieren. Acht der 13 Häfen sind bereits beprobte Häfen (Datensatz „beprobte Häfen“). Die weiteren fünf sind noch nicht beprobte Häfen (siehe Tabelle 3 und Abbildung 4). Die Auswahl erfolgte nach logistischen Kriterien für eine effiziente Probenahme (siehe Abbildung 7). Zur Bestimmung der Hintergrundbelastung an den einzelnen Standorten wurde zu jedem Hafen ein außerhalb des Hafenbeckens gelegener Referenzstandort ausgewählt, an dem ebenfalls eine Probe genommen wurde.

Tabelle 3: Während der Probenahme im Sommer 2016 beprobte Häfen und Referenzstandorte

Datum	Hafen-nummer	Referenzgewässer
06.07.2016	F_14	Fluss
19.07.2016	F_10	Fluss
19.07.2016	F_15	Fluss
28.08.2016	K_3	Kanal
29.08.2016	K_1	Kanal
29.08.2016	F_5	Fluss
30.08.2016	F_4	Fluss
30.08.2016	F_7	Fluss
31.08.2016	S_9	See
31.08.2016	S_5	See
01.09.2016	S_7	See
01.09.2016	K_2	Kanal
02.09.2016	F_13	Fluss

Abbildung 7: Lage der für die Probenahme im Sommer 2016 ausgewählten Häfen (gelb: Erstbeprobung 2013, grün: Erstbeprobung 2016).



Hintergrundkarte: Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes,
Quelle: https://www.wsv.de/service/karten_geoinformationen/bundeseinheitlich/

Vor der Probenahme wurde zu jedem Hafen ein Steckbrief erstellt, auf dem Angaben zu Lage und Struktur des Hafens, verwendeten Antifouling-Produkten (soweit durch Hafenpersonal und/oder Bootsbesitzer nachvollziehbar) und vor Ort erhobene Begleitparameter erfasst wurden.

4.1.4 (Nach-)Beprobung neuer/alter Häfen

In den Häfen wurden anwesende Hafenmeister, Vereinsmitglieder und -vorsitzende sowie Mitarbeiter von Bootsservices und Charterbetrieben zu den im Steckbrief erfassten Angaben zu den Häfen und verwendeten Antifouling-Produkten befragt. Zur anschließenden Laboranalyse auf Antifouling-Wirkstoffe wurden Wasser- und Sedimentproben genommen und folgende vor-Ort-Parameter erhoben:

- Ortsangaben / meteorologische Angaben:
    - Georeferenzierung
    - Lufttemperatur
    - Wolkenbedeckung (geschätzt)
- Angaben zum Wasserstand:
    - Wassertiefe
    - Wassertiefe mit Schlick
    - Nicht-tidebedingte Wasserstandschwankung
- Feldmessungen:
    - Sichttiefe
    - Salinität

- pH-Wert
- elektrische Leitfähigkeit
- Wassertemperatur
- Sauerstoffkonzentration

Details zur Probenahme und den Feldmessungen sind im Anhang (Kapitel 6.1) beschrieben.

4.1.4.1 Probennahme und Messergebnisse

Die Wasser- und Sedimentproben wurden in den Laboren der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz und des DVGW – Technologiezentrums Wasser (TZW) in Karlsruhe auf Antifouling-Wirkstoffe und weitere Parameter, die für die Eingabe in das Modell MAMPEC relevant sind, untersucht (Tabelle 4).

Tabelle 4: In Wasser- und Sedimentproben aus Häfen und Referenzstandorten untersuchte Parameter.

Parameter	Hafen Oberflächenwasser	Hafen Sediment	Referenzstandort Oberflächenwasser
Antifouling-Wirkstoffe und Abbauprodukte			
Dichlofluanid	x		x
Tolylfluanid	x		x
DMSA	x		x
DMST	x		x
Cybutryn [a)]	x		x
M1 [a)]	x		x
Kupfer gesamt [a)]	x	x	x
Kupfer gelöst [a)]	x		x
Zink gesamt [a)]	x	x	x
Zink gelöst [a)]	x		x
Begleitparameter			
TOC, DOC [a)]	x		
Schwebstoffe [a)]	x		

[a)] in den Laboren der BfG bestimmt

Zur Analyse der organischen Biozide wurde Flüssigchromatografie-Tandemmassenspektrometrie (LC-MS/MS), für Irgarol und M1 nach Anreicherung mittels Festphasenextraktion (SPE), angewendet. Zur Analyse der Metalle kam induktiv gekoppeltes Plasma mit optischer Emissionsspektroskopie (ICP-OES) zum Einsatz. Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC) und gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) wurden mittels thermisch-katalytischer Oxidation mit nachgeschalteter nichtdispersiver Infrarot-Detektion gemessen. Schwebstoffe wurden gravimetrisch bestimmt. Die analytischen Methoden sind im Anhang (Kapitel 6.2) angegeben.

Die Ergebnisse für die einzelnen Antifouling-Wirkstoffe und -Abbauprodukte sind in Tabelle 5 aufgeführt. Die Ergebnisse für die Begleitparameter befinden sich in Tabelle 19 im Anhang (Kapitel 6.3).

Tabelle 5: Antifouling-Wirkstoff- und Abbauprodukt-Konzentrationen in Wasser- und Sedimentproben aus den Häfen und Referenzgewässern der Probenahme 2016.

	Cybutryn		M1		DMSA		DMST		Kupfer gelöst		Kupfer gesamt		Zink gelöst		Zink gesamt		Kupfer Sediment (<63 µm)	Zink Sediment (<63 µm)
Hafen Nr.	**Hafen**	**Ref**	**Hafen**	**Ref**	**Hafen**	**Ref**	**Hafen**	**Ref**	**Hafen**	**Ref**	**Hafen**	**Ref**	**Hafen**	**Ref**	**Hafen**	**Ref**	**Hafen**	**Hafen**
F_4	11	*<BG*	9	1	51	*<BG*	*<BG*	*<BG*	39	29	39	30	6	4	10	6	180	800
F_5	2	*<BG*	3	*<BG*	39	*<BG*	*<BG*	*<BG*	17	13	18	13	3	*<BG*	5	7	225	1458
F_7	3	*<BG*	5	1	*<BG*	*<BG*	*<BG*	*<BG*	36	31	36	31	*<BG*	4	4	8	49	338
F_10	2	*<BG*	3	1	*<BG*	*<BG*	19	*<BG*	16	-	16	-	*<BG*	-	*<BG*	-	88	267
F_13	5	*<BG*	9	3	28	*<BG*	*<BG*	*<BG*	23	15	24	16	6	*<BG*	8	*<BG*	561	1177
F_14	8	*<BG*	4	*<BG*	*<BG*	*<BG*	*<BG*	*<BG*	*<BG*	-	19	-	*<BG*	-	5	-	134	425
F_15	3	*<BG*	2	*<BG*	*<BG*	*<BG*	11	*<BG*	14	-	15	-	3	-	4	-	163	536
K_1	1	*<BG*	3	2	*<BG*	*<BG*	*<BG*	*<BG*	12	11	13	11	*<BG*	*<BG*	10	4	44	253
K_2	1	*<BG*	3	2	38	*<BG*	*<BG*	*<BG*	13	8	16	9	4	*<BG*	8	*<BG*	664	1137
K_3	30	1	33	2	51	*<BG*	17	*<BG*	16	10	22	11	*<BG*	*<BG*	9	*<BG*	595	389
S_5	11	*<BG*	14	3	54	*<BG*	46	*<BG*	15	9	18	10	*<BG*	*<BG*	6	*<BG*	260	1238
S_7	22	*<BG*	31	2	49	*<BG*	16	*<BG*	9	*<BG*	10	*<BG*	*<BG*	*<BG*	3	*<BG*	301	496
S_9	4	*<BG*	5	2	20	*<BG*	*<BG*	*<BG*	16	9	17	9	4	*<BG*	5	*<BG*	205	409
BG	1		1		20		10		7		7		2.5		2.5			
Einheit	ng/L		ng/L		ng/L		ng/L		µg/L		µg/L		µg/L		µg/L		mg/kg	mg/kg

4.1.4.2 Diskussion der Ergebnisse

Wasserproben

Wie im Datensatz „beprobte Sportboothäfen“ wurden die organischen Wirkstoffe Dichlofluanid und Tolylfluanid (nicht in Tabelle 5 aufgeführt) in keinem der Häfen nachgewiesen. Sie werden in jeweils <1 d zu DMSA und DMST abgebaut (Thomas & Brooks 2010, Assessment report Tolylfluanid 2014), die jeweils in einigen Häfen nachgewiesen wurden (Bestimmungsgrenzen: 20 bzw. 10 ng/L). Cybutryn, mit einer Halbwertszeit von >100 d (Thomas & Brooks 2010), wurde in allen Häfen nachgewiesen, ebenso sein Abbauprodukt M1 (Bestimmungsgrenze: jeweils 1 ng/L).

Acht Häfen aus dem Datensatz „beprobte Häfen“ wurden 2016 erneut beprobt. Von jeweils einzelnen Häfen abgesehen wurden die organischen Wirkstoffe und Abbauprodukte sowie Zink (gelöst und gesamt) 2016 in geringeren Konzentrationen (bis Faktor 20) nachgewiesen als 2013 (Datensatz „deutsche Sportboothäfen“). Im Gegensatz dazu wurde Kupfer (gelöst und gesamt) 2016 in höheren Konzentrationen nachgewiesen.

Einen Überblick über die Differenz der Wirkstoff- und Abbauproduktkonzentrationen sowie der Parameter „Tag der Probenahme“, „Boote vor Ort“, „Fließgeschwindigkeit“, „Schwebstoff“ und „Wassertemperatur“ zwischen den Probenahmen 2013 und 2016 gibt Tabelle 6.

Tabelle 6: Differenz der Antifouling-Wirkstoffkonzentrationen sowie der Parameter Wassertemperatur, Schwebstoff, Boote vor Ort, Fließgeschwindigkeit und Datum der Probenahme von 2013 zu 2016. Die Höhe der Differenz ist mit farbigen Balken unterlegt, grüne Balken kennzeichnen positive, blaue Balken negative Differenzen gegenüber 2013.

	Differenz 2016 - 2013												
Hafen	Cybutryn ng/L	M1 ng/L	DMSA ng/L	DMST ng/L	Kupfer gelöst µg/L	Kupfer gesamt µg/L	Zink gelöst µg/L	Zink gesamt µg/L	Datum der Probenahme d	Boote vor Ort Anzahl	Fließgeschwindigkeit m/s	Schwebstoff mg/L	Wassertemperatur °C
F_4	3	5	-124	b)	38	29	-3.9	-4	73	25	-0.5	-2.9	d)
F_5	-51	-10	-42	b)	10	c)	-0.1	c)	30	122	0.0	-0.6	d)
F_7	-9	-3	b)	b)	31	c)	b)	c)	57	107	-0.2	1.4	4.9
F_10	-9	-2	b)	-11	12	c)	b)	c)	-12	0	0.1	3.7	-0.3
K_3	-80	-38	-114	-83	2	c)	b)	c)	27	4	Kanal	25.8	-0.2
S_5	-5	0	6	18	7	11	b)	-9	4	d)	See	-4.3	2.6
S_7	9	7	-231	-6	3	c)	b)	c)	5	74	See	-0.4	1.9
S_9	-10	1	1	a)	9	c)	0.4	c)	4	-4	See	-4.2	1.1

[a)] sowohl im Datensatz „beprobte Häfen“ als auch 2016 waren die Konzentrationen geringer als die höhere von beiden Bestimmungsgrenzen, [b)] 2016 war die Konzentration geringer als die Bestimmungsgrenze, [c)] Wert im Datensatz „beprobte Häfen“ nicht vorhanden, [d)] Wert wurde 2016 nicht bestimmt

Unterschiede hinsichtlich der Probenahme und Analytik bestanden zwischen 2013 und 2016 hauptsächlich im Probenahmezeitraum (2013: Juni bis August, 2016: Ende August / Anfang September, abgesehen von drei Häfen, die Mitte Juli beprobt wurden), im Messprinzip von Kupfer und Zink (2013: ICP-MS, 2016: ICP-OES), im Messprinzip für Cybutryn und M1 (2013: GC-MS, 2016: LC-MS/MS) und in der Quantifizierungsmethode von Dichlofluanid, Tolylfluanid, DMSA und DMST (*2013*: in Anlehnung an DIN EN ISO 11369-F12:1997-11, *2016*: DIN 38407-36:2014-09 und PV M 3300/0 (TZW-interne Methode)).

Die Messergebnisse wurden jeweils anhand von Standards und Referenzproben überprüft, weshalb die Analytik als Grund für die Unterschiede in den Messergebnissen zwischen 2013 und 2016 ausgeschlossen werden kann.

Eine Erklärung der 2016 gegenüber 2013 niedrigeren Messwerte bei organischen Wirkstoffen, ihren Abbauprodukten und Zink sowie höheren Kupferkonzentrationen könnte sein, dass 2016 möglicherweise allgemein mehr kupferhaltige Antifouling-Produkte und weniger Antifouling-Produkte mit organischen Wirkstoffen verwendet wurden. In der Umfrage unter Bootsbesitzern im Sommer 2017 (Kapitel 4.3.4.6) wurden die Teilnehmer gefragt, welches Antifouling-Produkt sie verwenden. Aus den Antworten ging hervor, dass ca. 70% der Teilnehmer ein kupferhaltiges Antifouling-Produkt und ca. 40% ein zinkhaltiges Antifouling-Produkt verwendeten, während jeweils weniger als 2% der Befragten Produkte mit Cybutryn, Dichlofluanid oder Tolylfluanid verwendeten (siehe Abbildung 35 in Kapitel 4.3.4.6).

Auch die Hintergrundkonzentrationen an den Referenzpunkten waren 2016 für Kupfer höher als 2013. Zwar lassen sich die Daten nicht direkt vergleichen, da der Datensatz „beprobte Häfen“ nur für einen der 2016 beprobten Referenzpunkte (nahe Hafen F_5) einen Messwert enthält und die höheren Konzentrationen 2016 auch durch die unterschiedlichen Standorte bedingt sein können. Allerdings war nicht nur an dem Referenzpunkt nahe Hafen F_5 die Kupfer-Konzentration 2016 höher als 2013. Auch an den übrigen Standorten mit nur einem Messwert vom Jahr 2013 waren die Konzentrationen allgemein geringer als an den Standorten, die nur im Jahr 2016 beprobt wurden (2013: 2 – 5 µg/L, entsprechend 20% - 200% der Konzentration in den Häfen; 2016: 1 Referenzpunkt <7 µg/L, übrige 9 – 31 µg/L, entsprechend 54% - 95% der Konzentration in den Häfen). Die höheren Kupfer-Konzentrationen in den angrenzenden Oberflächengewässern im Jahr 2016 könnten also auch ein Effekt von allgemein höheren Hintergrundkonzentrationen sein.

Eine eindeutige Aussage, ob eine oder beide genannten Erklärungen für die erhöhten Kupferkonzentrationen zutreffen, ist aber aufgrund fehlender Vergleichsdaten nicht möglich.

Die Parameter Zahl der Boote vor Ort, Fließgeschwindigkeit, Schwebstoffgehalt und Wassertemperatur könnten die Wirkstoffkonzentration durch die Freisetzung von Wirkstoffen, durch den Wasseraustausch zwischen Häfen und Gewässern oder das Adsorptionsvermögen sowie die Remobilisierung ebenfalls beeinflussen. Sinnvolle Zusammenhänge zwischen diesen Parametern und den Wirkstoffkonzentrationen sind jedoch nicht erkennbar. Ein Grund dafür könnte die geringe Anzahl an Häfen, die im Jahr 2016 beprobt wurden, sein. Die Datenanalyse auf Grundlage des Datensatzes „beprobte Häfen“ (Kapitel 4.1.2), bei der einzelne Hafenparameter mit gemessenen Wirkstoffkonzentrationen verglichen wurden, bestätigte die Annahme, dass die Abgrenzung des Hafens (offen/geschlossen), die Breite der Hafeneinfahrt, der Tidenhub und die Hafenfläche pro Liegeplatz geeignete Parameter zur Vorhersage hoher Wirkstoffkonzentrationen sind. Dabei ist die Höhe der Wirkstoffkonzentration nicht direkt auf ein einen Parameter, sondern auf eine Kombination aus mehreren Parametern zurückzuführen. Um diese Zusammenhänge auch im Jahr 2016 zu erkennen, wäre eine größere Stichprobe notwendig gewesen, dies war jedoch nicht das primäre Ziel der Probenahmekampagne.

Sedimentproben

Die in den Sedimentproben gemessenen Kupfer- und Zinkkonzentrationen haben gegenüber dem Tongesteinsstandard (Turekian & Wedepohl 1961), der die übliche globale Konzentration von Elementen in Tongestein angibt und für Kupfer 45 µg/kg, für Zink 95 µg/kg beträgt, Anreicherungsfaktoren von 1 – 20 [Kupfer) bzw. 3 - 17 (Zink).

Die Verordnung zum Schutz vom Oberflächengewässern (2016) enthält Umweltqualitätsnormen von 160 mg/kg für Kupfer und 800 mg/kg für Zink, jeweils in der Fraktion <63 µm. Für Kupfer lagen die Konzentrationen in 10 Proben, für Zink in vier Proben darüber. Allerdings gelten die Umweltqualitätsnormen für den Jahresdurchschnitt, während die gemessenen Proben nur Stichproben sind.

Das Hafensediment entsteht durch die Sedimentation von Schwebstoffen über längere Zeiträume. Je nach Schwebstoffführung des Hauptgewässers und des Wasseraustauschs zwischen Hafen und Hauptgewässer sowie biogener Schwebstoffbildung im Hafen und Emissionssituation im Hafen spiegelt das Hafensediment alle Zwischenstufen zwischen regionaler und lokaler Belastungssituation wider. Daher kann aus hohen Messwerten nicht rückgeschlossen werden, dass die Belastung ausschließlich aus Bootsbeschichtungen stammt.

4.1.5 Modellierung ausgewählter Marinas mittels MAMPEC / Ergebnisvergleich

Für die Berechnung von Antifouling-Wirkstoffkonzentrationen in den Häfen wurde das Modell MAMPEC 3.1 verwendet. MAMPEC modelliert in einem Raster die Hydrodynamik sowie Transport, Verteilung und Abbauverhalten von Antifouling-Wirkstoffen in unterschiedlich strukturierten und dimensionierten Häfen.

Die Modellierung erfolgte mit den Hafenlayouts „Marina“ und „Commercial Harbour“. Der Typ „Marina“ steht für die Situation eines Hafenbeckens mit guter Durchmischung und folglich mit geringen Konzentrationsunterschieden der Wirkstoffe innerhalb des Hafenbeckens. Dieser Typ bildet die Gegebenheiten eines Hafens mit einem Verhältnis von Länge zu Breite nahe 1 und einer gleichmäßigen Verteilung der Liegeplätze über das gesamte Hafenbecken ab. Für Häfen mit einem sehr großen oder sehr kleinen Verhältnis von Länge zu Breite und geringer Durchmischung ist der Typ Commercial Harbour geeignet. Bei diesem Typ wird davon ausgegangen, dass die Wirkstoffe im hinteren Bereich des Hafens emittiert werden. Die modellierten Konzentrationsspannen sind dementsprechend größer als beim Layout „Marina“. Die modellierten Mittelwerte der Wirkstoffkonzentration weichen jedoch nur gering voneinander ab. Für die Modellierung jedes Hafens wurde derjenige der beiden Hafentypen ausgewählt, der die Situation des Hafens am besten repräsentiert.

In das Modell MAMPEC wurden zum Teil individuelle Messwerte aus dem Datensatz „beprobte Häfen“ bzw. von der Probenahme im Sommer 2016, zum Teil recherchierte und zum Teil generalisierte Werte eingegeben (die genaue Eingabe der Parameter ist mit Quellenangaben im Anhang (Kapitel 6.5) vorgestellt):

- individuelle Messwerte aus dem Datensatz „beprobte Häfen“ bzw. von der Probenahme im Sommer 2016
    - im Feld „Environment“
        - für die Parameter Tidenhub, nicht tidebedingte Wasserstandschwankungen, die Wassercharakteristika Schwebstoffgehalt, partikulärer organischer Kohlenstoff (POC, als Differenz aus TOC und DOC), DOC, Salinität, Wassertemperatur und pH-Wert,
        - für die Parameter Hafengeometrie, Breitengrad, Wolkenbedeckung und Geometrie der Hafeneinfahrt;
    - im Eingabefeld „Emission“
        - für die Längenklassen der Boote und die Zahl der Boote pro Längenklasse;

- recherchierte Werte
  - im Feld „Environment“
    - für die mittlere Windgeschwindigkeit, den Anteil der Windrichtung lotrecht zur Hafeneinfahrt und Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Hafeneinfahrt im angrenzenden Gewässer;
  - im Feld „Emission“
    - Leachingrate (Kupfer: 12 µg/cm² · d); [1]
- generalisierte Werte
  - im Feld „Environment“
    - für die Parameter Tidenperiode (12,41 h) und Chlorophyllkonzentration (3 µg/L [OECD default]);
  - im Feld „Emission“
    - für die Parameter Applikationsfaktor (Cybutryn: 10%, Dichlofluanid, Tolylfluanid: jeweils 20%, Kupfer: 90%) und Leachingrate (organische Wirkstoffe: 2,5 µg/cm² · d).

Mit Blick auf die Herleitung des „realistic worst case“-Szenarios und um modellierte Konzentrationen in den Häfen mit den entsprechenden gemessenen Konzentrationen (bei Mehrfachmessungen wurde der Mittelwert gebildet, s.o.) vergleichen zu können, wurden für die 24 geschlossenen Süßwasserhäfen, die für den Datensatz „beprobte Häfen“ und/oder während der Probenahme im Sommer 2016 beprobt wurden, die Wirkstoffkonzentrationen mit MAMPEC modelliert. Ausgegeben wurden pro Wirkstoff Maximum, 95%, Mittelwert, Median und Minimum der Konzentrationen im Hafenbecken und in der Umgebung.

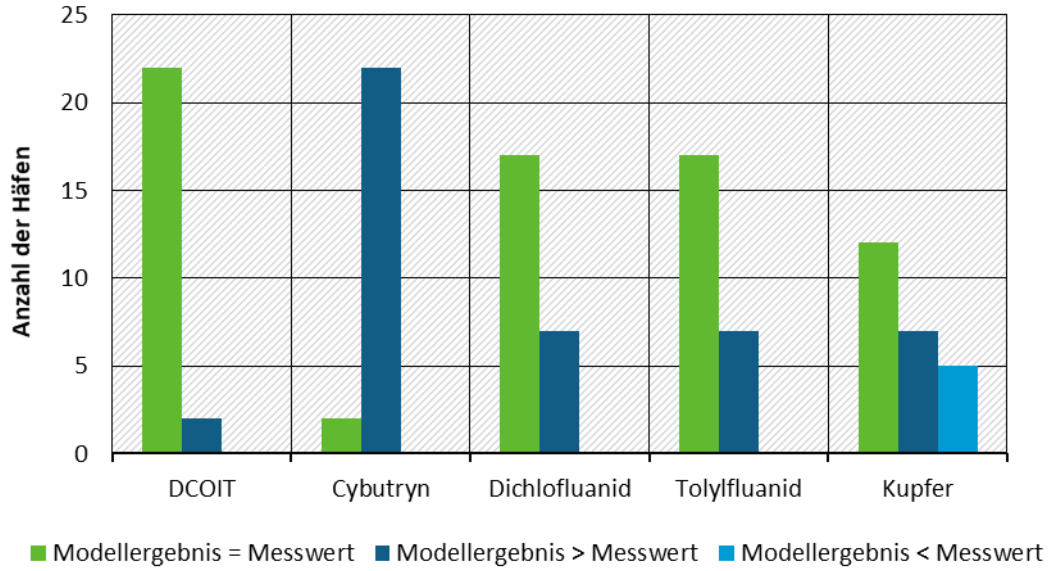
4.1.5.1 Vergleich von gemessenen und modellierten Wirkstoffkonzentrationen in der Wasserphase

Für den Vergleich mit den gemessenen organischen Wirkstoffkonzentrationen wurden die modellierten maximalen, mittleren und minimalen Konzentrationen in der Wasserphase („Total conc.“) herangezogen. Für den Vergleich der gemessenen Kupferkonzentrationen in der gelösten Phase wurden die Modellierungsergebnisse „Freely dissolved“ genutzt. Für Zink sind in MAMPEC keine Daten hinterlegt, daher wurde es bei der Modellierung nicht berücksichtigt.

Abbildung 8 zeigt die Anzahl der Häfen, in denen das Modellierungsergebnis mit dem Messwert übereinstimmt (blaue Säulen), höhere (grüne Säulen) und niedrige Konzentrationen (rote Säulen) modelliert wurden. Das Modellierungsergebnis galt als übereinstimmend mit dem Messwert, wenn der Messwert innerhalb der Spanne zwischen Minimum und Maximum lag. Wenn Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen, galt das Modellierungsergebnis als übereinstimmend, wenn die Berechnung den Bereich unterhalb der Bestimmungsgrenze bis zu einem Minimum nahe Null abdeckte (Bsp. Hafen K_3: Übereinstimmung von Messwert und Modellierung für DCOIT, Dichlofluanid und Tolylfluanid; vgl. Abbildung 9).

[1] Die Bestimmung der Leachingrate erfolgte in Absprache mit dem Institut Deltares. Dieser Wert soll annähernd die Leaching-Situation für Boote beschreiben, welche in einem Hafen liegen und nicht mit frischer Antifouling-Farbe appliziert wurden. Grundlage der Überlegung ist eine Studie von Finnie (2006), in welcher eine Bilanz von neu applizierter Farbe und Farberhalt nach einer bestimmten Gebrauchszeit kalkuliert wurde. Für US Navy Schiffe ergab sich bei extensivem Fahrverhalten eine mittlere Leachingrate von 12,8 µg/cm² · d. Eine valide Einschätzung der Verlässlichkeit des Wertes lässt sich nicht eindeutig vornehmen, u.a. weil das Leachingverhalten von zahlreichen Umweltparametern (Salinität, pH, Temperatur, etc.) und dem Design der Beschichtung (Aufbau der Beschichtung, Konzentration, etc.) abhängt. Tendenziell ist der Wert eher als konservativ einzuschätzen. Allerdings zeigen neueste Veröffentlichungen von Lagerström et. al (2018), dass die Größenordnung durchaus realistisch ist oder sein kann.

Abbildung 8: Anzahl der Häfen, bei denen die Modellierung mit den gemessenen Konzentrationen übereinstimmt, höhere und niedrigere Konzentrationen modelliert wurden.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Für die schnell abbaubaren Wirkstoffe DCOIT, Dichlofluanid und Tolylfluanid zeigte der Vergleich der Modell- und Messergebnisse eine gute Übereinstimmung. Für den langsam abbaubaren Wirkstoff Cybutryn wurde in 22 der 24 Häfen die Konzentration überschätzt. Möglicherweise war der Applikationsfaktor von 10% zu hoch geschätzt: unter den Teilnehmer/innen der Umfrage unter Bootsbesitzer/innen verwendeten weniger als 2% Antifouling-Produkte mit Cybutryn (siehe Kapitel 4.3.4.6). Für Kupfer deckte die Modellierung bei der Hälfte der Häfen die gemessenen Konzentrationen ab, für 7 Häfen lag sie oberhalb und für 5 Häfen unterhalb der gemessenen Konzentration. Die teilweise an Referenzpunkten außerhalb des Hafens gemessene hohe Hintergrundkonzentration von Kupfer beeinflusst die Konzentration im Hafen mitunter nachhaltig und wird bei der Modellierung nicht berücksichtigt. Allein aus dem Leaching sind Konzentrationen in der Höhe nicht modellierbar.

Zusätzlich beeinflussen modelltypische Vereinfachungen (z .B. Abbauverhalten und hydrodynamische Prozesse) und Generalisierungen (z. B. einheitlicher Leachingfaktor für organische Wirkstoffe) die Modellierungsergebnisse und können zu Abweichungen modellierter und gemessener Konzentrationen beitragen.

Vergleichsdiagramme sind im Anhang (Kapitel 6.4) sowie im Kapitel 4.1.6.2 dargestellt.

4.1.6 Ableitung der „realistic worst case“-Szenarien

4.1.6.1 Häfen mit hohen gemessenen Wirkstoffkonzentrationen

Um unter den 24 Häfen geeignete Häfen mit hohen organischen Wirkstoffkonzentrationen zu identifizieren, wurden die Häfen basierend auf den Messwerten aus dem Datensatz „beprobte Häfen“ und der Probenahmekampagne 2016 in einer gemeinsamen Liste nach abnehmender Konzentration angeordnet. Da die Hintergrundkonzentrationen von Kupfer häufiger ähnlich zu den Konzentrationen in den Häfen waren als die Hintergrundkonzentrationen an organischen Wirkstoffen, wurden hierfür nur die organischen Wirkstoffe berücksichtigt. Da nicht alle 24 Häfen in beiden Jahren beprobt wurden und zudem die Wirkstoffkonzentrationen zwischen 2013 und 2016 systematisch verschoben waren, war eine gemeinsame Anordnung der Häfen nach Konzentrationen nicht möglich. Dadurch würden in einer Anordnung nach abnehmenden Konzentrationen systematisch die Häfen, die im Jahr 2013 beprobt

wurden, weiter oben und die Häfen, die im Jahr 2016 beprobt wurden, weiter unten eingeordnet. Die Anordnung der Häfen sollte jedoch eher durch die Unterschiede zwischen den Häfen innerhalb des jeweiligen Jahres als durch die Unterschiede zwischen beiden Jahren bestimmt werden. Deshalb wurde für die Anordnung der Häfen ein Punktesystem angewendet.

Dafür wurde zunächst die Gesamtkonzentration an „organischen Wirkstoffen" für die Messergebnisse aus der Probenahmekampagne 2016 berechnet wie in Kapitel 4.1.2.2. unter „Verifikation der Filter (Seite 55) beschrieben (Tabelle 7a) und die Häfen wurden nach absteigender Konzentration angeordnet (Tabelle 7b).

Tabelle 7: a) Berechnung der „Gesamtkonzentration organische Wirkstoffe" für die 2016 genommenen Proben und b) Anordnung der Häfen nach absteigender Konzentration.

a)

Hafen	DMSA als Dichlofluanid c / µg/L	DMST als Tolylfluanid c / µg/L	Cybutryn c / µg/L	M1 als Cybutryn c / µg/L	organische Wirkstoffe c / µg/L
F_4	0.085	< BG	0.011	0.011	0.107
F_5	0.065	< BG	0.002	0.004	0.071
F_7	< BG	< BG	0.003	0.006	0.009
F_10	< BG	0.031	0.002	0.004	0.037
F_13	0.047	< BG	0.005	0.011	0.062
F_14	< BG	< BG	0.008	0.005	0.013
F_15	< BG	0.018	0.003	0.003	0.024
K_1	< BG	< BG	0.001	0.003	0.004
K_2	0.063	< BG	0.001	0.004	0.069
K_3	0.085	0.028	0.030	0.039	0.182
S_5	0.090	0.075	0.011	0.017	0.192
S_7	0.082	0.026	0.022	0.037	0.167
S_9	0.033	< BG	0.004	0.006	0.043

b)

Hafen	organische Wirkstoffe c / µg/L
S_5	0.192
K_3	0.182
S_7	0.167
F_4	0.107
F_5	0.071
K_2	0.069
F_13	0.062
S_9	0.043
F_10	0.037
F_15	0.024
F_14	0.013
F_7	0.009
K_1	0.004

Quelle: eigene Darstellung BfG

Um die Ergebnisse aus beiden Jahren in einer gemeinsamen Liste zusammenfassen zu können, wurde das folgende Punktesystem angewendet:

- pro Jahr (Tabelle 8a):
  - Anordnung der Häfen nach absteigender Gesamtkonzentration an „organischen Wirkstoffen"
  - Punktevergabe 2013: Hafen mit der höchsten Konzentration: 19 Punkte, Hafen mit der zweithöchsten Konzentration: 18 Punkte usw. Für Häfen mit der gleichen Gesamtkonzentration an „organischen Wirkstoffen" wurde die Punktezahl gemittelt. Häfen mit Konzentrationen <BG: 0 Punkte
  - Punktevergabe 2016: Hafen mit der höchsten Konzentration: 19 Punkte, Hafen mit der zweithöchsten Konzentration: 17,5 Punkte usw. Der größere Abstand von 1,5 wurde gewählt, da 2016 weniger Häfen beprobt wurden als 2013, die Spanne an vergebenen Punkten aber etwa die gleiche sein sollte.
- gemeinsame Anordnung der Häfen über beide Jahre (Tabelle 8b):
  - Berechnung des Mittelwerts der Punkte aus beiden Jahren (bzw. Häfen, die nur einmal beprobt wurden, behalten die Punkte aus dem entsprechenden Jahr)
  - Anordnung der Häfen nach absteigendem Mittelwert der Punkte aus beiden Jahren.

Tabelle 8: Gemeinsame Anordnung der 2013 und 2016 beprobten Häfen (b) nach der „Gesamtkonzentration organische Wirkstoffe“ (a).

a)

organische Wirkstoffe 2013		organische Wirkstoffe 2016	
Hafen	Punkte	Hafen	Punkte
K_3	19	S_5	19
S_7	18	K_3	17.5
F_4	17	S_7	16
F_5	16	F_4	14.5
S_10	15	F_5	13
S_5	14	K_2	11.5
F_7	13	F_13	10
S_2	12	S_9	8.5
F_10	11	F_10	7
F_12	10	F_15	5.5
S_1	9	F_14	4
F_3	8	F_7	2.5
K_4	7	K_1	1
S_9	6		
F_2	5		
S_11	5		
F_8	3		
F_1	0		
S_4	0		

b)

gemeinsame Anordnung 2013 und 2016			
Hafen	Punkte 2013	Punkte 2016	Mittelwert Punkte
K_3	19	17.5	18.25
S_7	18	16	17
S_5	14	19	16.5
F_4	17	14.5	15.75
S_10	15		15
F_5	16	13	14.5
S_2	12		12
K_2		11.5	11.5
F_12	10		10
F_13		10	10
S_1	9		9
F_10	11	7	9
F_3	8		8
F_7	13	2.5	7.75
S_9	6	8.5	7.25
K_4	7		7
F_15		5.5	5.5
F_2	5		4.5
S_11	5		4.5
F_14		4	4
F_8	3		3
K_1		1	1
F_1	0		0
S_4	0		0

Quelle: eigene Darstellung BfG

Während der Modellierung zeigte sich, dass die Strömung des Gewässers, an dem ein Hafen liegt, einen deutlichen Einfluss auf den modellierten Wasseraustausch im Hafen und damit auf das gesamte Modellierungsergebnis hat. Da sich die Strömung in den drei Gewässertypen See, Kanal und Fluss (geringe bis hohe Strömung) unterschiedlich verhält, sollte für jede der drei Gruppen „Häfen an Flüssen“, „Häfen an Kanälen“ und „Häfen an Seen“ ein „realistic worst case“-Szenario abgeleitet werden. In

Tabelle 9 sind die Häfen nach absteigender Punktezahl in die Gruppen „Häfen an Flüssen“, „Häfen an Kanälen“ und „Häfen an Seen“ eingeteilt. Die drei Häfen mit den höchsten Punktzahlen pro Gruppe (Häfen F_4 (Fluss), K_3 (Kanal), S_7 (See)) wurden für eine detailliertere Betrachtung der Modell- und Messergebnisse ausgewählt. Da sich gezeigt hat, dass Hafen S_7 sich nicht für die Modellierung in MAMPEC eignet (siehe Kapitel 4.1.6.2), wurde zusätzlich Hafen S_5, der Hafen an einem See mit der zweithöchsten Punktzahl, ausgewählt.

Tabelle 9: Einteilung der 22 Häfen mit >0 Punkten in die drei Gruppen „Häfen an Flüssen“, „Häfen an Kanälen“ und „Häfen an Seen“.

Häfen an Flüssen		Häfen an Kanälen		Häfen an Seen	
Hafen	Punkte	Hafen	Punkte	Hafen	Punkte
F_4	15,75	**K_3**	18,25	**S_7**	17
F_5	14,5	**K_2**	11,5	**S_5**	16,5

Häfen an Flüssen		Häfen an Kanälen		Häfen an Seen	
Hafen	**Punkte**	**Hafen**	**Punkte**	**Hafen**	**Punkte**
F_12	10	**K_4**	7	**S_10**	15
F_13	10	**K_1**	1	**S_2**	12
F_10	9			**S_1**	9
F_3	8			**S_9**	7,25
F_7	7,75			**S_11**	4,5
F_15	5,5				
F_2	4,5				
F_14	4				
F_8	3				

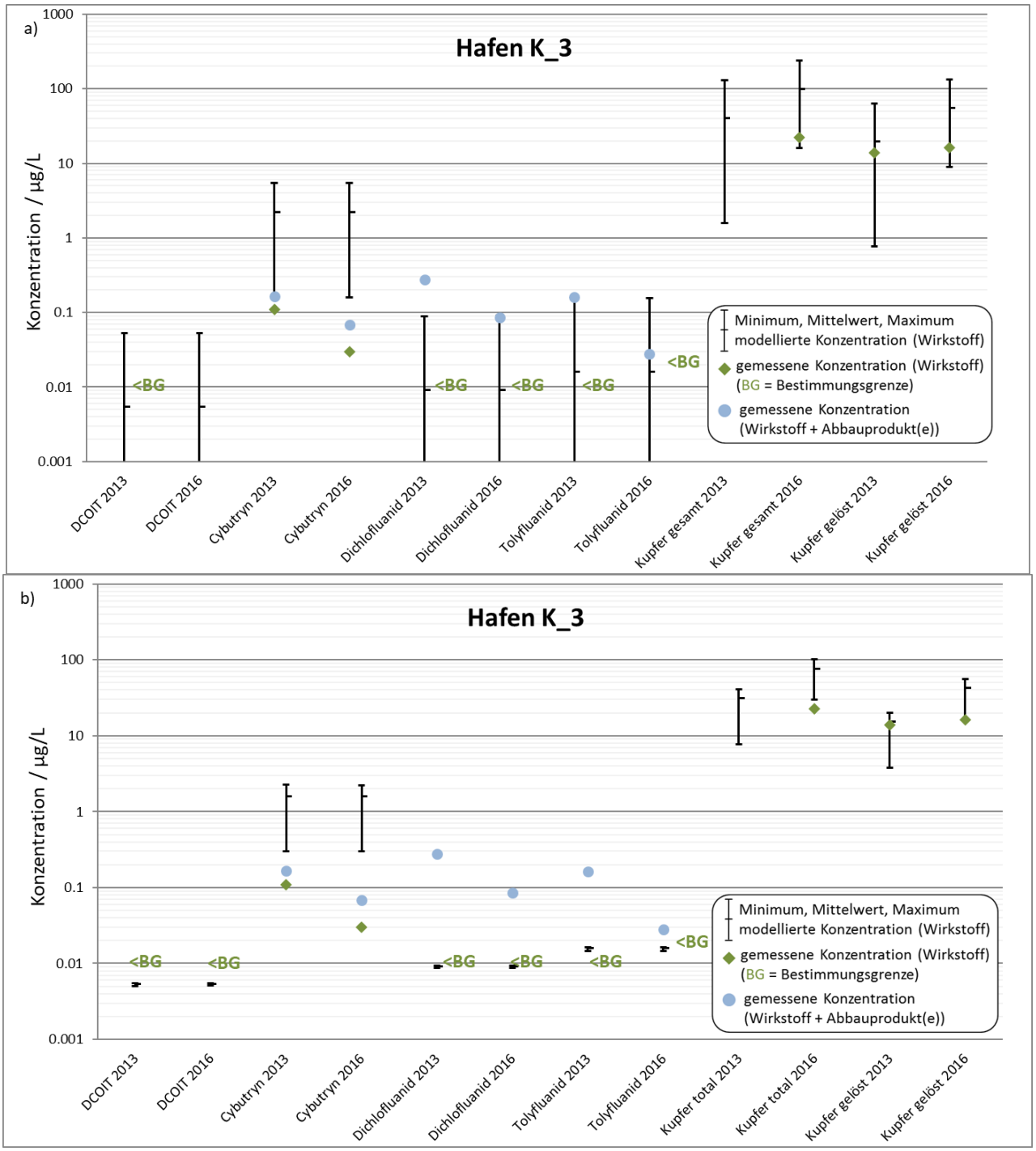
4.1.6.2 Modellierungsergebnisse der vier ausgewählten Häfen

Für die Modellierung wurde dieselbe MAMPEC-Parametrisierung wie unter Kapitel 4.1.5 beschrieben verwendet. Abbildung 9 bis Abbildung 12 zeigen beispielhaft Vergleiche von modellierten mit gemessenen Konzentrationen für die vier Häfen mit den jeweils höchsten Punktzahlen: Hafen K_3 (Kanal), Häfen S_7 und S_5 (See) und Hafen F_4 (Fluss).

Dargestellt sind jeweils die modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert und Maximum) für die Wirkstoffe DCOIT, Cybutryn, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer gesamt und Kupfer gelöst sowie die gemessenen Konzentrationen für die Wirkstoffe (grüne Rauten) bzw. Wirkstoffe + Abbauprodukte (blaue Kreise) der Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Messwerte, die unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen, sind mit dem Symbol „<BG“, eingezeichnet auf Höhe der Bestimmungsgrenze, gekennzeichnet.

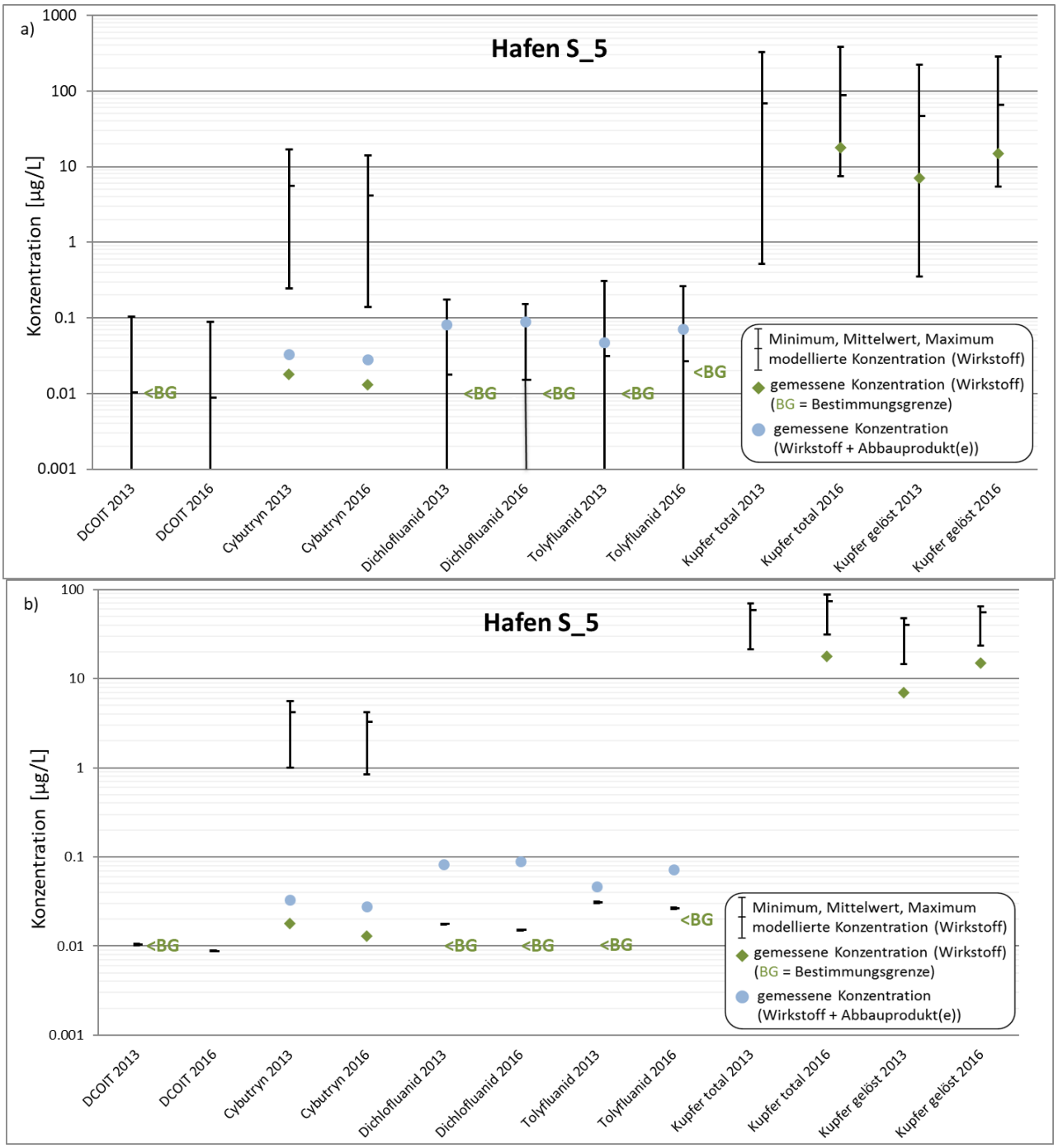
Da MAMPEC in der Modellierung auch Abbauprozesse mit einbezieht, können gemessene Konzentrationen der Abbauprodukte M1, DMSA und DMST eigentlich nicht in den Vergleich einbezogen werden. Die Summe aus den gemessenen Konzentrationen von Wirkstoff und Abbauprodukt (nach Gleichung 1 in Wirkstoffkonzentration umgerechnet) wurden dennoch mit eingezeichnet, um einen Überblick über die gesamte Konzentration eines Wirkstoffs zu erhalten, da es sich zumindest bei Dichlofluanid und Tolylfluanid um schnell abbaubare Wirkstoffe handelt, die sich auch in der Zeit zwischen Probenahme und Laboranalyse zu ihren Abbauprodukten abgebaut haben können.

Abbildung 9: Hafen K_3 (Kanal): Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Cybutryn, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit den Hafenlayouts a) Commercial Harbour und b) Marina durchgeführt.



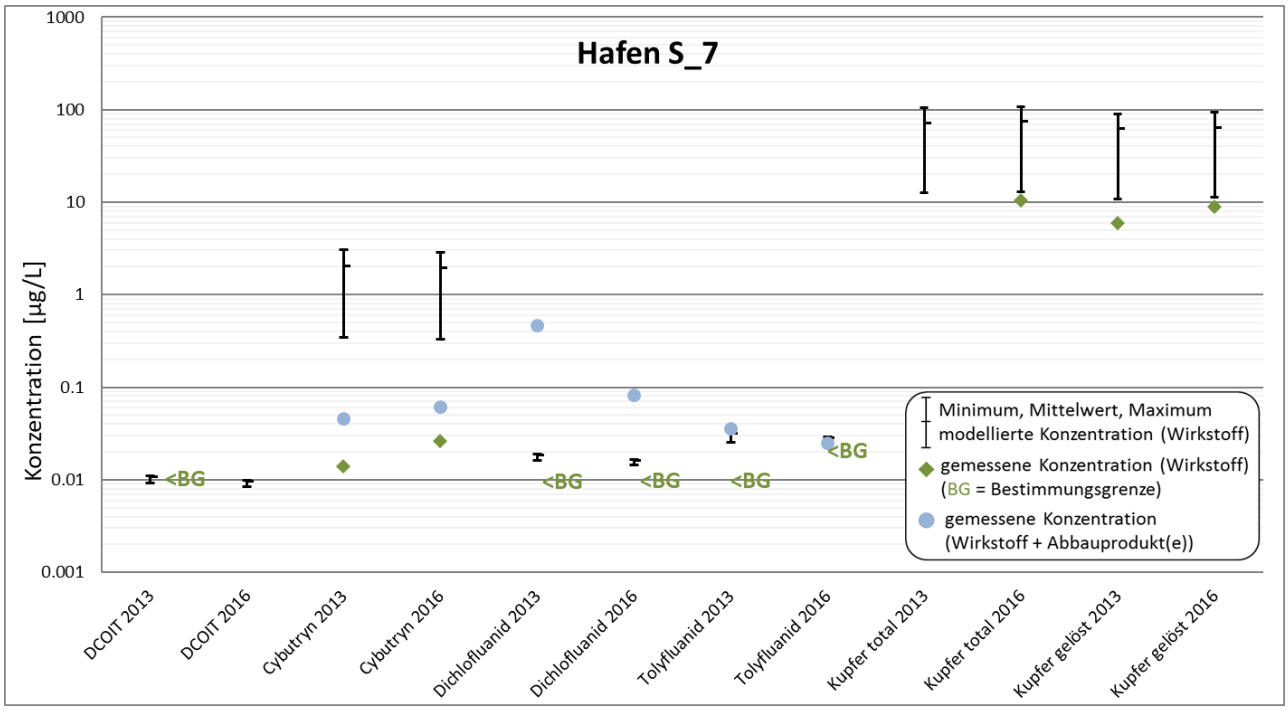
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 10: Hafen S_5 (See): Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Cybutryn, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit den Hafenlayouts a) Commercial Harbour und b) Marina durchgeführt.



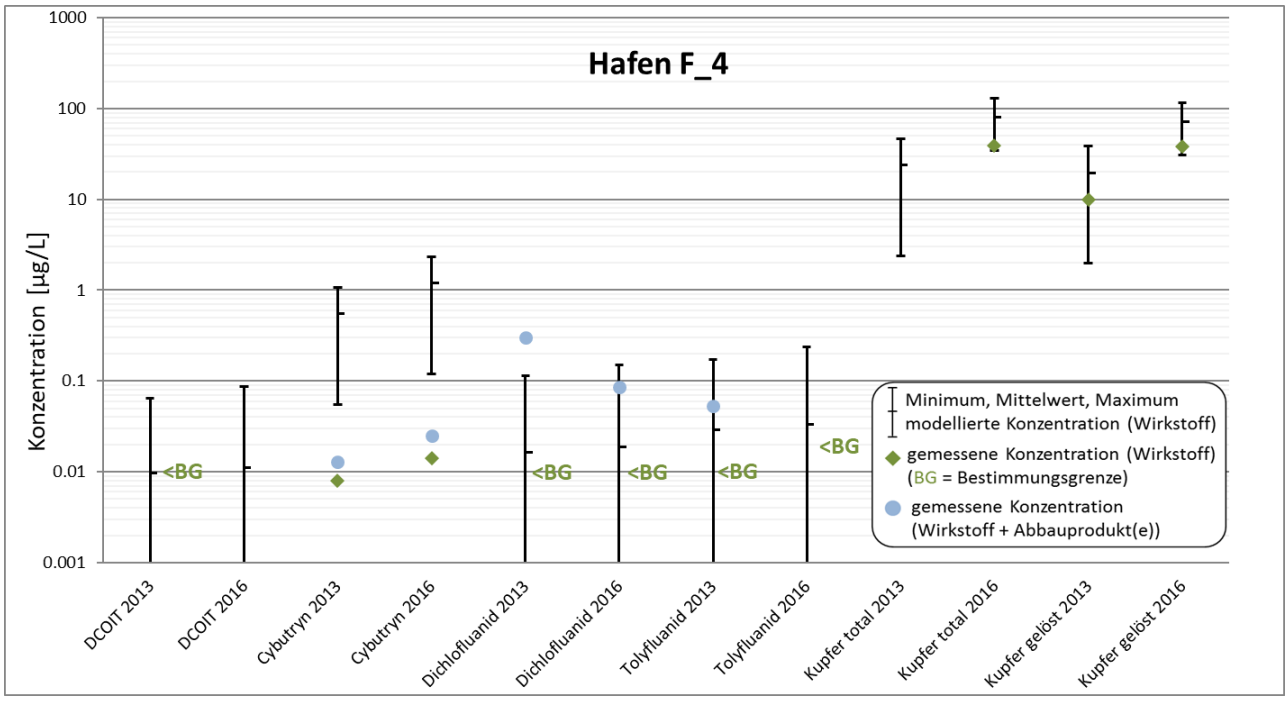
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 11: Hafen S_7 (See): Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Cybutryn, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout Marina durchgeführt.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 12: Hafen F_4 (Fluss): Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Cybutryn, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout Commercial Harbour durchgeführt.



Quelle: eigene Darstellung BfG

In allen vier Häfen lag die modellierte Konzentration an Cybutryn in beiden Jahren über der gemessenen, auch wenn die gemessene Konzentration an M1 mit berücksichtigt wird (Ausnahme: Hafen F_5 2013). Mögliche Erklärungen dafür könnten ein zu hoher angenommener Applikationsfaktor oder modelltypische Vereinfachungen (z.B. Abbauverhalten und hydrodynamische Prozesse) und Generalisierungen (z. B. einheitlicher Leachingfaktor für organische Wirkstoffe) sein (s.o., Kapitel 4.1.5.1).

Mit dem Hafenlayout Marina ergab die Modellierung für die Dichlofluanid- und Tolylfluanidkonzentrationen in den beiden an Seen gelegenen Häfen S_5 und S_7 in beiden Jahren sowie für die Tolylfluanidkonzentration im Jahr 2013 in dem an einem Kanal gelegenen Hafen K_3 höhere Werte als die gemessenen. Zudem wurden mit diesem Hafenlayout für einzelne Kupferkonzentrationen in den genannten drei Häfen (Hafen K_3 Kupfer gesamt 2013, Häfen S_7 und S_5 sowohl Kupfer gesamt als auch gelöst jeweils 2013 und 2016) höhere Werte als die gemessenen modelliert.

Bei den übrigen Modellierungen deckten die modellierten Konzentrationsspannen die gemessenen Konzentrationen ab. Die Übereinstimmung von modellierten mit gemessenen Ergebnissen ist bei den Häfen K_3 (Kanal), S_5 (See) und F_4 (Fluss) (mit dem Hafenlayout Commercial Harbour modelliert) am höchsten. Alle drei Häfen sind eher lang und schmal als quadratisch, zusätzlich liegen die Boote in Hafen S_5 nur in der vorderen Hälfte des Hafens. Diese Merkmale sprechen für eine ungleichmäßige Durchmischung des Hafenbeckens, sowie in Hafen S_5 für eine ungleichmäßige Freisetzung der Wirkstoffe und damit für eine größere Konzentrationsspanne innerhalb der Häfen als bei gleichmäßiger Freisetzung und Durchmischung. Daher ist die Modellierung mit dem Hafenlayout „Commercial Harbour“ für diese Häfen angemessener als mit dem Hafenlayout „Marina“.

Hafen S_7 hat eine Besonderheit, die in MAMPEC schwer nachzubilden ist. Dieser Hafen besitzt Landflächen innerhalb des Hafenbeckens, die den hydrodynamischen Austausch verringern. Da bei diesem

Hafen eine Unsicherheit in der Modellierung besteht, kommt er für das „realistic worst case"-Szenario nicht in Betracht.

4.1.6.3 Anpassung der Modellierung mit MAMPEC

Der Hafen mit der höchsten Punktzahl pro Gruppe wurde jeweils als Grundlage für die „realistic worst case"-Szenarien ausgewählt. Da Hafen S_7 sich aufgrund seiner Geometrie nicht für die Modellierung mit MAMPEC eignet (siehe Kapitel 4.1.6.2), wurde für die Ableitung des „realistic worst case"-Szenarios „Häfen an Seen" Hafen S_5 ausgewählt.

Die im ersten Modellierungsschritt (Kapitel 4.1.5) berechneten Wirkstoffkonzentrationen in den Häfen beruhten auf vor Ort gemessenen bzw. für den Tag der Probenahme recherchierten Werten für die Modellparametrisierung.

Das „realistic worst case"-Szenario sollte allerdings nicht die spezielle Situation der Häfen an einem bestimmten Tag, sondern eine Situation dieser Häfen, die möglichst allgemein den Großteil der Saison beschreibt. Deshalb wurden zur Ableitung des Szenarios einige Parameter wie folgt angepasst.

Für die Windgeschwindigkeit sowie den Anteil der Windrichtung lotrecht zur Hafeneinfahrt wurde über die relativen Häufigkeiten der Windgeschwindigkeiten ein Mittelwert der Monate April bis September abgeleitet. Die Auswertungszeiträume umfassten je nach Wetterstation zwischen sechs und 24 Jahren und wurden vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt. Für die Wassertemperatur wurde ebenfalls ein Mittelwert für die Monate April bis September errechnet. Grundlage bildeten Messwerte der internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) und der Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser) aus 9 Jahren zwischen 2004 und 2015. Die Wolkenbedeckung wurde generell auf einen mittleren Wert von 5 (Skala von 1 – 10) eingestellt. Die Liegeplätze in den Häfen wurden vollständig mit Booten belegt, entsprechend der Verteilung der am Tag der Probenahme anwesenden Bootslängenklassen im jeweiligen Hafen.

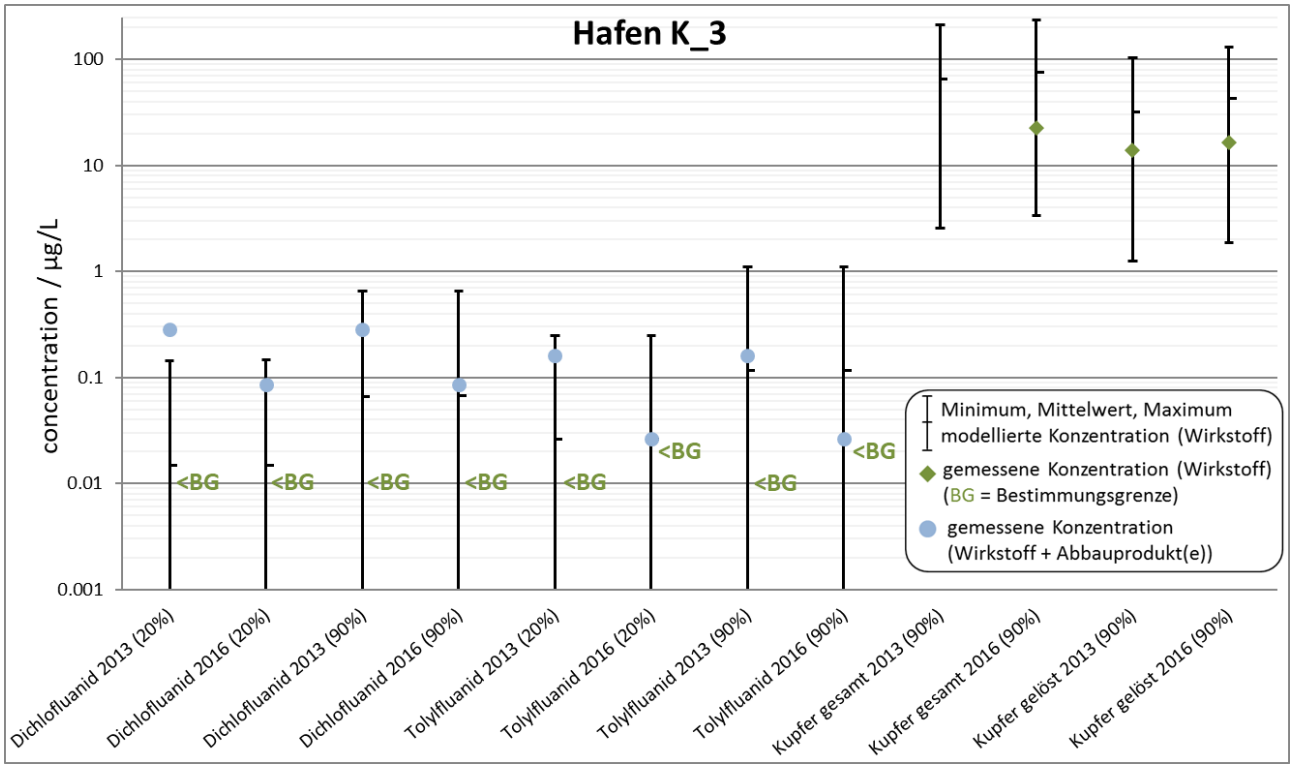
Wie im ersten Modellierungsschritt (siehe Kapitel 4.1.5) wurden Applikationsfaktoren verwendet, die sich auf den Anteil der Antifouling-Produkte auf dem Antifouling-Markt beziehen, die einen bestimmten Wirkstoff enthalten (siehe Anhang, Kapitel 6.5.2, Seite 219; 20% für Dichlofluanid und Tolylfluanid, 90% für Kupfer). Entsprechend der regulatorischen Anforderungen auf EU-Ebene wurde parallel eine Modellierung durchgeführt, in der der Applikationsfaktor für alle Biozide auf einen Wert von 90% festgelegt wurde. Für beide Applikationsfaktoren wurden die Modellparameter der Häfen einmal mit den Parametern aus dem Jahre 2013 und einmal mit den Parametern aus dem Jahr 2016 angepasst.

Für jeden Wirkstoff wurden also bis zu vier Berechnungen durchgeführt:

1. individueller Applikationsfaktor, individuelle Einstellungen im Eingabefeld „Environment" 2013 (Ausnahme: Wassertemperatur, Mittelwert aus 9 Jahren),
2. individueller Applikationsfaktor, individuelle Einstellungen im Eingabefeld „Environment" 2016 (Ausnahme: Wassertemperatur, Mittelwert aus 9 Jahren),
3. Applikationsfaktor 90%, individuelle Einstellungen im Eingabefeld „Environment" 2013 (Ausnahme: Wassertemperatur, Mittelwert aus 9 Jahren),
4. Applikationsfaktor 90%, individuelle Einstellungen im Eingabefeld „Environment" 2016 (Ausnahme: Wassertemperatur, Mittelwert aus 9 Jahren).

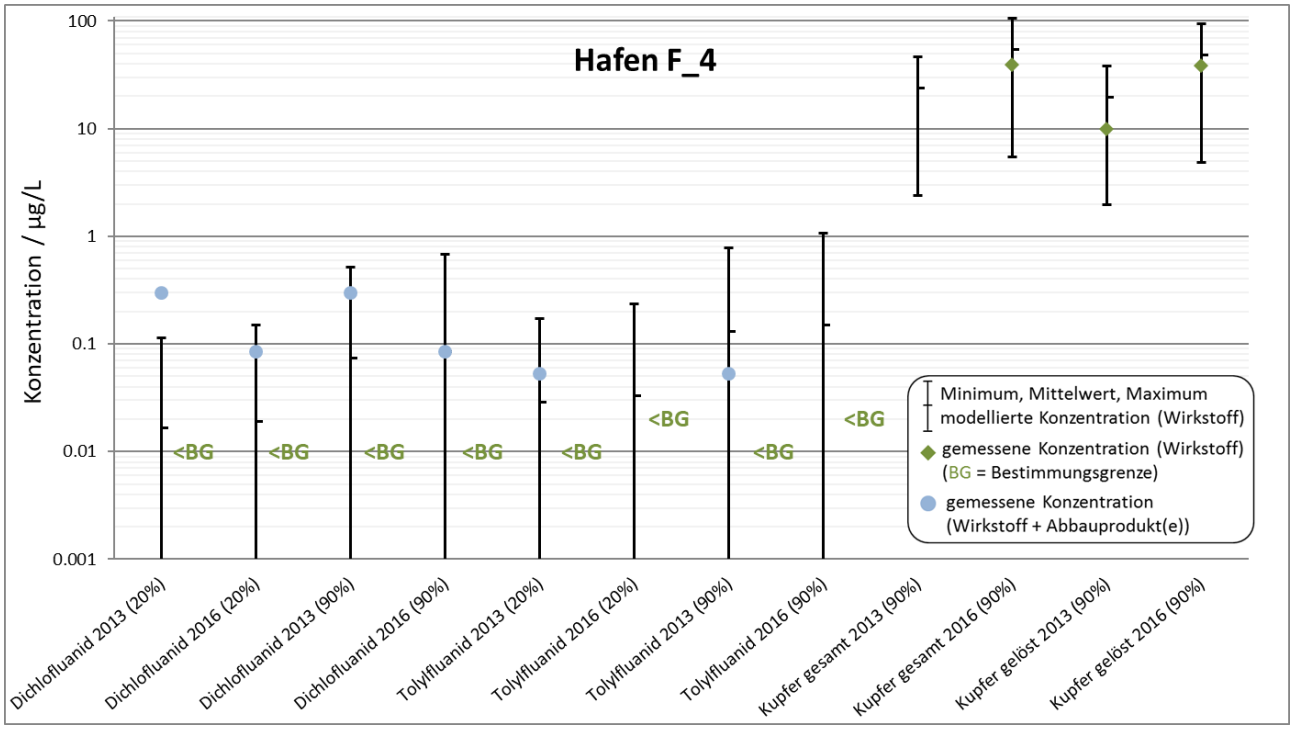
Die Wirkstoffe Zink, DCOIT und Cybutryn wurden für das „realistic worst case"-Szenario nicht berücksichtigt: für Zink sind in MAMPEC keine Daten hinterlegt, DCOIT wurde im Datensatz „beprobte Häfen" nicht nachgewiesen und in der Probenahmekampagne 2016 nicht bestimmt, Cybutryn wurde als Antifouling-Wirkstoff nicht genehmigt, wird deshalb in künftigen Produkten nicht mehr verwendet werden und ist daher für die Produktzulassung nicht relevant.

Abbildung 13: Hafen K_3: Modellierung für das „realistic worst case“-Szenario mit Applikationsfaktoren für Dichlofluanid von 20% und 90%, Tolylfluanid von 20% und 90% und Kupfer von 90%. Dargestellt sind die modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Commercial Harbour“ durchgeführt.



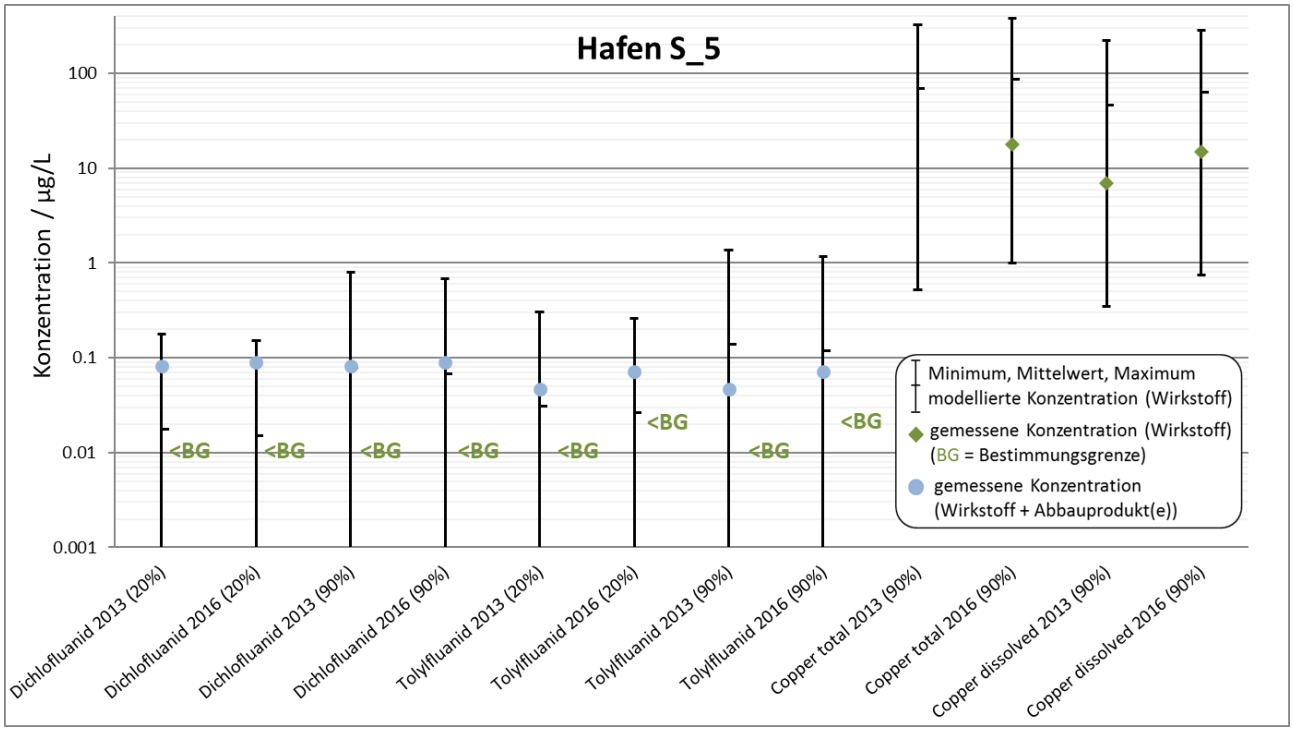
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 14: Hafen F_4: Modellierung für das „realistic worst case“-Szenario mit Applikationsfaktoren für Dichlofluanid von 20% und 90%, Tolylfluanid von 20% und 90% und Kupfer von 90%. Dargestellt sind die modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Commercial Harbour“ durchgeführt.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 15: Hafen S_5: Modellierung für das „realistic worst case“ Szenario mit Applikationsfaktoren für Dichlofluanid von 20% und 90%, Tolylfluanid von 20% und 90% und Kupfer 90%. Dargestellt sind die modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Commercial Harbour“ durchgeführt.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 13 bis Abbildung 15 zeigen die entsprechenden Modellierungsergebnisse der drei Häfen mit den angepassten Parametern. Ein Vergleich der Ergebnisse der Jahre 2013 und 2016 für die Einzelwirkstoffe zeigt, dass nur geringe Unterschiede in den Modellierungsergebnissen zwischen beiden Jahren bestehen. Für den nicht abbaubaren sondern sorbierenden Wirkstoff Kupfer sind die Konzentrationsunterschiede höher als für die schnell abbaubaren Wirkstoffe Dichlofluanid und Tolylfluanid.

Begründet mit den Parameterunterschieden zwischen 2013 und 2016, vor allem der Fließgeschwindigkeit, unterscheiden sich die modellierten Konzentrationen des nicht abbaubaren Biozids Kupfer stärker, da er länger im System verbleibt und somit stärker von Austauschprozessen beeinflusst wird. Für die endgültige Formulierung des „realistic worst case“-Szenarios werden die Parameter (Fließgeschwindigkeit, wasserchemische Parameter („water characteristics“)) des Jahres gewählt, die zu einer höheren Konzentration führen. Ein Vergleich der Modellausgaben der Biozide Dichlofluanid und Tolylfluanid von Applikationsfaktor 20% mit 90% zeigt, dass sich die Wirkstoffkonzentrationen über das 4-fache unterscheiden. Die niedrigeren Konzentrationen, erhalten mit Applikationsfaktor 20%, entsprechen eher den gemessenen Konzentrationen (alle <BG) als Konzentrationen, die mit größeren Applikationsfaktoren erzielt wurden. Für die „realistic worst case“-Szenarien wurde daher der Applikationsfaktor für das jeweilige Biozid gewählt, der sich auf den Anteil der Wirkstoffe auf dem Antifouling-Markt bezieht.

Für die drei Szenarien wurden dementsprechend die folgenden Applikationsfaktoren, Fließgeschwindigkeiten und wasserchemischen Parameter gewählt:

- „realistic worst case“-Szenario „Häfen an Flüssen“:
    - Applikationsfaktor Dichlofluanid- und Tolylfluanid: 20%

    - Applikationsfaktor Kupfer: 90%
    - Fließgeschwindigkeit, Wassercharakteristika: 2016
    - Wassertemperatur: Mittelwert aus 9 Jahren
    - Windverhältnisse: Mittelwert aus 6 – 24 Jahren (je nach Wetterstation)
- „realistic worst case“-Szenario „Häfen an Kanälen“:
    - Applikationsfaktor Dichlofluanid- und Tolylfluanid: 20%
    - Applikationsfaktor Kupfer: 90%
    - Fließgeschwindigkeit, Wassercharakteristika: 2016
    - Wassertemperatur: Mittelwert aus 9 Jahren
    - Windverhältnisse: Mittelwert aus 6 – 24 Jahren (je nach Wetterstation)
- „realistic worst case“-Szenario „Häfen an Seen“:
    - Applikationsfaktor Dichlofluanid- und Tolylfluanid: 20%
    - Applikationsfaktor Kupfer: 90%
    - Fließgeschwindigkeit, Wassercharakteristika: 2016
    - Wassertemperatur: Mittelwert aus 9 Jahren
    - Windverhältnisse: Mittelwert aus 6 – 24 Jahren (je nach Wetterstation)

Die drei resultierenden „realistic worst case“-Szenarien sind in Tabelle 10 aufgelistet.

Tabelle 10: „Realistic worst case“-Szenarien für einen Hafen an einem Kanal, an einem Fluss und an einem See. Datenquellen: siehe Kapitel 6.5.

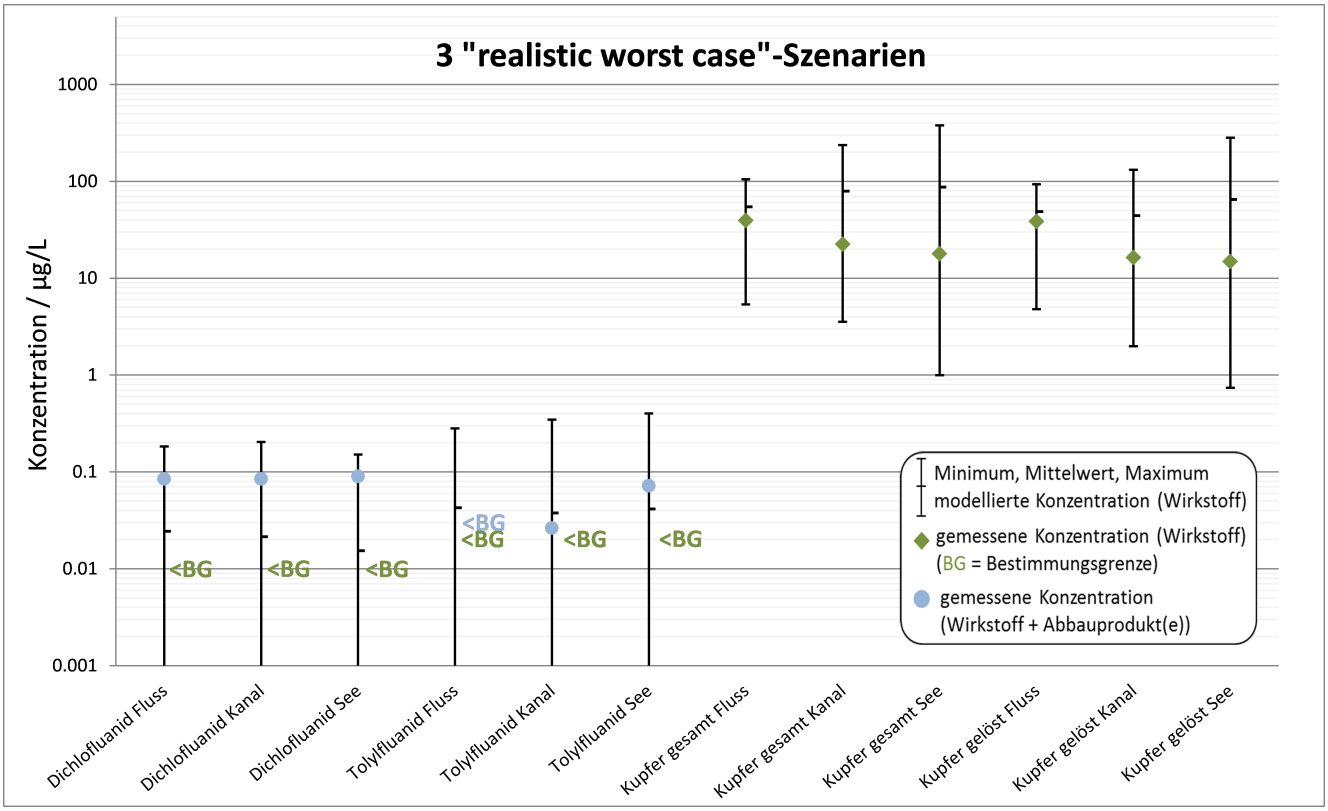
Kategorie	Parameter	“realistic worst case“-Szenario Kanal	“realistic worst case“-Szenario Fluss	“realistic worst case“-Szenario See
Eingabefeld “Environment”				
Hydrodynamik	Tidenzeit	12,41 h	12,41 h	12,41 h
	Tidenhub	0 m	0 m	0 m
	Dichteunterschiede bei Tide	0 kg/m^3	0 kg/m^3	0 kg/m^3
	Nicht tidebedingte Wasserstands-schwankungen	0,2 m	0 m	0 m
	Fließgeschwindigkeit	0,08 m/s	0,4 m/s	0,05 m/s
Wasserchemi-sche Parame-ter	SPM	26,5 mg/L	4 mg/L	11,5 mg/L
	POC	0,61 mg/L	0,1 mg/L	13,33 mg/L
	DOC	4,55 mg/L	3,78 mg/L	9,57 mg/L
	Chlorophyll	3 µg/L	3 µg/L	3 µg/L
	Salinität	0,2 psu	0,7 psu	0,1 psu
	Temperatur	18,0 °C	17,7 °C	16,3 °C
	pH	8,7	7,8	8,92

Kategorie	Parameter	"realistic worst case"-Szenario Kanal	"realistic worst case"-Szenario Fluss	"realistic worst case"-Szenario See
Geometrie	Länge x1 Umgebung x2 Hafen	40 m 40 m	75 m 50 m	160 m 160 m
	Breite y1 Hafen y2 Umgebung	600 m 55 m	275 m 160 m	590 m 590 m
	Tiefe Hafen Breite Einfahrt x3	2,4 m 30 m	2,6 m 16 m	1,5 m 21 m
Allgemein	geografische Breite	52° N	53° N	53° N
	Wolkenbedeckung	5 [0-10]	5 [0-10]	5 [0-10]
Sediment	Tiefe Sedimentschicht	0,1 m	0,1 m	0,1 m
	Sedimentdichte	1000 kg/m^3	1000 kg/m^3	1000 kg/m^3
	Abbau organ. Kohlenstoff im Sediment	0 d^{-1}	0 d^{-1}	0 d^{-1}
	Netto Sedimentationsgeschw.	0,5 m/d	0,5 m/d	0,5 m/d
Wind	Mittl. Windgeschw.	2 m/s	3 m/s	2,5 m/s
	Anteil Windrichtung lotrecht zu Hafeneinfahrt	0,12	0,21	0,1
Zufluss	Zufluss (f)	0 m^3/s	0 m^3/s	0 m^3/s
	Max. Dichteunterschiede zwischen Hafen und Umgebung	0 kg/m^3	0 kg/m^3	0 kg/m^3
Geometrie für Dichteunterschiede	Höhe Unterwasserdamm	0 m	0 m	0 m
	Breite Unterwasserdamm	0 m	16 m	21 m
	Tiefe der Hafeneinfahrt	2,4 m	2,6 m	1,5 m
Eingabefeld "Emission"				
kalkulierte Emission – Service life	Anzahl Boote am Steg der vertretenen Längenklassen	0-6 m: 15 6-8 m:37 8-10 m: 61 10-15 m: 42	0-6 m: 75 6-8 m:40 8-10 m: 50 10-15 m: 5	0-6 m: 73 6-8 m: 174 8-10 m: 120 10-15 m: 73
	Anzahl Boote in Fahrt	0	0	0
	Applikationsfaktor	Wirkstoff-/produktspezifisch	Wirkstoff-/produktspezifisch	Wirkstoff-/produktspezifisch
kalkulierte Emission – Applikation / Entfernen	Ausführliche Parameterliste der Applikation und Entfernung von AF-Farben	Alle Parameter werden auf 0 gesetzt; Annahme: z.B. Applikation und	Alle Parameter werden auf 0 gesetzt; Annahme: z.B. Applikation und	Alle Parameter werden auf 0 gesetzt; Annahme: z.B. Applikation und

Kategorie	Parameter	"realistic worst case"-Szenario Kanal	"realistic worst case"-Szenario Fluss	"realistic worst case"-Szenario See
		Entfernung vernachläs-sigbar	Entfernung vernachläs-sigbar	Entfernung vernachläs-sigbar
Weiteres	Leaching Rate	Wirkstoff-/ produktspe-zifisch	Wirkstoff-/ produktspe-zifisch	Wirkstoff-/ produktspe-zifisch

Die Konzentrationen, die sich bei der Modellierung dieser Szenarien mit den generalisierten Leaching-raten von 2.5 µg/cm²*/d für Tolylfluanid und Dichlofluanid sowie 12 µg/cm² /d für Kupfer mit MAM-PEC ergeben, sind im Vergleich in Abbildung 16 dargestellt.

Abbildung 16: Modellierung für die drei „realistic worst case"-Szenarien im Vergleich.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Sowohl die modellierten Mittelwerte als auch die modellierten Konzentrationsspannen weichen für Dichlofluanid und Tolylfluanid zwischen den drei Szenarien kaum voneinander ab. Für Kupfer ist die Abweichung zwischen den Mittelwerten der drei Szenarien recht deutlich ausgeprägt. Die mittleren Konzentrationen für Kupfer nehmen vom Szenario „Häfen an Flüssen" über das Szenario „Häfen an Kanälen" bis zum Szenario „Häfen an Seen" zu, so wie die Konzentrationsspannen zunehmen. Beides lässt sich durch die geringere Strömung in den Gewässern und damit die geringere Durchmischung in den Hafenbecken erklären.

4.1.6.4 Überprüfung der Auswahl der 3 Szenarien

Da die Risikobewertung von Antifouling-Produkten anhand von modellierten Konzentrationen in den „realistic worst case"-Szenarien vorgenommen wird, wurde zuletzt überprüft, ob die aufgrund ihrer hohen gemessenen Konzentrationen für das „realistic worst case"-Szenario ausgewählten Häfen auch zu den Häfen mit den höchsten modellierten Konzentrationen zählen.

Dafür wurden die Häfen wie in Kapitel 4.1.6.1 beschrieben anhand der Summen der modellierten (wie in Kapitel 4.1.5 beschrieben) organischen Wirkstoffkonzentrationen für die Jahre 2013 und 2016 in einem gemeinsamen Punktesystem angeordnet (Tabelle 11).

Tabelle 11: Gemeinsame Anordnung der Häfen nach der Summe der modellierten organischen Wirkstoffkonzentrationen für 2013 und 2016.

gemeinsame Anordnung Modellierung Summe org Wirkstoffe 2013 und 2016			
Hafen	Punkte 2013	Punkte 2016	Mittelwert Punkte
K_2		19	19
S_5	19	17.5	18.25
K_3	18	16	17
S_7	17	14.5	15.75
S_11	15		15
F_12	14		14
S_9	16	11.5	13.75
K_1		13	13
S_2	12		12
F_4	13	10	11.5
S_1	10		10
F_10	9	8.5	8.75
F_5	11	5.5	8.25
S_10	7		7
F_13		7	7
S_4	6		6
F_7	8	2.5	5.25
K_4	5		5
F_3	4		4
F_14		4	4
F_1	3		3
F_8	2		2
F_2	1		1
F_15		1	1

Quelle: eigene Darstellung BfG

Tabelle 12 zeigt den Vergleich der Punktzahlen für die Summen an gemessenen organischen Wirkstoffkonzentrationen mit den Punktzahlen für die Summe an modellierten organischen Wirkstoffkonzentrationen. Die drei für das „realistic worst case"-Szenario ausgewählten Häfen liegen auf den Plätzen 2, 3 und 10 der modellierten Wirkstoffkonzentrationen, haben also bis auf einen Hafen fast die höchsten modellierten Konzentrationen. Insgesamt wurden in den 2/3 der Häfen mit den höchsten gemessenen Wirkstoffkonzentrationen hauptsächlich hohe Wirkstoffkonzentrationen modelliert. Ebenso wurden in den 2/3 der Häfen mit den höchsten modellierten Wirkstoffkonzentrationen hauptsächlich hohe Wirkstoffkonzentrationen gemessen. Jedoch wurden auch für Häfen mit niedrigen gemessenen Wirkstoffkonzentrationen hohe Wirkstoffkonzentrationen modelliert. Umgekehrt gab es auch Häfen mit hohen gemessenen Wirkstoffkonzentrationen, für die eher niedrige Wirkstoffkonzentrationen modelliert wurden.

Der Einfachheit halber wurden für diesen Vergleich die modellierten Mittelwerte herangezogen. Pro Hafen wurde jedoch nur eine Probe entnommen, deren Konzentration nicht unbedingt gleich der mitt-

leren Konzentration im Hafenbecken sein muss, obwohl darauf geachtet wurde, die Proben an möglichst zentraler Stelle im Hafen und nicht in direkter Nähe eines Boots zu nehmen. Der Vergleich der gemessenen Konzentrationen mit den modellierten Konzentrationsspannen (Abbildung 8) zeigte, dass die gemessenen Konzentrationen für die meisten Häfen und Wirkstoffe (außer Cybutryn) im Bereich der modellierten Konzentrationsspannen liegen. Angesichts dessen ist die Übereinstimmung der Punktzahlen der für die Szenarien ausgewählten Häfen K_3, F_4 und S_5 (Tabelle 12) als gut zu beurteilen.

Tabelle 12: Vergleich der Punktzahlen für die Summe der gemessenen und die Summe der modellierten Konzentrationen an organischen Wirkstoffen, sortiert nach der Punktzahl für a) gemessene und b) modellierte Konzentrationen.

a)

Vergleich gemessen / modelliert		
Hafen	Mittelwert Punkte gemessen	Mittelwert Punkte modelliert
K_3	18.25	17
S_7	17	15.75
S_5	16.5	18.25
F_4	15.75	11.5
S_10	15	7
F_5	14.5	8.25
S_2	12	12
K_2	11.5	19
F_12	10	14
F_13	10	7
S_1	9	10
F_10	9	8.75
F_3	8	4
F_7	7.75	5.25
S_9	7.25	13.75
K_4	7	5
F_15	5.5	1
F_2	4.5	1
S_11	4.5	15
F_14	4	4
K_1	1	13
F_1	0	3
F_8	0	2
S_4	0	6

b)

Vergleich gemessen / modelliert		
Hafen	Mittelwert Punkte gemessen	Mittelwert Punkte modelliert
K_2	11.5	19
S_5	16.5	18.25
K_3	18.25	17
S_7	17	15.75
S_11	4.5	15
F_12	10	14
S_9	7.25	13.75
K_1	1	13
S_2	12	12
F_4	15.75	11.5
S_1	9	10
F_10	9	8.75
F_5	14.5	8.25
S_10	15	7
F_13	10	7
S_4	0	6
F_7	7.75	5.25
K_4	7	5
F_3	8	4
F_14	4	4
F_1	0	3
F_8	0	2
F_2	4.5	1
F_15	5.5	1

Quelle: eigene Darstellung BfG

4.1.6.5 Fazit

Mit dem Ziel, ein auf deutsche Binnengewässer abgestimmtes „realistic worst case"-Expositionsszenario für Antifouling-Wirkstoffe und –Produkte zu entwickeln, wurden 3 Häfen mit den jeweiligen Lagebedingungen: an einen Fluss, an einen Kanal und an einen See grenzend, ausgewählt. Die Häfen gehören auf Grund der dort herrschenden Bedingungen und hydrodynamischen Eigenschaften zu den ca. 2% - 10% der Häfen, in denen potenziell die höchsten Wirkstoffkonzentrationen zu erwarten sind.

Innerhalb des EU-weiten Verfahrens für die Wirkstoff- und Produktzulassung stellt gegenwärtig das Szenario „OECD-EU Marina" die Grundlage zur Berechnung der Umweltkonzentration dar und ist in MAMPEC implementiert. Das Modellszenario ist auf den Küstenbereich abgestimmt, wodurch die Gegebenheiten in deutschen Binnengewässern nicht abgebildet werden. Da sich in Deutschland etwa 2/3 aller Sportboothäfen im Binnengewässer befinden (Watermann et al. 2015), besteht hier ein erhebliches Defizit in der Risikobewertung von Antifouling-Produkten. Das in diesem Projekt neu entwickelte

Szenario stellt einen Vorschlag dar, wie diese Lücke geschlossen werden kann. Anpassungen und Änderungen durch die zuständigen Zulassungsbehörden können nicht ausgeschlossen werden. Gleichzeitig können EU-Mitgliedstaaten die Dokumentation für die eigene Modellentwicklung nutzen.

Parallel zur Projektphase haben Expertengruppen verschiedener EU-Staaten an der Entwicklung eines Süßwasserszenarios für den gesamten europäischen Bereich gearbeitet. Die vorliegenden Projektergebnisse sind von deutscher Seite zum Teil in der Zusammenarbeit eingespeist und weiterentwickelt worden.

4.2 Arbeitspaket II: Erarbeitung von Kriterien für eine Zulassung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten in Gebrauchsklassen

4.2.1 Absprache möglicher Kriterien

Im Rahmen des Arbeitspakets II wurden beim Kick-off Meeting in Abstimmung mit dem UBA folgende Vorschläge für Kriterien zur Einteilung in Gebrauchsklassen erarbeitet:

1. **Lage des Reviers in Salz-, Brack- oder Süßwasser**
   In Salz- und Brackwasser ist der Bewuchsdruck üblicherweise höher als in Süßwasser. Daher kann im Salzwasser eine höhere Dosierung als im Süßwasser notwendig sein.
2. **Applikation durch professionelle (Werft, Bootsservice) oder nicht-professionelle (Bootsbesitzer) Anwender**
   Professionelle Anwender dürften bessere Möglichkeiten der Dosierung und der technischen Schutzausrüstung haben.
3. **Bootsklasse (Größe, Geschwindigkeit des Boots)**
   Bei höherer Geschwindigkeit nimmt der Selbstreinigungseffekt des Bootsrumpfs durch höheren Abrieb zu.

Als weiteres Kriterium wurde

4. **Strömungsverhältnisse am Liegeplatz** (stehendes / fließendes Gewässer) gewählt, dabei stärkerer Strömung der Selbstreinigungseffekt des Bootsrumpfs höher ist.

Nach folgenden weiteren Kriterien könnten Produkte in Gebrauchsklassen eingeteilt werden:

5. **Wassertemperatur im Revier**
   Bei höheren Temperaturen ist der Bewuchsdruck höher als bei niedrigeren Temperaturen.
6. **Anwendung auf mobilem (Boot, Schiff) oder stationärem (Schleusentor) Objekt**
   Stationäre Objekte sind mangels Bewegung/Geschwindigkeit keiner hohen Strömung und damit einem höheren Bewuchsdruck ausgesetzt. Schleusentore, die für ihre Funktion beweglich bleiben müssen, werden durch Bewuchs aber in ihrer Beweglichkeit und damit Funktionstüchtigkeit eingeschränkt.

4.2.2 Prüfung der Kriterien hinsichtlich praktischer Umsetzbarkeit

Die erarbeiteten Kriterien 1 bis 4 wurden auf der Bootsmesse Interboot einzelnen Vertretern des Farbenhandels vorgestellt. Sie wurden um Rückmeldung gebeten, ob sie die Auswahl der Kriterien für sinnvoll hielten sowie um Vorschläge weiterer Kriterien.

Die Rückmeldungen lauteten, dass die Empfehlungen der Hersteller in Form von Piktogrammen sowie die persönliche Beratung durch die Händler bezüglich der Produktauswahl auf genau diesen Kriterien beruhen. Weitere Kriterien wurden nicht vorgeschlagen.

Grundsätzlich scheint demnach eine Einteilung in Gebrauchsklassen anhand dieser Kriterien praktisch umsetzbar zu sein.

4.2.3 Vergleich der Kriterien hinsichtlich des vermuteten Mehrwerts für die Umwelt

Da der Bewuchsdruck in Salz- und Brackwasser höher als in Süßwasser ist (Daehne et al. 2017, Singhasemanon 2009), ist für Boote in Salzwasser ein stärkerer Bewuchsschutz notwendig als in Süßwasser. Antifouling-Produkte mit höherer Leachingrate bergen aber tendenziell auch höhere Umweltrisiken. Um sich sicher vor Bewuchs zu schützen, ist es denkbar, dass Bootsbesitzer auch im Süßwasser Produkte verwenden, die für die Verwendung in Salzwasser bestimmt sind. Eine Einteilung in Gebrauchsklassen nach dem Kriterium 1, „Lage des Reviers in Salz- oder Süßwasser", hätte den Vorteil, dass Produkte, deren Umweltrisiken zwar in Salz-, aber nicht in Süßwasserszenarien akzeptabel sind, nur auf Boote aufgetragen werden dürfte, die in Salzwasser fahren / liegen. Damit könnte einer Überdosierung auf Booten im Süßwasser entgegengewirkt und dadurch die Risiken für das Schutzgut Wasser verringert werden.

Es ist zu erwarten, dass professionellen Anwendern tendenziell bessere Möglichkeiten zur passenden Dosierung und an technischer Schutzausrüstung zur Minimierung der Umweltexposition (geschlossene Räume) zur Verfügung stehen als nicht-professionellen Anwendern. Die Risiken, die sich daraus für die Umwelt ergeben, sind daher bei nicht-professioneller Auftragung als eher größer einzustufen als bei der Auftragung durch professionelle Anwender. Drei OECD-Szenarien, die für die Berechnung von Emissionen bei der Applikation von Antifouling-Produkten entwickelt wurden, unterscheiden dementsprechend je nach angewendeten Applikationstechniken und Maßnahmen zum Schutz der Umwelt zwischen einem „typical case" und einen „realistic worst case" bei der Applikation durch professionelle Anwender sowie die Applikation durch nicht-professionelle Anwender (European Commission, 2004). Eine Einteilung in Gebrauchsklassen nach dem Kriterium 2, „professionelle oder nicht-professionelle Applikation" hätte den Vorteil, dass Produkte, deren Umweltrisiken zwar bei professioneller, nicht aber bei nicht-professioneller Applikation akzeptabel sind, nur durch professionelle Anwender aufgetragen werden dürften. Damit könnten die Risiken für das Schutzgut Boden verringert werden.

Eine Einteilung nach Kriterium 3, „Geschwindigkeit des Boots", hätte den Vorteil, dass stärker wirksame Antifouling-Produkte mit entsprechend höheren Risiken für die Umwelt nur auf langsamere Boote aufgetragen werden dürften, die sich nicht durch Abrieb mittels schnellem Fahren vor Bewuchs schützen können wie schnellere Boote. Allerdings muss auch die Dauer der Liegezeit, während der das Boot nicht bewegt wird, berücksichtigt werden. Je nach Bewuchsdruck im Revier ist ein entstehender Bewuchs mit zunehmender Liegedauer schwieriger und ab einem gewissen Punkt nicht mehr allein durch schnelles Fahren zu entfernen.

Bei Einteilung nach Kriterium 4, „Strömung am Liegeplatz", könnten entsprechend Kriterium 3 stärker wirksame Antifouling-Produkte zwar für Boote in Liegeplätzen ohne bzw. mit schwacher Strömung, z.B. in einem geschlossenen Hafen, nicht jedoch in Liegeplätzen mit stärkerer Strömung, z.B. in einem offenen Hafen in einem Fluss, zugelassen werden. Allerdings hängt der Bewuchsdruck am Liegeplatz nicht allein von der Strömung ab, sondern auch u. a. vom Salzgehalt des Wassers, der Wassertemperatur, den Lichtverhältnissen und weiteren Faktoren, zudem kann er von Saison zu Saison schwanken. Deshalb würde die Einteilung allein nach der Strömung am Liegeplatz den tatsächlichen Bewuchsdruck auf ein Boot unter- oder überschätzen und wäre damit nicht angemessen.

Wie die Strömung ist auch die Temperatur nur einer von mehreren Faktoren, von denen der Bewuchsdruck im Revier abhängt. Wie Kriterium 4 ist deshalb auch Kriterium 5, „Temperatur im Revier" nicht als alleiniges Kriterium für eine Einteilung in Gebrauchsklassen geeignet.

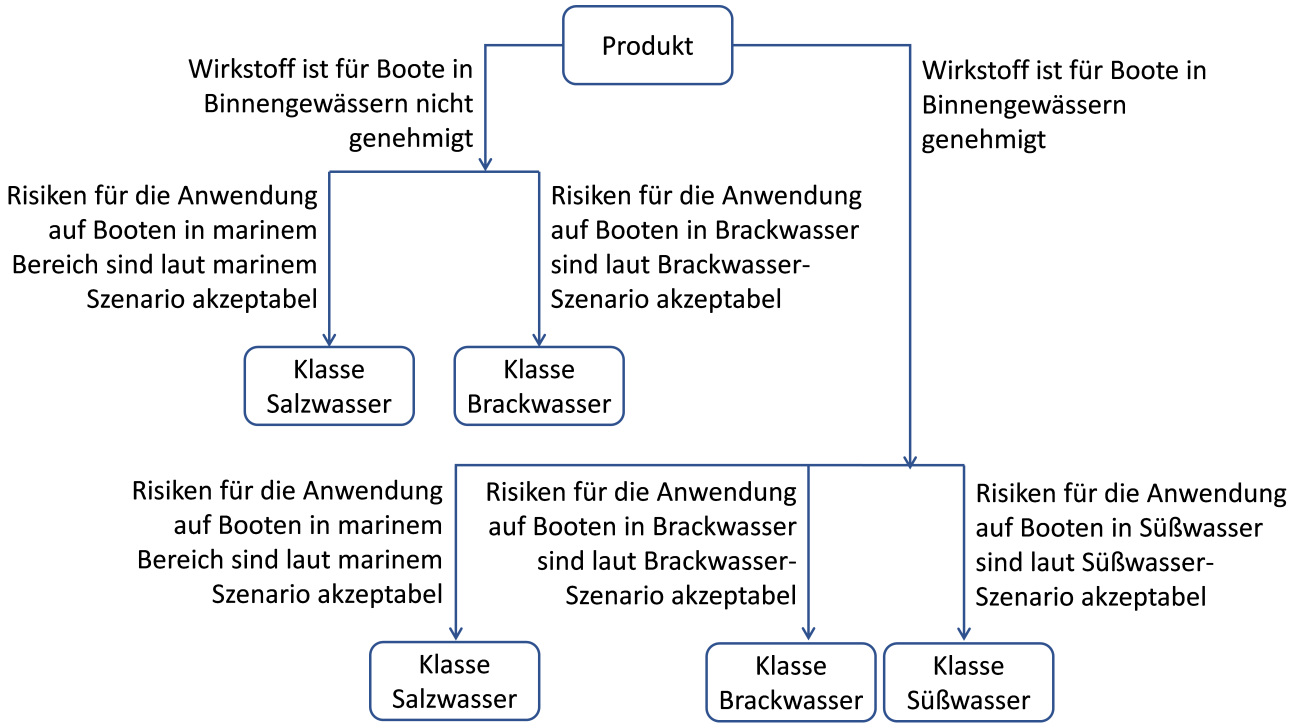
Am größten scheint der Mehrwert für die Umwelt bei einer Einteilung nach den Kriterien 1 und 2 zu sein. Die Kriterien 3 bis 5 müsste man miteinander und mit weiteren Kriterien wie der Liegedauer kombinieren, um eine sinnvolle Einteilung zu erhalten. Damit würde diese aber sehr komplex.

Bezüglich der Kriterien 1 und 2 wäre der größte Mehrwert für die Umwelt vermutlich eine Kombination aus beiden Kriterien.

4.2.4 Vorschläge für das Vorgehen zur Einteilung anhand von Entscheidungsbäumen

Für die Kriterien 1 und 2 wurden Entscheidungsbäume entworfen, in denen das mögliche Vorgehen zur Einteilung in Gebrauchsklassen optisch dargestellt ist (Abbildung 17 und Abbildung 18).

Abbildung 17: Entscheidungsbaum zur Einteilung von Produkten in Gebrauchsklassen anhand des Kriteriums „Lage des Reviers in Salz-, Brack- oder Süßwasser“.

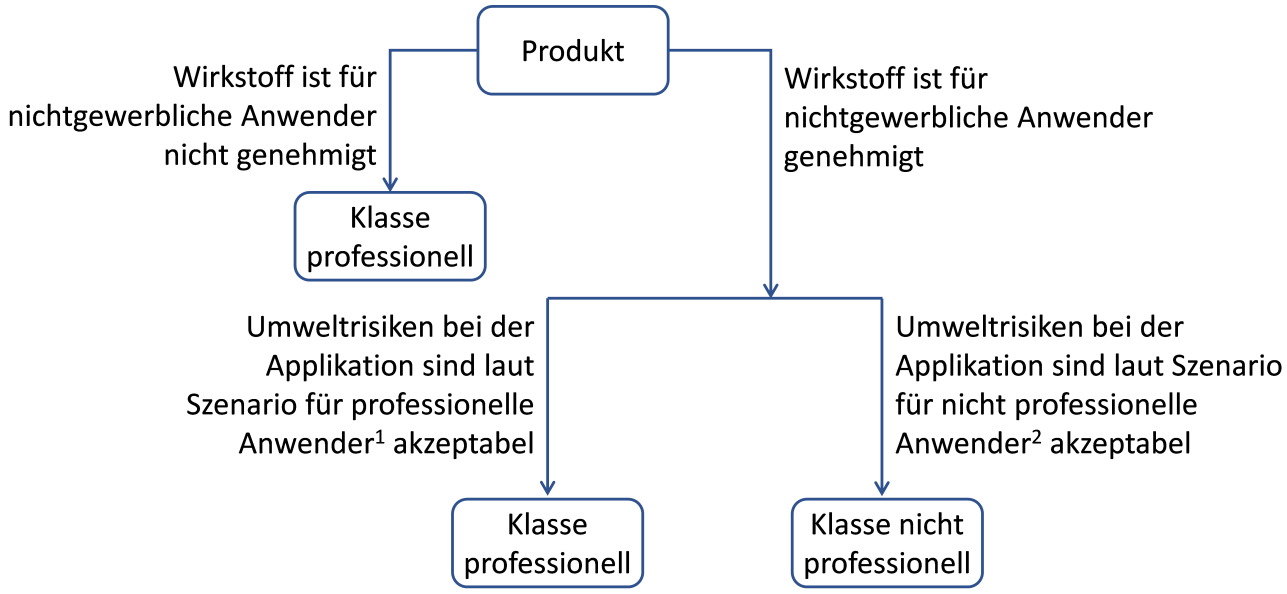


Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 17 zeigt den Entscheidungsbaum für das Kriterium „Lage des Reviers in Salz-, Brack- oder Süßwasser“. Die erste Ebene beinhaltet die Abfrage, ob der im Produkt enthaltene Wirkstoff laut Durchführungsverordnung für die Verwendung auf Booten in Binnengewässern genehmigt ist. Falls nicht, beinhaltet die nächste Ebene eine Risikobewertung des Produkts anhand von „realistic worst case“-Szenarien für den marinen Bereich (Salz- und Brackwasser). Falls der Wirkstoff für Boote im Binnenbereich genehmigt ist, wird in der zweiten Ebene zusätzlich eine Risikobewertung anhand eines „realistic worst case“-Szenarios für Süßwasser durchgeführt.

Das Produkt würde in die Gebrauchsklasse(n) für die Gewässer eingeteilt, für die das Risiko laut Szenario akzeptabel ist.

Abbildung 18: Entscheidungsbaum zur Einteilung von Produkten in Gebrauchsklassen anhand des Kriteriums „Applikation durch professionelle (Werft, Bootsservice) oder nicht-professionelle Anwender“.



[1] z.B. Szenario „Maintenance and repair -> Pleasure craft, professional“ (European Commission, 2004)
[2] z.B. Szenario „Maintenance and repair -> Pleasure craft, non-professional“ (European Commission, 2004)
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 18 zeigt den Entscheidungsbaum für das Kriterium „Applikation durch professionellen oder nicht professionellen Anwender“. Zunächst wird abgefragt, ob der im Produkt enthaltene Wirkstoff laut Durchführungsverordnung für die Verwendung durch nichtgewerbliche Anwender genehmigt ist. Falls nicht, beinhaltet die nächste Ebene eine Risikobewertung des Produkts anhand der, ggf. angepassten, Szenarien für professionelle bzw. nicht-professionelle Anwendung (European Commission, 2004).

Das Produkt würde in die Gebrauchsklasse(n) für die Applikation durch die Anwender eingeteilt, für die das resultierende Umweltrisiko akzeptabel ist.

4.2.5 Schlussfolgerungen

Die Einteilung in Gebrauchsklassen nach den Kriterien 1 (Lage des Reviers in Salz-, Brack- oder Süßwasser) und 2 (Applikation durch professionelle oder nicht-professionelle Anwender) scheint am vielversprechendsten, da hier klar nach den einzelnen Kategorien unterschieden werden kann. Die Kriterien 3 bis 5 (Geschwindigkeit des Boots, Strömungsverhältnisse am Liegeplatz, Wassertemperatur im Revier) müsste man miteinander und mit weiteren Kriterien wie der Liegedauer kombinieren, um eine sinnvolle Einteilung zu erhalten.

Die Einteilung nach den Kriterien 1 und 2 deckt sich zudem mit den aktuellen Entwicklungen auf europäischer Ebene. Es ist vorgesehen, im Bereich der Antifouling-Zulassung die aquatische Umwelt künftig dezidierter zu bewerten und hier grundsätzlich zwischen Meeresgewässer („marine“) und Binnengewässern („inland water“) zu unterscheiden. Eine Untergliederung der Zulassung von Biozidprodukten in „professionelle“ und „nicht-professionelle“ Anwender wurde bereits im Rahmen der Wirkstoffzulassung vorgenommen und ist auch bei anderen Produktgruppen üblich.

4.3 Arbeitspaket III: Zusammenstellung und Validierung von Bestimmungen und Empfehlungen im Umgang mit biozidhaltigen Antifouling-Produkten

4.3.1 Erhebung der derzeitigen Anwendungspraxis und Diskussion von Optimierungsmöglichkeiten durch Befragung von Experten

Die in diesem Kapitel vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf Antworten einzelner befragter Personen. Sie sind nicht als repräsentativ für alle deutschen (Sportboot-)Häfen, Bootsbesitzer und Farbenhändler anzusehen, sondern bieten vielmehr einen ersten Einblick. Um ein umfassenderes Bild über die aktuelle Anwendungspraxis zu gewinnen, wurde diese auch in der Umfrage (siehe Kapitel 4.3.4) noch einmal abgefragt.

4.3.1.1 Befragung von Hafenmeister/innen, Vereinsvertreter/innen, Bootsservices und Charterbetrieben in Häfen

Im Rahmen der Probenahme (Arbeitspaket I) wurde im Gespräch mit Hafenmeistern, und Vereinsmitgliedern und -vorsitzenden sowie Mitarbeitern von Bootsservices und Charterbetrieben der beprobten Häfen die derzeitige Anwendungspraxis von Antifouling-Produkten hinsichtlich der folgenden Punkte erfragt:

- Vorhandensein eines Waschplatzes
- Produktnamen der verwendeten Antifouling-Produkte (soweit bekannt)
- Anteil der Boote, die regelmäßig bewegt und der Boote, die überwiegend im Hafen liegen
- Anteil professionell und vom Eigner selbst behandelter Boote
- Stärke des Bewuchsdrucks

Die Antworten zeigten, dass kleinere Häfen, die oft Vereine waren, selten Waschplätze besaßen und die Waschplätze häufig keine Abscheider hatten. Die Bootsbesitzer in den besuchten Häfen waren laut Antworten der befragten Personen eher sparsam und versuchten auch beim Antifouling zu sparen. Bootsbesitzer und Bootsservicemitarbeiter waren häufig der Meinung, dass heutige Antifouling-Produkte nicht mehr umweltschädlich seien. Fast alle waren interessiert daran, wie ihr Hafen aufgrund der Messergebnisse eingestuft wird. Während die Boote von Charterbetrieben sehr oft in Fahrt sind, werden die Privatboote, die in Hafenvereinen liegen, eher wenig bewegt, vor allem innerhalb von Vereinen mit einem hohen Altersdurchschnitt.

Zudem wurden mit zwei Hafenmeistern aus dem vorläufigen Katalog von Anwendungsbestimmungen (siehe Kapitel 4.3.3) die Maßnahmen, die Häfen anbieten können, als Optimierungsmöglichkeiten diskutiert. Dazu gehörten folgende Angebote:

- Anstrich durch Bootsservice in Hafen oder Umgebung
- gut gegen Boden und Umgebung abgeschirmter Reinigungsplatz mit Abwasserentsorgung
- gut gegen Boden und Umgebung abgeschirmter Arbeitsplatz, alternativ Planen zum Schutz des Bodens zur Verfügung stellen
- zentrales Farbenlager mit Auffangwannen
- zentrale Abfallsammlung
- zentrale Anschaffung von (Nass-)Schleifgeräten mit Absaugvorrichtung
- absorbierendes Material, falls Farbe auf den nicht geschützten Boden tropft
- Informationen für Bootseigner auf Infotafeln o.ä. bezüglich Möglichkeiten zur Risikominderung bei den einzelnen Arbeitsschritten (Produktauswahl, Vorbereitung des Arbeitsplatzes, Reinigung/Entfernung alter Farbe, Auftragen neuer Farbe, Lagerung)
- Umstieg auf Alternativen:
    - Biozidfreier Anstrich (z.B. auf Silikon- / Teflonbasis oder selbsterodierender Anstrich)
    - Biozidfreier Hartanstrich in Kombination mit manueller Reinigung

- Kleiner Bootslift, mit dem das Boot während der Wasserliegezeiten über den Liegeplatz gehoben wird

Außerdem wurde gefragt, welche weiteren Maßnahmen in den Häfen getroffen werden oder geplant sind und wie sie die Kosten für die Liegeplätze beeinflussen.

Aus den Antworten zur derzeitigen Anwendungspraxis (s.o.) ging bereits hervor, dass in einigen der besuchten Häfen diese Maßnahmen und technischen Hilfsmittel etabliert sind und von den Anwendern genutzt werden.

Da die Nutzung eines Bootsservice mit Kosten verbunden ist, hänge es von der finanziellen Lage der Bootsbesitzer ab, sowie von ihrem Alter bzw. ihrer körperlichen Fitness, ob sie ihr Boot selbst streichen oder einen Bootsservice in Anspruch nehmen. Die Einrichtung von zentralen Farbenlagern und zentraler Abfallsammlung lohne sich bei größeren Häfen. Möglichkeiten zum optimierten Umgang mit Antifouling-Produkten sind in einem der befragten Häfen im Vertrag und der Hafenordnung festgelegt, im anderen informiert der Hafenmeister die Bootsbesitzer mündlich, welche Vorgaben sie einzuhalten haben, gibt Ratschläge aus Zeitschriften weiter und hängt Informationsmaterial, das er bekommt, an der Informationstafel aus. Bei biozidfreien Anstrichen auf Silikonbasis wurden schlechte Erfahrungen mit Osmose gemacht, bei selbsterodierenden Anstrichen (sowohl biozidhaltig, als auch -frei) mit Abfärben auf Trailern oder beim Berühren. Hartanstriche in Verbindung mit manueller Reinigung werden je nach Alter bzw. körperlicher Fitness der Bootsbesitzer akzeptiert. Die Installation von Bootslften wurde als zu teuer und zu platzaufwändig bewertet.

Aufgrund geringen Bewuchsdrucks empfiehlt einer der Hafenbesitzer den Bootseignern, nur auf die lichtzugewandte Seite der Boote einen Antifouling-Anstrich aufzutragen, während der andere es für sinnvoller hält, Bootsbesitzer zu sensibilisieren, keinen Anstrich aufzubringen, wenn die Liegedauer eines Bootes eine kritische Zeit (in diesem Revier drei Monate) nicht überschreitet.

4.3.1.2 Befragung von Vertretern des Farbenhandels auf der Messe Interboot

Auf der Messe Interboot 2016 in Friedrichshafen wurden sechs Vertreter des Farbenhandels nach dem Kaufverhalten ihrer Kunden befragt. Folgende Fragen wurden den Händlern gestellt:

- Wer kauft bei Ihnen? (Bootsbesitzer, Werften/Bootsservice, ...)
- Verlangen Ihre Kunden/innen konkrete Produkte oder lassen sie sich beraten?
- Nach welchen Aspekten wählen sie/Sie ein Produkt aus? (z. B. Preis, Salz-/Süßwasser, Größe des Schiffs, ...)
- Was für Produkte werden am meisten gekauft? Wirkstoffe?
- Haben Sie biozidfreie Produkte (also auch ohne Kupfer)? Falls ja:
    - Welche?
    - Wie kommen sie bei den Kunden an? Werden sie gekauft? Haben sie Zukunft?
    - Welche werden gekauft?
    - Vgl. biozidhaltig/biozidfrei: Preis / Beständigkeit / benötigte Menge?
- Wie ließe sich aus Ihrer Sicht der Einsatz von biozidhaltigen Produkten optimieren/minimieren?
- Welche Voraussetzungen wären dafür nötig?

Fünf der Anbieter verkaufen hauptsächlich an Endverbraucher, ein Großhändler vor allem an Werften, Farben- und Bootshändler. Meist wissen die Kunden, welches Produkt sie kaufen möchten. Die Auswahl der Produkte durch die Kunden, aber auch die Beratung durch den Handel richtet sich zum einen danach, ob die bestehende Beschichtung ein Hart- oder Weich-Antifouling ist, da Beschichtungen des gleichen Typs ohne Abschleifen über den alten Anstrich aufgetragen werden können. Zudem spielen Bootstyp (Segel- oder Motorboot), Geschwindigkeit (<25 kn oder >25 kn), der Bewuchsdruck im Re-

vier und der Aktivitätsgrad des Bootes eine Rolle. Weitere Kriterien, nach denen Bootsbesitzer einen Anstrich auswählen, sind Farbwunsch, Preis, gute Verarbeitbarkeit und der Ruf des Herstellers/Produkts. Viele Kunden verlangen den Marktführer, unabhängig davon, ob das Produkt für ihr Boot und Nutzungsprofil das geeignetste ist.

Das Produkt, das von den befragten Händlern am meisten verkauft wird, ist eine Antihaftbeschichtung auf Teflonbasis mit Kupfer. Kunden schätzen an diesem Produkt, dass es sich gut verarbeiten lässt und gut wirksam ist.

Die Frage nach biozidfreien Produkten wurde meist zunächst allgemein mit der Bemerkung beantwortet, dass es noch kein biozidfreies Produkt gebe, das „wirklich funktioniert". Werften seien eher nicht bereit, biozidfreie Produkte zu verwenden, da sie kein Risiko eingehen wollen. Unter den Endverbrauchern gibt es nach Erfahrung der Händler sowohl sehr umweltbewusste, als auch eher gleichgültige Personen, auch unter ihnen seien biozidfreie Produkte insgesamt eher selten gefragt. Auf die Akzeptanz wirken sich bei Beschichtungen auf Silikonbasis die anspruchsvolle Verarbeitbarkeit und Haltbarkeit, bei selbstpolierenden Anstrichen das leichte Abfärben sowie Rückstände auf Trailern und Rollen negativ aus.

Als biozidfreie Produkte, die gekauft werden, wurden eine Hartbeschichtung aus Epoxyharz mit Additiv in Verbindung mit Reinigungsgeräten für das Unterwasserschiff, silikonhaltige Beschichtungen und selbstpolierende Beschichtungen sowie einzelne Produktnamen genannt. Die genannten Produkte enthalten allerdings Kupfer- und Zinkoxid[2] und/oder Kupferpyrithion. Auch unter Farbenhändlern scheint also die Unterscheidung biozidfrei / biozidhaltig nicht ganz eindeutig zu sein.

Preislich liegen biozidfreie Produkte, bei etwa gleichem Verbrauch, zum Teil über, zum Teil unter biozidhaltigen Produkten.

Der Einsatz von biozidhaltigen Produkten ließe sich nach Ansicht der befragten Händler minimieren, indem zum einen Bootsbesitzer für die Umweltproblematik sensibilisiert werden und ihnen Alternativen aufgezeigt werden (z.B. durch Beiträge in Bootszeitschriften oder Informationsstände auf Messen), zum anderen durch die Entwicklung und das Angebot geeigneter Alternativen. Die Ansprüche an letztere sind ausreichende Wirksamkeit, auch bei Liegezeiten bis zu sechs Monaten, Bezahlbarkeit und gute Verarbeitbarkeit. Die Voraussetzungen dafür seien ein entsprechendes Angebot durch die großen Hersteller sowie rechtliche Vorschriften (wie z. B. am Ratzeburger See, Steinhuder Meer oder Dümmer) und die entsprechenden Kontrollen.

4.3.2 Zusammenstellung relevanter Quellen zu Anwendungsbestimmungen und Empfehlungen

Folgende Quellen wurden für die Erstellung des Katalogs von Anwendungsbestimmungen und Empfehlungen herangezogen:

- Competent Authority reports.
- Wirkstoffgenehmigungen (Assessment Reports)
- Biocidal Products Committee (BPC) (2014, 2015, 2016): Opinions on the applications for approval of active substances.
- Conseil de l'Europe (2015): European Code of Conduct on Recreational Boating and Invasive Alien Species.

[2] Zinkoxid gilt zwar nicht als Antifouling-Wirkstoff, wird aber an dieser Stelle mit genannt, da es in vielen Antifouling-Produkten enthalten ist und wesentlich zur Freisetzung von Zink aus Antifouling-Produkten beiträgt.

- European Commission Directorate-General Environment (2004): Harmonisation of Environmental Emission Scenarios: An Emission Scenario Document for Antifouling Products in OECD countries.
- International Maritime Organization (2001): International convention on the control of harmful anti-fouling systems on ships, 2001.
- Umweltbundesamt (2012): Thematic Strategy on Sustainable Use of Plant Protection Products - Prospects and Requirements for Transferring Proposals for Plant Protection Products to Biocides.
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2005): Merkblatt 4.5/16 Verwendung von Antifoulingfarben auf Wasserfahrzeugen.
- Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 516 Antifouling-Farben (1996)
- Australian government, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry and Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities and New Zealand Ministry for Primary Industries (2015): Anti-fouling and in-water cleaning guidelines.
- Environment Canada (1995): Best Management Practices (BMPs) for Marinas and Small Boatyards in British Columbia.
- CEPE (2009): Guidance on the Safe Application of Yacht Coatings – Personal and Environmental Protection. Do's and Don'ts.
- PAN Germany Pestizid Aktions-Netzwerk e.V. (2016): Ihr Manöver für Umwelt und Gesundheit.
- Entwicklungsgesellschaft Ostholstein (2010): Leitfaden Klassifizierung von Sportboothäfen.
- Segler-Verband Niedersachsen e.V. (2015): Binnenreviere biozidfrei? Herausforderungen und Handlungsoptionen.
- Dokument „Ökopol 7.7.04.doc" (ohne Deckblatt, Fußzeile: 1. draft Biozide PA 21, Stand 25.06., Reihlen/Ökopol)
- Akzo Nobel (2009): Anstrichfibel für Yachten & Farbtonkarte.
- Vosschemie (2006): ANTIFOULING - Bewuchsschutz von A-Z.

4.3.3 Katalog von recherchierten Anwendungsbestimmungen und Empfehlungen

Die in den oben angegebenen Quellen recherchierten Anwendungsbestimmungen und Empfehlungen wurden in folgendem Katalog zusammengestellt (Tabelle 13). Der Katalog ist unterteilt nach Arbeitsschritt (1. bis 7.), Zielgruppe (allgemein, professionelle und nichtprofessionelle Anwender) und Schutzgut (Wasser und Boden, Wasser, Boden). Die für eine Bestimmung / Empfehlung ggf. benötigte technische oder sonstige Ausrüstung ist jeweils kursiv in Klammern hinter der jeweiligen Bestimmung / Empfehlung angegeben.

Tabelle 13: Katalog von recherchierten Anwendungsbestimmungen und -empfehlungen zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten.

Bestimmung / Empfehlung	Anwender		primär betroffenes Schutzgut	
	professionell	nicht-professionell	Wasser	Boden
1. Bestimmungen und Empfehlungen für die Produktauswahl				
Verbote bestimmter Wirkstoffe oder von Antifouling-Produkten allgemein im Revier sind zu beachten.	x	x	x	
Der Verzicht auf einen Antifouling-Anstrich ist, angepasst an den Bewuchsdruck im Revier und die Aktivität des Boots (Häufigkeit und Geschwindigkeit, mit dem es gefahren wird), zu er-		x	x	

Bestimmung / Empfehlung	Anwender		primär betroffenes Schutzgut	
	professionell	nicht-professionell	Wasser	Boden
wägen.				
Die Verwendung eines biozidfreien Anstrichs (z.B. Hartanstrich auf Silikon- oder Teflonbasis) ist, angepasst an den Bewuchsdruck im Revier und die Aktivität des Boots (Häufigkeit und Geschwindigkeit, mit dem es gefahren wird), zu erwägen. *(Waschplatz, Zubehör für schonende mechanische Reinigung)*		x	x	
Ein möglichst gering konzentriertes Produkt, angepasst an den Bewuchsdruck im Revier und die Aktivität des Boots (Häufigkeit und Geschwindigkeit, mit dem es gefahren wird), ist auszuwählen.	x	x	x	
Es sollte nicht mehr Farbe gekauft werden als für den geplanten Anstrich benötigt wird.	x	x		
2. Bestimmungen und Empfehlungen für die Reinigung des Bootsrumpfs				
Für die Reinigung des Bootsrumpfs ist ein Waschplatz mit Partikelabscheidung und Abwasserentsorgung zu nutzen. *(Waschplatz mit Partikelabscheidung und Abwasserentsorgung)*	x	x	x	x
Das Waschwasser darf nicht in die Umwelt gelangen. *(Waschplatz mit Anschluss an die Abwasserentsorgung, alternativ Auffangmöglichkeit für Wasser)*	x	x	x	x
Boote mit biozidhaltigem Anstrich dürfen nicht im Wasser gereinigt werden. (*Slipanlage + Trailer / Kran, Waschplatz mit Partikelabscheidung und Abwasserentsorgung o.a. Auffangmöglichkeit für Wasser)*	x	x	x	
3. Bestimmungen und Empfehlungen für die Wahl des Arbeitsplatzes zum Auftragen, Anschleifen und Entfernen der Antifouling-Beschichtung				
Wo möglich, sollte die Beschichtung von professionellen Anwendern aufgetragen, angeschliffen und entfernt werden. *(erreichbarer Bootsservice / Werft)*		x	x	x
Die Arbeiten sind in einer Halle oder auf einem Arbeitsplatz mit versiegeltem Boden, einer Umrandung und einer Plane, Wand, Zelt o.ä. als Windfang durchzuführen. *(Halle oder Arbeitsplatz mit versiegeltem Boden und Umrandung, Plane/Wand/Zelt als Windfang)*	x	x	x	x
Falls das Arbeiten in einer Halle oder einem Arbeitsplatz mit versiegeltem Boden nicht möglich ist, sind eine Plane zum Schutz des Bodens sowie ein Windfang (Plane, Wand, Zelt, …) zu verwenden. *(Plane zum Schutz des Bodens, Plane/Wand/Zelt als Windfang)*	x	x	x	x
Falls die Verwendung eines Windfangs nicht möglich ist, darf bei Wind nicht im Freien gearbeitet werden.	x	x	x	x
Es ist darauf zu achten, dass keine Farbe in die direkte Umwelt	x	x	x	x

Bestimmung / Empfehlung	Anwender		primär betroffenes Schutzgut	
	professionell	nicht-professionell	Wasser	Boden
gelangt.				
4. Bestimmungen und Empfehlungen für das Auftragen der Antifouling-Beschichtung				
Die Beschichtung ist möglichst mittels Rolle oder Pinsel aufzutragen. *(Rolle / Pinsel aus geeignetem Material)*	x	x		x
Falls die Beschichtung durch Sprühen aufgetragen wird, darf sie nur unter Aufsicht von professionellem Personal aufgetragen werden *(Bootsservice, geschulte Mitarbeiter)*	x	x	x	x
Falls die Beschichtung durch Sprühen aufgetragen wird, ist eine Plane, Wand oder Zelt als Windfang zu verwenden *(Plane/Wand/Zelt als Windfang)*	x	x	x	x
Hersteller-Hinweise zur passenden Witterung sind zu beachten, da die Farbe bei falscher Witterung abblättern kann.	x	x		x
Farbdosen sind vorsichtig zu öffnen, das Tropfen von Farbe ist zu vermeiden.	x	x		x
Farben sind über einer geeigneten Auffangwanne aufzurühren bzw. anzumischen. *(Auffangwanne)*	x	x		x
Versehentlich verschüttete oder heruntergetropfte Farbe ist aufzuwischen.	x	x		x
Es ist darauf zu achten, dass keine Farbe in die Kanalisation gelangt. *(Arbeitsplatz mit Auffangmöglichkeit oder Plane)*	x	x	x	
Falls Kanalisation oder Gewässer kontaminiert werden, sind zuständige Behörden zu informieren. *(einsehbare Kontaktdaten)*	x	x	x	
Falls versehentlich Farbe in die Umwelt gelangt, sind die Hinweise des Herstellers zu beachten. *(verfügbare Hinweise)*	x	x	x	x
5. Bestimmungen und Empfehlungen für das Anschleifen und Entfernen der Beschichtung				
Hinweise des Herstellers bzgl. der sichersten Methode sind zu beachten.	x	x	x	x
Per Sandstrahlen darf die Antifouling-Beschichtung nur in einer geschlossenen Halle oder einem Zelt entfernt werden. *(Halle / Zelt)*	x	x	x	x
Zum Entfernen der Antifouling-Beschichtung durch Schleifen - muss in einer geschlossenen Halle oder einem Zelt gearbeitet werden *(Halle / Zelt)*	x	x	x	x

Bestimmung / Empfehlung	Anwender		primär betroffenes Schutzgut	
	professionell	nicht-professionell	Wasser	Boden
- ist eine Absaugvorrichtung zu verwenden *(Schleifgerät mit Absaugvorrichtung)* - ist bevorzugt nass zu schleifen.				
Farbpartikel sind aufzufangen und gemäß örtlichen Vorschriften zu entsorgen. *(Halle / Arbeitsplatz / Plane/Wanne zum Auffangen von Farbpartikeln, Gefäße zum Sammeln des Abfalls, idealerweise zentrale Abfallsammelstelle im Hafen, Information zu örtlichen Entsorgungsvorschriften)*	x	x		x
Der Arbeitsplatz ist nach der Arbeit zu reinigen, um Verwehung von Farbpartikeln zu vermeiden. *(Sauger / Besen und Kehrblech / falls Arbeitsplatz mit Anschluss an Abwasserentsorgung: Abwasseranschluss zum Waschen des Arbeitsplatzes + Partikelabscheider)*	x	x	x	x
Falls versehentlich Partikel oder Staub in die Umwelt gelangen, sind die Hinweise des Herstellers zu beachten.	x	x	x	x
6. Bestimmungen und Empfehlungen für die Lagerung von Farben				
Angebrochene Farbdosen sind gemäß Sicherheitsdatenblatt und örtlichen Vorschriften zu lagern. *(verfügbares Sicherheitsdatenblatt, Informationen über örtliche Vorschriften)*	x	x		x
Angebrochene Farbdosen sind verschlossen und vor Korrosion geschützt zu lagern. *(passender Lagerplatz, z.B. überdacht und mit Auffangwanne)*	x	x		x
7. Bestimmungen und Empfehlungen für die Entsorgung				
Farbreste, entfernte Farbe, kontaminiertes Material (Werkzeuge (sofern zu entsorgen), Lappen, Planen, entfernter Bewuchs) sind gemäß den örtlichen Vorschriften zu entsorgen. *(Aushang entsprechender konkreter Informationen im Hafen, idealerweise zentrale Abfallsammlung im Hafen, sonst Wertstoffhof o.ä. in erreichbarer Nähe)*	x	x	x	x
Angebrochene Farbdosen dürfen nicht in die Kanalisation entleert werden.	x	x	x	
Rückstände auf Lappen, Planen, usw. sollten nicht ausgewaschen, sondern trocknen gelassen werden.	x	x	x	

4.3.4 Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten für Bootsbesitzer

4.3.4.1 Ziel, Inhalt und Vorbereitung der Umfrage

Ziel der Umfrage war es, die Akzeptanz, praktische Umsetzbarkeit und Effizienz der erarbeiteten Anwendungsbestimmungen und Empfehlungen unter Anwendern zu evaluieren sowie die aktuelle Anwendungspraxis von Antifouling-Produkten etwas umfassender als in den Gesprächen mit ausgewählten Personen zu erfassen. Die Ergebnisse der Umfrage wurden in dem praktischen Leitfaden, der im Rahmen des Projekts erstellt wurde, berücksichtigt (siehe Kapitel 4.4). Auf diese Weise haben die Bootsbesitzer indirekt bei der Erarbeitung des Leitfades mitgewirkt.

Zur Überprüfung der Akzeptanz enthielt die Umfrage Fragen zur Verfügbarkeit und zur Nutzung verschiedener Materialien und Einrichtungen, mit denen die Anwendung von Antifouling-Produkten gewässerschonender gestaltet werden kann. Die Praktikabilität und Effizienz (d.h. ob sie für sinnvoll gehalten werden, um den Eintrag von Bioziden aus Antifouling-Produkten in die Umwelt zu vermeiden) der Anwendungsbestimmungen wurden explizit abgefragt. Außerdem wurden die Bekanntheit und Akzeptanz verschiedener Alternativen zu biozidhaltigen Antifouling-Produkten abgefragt. Sowohl bei den Maßnahmen als auch bei den Alternativen wurde nach eigenen Ergänzungen gefragt. Um einerseits herauszufinden, ob bestimmte Maßnahmen oder Alternativen nur unter bestimmten Voraussetzungen akzeptiert werden, für sinnvoll gehalten werden oder praktikabel sind und andererseits einen Überblick über die derzeitige Anwendungspraxis von Antifouling-Produkten zu bekommen, wurden zusätzlich allgemeine Fragen zu den Booten, zu den Teilnehmern/innen und der aktuellen Verwendung von Antifouling-Produkten gestellt.

Um den Fragebogen möglichst adressatengerecht zu gestalten und ihn auf Konsistenz überprüfen zu lassen, wurde er zur Kommentierung an den deutschen Motoryachtverband, das Institut LimnoMar, und das GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften gesendet, außerdem wurde er im Rahmen einer Forschungswerkstatt zu empirischen Arbeiten von Statistik & Beratung (Kürnach), in der Management Akademie Weimar, diskutiert. Pretests wurden mit im Segelsport aktiven Kollegen durchgeführt.

Die Umfrage wurde als Online- und Papierversion erstellt. Beide sind im Anhang (Kapitel 6.6.1 und 6.6.2) angefügt.

Die Online-Version wurde auf der Plattform LamaPoll (https://www.lamapoll.de) erstellt. Auf der Startseite konnte entschieden werden, die Umfrage online zu beantworten oder die Papierversion im PDF-Format, die auf der BfG-Webseite zur Verfügung gestellt wurde, auszudrucken und per Post oder E-Mail ausgefüllt zurück zu senden. Einladungen zur Teilnahme mit Links zur Online- und PDF-Umfrage wurden per E-Mail an den Deutschen Motoryachtverband (DMYV) und den Deutschen Segler-Verband (DSV) gesendet und von diesen an die Mitglieder weitergeleitet. Außerdem wurden sie an das Pestizid-Aktions-Netzwerk (PAN) versendet und von diesem über seinen Antifouling-Verteiler weitergeleitet. Auf den Webseiten von BfG, Bootssportzeitungen den Verbänden und PAN wurde über die Umfrage berichtet und verlinkt. Auch einzelne Vereine haben anschließend (auf ihre eigene Initiative hin) auf ihren Webseiten zur Teilnahme aufgerufen.

Die Papierversion wurde ausgedruckt und jeweils 10 Exemplare wurden an die 55 Häfen gesendet, die im Jahr 2013 im Rahmen des Vorgängerprojekts und/oder 2016 im Rahmen dieses Projekts bereits beprobt wurden. Das heißt, an Häfen, die bereits Kontakt mit diesem oder dem Vorgängerprojekt hatten. Den zehn Exemplaren waren jeweils ein Anschreiben an die Hafenmeister/innen bzw. Vereinsvorsitzenden und ein Aushang, z.B. für ein schwarzes Brett, beigelegt. Der Aushang enthielt einen kurzen Hinweis auf die Umfrage und ihren Hintergrund, den Link und einen QR-Code, der direkt zur Online-Umfrage führte sowie einen Hinweis, dass zehn Exemplare der Umfrage auch in Papierform mit Antwortumschlägen (Rücksendeporto im Rahmen des Projektes abgedeckt) im Hafen bereit liegen. Im

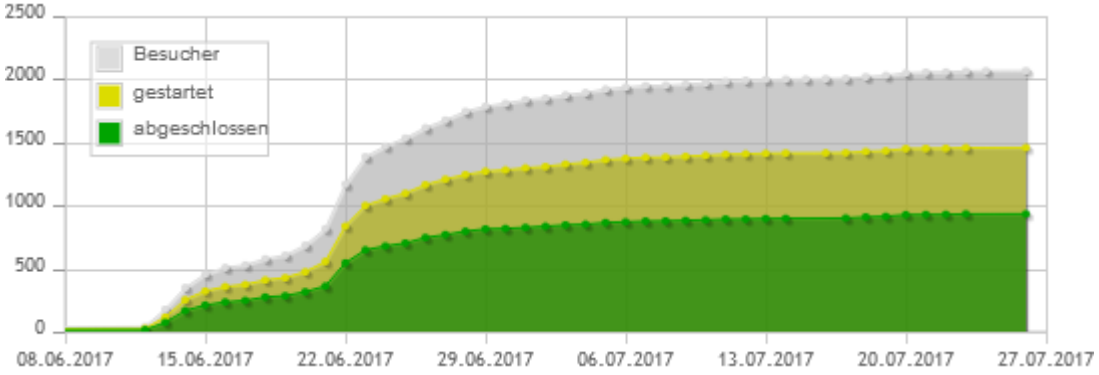
Anschreiben wurde darum gebeten, den Aushang im Hafen auszuhängen und einzutragen, wo die Papierbögen bereit lagen. Außerdem wurde darum gebeten, falls es im Hafen einen Bootsverleih/Charterservice gibt, auch an seine/n Betreiber/in ein Exemplar der Umfrage zu geben. Im Vorfeld wurden die Hafenmeister/innen/Vereinsvorsitzenden telefonisch und/oder per E-Mail kontaktiert, um ihnen die Umfrage anzukündigen und sie um Unterstützung zu bitten.

Die ursprüngliche Laufzeit der Umfrage vom 12. Juni bis zum 3. Juli wurde bis zum 10. Juli verlängert. Die Verlängerung wurde am 26. Juni, das Ende der Umfrage am 5. Juli auf den genannten Wegen angekündigt. Da bis zum geplanten Ende der Umfrage immer noch einige Antworten pro Tag eingingen, wurde die online Umfrage erst am 27. Juli geschlossen, auch auf Papier zurück gesendete Umfragen wurden bis dahin noch in der Auswertung berücksichtigt.

4.3.4.2 Allgemeines zur Teilnehme an der Umfrage

Insgesamt haben 2051 Personen die Seite der Umfrage aufgerufen. Davon haben 1441 Teilnehmer begonnen die Umfrage zu beantworten, von denen 923 Teilnehmer sie abgeschlossen haben. Abbildung 19 zeigt den zeitlichen Verlauf der Teilnehmerzahlen vom Start der Umfrage am 12.6.2017 bis zum Ende am 27.7.2017.

Abbildung 19: Zeitlicher Verlauf der Zahl der Umfrage-Teilnehmer/innen seit Start der Umfrage am 12.6.2017. Einträge vor dem 12.6.2017 stammen von Testläufen und wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.



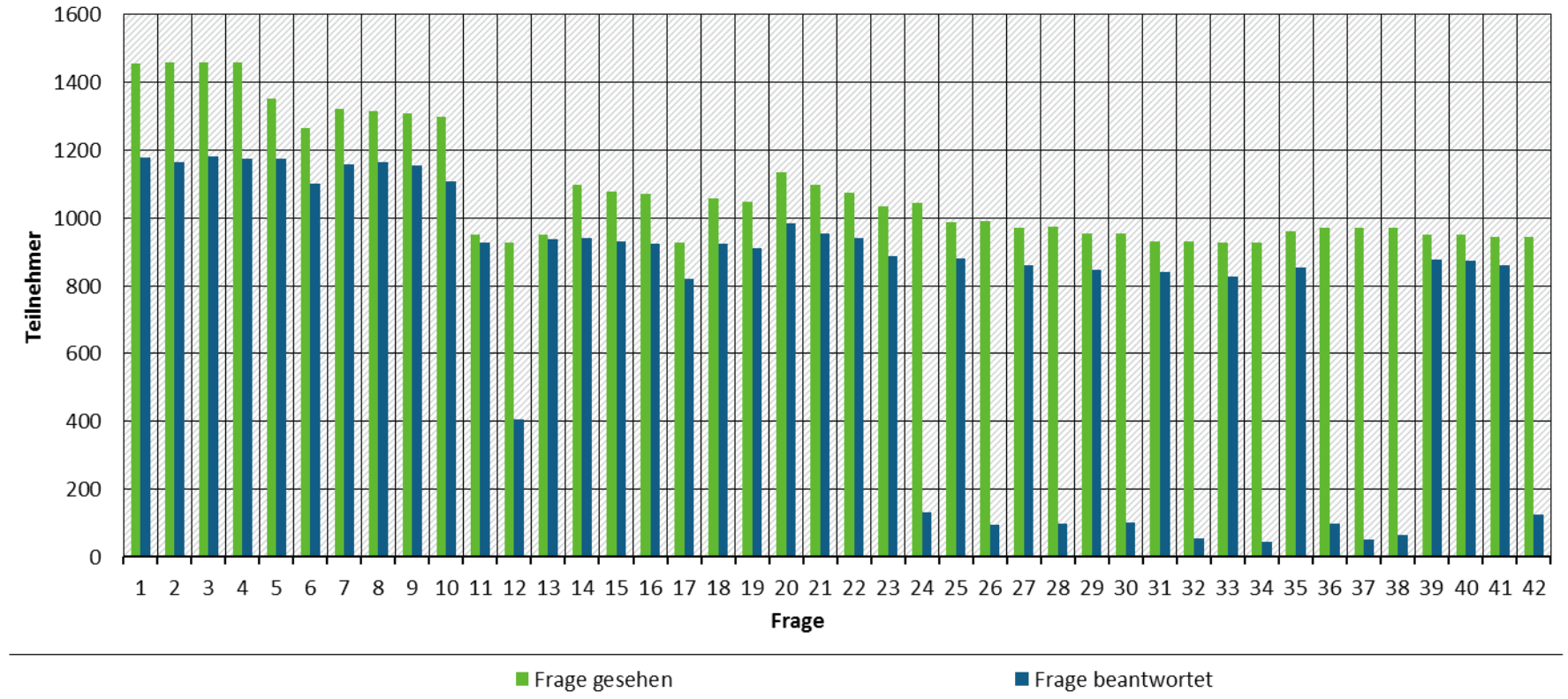
Quelle: lamapoll.de

Abbildung 19 beinhaltet die Anzahl an Teilnehmer/innen der Online- und der Papierversion der Umfrage. Die Antworten der Teilnehmer/innen an der Papierversion (17 Personen) wurden nach Rücksendung in die Online-Version eingegeben. Beide wurden gemeinsam ausgewertet.

Die beiden Anstiege um den 15.6.2017 und den 22.6.2017 herum erfolgten jeweils, nachdem die Einladungen durch die Sportbootverbände versendet und auf den Seiten der Bootssportzeitungen darüber berichtet wurde.

Wie vielen Teilnehmern/innen die einzelnen Fragen gestellt wurden und wie viele Teilnehmer/innen die Fragen beantwortet haben, zeigt Abbildung 20.

Abbildung 20: Zahl der Teilnehmer/innen, denen die einzelnen Fragen der Umfrage angezeigt wurden (grüne Balken) und die sie beantwortet haben (blaue Balken).



Quelle: lamapoll.de (verändert)

Fragen wurden entweder deshalb nicht angezeigt, weil Teilnehmer/innen die Umfrage vorher abgebrochen haben (dadurch erklärt sich der abnehmende Trend der grünen Balken) oder deshalb, weil bei bestimmten Antwortoptionen bestimmte Fragen übersprungen wurden (dadurch erklärt sich die geringere Höhe der grünen Balken bei den Fragen 6, 11 – 13, 17 und 27 – 34). Knapp zwei Drittel der Teilnehmer haben bis zur letzten Frage an der Umfrage teilgenommen.

Die meisten Fragen wurden von mindestens 80% der Teilnehmer/innen beantwortet. Hier waren in der Regel jeweils verschiedene Antwortmöglichkeiten zum Ankreuzen oder Felder zum Eintragen einer Zahl vorgegeben. Die Fragen 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 37, 38 und 42 wurden von maximal 12% der Teilnehmer/innen beantwortet. Bei diesen Fragen hatten die Teilnehmer/innen die Möglichkeit, die jeweils vorangehenden Fragen durch eigene Ergänzungen oder Kommentare zu ergänzen. Frage 42 war die abschließende Frage nach Feedback zur Umfrage. Frage 12 wurde von 44% der Teilnehmer/innen beantwortet. Hier sollten die in der vorhergehenden Frage angekreuzten Antwortmöglichkeiten nach ihrer Wichtigkeit angeordnet werden. Beide Antwortformen erfordern mehr Aufwand als das Ankreuzen von vorgegebenen Antworten, was ein Grund dafür sein kann, dass die Fragen weniger bearbeitet wurden.

Angesichts der Länge der Umfrage kann sowohl der Anteil der Teilnehmer/innen, die die Umfrage bis zum Ende „gesehen“ haben, als auch der Anteil der beantworteten Fragen insgesamt als gut angesehen werden. Der Service der Umfrage-Plattform hatte darauf hingewiesen, dass Umfragen dieser Art selten von mehr als 2000 Teilnehmern beantwortet werden.

Die Ergebnisse der folgenden Fragen wurden in der Regel in % angegeben. 100% sind dabei die Zahl der Teilnehmer/innen, denen eine Frage angezeigt wurde. Wenn die Antworten nach bestimmten Voraussetzungen unterteilt ausgewertet wurden, waren 100% die Zahl der Teilnehmer/innen, die eine bestimmte Voraussetzung erfüllen, unter den Teilnehmern/innen, die die ausgewertete Frage beantwortet haben. Falls Ergebnisse nach bestimmten Voraussetzungen unterteilt ausgewertet wurden, ist die Zahl der Teilnehmer/innen mit „n =“ in der Legende genannt.

4.3.4.3 Datengrundlage

Die Antworten der Umfrage-Teilnehmer/innen wurden als csv-Datei von der Umfrage-Plattform LamaPoll herunter geladen.

4.3.4.4 Angaben zu Booten und Revieren der Teilnehmer/innen, demografische Angaben

Auf Grundlage der Fragen

- ob ein/e Teilnehmer/in private/r Bootsbesitzer/in ist oder einen Bootsverleih/Charterservice betreibt,
- ob sein/ihr Boot ein Motor- oder ein Segelboot ist,
- wie lang das Boot ist,
- wie schnell er/sie üblicherweise mit seinem Boot unterwegs ist,
- wie lange das Boot pro Jahr im Wasser ist,
- wie lange es pro Jahr insgesamt bewegt wird,
- in welchem Gewässertyp (Süß-, Brack-, Salzwasser) sich Hafen und Revier des Bootes befinden,
- wie häufig das Boot in einem anderen Gewässertyp unterwegs ist,
- nach Alter und Geschlecht der Teilnehmenden

(Fragen 1-4, 6-9 und 39-40 der Online-Version bzw. Fragen 1-4, 6-9 und 23-24 der Papierversion) sollte ermittelt werden, ob die Nutzung bestimmter Einrichtungen/Materialien oder die Einhaltung bestimmter Maßnahmen nur unter bestimmten Voraussetzungen akzeptiert wird, sinnvoll oder praktikabel ist.

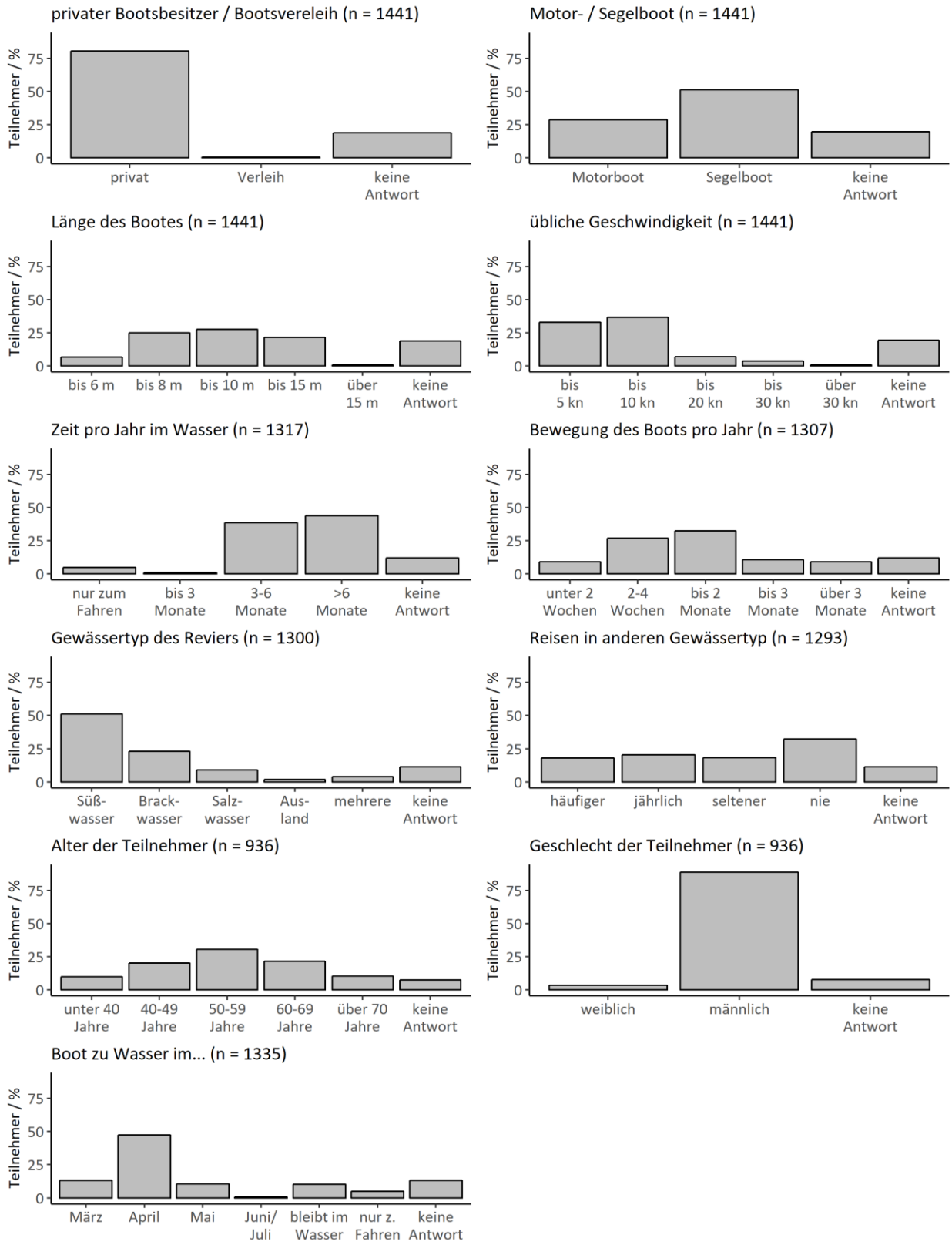
Die Verteilung der Antworten auf die oben genannten Fragen ist in Abbildung 21 dargestellt. Zur übersichtlicheren Auswertung wurden einige wenig gewählte Antwortmöglichkeiten zu gemeinsamen Gruppen zusammengefasst:

- Bei der Frage wie lange das Boot pro Jahr im Wasser ist, wurden die Antwortmöglichkeiten „bis 1 Monat“, „mehr als 1 Monat bis max. 2 Monate“ und „mehr als 2 Monate bis max. 3 Monate“ zu „<= 3 Monate“ zusammengefasst, zusätzlich wurde aus der Frage, in welchem Monat das Boot zu Wasser gelassen wird, die Kategorie „nur zum Fahren“ übernommen;
- bei der Frage wie lange das Boot pro Jahr insgesamt bewegt wird wurden die Antwortmöglichkeiten „gar nicht“ und „1 bis 13 Tage“ zu „< 2 Wochen“ zusammengefasst;
- bei der Frage wie häufig das Boot in einem anderen Gewässertyp unterwegs ist wurden die Antwortmöglichkeiten „etwa alle 2 Jahre“ und „seltener“ zu „seltener“ zusammengefasst;
- beim Alter der Teilnehmer/innen wurden die Kategorien „unter 30“ und „30-39“ zu „< 40 Jahre“ zusammengefasst.

Bei der Frage wie schnell die Boote unterwegs sind waren keine Antworten vorgegeben, hier wurden aus den gegebenen Antworten die Kategorien „bis 5 kn“, „bis 10 kn“, „bis 20 kn“, „bis 30 kn“ und „über 30 kn“ gebildet; Angaben in km/h wurden dafür in kn umgerechnet. Falls Teilnehmer/innen eine Spanne angegeben haben, wurde der Mittelwert aus oberem und unterem Ende der Spanne berechnet. Bei der Frage nach dem Gewässertyp des Hafens und Reviers wurden die im Feld „Sonstiges“ eingegebenen Antworten entweder den vorgegebenen Optionen „Süßwasser“, „Brackwasser“ oder „Salzwasser“ oder in die zusätzlich eingeführten Kategorien „mehrere“ (diese enthält auch die Antwortmöglichkeit „kein festes Revier“) oder „Ausland“ eingeordnet.

Anhand der Frage, in welchem Monat die Teilnehmer/innen ihr Boot in der Regel zu Wasser lassen (Frage 5 in Online- und Papierversion), sollte ermittelt werden, ob zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Konzentrations-Peak an frei gesetzten Antifouling-Wirkstoffen aus frisch beschichteten Booten in den Hafenbecken zu erwarten ist oder ob sich die erhöhte Freisetzung gleichmäßig über mehrere Monate verteilt. Es standen die Monate März, April und Mai, sowie die Antwortmöglichkeiten „sonstiger:“, „es bleibt über den Winter im Wasser“ und „es ist nur im Wasser, wenn ich (oder jemand anders) damit fahre“ zur Verfügung. Das Ergebnis ist im unteren Diagramm von Abbildung 21 dargestellt.

Abbildung 21: Anteil der Teilnehmer/innen in den verschiedenen Gruppen der Kategorien „Privater Bootsbesitzer / Bootsverleih“, „Motor-/Segelboot“, „Länge des Bootes“, „übliche Reisegeschwindigkeit“, „Dauer, die sich das Boot pro Jahr im Wasser befindet“, „Gewässertyp des Reviers“, „Häufigkeit der Reisen in anderen Gewässertyp“, „Bewegung des Boots pro Jahr“, „Alter der Teilnehmer“, „Geschlecht“, „Umfrage abgeschlossen/abgebrochen“.



Quelle: eigene Darstellung BfG

80% der Teilnehmer/innen haben angegeben private Bootsbesitzer/innen zu sein, nur 0,6% der Teilnehmer/innen haben angegeben für einen Bootsverleih/Charterservice zu arbeiten. Allerdings wurden lediglich die Bootsverleihe/Charterservices in den 55 Häfen erreicht, an die die Papierversion der Umfrage gesendet wurde. Knapp 20% haben keine Antwort gegeben.

Knapp 30% der Teilnehmer/innen haben angegeben ein Motorboot zu besitzen, gut 50% besitzen ein Segelboot und knapp 20% haben die Frage nicht beantwortet. Im Datensatz „beprobte Häfen“ des Vorgängerprojekts wurden in den 50 beprobten Häfen insgesamt jeweils ca. 50% Motor- und Segelboote gezählt.

Der überwiegende Anteil der Teilnehmer/innen besitzt Boote von 8 – 10 m (28%), 6 – 8 m (25%) oder 10 – 15 m (21%) Länge. Nur wenige Teilnehmer/innen besitzen Boote mit einer Länge von weniger als 6 m (7%) oder mehr als 15 m (0,8%). 19% der Teilnehmer/innen haben keine Angabe zur Länge ihres Boots gemacht. Im Datensatz „beprobte Häfen“ des Vorgängerprojekts war die Verteilung der Längen in den 50 beprobten Häfen etwas mehr verschoben zu kürzeren Booten. Es wurden ca. 40% Boote mit 6 – 8 m Länge, ca. 30% Boote mit 8 – 10 m Länge, jeweils ca. 15% Boote mit weniger als 6 m und 10 – 15 m Länge, sowie 4% mit mehr als 15 m Länge gezählt.

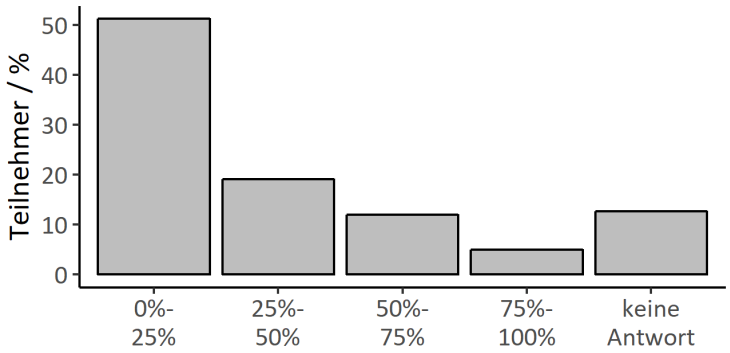
Die meisten Teilnehmer/innen fahren üblicherweise mit Geschwindigkeiten von bis zu 5 kn (33%) bzw. zwischen 5 und 10 kn (37%). Nur jeweils 3 - 4% der Teilnehmer/innen fahren üblicherweise mit Geschwindigkeiten zwischen 10 und 20 kn oder zwischen 20 und 30 kn und weniger als 1% fährt üblicherweise mit mehr als 30 kn. 19% der Teilnehmer/innen haben keine Angabe zu ihrer üblichen Geschwindigkeit gemacht.

Die Boote der meisten Teilnehmer/innen befinden sich länger als 6 Monate (44%) bzw. 3 – 6 Monate (38%) pro Jahr im Wasser. 5% der Teilnehmer/innen lassen ihre Boote nur zum Fahren ins Wasser und weniger als 1% haben ihre Boote 3 Monate oder kürzer im Wasser. 12% der Teilnehmer/innen haben die Frage nicht beantwortet.

Etwa ein Drittel der Boote werden pro Jahr insgesamt ca. ein bis zwei Monate für Touren und Ausflüge bewegt, ein gutes Viertel ca. zwei bis vier Wochen. Jeweils etwa 10% der Teilnehmer/innen haben angegeben, dass ihr Boot insgesamt weniger als zwei Wochen, zwischen zwei und drei Monaten bzw. mehr als drei Monate pro Jahr bewegt wird oder haben die Frage nicht beantwortet.

Um den Anteil der Zeit, in dem ein Boot bewegt wird, näherungsweise abschätzen zu können, wurden die Antworten auf die beiden Fragen, wie lange es pro Jahr im Wasser ist und wie viel es pro Jahr insgesamt bewegt wird, miteinander verschnitten. Es wurden die Kategorien „0% - 25%“, „25% - 50%“, „50% - 75%“ und „75% - 100%“ gebildet (siehe Abbildung 22). Die Vorgehensweise ist im Anhang (Kapitel 6.6.3.1) beschrieben.

Abbildung 22: Anteil der Zeit, die die Boote der Teilnehmer/innen pro Jahr insgesamt etwa bewegt werden, an der Zeit, die sie sich pro Jahr im Waser befinden (n = 1307).



Quelle: eigene Darstellung BfG

Etwa die Hälfte der Teilnehmer/innen, denen die Frage, wie lange ihr Boot pro Jahr bewegt wird, angezeigt wurde, bewegt ihr Boot im Mittel bis zu 25% der Zeit, die es sich im Wasser befindet. Die Zahl der Boote, die häufiger bewegt werden, nimmt über 25% - 50% und 50% - 75% bis zu 75% - 100% der Zeit, die das Boot sich im Wasser befindet, ab.

Die Hälfte der Teilnehmer/innen hat angegeben, dass sich ihr Revier und Hafen im Süßwasser befinden, gut ein Viertel im Brackwasser und etwa 10% im Salzwasser. Verglichen mit der im Vorgängerprojekt 2013 erhobenen Verteilung der Liegeplätze in den Gewässergebieten Süß-, Brack- und Salzwasser (ca. 71% im Süßwasser, 26% im Brackwasser, 3% im Salzwasser) (Watermann et al. 2015), entspricht diese der Reihenfolge der Häufigkeiten. Jedoch sind die Teilnehmer/innen, deren Revier im Süßwasser liegen leicht unterrepräsentiert, während die Teilnehmer/innen mit Revieren im Salzwasser leicht überrepräsentiert sind. Zusätzlich gaben 2% der Teilnehmer/innen an, dass ihr Revier und/oder Hafen sich im Ausland befindet, ca. 4% der Teilnehmer/innen liegen bzw. fahren üblicherweise in verschiedenen Gewässertypen und 11% haben die Frage nicht beantwortet.

Ein Drittel der Teilnehmer/innen bleibt immer in dem Gewässertyp ihrer Reviere. Jeweils ca. 20% reisen einmal pro Jahr, häufiger oder seltener in andere Gewässertypen, 11% der Teilnehmer/innen haben keine Angabe zur Häufigkeit ihrer Reisen in andere Gewässertypen gemacht.

Die am stärksten vertretene Altersgruppe unter den Teilnehmern/innen war 50 – 59 Jahre (ca. 30% der Teilnehmer/innen), gefolgt von 40 – 49 Jahren (jeweils ca. 20%). Die Altersgruppen unter 40 Jahre und über 70 Jahre waren mit jeweils 10% am wenigsten vertreten. Knapp 7% der Teilnehmer/innen haben keine Angabe zu ihrem Alter gemacht.

Der überwiegende Anteil der Teilnehmer/innen war männlich (89%), lediglich 4% waren weiblich und 8% haben keine Angabe zu ihrem Geschlecht gemacht.

Fast die Hälfte der Teilnehmer/innen lässt ihr Boot im April ins Wasser. Wenn davon ausgegangen wird, dass in den ersten zwei Wochen nach Auftragen eines neuen Anstrichs die Freisetzung an Antifouling-Wirkstoffen am höchsten ist (Workshop report „Harmonisation of leaching rate determination for antifouling products under the biocidal products directive“ 2006; Lagerström et al. 2018), kann in den Monaten April und Mai mit den höchsten Wirkstoffkonzentrationen in den Sportboothäfen gerechnet werden. Im Feld „Sonstige“ wurden zusätzlich zu den vorgegebenen Monaten noch die Monate Juni und Juli angegeben. Aufgrund der wenigen Teilnehmer/innen, die diese Monate angegeben haben, wurden sie in der Auswertung zusammengefasst. Ein Teilnehmer antwortete „unterschiedlich“. Da seine Antwort sich keinem bestimmten Zeitpunkt zuordnen ließ, wurde sie nicht mit ausgewertet.

Bei der Auswertung verschiedener Fragen nach diesen Kriterien blieben durch Filterung des Datensatzes in bestimmten Gruppen weniger als 15 bzw. 20 Teilnehmer/innen. Diese wurden zwar in den Diagrammen mit dargestellt, werden aber in den folgenden Kapiteln nur unter Vorbehalt diskutiert, weil ihre Antworten nicht als ausreichend aussagekräftig angesehen wurden.[3]

[3] Die Umfrage wurde nicht statistisch ausgewertet, dennoch sollte eine Untergrenze definiert werden, ab der die Verteilung der Antworten innerhalb einer Gruppe als einigermaßen stellvertretend für die Gruppe insgesamt interpretiert wird. Zur groben Orientierung wurde die Voraussetzung für einen Chi-Quadrat-Test herangezogen, dass in jeder Kombination von unabhängiger (hier: Gruppe von Teilnehmern) und abhängiger (hier: Antwort auf die jeweilige Frage) Variable fünf Teilnehmer/innen „enthalten“ sein müssen. Da zumeist drei Antwortmöglichkeiten zur Verfügung standen (ja, nein, keine Antwort) wurden 3 × 5 = 15 Teilnehmer als Untergrenze verwendet, um die Antworten einer Gruppe bei der Interpretation zu berücksichtigen. Bei einigen Fragen gab es vier Antwortmöglichkeiten (ja, nein, weiß ich nicht, keine Antwort), hier wurden 4 × 5 = 20 Teilnehmer als Untergrenze verwendet.

4.3.4.5 Verwendung von Antifouling-Produkten

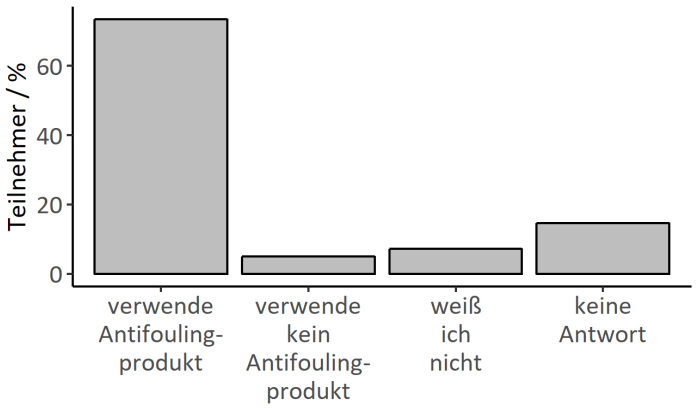
In Frage 10 der Online- und der Papierversion wurde gefragt, ob die Teilnehmer/innen ein Antifouling-Produkt verwenden. Die Antwortmöglichkeiten waren „ja, welches?“, „nein, ich schütze mein Boot folgendermaßen vor Bewuchs oder brauche aus folgenden Gründen kein Antifouling-Produkt:“ und „weiß ich nicht (z.B. weil ich das Boot erst neu gekauft habe und mich noch nicht selbst darum kümmern musste)“.

Ausgewertet wurde der Anteil der Teilnehmer/innen, die die Frage mit den verschiedenen Antwortmöglichkeiten („ja“, „nein“, „weiß ich nicht“) beantwortet haben und die die Frage nicht beantwortet haben („keine Antwort“), jeweils an allen Teilnehmern/innen, denen die Frage angezeigt wurde sowie nach den in Kapitel 4.3.4.4 genannten Kriterien in einzelne Gruppen unterteilt.

4.3.4.5.1 Auswertung aller Teilnehmer/innen

Abbildung 23 zeigt, welcher Anteil der Teilnehmer/innen ein Antifouling-Produkt verwendet, kein Antifouling-Produkt verwendet, es nicht weiß oder die Frage nicht beantwortet hat.

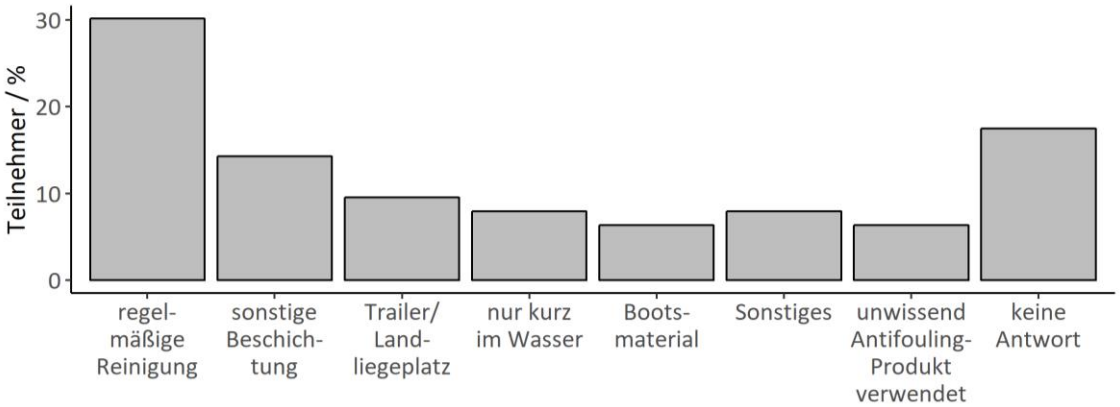
Abbildung 23: Anteil aller Teilnehmer/innen, die ein Antifouling-Produkt verwenden, nicht verwenden oder es nicht wissen (n = 1285).



Quelle: eigene Darstellung BfG

Knapp zwei Drittel aller Teilnehmer/innen verwenden ein Antifouling-Produkt, während etwa 4% kein Antifouling-Produkt verwenden. 6% der Teilnehmer/innen wissen (noch) nicht, ob sie ein Antifouling-Produkt verwenden, während 13% die Frage nicht beantwortet haben.

Abbildung 24: Gründe, warum kein Antifouling-Produkt angewendet wird (n = 63).



Quelle: eigene Darstellung BfG

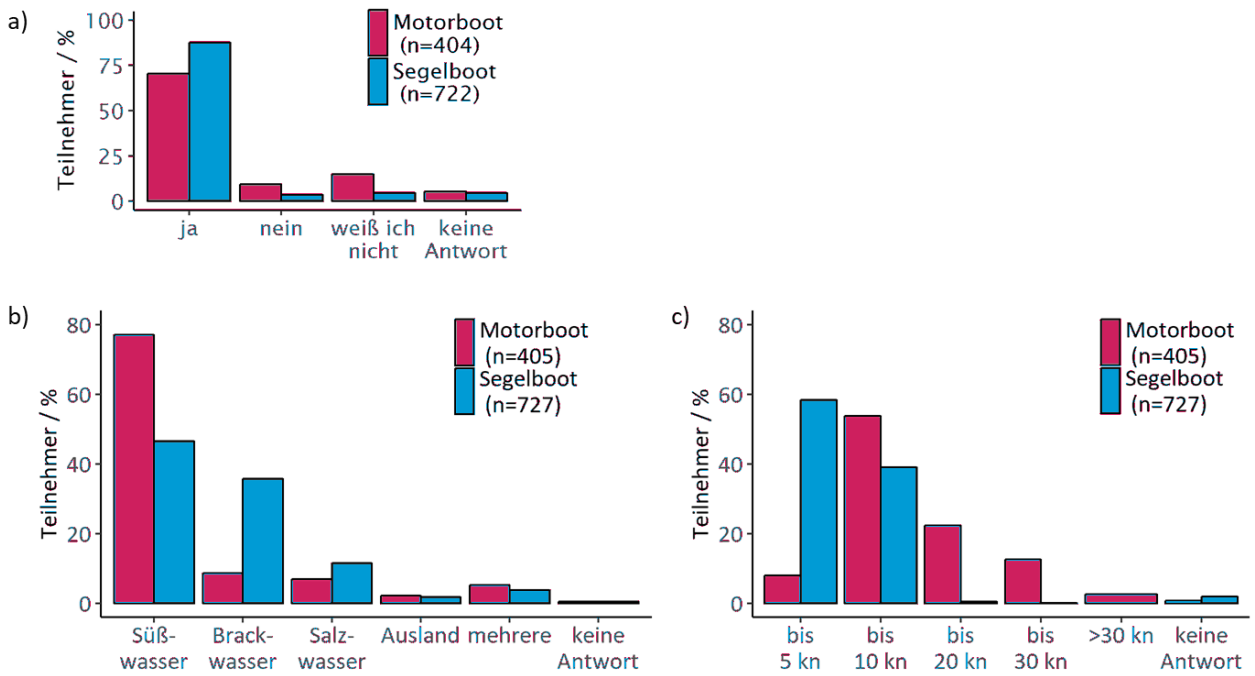
Von den Teilnehmern/innen, die kein Antifouling-Produkt verwenden, wurden folgende Gründe in abnehmender Häufigkeit angegeben (siehe Abbildung 24): das Boot wird regelmäßig gereinigt, es wird durch eine andere Beschichtung (2-Komponentenlack, Lackversiegelung, Silikonfolie, hydrophober Film, Hartwachs, Melkfett, Anstrich auf Bitumen-Basis) geschützt, es liegt auf einem Trailer oder Landliegeplatz, es ist jeweils nur für kurze Zeit im Wasser oder die Verwendung von Antifouling-Produkten ist für das Bootsmaterial (PE-LD, Aluminium, RIB-Boot) nicht geeignet oder nicht notwendig. Weitere Gründe („Sonstiges"), die jeweils von einzelnen Teilnehmern/innen angegeben wurden, sind die Erfahrung, dass ein Antifouling-Produkt in ihrem Fall nicht notwendig ist, dass ein noch vorhandener Altanstrich (Teflon bzw. Teflon mit Kupfer) das Boot ausreichend schützt, dass das Fahren des Bootes gegen Bewuchs hilft, bzw. dass das Boot glatt poliert ist. Ca. 6% der Teilnehmer/innen, die angegeben haben kein Antifouling-Produkt zu verwenden, schützen ihr Boot mit Produkten, die jedoch auch in die Kategorie Antifouling-Produkte fallen (erodierender Anstrich bzw. Produkte auf Kupfer- bzw. Silikonbasis). Ca. 17% haben keinen Grund genannt.

4.3.4.5.2 Auswertung nach verschiedenen Kriterien

Einen Überblick über die Antworten aufgeschlüsselt nach den in Kapitel 4.3.4.4 genannten Kriterien gibt Abbildung 98 im Anhang (Kapitel 6.6.3.2).

Besitzer/innen von Segelbooten verwenden häufiger als Besitzer/innen von Motorbooten ein Antifouling-Produkt (Abbildung 25a). Da die Reviere von Segelbooten häufiger in Brack- und Salzwasser sind als die von Motorbooten und da sie eher mit geringeren Geschwindigkeiten fahren, liegt bei höherem Bewuchsdruck eine geringere Strömung am Bootsrumpf an; der Bewuchs wird so beim Fahren weniger gut abgespült (Abbildung 25b und c).

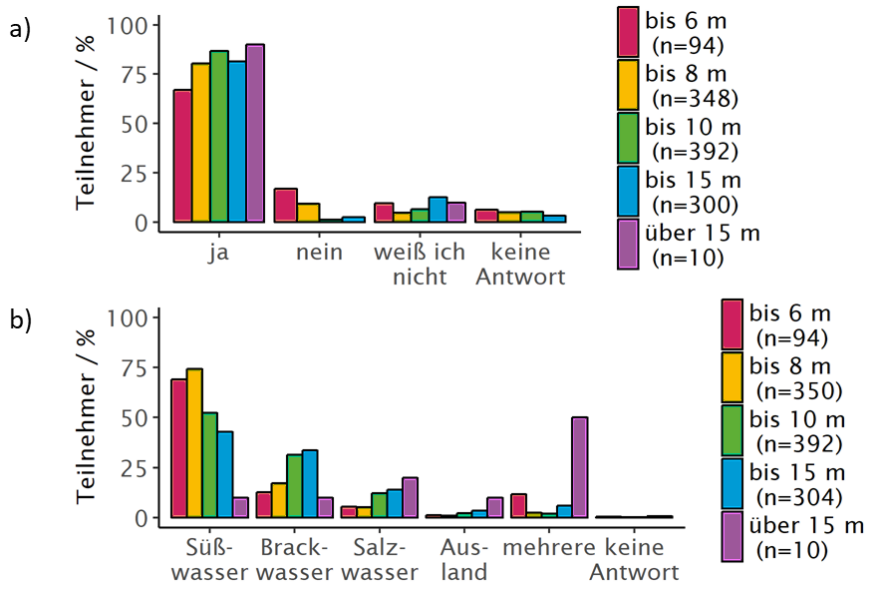
Abbildung 25: Vergleich der Verteilung von Segel- und Motorbootbesitzer/innen a) danach, ob sie ein Antifouling-Produkt verwenden, b) hinsichtlich des Gewässertyps ihrer Reviere und c) der Geschwindigkeit, mit der sie üblicherweise fahren.



Quelle: eigene Darstellung BfG

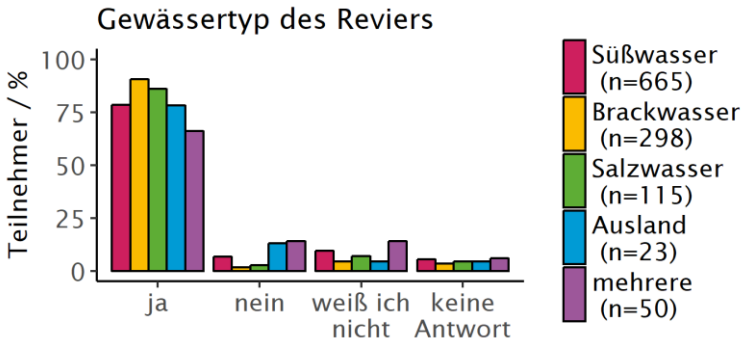
Mit zunehmender Länge des Bootes wurde häufiger angegeben, dass ein Antifouling-Produkt verwendet wird (Abbildung 26a). Mit zunehmender Länge könnte der „einmalige“ Aufwand das Boot zu beschichten geringer sein als kein Antifouling-Produkt zu verwenden und es regelmäßig zu inspizieren und zu reinigen. Außerdem könnten die Kosten einer Antifouling-Beschichtung im Vergleich zu den Anschaffungs- und sonstigen Kosten des Boots bei großen Booten geringer als bei kleineren sein, so dass die Besitzer eher „auf Nummer sicher gehen“ und eine Antifouling-Beschichtung verwenden. Ein Vergleich der Boote unterschiedlicher Längen hinsichtlich ihres Reviers zeigt, dass längere Boote eher in Brack- und Salzwasser fahren und liegen als kürzere Boote (Abbildung 26b). Der Bewuchsdruck steigt mit zunehmender Salinität, womit sich auch ein erhöhter Einsatz von Antifouling-Produkten im Salzwasser begründen lässt (Daehne et al. 2017, Singhasemanon 2009). Teilnehmer/innen, deren Revier im Brack- oder Salzwasser liegt, wo der Bewuchsdruck höher ist als im Süßwasser, haben etwas häufiger angegeben (Differenz etwa 10%), dass sie ein Antifouling-Produkt verwenden als Teilnehmer/innen, deren Revier im Süßwasser, im Ausland oder mehreren Gewässertypen liegt (Abbildung 27).

Abbildung 26: Vergleich der Verteilung von Besitzer/innen von Booten unterschiedlicher Länge a) danach, ob sie ein Antifouling-Produkt verwenden und b) hinsichtlich des Gewässertyps ihrer Reviere.



Quelle: eigene Darstellung BfG

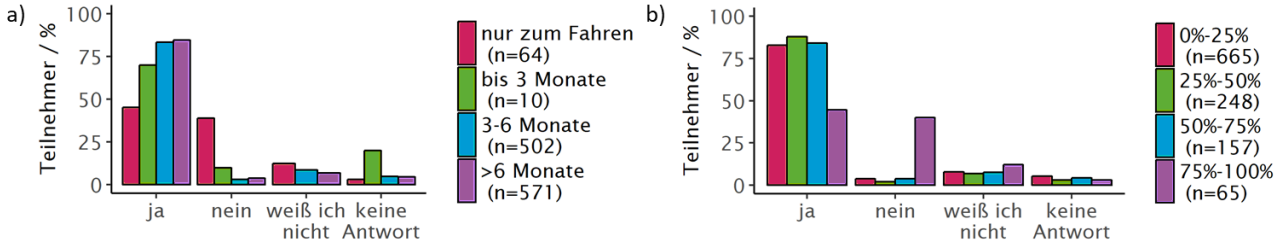
Abbildung 27: Vergleich der Verteilung von Teilnehmer/innen, deren Reviere in verschiedenen Gewässern liegen danach, ob sie ein Antifouling-Produkt verwenden.



Quelle: eigene Darstellung BfG

An der Verteilung der Antworten, wie lange die Boote pro Jahr im Wasser sind (Abbildung 28a), ist zu erkennen, dass fast alle Bootsbesitzer/innen (94%), denen die Frage ob sie ein Antifouling-Produkt verwenden gestellt wurde, ihr Boot länger als 3 Monate pro Jahr im Wasser lassen. Dies ist damit begründet, dass das Slippen bzw. Kranen des Bootes aufwendig ist und der Aufwand mit zunehmender Länge steigt. Unter Teilnehmer/innen, deren Boot nur zum Fahren im Wasser ist, verwendet ein geringerer Anteil ein Antifouling-Produkt als unter denen, deren Boote längere Zeit im Wasser sind (Abbildung 28a). Die Kategorie „Boote, die in 75% - 100% der Zeit, die sie im Wasser sind, bewegt werden“ in Abbildung 28b enthält ausschließlich Boote, die nur zum Fahren im Wasser sind, also 100% der Zeit bewegt werden. Auch hier zeigt sich, dass auf einem deutlich geringeren Anteil dieser Boote (ca. 50%) als auf den übrigen ein Antifouling-Produkt angewendet wurde. Dies ist nachvollziehbar, da sich Bewuchs auf Booten während der Fahrt schwerer ansiedeln kann bzw. im Anschluss leicht zu entfernen ist oder im Trockenen abstirbt. D.h. die Verwendung von Antifouling-Produkten ist auf diesen Booten nicht notwendig.

Abbildung 28: Anteil der Teilnehmer/innen, die angegeben haben ein Antifouling-Produkt zu nutzen, nicht zu nutzen bzw. es nicht wissen abhängig von a) der Zeit, die das Boot pro Jahr im Wasser ist und b) dem Anteil der Zeit, den das Boot bewegt wird.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Hinsichtlich der Häufigkeit der Reisen in einen anderen Gewässertyp, des Alters und Geschlechts der Teilnehmer/innen sowie des Monats, in dem das Boot zu Wasser gelassen wird, waren keine Zusammenhänge oder Unterschiede zu erkennen.

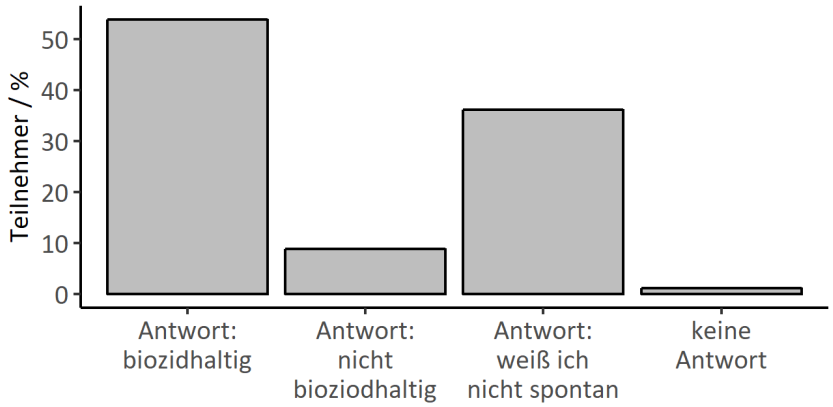
4.3.4.6 Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten

In Frage 14 der Online-Version (Frage 13 der Papier-Version) wurden die Teilnehmer/innen, die ein Antifouling-Produkt verwenden, gefragt, ob ihr Produkt biozidhaltig ist. Es wurde der Hinweis gegeben, dass ein Antifouling-Produkt biozidhaltig ist, wenn es einen oder mehreren der folgenden Wirkstoffe enthält: Kupfer, Kupferverbindungen, DCOIT (SeaNine), Dichlofluanid, Tolylfluanid, Zineb oder Zinkpyrithion. Analog zur Verwendung eines Antifouling-Produkts (Kapitel 4.3.4.5) wurde die Anzahl der verschiedenen Antwortmöglichkeiten („ja“, „nein“, „weiß ich nicht spontan“, „keine Antwort“, „nicht gesehen“) insgesamt sowie nach den verschiedenen Kriterien (Kapitel 4.3.4.4) in Gruppen unterteilt ausgewertet.

4.3.4.6.1 Auswertung aller Teilnehmer/innen

Abbildung 29 zeigt, welcher Anteil der Teilnehmer/innen, die ein Antifouling-Produkt verwenden, angegeben hat, dass es biozidhaltig ist, dass es nicht biozidhaltig ist, dass er/sie es nicht spontan weiß oder die Frage nicht beantwortet hat.

Abbildung 29: Anteil aller Teilnehmer/innen, die angegeben haben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist bzw. nicht bzw. dass sie es nicht wissen (n = 942).

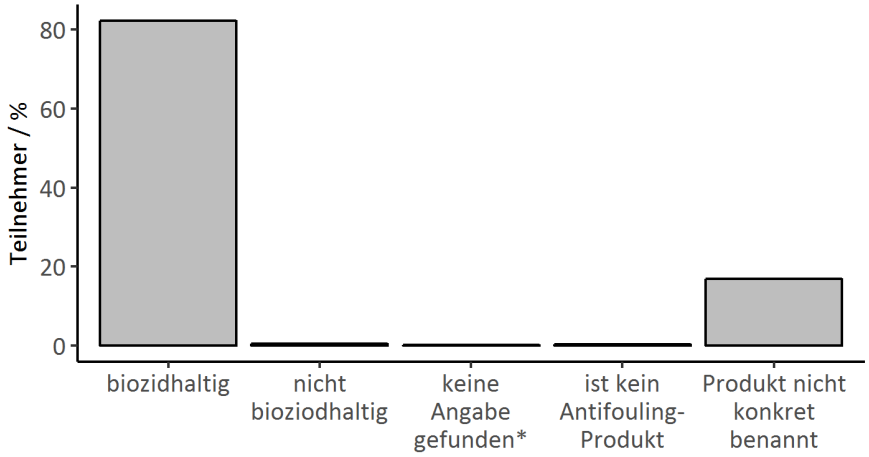


Quelle: eigene Darstellung BfG

Gut die Hälfte der Teilnehmer/innen haben angegeben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist, während 9% angegeben haben, dass ihr Antifouling-Produkt nicht biozidhaltig ist. Etwas mehr als ein Drittel der Teilnehmer/innen weiß es nicht spontan. Dies bestätigt den Eindruck, der im Gespräch mit Personen in den Häfen bzw. auf der Messe Interboot entstand, dass die Unterscheidung zwischen biozidhaltigen und biozidfreien Produkten nicht immer eindeutig ist (Kapitel 4.3.1). 1% der Teilnehmer/innen haben die Frage nicht beantwortet.

Im Gespräch mit Personen in den Häfen bzw. auf der Messe Interboot entstand auch der Eindruck, dass biozidhaltige Antifouling-Produkte nicht immer als solche erkannt werden (Kapitel 4.3.1). Deshalb wurden die Teilnehmer/innen, die angegeben haben, dass sie ein Antifouling-Produkt verwenden, gefragt welches Produkt sie verwenden. Für die angegebenen Produkte wurde in der Antifouling-Produktliste 2017 (LimnoMar 2017) nachgeschlagen, ob sie biozidhaltig sind (d.h. ob sie einer der Kategorien „Beschichtungen mit Kupferverbindungen“, „Beschichtungen mit Kupferverbindungen und (an)organischen Co-Bioziden“ oder „Beschichtungen mit organischem Biozid“ angehören; bzw. falls sie einer der Kategorien „Beschichtungen mit Nanopartikeln“ oder „Spezielle Beschichtungen für Propeller, Antrieb und Außenborder“ angehören, ob unter dem Punkt „Antifouling-Wirkstoff/Biozid“ einer oder mehrere der Antifouling-Wirkstoffe laut EU-Verordnung über Biozidprodukte genannt sind). Falls sie dort nicht erfasst waren, wurde in ihren online verfügbaren Sicherheitsdatenblättern recherchiert, ob in der Zusammensetzung ein oder mehrere Antifouling-Wirkstoffe genannt sind (Abbildung 30). Anschließend wurden die von den Teilnehmern gegebenen Antworten mit den Ergebnissen der Recherche verglichen (Abbildung 31).

Abbildung 30: Anteil der Teilnehmer/innen, deren Antifouling-Produkt laut Recherche (tatsächlich) biozidhaltig bzw. nicht biozidhaltig ist oder für die es sich aus verschiedenen Gründen nicht zuordnen ließ (n = 892).



*in Antifouling-Produktliste 2017 bzw. Sicherheitsdatenblatt

Quelle: eigene Darstellung BfG

Laut Antifouling-Produktliste 2017 und Sicherheitsdatenblättern der verwendeten Produkte verwenden 82% der Teilnehmer/innen, die ihr Antifouling-Produkt benannt haben, ein biozidhaltiges Antifouling-Produkt, lediglich 0,4% verwenden ein biozidfreies Antifouling-Produkt. Zu einem Produkt, das von 2 Teilnehmern/innen (0,2%) verwendet wird, war online kein Sicherheitsdatenblatt verfügbar und 3 Teilnehmer/innen (0,3%) verwenden laut angegebenem Produktnamen keine Antifouling-Produkte, sondern Grundierungen. 17% haben ihr Antifouling-Produkt nicht (ausreichend) konkret benannt (z.B. Angaben wie „Hartantifouling“, „ein selbstpolierendes“ oder eines Herstellernamens). In die Kategorien „biozidhaltig“ und „nicht biozidhaltig“ wurden auch Antworten eingeordnet, die auf mehrere mögliche Produkte schließen ließen (z.B. Nennung von Teilen eines Produktnamens oder Nennung eines Herstellers, der nur wenige Produkte anbietet), wenn alle Produkte, die sich aus der Antwort ableiten ließen, entweder biozidhaltig oder biozidfrei waren. Wenn sowohl biozidfreie als auch biozidhaltige Produkte abgeleitet werden konnten, wurde die Antwort in die Kategorie „kein konkretes Produkt genannt“ eingeordnet.

Einen Vergleich der Antworten der Teilnehmer/innen, die ihr Produkt ausreichend konkret benannt haben, mit den recherchierten Ergebnissen zeigt Abbildung 31.

Abbildung 31: Vergleich der Angabe der Teilnehmer, ob ihr verwendetes Antifouling-Produkt biozidhaltig ist, mit den Rechercheergebnissen aus der Antifouling-Produktliste 2017 (Watermann *et al.* 2017) und Sicherheitsdatenblättern der Produkte. Die Zahlen stehen für die Anzahl Teilnehmer/innen.

Quelle: eigene Darstellung BfG

Der Vergleich der Antworten der Teilnehmer/innen mit den recherchierten Angaben zeigt, dass ca. knapp zwei Drittel der Teilnehmer/innen, die ein biozidhaltiges Antifouling-Produkt verwendeten, sich dessen bewusst waren (442 von 725, obere Zeile) und alle Teilnehmer/innen, die ein biozidfreies Produkt verwendeten, wussten dass es biozidfrei war (4 von 4, mittlere Zeile). Allerdings verwendeten über 90% der Teilnehmer/innen, die dachten ein biozidfreies Produkt zu verwenden, ein biozidhaltiges Produkt (47 von 51, mittlere Spalte). Tatsächlich werden also biozidhaltige Antifouling-Produkte nicht immer als solche erkannt.

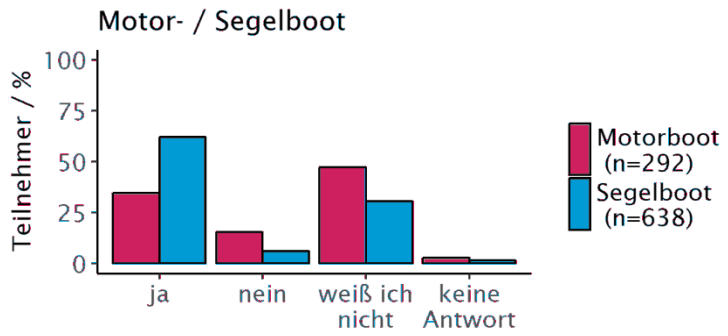
Im Leitfaden wird deshalb darüber informiert werden, wie Bootsbesitzer/innen herausfinden können, ob ein Produkt biozidhaltig ist oder nicht.

4.3.4.6.2 Auswertung der Verwendung nach verschiedenen Kriterien

Einen Überblick über die Antworten aufgeschlüsselt nach den in Kapitel 4.3.4.4 genannten Kriterien gibt Abbildung 99 im Anhang (Kapitel 6.6.3.2).

Besitzer/innen von Segelbooten haben häufiger als Besitzer/innen von Motorbooten angegeben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist (Abbildung 32). Hier dürften die gleichen Gründe wie für die Verwendung eines Antifouling-Produkts eine Rolle gespielt haben (siehe Kapitel 4.3.4.5).

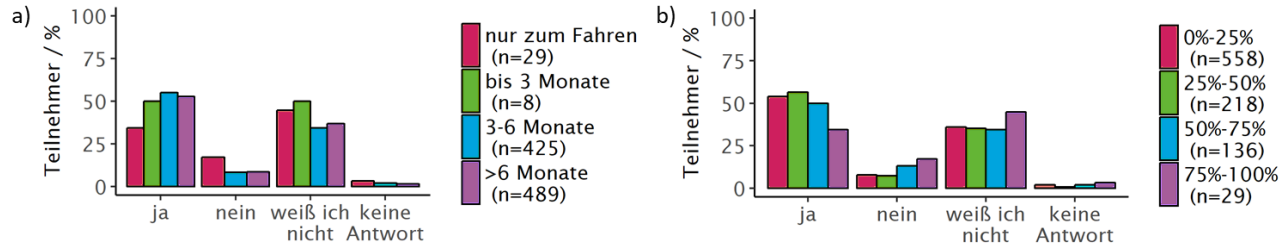
Abbildung 32: Anteil von Motor- und Segelbootbesitzer/innen, die angegeben haben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist, nicht biozidhaltig ist bzw. dass sie es nicht wissen.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Ebenfalls analog zur Verwendung eines Antifouling-Produkts, jedoch weniger stark ausgeprägt, haben Teilnehmer/innen, deren Boote nur zum Fahren im Wasser sind, zu einem geringeren Anteil angegeben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist (rote Balken in Abbildung 33a, lila Balken in Abbildung 33b). Auch hier dürften die gleichen Gründe wie oben eine Rolle gespielt haben.

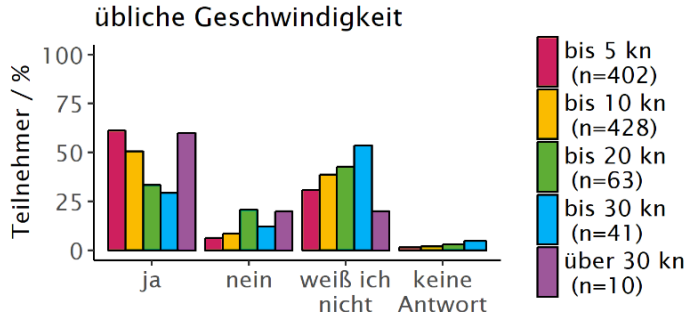
Abbildung 33: Anteil der Teilnehmer/innen, die angegeben haben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig bzw. nicht biozidhaltig ist bzw. dass sie es nicht wissen abhängig von a) der Zeit, die das Boot pro Jahr im Wasser ist und b) dem Anteil der Zeit, den das Boot bewegt wird.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Mit zunehmender Geschwindigkeit, mit der die Teilnehmer/innen üblicherweise fahren, hat ein geringerer Anteil angegeben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist. Gleichzeitig nahm sowohl der Anteil der Teilnehmer/innen zu, die angegeben haben dass ihr Antifouling-Produkt nicht biozidhaltig ist als auch der Anteil derer, die es nicht wissen (Abbildung 34), ohne die Teilnehmer/innen die üblicherweise schneller als 30 kn fahren (weniger als 20 Teilnehmer)). Der Grund für den Verzicht auf ein biozidhaltiges Antifouling-Produkt könnte ein höherer Abrieb bei schnellerer Fahrt sein.

Abbildung 34: Anteil von Teilnehmer/innen, die angegeben haben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist, nicht biozidhaltig ist bzw. dass sie es nicht wissen abhängig von der Geschwindigkeit, mit der sie üblicherweise fahren.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Ebenso wissen Teilnehmer/innen, deren Boot nur bis zu 3 Monate im Wasser ist, häufiger nicht ob ihr Produkt biozidhaltig ist oder haben häufiger angegeben, dass es nicht biozidhaltig ist als diejenigen, deren Boote länger im Wasser liegen. Auch die Besitzer/innen der Boote, die nur zum Fahren im Wasser sind, haben häufiger angegeben, dass ihr Antifouling-Produkt nicht biozidhaltig ist.

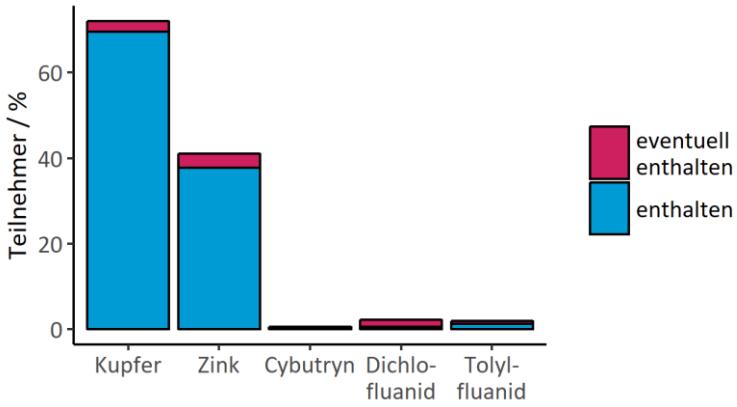
Zwischen der Länge des Boots, der Häufigkeit von Reisen in einen anderen Gewässertyp als den des üblichen Reviers und dem Monat, in dem das Boot zu Wasser gelassen wird, sind keine Zusammenhänge oder Unterschiede bezüglich der Verwendung von biozidhaltigen Produkten erkennbar.

4.3.4.6.3 Enthaltene Biozide

Abbildung 35 zeigt, welche der im Vorgängerprojekt und in Arbeitspaket I dieses Projekts in deutschen Sportboothäfen nachgewiesenen Biozide laut Antifouling-Produktliste und Sicherheitsdatenblättern in den von den Teilnehmern/innen verwendeten Produkten enthalten sind. Ausgewertet wurden die Produkte der Teilnehmer/innen, deren verwendetes Produkt laut Antifouling-Produktliste oder Sicherheitsdatenblatt biozidhaltig war. War die Angabe des Antifouling-Produkts eindeutig, wurden die enthaltenen Biozide als im Produkt enthalten gewertet (blaue Säulen). War die Angabe nicht ausreichend genau um daraus auf ein konkretes Produkt zu schließen, aber alle Produkte, die sich aus der Angabe ableiten ließen enthielten ein bestimmtes Biozid, wurde das Biozid als im Produkt des Teilnehmers/in enthalten gewertet. Falls ein Biozid in einem Teil der ableitbaren Produkte enthalten ist, in den übrigen nicht, wurde es als eventuell enthalten (rosa Säulen) angesehen.

Da Antifouling-Produkte mehrere Biozide enthalten können, ist die Summe der Säulen in Abbildung 35 größer als 100%.

Abbildung 35: Anteil der Biozide, die in den von den Teilnehmern/innen verwendeten Antifouling-Produkten enthalten sind (n = 931).



Quelle: eigene Darstellung BfG

Die Antifouling-Produkte der meisten Teilnehmer/innen enthielten Kupfer (70% - 72%) und/oder Zink (38% - 41%). Es wurde jedoch nicht nach der konkreten Verbindung unterschieden. Zudem wurde Zinkoxid, welches kein Antifouling-Wirkstoff gemäß der EU-Verordnung über Biozidprodukte ist, in die Auswertung einbezogen. Die organischen Biozide Cybutryn, Dichlofluanid und Tolylfluanid waren jeweils in weniger als 2% der verwendeten Produkte enthalten.

4.3.4.7 Arbeiten, die die Teilnehmer/innen selbst durchführen bzw. durchführen lassen

4.3.4.7.1 Selbst durchgeführte Arbeiten

Ob Teilnehmer/innen bestimmte Arbeiten an ihrem Boot selbst durchführen, kann einen Einfluss darauf haben, ob sie bestimmte Maßnahmen zur Reduzierung des Biozideintrags in die Gewässer als sinnvoll oder praktikabel beurteilen und darauf, ob sie bestimmte Infrastruktur nutzen. Deshalb wurden die Teilnehmer/innen, die angegeben haben ein Antifouling-Produkt zu verwenden in Frage 18 der Online-Version (Frage 16 der Papier-Version) gefragt, welche der folgenden Arbeiten sie selbst durchführen:

- Rumpf-Reinigung mit Schwamm und Bürste
- Rumpf-Reinigung mit Hochdruckreiniger
- Rumpf-Reinigung auf andere Weise
- Entfernen alter Farbe
- Anschleifen der alten Beschichtung vor der nächsten Saison
- Auftragen neuer Farbe
- keine der genannten.

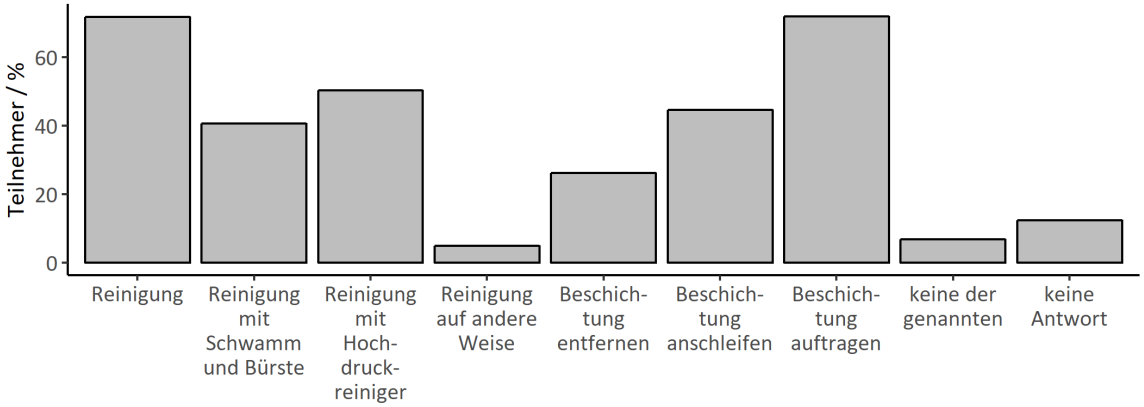
Mehrfachnennungen waren möglich.

Für die Rumpf-Reinigung stand in der Online-Version zuerst nur „Rumpf-Reinigung“ zur Auswahl. Wurde diese Arbeit angewählt, erschienen die Varianten „Rumpf-Reinigung mit Schwamm und Bürste“ und „Rumpf-Reinigung mit Hochdruckreiniger“. Wurde keine der beiden Varianten ausgewählt, wurde die Antwort als „Rumpf-Reinigung auf andere Weise“ gewertet.

Wurde die Antwort „Keine der genannten“ gewählt, wurden die Markierungen bei den übrigen Antwortmöglichkeiten gelöscht, es war also nicht möglich, eine der Arbeiten und gleichzeitig die Option „keine der genannten“ anzuwählen. Wurde weder ein Arbeitsschritt noch die Option „keine der genannten“ angewählt, wurde die Frage als nicht beantwortet gewertet.

Der Anteil der Teilnehmer/innen, die die einzelnen Schritte selbst durchführen, unter den Teilnehmern/innen, denen die Frage angezeigt wurde, ist in Abbildung 36 dargestellt.

Abbildung 36: Anteil der Teilnehmer/innen, die die verschiedenen Arbeiten im Zusammenhang mit Antifouling-Beschichtungen selbst durchführen (n = 1047).



Quelle: eigene Darstellung BfG

Die Reinigung des Bootrumpfs und das Auftragen der Antifouling-Beschichtung sind die Arbeiten, die der größte Teil der Teilnehmer/innen selbst durchführt (jeweils ca. 70%). Die Reinigung wird häufiger mit Hochdruckreiniger als mit Schwamm und Bürste durchgeführt, wobei einige Teilnehmer/innen beide Methoden anwenden.

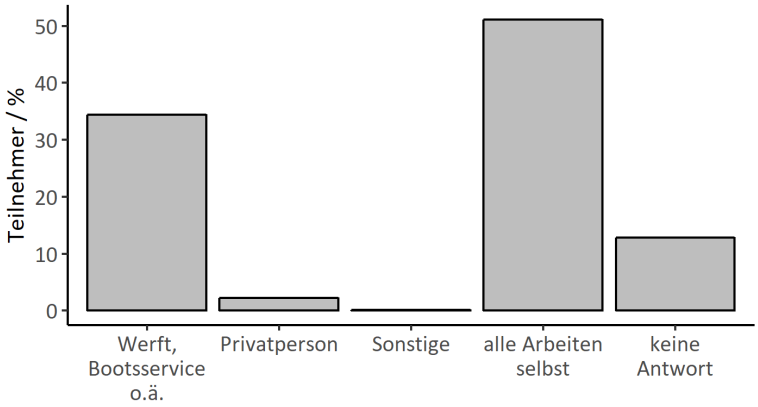
Das Anschleifen der vorhandenen Beschichtung wird von knapp der Hälfte der Teilnehmer/innen selbst durchgeführt, ihr Entfernen von knapp einem Drittel. Lediglich 6% der Teilnehmer/innen führen keine der genannten Arbeiten selbst durch.

4.3.4.7.2 Für die übrigen Arbeiten beauftragte Personen

In Frage 19 der Online-Version (Frage 17 der Papier-Version) wurden die Teilnehmer/innen, die angegeben haben ein Antifouling-Produkt zu verwenden, gefragt vom wem sie die Arbeitsschritte durchführen lassen, die sie nicht selbst durchführen. Wieder waren Mehrfachnennungen möglich. Antwortmöglichkeiten waren „Werft, Bootsservice o.ä.“, „Privatperson“, „sonstige“ und „ich führe die Arbeiten vollständig selbst durch“. Für die Auswahl „Sonstige“ gab es die Möglichkeit, einen Text zu ergänzen.

Wurde die Antwort „Ich führe die Arbeiten vollständig selbst durch“ gewählt, wurden die Markierungen bei den übrigen Antwortmöglichkeiten gelöscht, es war also nicht möglich, eine der ersten drei Optionen und gleichzeitig „ich führe die Arbeiten vollständig selbst durch“ anzuwählen. Wurde weder eine Person noch die Option „ich führe die Arbeiten vollständig selbst durch“ angewählt, wurde die Frage als nicht beantwortet gewertet. In Abbildung 37 ist das Ergebnis der Auswertung dargestellt.

Abbildung 37: Anteil der Teilnehmer/innen, die für die Arbeitsschritte, die sie nicht selbst durchführen, eine Werft/Bootsservice, eine Privatperson bzw. sonstige Personen beauftragen bzw. alle Arbeiten selbst durchführen (n = 1037).



Quelle: eigene Darstellung BfG

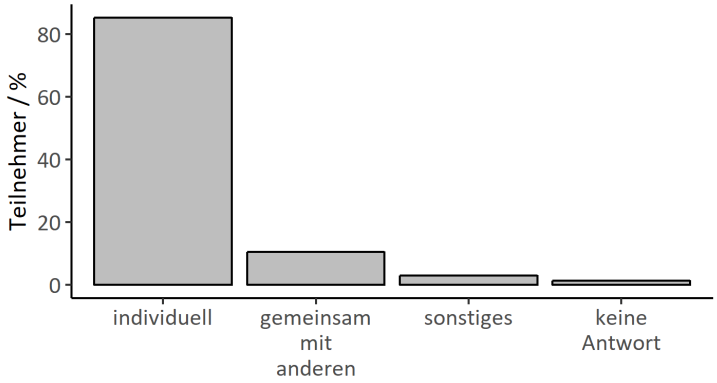
Die Hälfte der Teilnehmer/innen führt alle anfallenden Arbeiten selbst durch. Für die Arbeiten, die die Teilnehmer/innen nicht selbst durchführen, beauftragen sie überwiegend eine Werft, einen Bootsservice oder ähnliche Einrichtungen (34% der Teilnehmer/innen). Lediglich 2% beauftragen eine Privatperson.

8 Teilnehmer/innen wählten die Antwortoption „sonstige“, anhand ihrer Erläuterungen ließen sie sich aber den übrigen Antwortmöglichkeiten („Werft, Bootsservice o.ä.“ bzw. „ich führe die Arbeiten vollständig selbst durch“) zuordnen. Daraus ging auch hervor, dass (z.B. laut Angaben des Herstellers) nicht alle Arbeitsschritte, wie z.B. Anschleifen, notwendig sind. Nur ein/e Teilnehmer/in machte keine nähere Angabe zur Wahl „sonstige“.

4.3.4.8 Individuelle bzw. gemeinsame Auswahl des Antifouling-Produkts

In Frage 13 der Online-Version (Frage 12 der Papier-Version) gefragt, ob die Teilnehmer/innen ihr Produkt individuell oder gemeinsam mit anderen Personen (Vereinsmitglieder, Hafennachbarn/-nachbarinnen) auswählen und/oder kaufen. Die Antworten als Anteil an den Teilnehmern/innen, die angegeben haben, dass sie ein Antifouling-Produkt verwenden und die bis zur Frage 13 (12) gelangt sind, sind in Abbildung 38 dargestellt.

Abbildung 38: Anteil der Teilnehmer/innen, die ihr Antifouling-Produkt individuell bzw. gemeinsam mit anderen Personen ausgewählt und gekauft haben (n = 1413).



Quelle: eigene Darstellung BfG

Der größte Anteil der Teilnehmer/innen (85%) wählt/kauft sein Antifouling-Produkt individuell. Nur ca. 10% kaufen ihr Antifouling-Produkt gemeinsam mit anderen Personen und ca. 3% haben die Antwort „sonstiges“ gewählt. Unter diesen 28 Teilnehmern/innen haben 15 Teilnehmer/innen angegeben, dass die Werft, der Hafenbetreiber oder ein Händler das Produkt empfohlen, vorgeschlagen oder ausgewählt hat, 3 Teilnehmer/innen haben sich nach dem vom Vorbesitzer vorhandenen Anstrich auf dem Boot gerichtet, einzelne Teilnehmer/innen haben sich von anderen Skippern und im Verein beraten lassen, sich nach eigenen Erfahrungen/Tests oder nach dem Bootshersteller gerichtet oder haben im Internet recherchiert. Da die meisten Teilnehmer/innen ihr Produkt individuell gewählt bzw. gekauft haben, ist im Großteil der Häfen damit zu rechnen, dass verschiedene Antifouling-Produkte verwendet werden als nur ein einzelnes. Da die Aufschlüsselung der Produkte nach Wirkstoffen (Kapitel 4.3.4.6) allerdings zeigt, dass in fast allen genannten Produkten Kupfer und/oder Zink enthalten ist, ist die Vermutung naheliegend, dass in den Häfen hauptsächlich diese Wirkstoffe freigesetzt werden.

4.3.4.9 Akzeptanz von Infrastruktur

In den Fragen 20 bis 22 der Online-Version (Frage 18 der Papier-Version) wurde gefragt, ob bestimmte Einrichtungen und Materialien im Hafen oder erreichbarer Umgebung vorhanden sind und ob die Teilnehmer/innen sie bereits genutzt haben. Die Antwortmöglichkeiten für „vorhanden“ waren „ja“, „nein“ und „weiß ich nicht“, während die Antwortmöglichkeiten für „genutzt“ „ja“ und „nein“ waren.

Ausgewertet wurde zum einen das Vorhandensein der Einrichtungen und Materialien (Antwortmöglichkeiten „ja“, „nein“, „weiß ich nicht“, keine Antwort), jeweils unter allen Teilnehmern/innen die die Frage gesehen haben (Abbildung 39).

Zum anderen wurde die Akzeptanz der Einrichtungen und Materialien ausgewertet. Eine Einrichtung wurde als akzeptiert angesehen, wenn sie vorhanden war und genutzt wurde. Eine vorhandene Einrichtung, die nicht genutzt wurde, wurde als nicht akzeptiert angesehen. Hier wurden die Antworten „ja“, „nein“ und „keine Antwort“ anteilig berechnet an den Teilnehmern/innen, die das Vorhandensein mit „ja“ beantwortet haben und die Abfrage der Nutzung beantwortet haben. Die Akzeptanz wurde sowohl unter allen Antworten als auch nach den verschiedenen in Kapitel 4.3.4.4 genannten Kriterien in einzelne Gruppen unterteilt ausgewertet. Hier wurde der relative Anteil der Antworten an allen Teilnehmern/innen (Abbildung 40) sowie an der Summe der Antworten pro Gruppe (Abbildung 100 bis Abbildung 110 im Anhang (Kapitel 6.6.3.4)) ausgewertet.

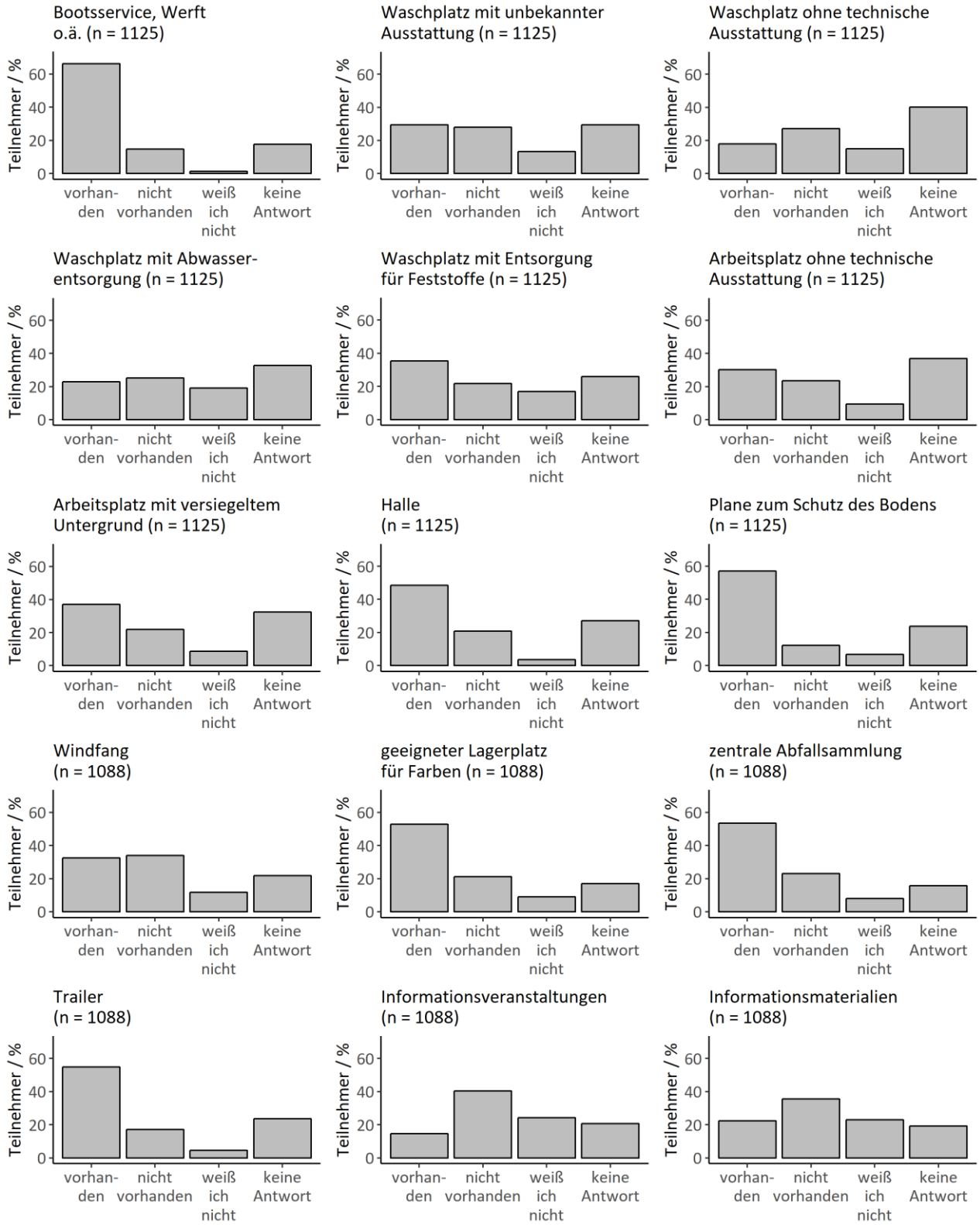
Für die Auswertung der Akzeptanz wurden die verschieden ausgestatteten Waschplätze zu einer gemeinsamen Einrichtung „Waschplatz“ sowie die verschiedenen Formen von Arbeitsplätzen zu einer Einrichtung „Arbeitsplatz“ zusammengefasst. Zusätzlich wurden die Einrichtungen „Halle“ und „Arbeitsplatz im Freien mit versiegeltem Boden“ zusammengefasst.

4.3.4.9.1 Auswertung aller Teilnehmer/innen

Abbildung 39 zeigt, dass die Verfügbarkeit von bestimmten Einrichtungen und Materialien nicht immer gegeben ist. Waschplätze mit unbekannter technischer Ausstattung, ohne technische Ausstattung und mit Anschluss an die Abwasserentsorgung sowie mobile Stellwände o.ä. als Windfang sind ungefähr so häufig oder häufiger nicht vorhanden als vorhanden. Zudem wurde für diese Einrichtungen häufig die Antwort „weiß ich nicht“ gewählt. Informationsveranstaltungen und -material zum gewässerschonenden Umgang mit Antifouling-Produkten sind nur bei ca. 15% bzw. 22% der Teilnehmenden vorhanden.

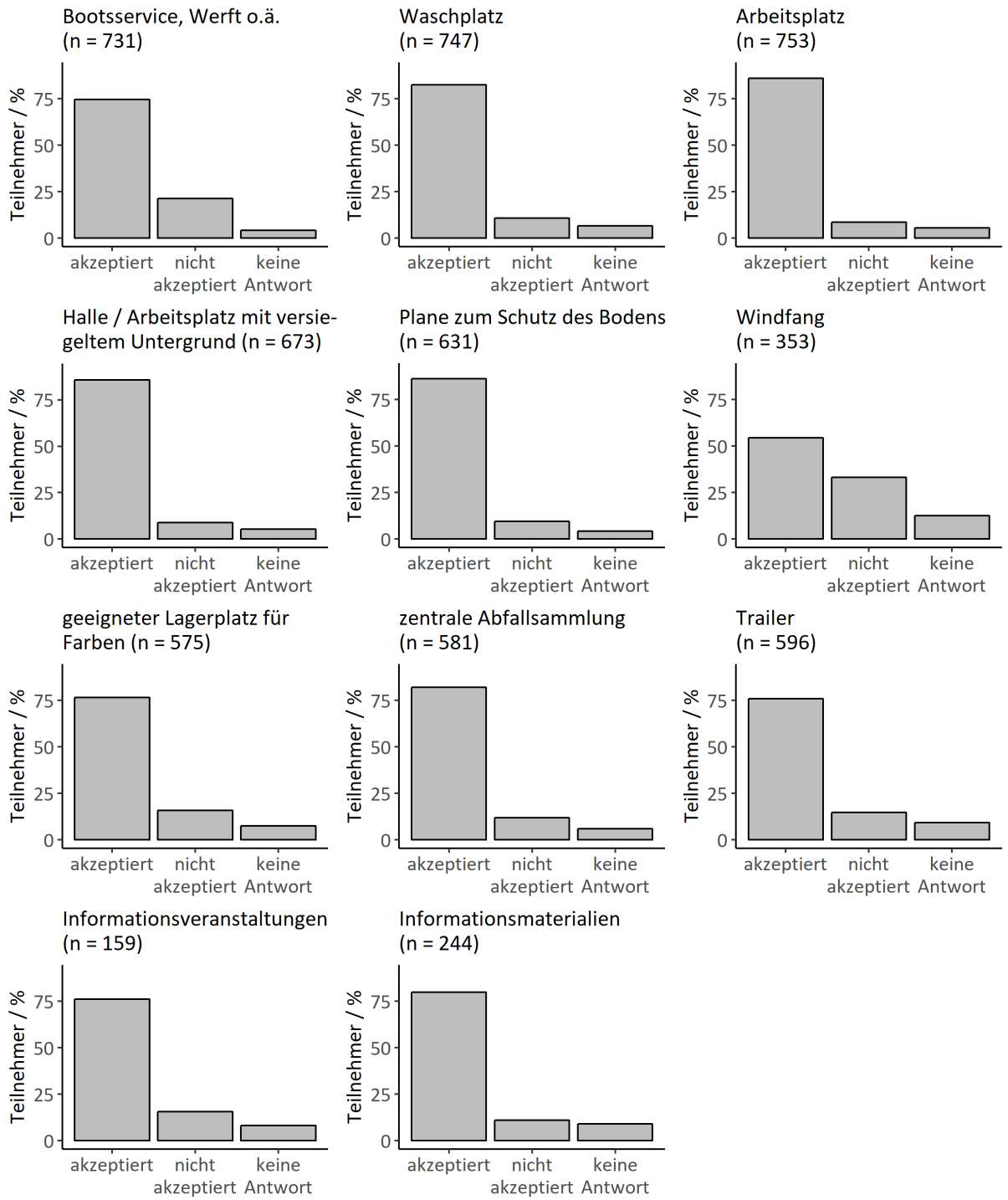
Aus Abbildung 40 geht hingegen hervor, dass fast alle abgefragten Einrichtungen und Materialien dort, wo sie vorhanden sind, von ca. 70 – 80% der Teilnehmenden akzeptiert und von 10 – 20% nicht akzeptiert wurden. Lediglich die Nutzung eines Windfangs (mobile Stellwand, Zelt o.ä.) wurde von ca. einem Drittel nicht akzeptiert. Gründe hierfür könnten die Sperrigkeit, der Aufwand ihn aufzubauen oder wenig Platz zwischen den Booten, die vor oder nach der Saison überholt werden, sein.

Abbildung 39: Vorhandensein der Einrichtungen/Materialien Bootsservice, Waschplatz (mit unbekannter Ausstattung, ohne technische Ausrüstung, mit Abwasserentsorgung, mit Partikelabscheidung), Arbeitsplatz (ohne weitere Ausstattung, mit versiegeltem Untergrund (z.B. Betonplatte), in einer Halle), Plane zum Schutz des Bodens, Windfang, Lager für Farbe, Abfallsammlung, Trailer, Informationsveranstaltungen und Informationsmaterial zum gewässerschonenden Umgang mit Antifouling.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 40: Akzeptanz der abgefragten Einrichtungen und Materialien unter allen Umfrageteilnehmern/innen, denen die Frage angezeigt wurde.



Quelle: eigene Darstellung BfG

4.3.4.9.2 Auswertung der Akzeptanz nach verschiedenen Kriterien

Der Datensatz wurde zunächst gefiltert, so dass nur die Datensätze der Teilnehmer/innen übrigblieben, die die Arbeiten, die mit der abgefragten Einrichtung/Material durchgeführt werden, selbst durchführen. Dadurch sollte verhindert werden, dass der Einfluss der Zugehörigkeit zu einer Gruppe dadurch maskiert wird, dass in einer Gruppe nur wenige Teilnehmer/innen einen Arbeitsschritt selbst

durchführen. Tabelle 14 zeigt, nach welchen Arbeiten, die die Teilnehmer selbst durchführen, der Datensatz für die nachfolgende Auswertung gefiltert wurde.

Tabelle 14: Materialien / Einrichtungen und selbst durchgeführte Arbeiten, nach denen der Datensatz gefiltert wurde.

Material / Einrichtung	selbst durchgeführte Arbeiten
Bootsservice, Werft o.ä.	Alle Teilnehmer/innen ausgewertet
Waschplatz	Reinigung des Rumpfs
Arbeitsplatz	- Auftragen der neuen Beschichtung - Anschleifen der vorhandenen Beschichtung - Entfernen der vorhandenen Beschichtung
Arbeitsplatz in Halle oder im Freien mit versiegeltem Boden	- Auftragen der neuen Beschichtung - Anschleifen der vorhandenen Beschichtung - Entfernen der vorhandenen Beschichtung
Plane o.ä. zum Schutz des Bodens	- Auftragen der neuen Beschichtung - Anschleifen der vorhandenen Beschichtung - Entfernen der vorhandenen Beschichtung
Plane, mobile Stellwand, Zelt o.ä. als Windfang	- Auftragen der neuen Beschichtung - Anschleifen der vorhandenen Beschichtung - Entfernen der vorhandenen Beschichtung
Geeigneter Lagerplatz für angebrochene Farben	Auftragen der neuen Beschichtung
Zentrale Abfallsammlung	- Auftragen der neuen Beschichtung - Anschleifen der vorhandenen Beschichtung - Entfernen der vorhandenen Beschichtung
Trailer	Alle Teilnehmer/innen ausgewertet
Informationsveranstaltungen zur umweltfreundlichen Verwendung von Antifouling	Alle Teilnehmer/innen ausgewertet
Informationsmaterialien zur umweltfreundlichen Verwendung von Antifouling	Alle Teilnehmer/innen ausgewertet

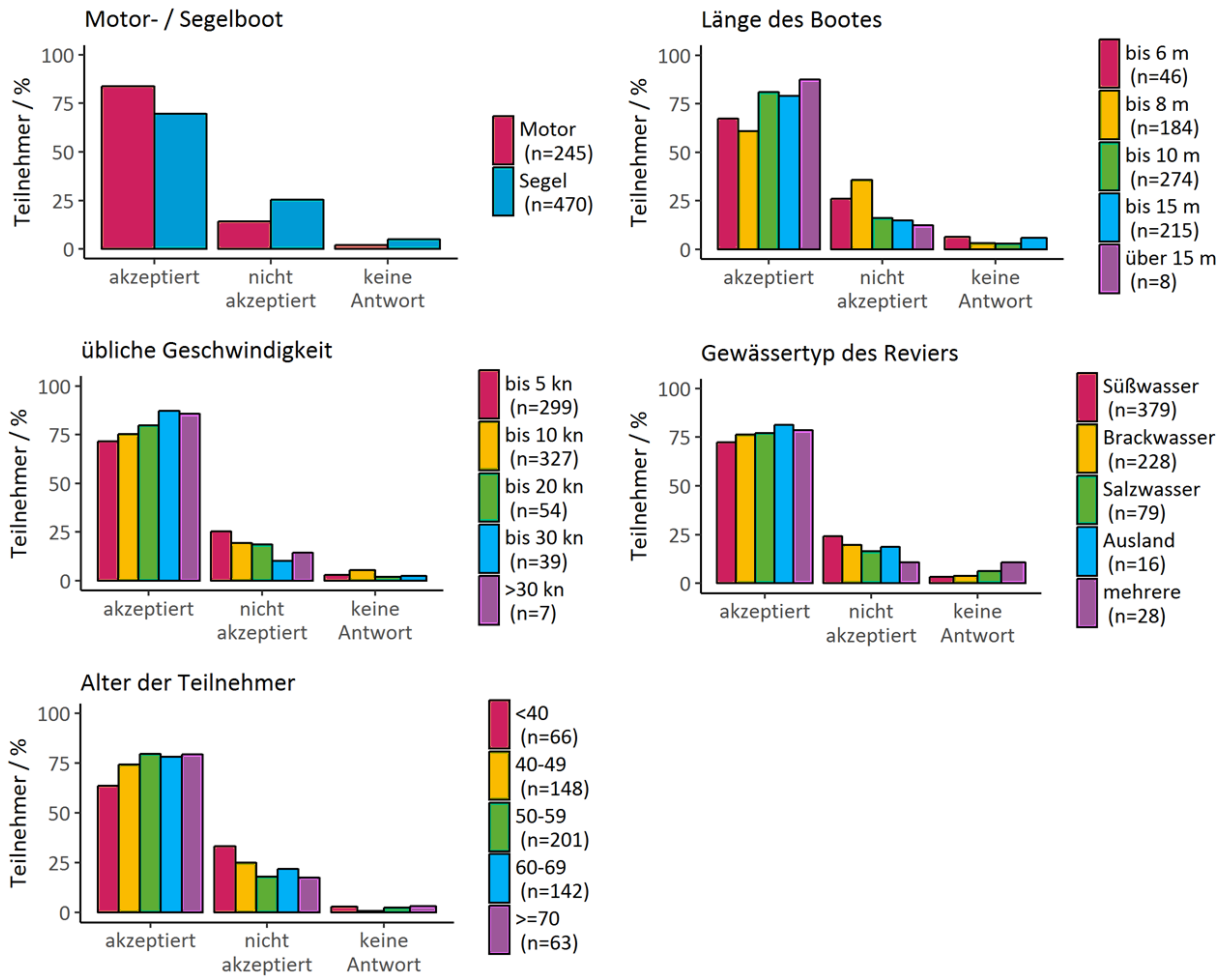
Durch Anwendung der Filter blieben in einigen Gruppen nur sehr wenige Teilnehmer. Um nicht aussagekräftige Auswertungen auf Basis von nur wenigen Teilnehmer/innen zu vermeiden, wurde ein weiteres Filterkriterium angelegt, dass eine Gruppe aus mindestens fünfzehn Teilnehmern bestehen muss, um diskutiert zu werden (siehe Fußnote auf Seite 102).

Folgendes fiel bei der Auswertung der Akzeptanz nach den in Kapitel 4.3.4.4 genannten Kriterien auf (die vollständige Auswertung ist in Abbildung 100 bis Abbildung 110 im Anhang (Kapitel 6.6.3.4) dargestellt):

Die Akzeptanz für **Bootsservices/Werften** (Abbildung 41) war unter Besitzern/innen von Motorbooten größer als unter Besitzern/innen von Segelbooten. Auch mit zunehmender Länge des Boots und zunehmender Geschwindigkeit, mit der die Boote üblicherweise fahren, mit zunehmender Salinität im Gewässertyp des Reviers (Süß- < Brack- < Salzwasser) sowie mit zunehmendem Alter der Teilnehmer/innen war eine Tendenz zu zunehmender Akzeptanz von Bootsservices/Werften erkennbar. Mit zunehmender Größe der Boote steigt der Aufwand der Pflege/Wartung; dies ist zudem von älteren Bootsbesitzern/innen schwerer zu bewerkstelligen, so dass in beiden Fällen die Tendenz einen Bootsservice zu beauftragen zunimmt. Auch steigt der Bewuchsdruck in Revieren mit erhöhter Salinität, so dass vermutlich eher (stärker) biozidhaltige Antifouling-Produkte zum Einsatz kommen, die die

Bootsbesitzer/innen durch professionelle Bootsservices auftragen lassen. Allerdings wurde in der Frage nicht explizit danach gefragt, ob der Bootsservice für Antifouling-Arbeiten beauftragt wird. Es kann daher auch sein, dass für weitere Instandhaltungsarbeiten, die spezifisch bei Motorbooten häufiger als bei Segelbooten und bei langen häufiger als bei kurzen Booten anfallen, ein Bootsservice beauftragt wurde.

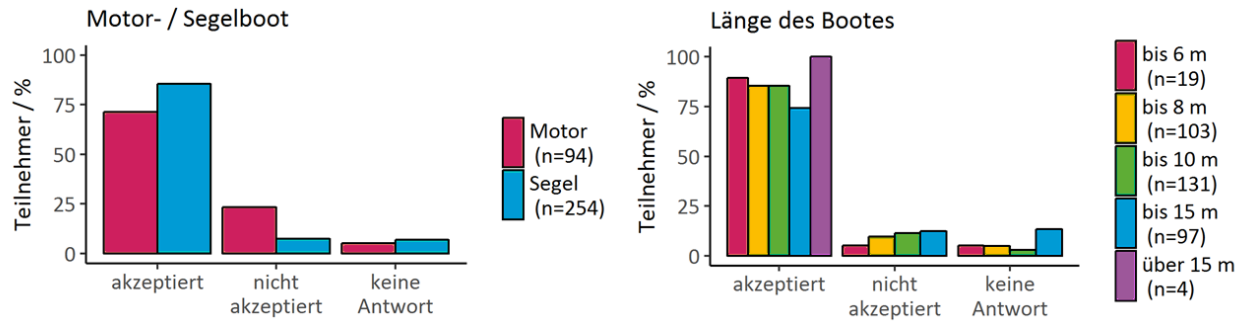
Abbildung 41: Akzeptanz der Einrichtung „Bootsservice, Werft o.ä." unterteilt nach den Kriterien „Motor- oder Segelboot", „Länge des Boots", „übliche Geschwindigkeit", „Gewässertyp des Reviers" und „Alter der Teilnehmer".



Quelle: eigene Darstellung BfG

Die Akzeptanz für **Waschplätze** (Abbildung 42) war unter Besitzern/innen von Segelbooten höher als unter Besitzern/innen von Motorbooten und nahm mit zunehmender Länge der Boote ab. Dies könnte daran liegen, dass der Transport von längeren Booten auf einen Waschplatz aufwändiger ist als der kürzerer Boote.

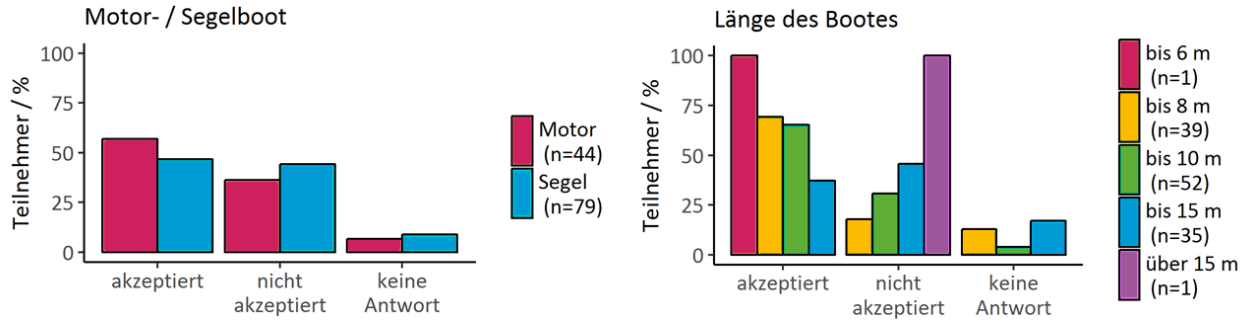
Abbildung 42: Akzeptanz der Einrichtung „Waschplatz“ unterteilt nach den Kriterien „Motor- oder Segelboot“, „Länge des Boots“ und „Zeit pro Jahr im Wasser“.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Die Akzeptanz für einen **Windfang** (Abbildung 43) war unter Besitzern/innen von Motorbooten höher als unter Besitzern/innen von Segelbooten und nahm mit zunehmender Länge der Boote ab. Analog zur Akzeptanz von Waschplätzen kann angenommen werden, dass die Verwendung eines Windfangs aufgrund der weniger kompakten Form von Segelbooten sowie mit zunehmender Länge des Boots weniger praktikabel wird.

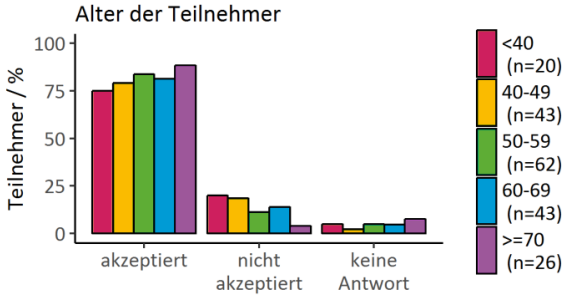
Abbildung 43: Akzeptanz der Einrichtung „Plane, mobile Stellwand o.ä. als Windfang“ unterteilt nach den Kriterien „Motor- oder Segelboot“ und „Länge des Boots“.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Die Akzeptanz für überdachte **Lagerplätze für Farben** mit festem Boden bzw. Auffangwanne (Abbildung 44) nahm mit zunehmendem Alter der Teilnehmer/innen zu, was evtl. für ein zunehmendes Bewusstsein für die Umweltrelevanz von Antifouling-Produkten spricht; im Falle einer Undichtigkeit der Farbdosen wird somit ein Eintrag in die Umwelt verhindert.

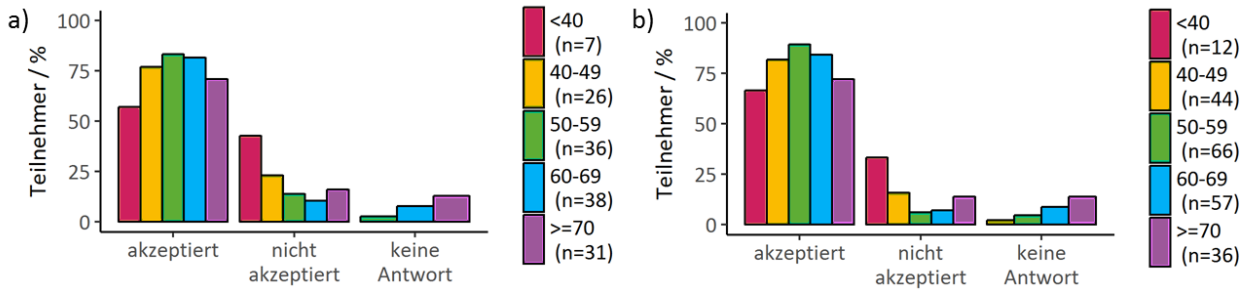
Abbildung 44: Akzeptanz der Einrichtung „geeigneter Lagerplatz für angebrochene Farben“ abhängig vom Alter der Teilnehmer/innen.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Informationsveranstaltungen und –materialien zur umweltfreundlichen Verwendung von Antifouling-Produkten wurden von 50-59-jährigen Teilnehmern/innen am häufigsten akzeptiert, während die Akzeptanz mit ab- und zunehmendem Alter jeweils abnahm (Abbildung 45). Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass Teilnehmer/innen aus dieser Altersgruppe bewusst die starken negativen Umweltauswirkungen und das Verbot von älteren biozidhaltigen Antifouling-Produkten (z.B. TBT) miterlebt haben und daher für Thematik eher sensibilisiert sind. Zusätzlich ist es möglich, dass die bisherigen Formate von Informationsveranstaltungen und –material für diese Altersgruppe am ansprechendsten sind, dass sich bei der Wahl anderer Formate aber auch jüngere und/oder ältere Bootsbesitzer/innen angesprochen fühlen würden.

Abbildung 45: Akzeptanz von a) Informationsveranstaltungen und b) Informationsmaterialien zur gewässerschonenden Anwendung von Antifouling-Produkten unter Teilnehmer/innen verschiedener Altersgruppen.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Weitere klare Zusammenhänge oder Unterschiede zwischen der Akzeptanz einer Einrichtung und den untersuchten Voraussetzungen waren nicht erkennbar.

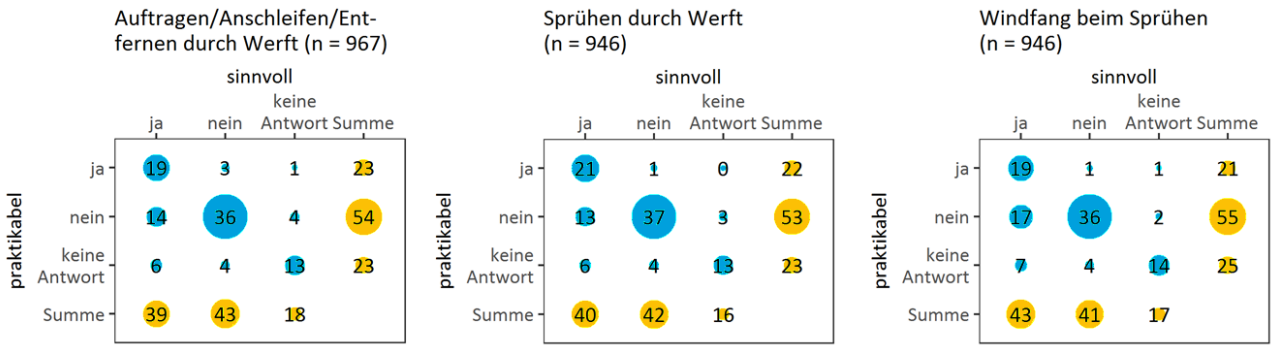
4.3.4.10 Auswertung ob die abgefragten Maßnahmen sinnvoll und praktikabel sind

4.3.4.10.1 Auswertung aller Teilnehmer/innen gemeinsam

Verschiedene Maßnahmen, die bei den verschiedenen Arbeitsschritten im Umgang mit Antifouling-Produkten helfen können, die Freisetzung von Bioziden in die Umwelt zu verringern, wurden in der Umfrage durch die Teilnehmenden beurteilt ob sie sinnvoll und praktikabel sind. In den Fragen 23, 25, 27, 29, 31 und 33der Online-Version (Frage 19 der Papier-Version) konnten die Teilnehmer/innen zu den Aussagen „finde ich sinnvoll“ und „finde ich praktikabel“ jeweils die Antwort „ja“ oder „nein“ ankreuzen. Zudem hatten sie die Möglichkeit, in den Fragen 24, 26, 28, 30, 32 und 34 der Online-Version (Frage 20 der Papier-Version) die abgefragten Maßnahmen zu ergänzen bzw. ihre Antworten zu erläutern. Die Abgefragten Maßnahmen sind in Tabelle 15 genannt, einen Überblick über die Beurteilung der Maßnahmen gibt Abbildung 111 im Anhang (Kapitel 6.6.3.5).

Für die meisten Maßnahmen war die Kombination aus „sinnvoll“ und „praktikabel“ die häufigste, lediglich für die Maßnahmen „Beauftragung einer Werft für Auftragen, Anschleifen und Entfernen der Beschichtung“, „Auftragen der Beschichtung durch Sprühen nur von einer Werft durchführen lassen“ und „Auftragen der Beschichtung durch Sprühen im Freien nur unter Verwendung eines Windfangs“ wurde am häufigsten die Kombination „nicht sinnvoll“ und „nicht praktikabel“ gewählt (Abbildung 46). Die Gründe hierfür werden in den folgenden Abschnitten diskutiert.

Abbildung 46: Beurteilung der Maßnahmen „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung durch eine Werft / einen Bootsservice“, „Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur von einer Werft, Bootsservice o.ä.“ und „Verwendung eines Windfangs, falls die Beschichtung in Freien durch Sprühen aufgetragen wird“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind.[a)]

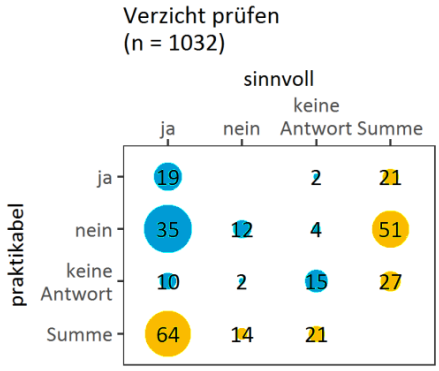


[a)] Aufgetragen sind die 9 möglichen Kombinationen aus „ja“, „nein“ und „keine Antwort“ hinsichtlich „sinnvoll“ und „praktikabel“. Angegeben ist jeweils die Anzahl der Antworten in Prozent, unterlegt mit einem blauen Kreis, dessen Größe proportional zur jeweiligen Zahl ist. Zusätzlich ist die Summe der Antworten pro Zeile und Spalte angegeben, unterlegt mit einem gelben Kreis, dessen Größe proportional zur jeweiligen Zahl ist.

Quelle: eigene Darstellung BfG

Für die Prüfung, ob der Verzicht auf ein Antifouling-Produkt möglich ist, wurde am häufigsten die Kombination „sinnvoll“, aber „nicht praktikabel“ angegeben (Abbildung 47). Einige Teilnehmer/innen merkten dazu an, dass ihnen Grundlagen fehlten, anhand deren sie die Möglichkeit des Verzichts überprüfen können.

Abbildung 47: Beurteilung der Maßnahme „Prüfen, ob der Verzicht auf ein Antifouling-Produkt möglich ist“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist.



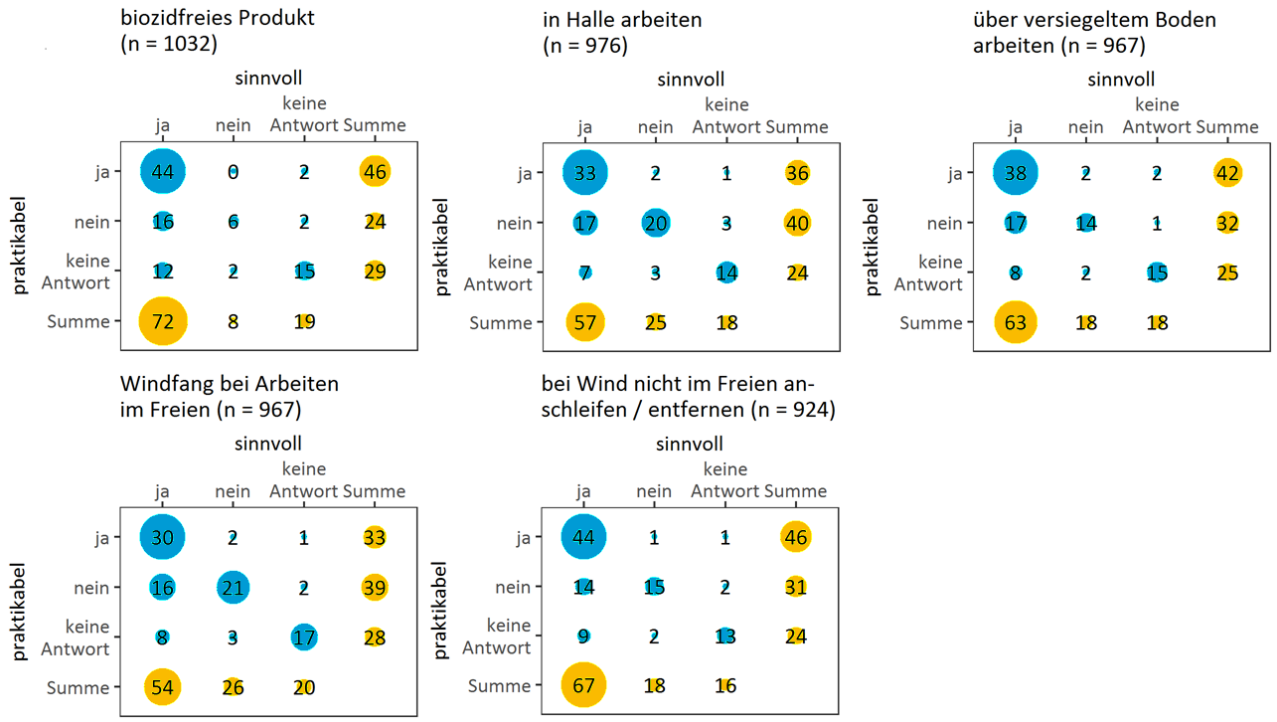
Quelle: eigene Darstellung BfG

Die Praktikabilität der Maßnahmen wird durch das Verschneiden der Aspekte „sinnvoll“ und „praktikabel“ zum Teil maskiert. Bei der Betrachtung der Summe der Antworten zu „praktikabel“ und „nicht praktikabel“ fällt auf, dass einige Maßnahmen, für die die häufigste Kombination „sinnvoll“ und „praktikabel“ war, nur bedingt praktikabel sind:

Die Verwendung eines biozidfreien Antifouling-Produkts, die Nutzung einer Halle oder eines Arbeitsplatzes mit versiegeltem Boden, die Nutzung eines Windfangs und bei Wind nicht im Freien zu schleifen ist nur für ca. 30 - 50% der Teilnehmer praktikabel, das Arbeiten in einer Halle und die Verwendung eines Windfangs ist sogar für mehr Teilnehmer (38% - 42%) nicht praktikabel als praktikabel

(32% - 36%) (Abbildung 48). Biozidfreie Produkte zu verwenden haben 72% der Teilnehmer/innen als sinnvoll, aber nur 46% auch als praktikabel eingestuft - Ursachen hierfür könnten ein mögliches Misstrauen gegenüber der Wirksamkeit, schwierigere Verarbeitung sowie ein ggf. höherer zeitlicher Mehraufwand bei der Reinigung sein. Die Gründe für die übrigen Maßnahmen werden in den folgenden Abschnitten diskutiert.

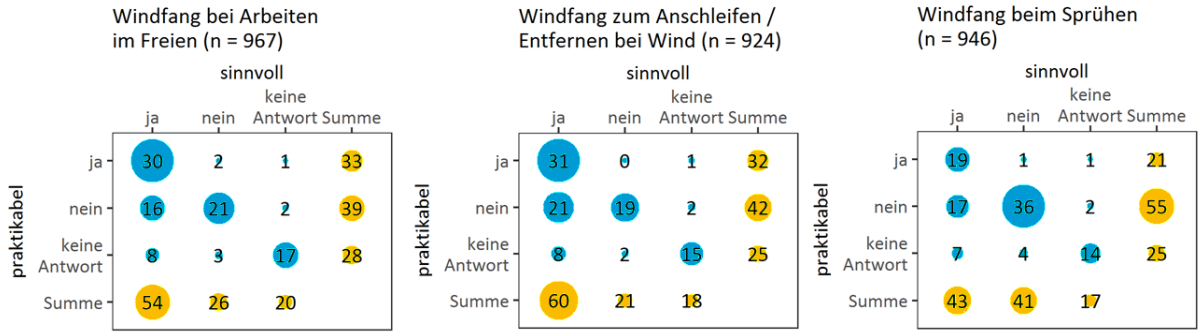
Abbildung 48: Beurteilung der Maßnahmen „Prüfen, ob die Verwendung eines biozidfreien Antifouling-Produkts möglich ist“, „in einer Halle mit versiegeltem Boden arbeiten“ „im Freien auf einem Arbeitsplatz über versiegeltem Boden arbeiten“, „Verwendung eines Windfangs bei Arbeiten im Freien“ und „Bei Wind die Antifouling-Beschichtung nicht im Freien anschleifen und/oder entfernen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Bezüglich der Verwendung eines Windfangs wurden widersprüchliche Antworten gegeben: die generelle Verwendung eines Windfangs bei Arbeiten im Freien sowie seine Verwendung beim Schleifen wurden zu 50% - 60% als sinnvoll und zu 20% - 25% als nicht sinnvoll angesehen sowie jeweils zu ca. 30% als praktikabel und zu ca. 40% als nicht praktikabel. Im Gegensatz wurde seine Verwendung beim Auftragen von Farbe durch Sprühen nur zu ca. 40% als sinnvoll angesehen und zu 54% als nicht praktikabel (Abbildung 49). Wie weiter unten diskutiert, dürfte der Grund hauptsächlich darin liegen, dass in den meisten Fällen Antifouling-Produkte nicht durch Sprühen aufgetragen werden (siehe oben).

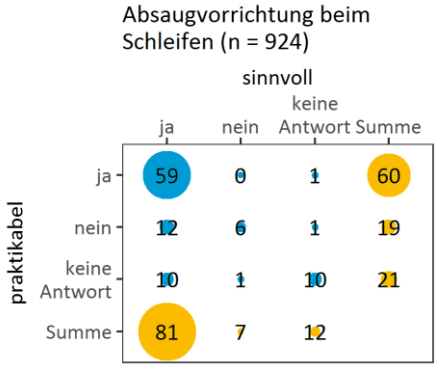
Abbildung 49: Beurteilung der Verwendung eines Windfanges bei Arbeiten im Freien allgemein, falls bei Wind geschliffen wird und falls die Antifouling-Beschichtung durch Sprühen aufgetragen wird, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Die Verwendung einer Absaugvorrichtung wurde von 81% der Teilnehmer/innen als sinnvoll, aber nur von 60% auch als praktikabel bewertet (Abbildung 50) - ein möglicher Grund hierfür könnten die damit verbundenen Anschaffungskosten sein.

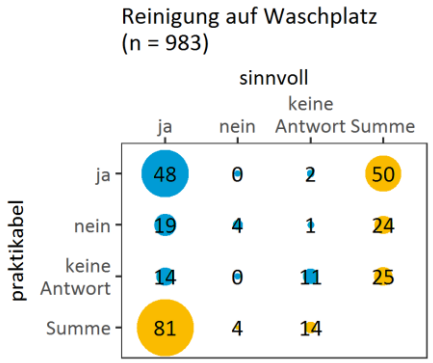
Abbildung 50: Beurteilung der Verwendung einer Absaugvorrichtung beim Schleifen, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Auch die generelle Bereitschaft einen Waschplatz zu nutzen ist vorhanden (81% der Teilnehmer/innen halten dies für sinnvoll); jedoch wird dies von nur 50% der Teilnehmer/innen auch als praktikabel eingestuft (Abbildung 51). Mögliche Ursachen könnten geringe Verfügbarkeit von Waschplätzen und/oder auch hier hohe Anschaffungskosten bzw. nicht ausreichend vorhandener Platz sein. Laut Anmerkungen der Teilnehmer/innen können sich vor allem kleinere Häfen und Vereine aus Platz- und Kostengründen häufig keinen Waschplatz leisten.

Abbildung 51: Beurteilung der Verwendung einer Absaugvorrichtung beim Schleifen, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Für die Maßnahmen, die häufiger „nicht sinnvoll“ als „sinnvoll“ oder häufiger „nicht praktikabel“ als „praktikabel“ beurteilt wurde, sollten die Gründe dafür untersucht werden. Dafür wurden im Folgenden weitere Fragestellungen ausgewertet.

4.3.4.10.2 Unterscheidung der Praktikabilität danach, ob relevante Arbeitsschritte selbst durchgeführt wurden

Zunächst wurde untersucht, ob die Beurteilung abhängig davon ist, ob die Arbeitsschritte „Boot reinigen“, „vorhandene Beschichtung entfernen“, „vorhandene Beschichtung anschleifen“ bzw. „neue Beschichtung auftragen“ selbst durchgeführt werden. Die relevanten Arbeitsschritte, die für jede Maßnahme untersucht wurden, sind in Tabelle 15 aufgelistet.

Tabelle 15: Maßnahmen, deren Sinn und Praktikabilität abgefragt wurden, und die Arbeitsschritte, für die die Beurteilung der Maßnahmen jeweils ausgewertet wurden.

Material / Einrichtung	Relevante selbst durchgeführte Arbeiten			
	Reinigung des Bootsrumpfs	Auftragen der neuen Beschichtung	Anschleifen der vorhandenen Beschichtung	Entfernen der vorhandenen Beschichtung
Prüfen, ob der **Verzicht auf ein Antifouling-Produkt möglich** ist (z.B. wenn das Boot nur sehr kurz im Wasser ist oder wenn es regelmäßig bewegt wird, so dass ein Biofilm abgespült wird, bevor starker Bewuchs entsteht)	x	x	x	x
Prüfen, ob die Verwendung eines **biozidfreien Antifouling-Produkts möglich** ist (z.B. anhand des Bewuchsdrucks im Revier und des Aktivitätsgrads des Bootes)	x	x	x	x
Falls ein biozidhaltiger Anstrich nicht verzichtbar ist: Auswahl eines **möglichst gering konzentrierten Produkts** (angepasst an Revier und Aktivität)	x	x	x	x

Material / Einrichtung	Relevante selbst durchgeführte Arbeiten			
	Reinigung des Boots-rumpfs	Auftragen der neuen Beschichtung	Anschleifen der vorhan-denen Be-schichtung	Entfernen der vorhan-denen Be-schichtung
Bei **selbst-erodierender Beschichtung**: Auswahl eines **anderen Farbtons bei Neu-anstrich**, so dass anhand des Farbwechsels erkannt werden kann, wenn sich die oberste Beschichtung erschöpft hat	x	x	x	x
Reinigung des Bootsrumpfs bzw. Entfer-nung von Bewuchs auf einem **Waschplatz** mit Partikelabscheidung und Abwasser-entsorgung	x			
Waschwasser nicht auf den ungeschütz-ten Boden oder ins Hafenbecken gelangen lassen	x			
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Anti-fouling-Beschichtung **durch einen Bootsservice, eine Werft** o.ä.		x		
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Anti-fouling-Beschichtung nur in einer **Halle** mit **versiegeltem Boden** (z.B. Betonplatte)		x	x	x
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Anti-fouling-Beschichtung im **Freien** nur über **versiegeltem Boden** (z.B. Betonplatte)		x	x	x
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Anti-fouling-Beschichtung im **Freien** nur mit Schutz des **unversiegelten Bodens** mit einer **Plane**		x	x	x
Verwendung eines **Windfangs** (z.B. Plane, mobile Stellwand, Zelt) bei Auftra-gen/Anschleifen/Entfernen der Antifou-ling-Beschichtung im **Freien**		x	x	x
Aufrühren bzw. Anmischen der Antifou-ling-Farben auf/über einer geeigneten **Auffangwanne**		x		
Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch **Sprühen** nur unter Verwendung eines **Windfangs** (z.B. Plane, mobile Stell-wand, Zelt)		x		
Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch **Sprühen** nur **von Werft, Bootsser-vice o.ä.**		x		
Verwendung einer **Absaugvorrichtung** bei Schleifarbeiten			x	x

Material / Einrichtung	Relevante selbst durchgeführte Arbeiten			
	Reinigung des Bootsrumpfs	Auftragen der neuen Beschichtung	Anschleifen der vorhandenen Beschichtung	Entfernen der vorhandenen Beschichtung
Falls die Beschichtung **bei Wind im Freien** angeschliffen oder entfernt wird, Verwendung eines **Windfangs** (z.B. Plane, mobile Stellwand, Zelt)			x	x
Bei Wind die Beschichtung **nicht im Freien anschleifen oder** entfernen			x	x
Gründliche Reinigung des Arbeitsplatzes nach den Arbeiten, um Verwehung von Farbpartikeln oder Verteilung (z.B. durch Regen) zu vermeiden		x	x	x
Entsorgung von Farbresten, die Sie nicht für einen späteren Anstrich aufheben, **gemäß Herstellerangaben und örtlichen Vorschriften**		x		
Entsorgung von entfernter Farbe/Bewuchs, und **schmutzigen** Werkzeugen, Lappen und Planen **gemäß örtlichen Vorschriften**		x	x	x
Falls Pinsel ausgewaschen werden: Lösungsmittel **auffangen** und gemäß örtlichen Vorschriften **entsorgen**		x		
Rückstände auf Lappen, Planen etc. **trocknen lassen** und nicht auswaschen		x		
Sichere Lagerung der Antifouling-Produkte, d.h. überdacht und mit festem Boden / Auffangwanne		x		

Die Ergebnisse sind in Abbildung 112 bis Abbildung 133 im Anhang (Kapitel 6.6.3.5) dargestellt.

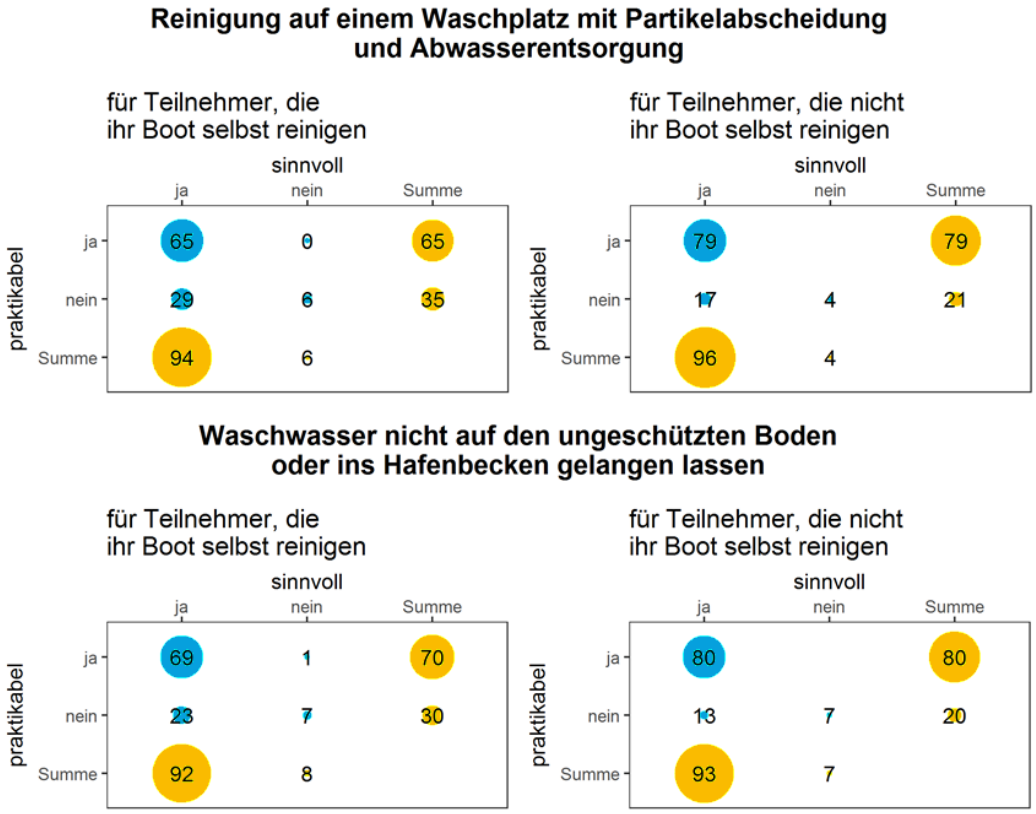
Grundsätzlich haben die Teilnehmer/innen, die die relevanten Arbeiten nicht selbst durchführen, die Fragen, ob die Maßnahmen aus ihrer Sicht sinnvoll und/oder praktikabel sind, häufiger nicht beantwortet als die Teilnehmer/innen, die die Arbeiten selbst durchführen; vor allem die Teilnehmer/innen, die ihr Boot nicht selbst reinigen und die ihre Beschichtung nicht selbst auftragen (Abbildung 112 bis Abbildung 133, jeweils Abbildung a)). Abgesehen davon ist die Verteilung der Antwortmöglichkeiten zwischen Teilnehmern, die die relevanten Arbeiten selbst durchführen und denen, die sie nicht selbst durchführen größtenteils vergleichbar.

Werden die Antwortkombinationen, bei denen entweder „sinnvoll“ oder „praktikabel“ nicht beantwortet wurde, nicht beachtet, fällt bei einem Vergleich der „ja“- und „nein“-Antworten (in Abbildung 112 bis Abbildung 133 jeweils Abbildung b)), folgendes auf (genannt werden im Folgenden die Arbeiten, die für die jeweilige Maßnahme relevant sind und bei denen sich die Abweichung der größeren Summe um 10% oder mehr unterscheidet):

Für die Teilnehmer/innen, die ihr Boot nicht selbst reinigen, ist es jeweils zu 80% praktikabel, dies auf einem **Waschplatz mit Partikelabscheidung und Abwasserentsorgung** zu tun und das **Waschwas-**

ser nicht auf den ungeschützten Boden oder ins Hafenbecken gelangen zu lassen. Für Teilnehmer/innen, die ihre Boote selbst reinigen, sind diese beiden Maßnahmen nur zu 65% bzw. 70% praktikabel (Abbildung 52). Vermutlich sind für letztere Teilnehmer/innen entsprechend ausgerüstete Waschplätze schwerer erreichbar bzw. weniger häufig eine Infrastruktur vorhanden, die verhindert, dass Waschwasser auf ungeschützten Boden bzw. ins Hafenbecken gelangt, während die Teilnehmer/innen, die die Reinigung ihrer Boote Werften überlassen, wissen oder davon ausgehen, dass diese entsprechend ausgestattet sind.

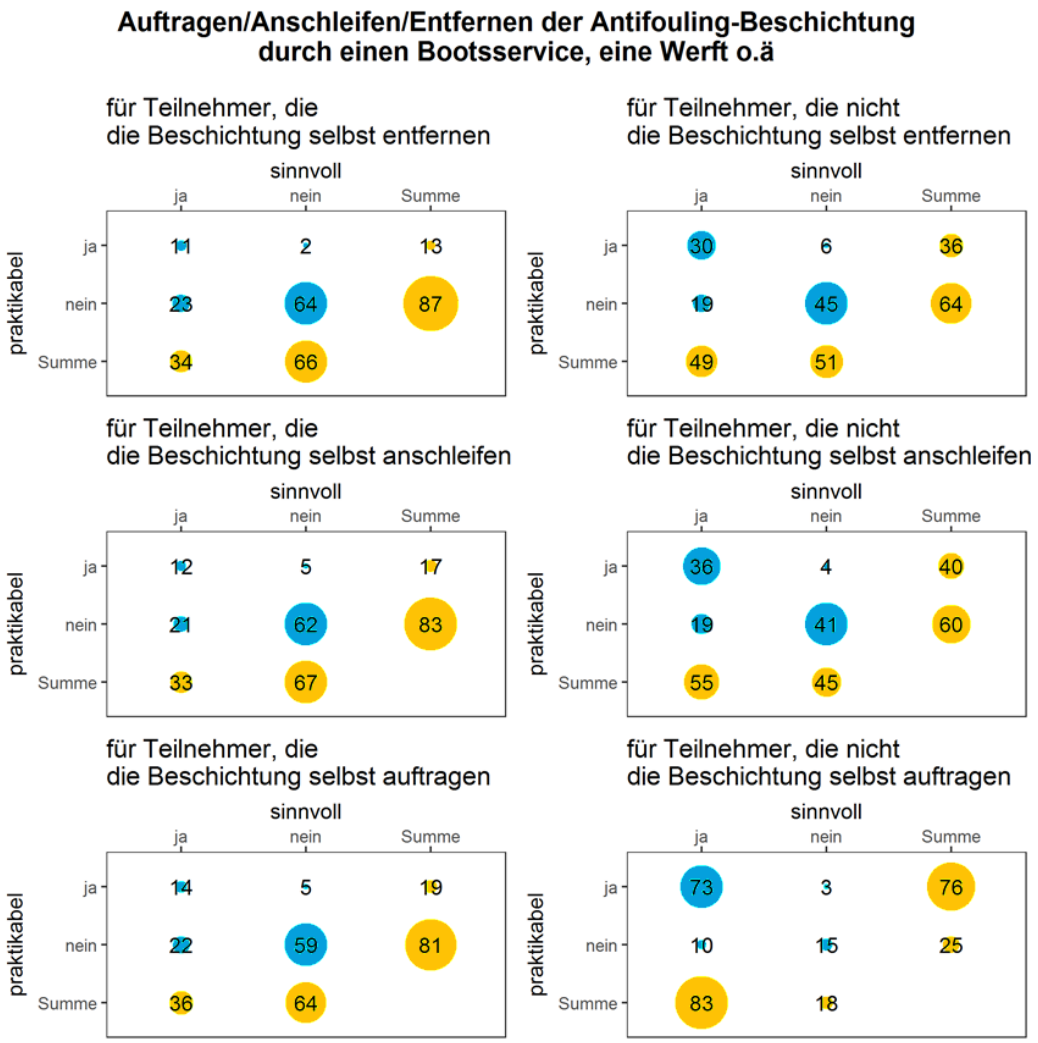
Abbildung 52: Beurteilung der Maßnahmen „Reinigung des Bootsrumpfs bzw. Entfernung von Bewuchs auf einem Waschplatz mit Partikelabscheidung und Abwasserentsorgung“ und „Waschwasser nicht auf den ungeschützten Boden oder ins Hafenbecken gelangen lassen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind, durch Teilnehmer/innen, die ihr Boot selbst reinigen oder nicht.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Während die Teilnehmer/innen, die diese Arbeiten selbst durchführen, es vorwiegend als nicht sinnvoll (64 – 67%) und nicht praktikabel (81 – 87%) beurteilt haben, zum Auftragen, Anschleifen und/oder Entfernen der Antifouling-Beschichtung **einen Bootsservice / eine Werft** zu **beauftragen**, haben die Teilnehmer/innen, die sie nicht selbst durchführen, diese Maßnahme zu einem größeren Anteil als sinnvoll (49 – 83% gegenüber 34 – 36%) und praktikabel (36 – 76% gegenüber 13 – 19%) beurteilt; diejenigen die die Beschichtung nicht selbst auftragen, haben die Maßnahme sogar überwiegend als sinnvoll und praktikabel beurteilt (Abbildung 53). Vermutlich geben sie deshalb diese Arbeiten in Auftrag.

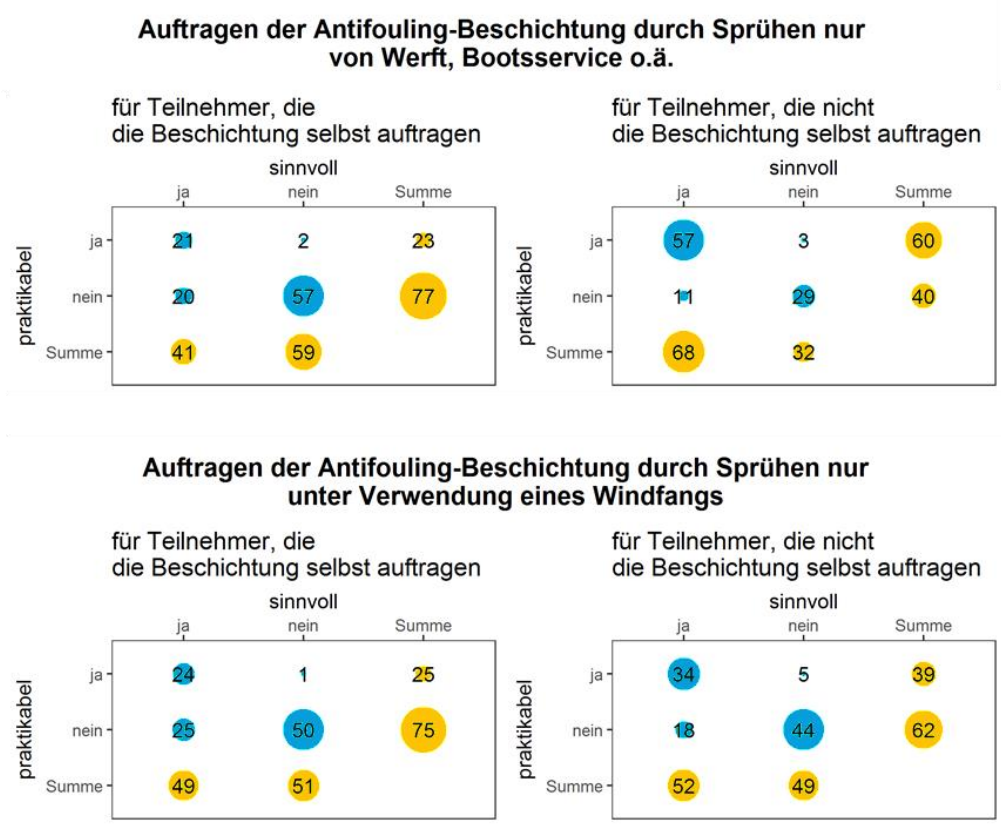
Abbildung 53: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung durch einen Bootsservice eine Werft o.ä.“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Eine **Werft** zu beauftragen, falls die Antifouling-Beschichtung **durch Sprühen aufgetragen** wird, war entsprechend ebenfalls für Teilnehmer/innen, die ihre Beschichtung nicht selbst auftragen, eher sinnvoll und praktikabel (68% bzw. 60%) als für Teilnehmer/innen, die dies selbst tun (41% bzw. 23%). Auch die „**Verwendung eines Windfangs**, falls die Beschichtung **durch Sprühen aufgetragen** wird“ ist für Teilnehmer/innen, die ihre Beschichtung nicht selbst auftragen, eher praktikabel ist als für Teilnehmer/innen, die dies selbst tun (s.u.) (Abbildung 54).

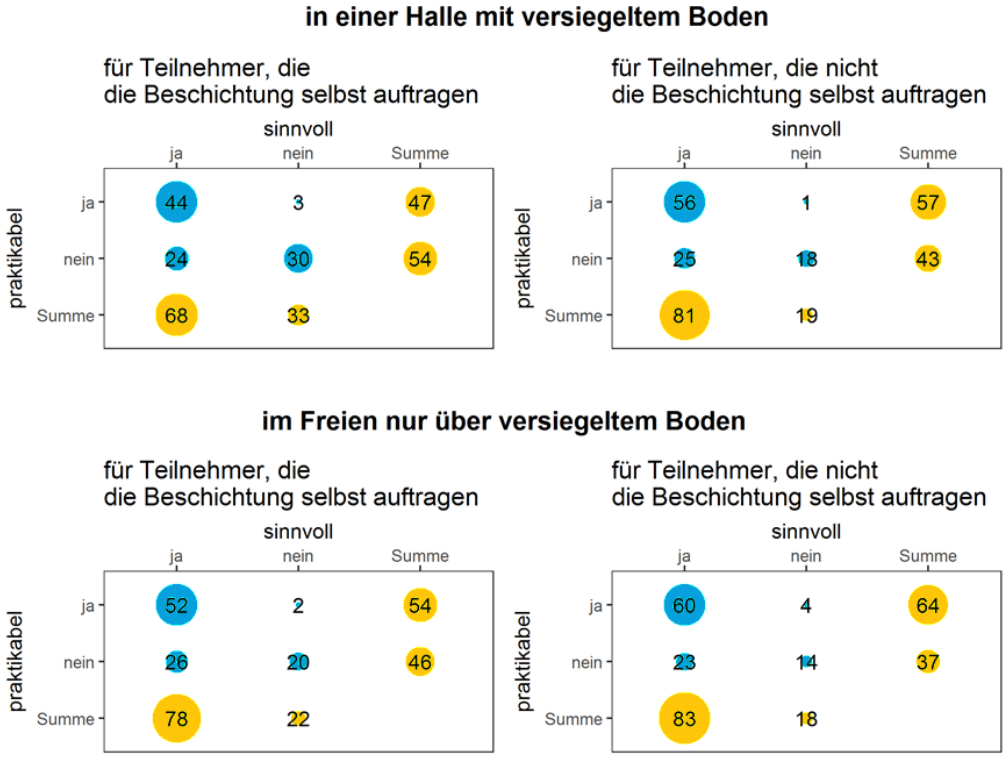
Abbildung 54: Beurteilung der Maßnahmen „Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur von einer Werft, Bootsservice o.ä.“ und „Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur unter Verwendung eines Windfangs“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Für die Teilnehmer, die ihre Antifouling-Beschichtung selbst auftragen, ist es häufiger nicht praktikabel, die Arbeiten **in einer Halle** oder **im Freien über versiegeltem Boden** durchzuführen als für die Teilnehmer, die sie nicht selbst auftragen (Abbildung 55). Wie auch im nächsten Abschnitt diskutiert, müssten Hallen, die allen Booten, an denen gleichzeitig gearbeitet wird, ausreichend Platz bieten sollen, zu groß dimensioniert sein. Möglicherweise beauftragen die Teilnehmer/innen, die ihre Beschichtung nicht selbst auftragen, häufig Werften, die in einer Halle oder im Freien über versiegeltem Boden arbeiten. Zudem finden es unter denen, die ihre Beschichtung nicht selbst auftragen, mehr Teilnehmer/innen sinnvoll, in einer Halle oder im Freien über versiegeltem Boden zu arbeiten als unter denen, die sie selbst auftragen. Möglicherweise delegieren sie deshalb die Arbeiten an andere Personen, denen dies evtl. möglich ist.

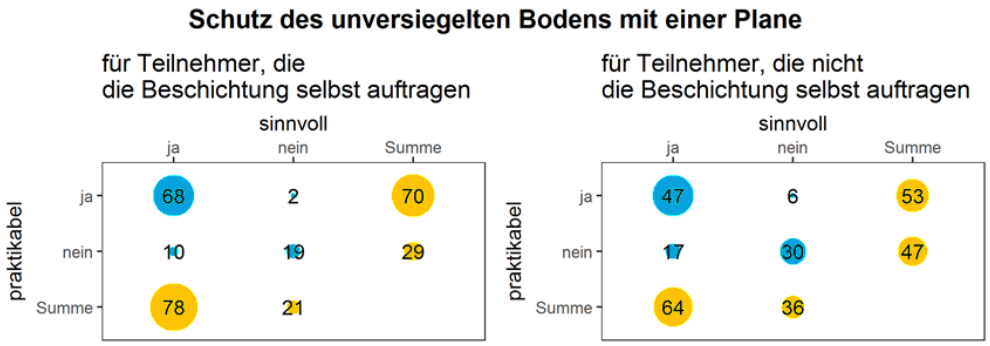
Abbildung 55: Beurteilung der Maßnahmen „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung in einer Halle mit versiegeltem Boden“ und „Auftragen / Anschleifen / Entfernen der Antifouling-Beschichtung im Freien nur über versiegeltem Boden“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Den **unversiegelten Boden mit einer Plane zu** schützen wurde von einem höheren Anteil der Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen, als sinnvoll und praktikabel bewertet als von Teilnehmern/innen, die sie nicht selbst auftragen (Abbildung 56). Möglicherweise gehen die Bootsbesitzer/innen, die die relevanten Arbeiten von anderen (z.B. Werften/Bootsservices) durchführen lassen, häufig davon aus, dass diese über befestigtem Boden arbeiten, so dass die Verwendung einer Plane nicht notwendig und damit nicht sinnvoll oder praktikabel ist.

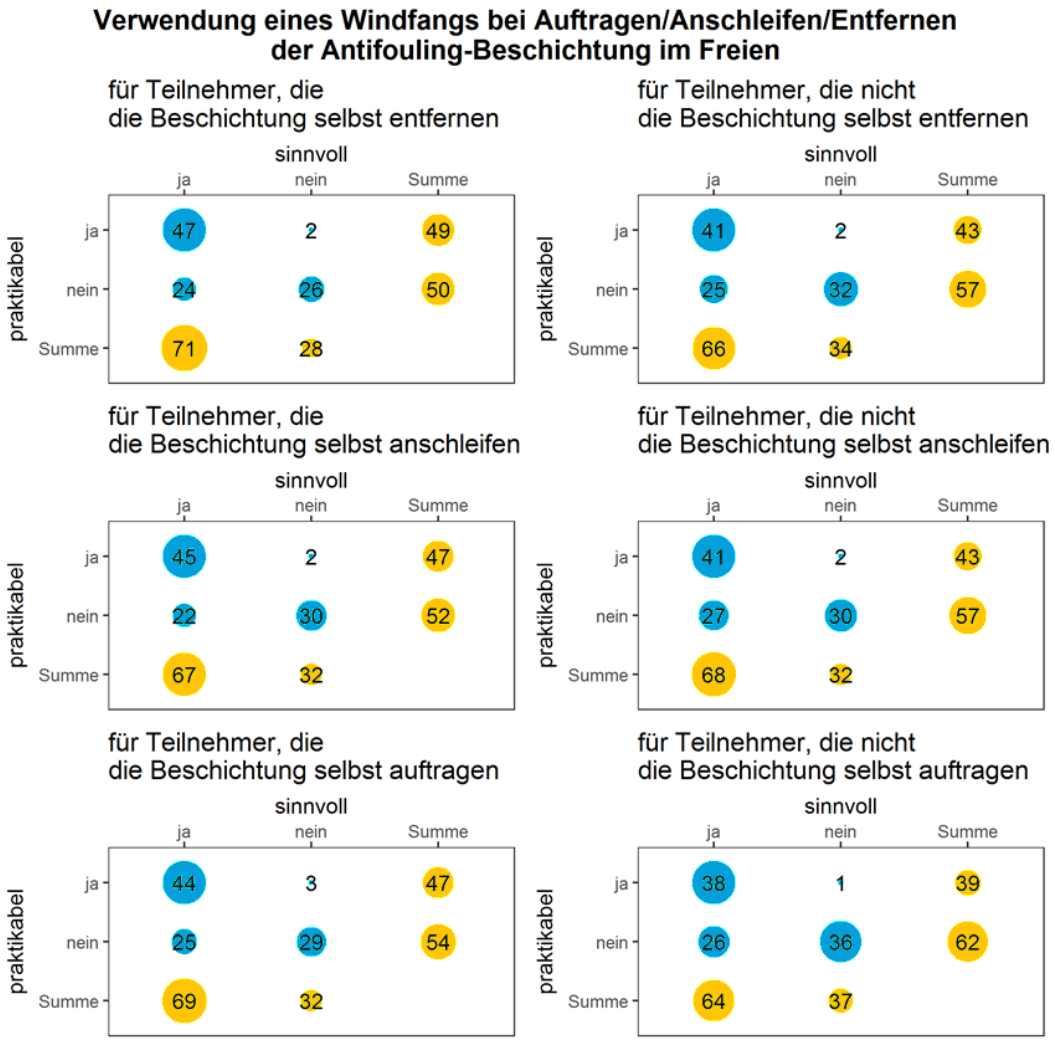
Abbildung 56: Beurteilung der Maßnahme „Schutz des unversiegelten Bodens mit einer Plane“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht.



Quelle: eigene Darstellung BfG

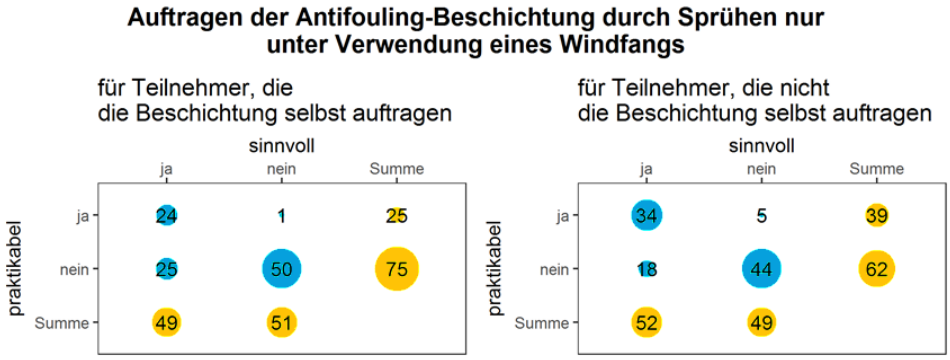
Für die Verwendung eines **Windfangs** waren die Antworten auch bei getrennter Betrachtung von Teilnehmern/innen die relevante Arbeitsschritte selbst durchführen und denen, die sie nicht selbst durchführen, widersprüchlich: Die Verwendung eines Windfangs **beim Auftragen/Entfernen/Anschleifen der Beschichtung im Freien** ist für die Teilnehmer/innen, die diese Arbeitsschritte selbst durchführen, allgemein noch eher praktikabel (47 - 49%) als für die Teilnehmer/innen, die sie nicht selbst durchführen (39 – 43%) (Abbildung 57). Die Verwendung eines Windfangs **wenn die Beschichtung durch Sprühen aufgetragen wird** ist jedoch für Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen weniger praktikabel (25%) als für die, die sie nicht selbst auftragen (39%) (Abbildung 58). Hier könnte es, wie oben angesprochen und im nächsten Abschnitt diskutiert, sein, dass „nicht praktikabel" sich darauf bezieht, dass die Teilnehmer die Beschichtung nicht durch Sprühen auftragen. Auch wenn die Beschichtung **im Freien bei Wind** angeschliffen bzw. entfernt wird, ist die Verwendung eines Windfangs für weniger Teilnehmer, die die Beschichtung selbst entfernen, weniger praktikabel (41 – 42%) als für die Teilnehmer, die dies nicht selbst tun (45 – 46%) (Abbildung 59).

Abbildung 57: Beurteilung der Maßnahme Verwendung eines Windfangs beim „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im Freien", ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht.



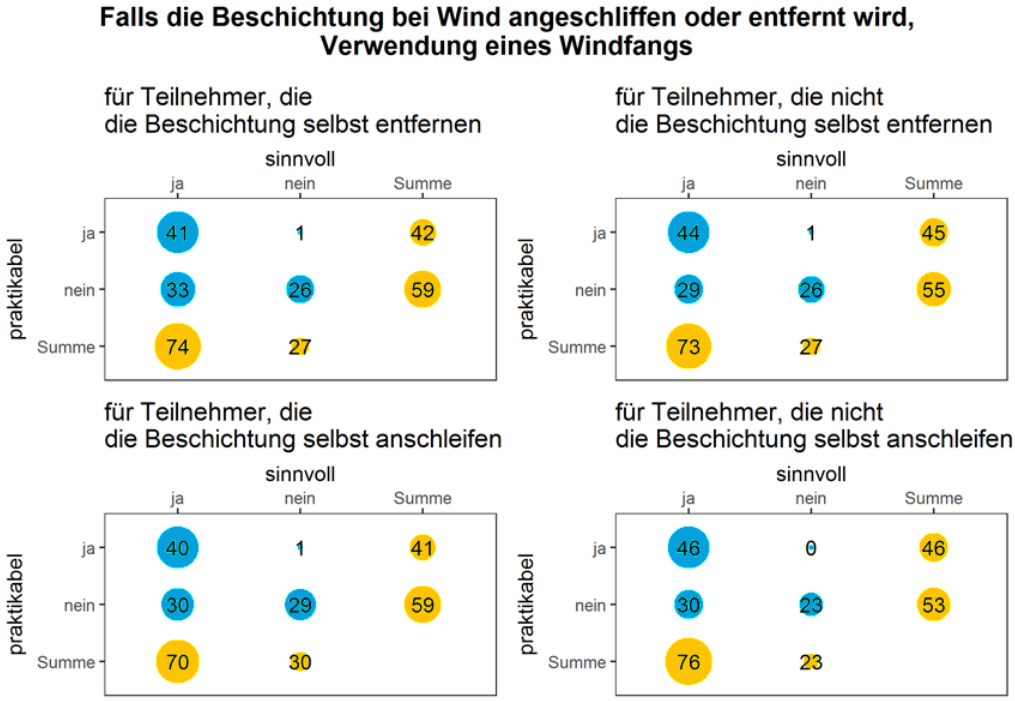
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 58: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur unter Verwendung eines Windfangs“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht.



Quelle: eigene Darstellung BfG

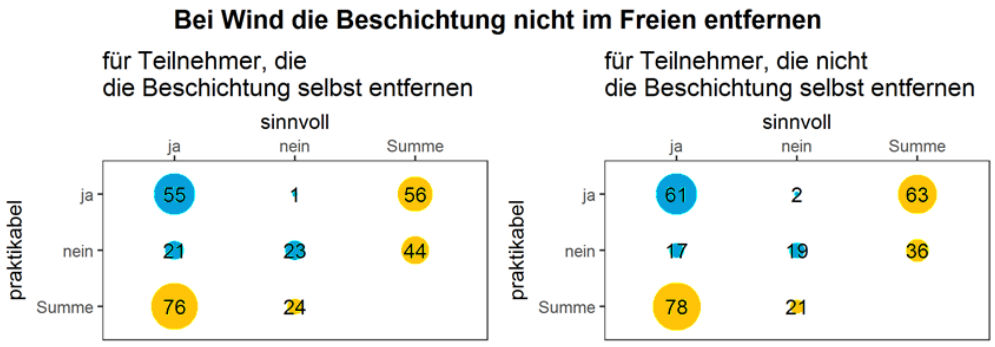
Abbildung 59: Beurteilung der Maßnahme „Falls die Beschichtung bei Wind angeschliffen oder entfernt wird, Verwendung eines Windfangs“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen oder anschleifen bzw. nicht.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Bei Wind die Beschichtung nicht im Freien zu entfernen ist für Teilnehmer/innen, die ihre Beschichtung selbst entfernen weniger praktikabel als für Teilnehmer/innen, die sie nicht selbst entfernen (Abbildung 60).

Abbildung 60: Beurteilung der Maßnahme „bei Wind die Beschichtung nicht im Freien entfernen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Zusammenfassend wurden die meisten Maßnahmen von Teilnehmer/innen, die relevante Arbeiten nicht selbst durchführen, häufiger als praktikabel und sinnvoll bewertet als von Teilnehmern, die Arbeiten selbst durchführen. Für sie entsteht neben Kosten für die Beauftragung von Dritten kein weiterer Aufwand.

4.3.4.10.3 Prüfung, ob die Praktikabilität vorrangig vom Vorhandensein relevanter Materialien / Einrichtungen abhängt

Um zu überprüfen, ob die Praktikabilität der Maßnahmen, die häufiger „nicht praktikabel“ als „praktikabel“ beurteilt wurden, vorrangig vom Vorhandensein relevanter Materialien und/oder Einrichtungen abhängt, wurden die Antworten auf die Frage, ob eine Maßnahme für die Teilnehmer/innen praktikabel ist mit den Antworten auf die Frage, ob eine Einrichtung/Material im Hafen oder erreichbarer Nähe vorhanden ist, verglichen. Dabei wurden nur die Antworten der Teilnehmer/innen berücksichtigt, die mindestens einen relevanten Arbeitsschritt selbst durchführen.

Im ersten Schritt wurden Paare von Maßnahmen und dafür relevanten Einrichtungen und Arbeitsschritten gebildet. Sie sind in der linken und mittleren Spalte von Tabelle 17 aufgelistet. In der rechten Spalte sind die relevanten Arbeiten für die jeweiligen Maßnahmen aufgelistet. Bei der Auswertung wurden die Teilnehmer/innen berücksichtigt, die mindestens eine der relevanten Arbeiten selbst durchgeführt haben.

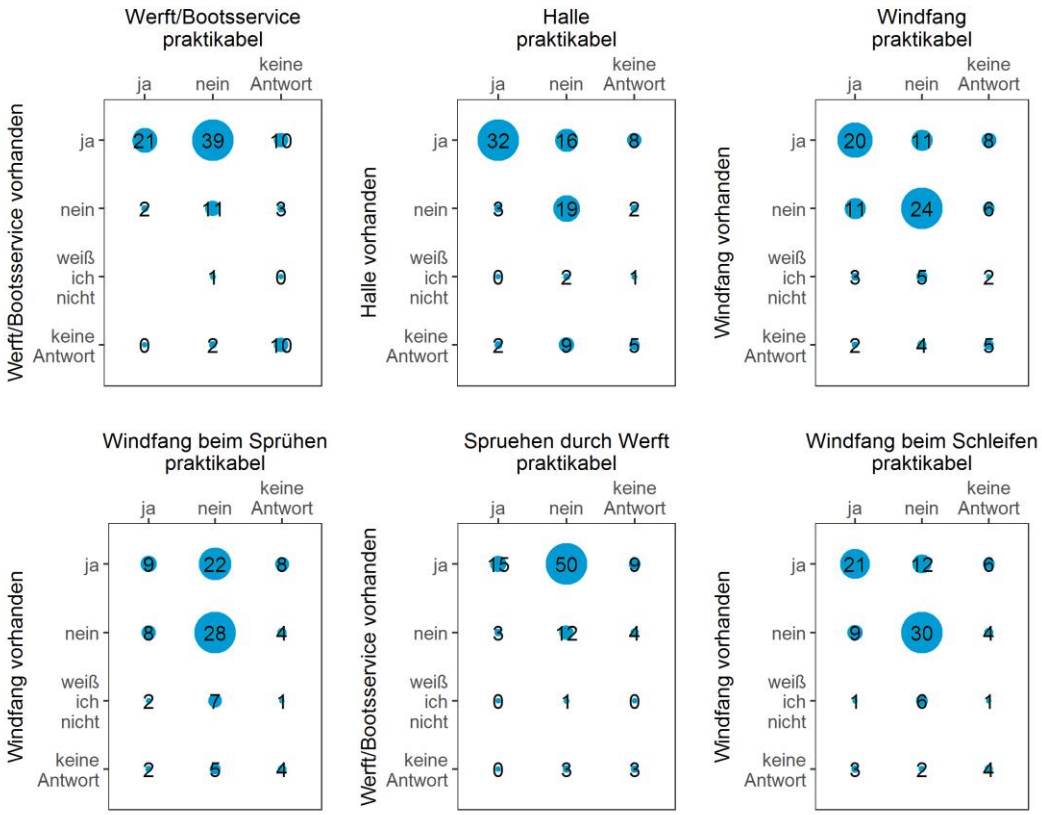
Tabelle 16: Maßnahmen und relevante Einrichtungen/Materialien, für die untersucht wurde, ob die Praktikabilität einer Maßnahme hauptsächlich von ihrem Vorhandensein abhängt.

Material / Einrichtung	Relevante Materialien / Einrichtungen	Relevante selbst durchgeführte Arbeiten
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung **durch einen Bootsservice, eine Werft o.ä.**	**Bootsservice, Werft** o. ä.	Auswertung aller Teilnehmer
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung nur in einer **Halle** mit versiegel**tem Boden** (z.B. Betonplatte)	Eine **Halle o.ä. als (Arbeits-)platz** für Anstrich- und Ausbesserungsarbeiten	- Auftragen der neuen Beschichtung - Anschleifen der vorhandenen Beschichtung - Entfernen der vorhandenen Beschichtung
Verwendung eines **Windfangs** (z.B.	Plane, mobile Stellwand,	- Auftragen der neuen Beschichtung

Material / Einrichtung	Relevante Materialien / Einrichtungen	Relevante selbst durchgeführte Arbeiten
Plane, mobile Stellwand, Zelt) bei Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im **Freien**	Zelt o.ä. als **Windfang**	- Anschleifen der vorhandenen Beschichtung - Entfernen der vorhandenen Beschichtung
Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch **Sprühen** nur unter Verwendung eines **Windfangs** (z.B. Plane, mobile Stellwand, Zelt)	Plane, mobile Stellwand, Zelt o.ä. als **Windfang**	Auftragen der neuen Beschichtung
Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch **Sprühen** nur von **Werft, Bootsservice o.ä.**	**Bootsservice, Werft** o. ä.	Auftragen der neuen Beschichtung
Falls die Beschichtung **bei Wind im Freien angeschliffen oder entfernt** wird, Verwendung eines **Windfangs** (z.B. Plane, mobile Stellwand, Zelt)	Plane, mobile Stellwand, Zelt o.ä. als **Windfang**	- Anschleifen der vorhandenen Beschichtung - Entfernen der vorhandenen Beschichtung

In Abbildung 61 ist die Beurteilung der in Tabelle 16 genannten Maßnahmen in Abhängigkeit vom Vorhandensein der relevanten Materialien zusammengefasst.

Abbildung 61: Beurteilung der Praktikabilität der überwiegend als nicht praktikabel beurteilten Maßnahmen abhängig davon, ob relevante Materialien/Einrichtungen im Hafen oder erreichbarer Umgebung vorhanden sind.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Das **Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung durch einen Bootsservice, eine Werft o.ä.** durchführen zu lassen, war für die meisten Teilnehmer/innen nicht praktikabel, obwohl eine Werft vorhanden war. Allerdings sind mit der Nutzung einer Werft Kosten verbunden, die sich viele Bootsbesitzer vermutlich nicht leisten können. Außerdem wurde angemerkt, dass die Kapazitäten der Werften nicht für alle Boote reichen würden und dass die Besitzer/innen gerne den Zustand ihres Boots selbst überprüfen und beurteilen möchten.

Auch für das **Auftragen** der Antifouling-Beschichtung **durch Sprühen eine Werft** zu **beauftragen** war für die meisten Teilnehmer/innen nicht praktikabel, obwohl eine Werft vorhanden war. Zusätzlich zu den oben genannten Gründen ging aus der Mehrheit der Anmerkungen hervor, dass es nicht üblich ist, Antifouling-Beschichtungen aufzusprühen, sondern sie per Rolle oder Pinsel aufzutragen. Durch den Sprühnebel ist der Verbrauch von Farbe höher und ohne entsprechende Schutzvorkehrungen bestünde die Gefahr, dass Farbe auf andere Boote gelangt. Zudem wäre Sprühen für Privatpersonen zu aufwändig, da benötigtes Equipment zu teuer wäre.

Die **Nutzung einer Halle als Arbeitsplatz** war zwar überwiegend für die Teilnehmer/innen nicht praktikabel, bei denen keine Halle vorhanden war, für fast genauso viele Teilnehmer/innen war sie aber auch nicht praktikabel obwohl eine Halle vorhanden war. Der Grund dafür dürfte vor allem sein, dass an mehr Booten gleichzeitig gearbeitet wird als Platz in der Halle ist. Mangels ausreichend verfügbarem Arbeitsplatz in Hallen könnte es auch nicht praktikabel sein, die **Beschichtung bei Wind nicht im Freien anzuschleifen oder zu entfernen**. Dies dürfte vor allem in Revieren mit wenigen windstillen Tagen, z.B. an den Küsten, eine Rolle spielen.

Die Nutzung eines **Windfangs beim Auftragen, Anschleifen oder Entfernen der Antifouling-Beschichtung im Freien allgemein** sowie **beim Schleifen** wurde überwiegend dann als nicht praktikabel beurteilt, wenn ein Windfang im Hafen oder erreichbarer Umgebung nicht vorhanden war. Für fast halb so viele Teilnehmer/innen war es allerdings auch nicht praktikabel einen Windfang zu verwenden, wenn einer vorhanden war. Gegen die Praktikabilität eines Windfangs könnte sprechen, dass dafür Platz benötigt wird, der gerade zu Stoßzeiten, wenn an vielen Boote im Hafen gearbeitet wird, nicht zur Verfügung steht oder dass er bei größeren Booten unhandlich groß dimensioniert sein müsste. Häufig wurde angemerkt, dass die Verwendung einer Absaugvorrichtung beim trockenen Schleifen bzw. nasses Schleifen verbunden mit Auffangen der herabtropfenden Flüssigkeit effektiver sei, um Biozideinträge in die Umwelt zu vermindern. **Für das Auftragen der Beschichtung durch Sprühen** einen Windfang zu verwenden war sogar für einen noch größeren Anteil der Teilnehmer/innen nicht praktikabel, die einen Windfang zur Verfügung hatten. Hier dürfte der Grund wieder darin liegen, dass Sprühen im privaten Bereich nicht üblich ist (siehe oben).

Für die genannten Maßnahmen hängt die Praktikabilität also zum Teil nicht primär vom Vorhandensein der relevanten Materialien und Einrichtungen, sondern von anderen Faktoren ab.

Ein großer Anteil der abgefragten Maßnahmen wurde als sinnvoll und praktikabel beurteilt. Diese können Bootsbesitzer/innen empfohlen werden, damit sie den Eintrag von Antifouling-Bioziden in die Gewässer reduzieren können. Sie wurden deshalb in den Entwurf für den praktischen Leitfaden (Kapitel 4.4) übernommen.

Einige Maßnahmen wurden zwar als sinnvoll, nicht aber als praktikabel beurteilt. Die Bewertung als „sinnvoll“ kann ein Indiz sein für eine generelle Bereitschaft eine Maßnahme zu nutzen. Die Beurteilung als nicht praktikabel kann z.B. in geringer Verfügbarkeit, hohen Anschaffungskosten oder schwieriger technischer Handhabung begründet sein. Hier ist es notwendig, Strategien zu entwickeln, um die Praktikabilität zu erhöhen, bzw., falls dies nicht möglich ist, alternative, praktikablere Maßnahmen zu finden. Für erstere könnten z.B. spezielle Förderprogramme oder die Anschaffung der Einrichtungen im Zusammenschluss mit anderen Vereinen sinnvoll sein. Als alternative und praktikablere Maßnah-

me kann die Verwendung einer Absaugvorrichtung beim Schleifen anstelle eines Windfangs genannt werden.

Die Ergebnisse zu biozidfreien Antifouling-Produkten zeigen deutlich, dass ein Bedarf nach mehr Informationsveranstaltungen/-material vorhanden ist, um ein größeres Vertrauen zu diesen Produkten zu schaffen. Nur 36% der Teilnehmer/innen erachten die Vergabe von Wartungsarbeiten an eine Werft als sinnvoll und praktikabel - dies bedeutet, dass ein Großteil der Teilnehmer/innen diese Aufgaben selbst durchführt. Vor diesem Hintergrund ist das Angebot von praktischen Hinweisen für einen praktikablen gewässerschonenden Umgang mit Antifouling-Produkten erforderlich.

4.3.4.11 Auswertung der abgefragten Alternativen zu biozidhaltigen Antifouling-Produkten

In Frage 35 der Online-Version (Frage 21 der Papier-Version) wurden die Teilnehmer/innen gefragt, ob sie die folgenden Alternativen zu biozidhaltigen Antifouling-Produkten kennen, ob sie sie bereits verwenden und ob sie sich vorstellen können, sie zu verwenden:

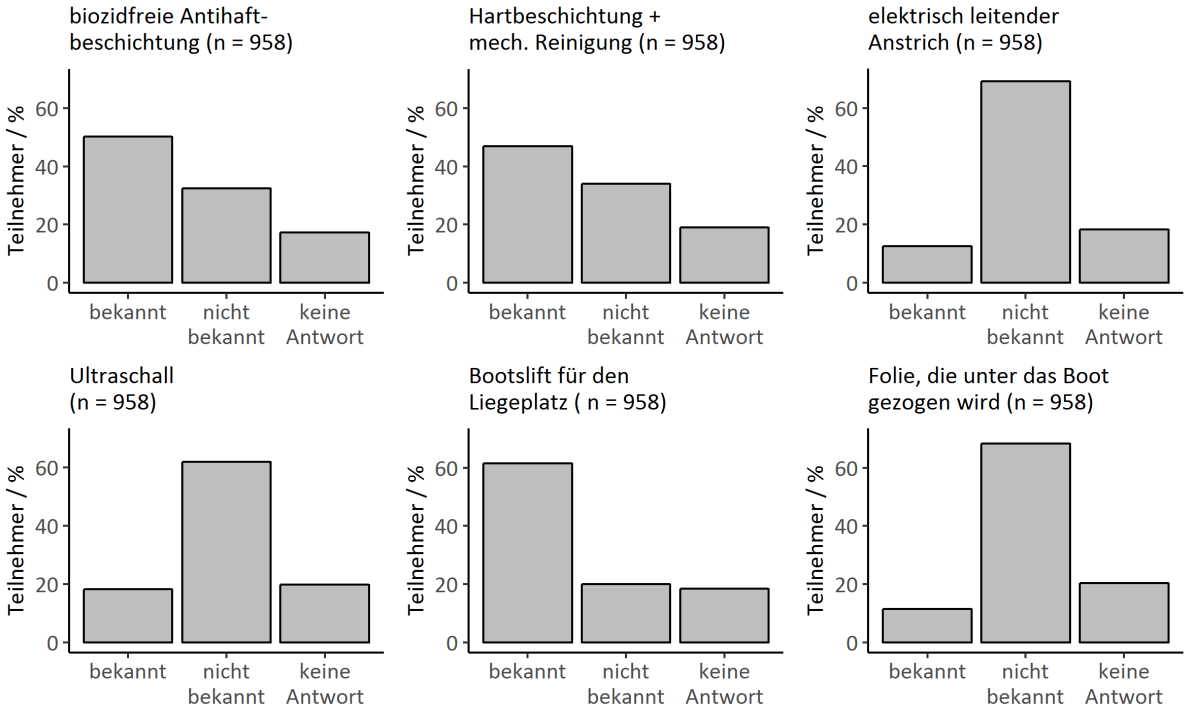
- biozidfreie Antihaftbeschichtung (z.B. auf Silikon- oder Teflonbasis)
- Hartbeschichtung kombiniert mit mechanischer Reinigung in Bootswaschanlagen oder per Hand
- elektrisch leitender Anstrich
- Hochfrequenzvibrationen (Ultraschall)
- Bootslift für den Liegeplatz, mit dem das Boot nach dem Anlegen über die Wasseroberfläche angehoben wird
- Kunststofffolie, die am Liegeplatz unter den Schiffsrumpf gezogen und leergepumpt wird.

Zu jeder Alternative konnten die Optionen „kenne ich“, „wende ich an“ und „kann ich mir vorstellen“ jeweils entweder mit „ja“ oder mit „nein“ beantwortet werden.

4.3.4.11.1 Bekanntheit der Alternativen

In Abbildung 62 sind die Antworten zur Bekanntheit der abgefragten Alternativen zusammengefasst.

Abbildung 62. Bekanntheit der Alternativen „Antihaftbeschichtung“, „Hartbeschichtung kombiniert mit mechanischer Reinigung“, „elektrisch leitender Anstrich“, „Hochfrequenzvibrationen (Ultraschall)“, „Bootslift für den Liegeplatz“ und „Kunststofffolie, die am Liegeplatz unter den Schiffsrumpf gezogen und dann leer gepumpt wird“.



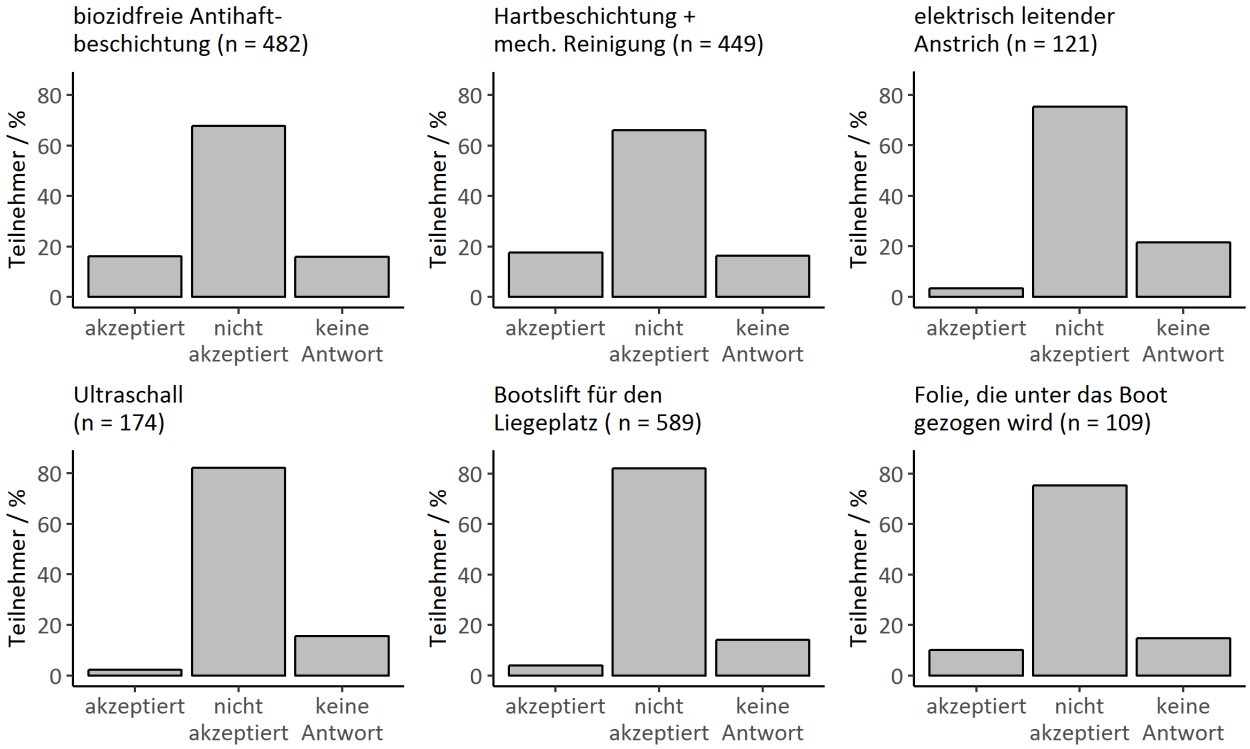
Quelle: eigene Darstellung BfG

Die Alternative „Bootslift für den Liegeplatz“ hat mit ca. 60% die größte Bekanntheit unter den Teilnehmern/innen, nur ca. 20% kennen ihn nicht und weitere ca. 20% haben keine Antwort gegeben. Ebenfalls eher bekannt als unbekannt sind die Alternativen “biozidfreie Antihaftbeschichtung“ und „Hartbeschichtung kombiniert mit mechanischer Reinigung“. Sie sind jeweils ca. 50% der Teilnehmer/innen bekannt, ca. 30% nicht bekannt und ca. 20% der Teilnehmer/innen haben nicht beantwortet, ob sie diese Alternativen kennen. Die übrigen Alternativen, „elektrisch leitender Anstrich“, „Hochfrequenzvibrationen (Ultraschall)“ und „Folie, die unter das Boot gezogen und dann leer gepumpt wird“, kennen jeweils nur ca. 10% - 20% der Teilnehmer/innen, ca. 60% - 70% kennen sie nicht und jeweils ca. 20% haben keine Antwort ausgewählt.

4.3.4.11.2 Akzeptanz der Alternativen

Die Akzeptanz der abgefragten Alternativen wurde aus ihrer Bekanntheit und Nutzung abgeleitet. Kannte ein/e Teilnehmer/in eine Alternative und hat sie genutzt, wurde sie als akzeptiert angesehen, kannte er/sie sie und hat sie nicht genutzt, wurde sie als nicht akzeptiert angesehen. Kannte ein/e Teilnehmer/in eine Alternative und hat nicht angegeben, ob er/sie sie nutzt, galt sie als nicht beantwortet. Das Ergebnis ist in Abbildung 63 dargestellt.

Abbildung 63. Akzeptanz der abgefragten Alternativen unter allen Umfrageteilnehmern/innen.



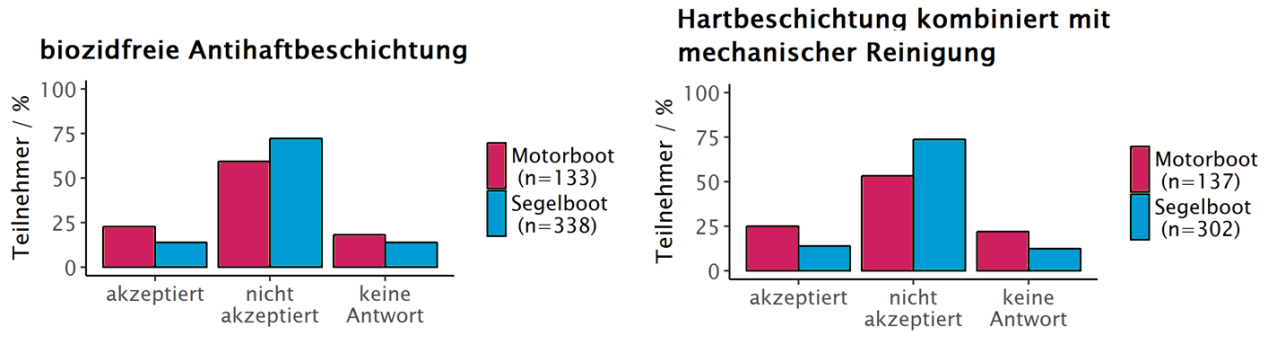
Quelle: eigene Darstellung BfG

Alle abgefragten Alternativen wurden überwiegend (ca. 60% - 80%) nicht akzeptiert. Nur 2% - 16% der Teilnehmer/innen, die diese Alternativen kannten, nutzten sie auch. Am ehesten wurden biozidfreie Antihaftbeschichtungen und die Hartbeschichtungen kombiniert mit mechanischer Reinigung verwendet. Diese Systeme ähneln in der Verarbeitung und Handhabung am ehesten dem der meisten, biozidhaltigen, Antifouling-Produkte.

Die Akzeptanz der abgefragten Alternativen unterteilt nach den verschiedenen in Kapitel 4.3.4.4 genannten Kriterien ist in Abbildung 134 bis Abbildung 139 im Anhang (Kapitel 6.6.3.6) dargestellt.

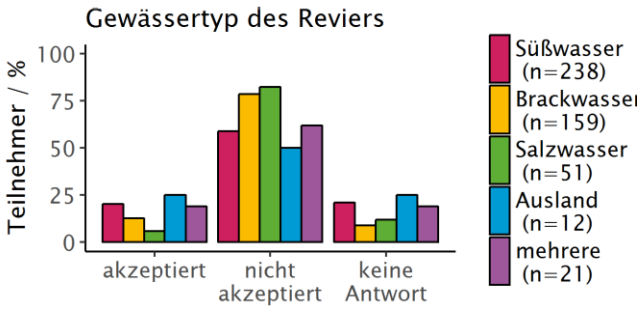
Biozidfreie Antihaftbeschichtungen und Hartbeschichtungen kombiniert mit mechanischer Reinigung wurden von Motorbootbesitzern/innen eher als von Segelbootbesitzern/innen akzeptiert (Abbildung 64). Ferner ist die Akzeptanz von biozidfreien Antihaftbeschichtungen in Süßwasserrevieren höher als im Brack- oder Salzwasser (Abbildung 65) - dies lässt sich vermutlich mit einem höheren Bewuchsdruck im Salzwasser begründen und somit eher dem Einsatz von biozidhaltigem Antifouling. Da sich Motorboote eher im Süßwasser, Segelboote eher im Brack- oder Salzwasser befinden (siehe Abbildung 25 in Kapitel 4.3.4.5), lässt sich durch den höheren Bewuchsdruck auch der geringere Einsatz von biozidfreien Antifouling-Anstrichen erklären. Die Akzeptanz von Hartbeschichtungen in Kombination mit mechanischer Reinigung nimmt mit zunehmender Länge des Bootes ab (Abbildung 66), was vermutlich auf einen erhöhten Reinigungsaufwand zurückzuführen ist. Die Akzeptanz gegenüber dieser Alternative steigt jedoch, je kürzer ein Boot im Wasser ist (bei Bootsbesitzern/innen, die ihr Boot nur zum Fahren ins Wasser einbringen liegt sie bei etwa 30%) (Abbildung 66) - dies liegt vermutlich daran, dass die Boote dann ohnehin öfter aus und ins Wasser gelassen werden und eine kurze Reinigung keinen deutlichen Mehraufwand bedeutet.

Abbildung 64. Akzeptanz der Alternativen „biozidfreie Antihaftbeschichtung“ und „Hartbeschichtung kombiniert mit mechanischer Reinigung“ unter Besitzer/innen von Motor- und Segelbooten.



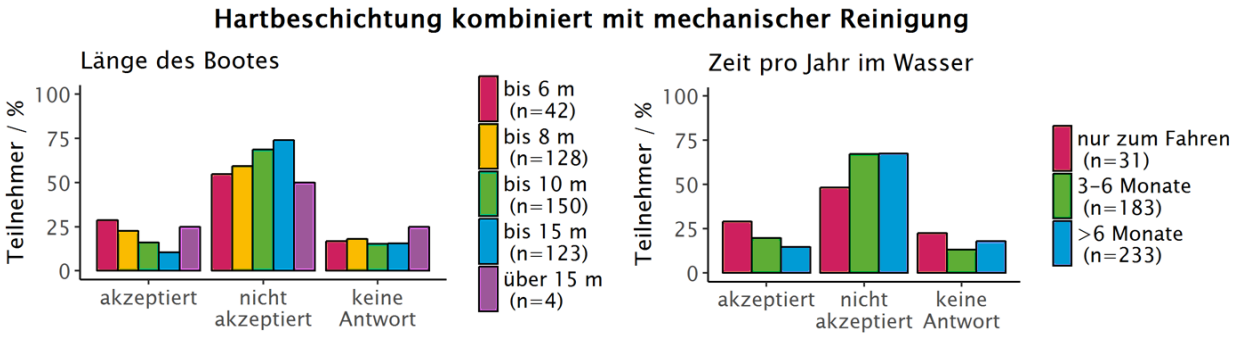
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 65. Akzeptanz der Alternative „biozidfreie Antihaftbeschichtung“ in Abhängigkeit vom Gewässertyp des Reviers.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 66. Akzeptanz der Alternative „Hartbeschichtung kombiniert mit mechanischer Reinigung“ abhängig von der Länge des Boots und der Zeit, die es sich pro Jahr im Wasser befindet.

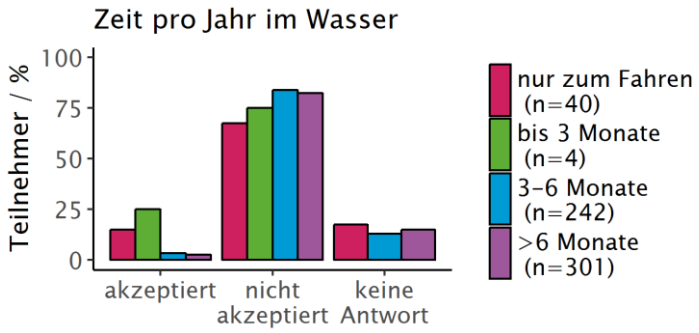


Quelle: eigene Darstellung BfG

Elektrisch leitende Anstriche (Abbildung 136) und Ultraschallsysteme (Abbildung 137) wurden von keiner Gruppe deutlich akzeptiert - dies liegt vermutlich daran, dass diese Systeme eher als „exotisch“ gelten und wenig verbreitet sind somit Vergleichswerte fehlen. Zudem ist der Einbau vermutlich deutlich aufwändiger und muss von einer Fachfirma durchgeführt werden. Bei Bootsliften zeigt sich in den meisten Fällen keine deutliche Akzeptanz bei einer Gruppe; nur bei Teilnehmern/innen, die ihr Boot nur zum Fahren im Wasser haben, zeigt sich hier eine höhere Akzeptanz (Abbildung 67); Bootslifte, wenn diese vorhanden sind, erleichtern hier dann vermutlich den Arbeitsaufwand. Die generelle ge-

ringe Akzeptanz von Bootsliften lässt sich jedoch vermutlich auf hohe Anschaffungskosten zurückführen.

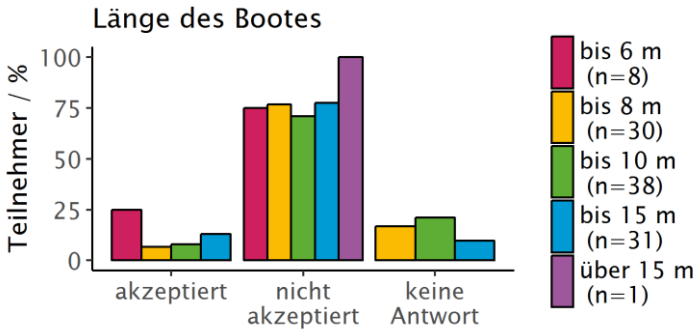
Abbildung 67. Akzeptanz der Alternative „Bootslift für den Liegeplatz“ abhängig von der Zeit, die sich Boote pro Jahr im Wasser befinden.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Auch für die Akzeptanz von Folien, die unter den Bootsrumpf gezogen und dann leer gepumpt werden (Abbildung 68) ist in den meisten Fällen keine Abhängigkeit von den untersuchten Kriterien erkennbar. Nur in Bezug auf die Länge des Bootes ist die Akzeptanz bei Besitzern/innen von kleinen Booten erhöht (allerdings ist hier wieder die geringe Anzahl Teilnehmer n=8 zu berücksichtigen) - vermutlich aufgrund eines geringeren Aufwands.

Abbildung 68. Akzeptanz der Alternative „Folie, die unter den Rumpf gezogen und dann leer gepumpt wird“ abhängig von der Länge des Bootes.



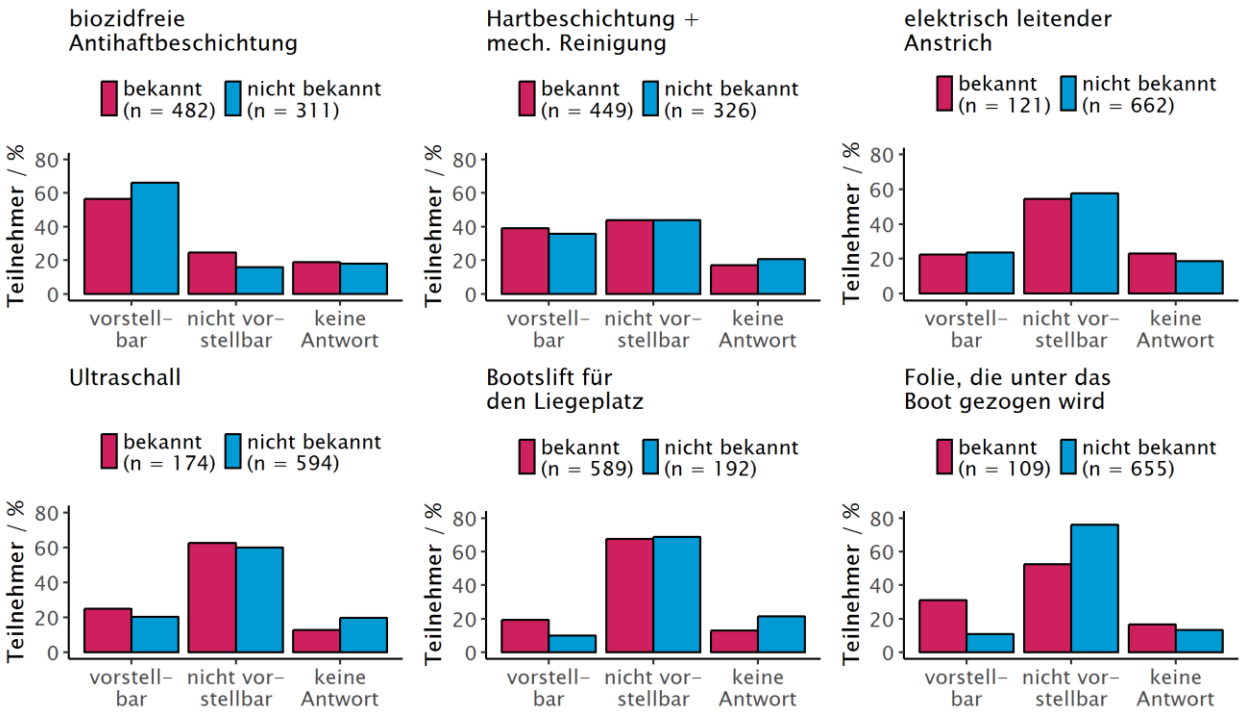
Quelle: eigene Darstellung BfG

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass eine generelle Akzeptanz besonders für alternative Antifouling-Beschichtungen (z.B. biozidfreie Beschichtungen, Hartbeschichtungen mit mechanischer Reinigung) zum Teil besteht - diese werden bereits von einigen Teilnehmern/innen genutzt; hier könnte ein Erfahrungsaustausch sowie Informationsmaterial zur Wirksamkeit dieser Strategien deren Verbreitung sicher begünstigen.

4.3.4.11.3 Alternativen, die Teilnehmer/innen sich vorstellen können anzuwenden

In Abbildung 69 ist der Anteil der Teilnehmer/innen, die sich vorstellen können, die abgefragten Alternativen anzuwenden bzw. nicht anzuwenden, unterteilt danach, ob sie diese kennen oder nicht dargestellt.

Abbildung 69. Anteil der Teilnehmer/innen, die sich vorstellen bzw. nicht vorstellen können, die abgefragten Alternativen anzuwenden, unterteilt danach, ob sie sie kennen.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Biozidfreie Antihaftbeschichtungen konnten sich die meisten Teilnehmer/innen (ca. 50%) vorstellen zu verwenden, ca. 20% konnten es sich nicht vorstellen. Die Verwendung einer Hartbeschichtung kombiniert mit mechanischer Reinigung konnten sich jeweils ca. 30% - 40% vorstellen, nicht vorstellen oder haben nicht geantwortet. Die übrigen Alternativen können sich nur jeweils ca. 20% der Teilnehmer/innen vorstellen zu verwenden, während es sich ca. 50% - 60% nicht vorstellen können. Für die meisten Alternativen spielte es keine Rolle, ob die Teilnehmer/innen sie kannten. Lediglich Folien, die unter das Boot gezogen und dann leer gepumpt werden, konnten sich Teilnehmer/innen, die diese Alternative kannten, eher vorstellen zu verwenden als die, die sie nicht kannten; biozidfreie Antihaftbeschichtungen konnten sich hingegen unter den Teilnehmer/innen, die sie kannten, ein geringerer Anteil vorstellen zu verwenden als unter denen, die sie kannten.

Vermutlich sind zu den Alternativen, die nicht auf Basis einer Beschichtung sind, wenig Erfahrungswerte unter den Teilnehmern/innen vorhanden; dafür spricht, dass sich Teilnehmer/innen, denen eine Maßnahme bekannt ist (z.B. Folie, die unter das Boot gezogen wird) sich diese als mögliche Alternative eher vorstellen können. Zur Installation mancher Alternativen ist vermutlich eine Fachfirma nötig sowie erhöhte Kosten; dies setzt die Bereitschaft auf diese Alternativen zurückzugreifen herab. Das Auftragen von Beschichtungen ist von den biozidhaltigen Antifouling-Produkten unter den Teilnehmern/innen bekannt und Systeme, die darauf beruhen somit eher vorstellbar. Die Verwendung von Antihaftbeschichtungen ist jedoch eher für die Teilnehmer/innen vorstellbar, die diese Systeme nicht kennen als unter denen, die sie kennen. Letztere könnten durch spezielle Anforderungen bei der Auftragung abgeschreckt sein.

4.3.4.12 Fazit

4.3.4.12.1 Fazit für den Leitfaden

Die Umfrage ist eine Grundlage für die Erarbeitung eines praktischen Leitfadens, in dem Bootsbesitzern/innen verschiedene Maßnahmen und Strategien vorgestellt werden, mit denen sie auf praktikable Weise dazu beitragen können, Biozideinträge aus Antifouling-Produkten in die Umwelt zu reduzieren.

Dafür wurden mit Hilfe der Umfrage verschiedene zuvor recherchierte Maßnahmen (siehe Kapitel 4.3.3) auf ihre Akzeptanz, Effizienz und Praktikabilität überprüft. Gleichzeitig wurde im Zuge dessen auch die derzeitige Anwendungspraxis von Antifouling-Produkten überprüft, um den Satus quo zu kennen, auf den der Leitfaden aufbaut.

Für die Nutzung verschiedener Materialien und Einrichtungen, die sich zur Reduzierung von Biozideinträgen eignen, lag die Akzeptanz dort, wo sie vorhanden waren, größtenteils zwischen 70% und 80%. Lediglich ein Windfang wurde nur von 50% der Teilnehmer/innen akzeptiert. Die Nutzung der Mehrheit dieser Materialien und Einrichtungen wird also im Leitfaden empfohlen werden.

Die Verfügbarkeit der entsprechenden Infrastruktur war jedoch nicht immer gegeben. Vor allem Informationsveranstaltungen und –materialien zum gewässerschonenden Umgang mit Antifouling-Produkten sowie Waschplätze sind häufig nicht verfügbar.

Der Großteil der abgefragten Maßnahmen wurde als sinnvoll und praktikabel bewertet. Für mehr Teilnehmer/innen nicht praktikabel als praktikabel war es:

- zu prüfen, ob der Verzicht auf ein Antifouling-Produkt möglich ist,
- für das Auftragen, Anschleifen und Entfernen der Beschichtung einen Bootsservice, eine Werft o.ä. zu beauftragen,
- diese Arbeiten in einer Halle mit versiegeltem Boden durchzuführen,
- falls die Beschichtung durch Sprühen aufgetragen wird dabei einen Windfang zu verwenden oder eine Werft dafür zu beauftragen,
- die Verwendung eines Windfangs, wenn die Beschichtung bei Wind im Freien aufgetragen wird.

Die für diese Maßnahmen benötigte Infrastruktur war meisten vorhanden, daher hing ihre Praktikabilität primär von anderen Faktoren ab.

Da der Leitfaden möglichst viele Anregungen zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten für möglichst vielfältige Bedingungen und Voraussetzungen enthalten soll, werden die meisten Infrastrukturen und Maßnahmen in den Leitfaden mit den folgenden Ausnahmen übernommen.

Für die Prüfung, ob der Verzicht auf ein Antifouling-Produkt möglich ist, gaben viele Teilnehmer an, dass ihnen dafür eine Grundlage fehlt. Im Leitfaden wird daher versucht, den Lesern/innen Orientierungshilfen dafür an die Hand zu geben.

Im Fall der Beauftragung einer Werft dürften die damit verbundenen Kosten eine Rolle spielen, wie auch einige Teilnehmer/innen kommentierten. Die Beauftragung einer Werft wurde zudem von ebenso vielen Teilnehmer/innen als „nicht sinnvoll“ wie als „sinnvoll“ bewertet. Auch in einer ähnlichen Umfrage der British Coatings Federation wurde von den Teilnehmer/innen angemerkt, dass die Kosten für sie eine bedeutende Rolle spielten, ebenso war ein Fazit, dass gut geschulte Bootsbesitzer bei Beachtung entsprechender Vorsichtsmaßnahmen ebenso erfolgreich Einträge in die Umwelt reduzieren könnten wie professionelle Anwender (British Coatings Federation 2016). Daher wird im Leitfa-

den nicht generell empfohlen einen Bootsservice oder eine Werft für die Arbeiten am Boot zu beauftragen, sondern dort, wo es ihnen selbst nicht möglich ist gewässerschonend zu arbeiten.

Die Verwendung eines Windfangs hat sich aus verschiedenen Gründen als nicht praktikabel erwiesen und zudem wurde sowohl in der Umfrage als auch im Workshop (siehe Kapitel 4.5) mehrfach angemerkt, dass die Verwendung von Absaugvorrichtungen handlicher und effizienter sei. Auch das Arbeiten in einer Halle ist für viele Teilnehmer/innen nicht praktikabel, möglicherweise da sie weniger Platz bietet als Boote gleichzeitig bearbeitet werden sollen und weil die Arbeiten Staub produzieren, der sich unerwünscht auf die Boote legt. Daher wird im Leitfaden zunächst empfohlen Schleifmaschinen oder Abziehklingen mit Absaugvorrichtung zu verwenden. Falls wirksame Absaugvorrichtungen nicht zur Verfügung stehen, wird das Arbeiten möglichst in einer Halle oder im Freien mit Zelt, mobiler Stellwand, Plane o.ä. als Windfang oder im Windschatten eines Gebäudes empfohlen. Falls auch dies nicht möglich ist, wird empfohlen, bei Wind auf Anschleifen oder Entschichten im Freien zu verzichten.

Die Maßnahmen, die sich auf das Aufsprühen der Beschichtung beziehen, wurden größtenteils als nicht praktikabel bewertet. In den Anmerkungen zeigte sich, dass Antifouling-Beschichtungen von Privatpersonen nicht oder nur in seltenen Fällen durch Sprühen aufgetragen werden. Daher werden die Maßnahmen, die mit der Applikation durch Sprühen verbunden sind, im Leitfaden nicht übernommen.

Alternativen zu biozidfreien Antihaftbeschichtungen waren nur 10% bis 50% der Teilnehmer bekannt und wurden von maximal 20% der Teilnehmer genutzt. Einige Teilnehmer haben kommentiert, dass sie von diesen Alternativen noch nicht kannten, sie aber gerne ausprobieren würden. Der Leitfaden wird daher ein Kapitel beinhalten, in dem diese Alternativen vorgestellt werden und in dem auf Projekte, die deren Grad ihrer Wirksamkeit und mögliche Anwendungsbereiche verwiesen wird.

4.3.4.12.2 Allgemeines Fazit

Da bestimmte Einrichtungen und Materialien in den Häfen nur wenig verfügbar sind, dort aber genutzt werden, sollten Strategien entwickelt und gefördert werden, wie diese Infrastruktur in mehr Häfen installiert werden bzw. mehr Bootsbesitzern zugänglich gemacht werden kann. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass „nur“ abgefragt wurde, ob die Einrichtungen „bereits“, also mindestens einmal genutzt wurden, nicht jedoch ob sie regelmäßig genutzt werden. Es wurden also auch Bootsbesitzer erfasst, die eine Einrichtung einmal ausprobiert, aber danach nicht weiter genutzt haben. Vor einer großflächigen Einführung wäre es daher sinnvoll die Akzeptanz an einigen Orten zu testen.

Die Umfrage hat gezeigt, dass Informationen zu gewässerschonender Verwendung von Antifouling-Produkten in Form von Informationsveranstaltungen und -material nur wenigen Teilnehmern zur Verfügung stehen. Daher sollte das Informationsangebot künftig erweitert werden. Da aktuell verfügbare Veranstaltungen und Materialien von einem größeren Anteil fünfzig- bis sechzigjähriger als jüngerer und älterer Teilnehmer genutzt werden, sollten dabei Informationswege genutzt werden, die auch die jüngeren und älteren Bootsbesitzer ansprechen. Um jüngere Personen zu erreichen, könnten dafür zum Beispiel Medien wie Internet, Apps, Videos u.ä. eingesetzt werden.

Sowohl für die Verfügbarmachung von Infrastruktur als auch die Vermittlung von Informationen wurden auf dem Workshop (siehe Kapitel 4.5) im Rahmen eines Worldcafés bereits einige Ideen zusammengetragen.

4.4 Arbeitspaket IV: Erarbeitung eines praktischen Leitfadens zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Basierend auf den Erkenntnissen der vorangegangenen Arbeitspakete und des Workshops in Koblenz (Vgl. Kap. 4.5) wurde ein Konzept für einen Leitfaden zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten erarbeitet. Der nachfolgende Text stellt die Basis eines Leitfadens dar, der im Nach-

gang des Forschungsvorhabens durch das Umweltbundesamt veröffentlicht werden wird. Nach aktuellem Stand werden bei der Veröffentlichung des Leitfadens weitere Aspekte Berücksichtigung finden.

4.4.1 Einleitung

Der Schutz von Unterwasserflächen vor Bewuchs (Englisch: Biofouling) ist ein Thema mit hoher wirtschaftlicher und ökologischer Bedeutung. In der Regel erfolgt dieser Schutz durch die Anwendung von speziellen Beschichtungen – sogenannten Antifouling-Beschichtungen. Dabei wird zwischen biozidhaltigen Antifouling-Beschichtungen, also solchen, die biozide Wirkstoffe enthalten und biozidfreien Antifouling-Beschichtungen, also reinigungsfähigen, aber auch weiteren biozidfreien Beschichtungssystemen unterschieden.

Dieser Leitfaden soll Bootsbesitzerinnen und -besitzer über das Thema biozidhaltige Antifouling-Beschichtungen informieren, deren Auswirkungen auf die Umwelt erläutern, die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Verwendung darstellen und praktische Tipps geben, wie Risiken für die Umwelt durch die Anwendung reduziert werden können.

Der **erste Teil** des Leitfadens enthält allgemeine Informationen über Bewuchs, Antifouling und die Umweltrisiken, die durch die Anwendung von Antifouling entstehen. Anschließend wird das europäische Zulassungsverfahren von Antifouling-Produkten vorgestellt.

Im **Hauptteil** des Leitfadens werden verschiedene Möglichkeiten vorgestellt, mit denen Sie als Bootsbesitzerin und Bootsbesitzer dazu beitragen können, Umweltrisiken durch biozidhaltige Antifouling-Produkte zu vermindern, und damit die Möglichkeit haben, aktiv am Gewässerschutz mitzuwirken. Vor dem Hintergrund, dass es in Deutschland ca. 3.000 Spotboothäfen und –vereine mit über 200.000 Liegeplätzen gibt, macht dieser Beitrag einen erheblichen Anteil am Gewässerschutz aus. Die Kapitel in diesem Teil sind jeweils unterteilt in rechtliche Vorschriften, die bereits im Umgang mit Antifouling-Produkten gelten (als „verbindlich“ markiert) sowie darüber hinaus gehende Empfehlungen und Möglichkeiten zum gewässerschonenden Umgang mit Antifouling-Produkten (als „vorbildlich“ markiert).

Für letztere haben wir Bestimmungen und Empfehlungen zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten recherchiert und im Rahmen einer Umfrage unter Bootsbesitzern und Bootsservices/Werften im Sommer 2017 auf ihre Akzeptanz und Praxistauglichkeit untersucht. Die dabei resultierenden praktikablen Möglichkeiten haben wir in diesem Leitfaden zusammengestellt. Ebenso wurden konstruktive Diskussionen von Vertretern verschiedener Interessengruppen (Sportbootvereinen, Umweltorganisationen, Forschung, Industrie und Behörden) während eines Workshops im September 2017 ausgewertet und sind in diesem Leitfaden mit eingeflossen.

Der Leitfaden ist nicht als bindende Vorschrift zu verstehen, sondern als möglichst umfassende Sammlung von Informationen und Ratschlägen, um Ihnen als Bootsbesitzerinnen und Bootsbesitzern Anregungen für verschiedene Situationen bieten zu können. Da es aufgrund der individuellen Voraussetzungen in den verschiedenen Revieren und auf den einzelnen Booten nicht die eine Lösung für optimalen Bewuchsschutz gibt, lassen Sie sich von dem Leitfaden inspirieren, tauschen Sie sich mit anderen Bootsbesitzerinnen und Bootsbesitzern in Ihrem Revier oder Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eines ansässigen Bootsservice aus und probieren Sie die Hinweise aus, die für Ihre Situation sinnvoll und praktikabel erscheinen.

Falls Sie Anmerkungen oder Ergänzungen zu dem Leitfaden haben, melden Sie sich gerne, damit wir sie in einer Neuauflage aufnehmen können.

Eine knappe Zusammenfassung des Leitfadens „für unterwegs“ finden Sie beiliegend als Poster und Flyer.

4.4.2 Hintergrund

4.4.2.1 Was ist Bewuchs?

Boote, die im Wasser liegen, werden innerhalb kurzer Zeit mit Bakterien besiedelt. Sie bilden einen Biofilm (Weichfouling), auf dem später Algen, Seepocken und Muscheln (Hartfouling) wachsen. Insgesamt wird der Bewuchs als "Fouling" bezeichnet. Die gewässerchemischen Bedingungen, die einen Bewuchs begünstigen oder verlangsamen, werden als hoher/niedriger Bewuchsdruck bezeichnet. Ein hoher Bewuchsdruck bedeutet dabei gute Lebensbedingungen für Organismen und somit verstärktes „Fouling". Besonders im Bereich der (kommerziellen) Seeschifffahrt hat Bewuchs erhebliche ökonomische und ökologische Auswirkungen: Der Strömungswiderstand der Schiffe wird erheblich gesteigert, was zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch und somit Schadstoffausstoß führt; zudem können in verstärktem Maße Organismen in Regionen verbreitet werden, die dort nicht natürlich vorkommen (Neobiota) und das ökologische Gleichgewicht stören. Der Aspekt des erhöhten Strömungswiderstands ist im Sportbootbereich weniger relevant, jedoch kommen auch hier biozidhaltige Antifouling-Beschichtungen zum Einsatz, um Bewuchs zu verhindern und Bootsrümpfe vor Beschädigung zu schützen. Gerade in ökologisch empfindlichen Bereichen von Gewässern können Biozide jedoch weitreichende Auswirkungen auf das ökologische Gleichgewicht haben. Oftmals ist der Bewuchsdruck im Süßwasser geringer als im Salzwasser und biozidfreie Antifouling-Beschichtungen stellen eine Alternative zu biozidhaltigen dar.

4.4.2.2 Wie kann Bewuchs verhindert werden?

Zum Schutz vor Bewuchs werden die Bootsrümpfe üblicherweise mit Antifouling-Beschichtungen behandelt, die das Ansiedeln von Organismen verhindern sollen. Dabei wird zwischen biozidhaltigen Antifouling-Beschichtungen, also solche die biozide Wirkstoffe enthalten und biozidfreien Antifouling-Beschichtungen, also reinigungsfähige aber auch weiteren biozidfreien Beschichtungssystemen unterschieden. Antifouling-Produkte wirken dabei auf zwei verschiedene Weisen: Entweder werden aufwachsende Organismen durch Biozide abgetötet oder das Anhaften von Organismen wird durch spezielle Oberflächenbeschichtungen verhindert.

4.4.2.3 Warum ist Antifouling ein Problem für Mensch und Umwelt?

Die meisten Antifouling-Produkte enthalten Biozide, die sich nach und nach aus den Oberflächen herauslösen und darüber die Ansiedlung von Organismen unterbinden. Die Biozide wirken, indem sie die Bewuchsorganismen abtöten oder ihnen auf andere Weise schaden. Neben den sogenannten Zielorganismen können dabei aber auch weitere im Gewässer lebende Organismen geschädigt werden.

Ab etwa der Mitte des 20. Jahrhunderts wurden, häufig aufgrund ihrer hohen Wirksamkeit, Organozinnverbindungen (im Besonderen Tributylzinn - TBT) verwendet. In den frühen 80er Jahren beobachteten französische Austernzüchter jedoch Anomalien innerhalb ihrer Bestände. Neben einem Rückgang des Ertrages kam es unter anderem zu Missbildungen der Schalen und gestörtem Larvenwachstum. Als Grund hierfür stellte sich der Einsatz von TBT heraus. Auch der Hormonhaushalt von Stachelschnecken wurde von TBT stark beeinträchtigt, so dass ihre Population stark zurückging und lokal am Rande des Aussterbens war (Thomas & Brooks 2010). Da sich TBT also als sehr toxisch auf im Gewässer lebende Organismen auswirkt, und weil es darüber hinaus in der Umwelt sehr stabil ist, wurde im Jahr 2008 durch die Internationale Seeschifffahrts-Organisation (IMO) in vielen Ländern ein vollständiges Gebrauchsverbot von TBT eingeführt (IMO 2001).

Im Rahmen des Verbots von TBT wurden vermehrt Antifouling-Anstriche auf Basis von Kupfer (z.B. metallisches Kupfer, Kupferoxide, Kupferthiocyanat, Kupferpyrithion) eingesetzt. Einige Algenarten sind aber mittlerweile gegen Kupfer resistent (Reed & Moffat 1983), weshalb den Anstrichen zusätzlich organische Verbindungen mit biozider Wirkung - sogenannte Co-Biozide (z.B. Dichlofluanid, Tolylfluanid, Isothiazolinon) - beigemischt werden.

Aber auch diese Antifouling-Biozide sind nicht ohne Risiko für die Umwelt. Cybutryn (unter dem Handelsnamen Irgarol® bekannt) hemmt die Photosynthese, wirkt so toxisch auf Algen und verursacht indirekt Verschiebungen in der Artenverteilung von Aufwuchs- zu frei schwimmenden Organismen (Dahl & Blanck 1996, Mohr et al. 2008). Seit Anfang 2017 ist Cybutryn daher EU-weit als Wirkstoff in Antifouling-Produkten verboten (Europäische Kommission 2016). Die Wirkstoffe Dichlofluanid und Tolylfluanid bilden bei der Trinkwasseraufbereitung mit Ozon krebserregendes Nitrosamin (NDMA) als Abbauprodukt und stellen deshalb ein Risiko in Gewässern, die zur Trinkwassergewinnung genutzt werden, dar. Künftig wird ihre Verwendung daher in Süßwasserrevieren eingeschränkt sein. Kupfer hemmt ebenfalls die Photosynthese von Algen (Ytreberg et al 2010, Cao et al 2015), reduziert die Nahrungsaufnahme von Weichtieren und Krebsen und damit ihr Wachstum (Reed-Judkins et al 1997, Shipp and Grant 2006, Maund et al 1992, Pinho et al 2007) und stört die Reproduktion, das Verhalten und das Orientierungsvermögen von Fischen (Munkittrick and Dixon 1988, Haverroth et al 2015).

In deutschen Sportboothäfen und Gewässern wurden bereits kritische Konzentrationen von den Antifouling-Bioziden Cybutryn/Irgarol® und Kupfer sowie von Zink, das ebenfalls in Antifouling-Produkten verwendet wird, festgestellt (Daehne et al. 2017, Kahle & Nöh 2009).

Neben der direkten Freisetzung im Gewässer können auch bei Anstrich- und Ausbesserungsarbeiten Bestandteile der Antifouling-Beschichtungen in die Umwelt gelangen, zum Beispiel durch abtropfende Farbe beim Anstreichen, herunterfallende Farbpartikel beim Entfernen oder Abdrift beim Abschleifen oder Aufsprühen der Beschichtung (Eklund & Eklund 2014, Eklund et al. 2014).

INFOBOX 1

Auch wenn ein Antifouling-Produkt nicht verboten ist (siehe Kapitel „***Welche Antifouling-Wirkstoffe und -Produkte sind erlaubt bzw. nicht erlaubt?***“) oder keine Biozide enthält (siehe ***Infobox 3***), kann es schädlich für die Umwelt sein. Dies erkennen Sie an folgenden Kennzeichnungselementen:

- Folgendes Piktogramm ist auf der Produktverpackung und/oder im Sicherheitsdatenblatt abgebildet:

- Einer oder mehrere der folgenden Gefahrenhinweise (nur die Kodierung (H4xx) und/oder der Wortlaut) ist auf der Verpackung oder im Sicherheitsdatenblatt aufgeführt:
  - H400: Sehr giftig für Wasserorganismen
  - H410: Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung
  - H411: Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung
  - H412: Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung
  - H413: Kann für Wasserorganismen schädlich sein, mit langfristiger Wirkung.

4.4.2.4 Wie können Umweltrisiken durch Antifouling vermindert werden?

In den letzten Jahren und auch aktuell wurden und werden alternative, biozidfreie Antifouling-Beschichtungen entwickelt, die durch ihre physikalischen Eigenschaften das Anhaften von Organismen verhindern oder zumindest erschweren. Zudem gibt es praktikable Strategien, die helfen können, den Einsatz von biozidhaltigen Antifouling-Produkten auf das notwendige Maß zu reduzieren und Risiken für die Umwelt, die bei den verschiedenen Arbeitsschritten bestehen, zu vermindern.

Diese haben wir, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, in den folgenden Kapiteln für Sie zusammengestellt.

4.4.3 Wie werden biozidhaltige Antifouling-Produkte behördlich reguliert?

4.4.3.1 Biozid-Verordnung

Als Mittel zur Bekämpfung unterschiedlicher Organismen sind Biozidprodukte potenziell auch gefährlich für Menschen, Tiere und die Umwelt und müssen dementsprechend mit der gebotenen Vorsicht gehandhabt werden. Am 1. September 2013 hat die Biozid-Verordnung (EU) Nr. 528/2012 die Biozid-Richtlinie 98/8/EG abgelöst. Sie regelt europaweit das Inverkehrbringen und die Verwendung von Biozidprodukten, zu denen auch die Antifouling-Produkte gehören.

Die Biozid-Verordnung sieht vor, dass Biozide in einem zweistufigen Bewertungsprozess zugelassen werden müssen. In dem Bewertungsprozess wird zwischen Wirkstoffen und Produkten unterschieden. Ein Wirkstoff ist eine chemische Substanz mit einer bioziden Wirkung. Ein Biozidprodukt ist ein Gemisch aus einem oder mehreren Wirkstoffen und weiteren Bestandteilen (z. B. eine Antifouling-Beschichtung). Die Genehmigung von Wirkstoffen findet auf Unionsebene statt, während die anschließende Zulassung der Biozidprodukte auf der Ebene der Mitgliedstaaten erfolgt. Eine in einem Mitgliedstaat erfolgte Zulassung kann durch gegenseitige Anerkennung auf andere Mitgliedstaaten ausgeweitet werden. Die Zulassung muss von den jeweiligen Herstellern der Wirkstoffe und Produkte beantragt werden.

Das Umweltbundesamt ist im Chemikaliengesetz (§4 und§6) als Einvernehmensbehörde in den Zulassungsverfahren von Biozidprodukten und im Verfahren zur Prüfung von Biozidwirkstoffen benannt. In dieser Zuständigkeit bewertet das Umweltbundesamt die Wirkung von Bioziden auf die Umwelt unter Berücksichtigung der spezifischen Verwendung und entwickelt Maßnahmen zur Risikominderung und nachhaltigen Minimierung des Biozideinsatzes.

In der Verordnung sind Biozide in 22 verschiedene Produktarten eingeteilt. Eine davon sind Antifouling-Produkte.

4.4.3.2 Wirkstoff-Zulassung

Damit ein Wirkstoff für eine bestimmte Produktart in einem Biozidprodukt verwendet werden darf, muss bei der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) ein Antrag auf Genehmigung dieser Wirkstoff-Produktart-Kombination gestellt werden. Zur Genehmigung eines Wirkstoffes muss der Antragsteller umfangreiche Antragsunterlagen erstellen. Unter anderem sind Untersuchungen zur Wirkung des Stoffes zum Einfluss auf die Umwelt und zur Belastungssituation und zu Schutzmaßnahmen für die Umwelt notwendig. Diese Informationen werden im Rahmen des Antrags geprüft.

Innerhalb von 365 Tagen nach Einreichung des Antrags auf Wirkstoffgenehmigung und Validierung durch die ECHA erfolgt die Bewertung durch die bewertende zuständige Behörde. Werden weitere Informationen benötigt, kann die Frist um höchstens 80 Tage verlängert werden, es sei denn, die Art der angeforderten Angaben rechtfertigen eine längere Aussetzung. Der Bewertungsentwurf kann von allen Mitgliedstaaten kommentiert und beansprucht werden. In einem abschließenden Bericht wird eine Genehmigung oder Nicht-Genehmigung des Wirkstoffs empfohlen. Innerhalb von 270 Tagen verfasst die ECHA eine Stellungnahme über die Genehmigung des Wirkstoffes und übermittelt diese der Kommission, welche einen Durchführungsrechtsakt zur Genehmigung oder Nicht-Genehmigung (Amtsblatt der EU) erlässt. Die Genehmigung eines Wirkstoffs gilt in der Regel für 10 Jahre und kann im Anschluss erneuert werden.

Kann für eine Wirkstoff-Produktart-Kombination belegt werden, dass diese ausreichend wirksam ist und bei sachgemäßer Verwendung keine unakzeptablen Risiken für den Anwender, den Verbraucher sowie die Umwelt zu erwarten sind, so kann der Wirkstoff genehmigt werden. Genehmigte Wirkstoffe werden nach positiv abgeschlossener Bewertung in der so genannten Unionsliste (siehe Infobox 2) gemäß Artikel 9(2) der Biozid-Verordnung, die von der Europäischen Kommission aktuell gehalten

wird und über die Webseite der ECHA öffentlich zugänglich ist, aufgelistet. In dieser Liste findet sich auch das Datum der Genehmigung („date of approval") für die einzelnen Wirkstoffe.

INFOBOX 2

1. Wirkstoffzulassung
Im **ersten Schritt**, der **Wirkstoff**genehmigung auf **EU-Ebene**, werden alle Biozid-Wirkstoffe geprüft. Kann für einen Wirkstoff belegt werden, dass dieser ausreichend wirksam ist und bei sachgemäßer Verwendung keine unakzeptablen Risiken für den (professionellen und nicht-professionellen) Anwender, den Verbraucher sowie die Umwelt zu erwarten sind, so kann er genehmigt und in die Positivliste der Verordnung 528/2012/EU (Unionsliste) aufgenommen werden. Für Antifouling-Wirkstoffe läuft dieser Schritt seit 14.12.2003.

2. Produktzulassung
Im **zweiten Schritt** des Verfahrens, dem **Produkt**zulassungsverfahren auf **nationaler Ebene**, wird anschließend über die Zulassung eines Biozid-Produkts, welches den zugelassenen Wirkstoff enthält, entschieden. Es dürfen grundsätzlich nur Biozid-Produkte innerhalb der EU zugelassen werden, deren Wirkstoffe die Prüfung im Rahmen des EU-Wirkstoffprogramms bestanden haben und in die Unionsliste aufgenommen worden sind. Auch das Produkt muss ausreichend wirksam sein und darf bei sachgemäßer Verwendung keine unakzeptablen Risiken für den (professionellen und nicht-professionellen) Anwender, den Verbraucher sowie die Umwelt erwarten lassen.

Wirkstoff-Produktart-Kombinationen, die entweder im EU-Zulassungsverfahren nicht mehr unterstützt werden, oder deren Daten unvollständig eingereicht wurden, werden nicht genehmigt. Auch ein unakzeptables Risiko oder eine mangelnde Wirksamkeit können zu einer Nichtgenehmigung führen. Die Nichtgenehmigung erfolgt durch eine Entscheidung der Kommission, die die Listen dieser Wirkstoff-Produktarten-Kombination enthält. Das Inverkehrbringen von Biozidprodukten für die jeweiligen Produktarten, die diese Stoffe als Wirkstoffe enthalten, ist mit dem in dem jeweiligen Beschluss der Kommission genannten Datum verboten (siehe Infobox 3).

Eine Übersicht über alle im Verfahren befindlichen Wirkstoffe kann unter auf der ECHA-Seite eingesehen werden:

https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/biocidal-active-substances

1. Auswahl „Type": 21 – Antifouling products
2. Auswahl von „Approval Status" (Zulassungsstatus): Approved (Zugelassen) - Expired (Zulassung abgelaufen) - Not approved (Nicht-Zugelassen) - Under review (im Zulassungsverfahren)
3. Search (Suchen) klicken.

4.4.3.3 Produkt-Zulassung

Nicht nur die Wirkstoffe in einem Biozidprodukt müssen für die entsprechende Produktart genehmigt werden, auch die Biozidprodukte selbst unterliegen gemäß der Biozid-Verordnung einer Zulassungspflicht. Dabei baut das Produktzulassungsverfahren auf dem vorausgegangenen Wirkstoffverfahren auf. Eine Voraussetzung für die Zulassung eines Biozidproduktes ist, dass die enthaltenen Wirkstoffe zuvor genehmigt worden sind (Unionsliste). Ein Zulassungsbescheid für ein Biozidprodukt enthält auch verpflichtende Ausführungen zur Kennzeichnung und gegebenenfalls Auflagen für die Verwen-

dung. Für die Zulassung ist eine Differenzierung zwischen alten und neuen Wirkstoffen entscheidend (siehe Kapitel 4.4.3.4).

Ein Biozidprodukt kann nur national in einem EU-Mitgliedsstaat zugelassen werden und mittels des Verfahrens der gegenseitigen Anerkennung in weiteren EU-Mitgliedstaaten anerkannt werden. Der Grund dafür ist, dass bei der Bewertung von konkreten Produkten auf nationale Besonderheiten eingegangen werden kann, die ein höheres Risiko für die Verwendung in diesem Mitgliedstaat bedeuten. Nur Biozidprodukte mit schon zugelassenen Wirkstoffen (Unionsliste) werden bewertet. Das Biozidprodukt muss ausreichend wirksam sein und darf bei sachgemäßer Verwendung keine unakzeptablen Risiken für den Anwender, den Verbraucher sowie die Umwelt erwarten lassen. Innerhalb von 365 Tage nach Einreichung und Validierung vom Antrag erfolgt die Bewertung durch die bewertende zuständige Behörde. Werden weitere Informationen zur Beurteilung benötigt, kann die Frist in der Regel um höchstens 180 Tage verlängert werden, es sei denn, die Art der angeforderten Angaben rechtfertigt eine längere Aussetzung. In einem abschließenden Bewertungsbericht werden Gründe für eine Zulassung oder Nichtzulassung des Biozidprodukts ausgesprochen. Innerhalb von 30 Tagen hat der Antragsteller Gelegenheit zur Stellungnahme. Eine Produktzulassung gilt in der Regel für 10 Jahre und kann im Anschluss erneuert werden.

4.4.3.4 Alt- und Neuwirkstoffen in der Produktzulassung

Stoffe die am 14. Mai 2000 als Wirkstoff eines Biozidprodukts im Verkehr waren, gelten als Altwirkstoffe. Neuwirkstoffe sind Stoffe, die am 14. Mai 2000 nicht als Wirkstoff eines Biozidprodukts auf dem Markt waren.

Für Neuwirkstoffe kann jederzeit ein Antrag auf Genehmigung bei der ECHA eingereicht werden. Biozidprodukte mit Neuwirkstoffen dürfen erst nach der Genehmigung der Wirkstoffe zugelassen werden. Wirkstoffe, die als Altwirkstoff identifiziert wurden und für die eine Notifizierung gemäß Anhang II der Verordnung (EG) Nr. 1451/2007 akzeptiert wurde, werden im Rahmen des Prüfprogrammes nach Verordnung (EU) Nr. 1062/2014 überprüft. In Anhang II Teil 1 der Verordnung zum Prüfprogramm sind die Wirkstoffe aufgeführt, die derzeit geprüft werden.

Die Wirkstoffbewertung im Rahmen des Prüfprogrammes erfolgt zeitlich gestaffelt und soll bis 2024 abgeschlossen sein. Produkte mit Altwirkstoffen, die in Anhang II Teil 1 der Verordnung zum Prüfprogramm aufgeführt sind, und für die noch keine Entscheidung über die Genehmigung oder Nichtgenehmigung gefallen ist, unterliegen den Übergangsbestimmungen der einzelnen EU-Mitgliedstaaten. Die nationalen Übergangsbestimmungen für Produkte mit alten Wirkstoffen dürfen nach der Wirkstoffgenehmigung höchstens noch 3 Jahre lang angewendet werden.

Bei einer Nichtgenehmigung der Wirkstoffe dürfen die betroffenen Biozidprodukte noch höchstens 12 Monate lang auf dem Markt bereitgestellt werden und höchstens 18 Monate lang verwendet werden. Wird im Anschluss auf die Wirkstoffgenehmigung kein Antrag auf Produktzulassung gestellt, so darf das Biozidprodukt ab dem Zeitpunkt der Wirkstoffgenehmigung nur noch 180 Tage auf dem Markt bereitgestellt werden und nur noch 365 Tage verwendet werden.

4.4.3.5 Übergangsbestimmungen Deutschland

Für Biozidprodukte mit alten Wirkstoffen, die die Übergansregelungen in Anspruch nehmen, ist für die Übergangszeit in Deutschland eine Meldung des Biozidproduktes gemäß der Biozid-Meldeverordnung bei der Bundesstelle für Chemikalien notwendig.

Laut Biozid-Meldeverordnung erhalten Biozidprodukte, die im Rahmen der Übergangsregelungen verkehrsfähig sind und für die eine Meldung durchgeführt wurde, eine Registriernummer. Bei der Meldung nach Biozid-Meldeverordnung handelt es sich um eine nationale Regelung in Deutschland. Die im Meldeverfahren erteilten Registriernummern haben deshalb keine Auswirkung auf die Ver-

marktungsfähigkeit von Biozidprodukten im Rahmen der Übergangsregelungen in anderen EU-Mitgliedstaaten.

Gemeldete Biozidprodukte können in der öffentlich zugänglichen Datenbank der gemeldeten Biozidprodukte aufgerufen werden:

https://www.baua.de/DE/Biozid-Meldeverordnung/Offen/offen.html

4.4.4 Welche Antifouling-Wirkstoffe und -Produkte sind erlaubt bzw. nicht erlaubt?

In dem Bewertungsverfahren befinden sich insgesamt 13 Antifouling Wirkstoffe. Davon wurde für 10 Wirkstoffe die Bewertung abgeschlossen. Zurzeit befinden sich noch zwei Wirkstoffe in der Bewertung. Zugelassene Wirkstoffe werden in der Unionsliste aufgenommen.

Auf EU-Ebene wurde festgelegt, dass die Genehmigung für möglichst alle Antifouling Wirkstoffe an demselben Datum – dem 13.12.2025 – enden soll, damit die Gruppe der Antifouling Wirkstoffe bei deren Wiedergenehmigung parallel und vergleichend bewertet werden kann. Hiervon abweichend läuft die Genehmigung von Medetomidin bereits nach 7 Jahre am 12.12.2022 aus. Der verkürzten Genehmigung liegt die Einstufung als zu ersetzender Wirkstoff (sog. Substitutionskandidat[4]) zugrunde. Aufgrund verfahrenstechnischer Abläufe endet die Genehmigung von Tralopyril schon am 31.03.2025.

4.4.4.1 Nicht zugelassene Antifouling Wirkstoffe

Ende 1989 wurde in der Europäischen Gemeinschaft durch Inkrafttreten der Richtlinie 89/677/EWG das Inverkehrbringen und der Einsatz von zinnorganischen Verbindungen in Antifouling-Produkten von Schiffsrümpfen unter 25 Meter Gesamtlänge verboten. In der fünften Anpassung vom Mai 1999 wurde dann auf Grund der Gefahr für die Gewässer und die menschliche Gesundheit ein Verwendungsverbot von Organozinn-Verbindungen in Binnengewässern beschlossen. Ab dem Frühjahr 2000 dürfen zinnorganische Verbindungen nicht mehr auf Schiffen jeder Länge, die vorwiegend auf Binnengewässerstraßen und Seen eingesetzt werden, verwendet werden.

Für einige früher verwendete Wirkstoffe, wie z.B. Diuron oder Chlorthalonil, wurde keine Genehmigung im Rahmen des Prüfprogramms beantragt. Deshalb dürfen Antifouling-Produkte, die diesen Wirkstoff enthalten, nicht mehr verwendet werden. Cybutryn wurde wegen unannehmbarer Risiken für die Umwelt nicht genehmigt. Seit Ende Januar 2017 darf Irgarol® (Cybutryn) nicht weiter eingesetzt werden. Die Übergangsfrist (18 Monate) für das Aufbrauchen von Restbeständen ist bereits abgelaufen. Antifouling-Produkte mit Dichlofluanid und Tolylfluanid werden zukünftig nicht mehr für Boote zugelassen sein, die auf Binnengewässern verkehren.

4.4.4.2 Zugelassene/gemeldete Antifouling Produkte

Wie sich anhand des aktuellen Stands der Wirkstoffgenehmigung ableitet, sind alle derzeit auf dem Markt befindlichen Antifouling-Produkte noch ungeprüft. In Deutschland ist neben der Biozid-

[4] Ein Substitutionskanditat wird durch die Kriterien in §10 Biozid-VO festgelegt. Dies kann u.a. sein: Er erfüllt zwei der Kriterien, nach denen er gemäß Anhang XIII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 als PBT einzustufen ist oder er enthält einen signifikanten Anteil von nicht-wirksamen Isomeren oder Verunreinigungen.

Verordnung zusätzlich die Biozid-Meldeverordnung eine wichtige Rechtsgrundlage. Demnach müssen Biozid-Produkte (die Altwirkstoffe enthalten) bei der Zulassungsstelle gemeldet werden – es findet keine Prüfung der Produkte auf Wirksamkeit, Umweltauswirkungen o.ä. statt. Gemeldete Biozid-Produkte sind anhand einer Registriernummer (N-XXXXX) erkenntlich. Restbestände mit nicht mehr zugelassenen Wirkstoffen dürfen nach Ablauf der Verkehrsfähigkeit nicht mehr aufgebracht werden und müssen als Sondermüll entsorgt werden. Information über die in Deutschland gemeldeten Antifouling-Produkte, deren Hersteller, enthaltenen Wirkstoffe, Verkehrsfähigkeit und Fristen, finden Sie hier:

https://www.baua.de/DE/Biozid-Meldeverordnung/Offen/offen.html;jsessionid=7B16ADA662C9F4F0940E31F2FFB0A3C4.s1t1

Zukünftig werden alle in Deutschland zugelassenen Antifouling-Produkte nach Abschluss des Produktzulassungsverfahren in folgender Datenbank zu finden sein:

https://www.baua.de/DE/Themen/Anwendungssichere-Chemikalien-und-Produkte/Chemikalienrecht/Biozide/Datenbank-Biozide/Biozide_form.html?nn=8684642&awkat.GROUP=1&wirkstoff.GROUP=1&prodart.GROUP=1

Ist in Ihrem Antifouling-Produkt einer der genannten Wirkstoffe (Infobox 3) enthalten, ist es biozidhaltig. Ob und welchen Biozidwirkstoff Ihr Antifouling-Produkt enthält, erfahren Sie z.B. hier:

- Aufdruck auf der Dose (z.B. „Wirkstoff: xxx“)
- im Sicherheitsdatenblatt des Produkts (z.B. unter „Aktive Stoffe“)
- auf der Internetseite oder bei der Kundenhotline des Herstellers
- Datenbank der gemeldeten Biozidprodukte der BAuA
- in der Antifouling-Produktliste des Instituts LimnoMar:

  http://www.limnomar.de/index.php?modul=documentshop

Viele Antifouling-Produkte enthalten Zinkoxid. Zinkoxid gilt nicht als Antifouling-Biozidwirkstoff, wirkt aber wie ein Biozid und ist ebenfalls toxisch.

INFOBOX 3

Eine Liste aller Wirkstoffe, die gemäß Verordnung (EU) Nr. 528/2012 (Biozidprodukte-Verordnung) genehmigt bzw. nicht genehmigt wurden oder die sich gerade in der Bewertung befinden, sowie die zugehörigen Dokumente können auf der Internetseite der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) (in englischer Sprache) eingesehen werden:

https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/biocidal-active-substances
(Informationen über Antifouling-Wirkstoffe erhält man durch Auswahl von „21 – Antifouling products“ im Feld „Type“ in der Suchmaske unten auf der Seite).

Die BAuA hält einen Teil der Informationen auch in deutscher Sprache bereit:

- Übersicht über genehmigte Wirkstoffe, sortiert nach Biozid-Produktgruppen:

  http://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de/de/Biozide/Wirkstoffe/Genehmigte-Wirkstoffe/Genehmigte-Wirkstoffe.html, Tabelle „Antifouling-Produkte“;
- Übersicht über alle nicht genehmigten Biozid-Wirkstoffe:

  http://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de/de/Biozide/Wirkstoffe/Nichtgenehmigte%20Wirkstoffe/Nichtgenehmigte-Wirkstoffe.html
- Weiterhin können Sie auf der Internetseite der BAuA eine Liste aller in Deutschland gemeldeten Antifouling-Produkte einsehen. Diese enthält u.a. nützliche Informationen über Hersteller, die enthaltenen Wirkstoffe und vor allem die Verkehrsfähigkeit:

  https://www.baua.de/DE/Biozid-Meldeverordnung/Offen/offen.html

Eine kurze Übersicht über die aktuell (Stand: Januar 2018) genehmigten, nicht genehmigten und in der Bewertung befindlichen Wirkstoffe:

INFOBOX 3

Wirkstoff	Zeitraum	Anmerkungen
Dichloroctylisothiazolinon (DCOIT)	01/2016 – 12/2025	
Kupferflocken	01/2018 – 12/2025	
Kupfer(I)-oxid	01/2018 – 12/2025	
Kupferpyrithion	10/2016 – 12/2025	Nur für professionelle/berufsmäßige Anwender (Bootsservices, Werften o.ä.)
Kupferthiocyanat	01/2018 – 12/2025	
Medetomidin*	01/2016 – 12/2022	Substitutionskandidat (s.o.)
Tolylfluanid	01/2016 – 12/2025	Nicht im Binnenwasser
Dichlofluanid	11/2018 – 01/2026	Nicht im Binnenwasser
Tralopyril*	04/2015 – 03/2025	
Zinkpyrithion	in der Bewertung	
Freie Radikale	in der Bewertung	
Cybutryn/Irgarol®	Verbot seit 02/2017	

*Neuwirkstoff

4.4.4.2.1 Regionale Verbote

In Deutschland gibt es bislang mit der Wakenitz-Verordnung für den Ratzeburger See, den Schaalsee und die Wakenitz seit 15 Jahren eine gesetzliche Vorgabe, auf biozidhaltige Schiffsanstriche ganz zu verzichten. Weiter gibt es als regionale Besonderheit in Deutschland (und ebenso in Österreich und in der Schweiz) ein generelles Verbot für biozidhaltige Antifouling-Farben auf dem Bodensee. Dies wurde von der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee erlassen: „Schiffsfarben, deren biozide Zusätze in das Wasser übergehen können, sind unzulässig“. Dieses Verbot wurde jedoch faktisch nicht umgesetzt. Sonst wird in Baden-Württemberg der Einsatz des bioziden Wirkstoffes Kupfer in Antifouling-Produkten „in Ermangelung echter Alternativen“ bis auf weiteres geduldet.

4.4.5 Wer ist bei der Bewertung von Antifouling-Produkten beteiligt?

Die Genehmigung von Antifouling-Wirkstoffen und die Zulassung von Antifouling-Produkten ist ein **europäisches Verfahren,** in dem alle EU-Mitglieder zusammenarbeiten.

Auch auf nationaler Ebene sind verschiedene Institutionen beteiligt.

Nach dem Chemikaliengesetz § 4 ist die **Bundesstelle für Chemikalien (BfC)**[5] - angesiedelt an der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) - die zuständige Zulassungsbehörde. Die BfC koordiniert das Genehmigungs- und Zulassungsverfahren in Deutschland. Darüber hinaus bewertet die BfC die chemische Identität von Antifouling-Bioziden und deren Wirksamkeit.

Der **Fachbereich 4 "Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe"** (FB4)[6] der BAuA ist zuständig für den Bereich Arbeitsschutz und bewertet die Risiken (Exposition, Toxikologie) für **berufliche Anwender** bei der Handhabung.

Das **Bundesinstitut für Risikobewertung** (BfR)[7] ist zuständig für die **gesundheitliche** Risikobewertung von Antifouling-Produkten und deren Wirkstoffen.

Das **Umweltbundesamt** (UBA)[8] ist im Bereich **Umwelt** zuständig für die Bewertung der Wirkungen von Antifouling-Bioziden/-Wirkstoffen auf die Umwelt. Die Bewertung für Antifouling-Produkte wird seitens der BfC durchgeführt.

---

[5] https://www.baua.de/DE/Die-BAuA/Organisation/Fachbereich-5/Fachbereich-5_node.html

[6] https://www.baua.de/DE/Die-BAuA/Organisation/Fachbereich-4/Fachbereich-4_node.html

[7] http://www.bfr.bund.de/de/biozidprodukte_und_behandelte_waren-236.html

4.4.6 Welche Antifouling-Produkte sind in anderen EU-Ländern erlaubt bzw. nicht erlaubt?

Obwohl es auch ein Ziel der Biozid-Verordnung ist, eine möglichst harmonisierte Marktsituation in allen EU-Ländern zu schaffen, ist es gerade im Bereich der Antifouling-Produkte nicht sicher und absehbar, dass es einen einheitlichen Produktmarkt geben wird. Dies hat neben den unterschiedlichen Anforderungen an das einzelne Produkt – diese sind z.B. im Mittelmeer grundlegend anders als am Bodensee - auch damit zu tun, dass es einige Mitgliedstaaten gibt, die (im Gegensatz zu Deutschland) schon länger über eine nationale Antifouling-Zulassung oder Regulierung verfügen. Es ist derzeit noch nicht absehbar, inwieweit diese Länder auch nach der anstehenden Produktzulassung zusätzlich eigene nationale Regelungen auferlegen oder gänzlich von der EU-Bewertung abweichen. Wichtig ist für alle Bootsbesitzerinnen und Bootsbesitzer zu wissen, dass in einem EU Land nur solche Produkte angewendet werden dürfen, die auch in diesem Land zugelassen sind.

Nachfolgend sind die Zulassungssituation und Regelungen von Antifouling-Produkten in einigen angrenzenden Staaten umrissen. Die Zusammenstellung beansprucht jedoch keine Vollständigkeit – bitte informieren sie sich bei den zuständigen örtlichen Behörden für verbindliche Auskünfte.

4.4.6.1 Niederlande

In den Niederlanden sind zurzeit (Stand Februar 2018) 52 Antifouling-Produkte zugelassen. Davon dürfen nur 16 Produkte von nicht professionellen Anwendern verwendet werden. Ab 1. November 2014 ist es für Privatpersonen nicht mehr erlaubt Antifouling-Produkte zu verwenden, die einen relativ hohen Kupferanteil enthalten. Für professionelle Anwender gilt diese Ausnahme nicht, sie dürfen noch Antifouling-Produkte mit relativ hohem Anteil an Kupfer verwenden.

Datenbank mit in den Niederlanden zugelassenen Antifouling-Produkten (CTGB):

https://toelatingen.ctgb.nl/

4.4.6.2 Dänemark

Es gibt eine nicht identifizierte Anzahl von biozidhaltigen Antifouling-Produkten, die auf dem dänischen Markt erhältlich sind. Dänemark hat noch kein Zulassungsverfahren für Antifouling-Produkte

[8] http://www.umweltbundesamt.de/

eingeführt, das sich auf die Übergangsbestimmungen der EU Biozid-Verordnung stützt. Stattdessen setzt Dänemark auf einen Restriktionsansatz, was sich in einer Verordnung über Antifouling-Farben wiederspiegelt, die das Inverkehrbringen und die Verwendung bestimmter Stoffe untersagt und Standards für Kupfer festlegt.

Mit der Verordnung über die Einfuhr, den Verkauf und das Inverkehrbringen von Antifouling-Farben, die nach dem dänischen Chemikaliengesetz erlassen wurde, wurden seit 1999 einheitliche Regeln für die Einfuhr, den Verkauf, das Inverkehrbringen und die Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Farben festgelegt:

- Es ist verboten, Antifouling-Farben für Freizeitboote zu verkaufen, zu importieren und zu verwenden, die nach den ersten 14 Tagen mehr als 200 µg Kupfer/m² und nach den ersten 30 Tagen 350 µg Kupfer/m² freisetzen
- Verbot der Einfuhr, des Verkaufs und der Verwendung von Antifouling-Farben auf Freizeitbooten, die überwiegend in Süßwasser fahren
- Es ist verboten, Antifouling-Farben auf Freizeitbooten in Salzwasser zu verkaufen, einzuführen und zu verwenden, wenn das Boot weniger als 200 kg wiegt, es sei denn, es handelt sich um ein Holzboot.

Im Jahr 2003 wurde von der dänischen Umweltbehörde (EPA) in Zusammenarbeit mit dem dänischen Seglerverband (Dansk Sejlunion) und dem dänischen Sportverband (Dansk Idrætsforbung) ein Aktionsplan für Antifouling-Farben für Freizeitboote initiiert. Der Aktionsplan sah strengere Anforderungen an die Freisetzung von Kupfer aus Antifouling-Farben vor, um den Kupfergehalt von etwa 80% auf 40% zu reduzieren. Im Rahmen des Aktionsplans hat der dänische Seglerverband neue Richtlinien für die Instandhaltung von Freizeitbooten herausgegeben. Im Jahr 2008 wurde beschlossen, dass Antifouling-Farben, die für die aquatische Umwelt schädlich sind (R53 Stoffe), ab 2012 verboten werden sollen. Dieses Verbot wurde später auf 2015 und zuletzt auf 2018 verschoben.

Ab dem 1. Januar 2018 verbietet die Verordnung die Verwendung jeder Art von Anstrich auf Freizeitbooten die Stoffe freisetzen die mit dem R53-Label „Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben“ klassifiziert sind.

Datenbank mit in Dänemark zugelassenen Antifouling-Produkten (EPA):

http://mst.dk/kemi/database-for-bekaempelsesmidler/bmd/

Die Verordnung über die Einfuhr, den Verkauf und das Inverkehrbringen von Antifouling-Farben wurde zu Informationszwecken ins Englische übersetzt:

http://eng.mst.dk/chemicals/biocides/application-in-accordance-with-the-bpr/products-involved-and-responsibility/legislation-according-to-product-type/anti-fouling-paint-danish-national-legislation/

4.4.6.3 Schweden

Das schwedische Umweltgesetzbuch (Environmental Code) ist die Grundlage für alle Umweltgesetze in Schweden. Zusammen mit dem Environmental Code wurden 16 Umweltqualitätsziele entwickelt. Zwei können auf Antifouling für Freizeitboote angewendet werden: eine unbelastete Umwelt und eine ausgewogene Meeresumwelt, blühende Küstengebiete und Schären. Die Qualitätsziele sind jedoch in keiner Rechtsvorschrift festgelegt und nicht rechtsverbindlich.

Es ist verboten Antifouling-Produkte von außerhalb der EU einzuführen und ohne Genehmigung der Chemikalienagentur zur vermarkten oder zu verwenden. Die Verwendung von Antifouling-Produkten wird von Fall zu Fall anhand von Risikobewertungen bewertet, um festzustellen, ob die Verwendung von Antifouling-Farben akzeptabel ist. Alle Biozidprodukte erhalten eine Zulassungsklasse. Die Klassen 1 und 2 sind nur für den professionellen Gebrauch bestimmt, während Produkte der Klasse 3 von jedermann angewendet werden können. Antifouling-Farben sind zudem nur für Boote mit einem Gewicht von mindestens 200 kg zulässig.

Die Chemikalienagentur (KEMI) hat 45 Antifouling-Produkte auf der Zulassungsliste. Davon sind 24 Produkte für den Einsatz auf Freizeitbooten zugelassen. Aufgrund des qualitativen Unterschieds zwischen den Gewässern an der Ost- und Westküste Schwedens sind die giftigeren Antifouling-Produkte nur für den Einsatz auf Booten mit Hauptliegeplatz an der Westküste zugelassen. Von den 24 Produkten, die für Freizeitboote zugelassen sind, sind nur 9 für Boote mit Hauptliegeplatz an der schwedischen Ostküste zugelassen. Alle diese Produkte sind auf Kupferbasis und haben eine relativ niedrige Kupferkonzentration. Für Freizeitboote mit Hauptliegeplatz im Bottnischen Meerbusen und in Binnengewässern gibt es keine zugelassenen Antifouling-Farben.

Datenbank mit in Schweden zugelassenen Antifouling-Produkten (KEMI):

https://webapps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Anvaendningsomraade

Die KEMI veröffentlich auf ihre Webseite Listen mit für die Ost- und Westküste aktuell zugelassenen Antifouling-Produkten:

https://www.kemi.se/hitta-direkt/bekampningsmedel/biocidprodukter/vanliga-typer-av-biocidprodukter/batbottenfarger--om-du-maste-mala

4.4.6.4 Schweiz und Österreich

In der Schweiz sind zurzeit 93 Antifouling-Produkte zugelassen. Besondere Beachtung erfordert ein absolutes Einfuhrverbot von Antifouling-Farben in die Schweiz durch Privatpersonen.

In der Schweiz und Österreich gibt es wie in Deutschland ein generelles Verbot für biozidhaltige Antifouling-Farben auf dem Bodensee. Dies wurde von der Internationalen Gewässerschutzkommission

für den Bodensee erlassen: „Schiffsfarben, deren biozide Zusätze in das Wasser übergehen können, sind unzulässig“. Dieses Verbot wurde jedoch faktisch nicht umgesetzt.

Datenbank mit in der Schweiz aktuell zugelassenen Antifouling-Produkten:

https://www.rpc.admin.ch/rpc/public/index.xhtml?lang=de&&winid=4477120

Datenbank mit in Österreich zugelassenen Antifouling-Produkten:

http://www.biozide.at/ms/biozide/biozidprodukte/bpv/

4.4.7 Wie wähle ich ein geeignetes Antifouling-Produkt?

Die Menge und Zusammensetzung von Bewuchs unterliegt regionalen und saisonalen Einflüssen und wird u.a. durch Salzgehalt, Wasserqualität, Temperatur, Licht und Strömung beeinflusst. Auch zwischen Booten innerhalb eines Hafens können sich deshalb Menge und Zusammensetzung von Bewuchs je nach Liegeplatz unterscheiden: je mehr Sonnenlicht, Wärme und je weniger Strömung auf den Bootsrumpf wirkt, umso mehr Bewuchs kann sich auf dem Bootsrumpf bilden. Auch vom Aktivitätsgrad des Bootes hängt die Menge des Bewuchses ab: je öfter und je schneller es unterwegs ist, umso höher ist der Abrieb, bei dem weicher Bewuchs, wie z.B. Algen entfernt werden.

Um einerseits unnötigen Bewuchs auf Ihrem Bootsrumpf, andererseits aber auch unnötige Belastung des Gewässers mit Bioziden zu vermeiden, ist es wichtig, dass Sie ein passendes Antifouling-Produkt für Ihren Bedarf wählen.

Hersteller von Antifouling-Beschichtungen bieten eine Vielzahl von Produkten für verschiedene Anwendungsbereiche (z.B. Süß-/Salzwasser, Bewuchsverhältnisse im Revier, Segel-/Motorboot, Geschwindigkeit, Bootsmaterial, Wirkdauer des Produkts) an. Auch gibt es auf den Webseiten mancher Hersteller Informationen zur Kompatibilität/Verträglichkeit der verschiedenen Antifouling-Produkte untereinander (falls z.B. ein Produktwechsel geplant ist). Informieren Sie sich deshalb beim Hersteller oder Händler, bevor Sie sich für ein Produkt entscheiden.

4.4.7.1 Vorschriften für die Auswahl eines Antifouling-Produkts

Verbindlich: In Deutschland dürfen nur bei der BAuA gemeldete Antifouling-Produkte verkauft werden, die mit einer entsprechenden Registriernummer versehen sind.

> *„Biozid-Produkte nach § 1 dürfen nur in den Verkehr gebracht werden, wenn eine Registriernummer auf dem betreffenden Biozid-Produkt aufgebracht ist.“*
> [Biozid-Meldeverordnung vom 14. Juni 2011 (BGBl. I S. 1085)]

Verbindlich: Verbot von Antifouling-Produkten mit Organozinnverbindungen (z.B. TBT), Cybutryn/Irgarol® und Wirkstoffen, für die keine Genehmigung beantragt bzw. erteilt wurde.

Bereits seit 2008 ist die Verwendung von Organozinnverbindungen als Antifouling-Biozid auf Schiffen in der EU verboten.

> *„Ab dem 1. Januar 2008 dürfen Schiffe (...) keine zinnorganischen Verbindungen aufweisen, die in Bewuchsschutzsystemen auf dem Schiffsrumpf oder Schiffsaußenteilen und -flächen als Biozide wirken, oder sie müssen eine Deckschicht tragen, die als Barriere ein Auslaugen dieser Verbindungen aus dem darunter liegenden nichtkonformen Bewuchsschutzsystem verhindert."*
> [Verordnung (EG) Nr. 782/2003 des europäischen Parlaments und des Rates vom 14. April 2003 über das Verbot zinnorganischer Verbindungen auf Schiffen]

Cybutryn ist seit Februar 2017 als Wirkstoff in Antifouling-Produkten in der EU ebenfalls nicht mehr erlaubt.

> *„Cybutryn (EG-Nr. 248-872-3, CAS-Nr. 28159-98-0) wird als Wirkstoff zur Verwendung in Biozidprodukten der Produktart 21 nicht genehmigt."*
> [Durchführungsbeschluss (EU) 2016/107 der Kommission vom 27. Januar 2016 zur Nichtgenehmigung von Cybutryn als altem Wirkstoff zur Verwendung in Biozidprodukten der Produktart 21]

Auch Wirkstoffe, für die keine Genehmigung beantragt wurde, dürfen EU-weit nicht mehr in Antifouling-Produkten enthalten sein.

Verbindlich: Einschränkungen für Antifouling-Produkte mit den Wirkstoffen Tolylfluanid und Dichlofluanid

Für alle Antifouling-Produkte, die den Wirkstoff Tolylfluanid oder Dichlofluanid enthalten, wird nach der Zulassung dieser Produkte ein **Anwendungsverbot in Binnengewässern** bestehen. Dieses Verbot beruht aus Gesundheitsschutzaspekten auf der Bildung von krebserregendem Nitrosamin (NDMA) als Abbauprodukt bei der Trink- oder Abwasserwasseraufbereitung mit Ozon.

> *„Tolylfluanid bzw. Dichlofluanid enthaltende Produkte dürfen **nicht** zur Bekämpfung des Wachstums und der Ansiedlung von bewuchsbildenden Organismen an Schiffen, die in Binnengewässern verkehren, zugelassen oder verwendet werden."*
> [Durchführungsverordnung (EU) 2015/419 der Kommission vom 12. März 2015 zur Genehmigung von Tolylfluanid als Wirkstoff zur Verwendung in Biozidprodukten der Produktart 21, Durchführungsverordnung (EU) 2017/796 der Kommission vom 10. Mai 2017 zur Genehmigung von Dichlofluanid als alten Wirkstoff zur Verwendung in Biozidprodukten der Produktart 21]

Verbindlich: Regionale Verbote oder Einschränkungen

Es gibt einige Gewässer, deren Nutzungs-Verordnungen die Verwendung biozidhaltiger Antifouling-Anstriche reglementieren oder gar verbieten. Auf der Wakenitz und dem Ratzeburger See sind seit dem Jahr 2000 alle Antifouling-Anstriche, die Biozide in das Wasser abgeben können, verboten. Dies gilt für alle Wasserfahrzeuge unabhängig von ihrer Länge.

> *„Wasserfahrzeuge, deren Unterwasserschiff mit einem toxisch wirkenden Unterwasseranstrich behandelt wurde, dürfen nicht benutzt werden."*
> [Landesverordnung über die Regelung des Gemeingebrauchs und des Befahrens mit Wasserfahrzeugen auf der Wakenitz und den Ratzeburger Seen, §6 Abs. 2]

Die Bodensee Richtlinien (2005) von der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee schreibt vor, biozide Zusätze in Antifouling-Anstrichen zu vermeiden.

„Soweit nach dem Stand der Technik möglich, sind biozide Zusätze in Unterwasseranstrichen für Schiffe und Schifffahrtseinrichtungen (z.B. Pfähle) zu vermeiden."
[Bodensee-Richtlinien 2005, Kapitel 6.8]

Ähnliche Beschränkungen gibt es auch für Dümmer und Steinhuder Meer und Alster (Hamburg).

„Für Außenanstriche von Fahrzeugen dürfen nur Stoffe verwendet werden, die keine schädlichen Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Wassers herbeiführen können."
[Verordnung zur Regelung des Gemeingebrauchs am Dümmer und Steinhuder Meer, §7 Abs. 2]

„Die Fahrzeuge dürfen nur mit einem umweltfreundlichen Unterwasseranstrich ausgestattet sein."
[Verordnung zur Regelung der Benutzung der Alster mit maschinenangetriebenen Fahrzeugen, §3 Abs. 3]

4.4.7.2 Empfehlungen für die Auswahl eines Antifouling-Produkts

Vorbildlich: Prüfen, ob Verzicht auf biozidhaltige Antifouling-Produkte möglich ist

Grundsätzlich empfiehlt das Umweltbundesamt, kritisch zu prüfen, ob ein biozidhaltiges Antifouling-Produkt notwendig ist, oder ob im Einzelfall nicht auch auf biozidfreie Alternativen ausgewichen werden kann. Im Binnengewässer kann in vielen Fällen auf ein biozidhaltiges Antifouling verzichtet werden.

Als Faustregel gilt: Je kürzer ein Boot sich im Wasser befindet, je öfter es bewegt wird und je höher die Maximalgeschwindigkeit ist, je geringer der Bewuchsdruck im Revier ist, desto weniger wird ein biozidhaltiges Antifouling-Produkt benötigt. Informationen zu biozidfreien Antifouling-Anstrichen finden Sie im Kapitel „Biozidfreie Alternativen".

Bei der Entscheidung für ein biozidhaltiges Antifouling-Produkt sollte darauf geachtet werden, dass der Biozidgehalt im Produkt angemessen für die revierspezifischen Bewuchsbedingungen ist. Lassen Sie sich beim Hersteller, einem ansässigen Händler oder Bootsservice beraten oder fragen Sie andere Bootsbesitzer in Ihrem Revier nach ihren Erfahrungen. Tendenziell enthalten Produkte für den marinen Bereich Biozide in höheren Konzentrationen oder Freisetzungsraten als Produkte für Binnengewässer.

Das Hamburger Labor LimnoMar bietet mit der „Antifouling-Produktliste", einen sehr guten Überblick über die Produkte am deutschen Markt und kann bei der Auswahl des richtigen Produktes für Ihren Bedarf behilflich sein:

http://www.limnomar.de/index.php?modul=documentshop

Die Internationale Wassersportgemeinschaft Bodensee hat eine Liste von Antifouling-Produkten erstellt, die keinen der Wirkstoffe Tolylfluanid, Dichlofluanid, Kupferpyrithion, Zinkpyrithion und Zineb enthalten. Sie fordert die Bodensee-Wassersportler auf, nur noch die in der Liste aufgeführten Antifouling-Produkte zu verwenden. Jedoch ist zu beachten, dass viele der in dieser Liste aufgeführten Produkte nicht biozidfrei sind, sondern die metallischen Biozide Kupfer, Kupferoxid oder Zinkoxid enthalten. Die Liste wird jährlich aktualisiert:

www.iwgb.net/mb/MB_Liste_Unterwasserfarben.pdf

VERBINDLICH	• Biozidhaltige Antifouling-Produkte sind nur erlaubt, wenn sie zugelassen oder bei der BAuA gemeldet sind – sie sind daran erkennbar, dass sie eine BAuA-Registriernummer (N-XXXXX) haben • Organozinnverbindungen (z.B. TBT) und Cybutryn/Irgarol® sind als Wirkstoffe in Antifouling-Produkten verboten. • Produkte mit Tolylfluanid und Dichlofluanid werden künftig nicht in Süßwasser verkehren dürfen – vermeiden Sie die Wirkstoffe möglichst auch heute schon! • Falls es für Ihr Revier regionale Vorschriften gibt, verwenden Sie kein Antifouling-Produkt, das in Ihrem Revier nicht erlaubt ist.

VORBILDLICH	**Prüfen Sie, ob eine biozidhaltige Antifouling-Beschichtung notwendig ist. Auf biozidhaltiges Antifouling kann unter Umständen verzichtet werden, wenn**:
	• das Boot regelmäßig gefahren wird
	• das Boot nur im Süßwasser gefahren wird
	• das Boot nur während der Wassersportsaison im Wasser liegt und danach mechanisch gereinigt wird
	• das Boot nur vorübergehend im Salzwasser gefahren und nach Verlassen des Salzwassers mechanisch gereinigt wird.
	
	Ist eine Antifouling-Beschichtung erforderlich:
	• Wählen Sie wenn möglich eine biozidfreie Beschichtung, z.B.
	  ○ eine reinigungsfähige Hartbeschichtung (siehe Kapitel 4.4.9.2) und reinigen Sie das Boot regelmäßig oder
	  ○ eine Antifouling-Beschichtung auf Silikon- oder Teflonbasis (siehe Kapitel 4.4.9.1).
	• Sollte eine biozidhaltige Antifouling-Beschichtung gewünscht/notwendig sein, wählen Sie ein Produkt, welches Ihrem Revier sowie Ihren Nutzungsgewohnheiten entsprechend konzipiert ist (d.h. nicht unnötig viel Biozidwirkstoff freisetzt). Informieren Sie sich beim Hersteller, einem ansässigen Händler oder Bootsservice oder anderen Bootsbesitzerinnen und Bootsbesitzern in Ihrem Revier.
	• Wählen Sie bei selbsterodierender Beschichtung eine andere Farbe als die des Primers, so dass Sie anhand des Farbwechsels erkennen, wann und wo der Anstrich tatsächlich erneuert werden muss.

4.4.8 Was muss und was sollte ich aus Umweltsicht bei der Anwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten beachten?

Da zurzeit alle Antifouling-Produkte lediglich gemeldet und nicht zugelassen sind, gelten im Moment keine speziellen Regeln im Umgang mit Antifouling-Produkten. Es sind jedoch bereits heute schon einige Rahmenbedingungen bekannt, die in der Genehmigung von Antifouling-Wirkstoffen verankert wurden und nach der Zulassung der Antifouling-Produkte verbindlich gelten werden:

4.4.8.1 Vorschriften bei der Anwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten

Verbindlich: bei der Arbeit mit allen biozidhaltigen Antifouling-Produkten

Ein dauerhaft hoher Eintrag von Antifouling-Produktbestandteilen in den Boden birgt ein erhöhtes Risiko, das Bodenökosystem nachhaltig zu schädigen. Um negativen Effekten entgegenzuwirken, wird deshalb für alle biozidhaltigen Antifouling-Produkte nachfolgende einheitliche Regelung zu deren Anwendung verbindlich gelten.

> *„Auf dem Produktetikett und, falls vorhanden, auf dem beiliegenden Sicherheitsdatenblatt zugelassener Produkte ist anzugeben, dass die **Anwendung** sowie **Wartungs-** und **Reparaturarbeiten** in einem **abgeschlossenen Bereich** auf **undurchlässigem, hartem Untergrund** über einer **Auffangwanne** oder auf einer mit einem **undurchlässigen Material ausgestatteten Bodenfläche** erfolgen müssen, um **Produktverluste zu vermeiden** und **Emissionen in die Umwelt zu minimieren**, und dass etwaige **Verluste des Produkts oder Abfallstoffe**, die Antifoulingwirkstoffe enthalten, zwecks Wiederverwendung oder Entsorgung **aufzufangen sind**."*
>
> [Durchführungsverordnungen der Kommission zur Genehmigung von Dichloroctylisothiazolinon (DCOIT), Kupferflocken, Kupfer(I)-oxid, Kupferpyrithion, Kupferthiocyanat, Medetomidin, Tolylfluanid, Dichlofluanid und Tralopyril als Wirkstoffe zur Verwendung in Biozidprodukten der Produktart 21]

Verbindlich: Entsorgung von Produktresten

Antifouling-Produkte sind Sondermüll, der speziell entsorgt werden muss. Entsorgen Sie Farbreste, die Sie nicht für einen späteren Anstrich aufheben, nach den örtlichen Vorschriften. Lesen Sie dazu die Hinweise auf den Dokumenten des Herstellers (Produktdatenblatt, Sicherheitsdatenblatt). Erkundigen Sie sich beim örtlichen Entsorgungsunternehmen oder Wertstoffhof, wie diese Rückstände zu sammeln/entsorgen sind bzw. bitten Sie Ihren Hafenmeister oder Umweltbeauftragten dies zu tun. Für die Information aller Hafennutzer bzw. Vereinsmitglieder und den Aufwand für jeden gering zu halten, können Sie einen Aushang am schwarzen Brett machen oder beim Hafenmeister/Vereinsvorstand anregen.

Verbindlich: Entsorgung von Abfallstoffen der Entschichtung

Die bei der Entschichtung eines Bootes anfallenden Stäube und Partikel, aber auch Werkzeuge wie z.B. Pinsel, Lappen und Planen, sind ebenfalls als Sondermüll zu behandeln und entsprechen den lokalen Vorschriften zu entsorgen. Pinsel, die Sie erneut verwenden wollen, dürfen auf keinen Fall an einem Waschbecken ausgewaschen werden. Wischen Sie den Pinsel an einem Tuch ab. Das Tuch im Anschluss der fachgerechten Entsorgung zuführen. Falls Sie zum Auswaschen von Pinseln z.B. Waschbenzin verwenden, legen Sie sich ein gut verschließbares Gefäß zu, in dem Sie die Reinigungslösung lagern. Organische Lösungsmittel müssen ebenfalls fachgerecht entsorgt werden und dürfen unter keinen Umständen in die Umwelt oder den Ausguss gelangen.

Verbindlich: Entfernung von Bewuchs

Bitte beachten sie zusätzlich die Regelungen zur Bootsreinigung im Allgemeinen (siehe Kapitel „Was muss ich bei der Reinigung von Booten beachten").

Weichfouling darf ohne weitere Schutzvorkehrungen ins Oberflächengewässer eingetragen werden – dies jedoch ausschließlich, wenn es von biozidfreien Beschichtungen stammt.

Bei der Entfernung von Hartfouling muss sichergestellt werden, dass der entfernte Bewuchs der Reststoffentsorgung zugeführt wird. Dies kann am einfachsten auf entsprechend ausgerüsteten Waschplätzen sichergestellt werden. Alternativ kann die Reinigung auf Vliesen oder Netzen durchgeführt werden.

Jegliche Feststoffe (und Abwasser) aus Reinigungsaktivitäten auf biozidhaltigen Beschichtungen muss aufgefangen werden und als Sondermüll (Feststoffe) gemäß den örtlichen Vorschriften entsorgt bzw. Waschwasser in das örtliche Abwassernetz eingespeist werden.

4.4.8.2 Empfehlungen für die Anwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten

Darüber hinaus gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, die Verwendung von Antifouling-Produkten umweltverträglicher zu gestalten.

Vorbildlich: Nutzungsdauer und Applikation

Eine Möglichkeit, die Gewässerbelastung durch Antifouling-Biozide zu minimieren, ist die Beschichtung entsprechend den Herstellerangaben solange wie möglich zu verwenden. Gerade aus Neubeschichtungen werden zu Beginn große Mengen an Bioziden ins Wasser abgegeben. Die Menge an freigesetzten Bioziden nimmt chemisch-physikalisch bedingt nach kurzer Zeit ein geringeres aber über die Produktlebenszeit gleichbleibendes Niveau an. Ein wirksamer Schutz wird somit über den gesamten Zeitraum gewährleistet.

Tragen Sie die Beschichtung streng nach den Herstellerangaben (Anzahl Farbschichten, Trockenpausen, Witterung, …) auf, um die Belastung der Umwelt so gering wie möglich zu halten.

Einige Bootsbesitzerinnen und Bootsbesitzer nutzen ihr Produkt auch länger als vom Hersteller angegeben. Dies könnten Sie ebenfalls ausprobieren, indem Sie mit dem Neuanstrich warten und in regelmäßigen Abständen den Rumpf Ihres Boots auf Bewuchs inspizieren und erst bei Bedarf nachstreichen. Somit kann durch eine möglichst lange Nutzung der Beschichtung die Menge an freigesetztem Wirkstoff reduziert und gleichzeitig Kosten eingespart werden.

Vorbildlich: Ausrüstung und Werkzeug

Bei Wind und bei Schleifarbeiten können entfernte Farbpartikel und Schleifstaub in die nähere und weitere Umgebung des Arbeitsplatzes verteilt werden und so ebenfalls das Bodenökosystem sowie Grundwasser belasten.

Die Emission von Farbpartikeln und Schleifstaub können Sie mindern, indem Sie eine Abziehklinge oder Schleifmaschine mit Absaugvorrichtung verwenden.

Falls Ihnen keine wirksame Absaugvorrichtung zur Verfügung steht, führen Sie das Entfernen bzw. Anschleifen der Beschichtung in einer Halle durch, sofern sie vorhanden ist. Falls Sie keine Halle nutzen können, verwenden Sie möglichst ein Zelt, eine mobile Stellwand, eine Plane o.ä. als Windfang oder arbeiten Sie im Windschatten eines Gebäudes, um Verwehungen möglichst zu vermeiden. Falls auch diese Varianten für Sie nicht praktikabel sind, versuchen Sie diese Arbeiten bei Wind zu vermeiden.

Nach Abschluss der Arbeiten räumen Sie Ihren Arbeitsplatz auf, sammeln möglicherweise heruntergefallene entfernte Partikel so weit wie möglich ein und entsorgen sie zusammen mit den abgesaugten Partikeln/Schleifstaub wie vom Hersteller angegeben und nach den örtlichen Vorschriften (siehe unten, Absatz „Entsorgung“).

Vorbildlich: Auftragen der neuen Beschichtung

Umweltrisiken beim Auftragen der Antifouling-Beschichtung sind „überschwappende“ Farbe beim Aufrühren der Farbe, die Verteilung z.B. von Kupferpulver bei Farbe, die angemischt werden muss und das Abtropfen von Farbe beim Auftragen mittels Rolle oder Pinsel.

Die Kontamination des Bodens beim Aufrühren bzw. Anmischen der Farbe können Sie verhindern, indem Sie dies auf dem Arbeitsplatz über einer geeigneten Auffangwanne oder einer ähnlichen Unterlage, die verhindert dass versehentlich „überschwappende“ Farbe auf den Boden gelangt, tun.

Wegen evtl. vom Bootsrumpf abtropfender Farbe ist es wichtig, dass der Boden Ihres Arbeitsplatzes geschützt ist (siehe oben, Absatz „verbindlich: bei der Arbeit mit allen biozidhaltigen Antifouling-Produkten“).

Vorbildlich: Lagerung von Antifouling-Produkten

Bei unsachgemäßer Lagerung von Antifouling-Produkten kann es zu Einträgen in die Umwelt kommen. Auslaufende oder abtropfende Farbe aus umgefallenen Dosen kann in Boden und Grundwasser oder durch Regen auch in das angrenzende Gewässer eingetragen werden. Aber auch durch Korrosion der Dosen können Farbdosen lecken und Antifouling-Farben in die Umwelt freisetzten. Dies stellt eine unnötige und vermeidbare Umweltbelassung dar und ist in jedem Falle zu vermeiden.

Um zu vermeiden, dass Farbdosen korrodieren und/oder bereits geöffnete Dosen auslaufen, lagern Sie sie gut verschlossen und aufrecht stehend an einem vor Korrosion geschützten Ort. Das heißt möglichst nicht im Freien, sondern z.B. in einer gut belüfteten Halle/Werkstatt oder zumindest überdacht (z.B. Carport) und über festem und undurchlässigem Boden bzw. in einer Auffangwanne.

Vorbildlich: Entsorgung

Neben den eigentlichen Antifouling-Wirkstoffen können in den Produkten auch weitere (umwelt-)bedenkliche Stoffe enthalten sein. Zu einem verantwortungsvollen Umgang mit Antifouling-Produkten gehört daher auch immer eine sachgerechte Entsorgung. In einigen Häfen gibt es zentrale Sammelstellen für (Sonder-)Abfall. Falls es in Ihrem Hafen/Verein keine Sammelstelle gibt, regen Sie doch an, eine einzurichten. Zusammen mit einem Informationsblatt fällt die ordnungsgemäße Entsorgung so leichter und ist für alle machbar.

VERBINDLICH	**Arbeitsplatz:** • Führen Sie Be- und Entschichtungsarbeiten nur auf einem Platz mit hartem, undurchlässigem Boden durch oder legen Sie eine undurchlässige Plane/ Schutzfolie unter. • Der Wasch- oder Reinigungsplatz ist kein geeigneter Ort für Be- und Entschichtungsarbeiten. • Wasch- und Reinigungsarbeiten an biozidbeschichteten Oberflächen dürfen nicht direkt im Wasser oder auf der Slipanlage durchgeführt werden. • Falls Sie Ihren Arbeitsplatz nicht entsprechend ausstatten können, lohnt es sich eine Werft/einen Bootsservice aufzusuchen – sowohl für die eigene Gesundheit als auch im Hinblick auf den Schutz der Umwelt. **Entsorgung:** • Sammeln Sie Reststoffe, die beim Entfernen alter bzw. beim Aufbringen neuer Anstriche anfallen (Schleifstäube, Beläge, Farbreste, Pinsel etc.) zur Entsorgung. • Beim Entfernen von Hartfouling dieses sammeln und der Reststoffentsorgung zuführen. • Beachten Sie die örtlichen Vorschriften (erkundigen Sie sich beim örtlichen Entsorgungsunternehmen oder Wertstoffhof).
VORBILDLICH	**Nutzungsdauer und Applikation:** • Warten Sie mit einem Neuanstrich so lange wie möglich. • Tragen Sie nur so viel Beschichtung auf, wie vom Hersteller empfohlen **Ausrüstung und Werkzeug:** • Der Einsatz von Hochdruckgeräten ist nach Herstellerempfehlung für den Reinigungsprozess nicht geeignet. • Nutzen Sie Schleifgeräte nur mit Absaugvorrichtung. • Falls Ihnen kein Schleifgerät mit Absaugvorrichtung zur Verfügung steht, entfernen Sie die alte Beschichtung durch Kratzen. Es gibt Klingen mit Anschlussmöglichkeit für Staubsauger. • Falls Ihnen keine wirksame Absaugung zur Verfügung steht, arbeiten Sie nach Möglichkeit entweder in einer Halle, verwenden Sie einen Windfang oder arbeiten Sie im Windschatten eines Gebäudes. Alternativ verzichten Sie bei Wind möglichst auf Arbeiten im Freien. **Auftragen der neuen Beschichtung:** • Platzieren Sie das Produkt zum Aufrühren oder Anmischen über einer geeigneten Auffangwanne oder ähnlichen geeigneten Unterlage. **Lagerung:** • Wenn es das Produkt zulässt, heben Sie angebrochene Farbdosen für den nächsten Anstrich auf. • Lagern Sie Farbdosen gut verschlossen und aufrecht stehend an einem vor Korrosion geschützten Ort (z.B. Halle/Werkstatt/Carport, auf jeden Fall überdacht, vor Regen geschützt und über undurchlässigem Boden bzw. in einer Auffangwanne). **Entsorgung:** • Beachten Sie die Hinweise des Herstellers (siehe z.B. Produkt- oder Sicherheitsdatenblatt). • Informieren Sie andere Hafennutzer/Vereinsmitglieder über einen Aushang zur richtigen Entsorgung am schwarzen Brett. • Regen Sie die Einrichtung einer zentralen Abfallsammelstelle in Ihrem Hafen/Verein an.

4.4.9 Welche biozidfreien Alternativen gibt es?

Das Thema biozidfreie Alternativen beschäftigt die Gemeinschaft der Bootsbesitzerinnen und Bootsbesitzer seit Jahrzenten. Es gibt zahlreiche Ansätze und Ideen, den Bootsrumpf ohne den Einsatz von Bioziden bewuchsfrei zu halten. Diese Ideen reichen von Antihaftbeschichtungen auf Teflon- oder Silikonbasis über elektrochemische oder physikalische Systeme bis hin zum Einsatz von manuellen oder automatischen Reinigungssystemen oder Folien, die den Bewuchs von vorn herein verhindern. Auch ist das Thema alternative Bewuchsschutzsysteme in Forschung und Industrie aktuell, und es werden ständig neue Ideen und Ansätze in Presse und Fachliteratur publiziert. Für Interessierte haben wir in der nachfolgenden Infobox 4 eine Auswahl an aktuellen Forschungsarbeiten zusammengetragen, die jedoch nicht als vollständig anzusehen ist und auch keiner (Be-)Wertung seitens des Umweltbundesamtes zu Grunde liegt.

Biozidfreie Antifouling-Systeme unterliegen keiner Zulassungspflicht und werden damit von staatlicher Seite nicht geprüft. Folglich gibt es keine offizielle Stelle, die z.B. die Wirksamkeit oder die Umweltrisiken dieser Produkte untersucht. Allerdings unterliegen viele dieser Produkte den allgemeinen Regelungen für chemische Produkte und müssen somit nach der CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures, Verordnung über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen) eingestuft werden, so dass über die Kennzeichnung der Produkte eine Abschätzung der Gefährlichkeit erfolgen kann.

Aufgrund der fehlenden staatlichen Bewertung von biozidfreien Alternativen und des Neutralitätsgebots einer staatlichen Behörde ist darf das Umweltbundesamt keine Produktempfehlung aussprechen. Daher sollen an dieser Stelle die Prinzipien einiger biozidfreier Alternativen genannt werden, die aus Presseberichten oder wissenschaftlichen Untersuchungen sich als mehr oder weniger praktikabel und wirksam herauskristallisiert haben.

4.4.9.1 Antihaftbeschichtung (Foul release coating)

Bei Antihaftbeschichtungen wird die Haftkraft des Bewuchses z.B. durch die Herstellung einer geringen Oberflächenspannung am Unterwasserschiff minimiert. Dies kann beispielsweise durch hydrophobe Oberflächen erreicht werden. Der Bewuchs wird dann entweder durch die bei der Fahrt entstehenden Scherkräfte entfernt oder muss in regelmäßigen Abständen mechanisch an Land oder im Wasser entfernt werden. Andere Beschichtungstypen basieren auf sogenannten Hydrogelen, die eine sehr weiche Oberfläche generieren. Auf der Oberfläche wird die Bewuchsbildung gehemmt, trotzdem entstehender Bewuchs lässt sich sehr leicht wieder entfernen. Produkte auf Silikonbasis sollten jedoch keine Silikonöle enthalten, da diese in der Umwelt nicht abgebaut werden und dort schädlich für Organismen sein können.

Einige Hersteller bieten Klebefolien, z.B. aus Silikon oder mit Fasern, die das Festsetzen von Organismen an der Oberfläche verhindern oder erschweren, an. Diese Folien werden anstelle eines Anstrichs auf den Schiffsrumpf geklebt.

4.4.9.2 Hartbeschichtung kombiniert mit mechanischer Reinigung

Hartbeschichtungen eignen sich, da sie keine Biozide enthalten, für die mechanische Reinigung. Sie setzen sich dabei meist aus i) einer Keramik-Polymer-Beschichtung, ii) einer Zwei-Komponenten-Hybridbeschichtung, oder iii) einer lösungsmittelfreien zwei-Komponenten-Flüssigkunststoffbeschichtung zusammen.

Bewuchs lässt sich am einfachsten im Biofilmstadium von Hartbeschichtungen entfernen. Für die einfache Handhabung wurden Spezialgeräte zur Reinigung des Bootsrumpfs entwickelt.

Zu mobilen, handgeführten Geräten, die am Liegeplatz eingesetzt oder auch mit dem Boot mitgeführt werden können, gehören Reinigungspads bzw. -bürsten mit Teleskopstange und z.T. mit Auftriebskörper, mit deren Hilfe der Rumpf vom Steg oder Boot aus gereinigt werden kann, sowie ein flexibles Rei-

nigungsseil mit Reinigungsborsten, das zur Reinigung unter dem Bootsrumpf hin- und hergezogen wird.

Stationäre Varianten sind eine Bootswaschanlage ähnlich einer Autowaschanlage, die im Hafen zentral installiert wird, und raue Matten, die am Liegeplatz befestigt werden und auf die das Boot beim Anlegen auffährt. Auf den Matten wird das Boot auch während der Liegezeit durch Wind, Wellen und Strömung in Bewegung gehalten und so kontinuierlich gereinigt.

Ein Gerät, das von geschultem Personal betrieben werden muss, aber dennoch eine Option für Häfen und/oder Vereine sein könnte, ist ein Reinigungsroboter, der sich an den Bootsrumpf ansaugt, ihn unter Wasser abfährt und reinigt. Dabei entfernter Bewuchs wird in einem Beutel aufgefangen und kann an Land entsorgt werden.

Schwer zugängliche Stellen, die von diesen Geräten nicht erreicht werden, können anschließend auf herkömmliche Weise mit Schwamm, Bürste oder Wasserschlauch gereinigt werden.

Bitte beachten Sie die Hinweise zur Reinigung im Kapitel „Was muss ich bei der Reinigung meines Boots beachten?“. Weiterführende Informationen zu biozidfreien Alternativen sind in Infobox 4 zusammengestellt.

INFOBOX 4

Informationen:

- Berichte von DBU-Projekten:
  - Watermann et al., 2016: „Erprobung von Reinigungsverfahren für biozidfreie Unterwasserbeschichtungen an Sportbooten in Modellregionen: Unterweser, Dümmer, Ratzeburger See, Zeuthener See“:

    https://www.dbu.de/projekt_32413/01_db_2409.html

  - Daehne et al., 2014: „Erprobung von Reinigungsverfahren der Unterwasserbereiche von Sportbooten und küstenoperierenden Schiffen als Bewuchsschutz-Alternative - Materialbelastung, Effektivität und Gewässerbelastung“:

    https://www.dbu.de/projekt_29523/01_db_2409.html

  - Video DBU-Projekt Bootsreinigung - eine Alternative zum Biozideinsatz:

INFOBOX 4

https://www.youtube.com/watch?v=7PXRCc_Qup8&feature=youtu.be

- Dokumentation des Webinars "Aktuelle Entwicklungen beim Bewuchsschutz für Sportboote", Vorträge „Biozidfreie Bewuchsschutzverfahren für Sportboote“ und „Erfahrungen vom Dümmer See“:

  http://www.pan-germany.org/deu/projekte/biozidrisiken_mindern/antifoulings.html

- Videos zu mechanischen Reinigungsverfahren auf der Seite des Forschungsprojekts CHANGE (in englischer/schwedischer Sprache, aber auch nur mit Bild ohne Ton verständlich):

  http://changeantifouling.com/antifouling-techniques/mechanical-methods/

4.4.9.3 Ultraschall-Systeme

Bei diesen Systemen wird der Schiffsrumpf zum Schwingen gebracht. Sie sollen auf diese Weise das Wachstum von Biofilm verhindern und bereits vorhandenen Algenbewuchs zerstören.

Wird die Energie solcher Systeme allerdings zu stark eingeregelt, z.B. um auch gegen hartschalige Organismen zu wirken, können auch an Nicht-Ziel-Organismen Schäden verursacht werden.

Ferner ist bei Ultraschallsystemen zu beachten, dass diese teilweise ihre volle Leistungsfähigkeit nur in Kombination mit einem biozidhaltigen Antifouling entfalten. Die Wirksamkeit ist daher im Einzelnen zu prüfen.

Information:

- Dokumentation des Webinars "Aktuelle Entwicklungen beim Bewuchsschutz für Sportboote", Vortrag „Biozidfreie Bewuchsschutzverfahren für Sportboote“:

  http://www.pan-germany.org/deu/projekte/biozidrisiken_mindern/antifoulings.html

4.4.9.4 Kunststoffplane zur Abdunkelung des Bootsrumpfs

Mit Hilfe von Planen kann der Bootsrumpf abgedunkelt und dadurch das Wachstum von Algen gehemmt werden. Die Planen werden am Steg und/oder am Bootsrumpf befestigt. Sie werden entweder um das Boot herum geführt oder unter dem Rumpf hindurch gezogen. Aus letzteren lässt sich außer-

dem das Wasser heraus pumpen. Auch die Verwendung einer Persenning, deren untere Enden knapp über der Wasseroberfläche enden, kann durch die Verdunkelung den Bewuchs am Wasserpass und unter Umständen dem Rumpf vermindern.

Information:

- Bericht eines DBU-Projekts (zur Persenning):
  - Watermann et al., 2016: „Erprobung von Reinigungsverfahren für biozidfreie Unterwasserbeschichtungen an Sportbooten in Modellregionen: Unterweser, Dümmer, Ratzeburger See, Zeuthener See“:

    https://www.dbu.de/projekt_32413/01_db_2409.html

4.4.9.5 Bootslift

Mit Bootsliften, die fest am Liegeplatz installiert werden, werden Boote nach der Fahrt über die Wasseroberfläche angehoben, so dass sie nicht mehr im Wasser liegen und dadurch vor Bewuchs geschützt sind.

Informationen:

- Video zur Verwendung eines Bootslifts auf der Seite des Forschungsprojekts CHANGE:

  http://changeantifouling.com/antifouling-techniques/mechanical-methods/
  (Video oben links)

- Dokumentation des Webinars "Aktuelle Entwicklungen beim Bewuchsschutz für Sportboote", Vortrag „Biozidfreie Bewuchsschutzverfahren für Sportboote“:

  http://www.pan-germany.org/deu/projekte/biozidrisiken_mindern/antifoulings.html

INFOBOX 5

Literaturquellen und Links zu Forschungsprojekten

Abgeschlossene Projekte

INFOBOX 5

- DBU-Projekt „Haihaut 2.0 - Herstellung biologisch inspirierter Anti-Bewuchsoberflächen zur großtechnischen Anwendung im Schiffbau“,
  A. B. Kesel, S. Wuttke, Hochschule Bremen
  Projektbericht:

  https://www.dbu.de/projekt_30726_db_2409.html
- DBU-Projekt „Umweltfreundliche Beschichtung von Sportbooten - Bewuchs abweisendes, nicht leachendes Material auf Silikonbasis“
  M. Wiegemann, MAReCOAT
  Projektbericht:

  https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-27224.pdf
- DBU-Projekt „Umweltfreundliche Waschanlage für Sportboote mit Biozid-freien Beschichtungen“,
  D. Lompe, C. Schubert, Hochschule Bremerhaven
  Projektbericht:

  https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-29437.pdf
- DBU-Projekt „Erprobung von Reinigungsverfahren der Unterwasserbereiche von Sportbooten und küstenoperierenden Schiffen als Bewuchsschutz-Alternative - Materialbelastung, Effektivität und Gewässerbelastung“,
  B. Daehne, B. Watermann, C. Fürle, D. Daehne, A. Thomsen, LimnoMar Labor für limnische / marine Forschung
  Projektbericht:

  https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-29523-01.pdf
- DBU-Projekt „Erprobung von Reinigungsverfahren für biozidfreie Unterwasserbeschichtungen an Sportbooten in Modellregionen: Unterweser, Dümmer, Ratzeburger See, Zeuthener See“

INFOBOX 5

B. Watermann, B. Wohlert, B. Daehne, D. Daehne, A.Thomsen, P. Janson, C. Fürle; LimnoMar, Wohlert-Lackfabrik GmbH, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR), Schleswig-Holstein
Projektbericht:

https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-32413.pdf

- Entwicklung eines elektrisch leitenden Antifouling-Lacksystems
  Fraunhofer IMWS, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ, bioplan GmbH, Schiffswerft Barth GmbH
  - Flyer:

    https://www.imws.fraunhofer.de/content/dam/imws/de/documents/Oberflchen/2016%2005%2011%20Flyer%20Antifouling.pdf
  - Broschüre:

    https://www.imws.fraunhofer.de/content/dam/imws/de/documents/Oberflchen/Brosch%C3%BCre_Antifouling.pdf
  - Infoseite:

    https://www.imws.fraunhofer.de/de/specials/antifouling-ms-wissenschaft/hintergruende-zum-biofouling.html
  - Deutschlandfunk: Antifouling-Anstrich ohne Nebenwirkungen:

INFOBOX 5

http://www.deutschlandfunk.de/antifouling-anstrich-ohne-nebenwirkungen.676.de.html?dram:article_id=234404

- Wissenschaftsjahr: Neuartiger Lack verspricht wirksamen Schutz gegen Schiffsrumpfsbewuchs:

https://www.wissenschaftsjahr.de/2016-17/aktuelles/alle-aktuellen-meldungen/schutz-fuer-den-schiffsrumpf.html

Aktuelle Forschung

- Entwicklung von alternativen Beschichtungssystemen, Untersuchung der Haftung von Organismen (Seepocken, Miesmuscheln) auf Oberflächen
  Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM,

  https://www.ifam.fraunhofer.de/de/Institutsprofil/Standorte/Bremen/Klebtechnik_Oberflaechen/Lacktechnik/Funktionelle_Lacke_Beschichtungen/Anti-Fouling-Beschichtungen.html
- Entwicklung von Verbundwerkstoffen mit Mikro- und Nanostruktur als Antifouling-Beschichtung
  Universität Kiel, Technische Fakultät, Functional Nanomaterials Group

  http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/fnano/de/Research (englischsprachige Seite), Artikel „Functional Ecofriendly Coatings for Marine Applications“
- Forschungsprojekt CHANGE mit dem Ziel, den Eintrag von toxischen Substanzen aus Antifouling-Produkten von Sportbooten in die Ostsee zu reduzieren (englisch):

  http://changeantifouling.com/
  - Plattentests in 18 schwedischen, finnischen und deutschen Ostsee-Marinas um zu erheben, wie viel Kupfer in Antifouling-Anstrichen wo wirklich notwendig ist (englisch):

INFOBOX 5

http://changeantifouling.com/research/environmental-science-wp4/panel-tests/

- Test verschiedener alternativer Antifouling-Systeme und Reinigungswerkzeuge (Bildersammlung mit englischer Beschreibung)

http://changeantifouling.com/change-report-on-alternative-antifouling-methods/

- Entwicklung alternativer Antifouling-Beschichtungen auf Polymerbasis im Verbundprojekt FOUL-PROTECT:

https://www.ifam.fraunhofer.de/de/Presse/Archiv/2014/Biozidfreie_Beschichtungen.html

- Ceroxid-Nanopartikel, die „Bakterienkommunikation“ und somit Aufwuchs einschränken Johannes Gutenberg Universität Mainz:

http://www.ak-tremel.chemie.uni-mainz.de/

4.4.10 Was muss ich bei der Reinigung meines Boots beachten?

Wenn ein Boot am Ende einer Saison aus dem Wasser genommen wird, befinden sich immer noch Antifouling-Wirkstoffe in der Beschichtung. Neben Umwelteinflüssen (wie Temperatur, Salzgehalt, pH-Wert, etc.) und Beschichtungstyp (z.B. (selbst)erodierend, Hartantifouling) bestimmt v.a. die herstellerseitig anvisierte Standzeit die Menge an Wirkstoff, die nach einer Saison noch in der Beschichtung ist. Sind Antifouling-Beschichtungen für eine mehrjährige Verwendung konzipiert – i.d.R. 2-3 Jahre – befindet sich am Ende der ersten Saison entsprechend noch ausreichend Wirkstoff in der Beschichtung, um in den nachfolgenden Jahren noch wirksam sein zu können. Diese Wirkstoffe können nun auch bei der Bootswäsche aus der Beschichtung herausgewaschen werden. Dabei ist die herausgelöste Menge umso größer, je mehr Wasser verwendet wird bzw. je länger gewaschen wird und je höher der (Wasser)druck beim Reinigen ist. Aber auch durch eine Beschädigung der Beschichtung können Partikel freigesetzt und in die Umwelt eingetragen werden.

Die rechtlichen Rahmenbedingungen bezüglich des Reinigens von Sportbooten ist eine hauptsächlich wasserrechtliche Fragestellung, deren Beantwortung zudem komplex ist. Während die Zulassung von Antifouling-Produkten auf Bundesebene geregelt wird, obliegt die Überwachung der Einhaltung und Überprüfung von in der Zulassung ausgesprochenen Anwendungsbestimmungen oder -einschränkungen den Bundesländern. Ebenso liegt die Zuständigkeit für das Einleiten des beim Reinigungsvorgang von Schiffsrümpfen entstehenden Abwassers in Gewässer und Boden im Zuständigkeitsbereich der Bundesländer. Unter Berücksichtigung der Wassergesetze der Länder sind letztlich die Gemeinden für die ordnungsgemäße Abwasserentsorgung verantwortlich. Zusätzliche Anforderungen können auch die jeweiligen Polizeiverordnungen unter Berücksichtigung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) und der Gesetzgebung des zuständigen Landes treffen.

Deshalb sollten sich Bürgerinnen und Bürger, die Näheres über die Rechtssituation in ihrer Gemeinde erfahren wollen, bei den zuständigen Behörden (untere Wasserbehörde) erkundigen, ob auch für ihre Gemeinde eine entsprechende Regelung (Ortssatzung) getroffen wurde. Unsere im Folgenden vorgenommene Interpretation der Vorschriften beansprucht somit keinerlei Vollständigkeit und Verbindlichkeit.

Man muss bei der Reinigung von Schiffsrümpfen grundsätzlich unterscheiden, ob die Reinigung des Bootsrumpfes (a) im Wasser oder an Land (auf befestigtem oder unbefestigtem Grund) erfolgt, (b) auf biozidfreien oder biozidhaltigen Beschichtungen erfolgt und (c) ob dabei Weich- oder Hartfouling entfernt wird.

Im Wasser:

Eine Reinigung biozidhaltiger Unterwasseranstriche im Wasser ist nicht zulässig und stellt eine Ordnungswidrigkeit dar.

Die Entfernung von Weichfouling auf biozidfreien Beschichtungen im Wasser ist aus rechtlicher Sicht unproblematisch. Im Falle einer Entfernung von Hartfouling auf biozidfreien Beschichtungen im Wasser muss dies im Einzelfall von der zuständigen Behörde geprüft bzw. genehmigt werden. Erfolgt die Rumpfreinigung in fest installierten Anlagen in oder außerhalb eines Gewässers, wären diese Anlagen so zu betreiben, dass keine schädlichen Gewässerveränderungen zu erwarten sind. Aber auch hier ist die Entscheidung im Einzelfall von der zuständigen Behörde zu bewerten.

An Land:

Eine Reinigung von biozidhaltigen Unterwasseranstrichen ohne Schutzmaßnahmen für die Umwelt ist nicht zulässig. Bei Reinigungsmaßnahmen auf versiegeltem Untergrund (Waschplatz) ist sicherzustellen, dass kein direkter Eintrag des Abwassers ins Oberflächenwasser erfolgt. Eine Einleitung des Waschwassers in das kommunale Klärsystem oder sein vollständiges Auffangen muss sichergestellt sein. Im Falle der Einleitung in das Klärsystem sind die kommunalen Abwassersatzungen zu beachten.

Das Reinigen von Booten auf unbefestigtem Grund ist grundsätzlich nicht zulässig – weder von Booten die mit biozidhaltigen noch mit biozidfreien Beschichtungen ausgerüstet sind.

4.4.11 Wo finde ich weiterführende Informationen zum Thema Antifouling und Umwelt?

Das Umweltbundesamt bietet auf der Plattform „Biozid-Portal“ Informationen rund um das Thema Biozide – inkl. Antifouling – an (im Kapitel „Materialschutz“):

http://www.biozid.info/

Das Labor für Limnische und Marine Forschung (LimnoMar) veröffentlicht regelmäßig umfangreiche Informationen zum Thema Antifouling und Alternativen für Sportboote:

http://www.limnomar.de

Das Pestizid Aktions-Netzwerk e.V. (PAN) begleitet das Thema Biozide und Antifouling seit geraumer Zeit und veröffentlicht regelmäßig Informationsmaterialien, Flyer aber auch Videos oder Webinare. Es bietet außerdem einen Antifouling-Mailverteiler an:

http://pan-germany.org/

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) fördert Forschungsprojekte zum Thema Antifouling und veröffentlicht Projektberichte auf ihrer Seite (zu finden über die Suchfunktion):

https://www.dbu.de/

Informationen des Deutschen Segler-Verbands zu Unterwasseranstrichen:

http://www.dsv.org/dsv/umweltschutz/unterwasseranstriche/

4.4.12 An wen kann ich mich bei Fragen wenden?

4.4.12.1 Informationen rund um die Zulassung von Biozid- und Antifouling-Produkten

Der REACH-CLP-Biozid Helpdesk ist die nationale Auskunftsstelle für Hersteller, Importeure und Anwender von chemischen Stoffen und Biozidprodukten. Er setzt sich aus einem Expertennetzwerk der Bundesbehörden zusammen, die mit spezifischen Informationen und Expertenwissen für Sie bereitstehen. Sie können sich von Montag bis Freitag zwischen 8.00 und 13.00 Uhr telefonisch unter Tel. 0231 9071-2971 oder jederzeit schriftlich per Fax 0231 9071-2679 oder E-Mail (reach-clp-biozid@baua.bund.de) dorthin wenden.

Auf der Internetseite www.reach-clp-biozid-helpdesk.de können Sie zudem umfangreiche Informationen rund um das Thema Biozide einsehen.

Weiterführende Informationen zur Risikobewertung von Bioziden sind auf den Seiten des Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) zusammengestellt:

http://www.bfr.bund.de/de/risikobewertung_von_bioziden-52350.html

4.4.12.2 Informationen rund um die Umweltbewertung und -auswirkungen von Antifouling-Produkten

Umweltbundesamt: buergerservice@uba.de

4.4.12.3 Fachinformationen zu den Themen Bewuchsdruck, Alternativen zu biozidhaltigen Antifouling-Beschichtungen sowie Verbraucherrechte und Biozide

Pestizid Aktions-Netzwerk e.V. (PAN): info@pan-germany.org

Hier können Sie sich für den Antifouling-Mailverteiler registrieren:

http://www.pan-germany.org/deu/projekte/biozidrisiken_mindern/antifoulings.html

4.5 Arbeitspaket V: Durchführung eines nationalen Workshops

4.5.1 Eckdaten des Workshops

Am 21. und 22. September 2017 fand in Koblenz der Workshop mit Fachgespräch zum Thema „Gewässerschonender Umgang mit Antifouling-Beschichtungen im Sportbootbereich. Zulassung – Praxis – Zukunft“ statt.

Der Workshop wurde gemeinsam von der Bundesanstalt für Gewässerkunde und dem Umweltbundesamt veranstaltet. Er wurde auf der Webseite der BfG angekündigt, dort waren auch das Programm (siehe Kapitel 6.7 im Anhang) und ein Anmeldeformular hinterlegt. Einladungen wurden an den Veranstaltungs-E-Mail-Verteiler der BfG versendet. Zusätzlich wurden, sofern nicht im Verteiler enthalten, folgende Interessengruppen eingeladen:

- Sportbootverbände (Deutscher Motoryachtverband, Deutscher Seglerverband, European Boating Association, Internationale Wassersportgemeinschaft Bodensee)
- Institut LimnoMar
- Häfen und Vereine, die im Rahmen des Vorgängerprojekts oder im Rahmen von Arbeitspaket I in diesem Projekt beprobt wurden
- Universitäten / Institute, die an alternativen Antifouling-Lösungen forschen
- Umweltorganisationen (Pestizid Aktions-Netzwerk, Deutsche Gesellschaft für Umwelterziehung („blaue Flagge“), Deutsche Bundesstiftung Umwelt)
- Behörden (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Chemikaliensicherheit (BLAC), Umweltbehörden der Bundesländer, Bundesbehörden, die im Biozidzulassungsverfahren involviert sind (BMUB, BfN, BAM, BfR, BAuA, BSH), Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU), Österreichisches Umweltbundesamt)
- Industrie (Farbenhersteller, Verband der Chemischen Industrie (VCI), Europäische Vereinigung der Lack-, Druckfarben- und Künstlerfarbenindustrie (CEPE))
- Bootsservices/Werften, Händler von Farben und Bootszubehör.

Außerdem wurden die Teilnehmer der Umfrage auf den Workshop hingewiesen und am Ende der Umfrage auf die Ankündigung auf der Webseite der Bundesanstalt für Gewässerkunde weitergeleitet.

Am Workshop nahmen ca. 50 Personen teil, es waren alle genannten Interessengruppen sowie einige Vertreter von örtlichen Vereinen und von Unternehmen, die biozidfreie Antifouling-Produkte entwickeln, vertreten.

4.5.2 Vorträge

Am ersten Tag des Workshops gaben Vorträge Einblicke zur gängigen Praxis, zu rechtlichen Aspekten und möglichen biozidfreien Alternativen aus verschiedenen Blickwinkeln.

Die Vorträge wurden von den Vortragenden zur Veröffentlichung zur Verfügung gestellt und sind auf der Seite des Workshops einzusehen.

http://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2017/2017_09_21

Die Diskussionen, die sich an die Vorschläge anschlossen, wurden in Kurzprotokollen dokumentiert.

Nachfolgend werden die einzelnen Vorträge, ggf. mit anschließender Diskussion, kurz vorgestellt.

4.5.2.1 Antifouling-Praxis im Sportbootbereich: Anforderungen, Probleme, Alternativen (B. Watermann, LimnoMar)

Der erste Teil des Vortrags enthielt einen Einblick in die aktuelle Anwendungspraxis von Antifouling-Produkten. Ursachen für eine erhöhte Freisetzung von Bioziden, auch aus unversiegelten TBT-Altbeschichtungen, in die Umwelt wurden aufgezeigt. Anschließend wurden Möglichkeiten für eine verbesserte Anwendungspraxis sowie biozidfreie Bewuchsschutz-Alternativen, deren Vor- und Nachteile sowie Praxiserfahrungen vorgestellt.

Der Vortrag steht hier zum Download zur Verfügung:

https://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2017/2017_09_21_waterman.html;jsessionid=843B0343121BFE42BA96136AA6721F6F.live11293?nn=169148

4.5.2.2 Umgang mit Antifouling aus Sicht der Verbände (D. Haendel, Deutscher Motoryachtverband, European Boating Association)

Zu Beginn des Vortrags wurden Gründe für die Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten in der Freizeitschifffahrt genannt. Anschließend wurden Unterschiede zwischen Berufs- und Freizeitschifffahrt hinsichtlich der Verwendung von Antifouling-Produkten einander gegenübergestellt. Nationale europäische Antifouling-Regelungen wurden vorgestellt und bewertet sowie daraus resultierende Schwierigkeiten, vor allem für den grenzüberschreitenden Wassertourismus, benannt. Abschließend wurden die Interessen der Freizeitschifffahrt bei Anwendungsregelungen und Aktivitäten der European Boating Association und des Deutschen Motoryachtverbands vorgestellt.

Der Vortrag steht hier zum Download zur Verfügung:

https://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2017/2017_09_21_haendel.html;jsessionid=843B0343121BFE42BA96136AA6721F6F.live11293?nn=169148

4.5.2.3 Aktuelles aus der Forschung: Antifouling ohne Biozide – ein Beispiel (W. Tremel, Universität Mainz)

4.5.2.3.1 Vortrag

Im Vortrag wurde eine alternative, biozidfreie Antifouling-Strategie basierend auf einem biomimetischen Ansatz aus der aktuellen Forschung vorgestellt.

Im ersten Teil des Vortrags wurde dabei das Konzept des sog. „Quorum Sensing“ sowie Strategien der Natur gegen Bewuchs erläutert. In der ersten Stufe lagern sich meist Bakterien an Oberflächen an. Dabei senden diese sogenannte Signalmoleküle aus, die von weiteren Bakterien erkannt wer-den und zur Besiedlung einer Oberfläche führen - diese Art der „Kommunikation“ wird als „Quorum Sensing“ bezeichnet. Organismen, die im Wasser leben (z.B. Algen), schützen sich dabei gegen Bewuchs mithilfe bestimmter Enzyme, der sogenannten Haloperoxidasen. Mit Hilfe der Enzyme werden die Signalmole-

küle der potenziellen Besiedler halogeniert und können dann nicht mehr erkannt werden - eine Kolonialisierung bleibt aus.

Dieses Konzept kann nun auch technisch genutzt werden und wurde im zweiten Teil des Vortrags vorgestellt. Das katalytische Zentrum der Enzyme enthält Vanadium, das im Rahmen des biomimetischen Ansatzes nachempfunden wurde. Hierbei wurden zunächst Nanopartikel auf Vanadiumoxidbasis untersucht. Es zeigte sich, dass diese ebenfalls die Halogenierung von Signalmolekülen katalysieren. Allerdings wurde aus den Partikeln auch Vanadium freigesetzt. Partikel auf Ceroxidbasis zeigten hier eine bessere Stabilität. Es wurde auch hier eine Halogenierung beobachtet. Feldtests mit Stahlplatten, die Ceroxidpartikel auf der Oberfläche enthielten zeigten hierbei deutlich reduzierten Bewuchs.

Der Vortrag steht hier zum Download zur Verfügung:

https://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2017/2017_09_21_tremel.html;jsessionid=843B0343121BFE42BA96136AA6721F6F.live11293?nn=169148

4.5.2.4 Aktuelle Entwicklungen in der Antifouling-Zulassung und –Umweltbewertung (S. Setzer, Umweltbundesamt)

4.5.2.4.1 Vortrag

Im ersten Teil des Vortrags wurde das derzeitige Zulassungsverfahren für Biozide erläutert, in dessen Rahmen das Umweltbundesamt als Einvernehmensstelle für die Risikobewertung von Antifouling-Produkten zuständig ist. Nach Nennung der rechtlichen Grundlage wurde das zweistufige Verfahren (Wirkstoffgenehmigung, Produktzulassung) vorgestellt, der aktuelle Bewertungsstand der Antifouling-Wirkstoffe sowie der Zeitplan für die weitere Bewertung der Wirkstoffe und Produkte. Außerdem wurden einige Vorschriften, die für die Verwendung von Antifouling-Produkten mit bestimmten Wirkstoffen gelten werden, genannt.

Im zweiten Teil wurden aktuelle Entwicklungen in der Expositions- und Risikobewertung vorgestellt. Das Grundprinzip der Risikobewertung beruht auf einem Vergleich zwischen zu erwartenden Konzentrationen in der Umwelt (Expositionsbewertung) mit ökotoxikologischen Daten (Effektbewertung). Die Expositionsbewertung wird mit Hilfe von „realistic worst case"-Szenarien vorgenommen, ursprünglich mit einem Szenario, das überwiegend für den marinen Bereich gilt. Derzeit werden individuelle Szenarien für die Regionen Atlantik, Mittelmeer, Ostsee, Ostseeübergang und Süßwasser entwickelt, um die jeweiligen Bedingungen besser berücksichtigen zu können.

Der Vortrag steht hier zum Download zur Verfügung:

https://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2017/2017_09_21_setzer.html;jsessionid=843B0343121BFE42BA96136AA6721F6F.live11293?nn=169148

4.5.2.4.2 Diskussion

Folgende Punkte wurden in der anschließenden Diskussion geklärt:

Die Frist für die Bearbeitung des Zulassungsantrags ist in der Durchführungsverordnung festgelegt. Diese beträgt bei Altwirkstoffen i.d.R. zwei Jahre, von Neuwirkstoffen auf ein Jahr.

Die neuen regionalen Szenarien stehen bereits zur Verfügung und sind auf der ECHA-Internetseite veröffentlicht. In wie weit die Szenarien bei der kommenden Produktzulassung anzuwenden sind, wird politisch diskutiert. Die Industrie ist in Gremien vertreten und so an der Entwicklung der Szenarien beteiligt.

Produkte mit Altwirkstoffen dürfen auf dem Markt bleiben, bis über ihren Zulassungsantrag entschieden wurde, insofern bis zu einer wirkstoffspezifischen Frist entsprechende Zulassungsanträge eingereicht wurden. Sollte die nicht der Fall sein, verlieren sie ihre Verkehrsfähigkeit binnen 180 Tagen nach der Einreichungsfrist.

Das Umweltbundesamt ist nicht die Zulassungsbehörde, sondern für die Umweltrisikobewertung im Rahmen des Zulassungsverfahrens zuständig. Die Zulassungsstelle ist die Bundesstelle für Chemikalien, angesiedelt bei der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA).

4.5.2.5 Projektergebnisse: „Strategien zur Minimierung des Antifouling-Biozideintrags bei Sportbooten“ (M. Redeker, Bundesanstalt für Gewässerkunde)

4.5.2.5.1 Vortrag

In diesem Vortrag wurden die Arbeitspakete III und IV vorgestellt. Einleitend wurde die Bedeutung der Arbeitspakete in der Umweltrisikobewertung eingeordnet. Der Aufbau des Arbeitspakets III und der zeitliche Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte bis hin zum Leitfaden (Arbeitspaket IV) wurden präsentiert. Näher eingegangen wurde auf die Erstellung des Maßnahmenkatalogs für die einzelnen Arbeitsschritte, auf den Aufbau und erste Ergebnisse der Umfrage. Aus den Ergebnissen wurden die Fragen abgeleitet, die im Rahmen des Worldcafés diskutiert wurden. Abschließend wurde die Ableitung des Leitfadens aus den Ergebnissen der Umfrage und des Workshops sowie sein damals aktueller Aufbau vorgestellt.

Der Vortrag steht hier zum Download zur Verfügung:

https://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2017/2017_09_21_redeker.html;jsessionid=843B0343121BFE42BA96136AA6721F6F.live11293?nn=169148

4.5.2.5.2 Diskussion

Folgendes wurde in der Diskussion geklärt:

Die räumliche Verteilung der Umfrageteilnehmer lässt sich nicht einordnen, aber die Verteilung nach Süß-, Brack- und Salzwasser.

Der Leitfaden wird nicht rechtsverbindlich sein, auch nicht für professionelle Anwender. Das kann ein Leitfaden nicht leisten. Er soll vielmehr Möglichkeiten aufzeigen, die Sportbootbesitzer haben um

Umweltrisiken zu vermeiden bzw. verringern. Er richtet sich an Sportbootbesitzer, nicht an die berufliche Schifffahrt. Er ist nicht endgültig.

Die Verbindlichkeit von Maßnahmen wird im Zulassungsverfahren geregelt werden, an dem die Mitgliedstaaten arbeiten. Die Verwendung eines Windfanges ist darin noch nicht endgültig enthalten.

Folgendes wurde angemerkt:

Die British Coatings Federation Marine Coatings Group hat eine sehr ähnliche Umfrage durchgeführt (British Coatings Federation 2016).

Einige Begrifflichkeiten im Leitfaden sollten noch diskutiert werden.

Manuelle Reinigung ohne Beschichtung ist auch eine Art Bewuchsschutz.

4.5.3 Gesamtdiskussion zu den Beiträgen des ersten Tages

Ein wichtiger Diskussionspunkt war, wie sich Informationen zum Umgang mit Antifouling am besten verbreiten ließen, so dass sie möglichst jeden Bootsbesitzer erreichen. Diskutierte Varianten waren

- das Thema in die Segel-Ausbildung zu übernehmen (Verantwortung: DSV)
- es im Führerschein zu thematisieren (Verantwortung: BMVI), hier hatten jedoch Verbände oft keinen Erfolg mit dem Vorschlag, Fragen zu bestimmten Themen in die Prüfungsformulare aufzunehmen
- Informationen im Intranet des DSV/DMYV zur Verfügung zu stellen.

Das Thema in die Ausbildung zu integrieren sei wichtig, damit Bootsbesitzer die entsprechenden Gefahren und Lösungen von vorn herein kennen.

Verbände sind bemüht um ökologische Gestaltung der Freizeitschifffahrt, jedoch möchten sie nicht zu viel verbieten. Außerdem können die Verbände zunehmend weniger für alle Bootsbesitzer sprechen, da die Individualisierung unter Bootsbesitzern zunimmt. D. h. weniger Bootsbesitzer treten Vereinen/Verbänden bei und können daher nicht über sie erreicht werden. Ein möglicher weiterer Informationsweg könnte z. B. der Verband Deutscher Bootsvermieter sein.

Es wird angestrebt, dass Boote auch ohne Führerschein gefahren werden können, daher könnten auf diesem Weg künftig wenige Bootsbesitzer erreicht werden.

In Baden-Württemberg gibt es zwei bis drei Umweltseminare pro Jahr mit regionaler Beratung bezüglich Antifouling. Die direkte Ansprache hat sich als sehr wirksam erwiesen.

Es wurde angemerkt, dass es problematisch sei, wenn mehrere Institutionen Leitfäden erstellen. Die Informationen sollten vielmehr an einer Stelle zusammengeführt werden. Im Leitfaden sollte neben Umweltaspekten und Schadstoffwirkungen auch das Thema Neobiota berücksichtigen. Die Aspekte menschliche Exposition, Risiko durch Bewuchs und stoffliches Risiko sollten zusammengeführt werden.

Es wurde auch die Sorge geäußert, dass es politischen Gegenwind geben könnte, wenn die Umweltrisiken durch Antifouling auf Sportbooten nicht vermindert werden. Es bestehe zwar keine politische Absicht, die Freizeitschifffahrt zu verbieten, aber sie müsse ökologisch vertretbar sein, um im Rahmen von Natur- und Gewässerschutzprogrammen nicht ausgeschlossen zu werden.

Die Einführung von invasiven Arten durch Boote wurde ebenfalls thematisiert. Derzeit fehlt eine Übersicht, welche Rolle Sportboote und Trailer als Vektoren spielen. Im Oktober 2017 beginnt ein Projekt, das die Bedeutung von Booten für den Transport von invasiven Arten in Deutschland untersucht. Aus der Schweiz gibt es bereits eine Studie, in den USA wird intensiv an der Fragestellung gearbeitet.

Zur Vermeidung des Transports müssten Boote gereinigt werden, und zwar am Ort wo das Boot aus dem Waser genommen wird. In den Häfen sei eine bessere Kontrolle der Reinigung und damit der Nicht-Einwanderung notwendig. Da Organismen meist über Nischenbereiche verschleppt werden, müsse bei der Konstruktion von Booten darauf geachtet werden, dass Nischenbereiche für die Reinigung erreichbar werden.

4.5.4 Worldcafé

Am zweiten Tag des Workshops wurden Strategien zu einem optimierten Umgang mit Antifouling-Bioziden mit den Teilnehmern aus den verschiedenen Interessengruppen diskutiert.

Um die Diskussion möglichst effizient und konstruktiv zu gestalten und Beiträge aus möglichst vielen Perspektiven zu erhalten, wurde das Format Worldcafé gewählt. An fünf Tischen wurden die folgenden Themen, die für den praktischen Leitfaden relevant sind, diskutiert:

- Tisch I: Fouling in Deutschland – Sind Antifouling-Beschichtungen überall notwendig?
- Tisch II: Umweltfreundliche Anwendungspraxis – Was ist nötig, was möglich?
- Tisch III: Biozidfreie Antifouling-Beschichtungen – Mythos oder Alternative?
- Tisch IV: Infrastruktur und Materialien – Was ist vorhanden, was fehlt?
- Tisch V: Weiterer Handlungs- und Forschungsbedarf.

In fünf Durchgängen standen jeweils 25 Minuten Diskussionszeit zur Verfügung, so dass jeder Teilnehmer einmal jedes Thema diskutiert hat.

Zur Verteilung der Teilnehmer auf die Tische erfolgte nicht personen- sondern interessengruppenbezogen. Dafür wurden im Vorfeld des Workshops Lose vorbereitet (Abbildung 70).

Dabei wurde darauf geachtet, dass

- die Diskussionsgruppen in jeder Runde anders zusammengesetzt sind und
- in jeder Diskussionsgruppe möglichst viele Interessengruppen vertreten sind.

Die Teilnehmer wurden grob verschiedenen Interessengruppen zugeordnet, jeder Interessengruppe wurde eine Farbe zugeordnet. Die Workshop-Namensschilder der Teilnehmer wurden in der entsprechenden Farbe markiert. Die Lose bekamen ebenfalls farbige Markierungen und die Teilnehmer wurden gebeten, jeweils ein Los in der Farbe zu ziehen, mit denen ihr Namensschild markiert war.

Abbildung 70: Beispiel für ein Los für die Verteilung der Worldcafé-Teilnehmer auf die Tische.

Runde 1	Runde 2	Runde 3	Runde 4	Runde 5
Tisch 2	Tisch 3	Tisch 4	Tisch 5	Tisch 1

Quelle: eigene Darstellung BfG

An den Tischen wurden die zu diskutierenden Themen jeweils kurz vorgestellt. In der ersten Runde fand ein Brainstorming statt, wobei die Teilnehmer, die etwas zur Diskussion beigetragen haben, diesen Beitrag auf bereitliegenden Karten notiert haben. In den folgenden konnte auf die Beiträge aus der/den vorigen Runde(n) eingegangen werden, weitere Ideen genannt und notiert werden und die Karten thematisch geordnet werden. Parallel wurden die Beiträge an den Tischen in Form von Kurzprotokollen dokumentiert.

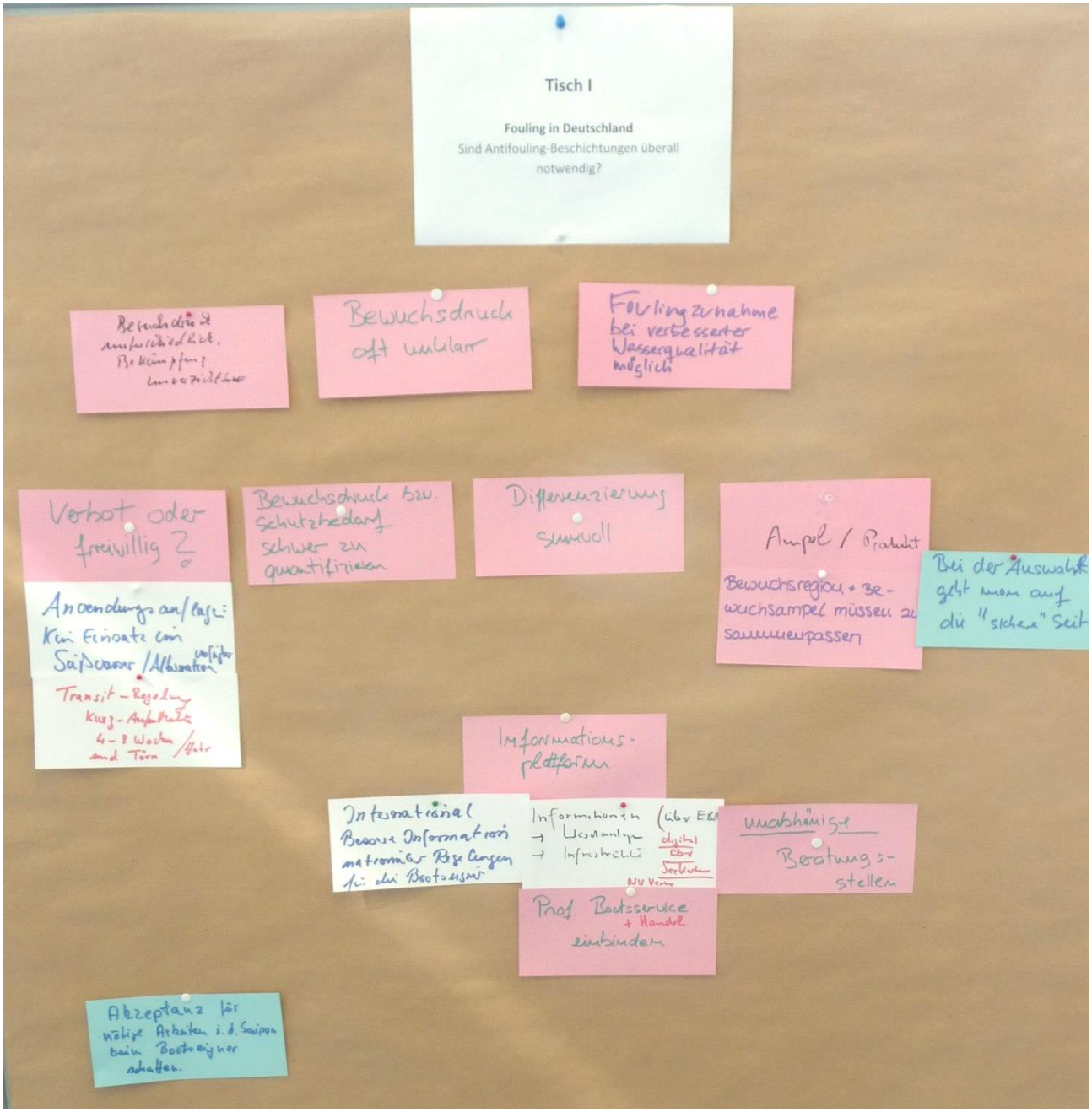
Nach den fünf Runden wurden die Karten auf Postern befestigt und die Diskussionsleiter jedes Tischs präsentierten die Ergebnisse der Diskussion ihrer Tische anhand der Poster.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Tische kurz vorgestellt.

4.5.4.1 Tisch I. Fouling in Deutschland – Sind Antifouling-Beschichtungen überall notwendig?

An Tisch I sollten in erster Linie Erfahrungen von Anwendern hinsichtlich der Bewuchssituation in Deutschland diskutiert werden. Abbildung 71 zeigt das Poster mit den Beiträgen, die an diesem Tisch zusammengetragen wurden.

Abbildung 71: Poster der Beiträge an Worldcafé-Tisch I.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Die Mehrheit der Teilnehmer bzw. Anwender ist über die lokale Bewuchssituation eher diffus informiert. In der Anwendungspraxis spielt die lokale Bewuchssituation jedoch eine eher untergeordnete

Rolle – oftmals gilt eher das Credo, im Zweifel den Bewuchsschutz hoch anzusetzen. Einige Teilnehmer stellen auch fest, dass es grundsätzlich nicht ohne Bewuchsschutzsystem geht – wobei dies auch alternative Schutzsysteme beinhaltet. Es wurde auch angemerkt, dass die zunehmende – und in jedem Falle begrüßenswerte – Verbesserung der Wasserqualität durchaus auch zu einer Verschärfung des Bewuchses beitragen kann, z.B. durch die Erhöhung des Nährstoffgehalts und der damit verbesserten Lebensbedingungen für Wasserorganismen wie Algen.

Grundsätzlich bestand jedoch Konsens, dass es mehr oder weniger große Unterschiede hinsichtlich des Bewuchsdrucks gibt, wobei dieser in Binnengewässern als eher gering eingestuft wird. Viele Teilnehmer verwiesen auf die Informationslücke und wünschen diesbezüglich eine frei zugängliche Informationsplattform, welche die lokalen Bewuchsbedingungen darstellt. Diese sollte in jedem Falle Regionen gleichen Bewuchsdrucks definieren, anstelle „kleinräumiger" Informationen darzustellen. In diesem Zusammenhang wurde vermehrt der Bewuchsatlas von LimnoMar genannt, der zwischenzeitlich „offline" genommen wurde – dieser würde sicherlich eine gute Basis darstellen. Es wurde auch diskutiert, inwieweit die einzelnen Anwender bei der notwendigen Aktualisierung der Daten helfen können.

Alle Teilnehmer begrüßten oder stuften eine Differenzierung des Produktmarkts hinsichtlich der Bewuchsschutzanforderungen als sinnvoll ein. Es wurde jedoch darauf hingewiesen, dass diese leicht verständlich sein sollte. Als konkrete Möglichkeit wurde eine Ampel-Klassifizierung vorgeschlagen (rot = hoher Bewuchsdruck, gelb = mittlerer Bewuchsdruck, grün = geringer Bewuchsdruck). Diese sollte dann direkt auf dem Produkt abgebildet sein. Gegen die Einführung eines derartigen Klassifizierungssystems gab es aber auch die Bedenken, dass Anwender auf dieser Grundlage tendenziell ein höher eingestuftes Produkt wählen könnten, als es nach der lokalen Situation notwendig wäre und somit dem eigentlichen Ziel zuwider handeln würden. Unabhängig vom Klassifizierungssystem wurde der Wunsch geäußert, die Informationen rund um die lokalen Bewuchsbedingungen (in einer entsprechenden Informationsplattform wie oben genannt) entsprechend zu harmonisieren – also mit dem gleichen System zu klassifizieren.

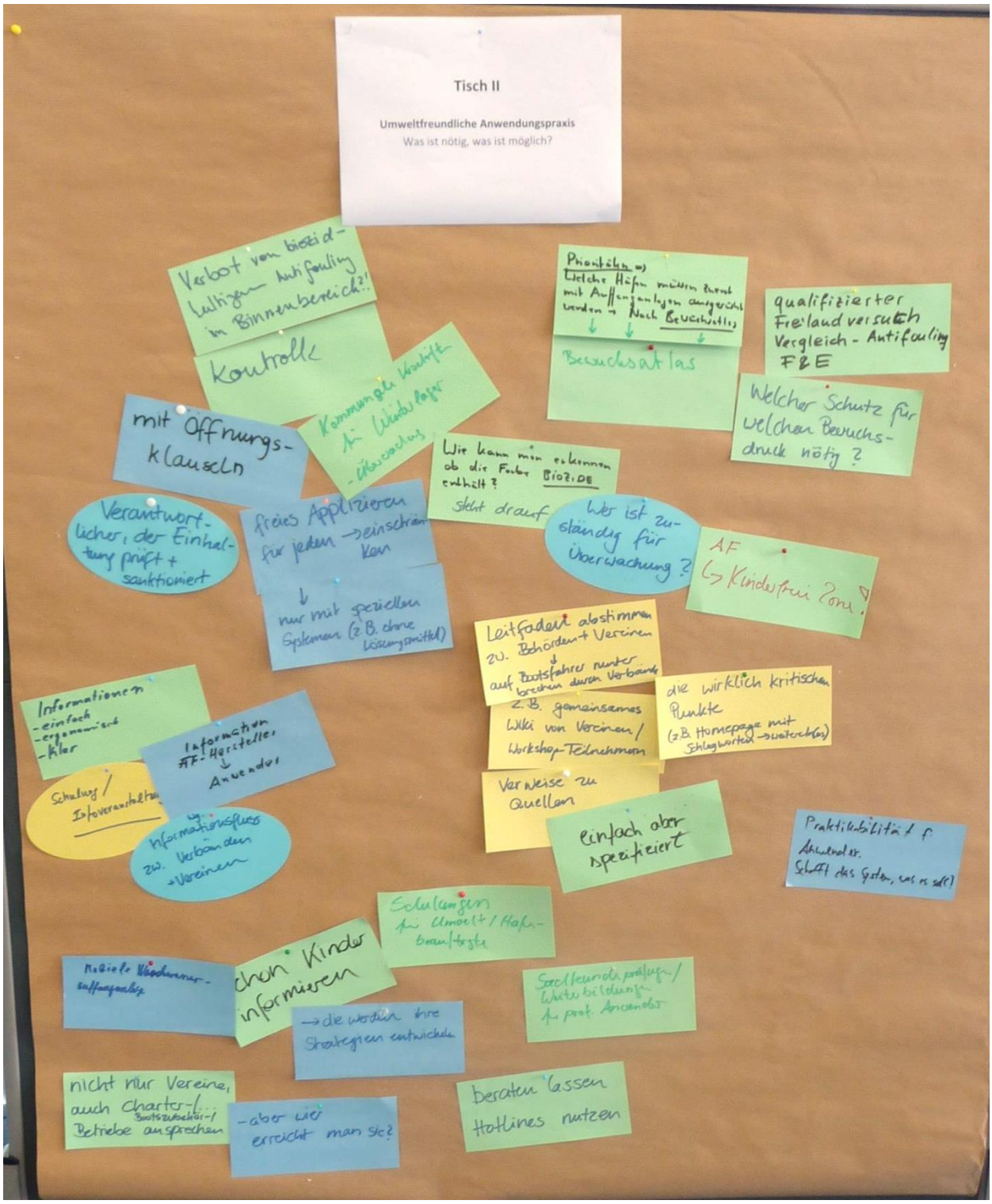
Einher mit der Klassifizierung oder Einteilung der Bewuchsregionen mit entsprechender Information zu den Bewuchsbedingungen wurde auch der Wusch geäußert, diese gleich mit entsprechenden Produktempfehlungen zu begleiten. Einige Teilnehmer schlugen hier auch eine unabhängige Beratungsstelle vor – analog zu den Beratungsstellen im Bereich des Pflanzenschutzes.

Bei der Umsetzung einer Differenzierung der Antifouling-Produkte wurden unterschiedliche Vorschläge geäußert. Während vereinzelt Teilnehmer die Position vertraten, dass eine derartige Änderung der Antifouling-Praxis nur durch ganzheitliche Verbote – z.B. im Binnenbereich – durchzusetzen seien, verwiesen andere auf die Produktzulassung biozidhaltiger Antifouling-Beschichtungen, in deren Rahmen Anwendungsauflagen hinsichtlich des erlaubten Anwendungsgebiets durch die Zulassungsbehörden auferlegt werden sollten. Ferner wurden aber auch kritische Äußerungen hinsichtlich einer Überregulierung geäußert. Grundsätzlich wurde im Rahmen einer möglichen gesetzlichen Umsetzung darauf hingewiesen, dass diese in jedem Fall Transit-Regelungen für Fahrtenfahrer beinhalten müsse, um die Bewegungsfreiheit zu gewährleisten.

4.5.4.2 Tisch II. Umweltfreundliche Anwendungspraxis – Was ist nötig, was möglich?

In Abbildung 72 sind die Beiträge von Tisch II dokumentiert.

Abbildung 72: Poster der Beiträge an Worldcafé-Tisch II.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Die Beiträge ließen sich unterteilen in praktische Maßnahmen, notwendige Kennzeichnungselemente, die Regulierung, benötigte Informationen und deren Gestaltung. Im Folgenden sind die Vorschläge für die einzelnen Bereiche genannt.

4.5.4.2.1 Praxis

Als konkrete praktische Maßnahme wurden mobile Waschwannen genannt, die bei der Reinigung unter die Boote geschoben werden können und in denen das Waschwasser aufgefangen und dann wie bei einem Waschplatz entsorgt wird. Dadurch wäre die Reinigung nicht auf einen definierten Ort im Hafen begrenzt, und gäbe es mehrere solcher Wannen in einem Hafen, könnten mehrere Boote parallel gereinigt werden.

Windschutzvorrichtungen wurden als nicht praktikabel angesehen, da die Abstände zwischen den Booten in den Häfen zu gering sind. Eher solle empfohlen werden, beim Schleifen eine Absaugung zu verwenden. Beides wurde auch in der Umfrage mehrfach angemerkt.

Allgemein sollten empfohlene Maßnahmen praktikabel sein.

4.5.4.2.2 Kennzeichnung

Die Information, ob ein Produkt biozidhaltig ist, sollte deutlicher ersichtlich sein. Zudem muss die Gefährdung der Anwender klar herausgestellt werden.

4.5.4.2.3 Regulierung

Es wurde ein Verbot von biozidhaltigem Antifouling im Binnenbereich mit Öffnungsklauseln (z.B. für Boote, die auch im Salzwasser unterwegs sind oder für schwedische Boote) vorgeschlagen sowie die Einschränkung des freien Applizierens (das heißt durch Privatpersonen) auf spezielle Systeme (z.B. Produkte ohne Biozide).

In den Häfen sollte es einen geschulten Verantwortlichen geben, der die Einhaltung der sachgemäßen Anwendung kontrolliert und bei Nichtbeachtung sanktioniert. Für professionelle Anwender sollten Sachkundeprüfungen und Weiterbildungen angeboten und obligatorisch werden. Schließlich sollte geklärt werden, welche Behörden oder Einrichtungen für die Überwachung der Einhaltung eines sachgemäßen Umgangs zuständig sind.

4.5.4.2.4 Benötigte Informationen

Um den passenden Bewuchsschutz auswählen zu können und um zu priorisieren welche Häfen, wenn noch nicht erfolgt, modernisiert werden müssen, werden Informationen zu den Bewuchsbedingungen im Revier benötigt, ähnlich dem ehemaligen Bewuchsatlas des Instituts LimnoMar.

Hilfreich wäre dazu ein wissenschaftlicher Freilandversuch in Revieren mit unterschiedlichen Bewuchsbedingungen, jeweils auf mehreren Booten (um gegenüber Plattenversuchen weitere Einflussfaktoren wie z.B. Strömungsbedingungen und Krafteinwirkungen während der Fahrt zu berücksichtigen) mit unterschiedlichen Biozidkonzentrationen (ähnlich den Tests des Projekts CHANGE, in denen untersucht wurde, wie viel Kupfer in welchen Teilen der Ostsee notwendig ist (CHANGE 2018)).

Zur Auswahl eines konkreten Produkts muss der Informationsfluss vom Hersteller zum Anwender verbessert werden. Anwender sollten auf die Beratung im Handel sowie, bei Internetkäufen, auf die Hotlines der Hersteller hingewiesen werden. Viele Hersteller haben zahlreiche Produkte für verschiedene Anwendungsgebiete und können am besten beraten, welches Produkt für welchen Zweck geeignet ist. Bei der Auswahl sollte generell biozidfreier Bewuchsschutz bevorzugt werden. Nur wenn die-

ser nicht ausreicht, sollten biozidhaltige Produkte gewählt werden und bei ihrer Anwendung Strategien oder Maßnahmen zur gewässerschonenden Anwendung berücksichtigt werden.

4.5.4.2.5 Form und Adressaten der Informationen

Schulungen und Informationsveranstaltungen sollten nicht nur für private Bootsbesitzer, sondern auch für Hafenmeister und Umweltbeauftragte sowie Charter- und Bootszubehörbetriebe angeboten werden. Außerdem sollten bereits Kinder und Jugendliche informiert werden, da sie am ehesten zum Umdenken bereit sind und auf Basis der Informationen auch selbst Strategien entwickeln werden.

Informationsmaterial sollte einfach, ergonomisch und klar gestaltet sein, z. B. in der Form von Postern. Auch die Verwendung von Analogien wurde vorgeschlagen, wie z.B. „tägliches Zähneputzen - Reinigung des Bootsrumpfs“, „statt Auto das Fahrrad oder öffentliche Verkehrsmittel verwenden – statt biozidhaltigem Antifouling-Produkt mit hoher Konzentration/Leachingrate ein geringer konzentriertes Produkt oder eine biozidfreie Alternative wählen (z. B. beim ersten Anstrich oder dann, wenn ein Produktwechsel gerade möglich ist)“.

Für den Leitfaden wurde angeregt, ihn arbeitsteilig zwischen Behörden und Verbänden abzustimmen, da die Verbände aufgrund des Informationsflusses zwischen Verbänden und Vereinen Erfahrung für zielgruppengerechte Formulierung, Gestaltung und Verbreitung haben. Zudem könnte er auf den Vereinsseiten verlinkt werden. Poster, Flyer oder die wichtigsten Informationen könnten direkt auf die Vereinsseiten gestellt werden, worüber der Nutzer bei Interesse per Klick zum Leitfaden weitergeleitet wird. Als alternative Form zum Leitfaden als Heft wurde ein Wiki vorgeschlagen, das von verschiedenen Interessengruppen (z. B. den Workshop-Teilnehmern) gemeinsam gestaltet wird. Zunächst wäre eine Übersicht in Form von Schlagworten, ähnlich einem Inhaltsverzeichnis, sichtbar. Durch Anklicken eines Stichworts würden einfache Informationen eingeblendet, von denen aus zu verschiedenen Quellen weitergeleitet werden kann. Für den Inhalt des Leitfadens wurde auch eine Aufklärung darüber, wie das EU-Zulassungsverfahren funktioniert gewünscht, allerdings wurde angeregt, Rechtliches möglichst weit hinten zu platzieren, damit die Leser damit nicht „erschlagen“ werden und möglicherweise gar nicht bis zu den praktischen Hinweisen gelangen.

4.5.4.2.6 Weitere Beiträge

Die Wortwahl „umweltfreundlich“ im Zusammenhang mit der Anwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten wurde kritisiert, da Biozide nicht umweltfreundlich sind. Als bessere Formulierung wurde „fach- / sachkundig / –gerecht“ vorgeschlagen. Andere Teilnehmer bemerkten allerdings, dass gerade der Begriff „umweltfreundlich“ bei Bootsbesitzern Anspruch findet.

Es wurde angemerkt, dass viele Bootsbesitzer zwar sagen, dass sie nicht wissen, mit Antifouling-Produkten der Umwelt schaden können, es ihnen im Grunde aber schon bewusst ist.

Die European Boating Association hat einen „Regulatory reference guide“ mit “foreign regulations” für jedes Land, die jeweils in die Heimatsprache übersetzt sind.

4.5.4.3 Tisch III. Biozidfreie Antifouling-Beschichtungen – Mythos oder Alternative?

Der überwiegende Teil der Bootsbesitzer führt die Instandhaltung ihres Bootes selbst durch. Es wurde die Position vermittelt, dass biozidfreie Alternativen kein gutes Image bei den Bootseignern haben, da die Anwendung oft schwierig ist und, auf Grund mangelnder Erfahrung, Unklarheit und Skepsis überwiegt.

Innerhalb der fünf Diskussionsrunden wurden mögliche praktikable biozidfreie Alternativen herausgearbeitet. Dabei wurden Handlungsoptionen über Vereinsarbeit/Behörden/Öffentlichkeit/ Industrie sowie Aspekte zur mechanischen Reinigung, zu alternativen biozidfreien Beschichtungssystemen,

Praktikabilität von Folien als auch die Problematik zur Verschleppung gebietsfremder Arten erörtert und diskutiert.

Abbildung 73 zeigt das Poster mit den einzelnen Beiträgen.

Abbildung 73: Poster der Beiträge an Worldcafé-Tisch III.

Quelle: eigene Darstellung BfG

4.5.4.3.1 Informationen/Übersichten zu praktikablen Alternativen

Alle Interessengruppen berichten, dass Alternativen mehr publik gemacht werden müssen. Diese sollten jedoch im Vornhinein systematisch in ihrer Wirksamkeit und Risiken geprüft werden. Gebräuchliche Erneuerungen aus Forschung und Entwicklung können in Fachjournalen für die Anwender zugänglich gemacht werden. Als weitere Möglichkeit wird ein Newsletter genannt, der z.B. jährlich über die Verbände an alle Interessengruppen verteilt werden kann. Ein Erfahrungsaustausch zwischen den Anwendern (priv. Bootseigner und prof. Service) kann über eine Internetplattform befördert werden. Mit der Einrichtung von Foren speziell zu Alternativen und entsprechenden Untergruppen sowie einem fachkundigen Moderator kann eine weitere übersichtliche Informationsquelle entstehen. Weiterhin wird angemerkt, dass der Handel eine Beratungs(pflicht) auch zu Alternativen hat und „Meinungsmacher“ (bestimmte Dienstleister) bei der Informationsvermittlung mit einbezogen werden können. Innerhalb eines kostenlosen Ratgebers (bspw. Leitfaden, Hrsg. UBA) wird eine Übersicht biozidfreier Antifouling-Beschichtungen differenziert auf die unterschiedliche Bootsnutzung gewünscht. Zu den bestehenden Informationsquellen von LIMNOMAR (Antifouling-Produktliste und Bewuchsatlas) wurden Anregungen gemacht, sofern nicht in Planung, diese zu aktualisieren und im Zuge dessen auf Wirksamkeiten einzugehen und beide Informationsprodukte miteinander zu verbinden. Um das Umweltbewusstsein der Eigner zu stärken, wurde angemerkt, die „Blaue Flagge“ bzw. den „Blauen Anker“ auszubauen. Die Prüfkriterien in Bezug auf biozidfrei/biozidhaltig sind unzureichend und überarbeitungswürdig. Informationen zu Einrichtungen wie Waschplätzen, Bootsarbeitsplätzen, Entsorgungsmöglichkeiten könnten z.B. innerhalb des Online ADAC Marinaführer bereitgestellt werden:

https://www.marinafuehrer.adac.de/

Eine weitere Idee ist die Zertifizierung von Booten mit dem „blauen Engel“.

4.5.4.3.2 Handlungsoptionen über Vereinsarbeit/Behörden/Öffentlichkeit/Industrie

Im Allgemeinen wird berichtet, dass Alternativen (Anlagen, Produkte sowie deren Anwendung) mit Hilfe von Finanzierungen mehr gefördert werden müssen.

Vereine können einen Pass einführen, in dem aufgeführt wird, welche Beschichtung mit welchen Inhaltsstoffen auf dem Boot appliziert wird (man könnte ihn ähnlich wie bspw. ein Vorsorge-Bonusheft aufbauen, um die Beschichtungen zu dokumentieren). Ein weiterer Vorschlag ist, die Eigner mit biozidbeschichteten Booten über ein Entgelt (erhöhte Liegeplatzgebühren, Pacht, Gebühren der Waschwasserentsorgung, der Sedimentausbaggerung oder umweltschutzbezogene Vereinsarbeit) zu beteiligen. Eigner mit biozidfreien Booten können einen Entgelterlass erhalten. Es ist außerdem erforderlich, dass sich Umweltbeauftragte in ihrer Qualifikation und Sachkunde zu dem Thema biozidfreie Alternativen weiterbilden. Hierüber sowie über weitere Anreizpunkte können einzelne Vereinsmitglieder ermutigt werden und als lokale Multiplikatoren wirken. Einzelne Vereine/ein geschlossenes Seengebiet können auch als „Pilothäfen“ für biozidfreie Alternativen agieren, Erfahrungen vermitteln und als Vorzeigehafen in der Öffentlichkeit und für andere Häfen stehen. Eine weitere Option auf regionaler Ebene ist, gebietsweite Verbote (wie Ratzeburger See) zu befördern.

4.5.4.3.3 Mechanische Reinigung

Je nach Beschichtung herrschen in Deutschland unterschiedliche Bestimmungen. Grundsätzlich muss ein Boot mit einer Hartbeschichtung appliziert sein, da sonst der Rumpf beschädigt wird (sowohl durch Bewuchs als auch durch die mechanische Reinigung). Als Antifouling können darüber zusätzlich biozidhaltige oder biozidfreie Beschichtungen zum Einsatz kommen.

Eine mechanische Reinigung direkt im Wasser ist nur auf biozidfreien Beschichtungen erlaubt. Das Reinigungswasser biozidhaltiger Boote muss aufgefangen werden. Nur das Entfernen eines Biofilms (Mikro-Fouling) ist ohne Auffangen erlaubt. Makro-Fouling (z.B. Algen und Muscheln) darf nicht durch den Reinigungsprozess in das Gewässer gelangen. Gleichzeitig muss die Akzeptanz für einen „grünen Bootsrumpf“ erhöht werden und die Eigner dafür sensibilisiert werden, ihr Boot mehr zu bewegen. Waschanlagen (trockenliegend oder im Gewässer) und Waschstraßen (Boot wird im Gewässer gereinigt) müssen in Deutschland vorschriftsweise mit einer Filteranlage ausgerüstet werden. Waschstraßen für Boote sind in Deutschland nicht erreichbar bzw. in zu geringer Anzahl verfügbar. Für den Bootstyp Kimmkieler sind diese, aufgrund der zwei Schwerter, nicht geeignet.

Beispiel Waschroboter: Der Waschroboter ist eine mobile Bürstenwaschanlage mit Kamera zur Reinigung des Bootes im Wasser (1000 Euro) und wird als gut einsetzbar eingeschätzt. Die Anschaffung als Verein ist sinnvoller und realistischer als für den Privatgebrauch. Da der Roboter keinen Filter besitzt, ist nur die Reinigung einer biozidfreien Beschichtung im Biofilmstadium erlaubt.

4.5.4.3.4 Folie

Im Allgemeinen wurde berichtet, dass Folien in Deutschland derzeit wenig Anwendung finden bzw. nur im Speedbootbereich eingesetzt werden. Die Folie, die durch Vakuum wie eine zweite Bootshaut anliegt, wird als gut praktikabel und preiswert bewertet. Als Problem wird die Heckseite benannt, die nicht von der Folie bedeckt wird. Hier besteht Innovationsbedarf.

4.5.4.3.5 Biozidfreie Beschichtungssysteme

In den Diskussionsrunden wurde berichtet, dass ein Mangel an Informationen zu biozidfreien Beschichtungen besteht. Die Teilnehmer sind der Meinung, dass biozidfreie Beschichtungen auch akzeptiert werden, wenn sie etwas teurer sind als biozidhaltige Systeme. Die Eigner setzten für eine Umorientierung voraus, dass sich die Alternativen als praktikabel für verschiedene Anwendungsformen der Bootsnutzung bewährt haben. Die festgelegte Einstellung ist damit begründet, dass die Umstellung von biozidhaltig zu biozidfreien Beschichtungssystemen eine komplette Neubeschichtung der Unterwasserfläche des Bootes voraussetzt. Dies ist mit einem Kosten- und/oder Zeitaufwand in Abhängigkeit der Eigenarbeit und/oder Beauftragung einer Werft verbunden. Erfahrungsberichte zeigen, dass die meisten Bootseigner die Applikationsarbeiten selbst durchführen möchten und auf eigenanwenderfreundliche Alternativen warten. Es wird berichtet, dass ein neuer Lack auf der Basis von Zuganstrichen, der das Entfernen von Graffitis erleichtert, entwickelt wurde. (Das zurzeit erhältliche Produkt ist zu kompliziert in seiner Verarbeitung?)

4.5.4.3.6 Maßnahme gegen Verschleppung gebietsfremder Arten

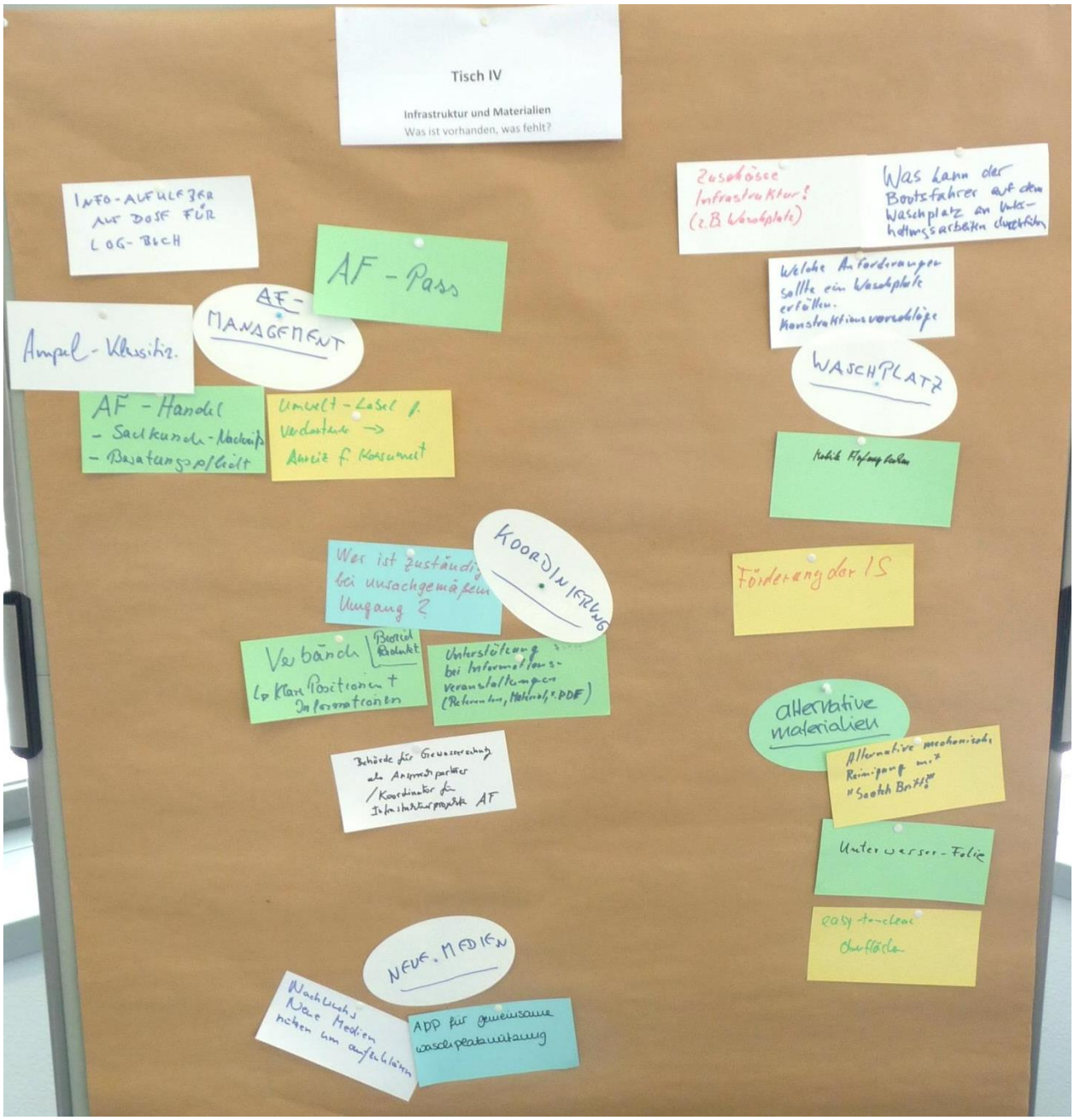
Die Bootseigner verbinden mit Antifouling einen Materialschutz und das Entgegenwirken eines erhöhten Kraftstoffverbrauches verursacht durch Bewuchs. Oft herrscht mangelndes Wissen über die weitere wichtige Notwendigkeit von Antifouling, Maßnahmen gegen die Verschleppung von gebietsfremden Arten vorzunehmen. Da diese Maßnahme für den Einsatz von Antifouling spricht, wird in Gesprächen angemerkt, Lösungen differenziert für die Situation vor Ort anzubieten, anstatt das Problem der Artenverschleppung nur zu nennen und somit Verunsicherungen zu schüren.

Als beste Maßnahme gegen die Verbreitung gebietsfremder Arten wird jedoch kein Beschichtungssystem sondern die Trockenlagerung benannt. Hierbei werden die Boote nach jeder Fahrt geslippt und lagern auf dem Trailer oder sogenannten „on demand“ Regalen (wie z.B. in Frankreich praktiziert), welche gleichzeitig ein größeres Angebot an Liegeplätzen ermöglichen. Über einen Anruf oder App-Nutzung kann das Boot zu/aus dem Wasser gelassen werden. Hierbei wird die baurechtliche Genehmigung gefolgt von hohem Verwaltungsaufwand und das Aussehen des Hafens als Problem eingeschätzt.

4.5.4.4 Tisch IV. Infrastruktur und Materialien – Was ist vorhanden, was fehlt?

Die Beiträge an Tisch IV ließen sich in die Bereiche Antifouling-Management, Koordinierung, Waschplatz, alternative Materialien und Neue Medien einteilen (Abbildung 74).

Abbildung 74: Poster der Beiträge an Worldcafé-Tisch IV.



Quelle: eigene Darstellung BfG

4.5.4.4.1 Antifouling-Management

Da Bootsbesitzern häufig nicht bewusst ist, welches Produkt auf ihrem Boot angewendet wurde, wäre ein Antifouling-Pass mit Informationen über das verwendete Produkt sinnvoll. Die Information könnte auf einem Aufkleber an der Dose befestigt sein, der in den Pass geklebt werden kann. Für die Klassifizierung von Antifouling-Produkten wurde ein Ampelsystem vorgeschlagen. Um das Bewusstsein für Antifouling-Produkte zu schärfen, sollte beim Kauf eine Beratungspflicht bestehen, für Händler sollte ein Sachkundenachweis erforderlich sein, dafür sollten sie geschult werden.

4.5.4.4.2 Koordinierung

Es ist oft unklar, welche Behörde oder welche Stelle bei unsachgemäßem Umgang mit Antifoulingprodukten zuständig ist. Die Rolle des Hafenmeisters oder Vereinsvorstands ist bei den einzelnen Häfen bzw. Vereinen sehr individuell. Eine zentrale Behörde für Gewässerschutz als Ansprechpartner und Koordinator für Infrastrukturprojekte wäre hilfreich.

Außerdem würde es helfen, wenn von Verbänden klare Positionen und Informationen über biozidhaltige Produkte gegeben würden. Ebenso wäre Unterstützung durch Experten und Behörden (Referenten, Material) bei Informationsveranstaltungen und Schulung von Umweltbeauftragten im Verein oder Verband hilfreich.

Da immer weniger Bootsbesitzer Vereinen beitreten und immer mehr Boote gemietet werden, wurde ein Qualitätssiegel für umweltfreundliche Vermieter vorgeschlagen. Es trat die Frage auf, wie Bootsbesitzer, die keinem Verein angehören und Bootsvermieter erreicht werden können.

4.5.4.4.3 Infrastruktur

Anforderungen an die Infrastruktur eines Hafens sollten in den Leitfaden aufgenommen werden: Welche Infrastruktur sollte minimal vorhanden sein (Kran, Waschplatz, Auffangeinrichtung)? Welche Voraussetzungen sollten diese Einrichtungen erfüllen? Gibt es Konstruktionsvorschläge?

Es wurde die Frage gestellt, wo es möglich ist, Zuschüsse für Infrastruktur wie Waschplätze zu bekommen. Ein Waschplatz kostet etwa 50.000 Euro. Meist wird die Infrastruktur durch Liegeplatzgebühren oder Vereinsmittel finanziert, in reichen Regionen gibt es oft auch Zuschüsse durch die Gemeinden oder das Land.

Wo fest installierte Waschplätze nicht vorhanden sind, könnte die Nutzung geeigneter Infrastruktur zum Reinigen der Boote durch alternative Einrichtungen/Vorgehen verbessert werden. Eine Möglichkeit wären mobile Auffangbecken, in denen das Waschwasser gesammelt und dann wie bei einem Waschplatz entsorgt wird. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass Vereine, die Waschplätze besitzen, ihre Nutzung gegen Gebühr auch für Nicht-Mitglieder/Gäste anbieten.

Welche Arbeiten auf einem Waschplatz erlaubt sind, sollte ebenfalls im Leitfaden aufgenommen werden: darf ein Biofilm mit Flusswasser abgewaschen werden, wenn ein Antifouling-Produkt auf dem Boot ist? Neue Farbe auf dem Waschplatz zu applizieren ist nicht zulässig.

Die Verwendung von Windfängen wird als unpraktisch angesehen, da sie viel Platz benötigen und die Boote oft zu dicht stehen. Außerdem könne sie Windwirbel erzeugen und damit Schleifstaub erst recht verbreiten. Als angemessener werden Absaugvorrichtungen an den Schleifmaschinen bzw. Abziehklingen angesehen.

Die Wartung von Booten in geschlossenen Hallen ist ebenfalls unrealistisch, da es zu viele Boote für zu wenig verfügbaren Platz in der Halle gibt.

4.5.4.4.4 Alternative Materialien

Für die Nutzung von Alternativen zu biozidhaltigen Antifouling-Produkten werden positive Beispiele, z. B. durch Erfahrungsaustausch, benötigt. Falls zu wenige Bootsbesitzer gewässerschonende Methoden bei der Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten anwenden bzw. auf biozidfreie Alternativen umsteigen, können Natur- und Gewässerschutzprojekte als Druckmittel dienen, um Umdenken in der Anwendung zu erzielen: wenn der Wassersport nicht umweltbewusst gestaltet wird, können Nebenwasserstraßen dafür nicht mehr verwendet werden.

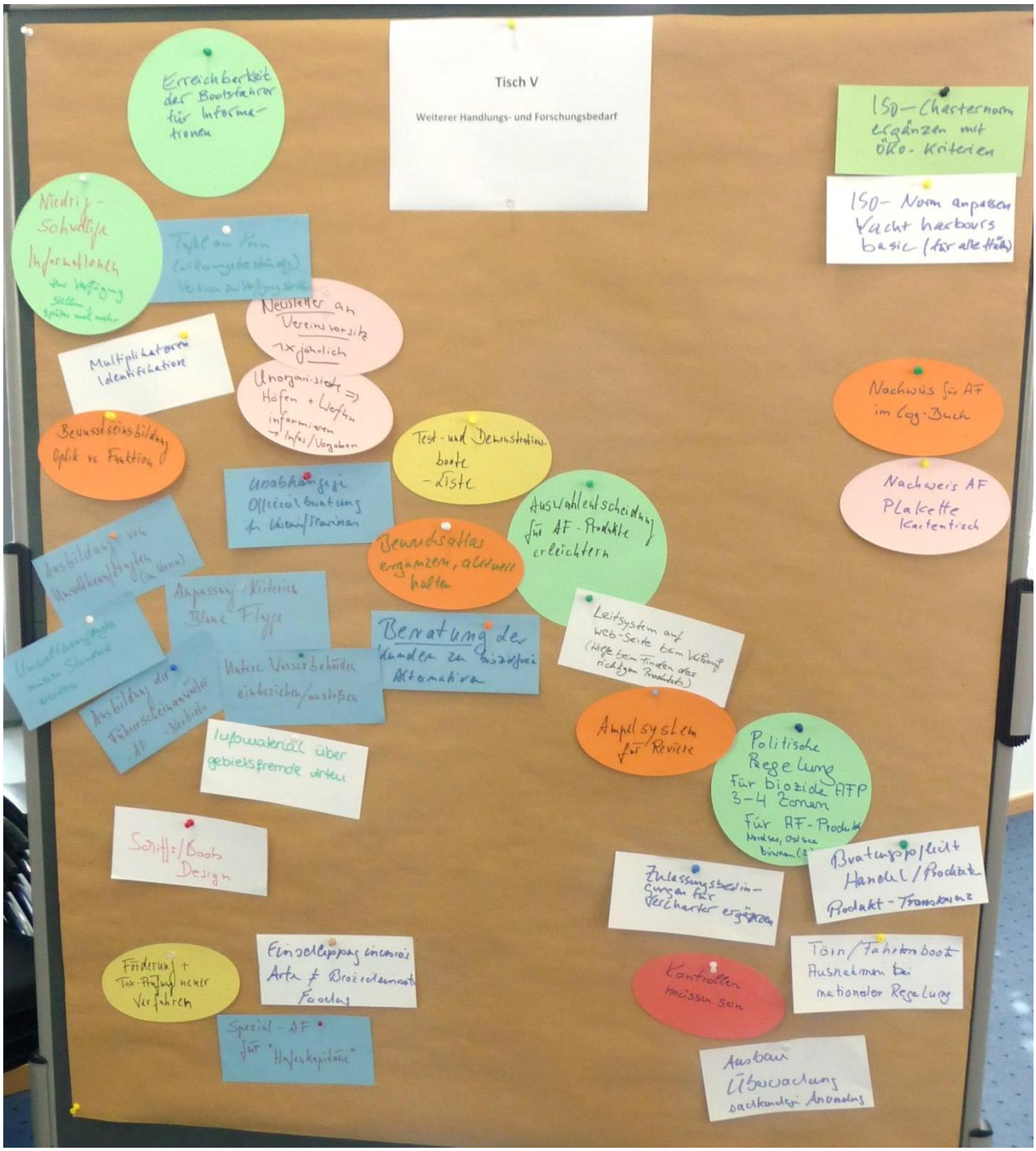
4.5.4.4.5 Neue Medien

Gerade für jüngere Nutzer werden neue Medien als gutes Informations- und Kommunikationsmittel gesehen. Zum einen können sie zur Sensibilisierung für die Antifouling-Thematik, z. B. in der Ausbildung, aber auch durch Einrichtungen wie das Umweltbundesamt, genutzt werden. Zusätzlich könnten Apps verwendet werden, um Infrastruktur mit anderen Vereinen / Bootsbesitzern zu teilen und die gemeinsame Nutzung zu koordinieren.

4.5.4.5 Tisch V. Weiterer Handlungs- und Forschungsbedarf

Abbildung 75 zeigt das Poster mit den Beiträgen von Tisch V.

Abbildung 75: Poster der Beiträge an Worldcafé-Tisch V.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse und Informationen zu neuen technischen Möglichkeiten von Bootsbeschichtungen und zum verantwortungsvollen Umgang mit biozidhaltigen Beschichtungen müssen die Bootsbesitzer erreichen, um eine Sensibilisierung hinsichtlich der Verwendung von Biziden zu bewirken. Grundsätzlich stehen Bootsbesitzer in einem Spannungsverhältnis zwischen Optik

und Funktion der Beschichtung. Die Problematik der Verschleppung gebietsfremder Arten ist themenverwandt und kann gleichfalls adressiert werden.

Zur Informationsvermittlung an die Bootsbesitzer wurden folgende Ideen zusammengetragen:

- Witterungsbeständige Informationstafel am Kran (allen Vereinen von zentraler Stelle kostenlos zur Verfügung gestellt)
- Newsletter an Vereine (Vorstand wird erreicht und kann Informationen weitergeben)
- Nicht organisierte Bootsbesitzer können über Häfen und Werften informiert werden
- Unabhängige Offizialberatung für Vereine / Marinas
- Ausbildung und Etablierung von Umweltbeauftragten in den Vereinen
- Ausbildung der Sportboot-Führerscheinanwärter
- Untere Wasserbehörden in die Informationsvermittlung einbeziehen / Anstoß geben für eigene Aktivitäten
- Bereitstellung von Informationsmaterial über gebietsfremde Arten
- Problematik invasiver Arten muss nicht in die Forderung nach biozidhaltigen Antifouling-Produkten münden.

Konkret geht es auch darum, die Auswahlentscheidung für Antifouling-Produkte zu erleichtern und über biozidfreie Alternativen zu informieren. Dafür könnte der ehemalige Bewuchsatlas ergänzt und aktuell gehalten werden, ein Ampelsystem für den Bewuchsdruck in Revieren eingeführt werden oder 3 – 4 Zonen (Nordsee, Ostsee, Binnen geringer Bewuchsdruck, Binnen erhöhter Bewuchsdruck) definiert werden, für die biozidhaltige Antifouling-Produkte zugelassen werden. Auf den Webseiten der Händler könnten Leitsysteme etabliert werden, die das Finden des Richtigen Produkts erleichtern. Schließlich könnte für den Handel bzw. für Hersteller eine Beratungspflicht eingeführt werden.

Getroffene Regeln zur Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten müssen überprüft werden und nachprüfbar sein. Dazu gehört der Ausbau der Überwachung der sachkundigen Anwendung sowie ein Nachweis über das verwendete Antifouling-Produkt im Logbuch bzw. als Plakette auf dem Kartentisch.

Im Normungswesen können Regelungen zur sachgerechten Verwendung und Ausstattung von Häfen / Charterbooten getroffen werden. Die ISO-Charternorm könnte mit ökologischen Kriterien ergänzt werden, Zulassungsbestimmungen für Vercharterer könnten ergänzt werden. Die ISO-Norm „Yacht harbours“ könnte für alle Häfen angepasst werden.

Zum Gebiet Forschung- und Entwicklung wurde Folgendes angeregt:

- Optimierung des Schiffs-/Bootsdesigns für den Beschichtungsauftrag (keine schlecht erreichbaren Stellen)
- Förderung und Toxizitätsprüfung neuer Beschichtungsverfahren
- Entwicklung und Vermarktung eines Spezialantifoulings für „Hafenkapitäne“
- Test- und Demonstrationsboote für neue Beschichtungsverfahren (und eine Liste dieser Boote zur Weitergabe an interessierte Bootsbesitzer und Beschichtungshersteller).

4.5.4.6 Fazit

Das Worldcafé hat sich als effizientes und konstruktives Format für die Diskussion erwiesen. Es wurde eine große Zahl an Anregungen und Kommentaren der verschiedenen Interessengruppen zusammengetragen. Diese Kommentare sind in die Überarbeitung des Leitfadens eingeflossen, so dass neben den Bootsbesitzern, deren Erfahrungen durch die Umfrage in den Leitfaden eingegangen sind, auch die Erfahrungen der verschiedenen weiteren Interessengruppen berücksichtigt werden können. Zudem haben sich in den Diskussionen interessante Anregungen für künftige Schritte ergeben.

5 Quellenverzeichnis

Akzo Nobel (2009): Anstrichfibel für Yachten & Farbtonkarte.

Australian government, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry and Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities and New Zealand Ministry for Primary Industries (2015): Anti-fouling and in-water cleaning guidelines.

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (2005): Merkblatt 4.5/16 Verwendung von Antifoulingfarben auf Wasserfahrzeugen.

Biggs, T.W., D'Anna, H. (2012): Rapid increase in copper concentrations in a new marina, San Diego Bay. Marine Pollution Bulletin 2012, 64, 627-635.

Biocidal Products Committee (BPC) (2014, 2015, 2016): Opinions on the applications for ap-proval of active substances.

British Coatings Federation (2016): Antifouling paints – ensuring safe use by boat owners in the UK.

Cao, D., Xie, P., Deng, J., Zhang, H., Ma, R., Liu, C., Liu, R., Liang, Y., Li, H., Shi, X. (2015): Environmental Science and Pollution Research 22, 16535-16541.

CEPE (2009): Guidance on the Safe Application of Yacht Coatings – Personal and Environmental Protection. Do's and Don'ts.

CHANGE (2018): Changing antifouling practices for leisure boats in the Baltic Sea. Panel tests. http://changeantifouling.com/research/environmental-science-wp4/panel-tests/. Aufgerufen am 12.4.2018.

Conseil de l'Europe (2015): European Code of Conduct on Recreational Boating and Invasive Alien Species.

Daehne, D., Fürle, C., Thomsen, A., Watermann, B., Feibicke, M. (2017): Antifouling Biocides in German Marinas: Exposure Assessment and Calculation of National Consumption and Emission. Integrated Environmental Assessment and Management 13, 892–905.

Dafforn, K.A., Lewis, J.A., Johnston, E.L. (2011) Marine Pollution Bulletin 62, 453-465.

Dahl, B., Blanck, H. (1996): Toxic effects of the antifouling agent Irgarol 1051 on periphyton communities in coastal water microcosms. Marine Pollution Bulletin 32, 342-350.

Eklund, B., Eklund, D. (2014): Pleasure Boatyard Soils are Often Highly Contaminated. Environmental Management 53, 930-946.

Eklund, B., Johansson, L., Ytreberg, E. (2014): Contamination of a boatyard for maintenance of pleasure boats. Journal of Soils and Sediments 14, 955-967.

Entwicklungsgesellschaft Ostholstein (2010): Leitfaden Klassifizierung von Sportboothäfen.

Environment Canada (1995): Best Management Practices (BMPs) for Marinas and Small Boatyards in British Columbia.

European Commission (2004) Harmonisation of Environmental Emission Scenarios:An Emission Scenario Document for Antifouling Products in OECD countries.

Europäische Kommission (2016): Durchführungsbeschluss (EU) 2016/107 der Kommission vom 27. Januar 2016 zur Nichtgenehmigung von Cybutryn als altem Wirkstoff zur Verwendung in Biozidprodukten der Produktart 21

Finnie, A.A. (2006): Improved estimates of environmental copper release rates from antifouling products. Biofouling 22, 279-291.

Haverroth, G.M.B., Welang, C., Mocelin, R.N., Postay, D.,Bertoncello, K.T., Franscescon, F., Rosemberg, D.B., Dal Magro, J., Dalla Corte, C.L. (2015): Copper acutely impairs behavioral function and muscle acetylcholinesterase activity in zebrafish (Danio rerio). Ecotoxicology and Environmental Safety 122, 440-447.

International Maritime Organization (2001): International convention on the control of harm-ful anti-fouling systems on ships, 2001.

Kahle, M., Nöh, I. (2009): Biozide in Gewässern: Eintragspfade und Informationen zur Belastungssituation und deren Auswirkungen. Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Lagerström, M., Lindgren, J.F., Holmqvist, A., Dahlström, M., Ytreberg, E. (2018): In situ release rates of Cu and Zn from commercial antifouling paints at different salinities. Marine Pollution Bulletin 127, 289-296.

LimnoMar (2013) Antifouling-Produktliste 2013, 4. Auflage.

LimnoMar (2017) Antifouling-Produktliste 2017, 8. Auflage.

Luft, A., Wagner, M., Ternes, T.A. (2013): Transformation of Biocides Irgarol and Terbutryn in the Biological Wastewater Treatment. Environmental Science and Technology 48, 244-254.

Marcheselli, M., Rustichelli, C., Mauri, M. (2010): Environmental Toxicology and Chemistry 29, 2583-2592.

Maund, S.J.,Taylor, E.J., Pascoe, D. (1992): Population responses of the freshwater amphipod crustacean Gammarus pulex (L.) to copper. Freshwater Biology 28, 29-36.

Mochida, K., Amano, H., Onduka, T., Kakuno, A., Fujii, K. (2011) Chemosphere 82, 390-397.

Mohr, S., Schroeder, H.; Feibicke, M.; Berghahn, R.; Arp, W., Nicklisch, A. (2008): Long-term effects of the antifouling booster biocide Irgarol 1051 on periphyton, plankton and ecosystem function in freshwater pond mesocosms. Aquatic Toxicology 90, 109-120.

Munkittrick, K. R., Dixon, D. G. (1988): Evidence for a maternal yolk factor associated with increased tolerance and resistance of feral white sucker (Catostomus commersoni) to waterborne copper. Ecotoxicology and Environmental Safety 15, 7-20.

Pestizid Aktions-Netzwerk e.V. (2016): Ihr Manöver für Umwelt und Gesundheit.

Pinho, G.L.L., Pedroso, M.S., Rodrigues, S.C., Souza, S.S., Bianchini, A. (2007): Physiological effects of copper in the euryhaline copepod Acartia tonsa: Waterborne versus waterborne plus dietborne exposure. Aquatic Toxicology 84, 62-70.

Reed, R.H., Moffat, L. (1983) Journal of experimental marine biology and ecology 69, 85-103.

Reed-Judkins, D.K., Farris, J.L., Cherry, D.S., Heath, A.G., Cairns, J. (1997): Functional responses in Leptoxis praerosa to increasing metal concentration and exposure duration. Environmental Toxicology and Chemistry 16, 1666-1676.

Segler-Verband Niedersachsen e.V. (2015): Binnenreviere biozidfrei? Herausforderungen und Handlungsoptionen.

Schultz, M.P. (2007) Biofouling 23, 331-341.

Shipp, E., Grant, A. (2006): Hydrobia ulvae feeding rates: A novel way to assess sediment toxicity. Environmental Toxicology and Chemistry 25, 3246-3252.

Singhasemanon, N., Pyatt, E., Bacey, J. (2009): Monitoring for indicators of antifouling paint pollution in California marinas. California Environmental Protection Agency, Sacramento.

Thomas, K.V., Brooks, S. (2010): The environmental fate and effects of antifouling paint biocides. Biofouling 26, 73-88.

Thomas, K.V. (2001): The environmental fate and behaviour of antifouling paint booster biocides: A review. Biofouling 17, 73–86.

Umweltbundesamt (2012): Thematic Strategy on Sustainable Use of Plant Protection Products - Prospects and Requirements for Transferring Proposals for Plant Protection Products to Biocides.

van der Meulen, J., Nolte, A. J., van Hattum, B. (2012): Definition of a Dutch inland marina scenario in MAMPEC, Deltares.

van Hattum, B. et al. (2016): USER MANUAL – QUICK GUIDE MAMPEC 3.1, Deltares Delft, Niederlande.

Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373)

Vosschemie (2006): ANTIFOULING - Bewuchsschutz von A-Z.

Watermann, B.; Daehne, D.; Fürle, C; Thomsen, A. (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, Herausgeber: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Workshop report (2006): Harmonisation of leaching rate determination for antifouling products under the biocidal products directive. 26th meeting of representatives of Members States Competent Authorities for the implementation of Directive 98/8/EC concerning the placing of biocidal products on the market.

Ytreberg, E., Karlsson, J., Eklund, B. (2010): Comparison of toxicity and release rates of Cu and Zn from anti-fouling paints leached in natural and artificial brackish seawater. Science of the Total Environment 408, 2459-2466.

Weitere Quellen:

Wirkstoffgenehmigungen und Assessment Reports von DCOIT, Dichlofluanid, Kupfer(I)oxid, Kupferpyrithion, Kupferthiocyanat, Medetomidin, Tolylfluanid, Tralopyril, Zineb.

Dokument „Ökopol 7.7.04.doc“ (ohne Deckblatt, Fußzeile: 1. draft Biozide PA 21, Stand 25.06., Reihlen/Ökopol

Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 516 Antifouling-Farben (1996)

6 Anhang

6.1 Probenahme und Feldmethoden

Alle im Folgenden genannten Gefäße und Materialien wurden vor der Probenahme bzw. vor dem Abfüllen der Proben mit dem jeweiligen Standortwasser mehrmals vorgespült. Die Wasserproben wurden mittels einer 1L-Grünglasflasche an einer Haltestange in ca. 0,5 m Wassertiefe genommen. Die abgefüllten Proben wurden jeweils bis zum Ende der Probenahmetour in Kühlboxen mit täglich gewechselten Kühlelementen aufbewahrt und anschließend bis zur Analyse bei 4 °C gelagert.

6.1.1 Wasserproben zur Bestimmung der organischen Wirkstoffe, Abbauprodukte und des Schwebstoffgehalts

Jeweils ca. 100 mL wurden für die spätere Bestimmung von Dichlofluanid, Tolylfluanid, DMSA und DMST in 100 mL-Braunglasflaschen abgefüllt.

Zusätzlich wurden 2 L Probe in 1-Liter-Grünglasflaschen abgefüllt. Abends oder am Folgetag wurden die Proben über vorgewogene GF5-Glasfaserfilter (GF5, Macherey-Nagel, Düren) filtriert. 1 L des Filtrats wurde zur späteren Bestimmung von Cybutryn und M1 in eine 1L-Grünglasflasche abgefüllt, die Filter mit Rückstand wurden zur späteren Bestimmung des Schwebstoffgehalts über Nacht an der Luft vorgetrocknet.

6.1.2 Wasserproben zur Bestimmung von Kupfer und Zink

Alle Materialien und Gefäße für die Probenahme und –vorbereitung zur Bestimmung von Kupfer und Zink war vor der Probenahme für einige Tage mit 1,3% (*v/v*) Salpetersäure ausgelaugt worden, um Hintergrundbelastungen möglichst auszuschließen.

Ca. 100 mL der gesamten bzw. der filtrierten (0,45 µm, Celluloseacetat, Sartorius, Göttingen) Probe wurden zur Bestimmung der Konzentration an Gesamt- bzw. gelöstem Kupfer und Zink in 100 mL-PE-Flaschen abgefüllt und anschließend jeweils mit 500 µL 65%-iger Salpetersäure angesäuert.

6.1.3 Sedimentproben zur Bestimmung von Kupfer und Zink

Sediment wurde mit Hilfe eines Van-Veen-Greifers aus den oberen 10 cm des Hafensediments genommen. Grobes Material (Äste, Muscheln) wurde entfernt, das Sediment wurde homogenisiert und in 2 L-PE-Dosen abgefüllt.

6.1.4 Wasserproben zur Bestimmung von TOC und DOC

Für die Bestimmung von TOC und DOC wurden jeweils 50 mL der gesamten bzw. filtrierten (0,45 µL, regenerierte Cellulose, Carl Roth, Karlsruhe) Probe in 50 mL PP-Zentrifugenröhrchen abgefüllt und jeweils mit 308 µL 30%-iger Salzsäure angesäuert.

6.1.5 Bestimmung von Wassertiefe, Wassertiefe mit Schlick und Sichttiefe

Wassertiefe und Wassertiefe mit Schlick wurden, wo sie weniger als 2 m betrugen, mit einem Zollstock gemessen. Tiefere Wassertiefen sowie die Sichttiefe wurden mit Hilfe einer Secchi-Scheibe bestimmt.

6.1.6 Bestimmung von pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit, Wassertemperatur, Sauerstoffkonzentration und Salinität

pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Wassertemperatur, Sauerstoffkonzentration und Salinität wurden in ca. 20 – 50 cm Wassertiefe mit einem Multiparameter-Taschenmessgerät (Multi 3430 IDS, WTW-Weilheim) mit den entsprechenden Sonden gemessen.

6.2 Analytische Methoden zur Bestimmung der Wirkstoff- und Abbauprodukt-Konzentrationen sowie weiterer Parameter

6.2.1 Cybutryn, M1

Cybutryn und sein Abbauprodukt M1 wurden nach Anreicherung mittels Festphasenextraktion (SPE) mittels Flüssigchromatografie-Tandemmassenspektrometrie (LC-MS/MS) basierend auf der Methode von Luft et al. (2014) bestimmt.

6.2.1.1 Anreicherung der Proben mittels Festphasenextraktion

Oasis HLB-Kartuschen (60 mg, Waters, Milford, MA) wurden mit 1 x 2 mL n-Heptan, 1 x 2 mL Aceton und 3 x 2 mL Methanol gewaschen und mit 4 x 2 mL Grundwasser (pH 6,9) konditioniert. 20 mL Probe wurden mit 0,05 ng Cybutryn-d_9 als internem Standard versetzt und über die konditionierten Kartuschen geleitet. Nach Trocknung mittels Stickstoffstrom wurden die Analyten mit 4 x 2 mL Methanol/Aceton (60/40, *v/v*) eluiert. Das Eluat wurde in einem leichten Stickstoffstrom im Wasserbad (40 °C) auf 100 µL eingeengt und mit 900 µL Acetonitril aufgenommen.

6.2.1.2 Quantifizierung mittels HPLC-MS/MS

Für die Quantifizierung wurde ein 1260 Infinity HPLC-System (Agilent Technologies, Waldbronn) gekoppelt mit einem Triple Quad 6500+ Massenspektrometer (Sciex, Darmstadt) verwendet. Zur chromatographischen Trennung kam eine Fusion-RP 80Å-Säule (150 x 3 mm, 4 µm, Phenomenex, Aschaffenburg) zum Einsatz.

10 mM Ammoniumformiat wurde als Laufmittel A, Acetonitril als Laufmittel B verwendet. Der Gradient ist in Tabelle 17 angegeben. Das Injektionsvolumen betrug 10 µL, die Temperatur des Säulenofens 30 °C.

Tabelle 17: Gradient für die Quantifizierung von Cybutryn und M1 mittel HPLC-MS/MS.

Zeit / min	Fluss / µL/min	% Laufmittel A	% Laufmittel B
0	600	90	10
0,3	600	90	10
1,3	600	30	70
9	600	0	100
12	600	0	100
12,1	600	90	10
15	600	90	10

Die Analyten wurden im MRM-Modus detektiert, die MS-Parameter sind in Tabelle 18 aufgelistet.

Tabelle 18: MS-Parameter für die Detektion von Cybutryn und M1 im MRM-Modus.

Analyt	Molekül- und Fragmentionen-masse Übergang 1	Molekül- und Fragmentionen-masse Übergang 2	DP[a)] / V	CE[b)] 1 / 2 / eV	CXP[c)] 1 / 2 / V
Cybutryn	254 → 198	254 → 83	70	26 / 41	6 / 6
M1	214 → 68	214 → 110	50	10 / 37	3 / 10
Cybutryn-d_9	263 → 199	263 → 92	40	29 / 40	16 / 15

[a)] Declustering potential, [b)] Collision energy, [c)] Cell exit potential

6.2.2 Dichlofluanid, Tolylfluanid, Cybutryn, DMSA, DMST

Die Substanzen Dichlofluanid, Tolylfluanid sowie zur Kontrolle Cybutryn wurden durch ein Auftragslabor (Technologiezentrum Wasser (TZW) in Karlsruhe nach DIN 38407-36:2014-09 analysiert. Die Abbauprodukte DMSA und DMST wurden gemäß einer TZW-Labormethode (PV M 3300/0), akkreditiert durch DAkkS, auf Basis der HPLC-MS/MS analysiert.

6.2.3 Kupfer, Zink

6.2.3.1 Bestimmung von Kupfer und Zink in Wasserproben

Die nicht filtrierten Proben wurden in einem offenen Aufschluss mit Salpetersäure aufgeschlossen.

Konzentrationen an gesamtem und gelöstem Kupfer und Zink wurden in den aufgeschlossenen bzw. filtrierten Proben mittels einem Optima 8300 induktiv gekoppeltem Plasma-Atomabsorptionsspektrometer (ICP-OES, Perkin Elmer, Rodgau) mit Parallelflusszerstäuber (Mira Mist, Burgener Research, Kanada) bestimmt. Die Proben wurden mit einer Förderrate von 1,5 mL/min in das ICP-OES eingetragen. Folgende Geräteeinstellungen wurden verwendet: Plasmagasfluss: 10 L/min, Hilfsgasfluss: 0,2 L/min, Zerstäubergasfluss: 0,6 L/min, Plasmaleistung: 1300 W.

Kupfer wurde bei der Emissionswellenlänge 324,753 nm, Zink bei der Emissionswellenlänge 206,198 nm, jeweils axial, detektiert.

6.2.3.2 Bestimmung von Kupfer und Zink in Sedimentproben

Die Sedimentproben wurden gefriergetrocknet und auf die Fraktion <63 µm gesiebt.

Die getrockneten und gesiebten Proben wurden nach EN 16173:2012-11 mit Salpetersäure aufgeschlossen. Kupfer und Zink wurden im Überstand des Aufschlusses nach DIN ISO 22036 mittels Atom-Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) bestimmt.

6.2.4 Schwebstoff

Die vorgetrockneten Glasfaserfilter wurden für mindestens 12 h im Trockenschrank bei 105 °C getrocknet und nach dem Abkühlen im Exsikkator ausgewogen. Zur Bestimmung der Schwebstoffkonzentration wurde die Differenz zwischen Leergewicht des Filters und Gewicht des getrockneten Filters mit Rückstand durch das Volumen der filtrierten Wasserprobe (2 L) geteilt.

6.2.5 TOC/DOC

TOC und DOC wurden aus der gesamten bzw. filtrierten (0,45 µm, regenerierte Cellulose, C. Roth, Karlsruhe) Probe wurden mittels thermisch-katalytischer Oxidation mit nachgeschalteter nichtdispersiver Infrarot-Detektion an einem Dimatoc 2000 TOC-Messgerät bei einem Arbeitsdruck von 4 bar, einem Durchfluss von 8 QNL/h und einer Ofentemperatur von 850 °C bestimmt.

6.3 Messergebnisse Vor-Ort- und Begleitparameter

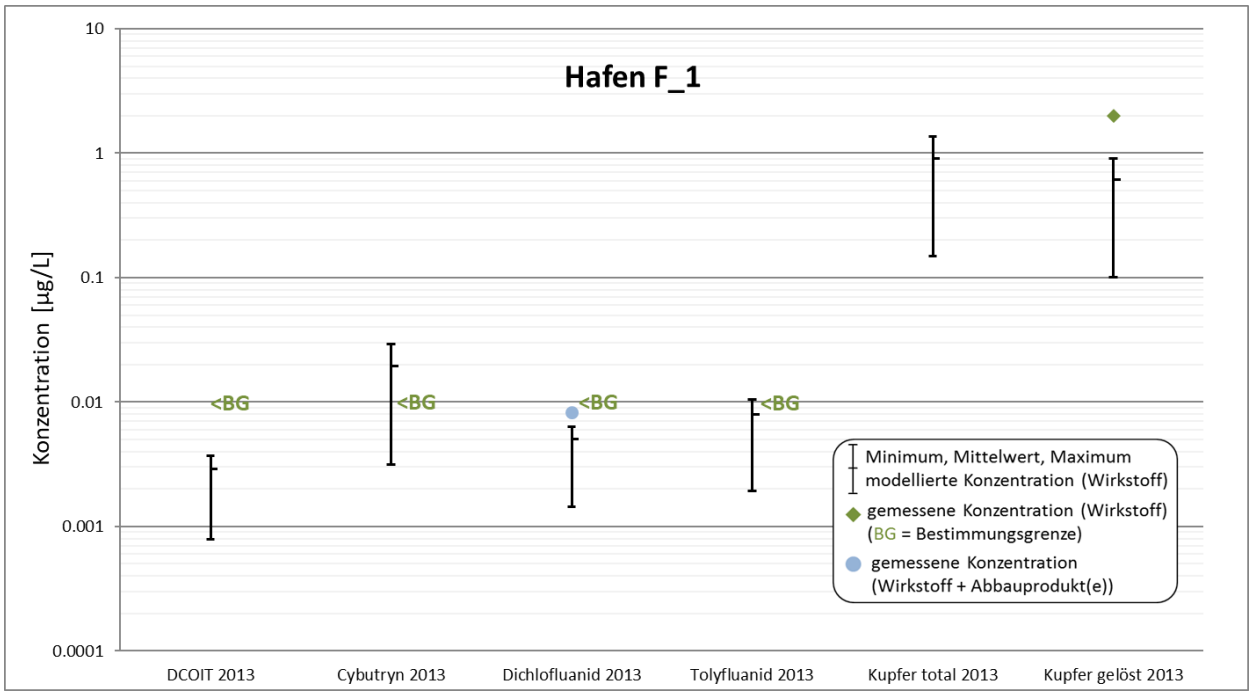
Tabelle 19: Messergebnisse der Vor-Ort- und Begleitparameter in den Häfen und Referenzgewässern der Probenahme 2016.

	Wassertemp.	pH-Wert	El. Leitfähigkeit	Salinität	Sauerstoff	Schwebstoff		TOC	DOC
Hafen Nr.	Hafen	Hafen	Hafen	Hafen	Hafen	Hafen	Ref	Hafen	Hafen
F_4	21.2	1432	0.7	7.01	4	3	3.88	3.78	F_4
F_5	22.9	626	0.2	12.8	3.5	8.5	3.86	3.29	F_5

Hafen Nr.	Wasser-temp. Hafen	pH-Wert Hafen	El. Leitfähigkeit Hafen	Salinität Hafen	Sauerstoff Hafen	Schwebstoff Hafen	Schwebstoff Ref	TOC Hafen	DOC Hafen
F_7	22	1356	0.6	11.7	3	6	5.94	4.51	F_7
F_10	24.5	636	-	19.2	8	29	5.57	4.11	F_10
F_13	22.8	833	0.3	7.05	5	14	7.73	6.73	F_13
F_14	19.8	688	0.3	10	-	-	7.22	4.69	F_14
F_15	23.5	665	-	8.6	4.5	11.5	2.41	3.18	F_15
K_1	32.3	593	0.2	8.54	25	5	3.05	2.36	K_1
K_2	22.1	462	0.1	8.2	8.5	12.5	35.84	34.81	K_2
K_3	23.3	539	0.2	10.4	26.5	18.5	5.16	4.55	K_3
S_5	22.7	468	0.1	11.91	11.5	0.5	13.33	9.57	S_5
S_7	22	374	0.1	8.38	5	8	8.28	6.17	S_7
S_9	20.3	443	0.1	7.72	-0.5	0.5	8.03	7.96	S_9
Einheit	°C		µS/cm	PSU	mg/L	mg/L		mg/L	mg/L

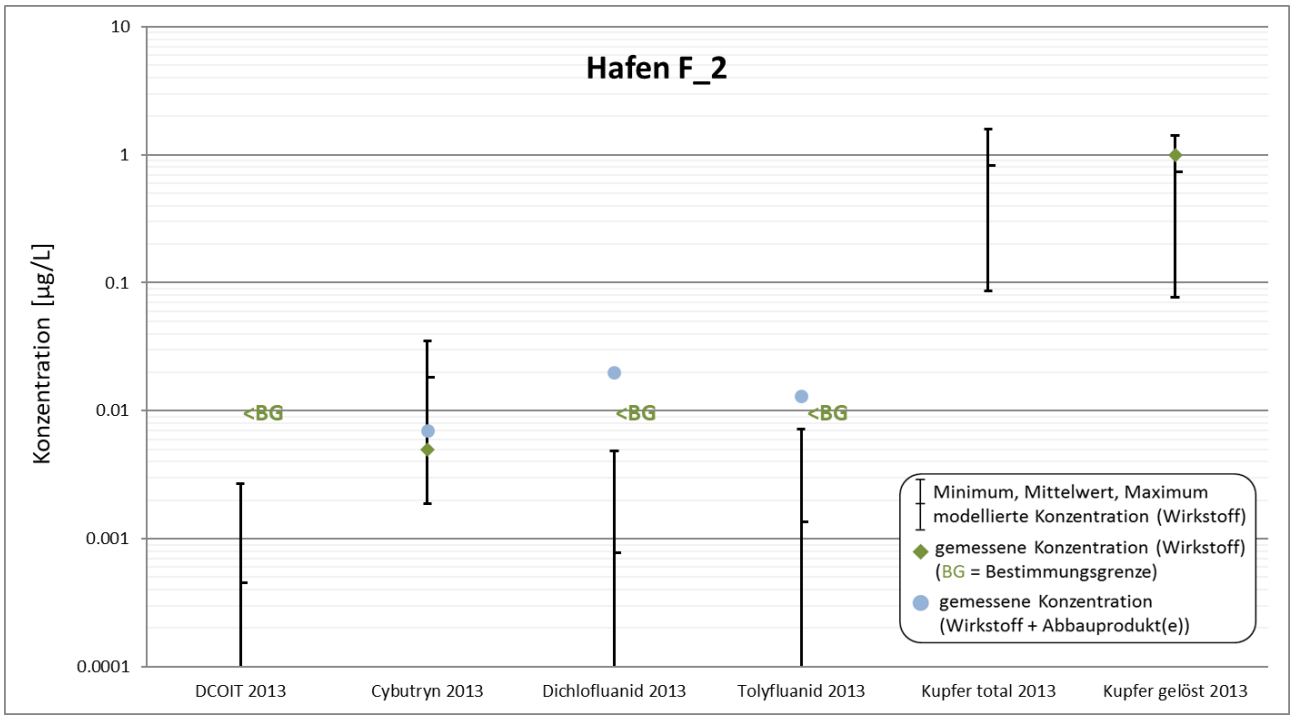
6.4 Vergleich modellierter und gemessener Konzentrationen in einzelnen Häfen

Abbildung 76: Hafen F_1: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



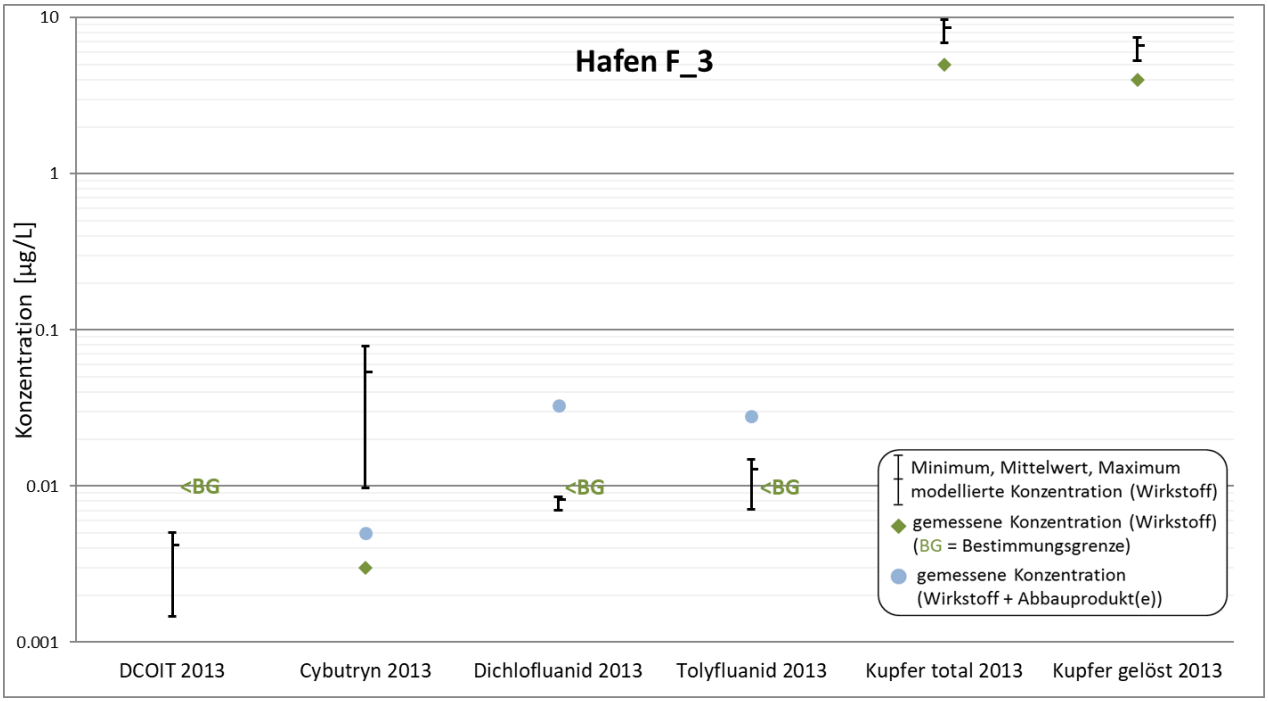
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 77: Hafen F_2: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Commercial Harbour“ durchgeführt.



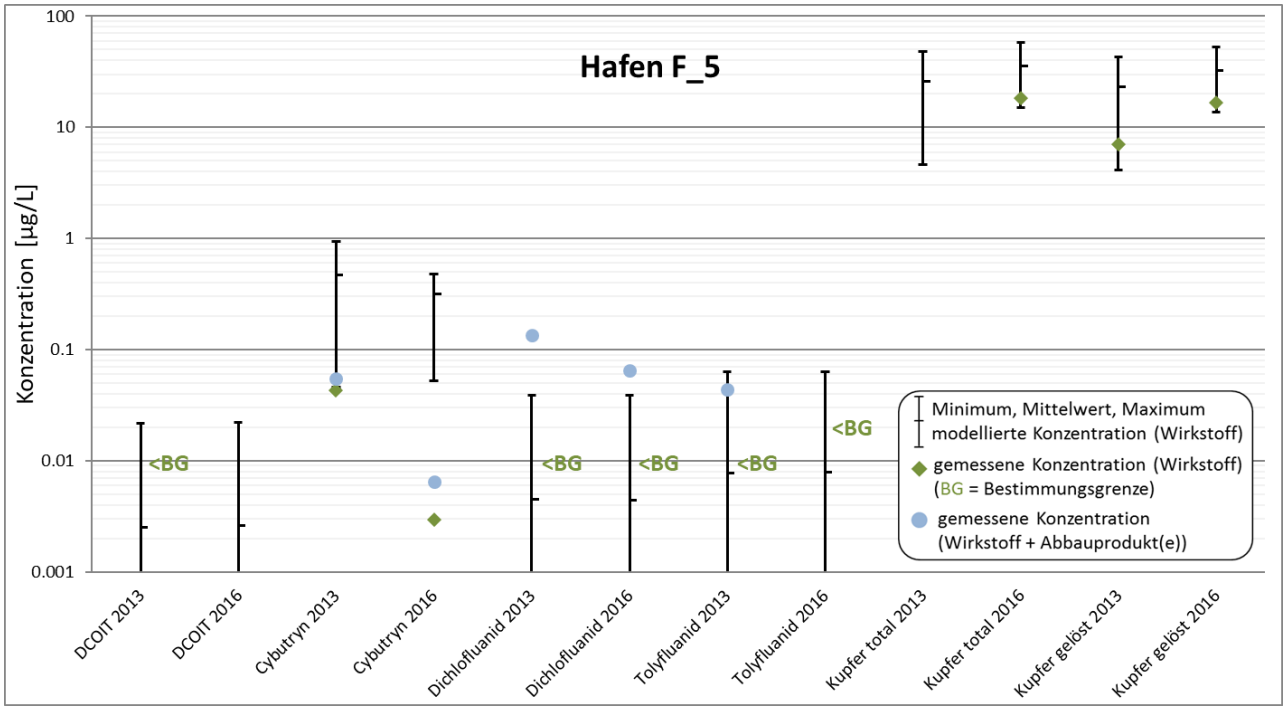
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 78: Hafen F_3: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



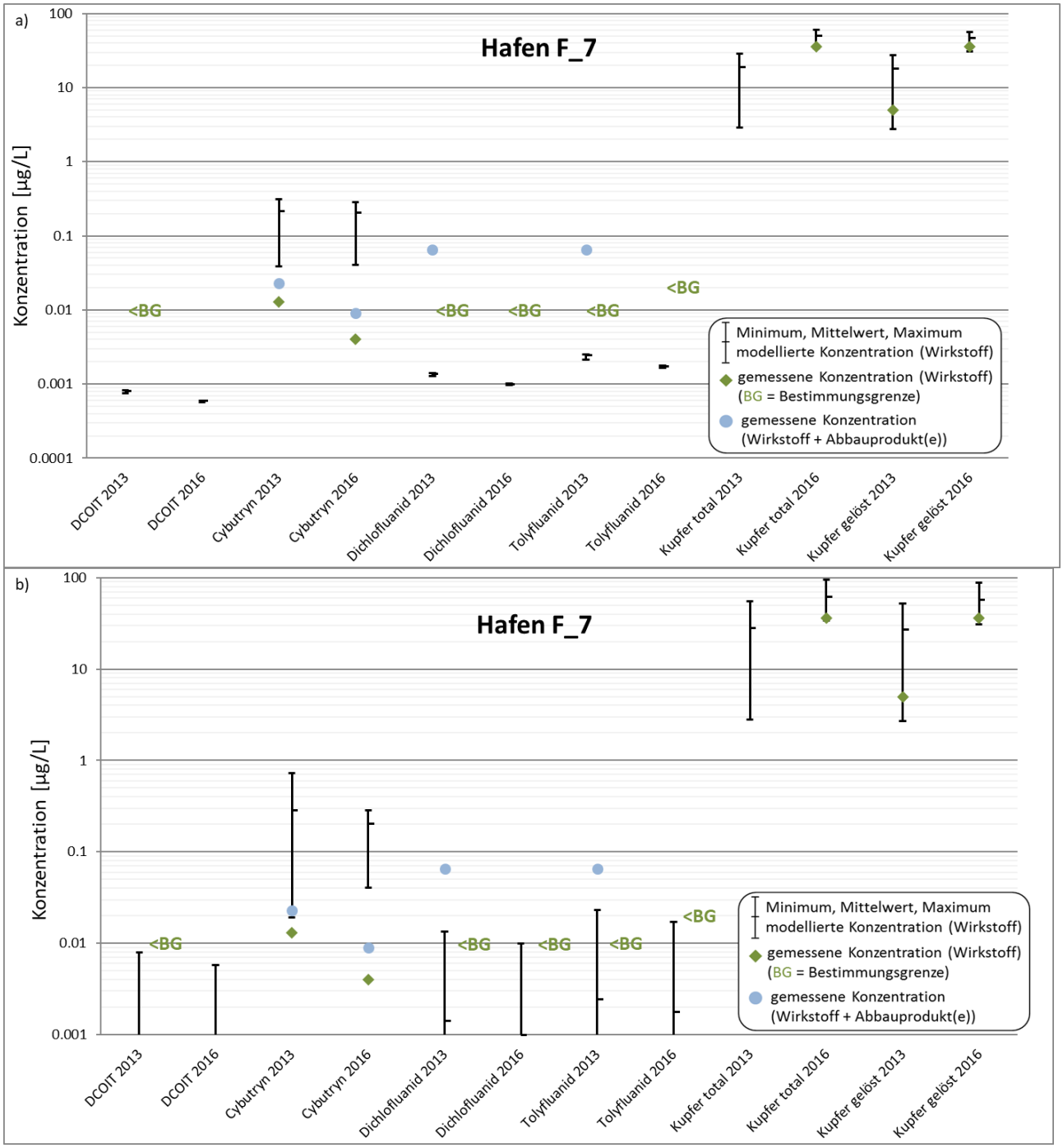
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 79: Hafen F_5: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout Commercial Harbour durchgeführt.



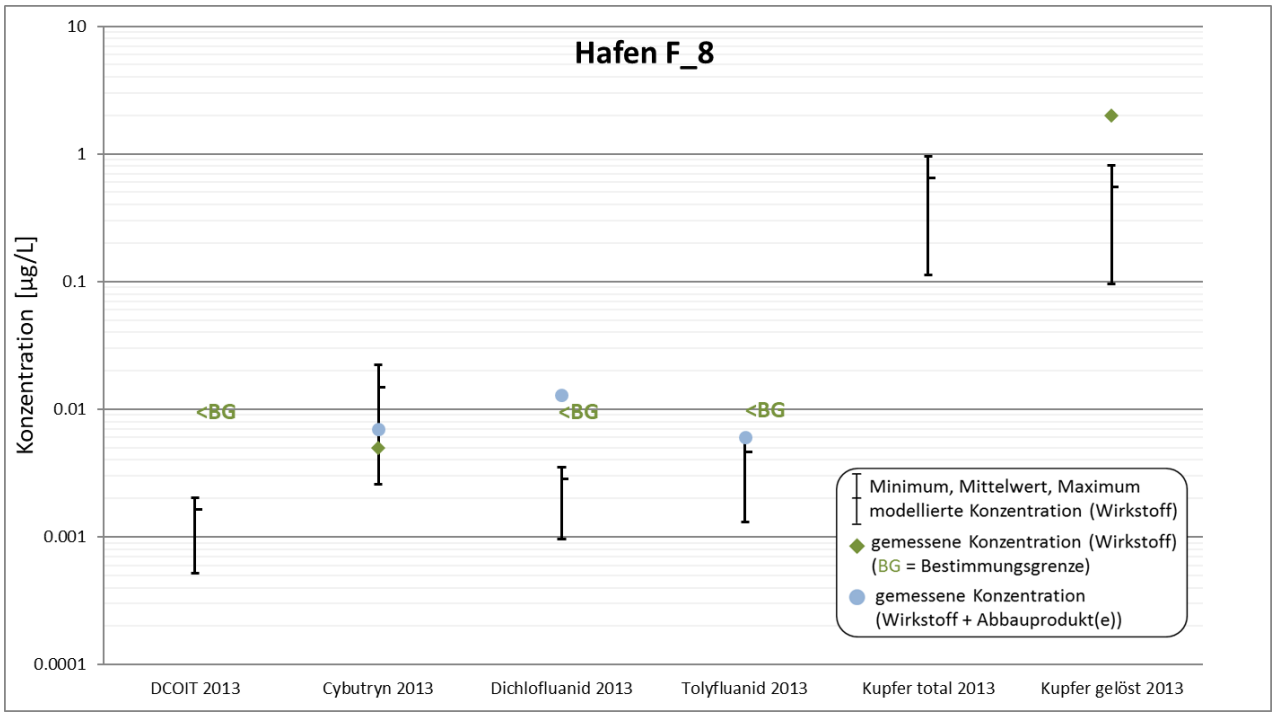
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 80: Hafen F_7: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahmen in den Jahren 2013 und 2016. Die Modellierung wurde mit den Hafenlayouts a) „Marina“ und b) „Commercial Harbour“ durchgeführt.



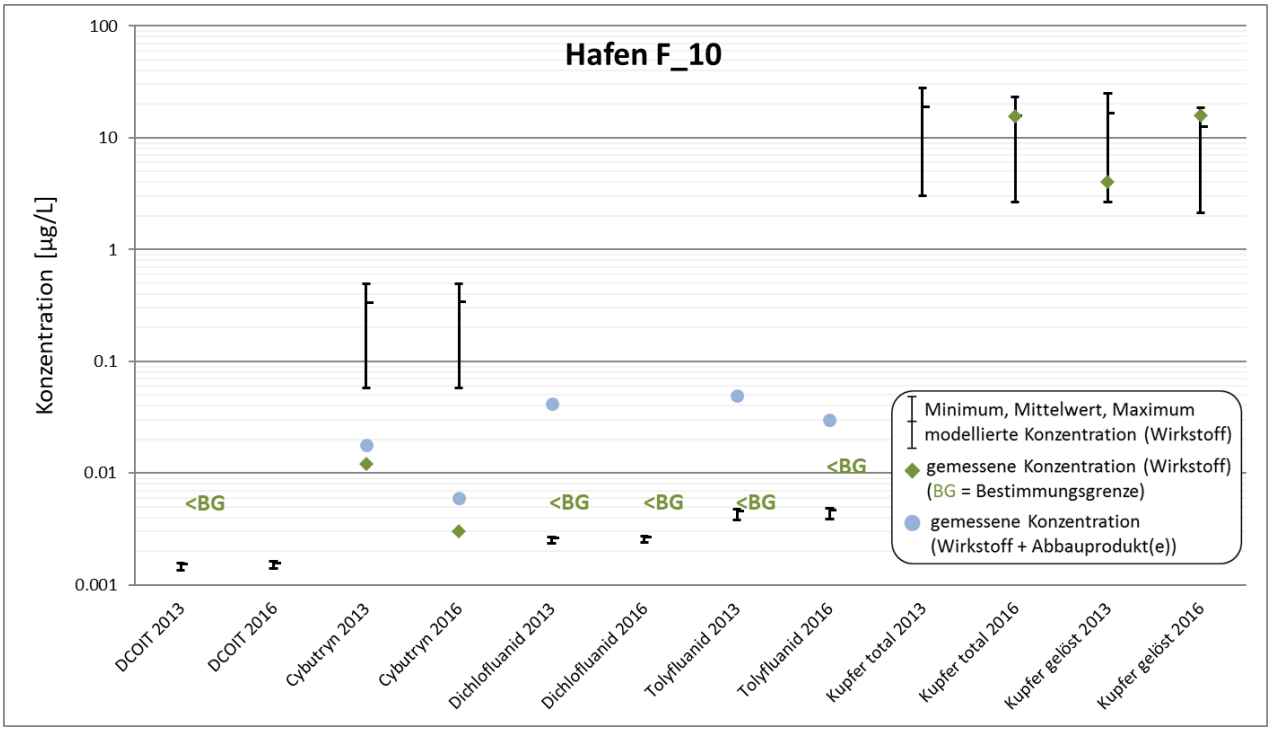
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 81: Hafen F_8: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



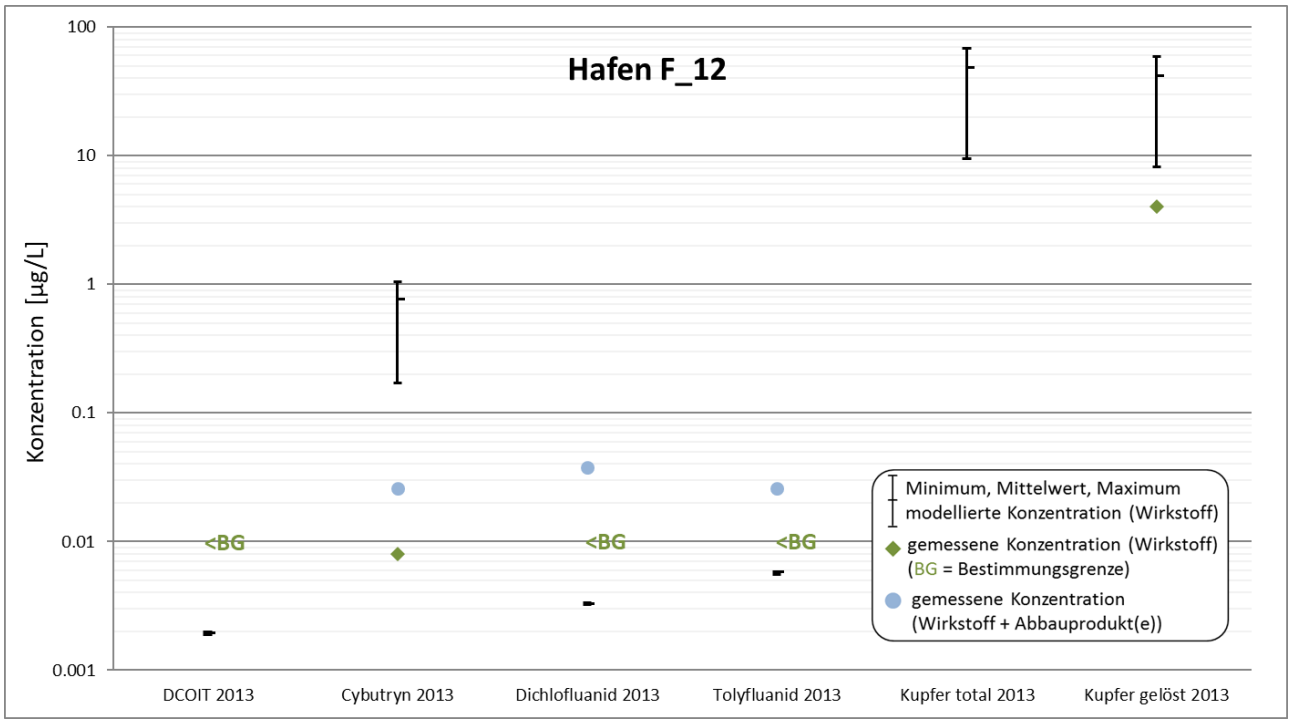
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 82: Hafen F_10: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



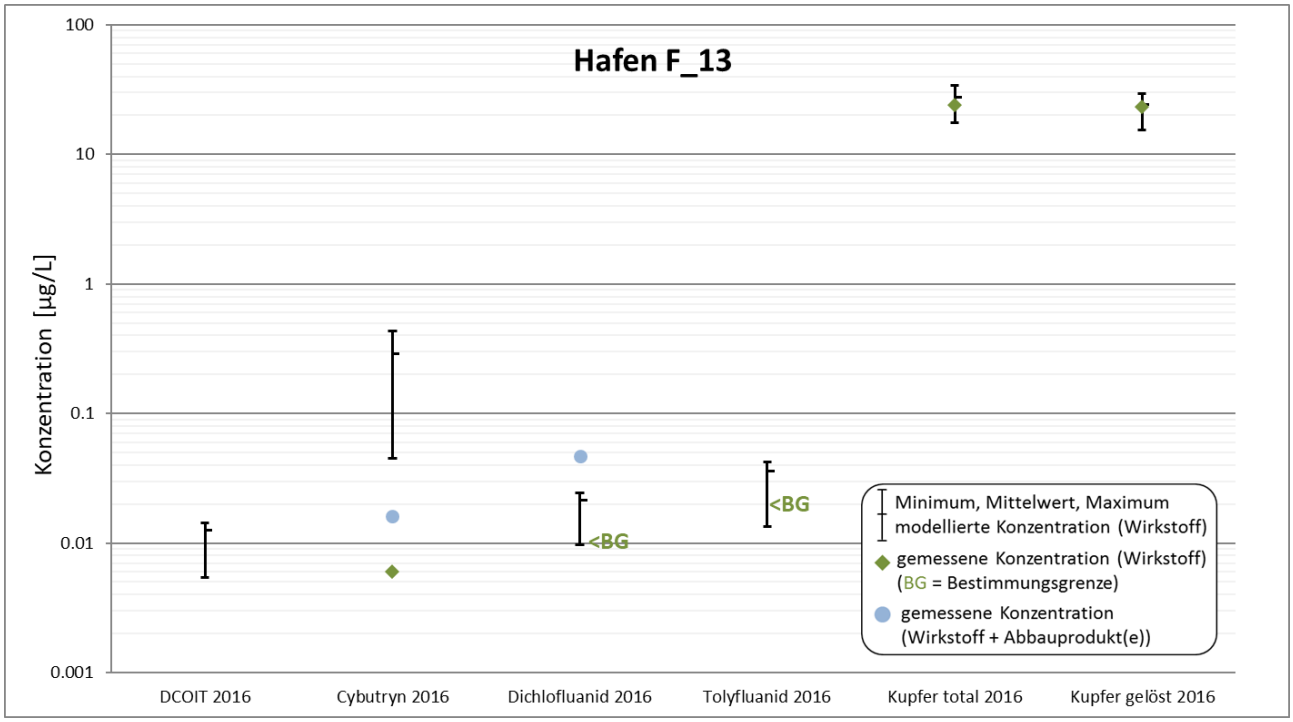
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 83: Hafen F_12: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



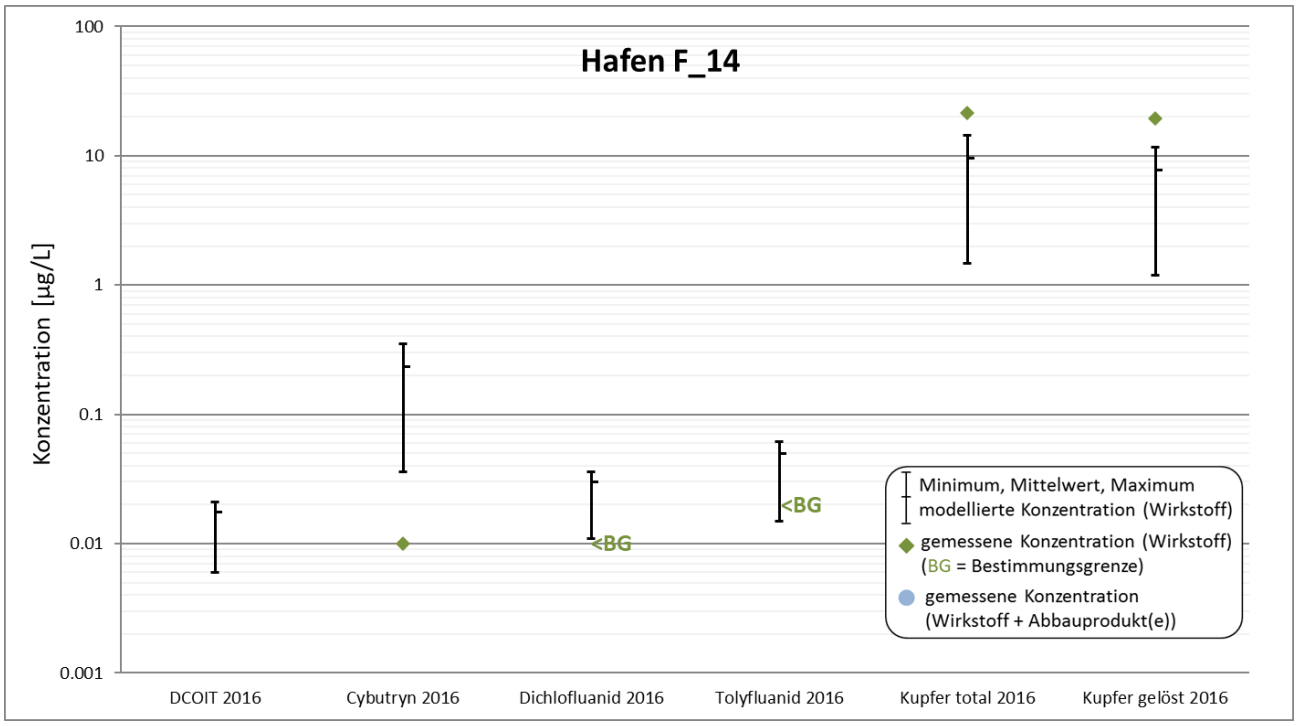
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 84: Hafen F_13: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



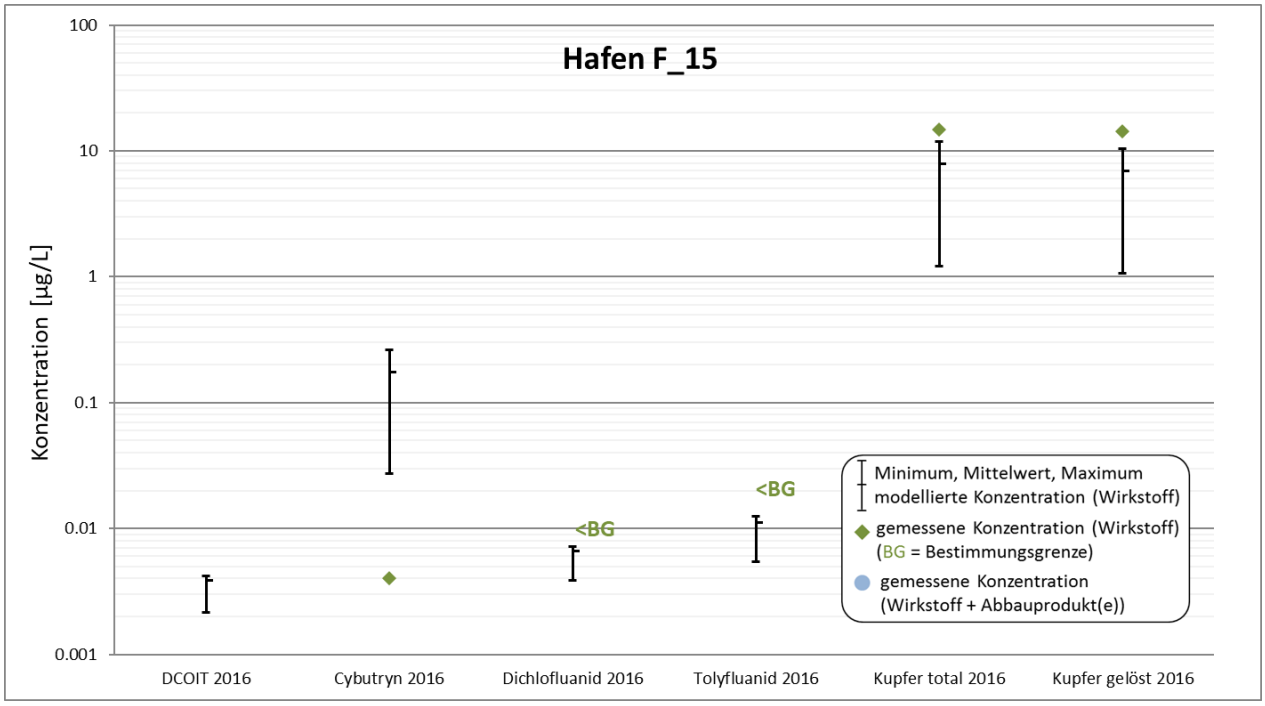
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 85: Hafen F_14: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



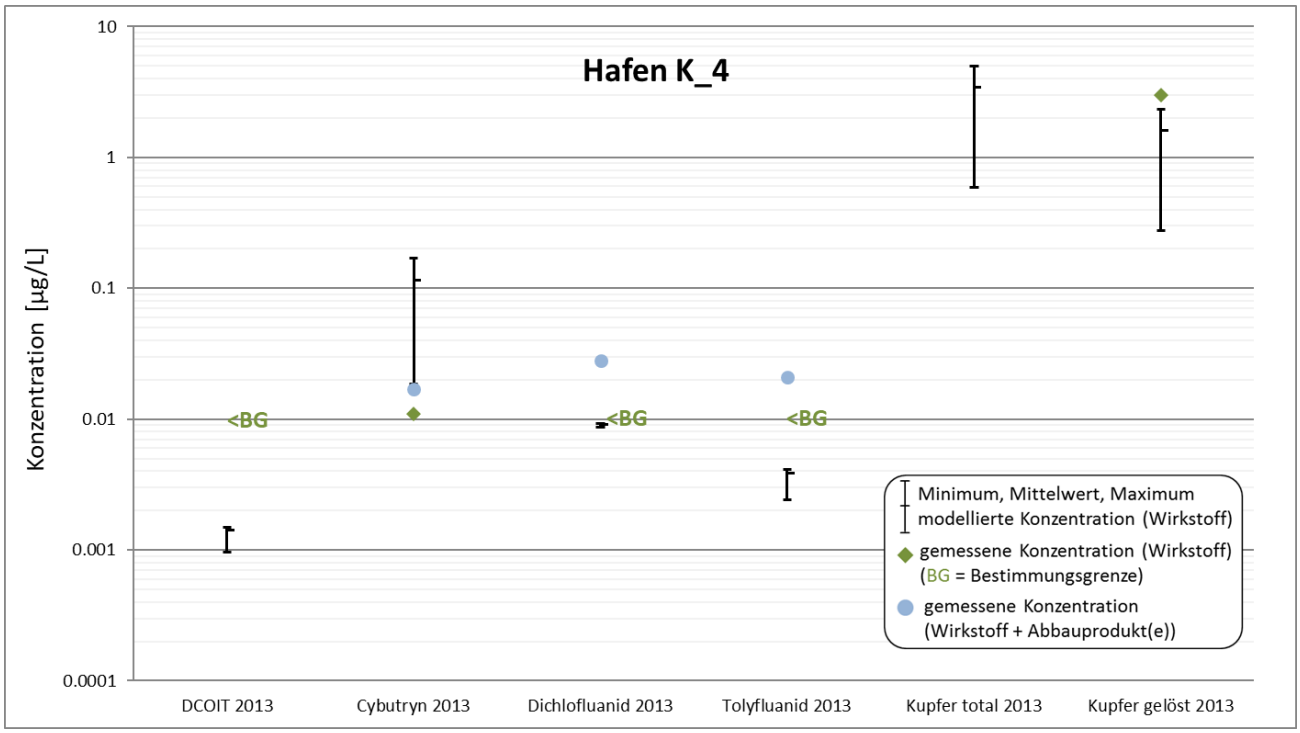
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 86: Hafen F_15: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



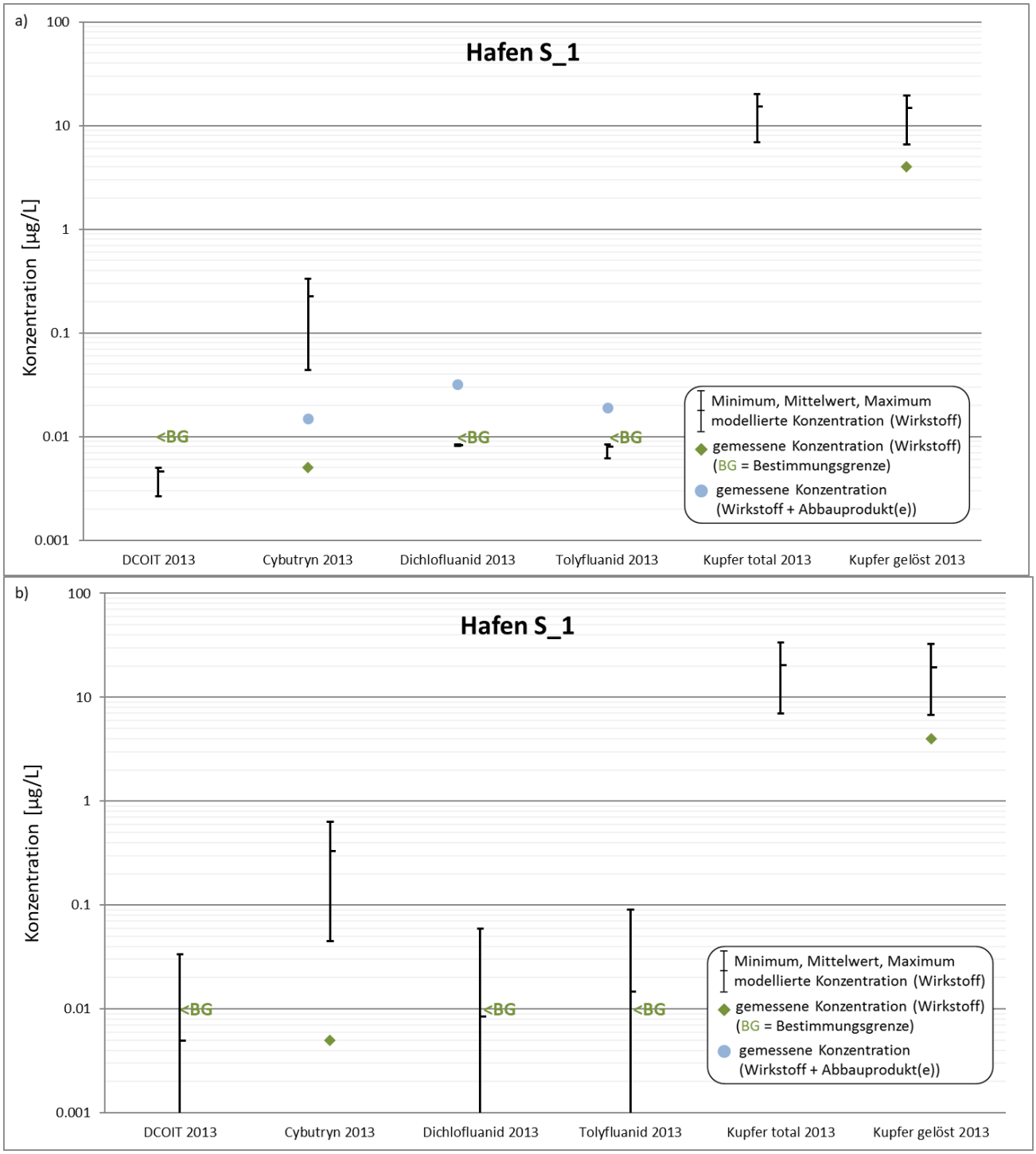
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 87: Hafen K_4: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



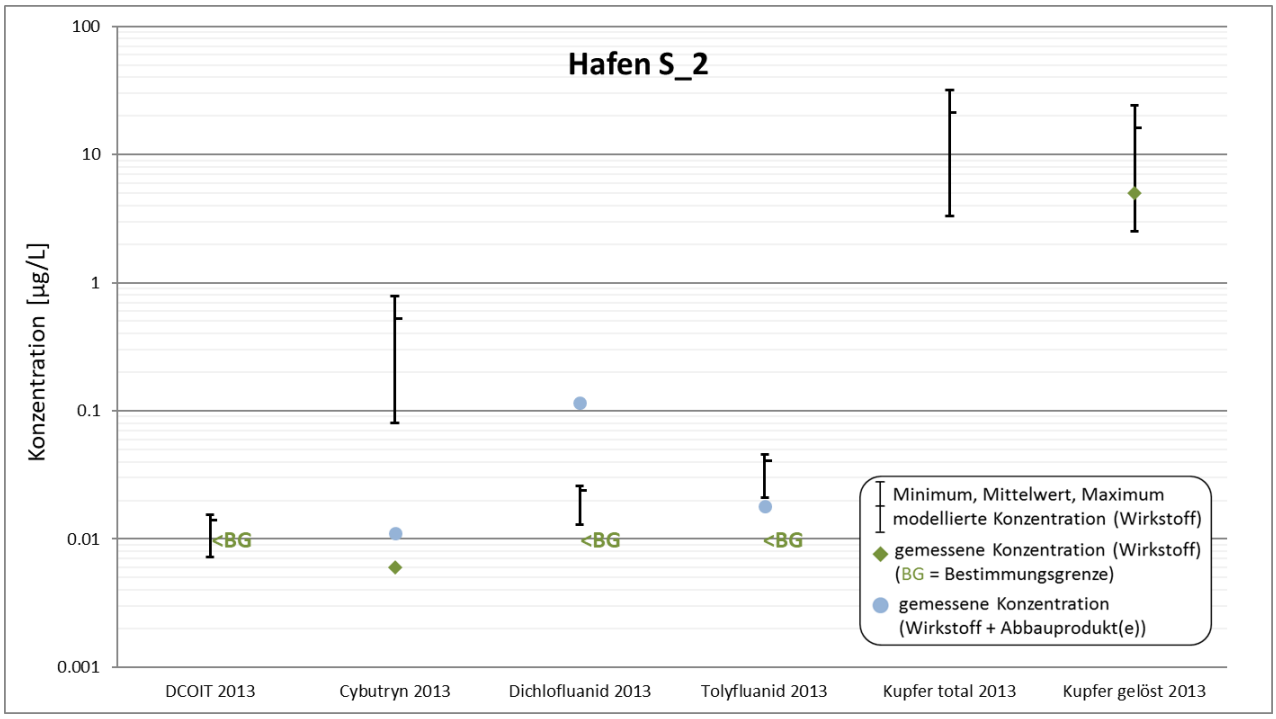
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 88: Hafen S_1: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit den Hafenlayouts a) „Marina“ und b) „Commercial Harbour“ durchgeführt.



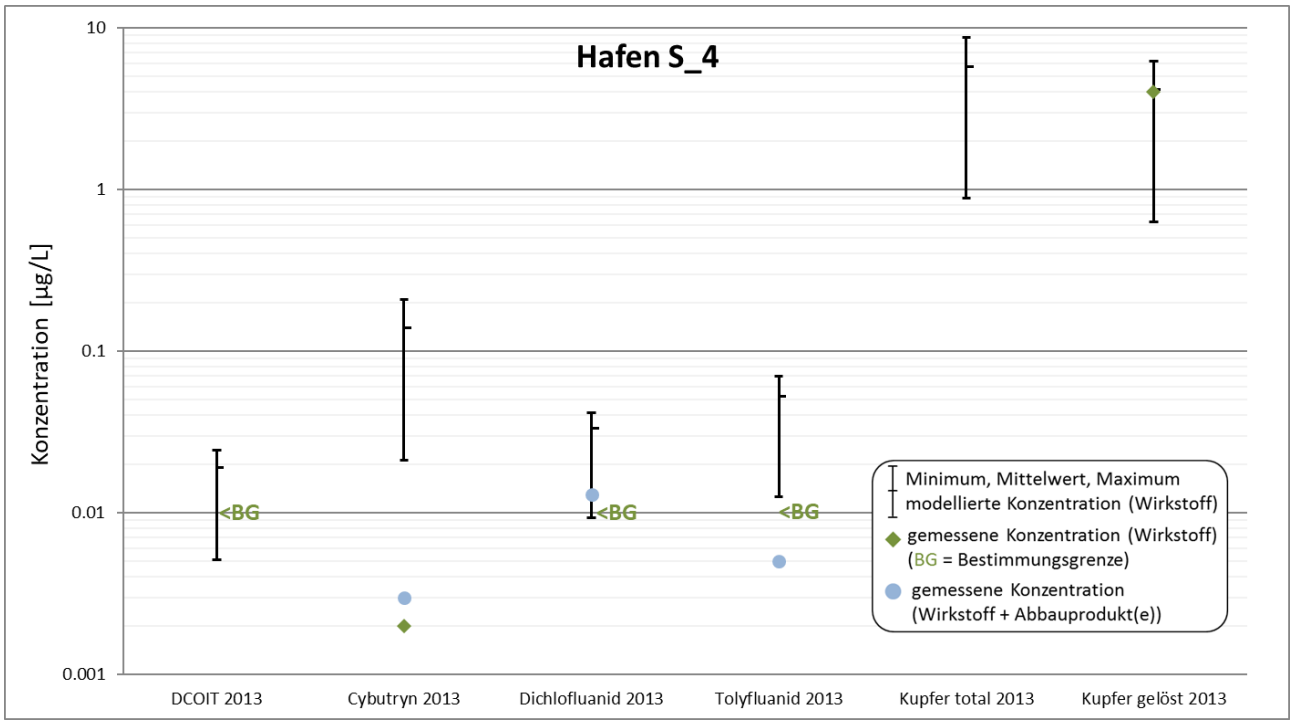
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 89: Hafen S_2: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



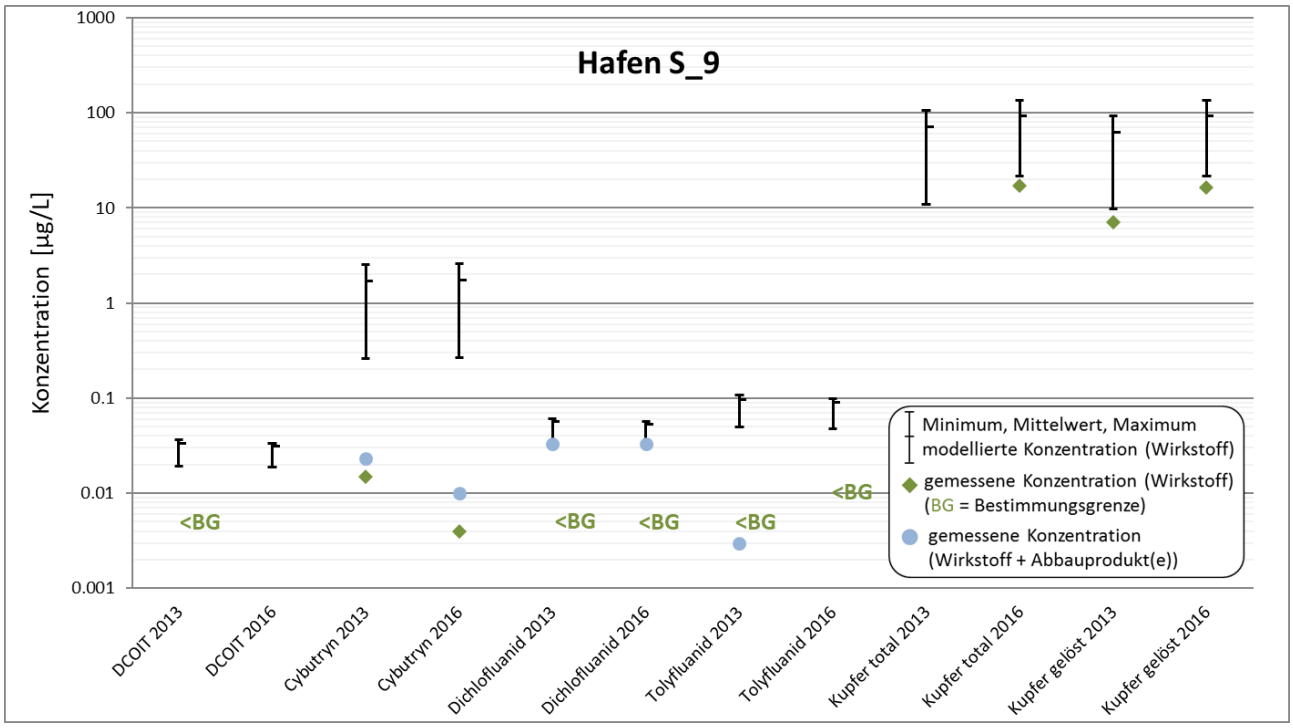
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 90: Hafen S_4: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



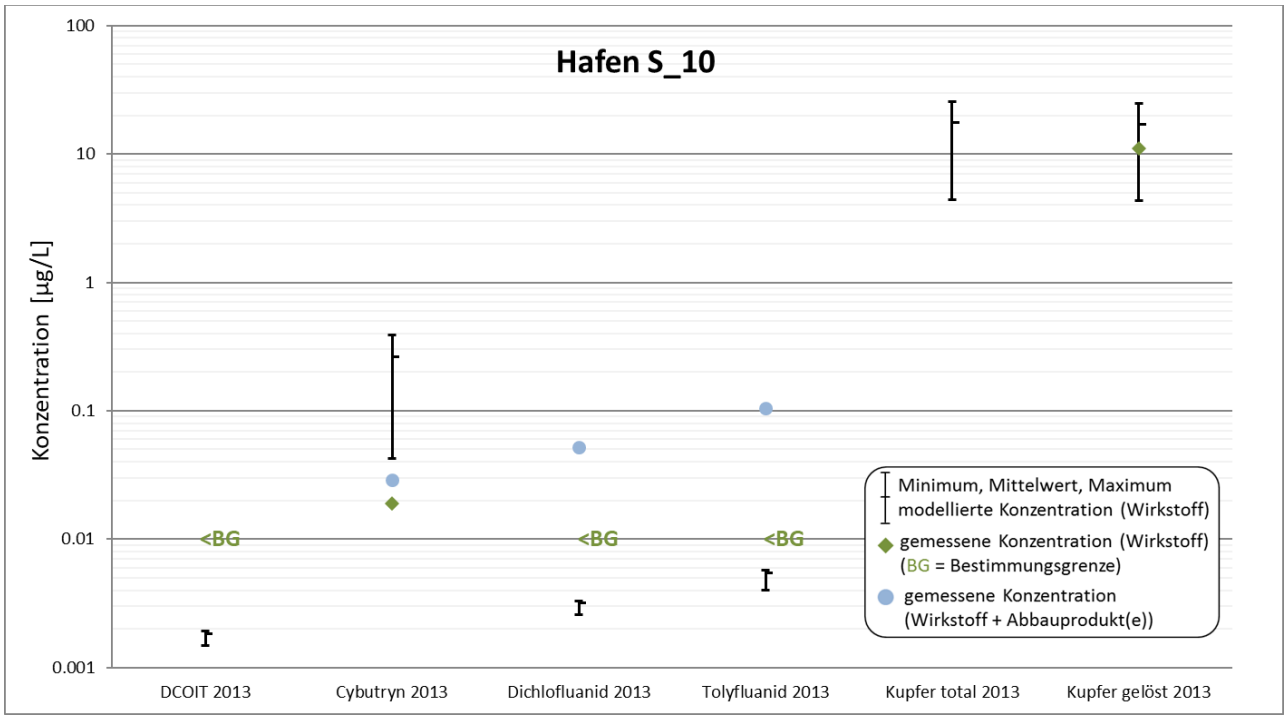
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 91: Hafen S_9: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



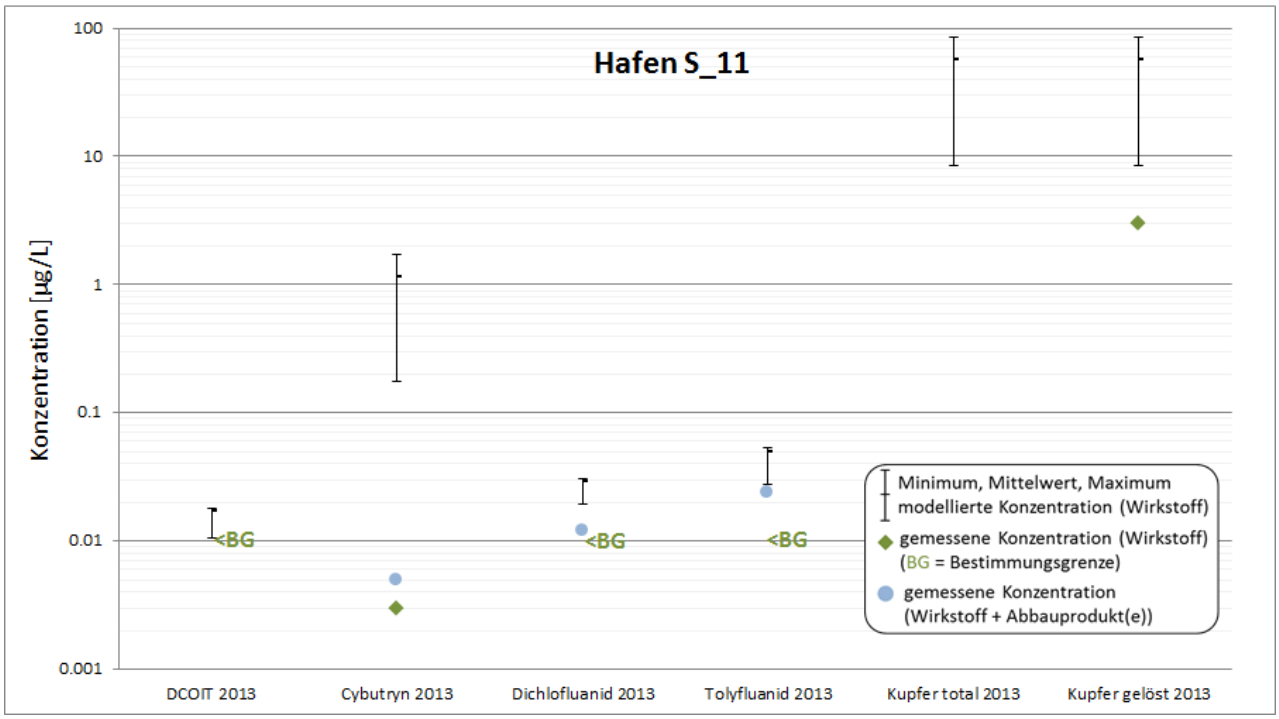
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 92: Hafen S_10: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



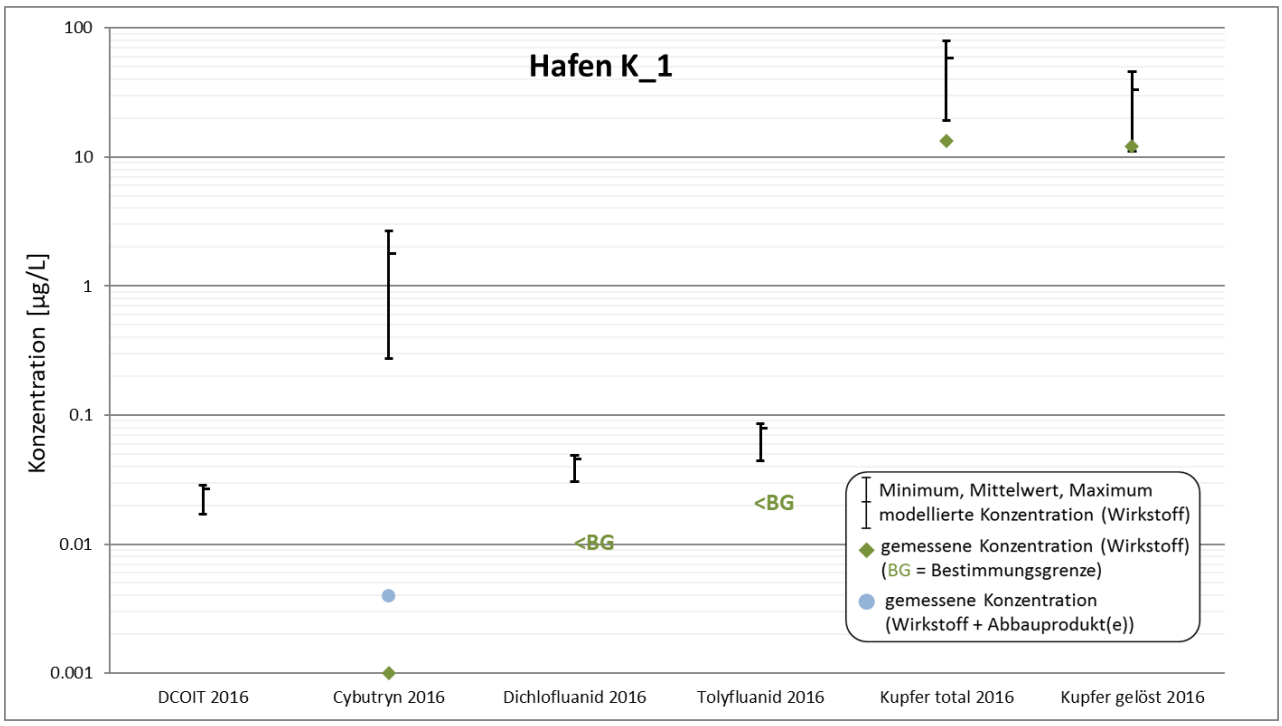
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 93: Hafen S_11: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2013. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



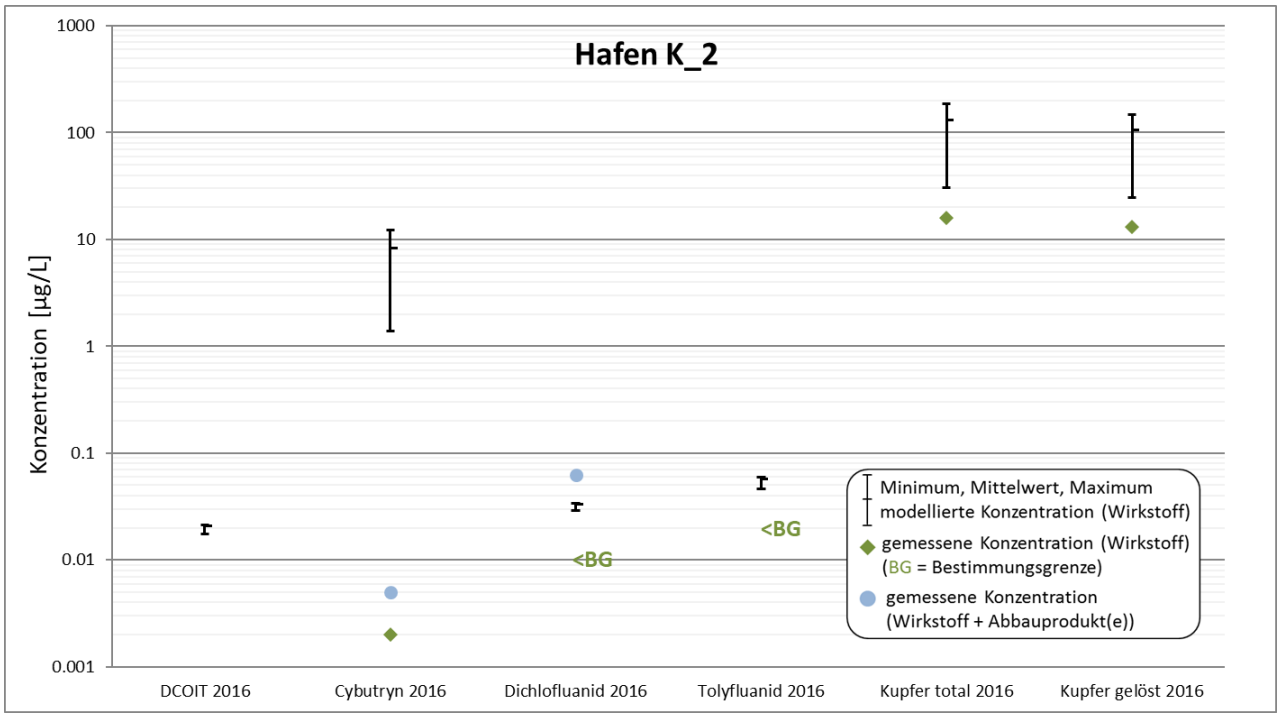
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 94: Hafen K_1: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 95: Hafen K_2: Vergleich der modellierten Konzentrationen (Minimum, Mittelwert, Maximum) und gemessenen Konzentrationen der Antifouling-Wirkstoffe DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid, Kupfer total und Kupfer gelöst für die Probenahme 2016. Die Modellierung wurde mit dem Hafenlayout „Marina“ durchgeführt.



Quelle: eigene Darstellung BfG

6.5 Parameter für die Modellierung der 24 Häfen mit dem Modell MAMPEC

6.5.1 Eingabefeld Environment

6.5.1.1 Kategorie Hydrodynamik

Tidenhub [m]

Für Häfen, die unter keinem Tideneinfluss stehen, wurde der Wert Null eingesetzt und für den tidenbeeinflussten Hafen in Wedel wurde der angegebene Tidenhub aus dem Datensatz des AP 2 des Vorgängerprojekts durch Recherche ermittelt.

Dichteunterschiede zwischen Tidenwasser und Hafenwasser [kg/m³]

Es kann davon ausgegangen werden, dass im Süßwasserbereich keine nennenswerten Dichteunterschiede zwischen Tidenwasser und Hafenwasser bestehen. Somit wird der Wert für alle Häfen auf null gesetzt.

Nicht tidenbedingte Wasserstandschwankungen [m]

Nicht tidenbedingte Wasserstandschwankungen wurden bei der Probenahme bei dem jeweiligen Hafenmeister erfragt bzw. aus dem Datensatz 2013 übernommen. Für die geschlossenen, am Kanal angrenzenden Häfen Yachthafen Ribbrock und Marina Fuestrup treten durch den Sog und Schwall vorbeifahrender Frachtschiffe Schwankungen von bis zu 0,3 m auf.

Fließgeschwindigkeit [m/s]

Die Bestimmung der mittleren Fließgeschwindigkeit im Bereich der Hafeneinfahrt im angrenzenden Gewässer sollte vorzugsweise mit Messwerten erfolgen oder über hydrodynamische Modelle abgeleitet werden. Da die Messung der Fließgeschwindigkeit eine aufwendige Kampagne beinhaltet, war eine

Messung während der Probenahmetouren nicht durchführbar. Um dennoch eine Abschätzung über die mittlere Fließgeschwindigkeit des angrenzenden Gewässers zu erhalten, wurden für die Häfen an Rhein, Mosel und Weser Abflussdaten eines repräsentativen nahe liegenden Pegels über die Mess-Portale der BfG recherchiert. Für den jeweiligen Hafen wurde die mittlere Fließgeschwindigkeit des Probenahme-Tages verwendet. Dieser Wert ist jedoch nur ein Richtwert, welcher nur für 7 Hafenstandorte ausfindig gemacht werden konnte. Im Rahmen des Projekts: „Definition of a Dutch inland marina scenario in MAMPEC" wurden vom Institut Deltares Modellberechnungen für 5 Häfen an Rhein und Maas durchgeführt. Das Ergebnis war, dass unter mittleren Abflussbedingungen die Fließgeschwindigkeit 1 m/s oder höher annehmen kann, an strömungsarmen Orten, wie die Lee-Seite eines Mäanders ist diese jedoch viel geringer (van der Meulen 2012). Die Fließgeschwindigkeit der am See und Kanal liegenden Häfen wird von der Wasserbewirtschaftung und dem windinduzierten Wasseraustausch bestimmt (van der Meulen 2012). Während der Bewirtschaftung in Kanälen (Pumpbetrieb) treten durchschnittliche Fließgeschwindigkeiten von 0,1 m/s ≥ 0,5 m/s auf. Die durch Windzirkulation induzierte Oberflächenfließgeschwindigkeit beträgt näherungsweise 3 – 5% der Windgeschwindigkeit. Im Tiefenprofil verläuft die windinduzierte Fließgeschwindigkeit logarithmisch in Abhängigkeit von der Gewässertiefe.

In Absprache mit Hydrologen des Instituts Deltares wurde zur Abschätzung der Fließgeschwindigkeit für Flüsse ein Bereich zwischen 0,5-1,0 m/s und für Seen und Kanäle ein Bereich zwischen 0,05 – 0,1 m/s eingegrenzt. Bei Häfen, für die eine mittlere tägliche Fließgeschwindigkeit des Probenahmetages vorlag, wurde, mit Orientierung an diesem Wert, der Bereich zwischen 0,5-1,0 m/s eingehalten.

Berechnungszeit Tidenperiode [h]

Um eine Vergleichbarkeit der berechneten Wasseraustauschrate (als % pro Tide und m^3 pro Tide) zu haben, wurde die Angabe 12,41 h für die gesamte Hafenmodellierung aus den MAMPEC-Grundeinstellungen übernommen.

6.5.1.2 Kategorie wasserchemische Parameter

Die wasserschemischen Parameter („water characteristics") bestimmen die Verteilung der Wirkstoffkonzentration, die gelöst im Wasser und adsorbiert an Schwebstoffen/Sediment vorkommt (van der Meulen, J., 2012). Diese Kategorie umfasst Angaben zum Schwebstoffgehalt (SPM) [mg/L], POC [mg/L], DOC [mg/L], Chlorophyll [µg/L], Salinität [psu], Temperatur [°C] und pH-Wert [-].

SPM [mg/L], DOC [mg/L], POC [mg/L], Salinität [psu], Temperatur [°C] und pH-Wert [-]

Die Parameter SPM, DOC, TOC, Salinität, Wassertemperatur und pH-Wert sind Messwerte im Rahmen der Beprobung 2013 und 2016. Über die Differenz von TOC und DOC ergibt sich die Konzentration für POC.

Für die „Realistic worst case"-Szenarien wurden auf Grundlage von Daten der IKSR, der WSV und FGG Weser für die Wassertemperatur Mittelwerte aus 9 Jahren zwischen 2004 und 2015 berechnet.

Chlorophyll [µg/L]

Innerhalb der Messkampagne wurde kein Chlorophyll-Gehalt gemessen. Der Wert für Chlorophyll wurde für alle Häfen auf 3 µg/L gesetzt, welcher von dem OECD-EU marina scenario übernommen wurde und den Mittelwert für europäische Verhältnisse beschreibt.

6.5.1.3 Kategorie Geometrie

In diesem Feld werden Eingaben zur Hafenabmessung getätigt. Mit den Geometrieangaben wird das Gitternetz definiert. x1 [m] beschreibt die Länge der zu modellierenden Umgebung, x2 [m] ist die Länge des Hafens, y1 [m] ist die Breite des Hafens, y2 [m] die Breite des angrenzenden Gewässers bzw. die Breite der zu modellierenden Umgebung. Für den Generierungstyp Marina und Commercial Harbour wird zusätzlich eine Abmessung der Breite der Hafeneinfahrt x3 [m] abgefragt. Die Abmessungen für

den Hafenbereich wurden in ArcGIS 10.4.1 über die Funktionsgruppe Messen mit den Werkzeugen zur Bestimmung einer Stecke und Fläche ermittelt. Dabei wurde so vorgegangen, dass über die abgesteckte, gemessene Hafenoberfläche eine Annäherung für die Länge und Breite des generalisierten Modellhafens erfolgte. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Längen-Breiten Verhältnis eingehalten wurde. Diese Herangehensweise ist im Vergleich zur einfachen Abmessung von Länge und Breite eines Hafens genauer, da die Hafendimensionen selten eine rechteckige Beckenform aufweisen.

Wichtig ist bei der Eingabe der Umgebungsabmessungen, dass diese in einer Relation zu der Hafengröße stehen. Eine Unverhältnismäßigkeit führt zu Fehlermeldungen. Die genauen, einzuhaltenden Abmessungen sind im User Manual (van Hattum, B. et al. 2016) vermerkt. Bei der Modellierung der 24 Häfen wurde diese Vorgabe eingehalten. Eine weitere Eingabe ist die mittlere Tiefe des Hafens. Diese wurde während der Probenahme im Hafen erfragt bzw. aus dem Datensatz „beprobte Häfen“ überprüft und übernommen.

6.5.1.4 Kategorie Allgemein

In diesem Feld werden Angaben zu der geografischen Breite [° N] und der Wolkenbedeckung [Klasse 0-10] zur Modellierung des photolytischen Abbaus eingegeben. Die geographische Breite wird aus dem Datensatz „beprobte Häfen“ überprüft und übernommen bzw. für die neu beprobten Häfen 2016 mit einem GPS- Gerät erfasst. Die Daten der Wolkenbedeckung werden für die Modellierung 2013 aus dem Datensatz „beprobte Häfen“ übernommen. Für das Jahr 2016 erfolgte die Bestimmung der Wolkenbedeckung am Probenahme-Tag durch Einschätzung vor Ort.

6.5.1.5 Kategorie Sediment

Angaben zur Tiefe der Sedimentschicht [m], zur Sedimentdichte [kg/m^3], Abbaurate für organischen Kohlenstoff im Sediment [d^{-1}] und der Netto-Sedimentationsgeschwindigkeit [m/d] werden von dem OECD-EU marina scenario übernommen.

6.5.1.6 Kategorie Wind

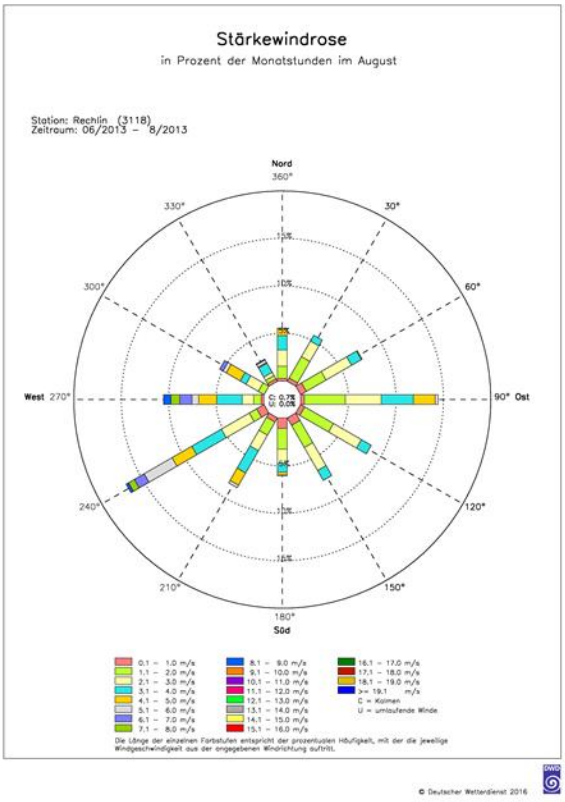
In diesem Feld werden Angaben zur mittleren Windgeschwindigkeit und zur prozentualen Zeit, in der die Windrichtung lotrecht zur Hafeneinfahrt (für geschlossene Häfen) bzw. lotrecht zum angrenzenden Ufer (für offene Häfen) ist, erfasst. Wichtigkeit erlangen diese Angaben bei Binnenhäfen ohne Tideneinfluss, besonders bei Häfen an Gewässern mit geringer Strömung. Der Wind induziert eine Zirkulation, die zu einer Durchmischung in einem geschlossenen Hafenbecken führen kann. Bei offen im Gewässer liegenden Häfen ist der Radius der wirksamen Windrichtung größer und unbestimmter.

Mittlere Windgeschwindigkeit [m/s], Anteil Windrichtung lotrecht zu Hafeneinfahrt [-]

Die Daten wurden über den Deutschen Wetterdienst bezogen. Von der nächstgelegenen Wetterstation des Hafens wurde über die relativen Häufigkeiten der Windgeschwindigkeiten für den Monat, in dem die Probenahme stattfand, die mittlere Windgeschwindigkeit abgelesen und verwendet. Die Häufigkeitsverteilungen sind in den Stärkewindrosen graphisch dargestellt. Aus ihnen wurde der Anteil der Windrichtung, die lotrecht zur Hafeneinfahrt/zum angrenzenden Ufer liegt, abgeschätzt.

Abbildung 96 verdeutlicht die Vorgehensweise zur Ermittlung des prozentualen Anteils der Windrichtung, die lotrecht zur Hafeneinfahrt liegt. Die Abbildung zeigt eine Luftbildaufnahme des Hafens im Claassee an der Müritz und eine Windrose der naheliegenden Station Rechlin für August 2013. Der prozentuale Anteil ergibt sich für diesen Hafen aus der Summe der relativen Häufigkeiten des Sektors 300° und 330° zu 8,1%. Für die Modellierung der Hafensituation Sommer 2013 in MAMPEC wurde der Anteil auf 8% gerundet.

Abbildung 96: Beispiel für eine Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten an einer Wetterstation, graphisch dargestellt in einer Stärkewindrose (rechts).



Quelle: Deutscher Wetterdienst.

Für die „Realistic worst case“-Szenarien wurden für die mittlere Windgeschwindigkeit und den Anteil der Windrichtung lotrecht zur Hafeneinfahrt je nach Wetterstation Mittelwerte aus sechs bis 24 Jahren berechnet.

6.5.1.7 Kategorie Geometrie Hafeneinfahrt

Die Geometrie der Hafeneinfahrt wird in diesem Feld erneut angegeben, um die Fläche für hydrodynamischen Austausch genau zu definieren. Dabei können Angaben zu der Höhe eines Unterwasserdamms, der Breite eines Unterwasserdammes und der Tiefe der Hafeneinfahrt vorgenommen werden. Ob der jeweilige Hafen einen Unterwasserdamm hat und welche Abmessungen dieser hat, wurde während der Probenahme erfragt.

6.5.2 Eingabefeld Emission

Bootslängenklassen

Die Unterteilung der Bootslängenklassen sowie die zugehörigen gemittelten Unterwasserflächen für Segel- und Motorboote werden aus dem Vorgängerprojekt übernommen (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Übersicht der Bootslängenklassen und der mittleren Unterwasserfläche (UWF) für Segel- und Motorboote, eingeteilt in Bootslängen als Länge über das gesamte Boot (Länge über Alles = LüA)

LüA (m)	UWF (m^2)
0 – 6	9,96
6 – 8	16,61
8 – 10	25,03
10 – 15	44,98
15 – 20	76,60

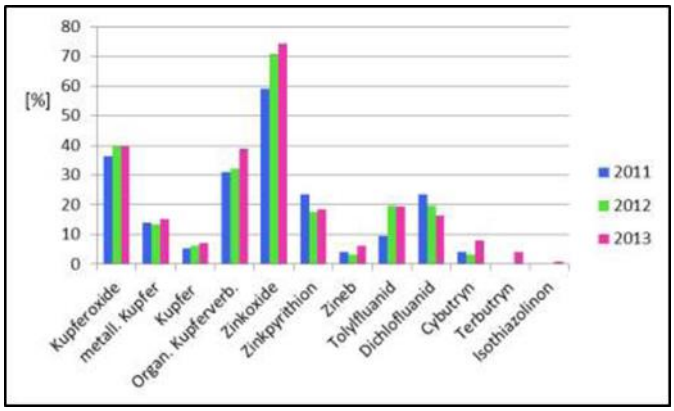
Quelle: Watermann et al. (2015)

Für die Modellberechnung der Hafensituationen Sommer 2013 werden die Zählungen der Boote am Liegeplatz aus dem Vorgängerprojekt übernommen. Aus Zeitgründen wurde in Sommer 2016 die Anzahl der Boote in den jeweiligen Klassen nur prozentual vom Hafenmeister erfragt. Ein Vergleich der Zählung des Bootsbestandes im Sommer 2016 mit der Zählung im Jahr 2013 zeigte in allen 13 beprobten Häfen keine großen Unterschiede, womit die Anzahl für beide Probenahmejahre vereinheitlicht wurde.

Applikationsfaktoren

Die Bestimmung der Applikationsfaktoren der einzelnen Biozide DCOIT, Irgarol, Dichlofluanid, Tolylfluanid und Kupfer orientiert sich an den Werten des Vorgängerprojekts. Die Herleitung beruht auf der Auswertung der Produktlisten der auf dem deutschen Markt für den Sportbootbereich erhältlichen Antifouling-Produkte für die Jahre 2011, 2012 und 2013 (Watermann et al. 2015). Berechnet wurde der Anteil der einzelnen Wirkstoffe an der Gesamtanzahl der biozidhaltigen AF-Produkte (vgl. Abbildung). Die Produktanteile der Antifouling-Biozide müssen aber nicht zwingend den Marktanteilen entsprechen (LimnoMar 2013). Demzufolge ist der Applikationsfaktor mit einer Unsicherheit behaftet.

Abbildung 97: Anteil der damals als Antifouling-Wirkstoffe verwendeten einzelnen Substanzen (heute sind im Sinne der Biozidverordnung Zinkoxid und Terbutryn keine Antifouling-Wirkstoffe mehr) an der Gesamtanzahl der am deutschen Markt vorhandenen Antifouling-Produkte für die Jahre 2011, 2012 und 2013.



Quellen: Watermann et al. (2015)

Für DCOIT und Cybutryn wurde der Applikationsfaktor von 10% übernommen sowie der Faktor 20% für Dichlofluanid. Der Wirkstoff Tolylfluanid wurde im Vorgängerprojekt nicht modelliert. In Abbildung 97 ist ersichtlich, dass Tolylfluanid mit einem ähnlichen Anteil an der gesamten Produktauswahl

vertreten ist wie Dichlofluanid. Daher wird für Tolylfluanid ebenfalls ein Applikationsfaktor von 20% angenommen. Für Kupfer wurde in dem vorangegangenen Projekt ein Applikationsfaktor von 100% bestimmt. Für den Süßwasserbereich wird dieser Wert nach Rücksprache mit Modellierern des Instituts Deltares als zu hoch eingestuft und auf 90% gesetzt.

Leachingraten

In Absprache mit Deltares wurde die Leachingrate für Kupfer auf 12 µg/cm²/d festgelegt, da im Hafen liegende Boote ein viel geringeres Leaching aufweisen als Boote in Fahrt. Für die Leachingrate der organischen Biozide wird die Empfehlung der CEPE-AFWG (European Paintmakers Association – Antifouling Working Group) von 2,5 µg/cm²/d für alle Biozide übernommen. Dieser Wert wird in den voreingestellten Szenarien, wie dem OECD-EU scenario, verwendet. Er liegt über bzw. nahe den gemessenen Leachingraten bei Versuchen nach Thomas (2001).

Applikation und Entschichtung

Van der Meulen (2012) nimmt für die Definition eines niederländischen Marina-Szenarios an, dass die Emission über Applikation und Entschichtung vernachlässigbar ist, womit alle Parameter auf Null gesetzt werden. Diese Annahme wurde auch für die Modellierung in diesem Projekt übernommen mit der Begründung, dass Bootsarbeiten im Zusammenhang mit Antifouling-Beschichtungen fast ausschließlich zu Saisonstart (Frühling) und Saisonende (Herbst) durchgeführt werden und somit nicht in den Berechnungszeitraum fallen. Gesicherte Angaben und Werte können allerdings nur während eines Monitoring-Projekts erfasst werden.

6.6 Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

6.6.1 Online-Version des Fragebogens

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Herzlich willkommen!

Im Rahmen des **Forschungsprojekts „Minimierung von Umweltrisiken** der Antifouling-Schiffsanstriche in Deutschland" führen wir eine Umfrage zur optimierten Verwendung von Antifouling-Produkten durch.

Antifouling-Produkte enthalten oftmals Biozide, die für Wasserorganismen schädlich sein können. Wir möchten verschiedene **Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags von Bioziden aus Antifouling-Produkten in Gewässer** auf ihre praktische Durchführbarkeit prüfen. **Hauptziel** ist es einen **Leitfaden** zu entwickeln, der **durch die Mitwirkung von Bootsbesitzern praxistauglich** ist und damit größtmögliche Akzeptanz findet. Deshalb sind wir auf **Ihre Mithilfe und Erfahrung** angewiesen und würden uns sehr über Ihre Teilnahme freuen.

Die Umfrage läuft **bis zum 10. Juli**. Die Beantwortung der Fragen wird **nur ca. 15-20 Minuten** in Anspruch nehmen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Vielmehr hilft uns Ihre ehrliche Einschätzung, die relevantesten Maßnahmen im Leitfaden zu berücksichtigen.

Die Teilnahme an der Umfrage ist selbstverständlich **freiwillig**. Wir fragen weder nach Ihrem Namen noch nach Ihrer Adresse und werten die Antworten **anonym** aus.

Bei **Rückfragen** können Sie uns gerne anrufen (Tel. 0261 1306-5994 (Frau Redeker), -5974 (Herr Meermann), -5479 (Herr Schwandt)).

Falls Sie die **Umfrage** lieber auf Papier ausfüllen, finden Sie sie hier **im pdf-Format**:
http://www.bafg.de/DE/07_Nachrichten/20170612_pdf_besitzer

Die **Ergebnisse der Umfrage** werden am 21. und 22. September 2017 auf einem Workshop in der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) diskutiert. Weitere Informationen finden Sie auf der Internetseite der BfG (www.bafg.de) unter „Wissen" -> „Veranstaltungen". Am Ende der Umfrage werden Sie dorthin weiter geleitet.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Fragen zu Ihrem Boot und Revier

Zunächst bitten wir Sie um einige Angaben zu Ihrem Boot und Revier. Ihre Antworten auf diese Fragen helfen uns einzuschätzen, ob die Maßnahmen zur Reduzierung von Bioziden in Gewässern, zu denen wir Sie später nach Ihrer Meinung fragen, nur unter bestimmten Voraussetzungen sinnvoll und/oder praktikabel sind.

1. Sind Sie private/r Bootbesitzer/in oder betreiben Sie einen Bootsverleih/Charterservice?

- private/r Bootsbesitzer/in
- Bootsverleih/Charterservice

2. Ist Ihr Boot ein Motorboot oder ein Segelboot?

Bitte treffen Sie Ihre Auswahl.

- Motorboot
- Segelboot

3. Wie lang ist Ihr Boot?

Bitte wählen Sie eine Antwort.

- bis 6 m
- über 6 m bis 8 m
- über 8 m bis 10 m
- über 10 m bis 15 m
- über 15 m

4. Wie schnell sind Sie üblicherweise mit Ihrem Boot unterwegs?

Bitte trogen Sie in eins der Felder Ihre Antwort ein.

ca. [ ] kn

ca. [ ] km/h

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Fragen zu Ihrem Boot und Revier

5. In welchem Monat lassen Sie Ihr Boot in der Regel zu Wasser?

Bitte wählen Sie eine Antwort.

- ◯ März
- ◯ April
- ◯ Mai
- ◯ sonstiger: _____
- ◯ es bleibt über den Winter im Wasser
- ◯ es ist nur im Wasser, wenn ich (oder jemand anders) damit fahre

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Fragen zu Ihrem Boot und Revier

6. Wie lange ist Ihr Boot pro Jahr ungefähr im Wasser?

Bitte wählen Sie eine Antwort.

- ◯ bis 1 Monat
- ◯ mehr als 1 Monat bis max. 2 Monate
- ◯ mehr als 2 Monate bis max. 3 Monate
- ◯ mehr als 3 Monate bis max. 6 Monate
- ◯ mehr als 6 Monate

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Fragen zu Ihrem Boot und Revier

7. Wie lange wird Ihr Boot insgesamt pro Jahr für Touren und Ausflüge bewegt?
Bitte schätzen Sie grob.

Bitte wählen Sie eine Antwort.

- ◯ gar nicht
- ◯ 1 bis 13 Tage
- ◯ 2 bis 4 Wochen
- ◯ mehr als 1 bis max. 2 Monate
- ◯ mehr als 2 bis max. 3 Monate
- ◯ mehr als 3 Monate

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Fragen zu Ihrem Boot und Revier

8. Wo befinden sich Ihr Hafen und Ihr befahrenes Revier?

Bitte wählen Sie eine Antwort.

- ◯ Süßwasser (Binnengewässer)
- ◯ Brackwasser (Ostsee oder Flussmündung)
- ◯ Salzwasser (Nordsee oder Flussmündung)
- ◯ kein fester Hafen / kein festes Revier
- ◯ sonstiges: _____

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Fragen zu Ihrem Boot und Revier

9. Wie häufig ist Ihr Boot in einem anderen Gewässertyp als dem Heimatrevier unterwegs? D.h. wenn sich Ihr Hafen / Revier z.B. im Binnengewässer befindet, wie häufig fahren Sie (oder jemand anders) in Flussmündungen, die Nordsee oder die Ostsee?

Bitte wählen Sie eine Antwort.

- ○ mehrmals im Jahr
- ○ etwa 1 mal pro Jahr
- ○ etwa alle 2 Jahre
- ○ seltener
- ○ nie

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Verwendung von Antifouling

10. Verwenden Sie bewuchshemmende Farbe, ein sogenanntes Antifoulingprodukt?

Bitte wählen Sie eine Antwort.

- ✓ ja, welches? [ ]
- ○ nein, ich schütze mein Boot folgendermaßen vor Bewuchs oder brauche aus folgenden Gründen kein Antifouling-Produkt: [ ]
- ○ weiß ich nicht (z.B. weil ich das Boot erst neu gekauft habe und mich noch nicht selbst darum kümmern musste)

11. Nach welchen Aspekten haben Sie Ihr Antifouling-Produkt ausgewählt?

Hinweis: Diese Frage muss nur beantwortet werden wenn Sie bei Frage 10: "Verwenden Sie bewuchshemmende Farbe, ein..." die Antwort "ja, welches?" angekreuzt haben.

Bitte wählen Sie eine oder mehrere Antworten.

- ☑ Beratung durch Farbfirmen, Händler, Yachtservice o.ä.
- ☑ Preis
- ☑ auf dem Boot vorhandener Anstrich
- ☑ Bewuchsdruck im Revier
- ☑ Aktivitätsgrad des Bootes
- ☑ Farbwunsch
- ☑ Hersteller
- ☑ sonstige: [ ]

12. Welche Aspekte haben bei Ihrer Auswahl die wichtigste Rolle gespielt?
Welche waren weniger wichtig?
Ordnen Sie die Aspekte nach ihrer Wichtigkeit.

Hinweis: Diese Frage muss nur beantwortet werden wenn Sie bei Frage 11: "Nach welchen Aspekten haben Sie Ihr Anti..."

*Ziehen Sie die **wichtigeren** Aspekte weiter nach **oben** und ordnen Sie die **unwichtigeren** Aspekte weiter nach **unten**.*
Falls Sie oben unter "sonstige" mehrere Antworten angegeben haben, gibt es hier mehrere "sonstige"-Felder, damit Sie jeden Aspekt individuell einordnen können. Die "sonstige"-Felder, die Sie hier nicht benötigen, lassen Sie einfach leer. Falls Sie mehr "sonstige"-Felder benötigen, rufen Sie uns bitte an (0261 1306-5994).

- Beratung durch Farbfirmen, Händler, Yachtservice o.ä. [ ]
- Preis [ ]
- auf dem Boot vorhandener Anstrich [ ]
- Bewuchsdruck im Revier [ ]
- Aktivitätsgrad des Bootes [ ]
- Farbwunsch [ ]
- Hersteller [ ]
- sonstige: [ ]
- sonstige: [ ]
- sonstige: [ ]

sonstige:

13. **Haben Sie Ihr Antifouling-Produkt individuell oder gemeinsam mit anderen Vereinsmitgliedern oder Hafennachbarn/-nachbarinnen gewählt/gekauft?**

Hinweis: Diese Frage muss nur beantwortet werden wenn Sie bei Frage 10: "Verwenden Sie bewuchshemmende Farbe, ein..." die Antwort "ja, welches?" angekreuzt haben.

Bitte wählen Sie eine Antwort aus.

- individuell
- gemeinsam mit anderen
- sonstiges:

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Verwendung von Antifouling

14. **Ist Ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig?**
(Info: Ihr Produkt ist biozidhaltig, wenn es einen oder mehrere dieser Wirkstoffe enthält: Kupfer, Kupferverbindungen, DCOIT (SeaNine), Dichlofluanid, Tolylfluanid, Zineb oder Zinkpyrithion).

Bitte wählen Sie eine Antwort.

- ja
- nein
- weiß ich nicht spontan

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Verwendung von Antifouling

15. **Wie lange soll Ihr Antifouling-Produkt laut Herstellerangabe den Schiffsrumpf nach Neuauftrag vor Bewuchs schützen?**

Bitte wählen Sie eine Antwort.

- Jahre
- sonstiges:
- weiß ich nicht spontan

16. **Wann erneuern Sie Ihren Antifouling-Anstrich?**

Bitte tragen Sie in eins der Felder Ihre Antwort ein.

Sonstiges:

17. **Kurze Begründung, warum Sie den Anstrich nach dieser Zeit erneuern:**

Hinweis: Diese Frage muss nur beantwortet werden wenn Sie bei Frage 16: "Wann erneuern Sie Ihren Antifouling-Anst..."

Bitte geben Sie Ihre Begründung ein.

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit

LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Verwendung von Antifouling

18. Welche der folgenden Arbeiten führen Sie teilweise oder vollständig selbst durch? (Mehrfachnennungen möglich)

Bitte wählen Sie eine oder mehrere Antworten aus.

- [ ] Rumpf-Reinigung
- [ ] Entfernen alter Farbe
- [ ] Anschleifen der alten Beschichtung vor der nächsten Saison
- [ ] Auftragen neuer Farbe
- [ ] keine der genannten

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Verwendung von Antifouling

19. Von wem lassen Sie die Arbeitsschritte durchführen, die Sie nicht selbst durchführen? (Mehrfachnennungen möglich)

Bitte wählen Sie eine oder mehrere Antworten aus.

- [ ] Werft, Bootsservice o.ä.
- [ ] Privatperson
- [ ] Sonstige: _____
- [ ] Ich führe die Arbeiten vollständig selbst durch

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Einrichtungen und Materialien

20. Sind die folgenden Einrichtungen oder Materialien in Ihrem Hafen oder in erreichbarer Umgebung vorhanden?

Bitte wählen Sie pro Zeile eine Antwort.

	ja	nein	weiß ich nicht
Bootsservice, Werft o. ä.	✓	○	○
Waschplatz, dessen technische Ausrüstung ich nicht kenne	✓	○	○
Waschplatz ohne weitere technische Einrichtung oder Ausrüstung	✓	○	○
Waschplatz mit Anschluss an kommunale **Abwasserentsorgung**	✓	○	○
Waschplatz mit Entsorgungseinrichtungen für Feststoffe (Filter, Absetzbecken, Abscheider etc.)	✓	○	○
(Arbeits)platz für Anstrich und Ausbesserungsarbeiten **ohne** weitere technische Ausrüstung	✓	○	○
(Arbeits)platz für Anstrich und Ausbesserungsarbeiten **im Freien** mit **versiegeltem Untergrund** (z.B. Betonplatte)	✓	○	○
Eine **Halle o.ä. als (Arbeits)platz** für Anstrich und Ausbesserungsarbeiten	✓	○	○
Plane o.ä. zum **Schutz des Bodens** vor Schleifresten, auslaufender Farbe, Tropfverlusten etc.	✓	○	○

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Einrichtungen und Materialien

21. Sind die folgenden Einrichtungen oder Materialien in Ihrem Hafen oder in erreichbarer Umgebung vorhanden?

Bitte wählen Sie pro Zeile eine Antwort.

	ja	nein	weiß ich nicht
Plane, mobile Stellwand, Zelt o.ä. als **Windfang**	✓		
Geeigneter Lagerplatz für angebrochene Farben, d.h. überdacht und mit festem Boden / Auffangwanne	✓		
Zentrale Abfallsammlung für entfernte Farbe/Bewuchs, schmutziges Arbeitsmaterial (Pinsel, Plane, Schutzkleidung etc.) und Farbreste	✓		
Trailer	✓		
Informations**veranstaltungen** zur umweltfreundlichen Verwendung von Antifouling	✓		
Informations**materialien** zur umweltfreundlichen Verwendung von Antifouling	✓		

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Einrichtungen und Materialien

22. Haben Sie die folgenden Einrichtungen oder Materialien bereits genutzt?

Bitte wählen Sie pro Zeile eine Antwort.

	ja	nein
Bootsservice, Werft o.ä.		
Waschplatz, dessen technische Ausrüstung ich nicht kenne		
Waschplatz ohne weitere technische Einrichtung oder Ausrüstung		
Waschplatz mit Anschluss an kommunale **Abwasserentsorgung**		
Waschplatz mit Entsorgungseinrichtungen für Feststoffe (Filter, Absetzbecken, Abscheider etc.)		
(Arbeits)platz für Anstrich und Ausbesserungsarbeiten **ohne** weitere technische Ausrüstung		
(Arbeits)platz für Anstrich und Ausbesserungsarbeiten **im Freien** mit **versiegeltem Untergrund** (z.B. Betonplatte)		
Eine **Halle o.ä. als (Arbeits)platz** für Anstrich und Ausbesserungsarbeiten		
Plane o.ä. zum **Schutz des Bodens** vor Schleifresten, auslaufender Farbe, Tropfverlusten etc.		
Plane, mobile Stellwand, Zelt o.ä. als **Windfang**		
Geeigneter Lagerplatz für angebrochene Farben, d.h. überdacht und mit festem Boden / Auffangwanne		
Zentrale Abfallsammlung für entfernte Farbe/Bewuchs, schmutziges Arbeitsmaterial (Pinsel, Plane, Schutzkleidung etc.) und Farbreste		
Trailer		
Informations**veranstaltungen** zur umweltfreundlichen Verwendung von Antifouling		
Informations**materialien** zur umweltfreundlichen Verwendung von Antifouling		

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Minderung von Antifouling in der Umwelt

Auf den folgenden Seiten stellen wir Ihnen einige Maßnahmen vor, die helfen können, den Eintrag aus biozidhaltigen Antfouling-Produkten in die Umwelt zu verringern.

Sind diese Maßnahmen Ihrer Meinung nach **sinnvoll**, um den Eintrag zu verringern?
Sind sie für Sie **praktikabel** oder fehlt Ihnen dafür z.B. die entsprechende Infrastruktur bzw. ist der finanzielle und/oder zeitliche Aufwand zu hoch?

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Minderung von Antifouling in der Umwelt

23. Maßnahmen bei der Auswahl eines Antifouling-Produkts

*Bitte wählen Sie pro Zeile eine Antwort für "finde ich **sinnvoll**" und eine Antwort für "ist für mich **praktikabel**".*

	finde ich **sinnvoll***		ist für mich **praktikabel**	
	ja	nein	ja	nein
Prüfen, ob der **Verzicht auf ein Antifouling-Produkt möglich** ist (z.B. wenn das Boot nur sehr kurz im Wasser ist oder wenn es regelmäßig bewegt wird, so dass ein Biofilm abgespült wird, bevor starker Bewuchs entsteht)	○	○	○	○
Prüfen, ob die Verwendung eines **biozidfreien Antifouling-Produkts möglich** ist (z.B. anhand des Bewuchsdrucks im Revier und des Aktivitätsgrads des Bootes)	○	○	○	○
Falls ein biozidhaltiger Anstrich nicht verzichtbar ist: Auswahl eines **möglichst gering konzentrierten Produkts** (angepasst an Revier und Aktivität)	○	○	○	○
Bei **selbst-erodierender Beschichtung**: Auswahl eines **anderen Farbtons bei Neuanstrich**, so dass anhand des Farbwechsels erkannt werden kann, wenn sich die oberste Beschichtung erschöpft hat	○	○	○	○

* um Biozideinträge in die Umwelt zu verringern

24. Haben Sie Ergänzungen oder Erläuterungen zu dieser Tabelle?

Falls ja, geben Sie hier Ihre Erläuterungen ein.

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Minderung von Antifouling in der Umwelt

25. Maßnahmen bei der Reinigung des Bootsrumpfs

*Bitte wählen Sie pro Zeile eine Antwort für "finde ich **sinnvoll**" und eine Antwort für "ist für mich **praktikabel**".*

	finde ich **sinnvoll***		ist für mich **praktikabel**	
	ja	nein	ja	nein
Reinigung des Bootsrumpfs bzw. Entfernung von Bewuchs auf einem **Waschplatz** mit Partikelabscheidung und Abwasserentsorgung	○	○	○	○
Waschwasser nicht auf den ungeschützten Boden oder ins Hafenbecken gelangen lassen	○	○	○	○

* um Biozideinträge in die Umwelt zu verringern

26. Haben Sie Ergänzungen oder Erläuterungen zu dieser Tabelle?

Falls ja, geben Sie hier Ihre Erläuterungen ein.

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Minderung von Antifouling in der Umwelt

27. Maßnahmen beim Auftragen, Anschleifen und Entfernen der Beschichtung

*Bitte wählen Sie pro Zeile eine Antwort für "finde ich **sinnvoll**" und eine Antwort für "ist für mich **praktikabel**".*

	finde ich **sinnvoll***		ist für mich **praktikabel**	
	ja	nein	ja	nein
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung **durch einen Bootsservice, eine Werft** o.ä.	○	○	○	○
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung nur in einer **Halle** mit **versiegeltem Boden** (z.B. Betonplatte)	○	○	○	○
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im **Freien** nur über **versiegeltem Boden** (z.B. Betonplatte)	○	○	○	○
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im **Freien** nur mit Schutz des **unversiegelten Bodens** mit einer **Plane**	○	○	○	○
Verwendung eines **Windfangs** (z.B. Plane, mobile Stellwand, Zelt) bei Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im **Freien**	○	○	○	○

* um Biozideinträge in die Umwelt zu verringern

28. Haben Sie Erläuterungen zu dieser Tabelle?

Falls ja, geben Sie hier Ihre Erläuterungen ein.

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Minderung von Antifouling in der Umwelt

29. Maßnahmen beim Auftragen der Beschichtung

*Bitte wählen Sie pro Zeile eine Antwort für "finde ich **sinnvoll**" und eine Antwort für "ist für mich **praktikabel**".*

	finde ich **sinnvoll***		ist für mich **praktikabel**	
	ja	nein	ja	nein
Aufrühren bzw. Anmischen der Antifouling-Farben auf/über einer geeigneten **Auffangwanne**	○	○	○	○
Auftragen von Antifouling-Beschichtung durch **Sprühen** nur unter Verwendung eines **Windfangs** (z.B. Plane, mobile Stellwand, Zelt)	○	○	○	○
Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch **Sprühen** nur von **Werft, Bootsservice o.ä.**	○	○	○	○

* um Biozideinträge in die Umwelt zu verringern

30. Haben Sie Ergänzungen oder Erläuterungen zu dieser Tabelle?

Falls ja, geben Sie hier Ihre Erläuterungen ein.

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Minderung von Antifouling in der Umwelt

31. Maßnahmen beim Anschleifen und Entfernen der Beschichtung

*Bitte wählen Sie pro Zeile eine Antwort für "finde ich **sinnvoll**" und eine Antwort für "ist für mich **praktikabel**".*

	finde ich **sinnvoll***		ist für mich **praktikabel**	
	ja	nein	ja	nein
Verwendung einer **Absaugvorrichtung** bei Schleifarbeiten	○	○	○	○
Falls die Beschichtung **bei Wind im Freien** angeschliffen oder entfernt wird, Verwendung eines **Windfangs** (z. B. Plane, mobile Stellwand, Zelt)	○	○	○	○
Bei Wind die Beschichtung **nicht im Freien** anschleifen oder entfernen	○	○	○	○
Gründliche Reinigung des Arbeitsplatzes nach den Arbeiten, um Verwehung von Farbpartikeln oder Verteilung (z.B. durch Regen) zu vermeiden	○	○	○	○

* um Biozideinträge in die Umwelt zu verringern

32. Haben Sie Ergänzungen oder Erläuterungen zu dieser Tabelle?

Falls ja, geben Sie hier Ihre Erläuterungen ein.

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Minderung von Antifouling in der Umwelt

33. Maßnahmen bei der Entsorgung und der Lagerung von Antifouling-Produkten

*Bitte wählen Sie pro Zeile eine Antwort für "finde ich **sinnvoll**" und eine Antwort für "ist für mich **praktikabel**".*

	finde ich **sinnvoll***		ist für mich **praktikabel**	
	ja	nein	ja	nein
Entsorgung von Farbresten, die Sie nicht für einen späteren Anstrich aufheben, **gemäß Herstellerangaben und örtlichen Vorschriften**	○	○	○	○
Entsorgung von entfernter Farbe/Bewuchs, und **schmutzigen** Werkzeugen, Lappen und Planen **gemäß örtlichen Vorschriften**	○	○	○	○
Falls Pinsel ausgewaschen werden: Lösungsmittel **auffangen** und gemäß örtlichen Vorschriften **entsorgen**	○	○	○	○
Rückstände auf Lappen, Planen etc. **trocknen lassen** und nicht auswaschen	○	○	○	○
Sichere Lagerung der Antifouling-Produkte, d.h. überdacht und mit festem Boden / Auffangwanne	○	○	○	○

* um Biozideinträge in die Umwelt zu verringern

34. Haben Sie Ergänzungen oder Erläuterungen zu dieser Tabelle?

Bitte geben Sie Ihre Antwort ein.

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Biozidfreie Alternativen

Auf der nächsten Seite stellen wir Ihnen **abschließend** noch einige Fragen zu **biozidfreien Alternativen**.

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Biozidfreie Alternativen

**35. Kennen Sie folgende Alternativen zu biozidhaltigen Antifouling-Produkten?
Verwenden Sie sie bereits bzw. können Sie sich vorstellen diese Alternativen zu verwenden?**

Bitte wählen Sie pro Zeile eine Antwort für "kenne ich", eine Antwort für "bite ich an" und eine Antwort für "von Kunden angefragt"

	kenne ich		verwende ich		kann ich mir vorstellen	
	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Biozidfreie Antihaftbeschichtung (z. B. auf Silikon- oder Teflonbasis)	○	○	○	○	○	○
Hartbeschichtung kombiniert mit **mechanischer Reinigung** (in Bootwaschanlagen oder per Hand)	○	○	○	○	○	○
Elektrisch leitender Anstrich	○	○	○	○	○	○
Hochfrequenzvibrationen (**Ultraschall**)	○	○	○	○	○	○
Bootslift für den Liegeplatz, mit dem das Boot nach dem Anlegen über die Wasseroberfläche angehoben wird	○	○	○	○	○	○
Kunststoffolie, die am Liegeplatz unter den Schiffsrumpf gezogen und dann leer gepumpt wird	○	○	○	○	○	○

!Achtung! Wenn Sie eine **biozidfreie Antihaftbeschichtung** verwenden,

kennen Sie sie auch, oder?

!Achtung! Wenn Sie eine **Hartbeschichtung** kombiniert mit **mechanischer Reinigung** verwenden, **kennen** Sie sie auch, oder?

!Achtung! Wenn Sie einen **elektrisch leitenden Anstrich** verwenden, **kennen** Sie ihn auch, oder?

!Achtung! Wenn Sie **Hochfrequenzvibrationen** (**Ultraschall**) verwenden, **kennen** Sie sie auch, oder?

!Achtung! Wenn Sie einen **Bootslift für den Liegeplatz** verwenden, **kennen** Sie ihn auch, oder?

!Achtung! Wenn Sie eine **Kunststoffolie** verwenden, **kennen** Sie sie auch, oder?

36. Welche weiteren biozidfreien Alternativen kennen Sie?

Bitte tragen Sie Ihre Antwort ein, falls Sie weitere biozidfreie Alternativen kennen.
*Falls Sie **keine** kennen, lassen Sie das Feld **frei**.*

37. Welche davon wenden Sie an?

Bitte tragen Sie Ihre Antwort ein, falls Sie eine oder mehrere davon anwenden.
*Falls Sie **keine** davon anwenden, lassen Sie das Feld **frei**.*

38. Welche davon können Sie sich vorstellen anzuwenden?

Bitte tragen Sie Ihre Antwort ein, falls Sie sich vorstellen könen, eine oder mehrere davon anzuwenden.
*Falls **nicht**, lassen Sie das Feld **frei**.*

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit
LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Angaben zu Ihrer Person

Zuletzt bitten wir Sie um einige Angaben zu Ihrer Person. Diese Angaben helfen uns bei der Auswertung der Umfrageergebnisse. Wir werten die Daten keinesfalls einzeln für Ihre Person aus, sondern nur für alters- bzw. geschlechtsspezifische Gruppen.

39. Wie alt sind Sie?

Bitte wählen Sie eine Antwort.

- unter 30
- 30 - 39
- 40 - 49
- 50 - 59
- 60 - 69
- 70 oder älter

40. Sind Sie weiblich oder männlich?

Bitte wählen Sie eine Antwort.

- weiblich
- männlich

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit

LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Ihre Anmerkungen und Kommentare

41. Wie haben Sie von der Umfrage erfahren? (Mehrfachantworten möglich)

Bitte wählen Sie eine oder mehrere Antworten.

- [ ] E-Mail von meinem Verein
- [ ] Link im Internet, auf dieser Seite:
- [ ] von meinem Hafenmeister/Hafenbüro / Aushang am schwarzen Brett
- [ ] sonstiges:

42. Möchten Sie uns noch etwas mitteilen? Hier haben Sie Gelegenheit, und Hinweise und Rückmeldungen zur Umfrage zu geben:

Wir freuen uns, wenn Sie hier Ihre Rückmeldung eingeben. Vielen Dank!

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

Umfrage erstellt mit
LamaPoll

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme an der Umfrage!

Die **Ergebnisse der Umfrage** werden am 21. und 22. September 2017 auf einem Workshop in der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) diskutiert. Weitere Informationen und ein Anmeldeformular finden Sie auf der Internetseite der BfG (www.bafg.de) unter „Wissen" -> „Veranstaltungen".
Dorthin leiten wir Sie geich weiter.

Bei Rückfragen oder Problemen mit der Umfrage rufen Sie uns gerne an: 0261 1306-5994, -5974, -5479

An dieser Stelle ist der Fragebogen für Sie beendet.

Umfrage erstellt mit
LamaPoll

6.6.2 Papier-Version des Fragebogens

Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

Maria Redeker
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Postfach 20 02 53
56002 Koblenz
E-Mail: redeker@bafg.de
Tel.: 0261 1306-5994

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Rahmen des vom Umweltbundesamt vergebenen, aus dem Ressortforschungsplan des BMUB finanzierten **Forschungsprojekts „Minimierung von Umweltrisiken** der Antifouling-Schiffsanstriche in Deutschland" führen wir eine Umfrage zur Verwendung von Antifouling-Produkten durch.

Antifouling-Produkte enthalten oftmals Biozide, die für Wasserorganismen schädlich sein können. Wir möchten verschiedene **Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags von Bioziden aus Antifouling-Produkten in Gewässer** auf ihre praktische Durchführbarkeit prüfen. **Hauptziel** ist es einen **Leitfaden** zu entwickeln, der **durch die Mitwirkung von Bootsbesitzern praxistauglich** ist und damit größtmögliche Akzeptanz findet. Dafür sind wir auf **Ihre Mithilfe und Erfahrung** angewiesen und würden uns sehr über Ihre Teilnahme freuen.

Die Beantwortung der Fragen wird **nur ca. 15-20 Minuten** in Anspruch nehmen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Vielmehr hilft uns Ihre ehrliche Einschätzung, die relevantesten Maßnahmen im Leitfaden zu berücksichtigen.

Die Teilnahme an der Umfrage ist selbstverständlich **freiwillig**. Wir fragen weder nach Ihrem Namen noch nach Ihrer Adresse und werten die Antworten **anonym** aus.

Bitte senden Sie uns Ihren ausgefüllten Fragebogen **bis zum 3.7.2017** an die obige Adresse.

Bei **Rückfragen** können Sie uns gerne anrufen (Tel. 0261 1306-5994 (Frau Redeker), -5974 (Herr Meermann), -5479 (Herr Schwandt)).

Online finden Sie die Umfrage unter https://lamapoll.de/Antifouling_Bootsbesitzer.

Die **Ergebnisse der Umfrage** werden im September 2017 auf einem Workshop in der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) diskutiert. Bei Interesse sind Sie herzlich eingeladen. Weitere Informationen finden Sie auf der Internetseite der BfG (www.bafg.de) unter „Wissen" -> „Veranstaltungen".

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

I. Fragen zu Ihrem Boot und Revier

Zunächst bitten wir Sie um einige Angaben zu Ihrem Boot und Revier.

(1) Sind Sie private/r Bootsbesitzer/in oder betreiben Sie einen Bootsverleih/Charterservice?
o private/r Bootsbesitzer/in o Bootsverleih/Charterservice
*(bitte beantworten Sie die Fragen so, dass Ihre Antworten auf die **meisten** Ihrer Boote ungefähr zutreffen. Danke!)*

(2) Ist Ihr Boot ein Motorboot oder ein Segelboot?
o Motorboot o Segelboot

(3) Wie lang ist Ihr Boot?
o bis 6 m o über 6 m bis 8 m o über 8 m bis 10 m o über 10 m bis 15 m o über 15 m

(4) Wie schnell sind Sie üblicherweise mit Ihrem Boot unterwegs? (*Füllen Sie bitte **eine** der Lücken aus*)
o _____ kn o _____ km/h

(5) In welchem Monat lassen Sie Ihr Boot in der Regel zu Wasser?
o März o sonstiger: _____
o April o es bleibt über den Winter im Wasser
o Mai o es ist nur im Wasser, wenn ich (oder jemand anders) damit fahre

(6) Wie lange ist Ihr Boot pro Jahr ungefähr im Wasser?
o bis 1 Monat
o mehr als 1 Monate bis max. 2 Monate
o mehr als 2 Monate bis max. 3 Monate
o mehr als 3 Monate bis max. 6 Monate
o mehr als 6 Monate
o es ist nur im Wasser, wenn ich (oder jemand anders) damit fahre

(7) Wie lange wird Ihr Boot pro Jahr insgesamt für Touren und Ausflüge bewegt? *Bitte schätzen Sie grob.*
o gar nicht
o 1 bis 13 Tage
o 2 bis 4 Wochen
o mehr als 1 bis max. 2 Monate
o mehr als 2 bis max. 3 Monate
o mehr als 3 Monate

(8) Wo befinden sich Ihr Hafen und Ihr befahrenes Revier?
o Süßwasser (Binnengewässer)
o Brackwasser (Ostsee oder Flussmündung)
o Salzwasser (Nordsee oder Flussmündung)
o kein fester Hafen / kein festes Revier
o sonstiges: _____

(9) Wie häufig ist Ihr Boot in einem anderen Gewässertyp als dem Heimatrevier unterwegs? D.h. wenn sich Ihr Hafen / Revier z.B. im Binnengewässer befindet, wie häufig fahren Sie (oder jemand anders) in Flussmündungen, die Nordsee oder die Ostsee?
o mehrmals im Jahr o etwa 1 mal pro Jahr o etwa alle 2 Jahre o seltener o nie

II. Verwendung von Antifouling

(10) Verwenden Sie Bewuchs hemmende Farbe, ein sogenanntes Antifouling-Produkt?
- o ja, welches? _____ (*dann weiter mit Frage (11)*)
- o nein, ich schütze mein Boot folgendermaßen vor Bewuchs oder brauche aus folgenden Gründen kein Antifouling-Produkt (*dann weiter mit Frage (21)*):
  _____
- o weiß ich nicht (z.B. weil ich das Boot erst neu gekauft habe und mich noch nicht selbst darum kümmern musste – *dann weiter mit Frage (18)*)

(11) Nach welchen Aspekten haben Sie Ihr Antifouling-Produkt ausgewählt? (Mehrfachauswahl möglich)
- o Beratung durch Farbfirmen, Händler oder Yachtservice
- o Preis
- o Aktivitätsgrad des Bootes
- o auf dem Boot vorhandener Anstrich
- o Farbwunsch
- o Bewuchsdruck im Revier
- o Hersteller
- o sonstige: _____

(12) Haben Sie Ihr Antifouling-Produkt individuell oder gemeinsam mit anderen Vereinsmitgliedern oder Hafennachbarn/-nachbarinnen gewählt/gekauft?
o individuell o gemeinsam mit anderen o sonstiges: _____

(13) Ist Ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig?
(Info: Ihr Produkt ist biozidhaltig, wenn es einen oder mehrere dieser Wirkstoffe enthält: Kupfer, Kupferverbindungen, DCOIT (SeaNine), Dichlofluanid, Tolylfluanid, Zineb oder Zinkpyrithion).
o ja o nein o weiß ich nicht spontan

(14) Wie lange soll Ihr Antifouling-Produkt laut Herstellerangabe den Schiffsrumpf nach Neuauftrag vor Bewuchs schützen?
o _____ Jahre o sonstiges: _____ o weiß ich nicht spontan

(15) Wann erneuern Sie Ihren Antifouling-Anstrich?
o nach _____ Jahren o sonstiges: _____

(16) Welche der folgenden Arbeiten führen Sie teilweise oder vollständig selbst durch?
(Mehrfachnennungen möglich)
- o Rumpf-Reinigung mit Wasser und Schwamm/Bürste
- o Rumpf-Reinigung mit Hochdruckreiniger
- o Rumpf-Reinigung auf andere Weise: _____
- o Entfernen alter Farbe
- o Anschleifen der alten Beschichtung vor der nächsten Saison
- o Auftragen neuer Farbe
- o keine der genannten

(17) Von wem lassen Sie die Arbeitsschritte durchführen, die Sie nicht selbst durchführen?
(Mehrfachnennungen möglich)
- o Werft, Bootsservice o. ä.
- o sonstige: _____
- o Privatperson
- o ich führe die Arbeiten vollständig selbst durch

III. Einrichtungen und Materialien

(18) Welche der folgenden Einrichtungen oder Materialien sind **in Ihrem Hafen oder in erreichbarer Umgebung** vorhanden und welche davon haben Sie persönlich bereits genutzt?

*Bitte kreuzen Sie pro Zeile ein Feld in der **vorhanden**-Spalte und ein Feld in der **genutzt**-Spalte an.*	ist **vorhanden**			habe ich **genutzt**	
	JA	NEIN	WEIß ICH NICHT	JA	NEIN
Bootsservice, Werft o. ä.					
Waschplatz, dessen technische Ausrüstung ich nicht kenne					
Waschplatz ohne weitere technische Einrichtung oder Ausrüstung					
Waschplatz mit Anschluss an kommunale **Abwasserentsorgung**					
Waschplatz mit Entsorgungseinrichtungen für **Feststoffe** (Filter, Absetzbecken, Abscheider etc.)					
(Arbeits)platz für Anstrich und Ausbesserungsarbeiten **ohne** weitere technische Ausrüstung					
(Arbeits)platz für Anstrich und Ausbesserungs-arbeiten **im Freien** mit **versiegeltem Untergrund** (z.B. Betonplatte)					
Eine **Halle o.ä. als (Arbeits)platz** für Anstrich und Ausbesserungsarbeiten					
Plane o.ä. zum **Schutz des Bodens** vor Schleifresten, auslaufender Farbe, Tropfverlusten etc.					
Plane, mobile Stellwand, Zelt o.ä. als **Windfang**					
Geeigneter Lagerplatz für angebrochene Farben, d.h. überdacht und mit festem Boden/Auffangwanne					
Zentrale Abfallsammlung für entfernte Farbe/Bewuchs, schmutziges Arbeitsmaterial (Pinsel, Plane, Schutzkleidung etc.) und Farbreste					
Trailer					
Informations**veranstaltungen** zur umweltfreundlichen Verwendung von Antifouling					
Informations**materialien** zur umweltfreundlichen Verwendung von Antifouling					

IV. Maßnahmen zur Minderung von Antifouling in der Umwelt

(19) Sind diese Maßnahmen Ihrer Meinung nach **sinnvoll**, um den Eintrag aus biozidhaltigen Antifouling-Produkten in die Umwelt zu verringern?

Sind sie für Sie **praktikabel** (oder fehlt Ihnen dafür z.B. die entsprechende Infrastruktur oder ist der finanzielle und/oder zeitliche Aufwand zu hoch)?

*Bitte kreuzen Sie pro Zeile ein Feld in der Spalte "finde ich **sinnvoll**" und ein Feld in der Spalte "ist für mich **praktikabel**" an.*	finde ich **sinnvoll**		ist für mich **prakti-kabel**	
	JA	NEIN	JA	NEIN
Auswahl eines Antifouling-Produkts				
Prüfen, ob der **Verzicht auf ein Antifouling-Produkt möglich** ist (z.B. wenn das Boot nur sehr kurz im Wasser ist oder wenn es regelmäßig bewegt wird, so dass ein Biofilm abgespült wird, bevor starker Bewuchs entsteht)				
Prüfen, ob die Verwendung eines **biozidfreien Antifouling-Produkts möglich** ist (z.B. anhand des Bewuchsdrucks im Revier und des Aktivitätsgrads des Bootes)				
Falls ein biozidhaltiger Anstrich nicht verzichtbar ist: Auswahl eines **möglichst gering konzentrierten Produkts** (angepasst an Revier und Aktivität)				
Bei **selbst-erodierender Beschichtung**: Auswahl eines **anderen Farbtons bei Neuanstrich**, so dass anhand des Farbwechsels erkannt werden kann, wenn sich die oberste Beschichtung erschöpft hat				
Rumpf-Reinigung				
Reinigung des Bootsrumpfs bzw. Entfernung von Bewuchs auf einem **Waschplatz** mit Partikelabscheidung und Abwasserentsorgung				
Waschwasser nicht auf den ungeschützten Boden oder ins Hafenbecken gelangen lassen				
Auftragen, Anschleifen und Entfernen der Beschichtung				
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung **durch einen Bootsservice, eine Werft** o.ä.				
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung nur in einer **Halle** mit **versiegeltem Boden** (z.B. Betonplatte)				
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im **Freien** nur über **versiegeltem Boden** (z.B. Betonplatte)				
Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im **Freien** nur mit Schutz des **unversiegelten Bodens** mit einer **Plane**				
Verwendung eines **Windfangs** (z.B. Plane, mobile Stellwand, Zelt) bei Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im **Freien**				

*Bitte kreuzen Sie pro Zeile ein Feld in der Spalte "finde ich **sinnvoll**" und ein Feld in der Spalte "ist für mich **praktikabel**" an.*	finde ich **sinnvoll**		ist für mich **prakti-kabel**	
	JA	NEIN	JA	NEIN
Auftragen der Beschichtung				
Aufrühren bzw. Anmischen der Antifouling-Farben auf/über einer geeigneten **Auffangwanne**				
Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch **Sprühen** nur unter Verwendung eines **Windfangs** (z.B. Plane, mobile Stellwand, Zelt)				
Auftragen der Antifouling-Beschichtung durch **Sprühen** nur **von Werft, Bootsservice o.ä.**				
Anschleifen und Entfernen der vorhandenen Beschichtung				
Verwendung einer **Absaugvorrichtung** bei Schleifarbeiten				
Falls die Beschichtung **bei Wind im Freien** angeschliffen oder entfernt wird, Verwendung eines **Windfangs** (z. B. Plane, mobile Stellwand, Zelt)				
Bei Wind die Beschichtung **nicht im Freien** anschleifen oder entfernen				
Gründliche Reinigung des Arbeitsplatzes nach den Arbeiten, um Verwehung von Farbpartikeln oder Verteilung (z.B. durch Regen) zu vermeiden				
Entsorgung				
Entsorgung von Farbresten, die Sie nicht für einen späteren Anstrich aufheben, **gemäß Herstellerangaben und örtlichen Vorschriften**				
Entsorgung von entfernter Farbe/Bewuchs, und **schmutzigen** Werkzeugen, Lappen und Planen **gemäß örtlichen Vorschriften**				
Falls Pinsel ausgewaschen werden: Lösungsmittel **auffangen** und gemäß örtlichen Vorschriften **entsorgen**				
Rückstände auf Lappen, Planen etc. **trocknen lassen** und nicht auswaschen				
Lagerung				
Sichere Lagerung der Antifouling-Produkte, d.h. überdacht und mit festem Boden / Auffangwanne				

(20) Haben Sie Ergänzungen oder Erläuterungen zu Frage (19)?

_____

_____

_____

_____

_____

_____

V. Biozidfreie Alternativen

(21) Kennen Sie folgende Alternativen zu biozidhaltigen Antifouling-Produkten?
Verwenden Sie sie bereits bzw. können Sie sich vorstellen, diese Alternativen zu verwenden?

Bitte kreuzen Sie pro Zeile ein Feld in der Spalte "kenne ich", ein Feld in der Spalte „wende ich an" und ein Feld in der Spalte "kann ich mir vorstellen" an.	kenne ich		wende ich an		kann ich mir vorstellen	
	JA	NEIN	JA	NEIN	JA	NEIN
Biozidfreie Antihaftbeschichtung (z.B. auf Silikon- oder Teflonbasis)						
Hartbeschichtung kombiniert mit **mechanischer Reinigung** in Bootswaschanlagen oder per Hand						
Elektrisch leitender Anstrich						
Hochfrequenzvibrationen (**Ultraschall**)						
Bootslift für den Liegeplatz, mit dem das Boot nach dem Anlegen über die Wasseroberfläche angehoben wird						
Kunststofffolie, die am Liegeplatz unter den Schiffsrumpf gezogen und leergepumpt wird						

(22) a) Kennen Sie noch weitere biozidfreie Alternativen? Falls ja, bitte nennen Sie sie:

_____
_____
_____
_____

b) Falls ja: Wenden Sie eine oder mehrere davon an? Welche?

_____
_____
_____
_____

c) Können Sie sich vorstellen, eine oder mehrere davon anzuwenden? Welche?

_____
_____
_____
_____

VI. Angaben zu Ihrer Person

Zuletzt bitten wir Sie um einige Angaben zu Ihrer Person. Diese Angaben helfen uns bei der Auswertung der Umfrageergebnisse. Wir werten die Daten keinesfalls einzeln für Ihre Person aus, sondern nur für alters- bzw. geschlechtsspezifische Gruppen.

(23) Wie alt sind Sie?
o unter 30 o 30 – 39 o 40 – 49 o 50 – 59 o 60 – 69 o 70 oder älter

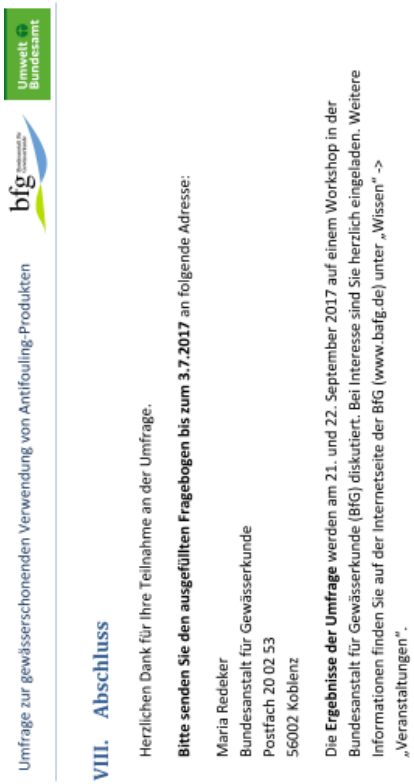
(24) Sind Sie
o weiblich o männlich

(25) Wie haben Sie von der Umfrage erfahren? (Mehrfache Antworten möglich)
o E-Mail von meinem Verein
o Link im Internet, auf dieser Seite: _____
o von meinem Hafenmeister / Aushang am schwarzen Brett
o sonstiges: _____

VII. Ihre Anmerkungen und Kommentare

Möchten Sie uns noch etwas mitteilen? Hier und auf der Rückseite haben Sie Gelegenheit, uns Hinweise und Rückmeldungen zur Umfrage zu geben:

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____



Umfrage zur gewässerschonenden Verwendung von Antifouling-Produkten

bfg

Umwelt Bundesamt

VIII. Abschluss

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme an der Umfrage.

Bitte senden Sie den ausgefüllten Fragebogen bis zum 3.7.2017 an folgende Adresse:

Maria Redeker
Bundesanstalt für Gewässerkunde
Postfach 20 02 53
56002 Koblenz

Die **Ergebnisse der Umfrage** werden am 21. und 22. September 2017 auf einem Workshop in der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) diskutiert. Bei Interesse sind Sie herzlich eingeladen. Weitere Informationen finden Sie auf der Internetseite der BfG (www.bafg.de) unter „Wissen“ -> „Veranstaltungen“.

8

6.6.3 Auswertung der Umfrage

6.6.3.1 Berechnung des Anteils der Zeit, in dem ein Boot bewegt wird

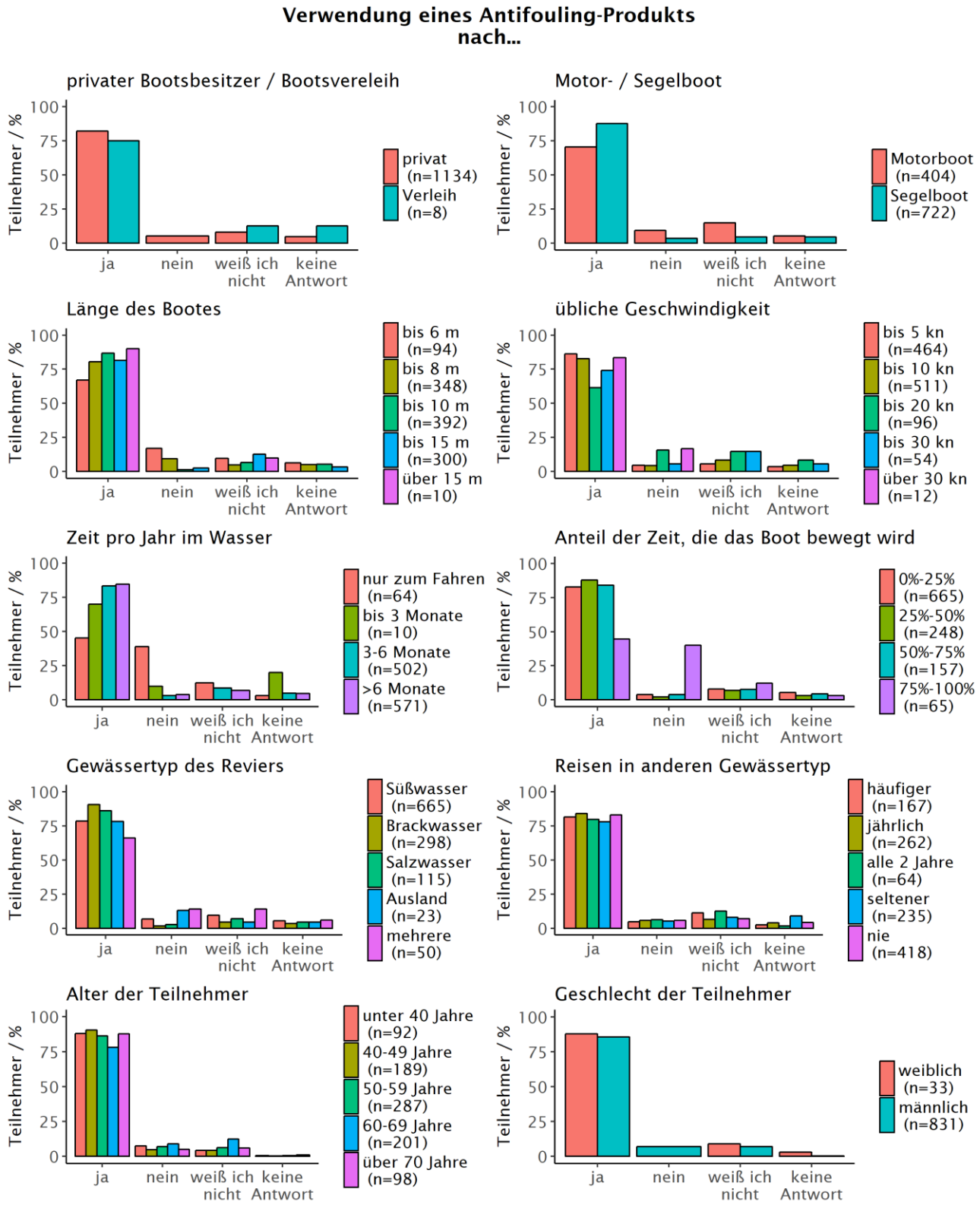
Zunächst wurde berechnet, welchen Anteil der Zeit das Boot mindestens und höchstens bewegt wird. Der minimale Anteil der Zeit, den das Boot bewegt wird, war der Quotient aus der minimalen Dauer, die das Boot bewegt wird und der maximalen Dauer, die das Boot im Wasser ist. Der maximale Anteil der Zeit, den das Boot bewegt wird, war der Quotient aus der Dauer, die das Boot bewegt wird und der minimalen Dauer, die das Boot im Wasser ist. Folgende Anpassungen wurden dabei vorgenommen:

- Boote, die im Winter im Wasser bleiben und Boote, die nur zum Fahren im Wasser sind, werden minimal und maximal 100% der Zeit, die sie im Wasser sind, bewegt.
- Wenn der maximale Anteil der Zeit, den das Boot bewegt wird, 100% überschreitet, wird er auf 100% korrigiert.

Um einen Zusammenhang zwischen dem Anteil der Zeit, den das Boot bewegt wird und den verschiedenen Fragen abschätzen zu können, mussten die Ergebnisse in Kategorien eingeteilt werden. Am einfachsten erschien es, dafür den Mittelwert aus dem minimalen und dem maximalen Anteil der Zeit, den das Boot bewegt wird, zu berechnen. Die Mittelwerte wurden in die Kategorien „0% - 25%“, „25% - 50%“, „50% - 75%“ und „75% - 100%“ eingeteilt.

6.6.3.2 Verwendung von Antifouling-Produkten

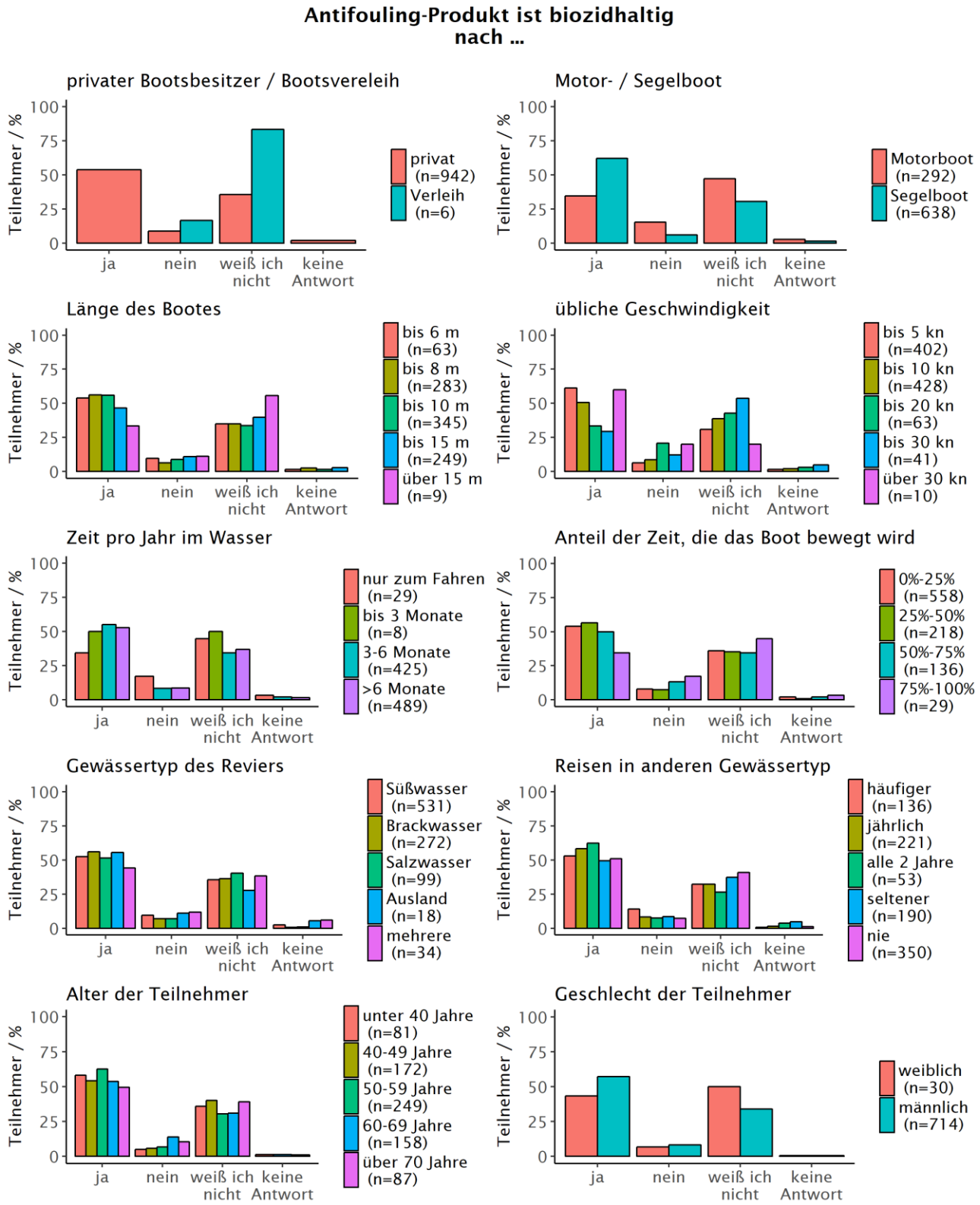
Abbildung 98: Anteil der Teilnehmer/innen, die ein Antifouling-Produkt verwenden, nicht verwenden oder es nicht wissen, unterteilt nach den in Kapitel 4.3.4.4 genannten Kriterien.



Quelle: eigene Darstellung BfG

6.6.3.3 Verwendung von biozidhaltigen Antifouling-Produkten

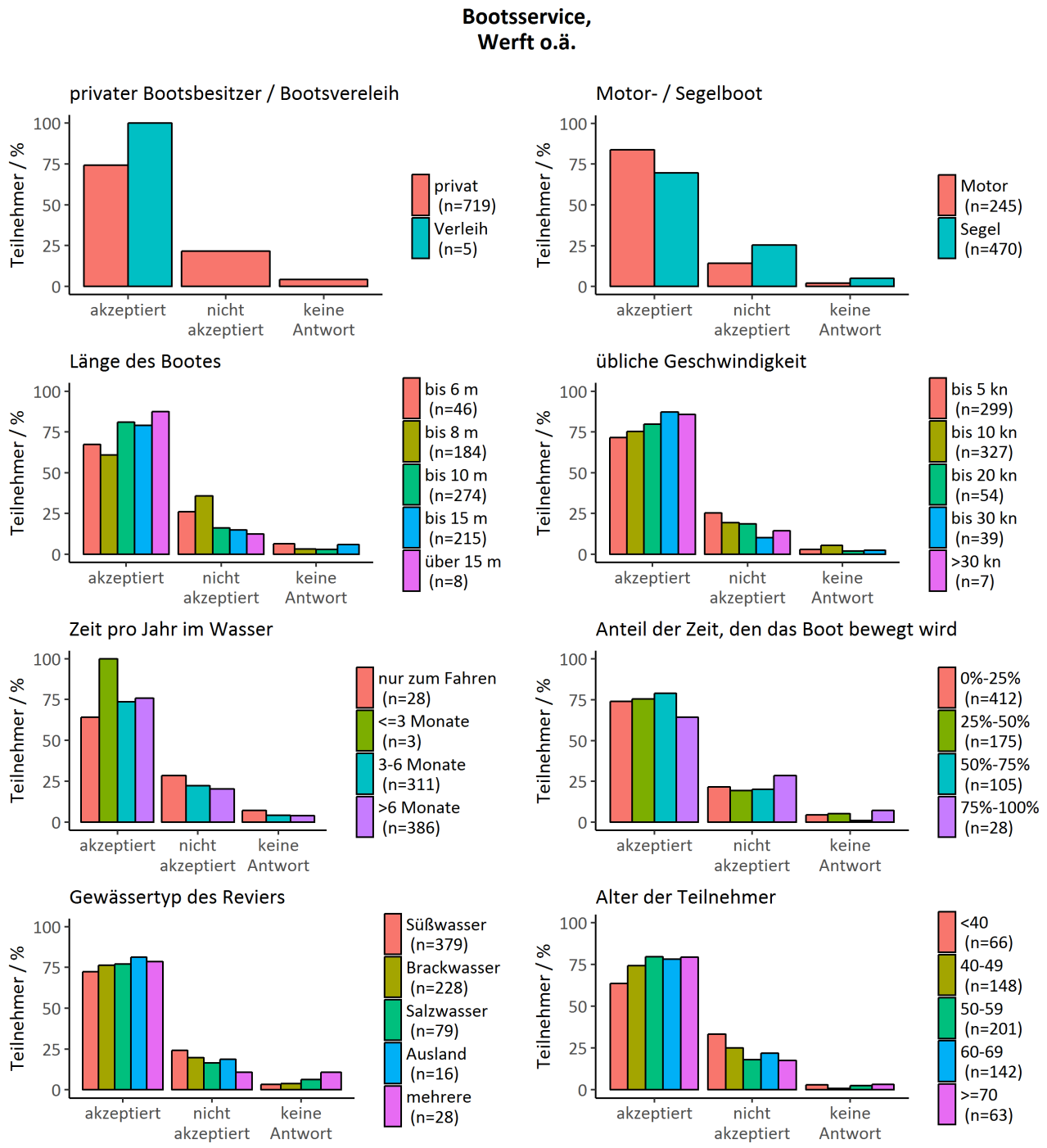
Abbildung 99: Anteil der Teilnehmer/innen, die angegeben haben, dass ihr Antifouling-Produkt biozidhaltig ist bzw. nicht bzw. dass sie es nicht wissen, unterteilt nach den in Kapitel 4.3.4.4 genannten Kriterien.



Quelle: eigene Darstellung BfG

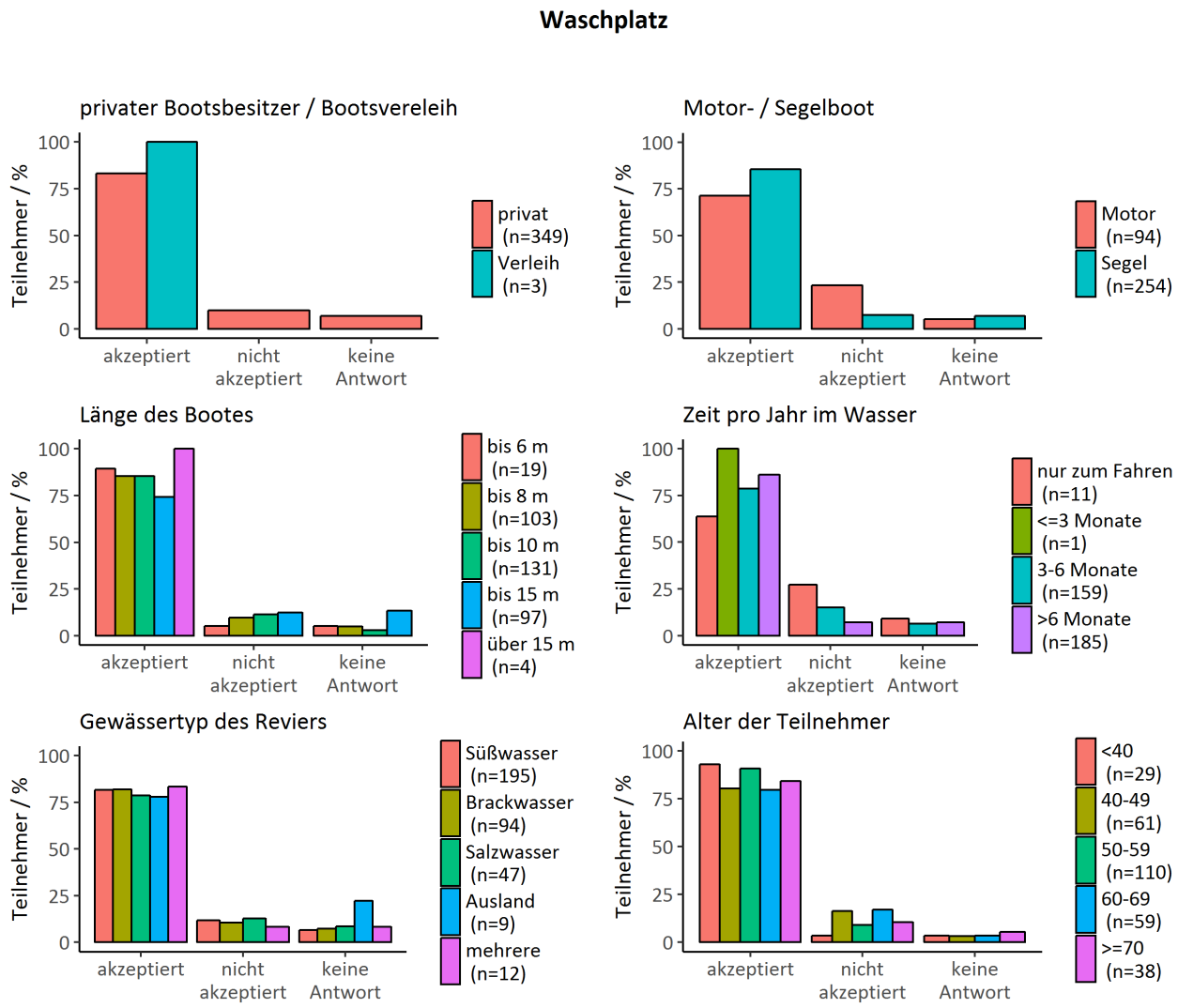
6.6.3.4 Akzeptanz von Infrastruktur

Abbildung 100: Akzeptanz der Einrichtung „Bootsservice, Werft o.ä.“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



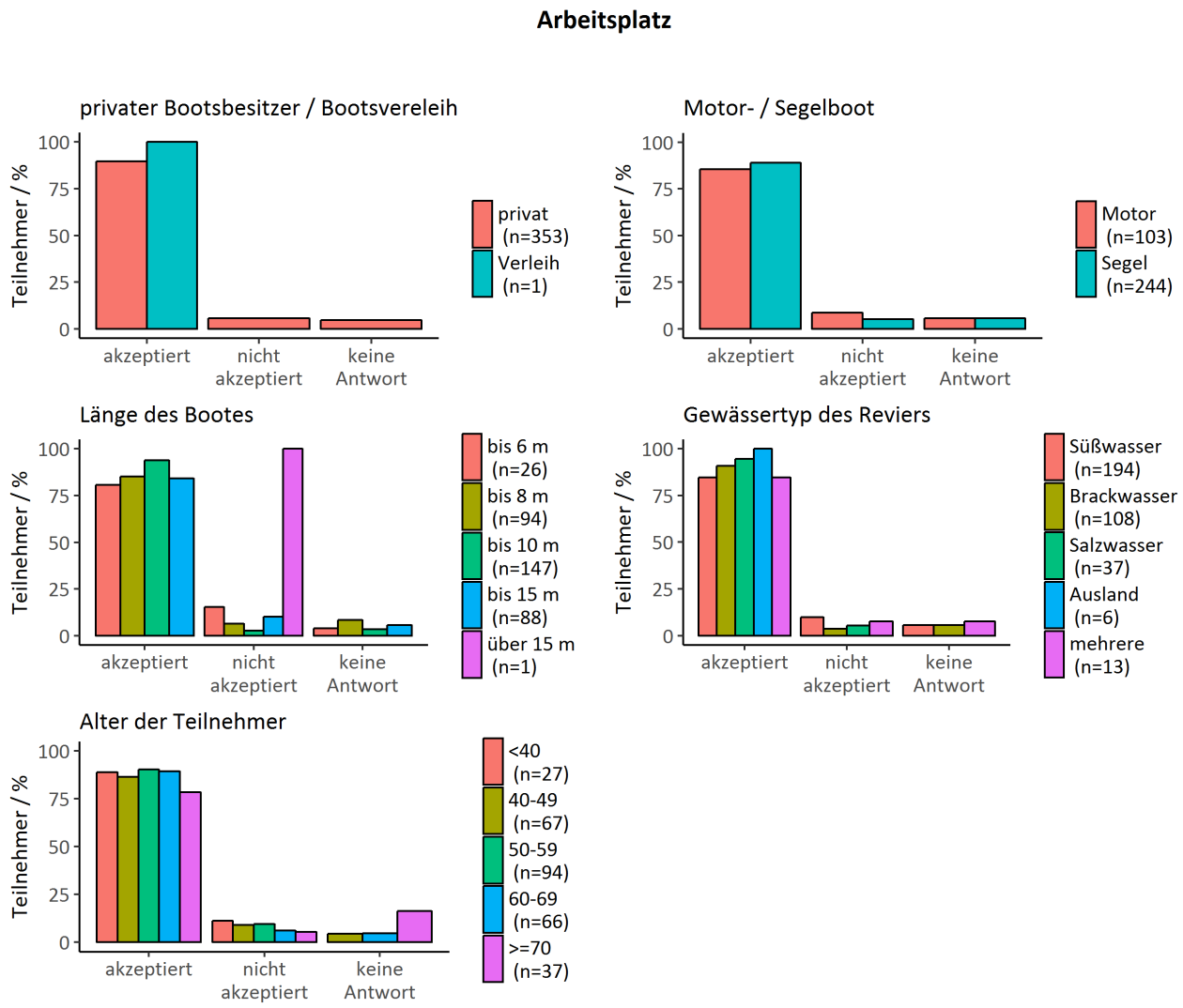
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 101: Akzeptanz der Einrichtung „Waschplatz“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



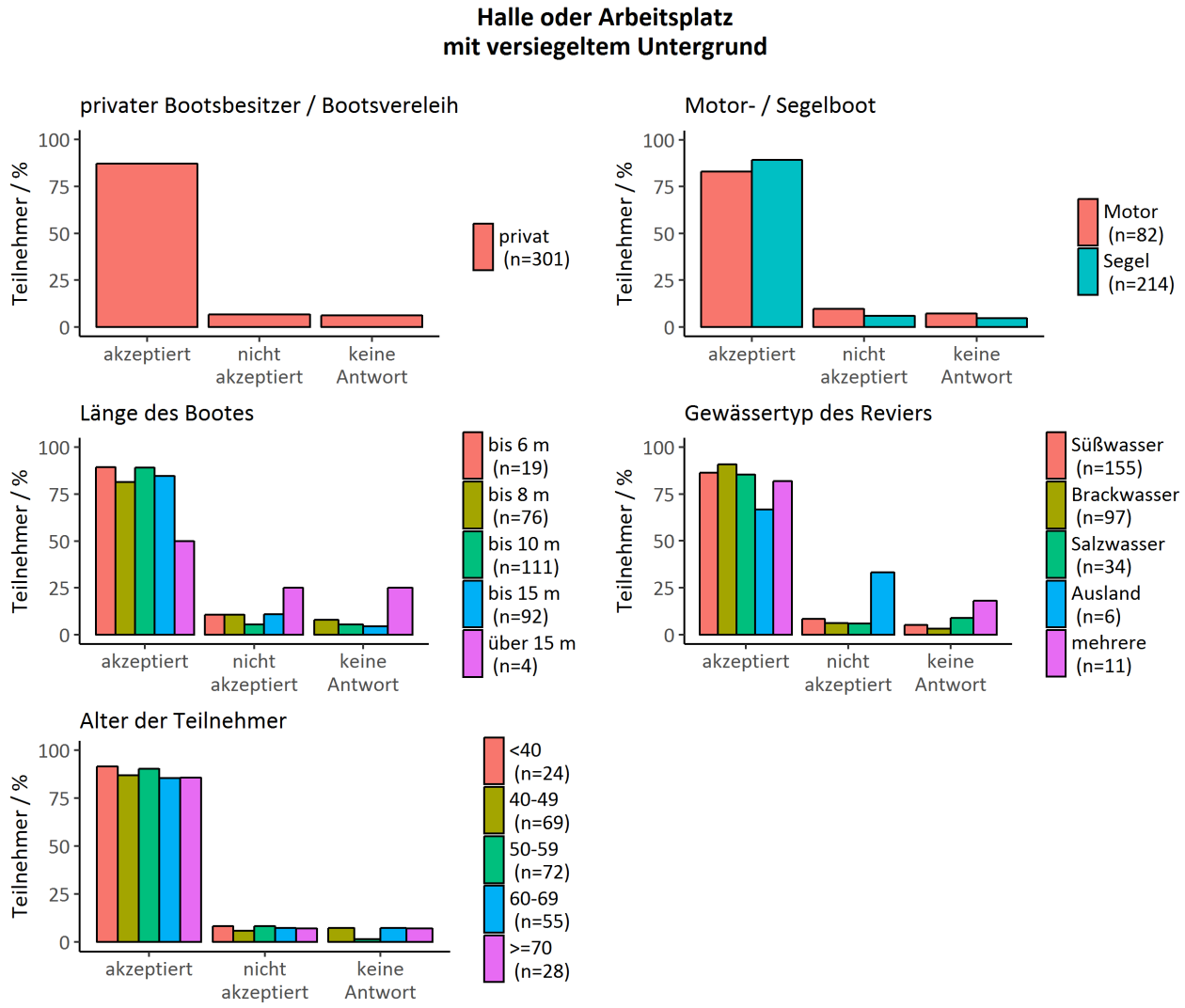
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 102: Akzeptanz der Einrichtung „Arbeitsplatz“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



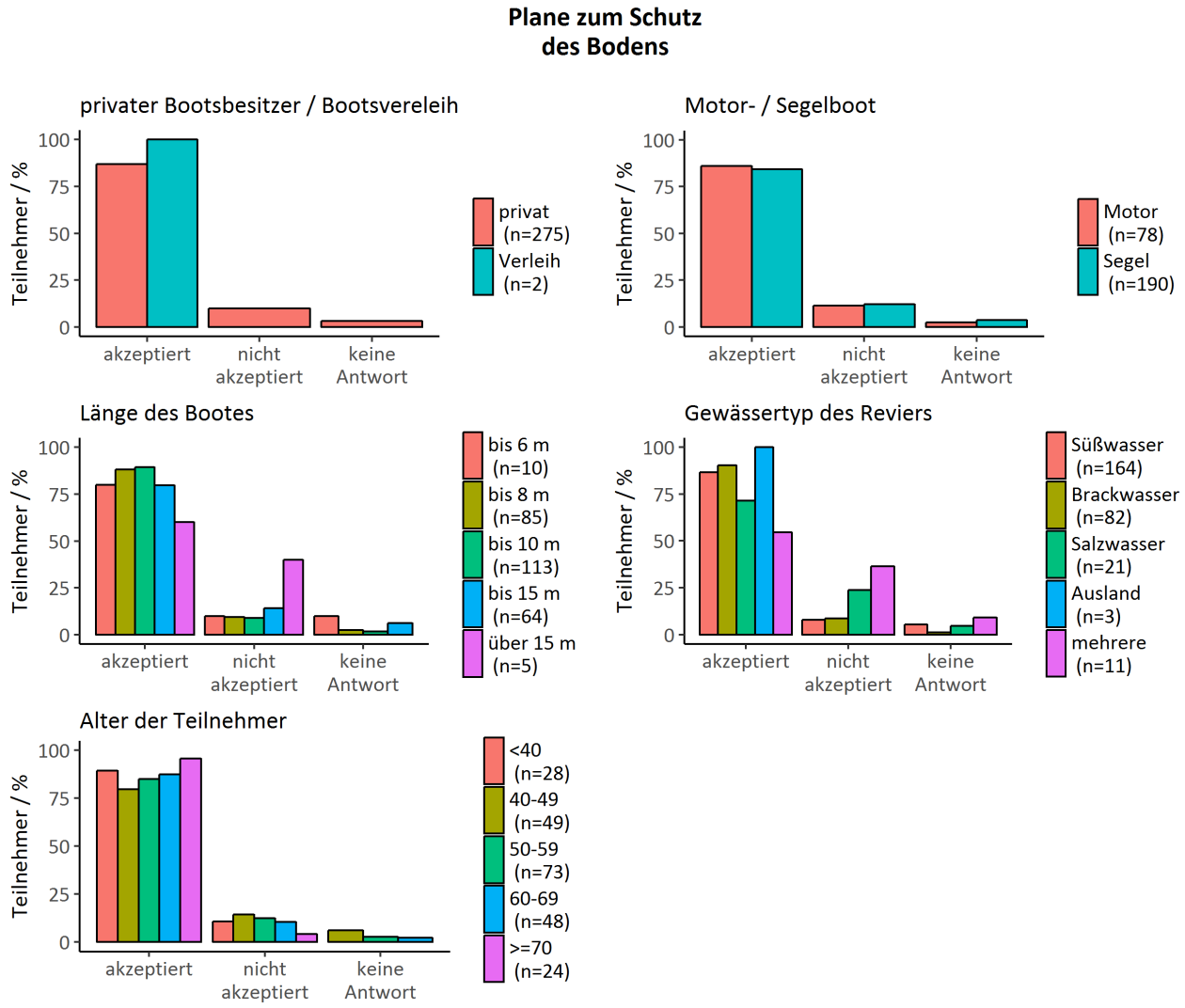
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 103: Akzeptanz der Einrichtung „Halle oder Arbeitsplatz im Freien mit versiegeltem Boden“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



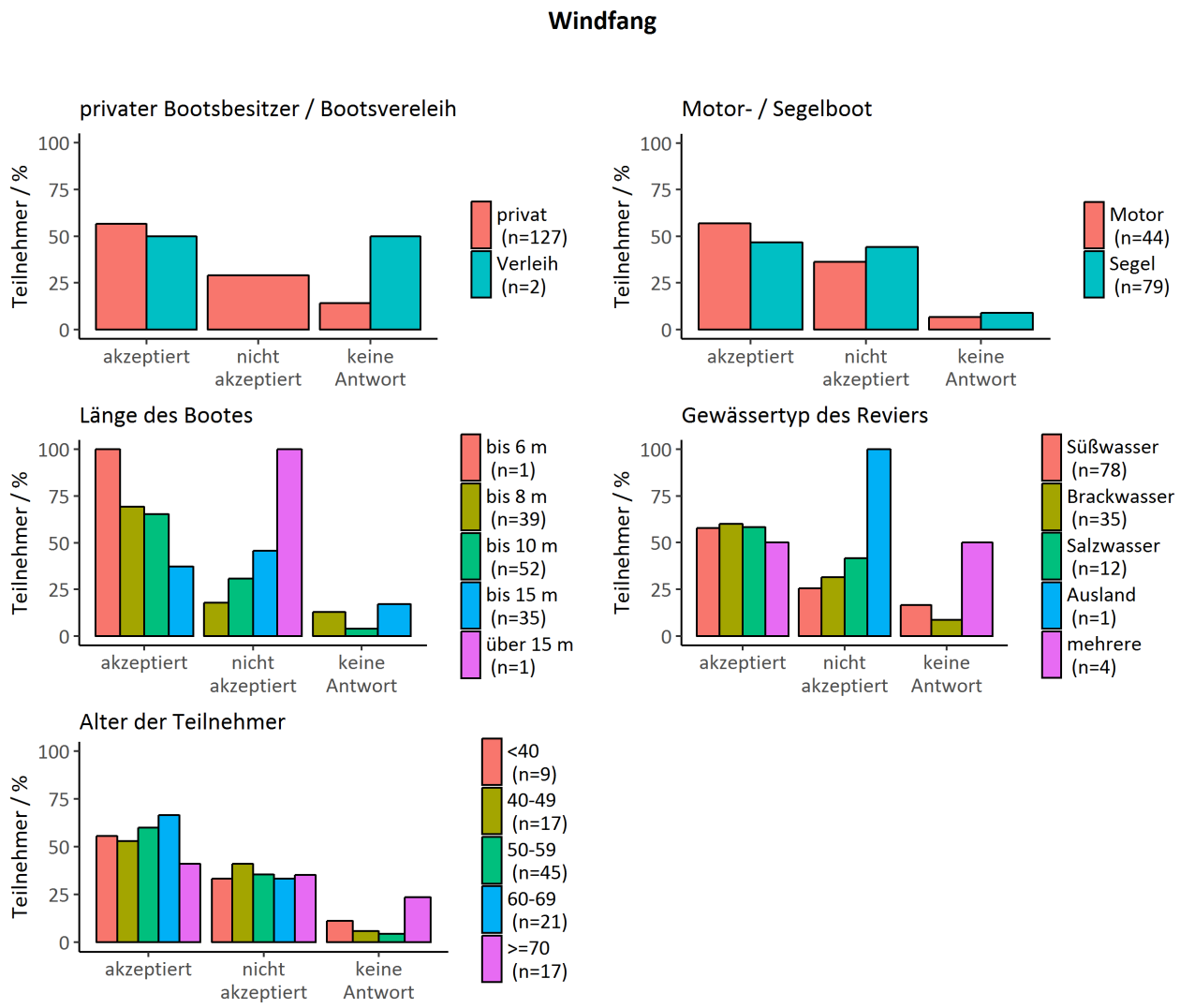
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 104: Akzeptanz der Einrichtung „Plane o.ä. zum Schutz des Bodens“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



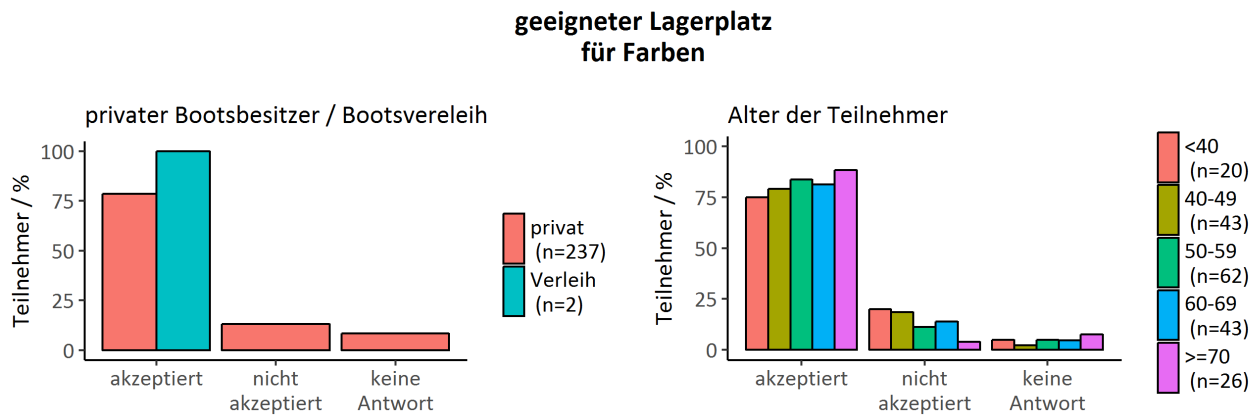
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 105: Akzeptanz der Einrichtung „Plane, mobile Stellwand, Zelt o.ä. als Windfang“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



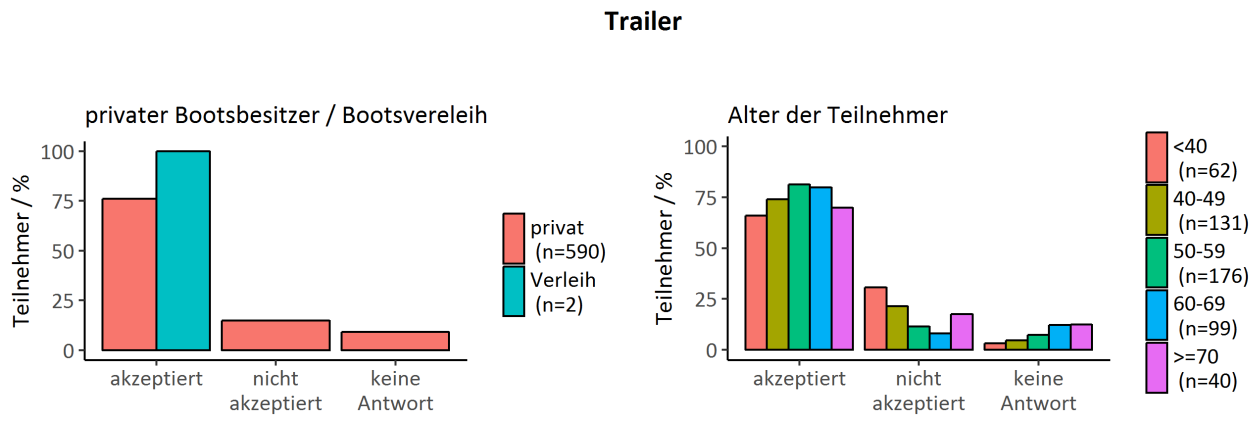
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 106: Akzeptanz der Einrichtung „Geeigneter Lagerplatz für angebrochene Farben“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



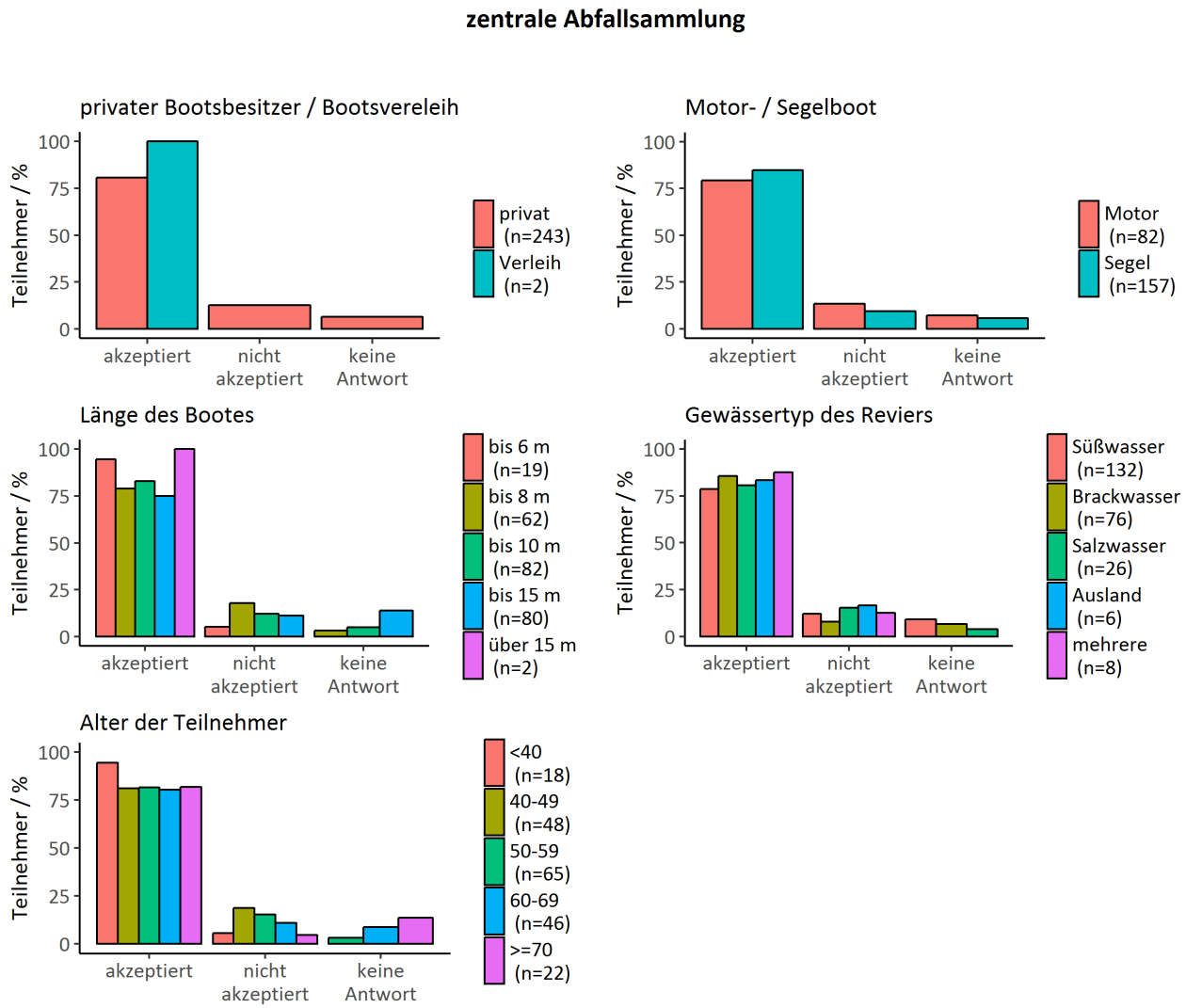
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 107: Akzeptanz der Einrichtung „Trailer“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



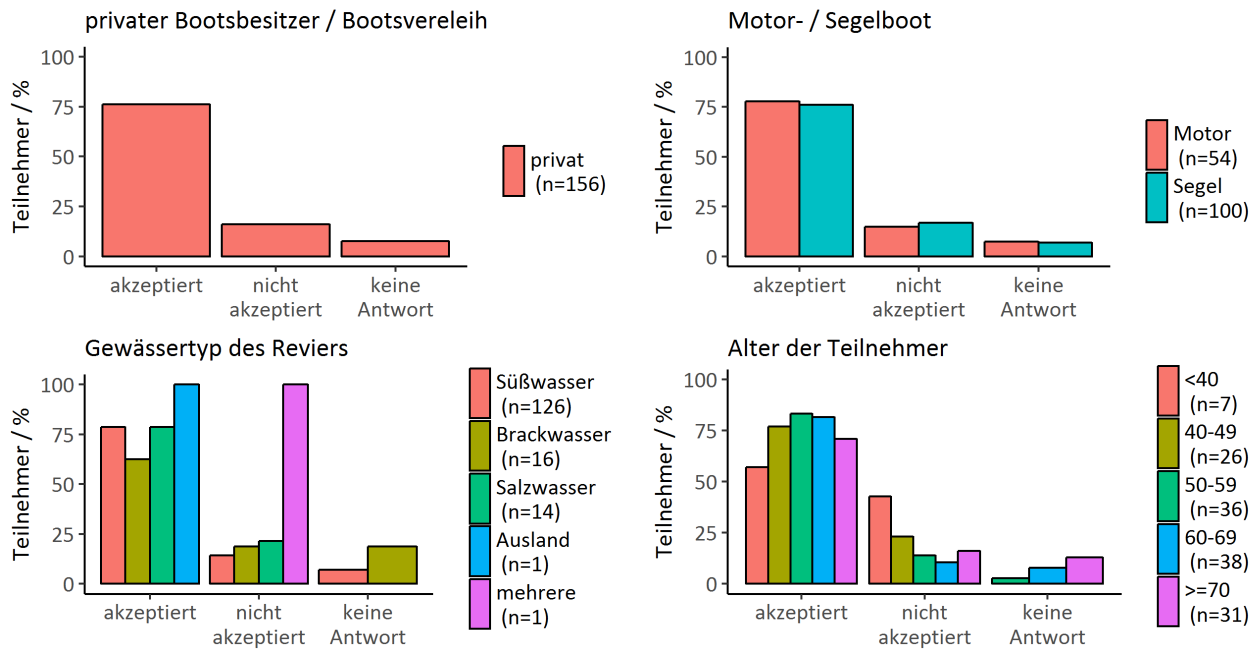
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 108: Akzeptanz der Einrichtung „Zentrale Abfallsammlung für entfernte Farbe/Bewuchs, schmutziges Arbeitsmaterial und Farbreste“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



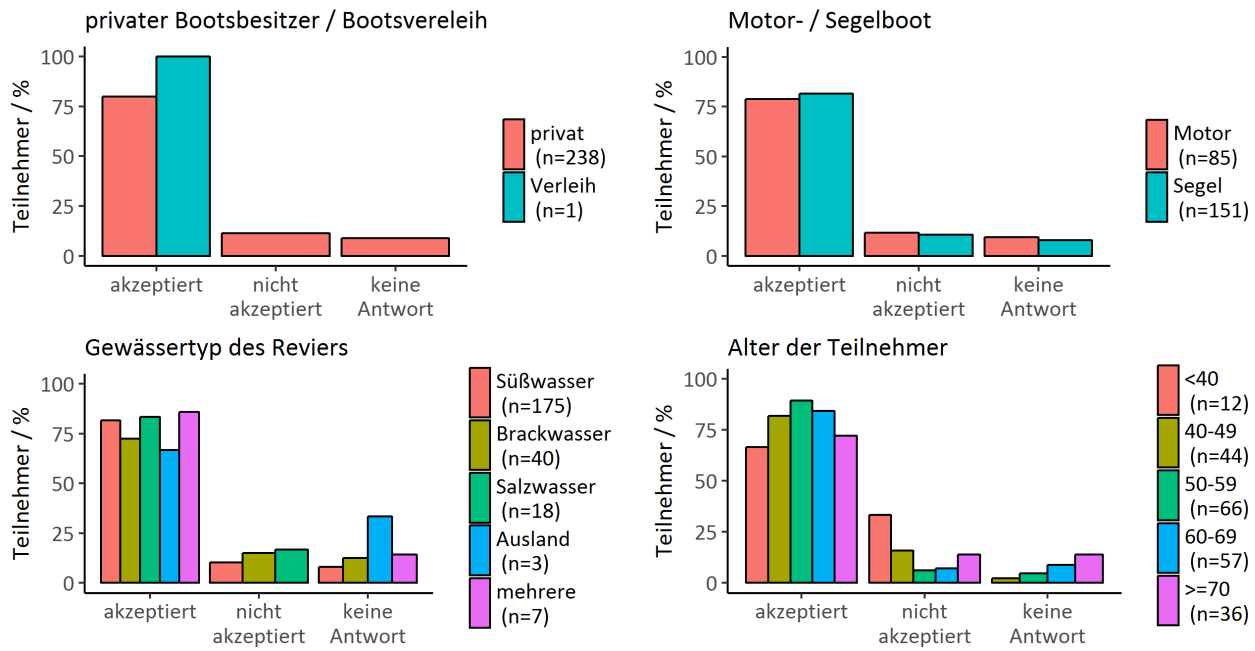
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 109: Akzeptanz der Einrichtung „Informationsveranstaltungen“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



Quelle: eigene Darstellung BfG

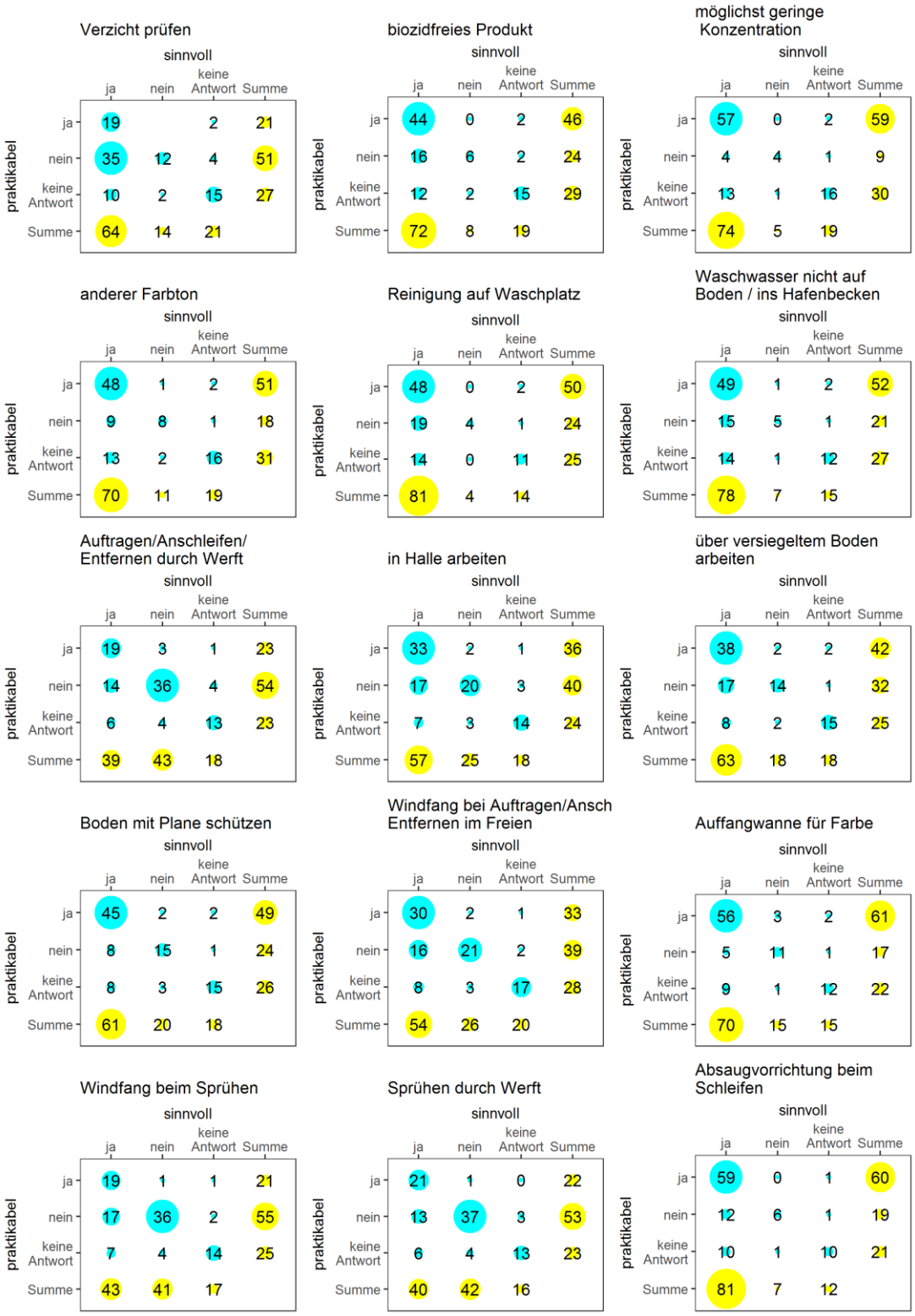
Abbildung 110: Akzeptanz der Einrichtung „Informationsmaterial“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



Quelle: eigene Darstellung BfG

6.6.3.5 Auswertung ob die abgefragten Maßnahmen sinnvoll und/oder praktikabel sind

Abbildung 111: Beurteilung der abgefragten Maßnahmen, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel sind. Aufgetragen sind die 9 möglichen Kombinationen aus „ja“, „nein“ und „keine Antwort“ hinsichtlich „sinnvoll“ und „praktikabel“. Angegeben ist jeweils die Anzahl der Antworten in Prozent, unterlegt mit einem blauen Kreis, dessen Größe proportional zur jeweiligen Zahl ist. Zusätzlich ist die Summe der Antworten pro Zeile und Spalte angegeben, unterlegt mit einem gelben Kreis, der proportional zur jeweiligen Zahl ist.



Windfang zum Anschleifen / Entfernen bei Wind

praktikabel \ sinnvoll	ja	nein	keine Antwort	Summe
ja	31	0	1	32
nein	21	19	2	42
keine Antwort	8	2	15	25
Summe	60	21	18	

bei Wind nicht im Freien anschleifen oder entfernen

praktikabel \ sinnvoll	ja	nein	keine Antwort	Summe
ja	44	1	1	46
nein	14	15	2	31
keine Antwort	9	2	13	24
Summe	67	18	16	

Arbeitsplatz reinigen

praktikabel \ sinnvoll	ja	nein	keine Antwort	Summe
ja	63	0	2	65
nein	9	3	0	12
keine Antwort	11	0	12	23
Summe	83	3	14	

Farbreste vorschriftsgemäß entsorgen

praktikabel \ sinnvoll	ja	nein	keine Antwort	Summe
ja	56		1	57
nein	2	1		3
keine Antwort	7	0	32	39
Summe	65	1	33	

Material vorschriftsgemäß entsorgen

praktikabel \ sinnvoll	ja	nein	keine Antwort	Summe
ja	56	0	1	57
nein	4	1		5
keine Antwort	7	0	31	38
Summe	67	1	32	

Pinsel auswaschen und Lösungsmittel entsorgen

praktikabel \ sinnvoll	ja	nein	keine Antwort	Summe
ja	49	0	1	50
nein	6	3	0	9
keine Antwort	7	0	32	39
Summe	62	3	33	

Rückstände trocknen lassen

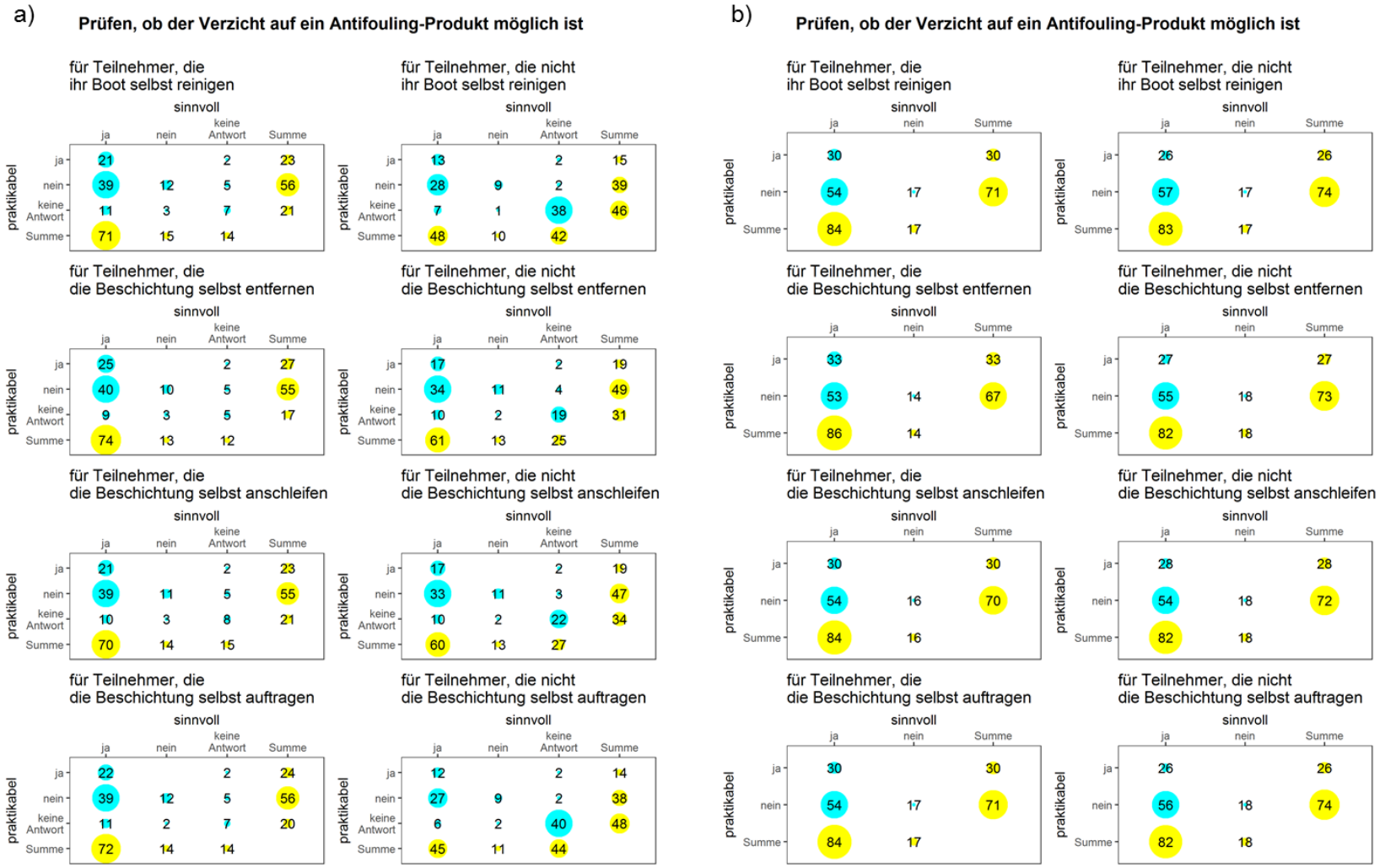
praktikabel \ sinnvoll	ja	nein	keine Antwort	Summe
ja	72	1	2	75
nein	2	2	0	4
keine Antwort	10	0	11	21
Summe	84	3	13	

Farben sicher lagern

praktikabel \ sinnvoll	ja	nein	keine Antwort	Summe
ja	53	0	2	55
nein	3	3	0	6
keine Antwort	7	0	32	39
Summe	63	3	34	

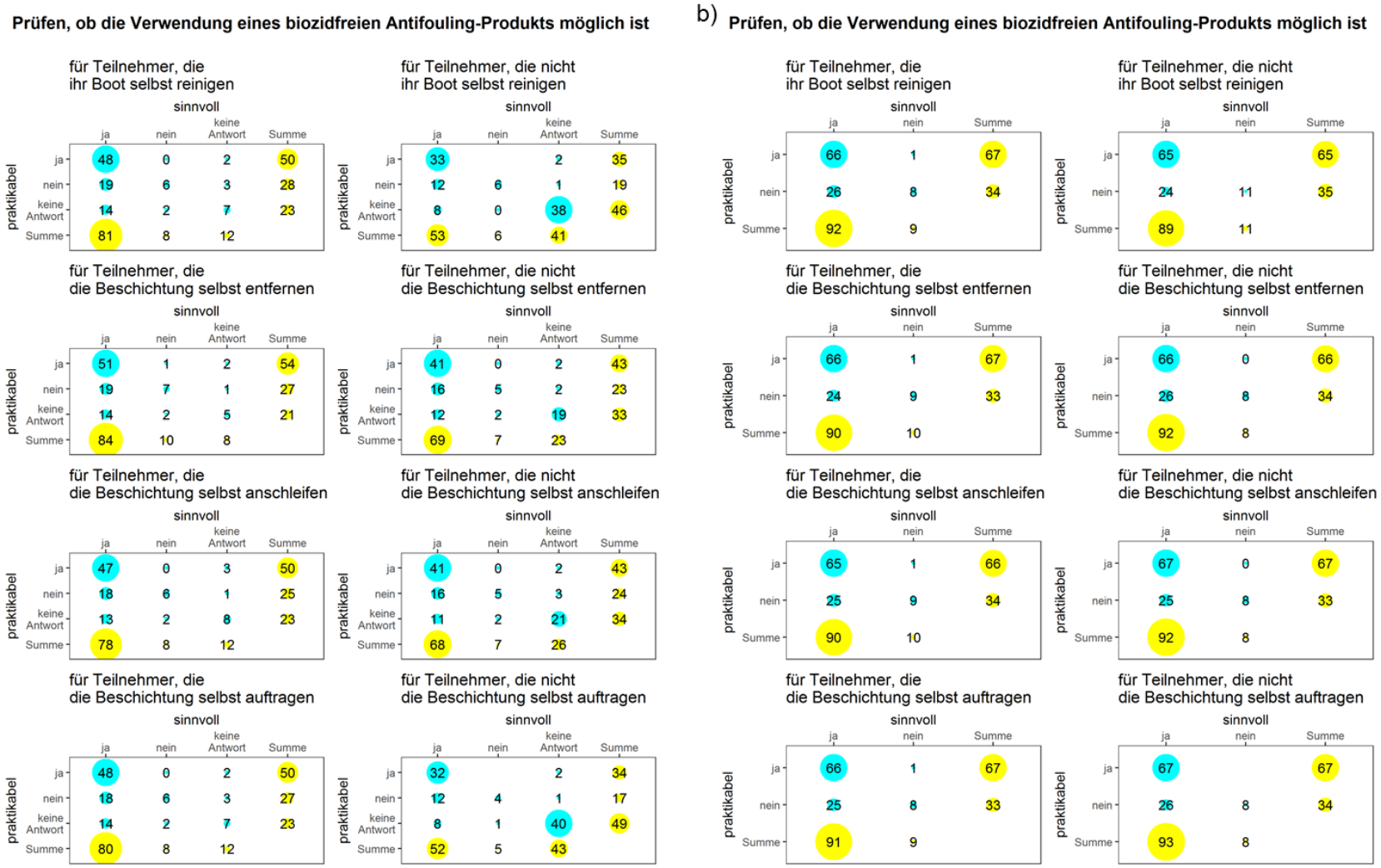
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 112: Beurteilung der Maßnahme „Prüfen, ob der Verzicht auf ein Antifouling-Produkt möglich ist“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die verschiedene Arbeiten an ihrem Boot selbst durchführen oder nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



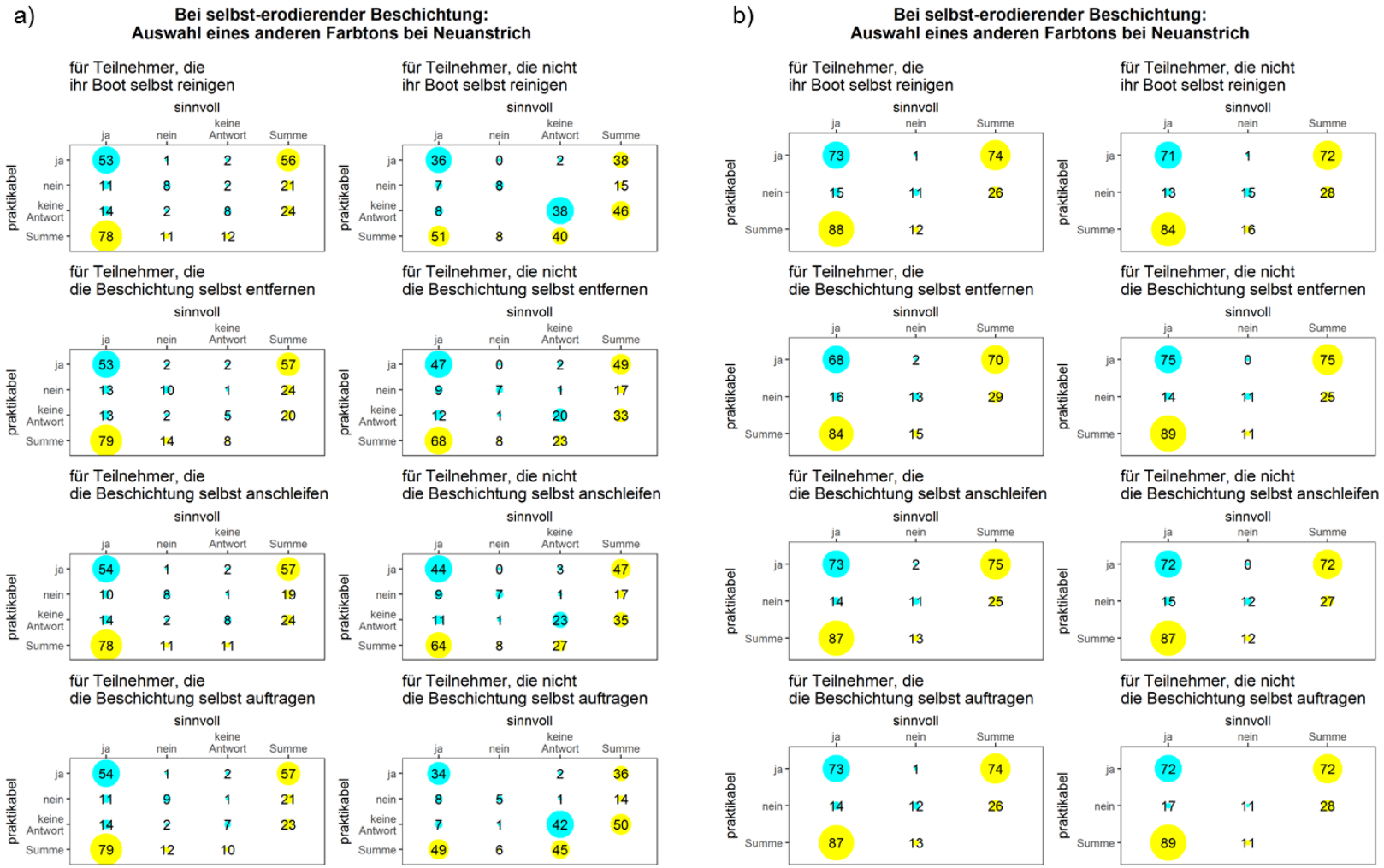
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 113: Beurteilung der Maßnahme „Prüfen, ob die Verwendung eines biozidfreien Antifouling-Produkts möglich ist“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die verschiedene Arbeiten an ihrem Boot selbst durchführen oder nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



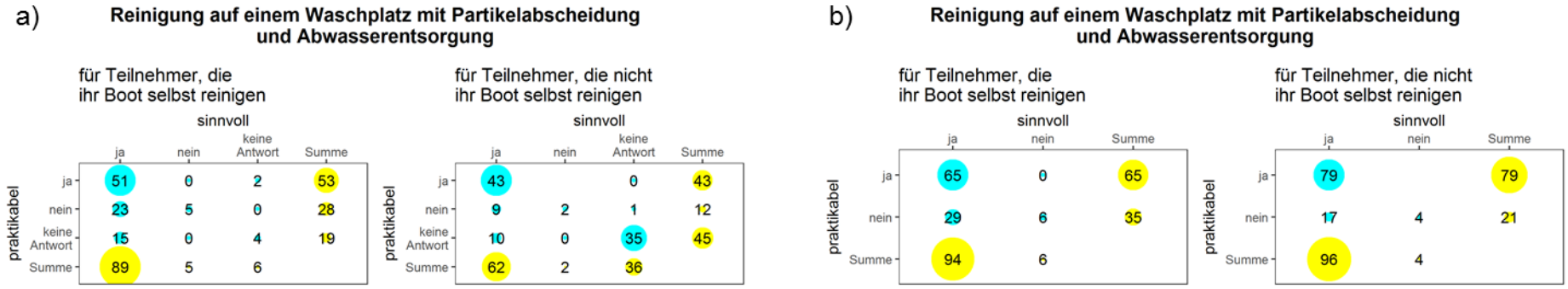
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 114: Beurteilung der Maßnahme „Bei selbst erodierender Beschichtung: Auswahl eines anderen Farbtons bei Neuanstrich“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die verschiedene Arbeiten an ihrem Boot selbst durchführen oder nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



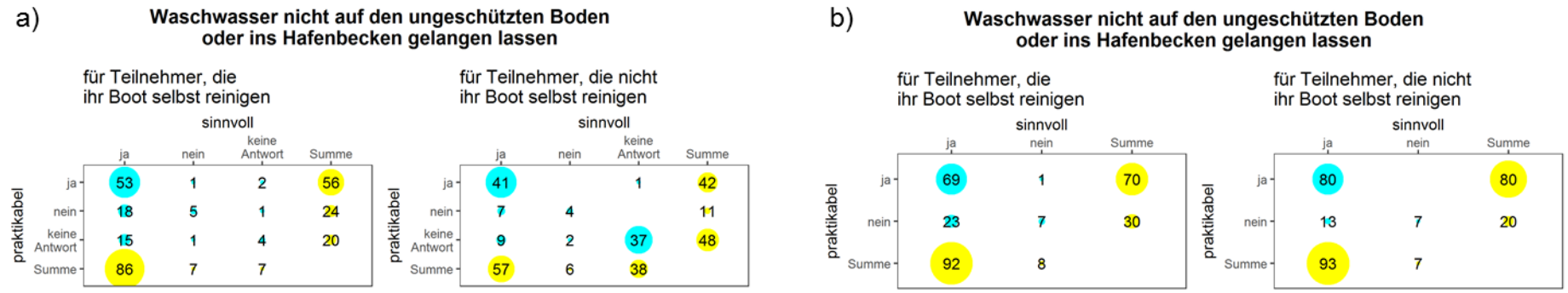
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 115: Beurteilung der Maßnahme „Reinigung auf einem Waschplatz mit Partikelabscheidung und Abwasserentsorgung“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die den Arbeitsschritt „Boot reinigen“ selbst durchführen oder nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



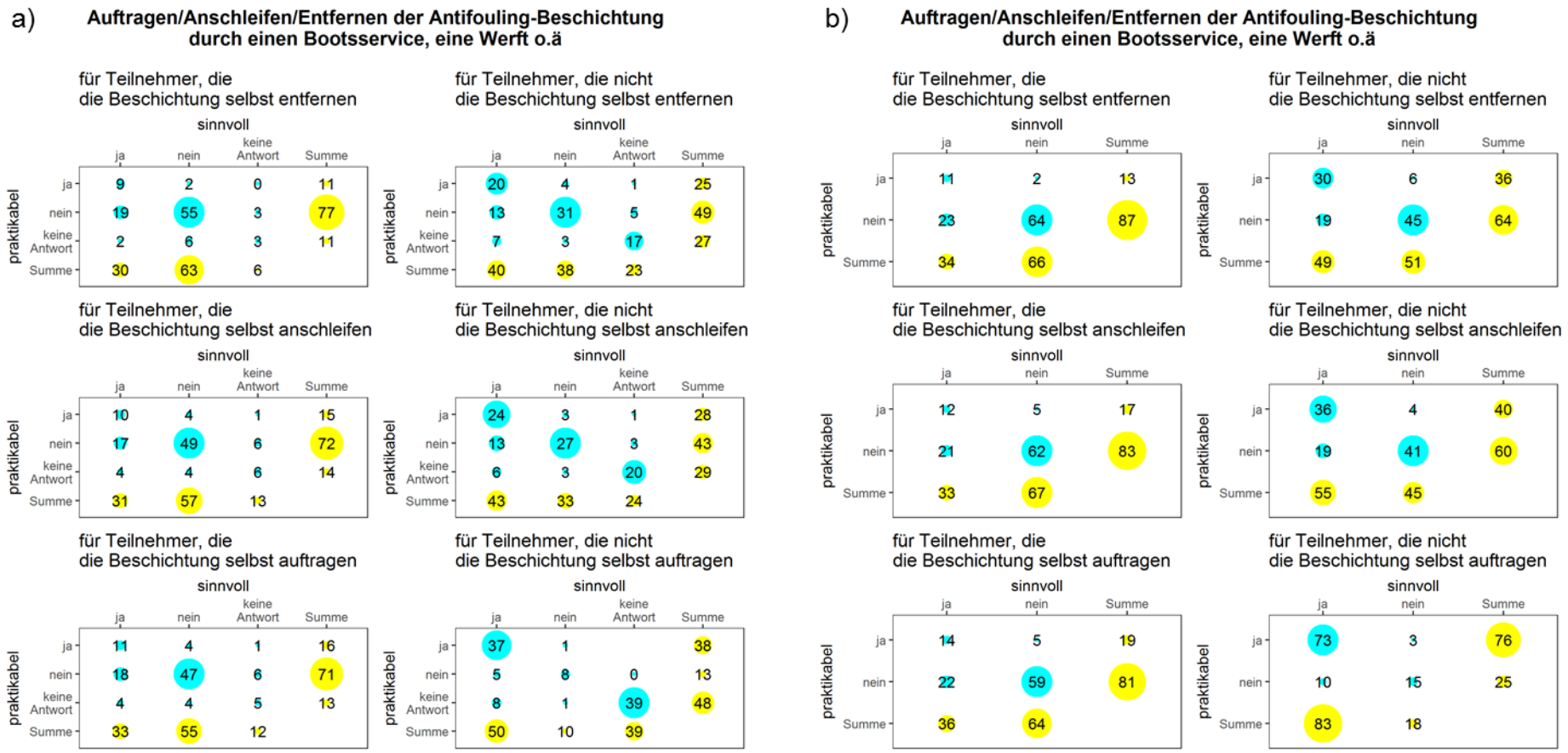
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 116: Beurteilung der Maßnahme „Waschwasser nicht auf den ungeschützten Boden oder ins Hafenbecken gelangen lassen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die den Arbeitsschritt „Boot reinigen“ selbst durchführen oder nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



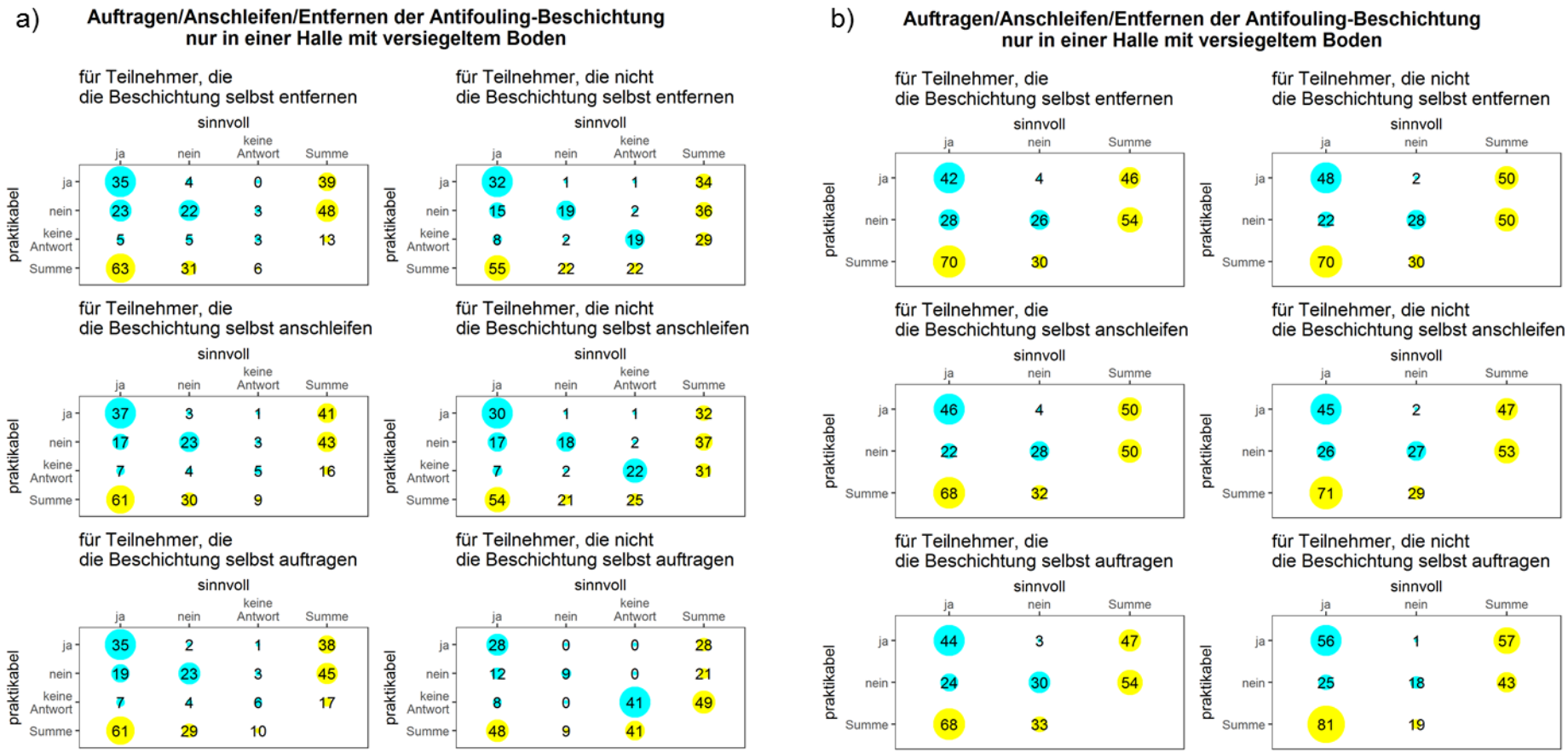
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 117: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung durch einen Bootsservice, Werft o.ä.“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



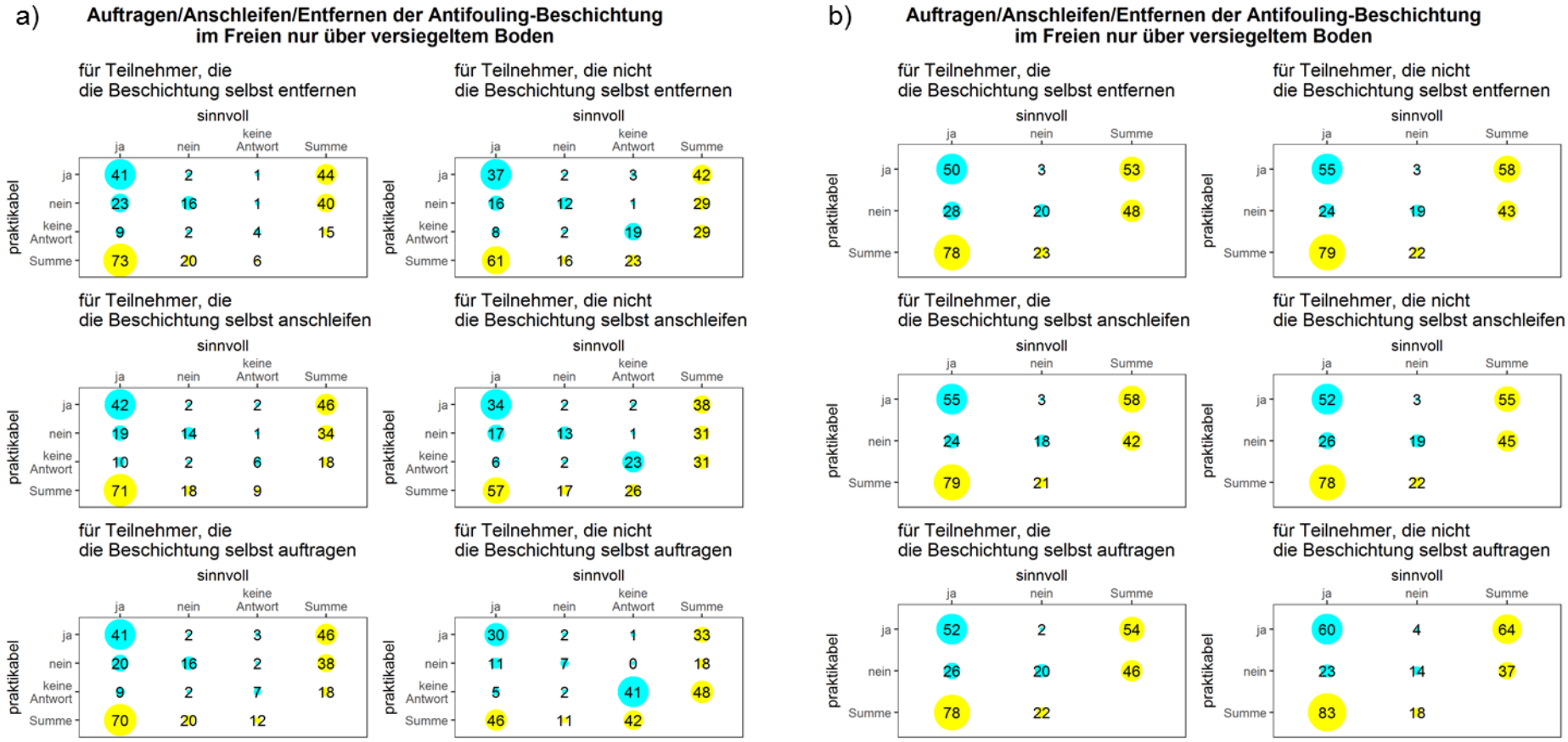
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 118: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung nur in einer Halle mit versiegeltem Boden“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



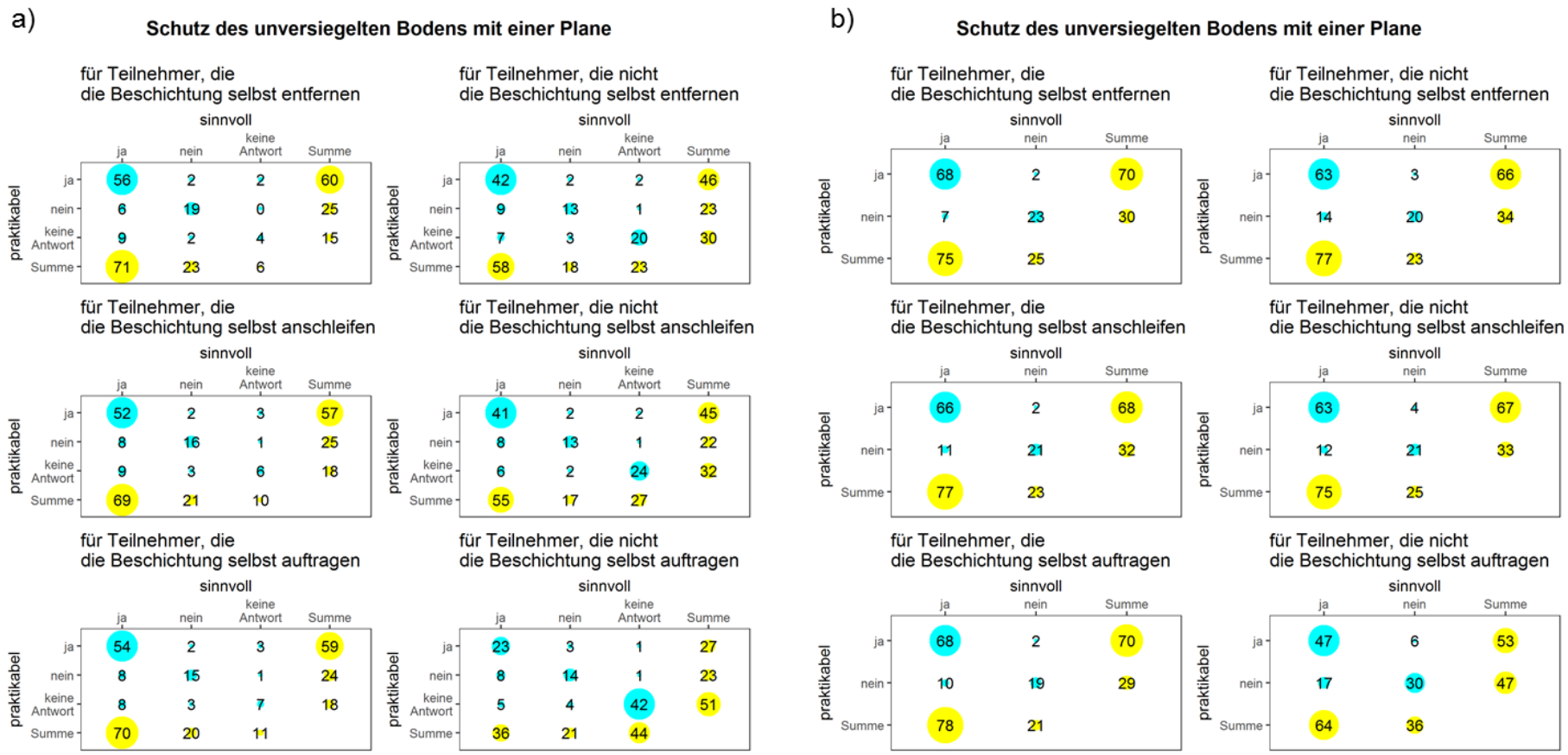
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 119: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im Freien über versiegeltem Boden“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



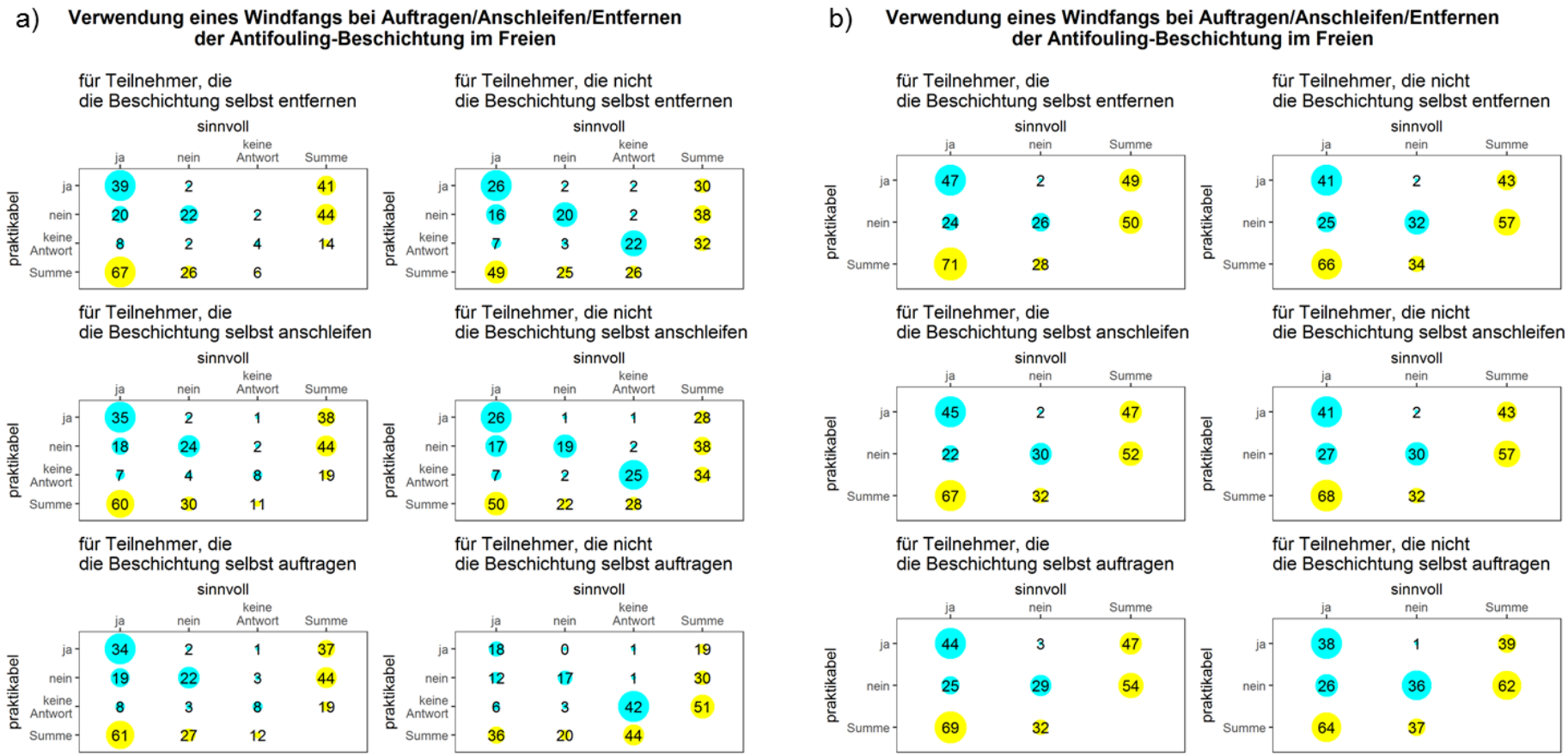
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 120: Beurteilung der Maßnahme „Schutz des unversiegelten Bodens mit einer Plane“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



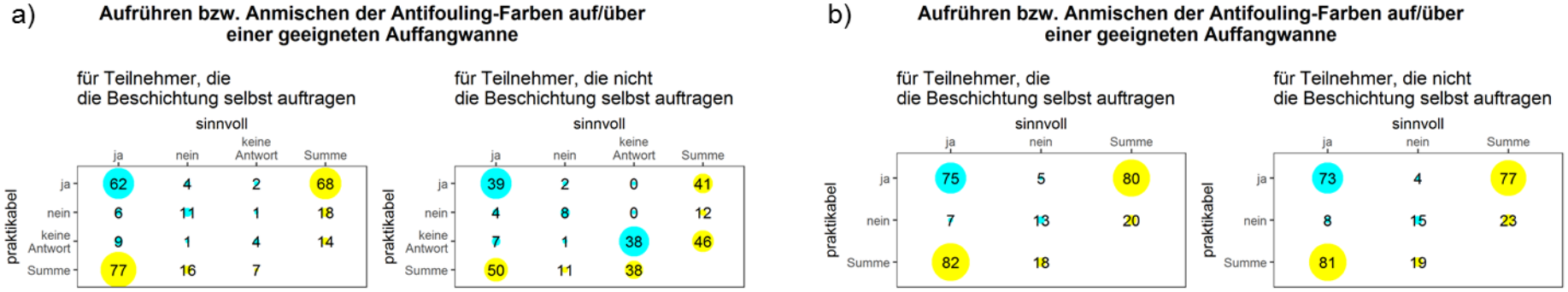
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 121: Beurteilung der Maßnahme „Verwendung eines Windfangs bei Auftragen/Anschleifen/Entfernen der Antifouling-Beschichtung im Freien“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



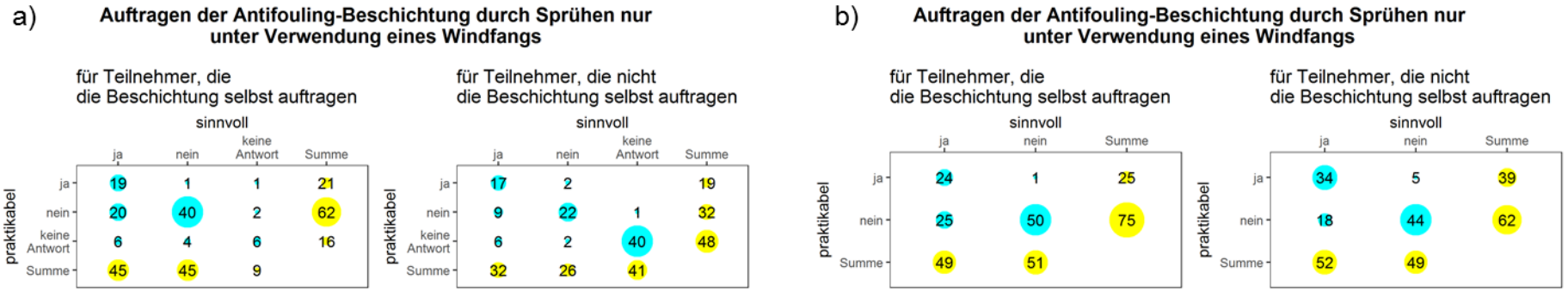
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 122: Beurteilung der Maßnahme „Aufrühren bzw. Anmischen der Antifouling-Farben auf/über einer geeigneten Auffangwanne“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



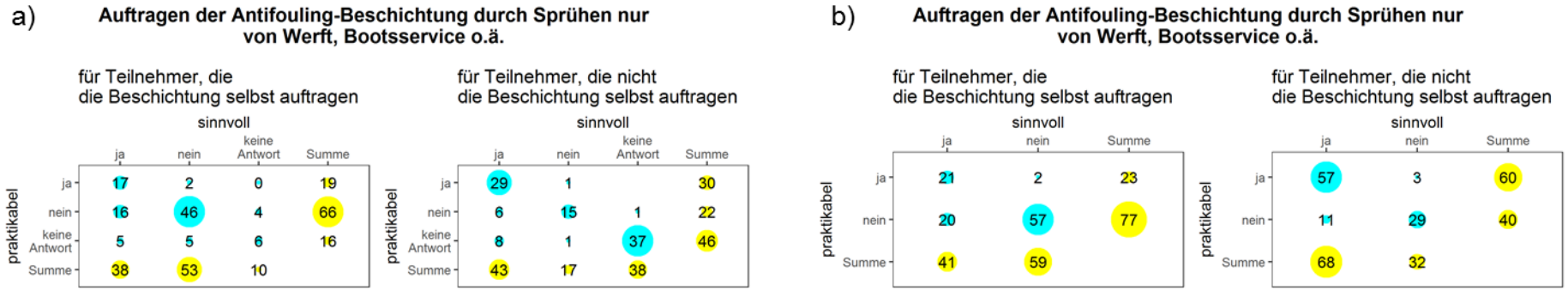
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 123: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen von Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur unter Verwendung eines Windfangs“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



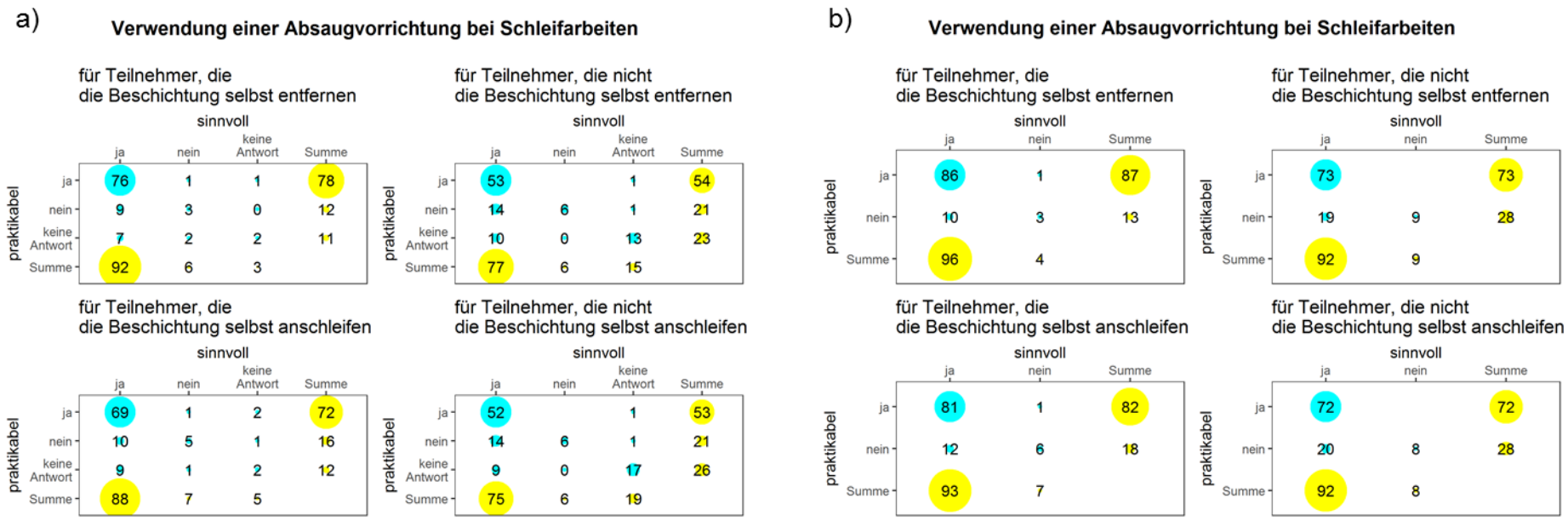
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 124: Beurteilung der Maßnahme „Auftragen von Antifouling-Beschichtung durch Sprühen nur von Werft, Bootsservice o.ä.“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



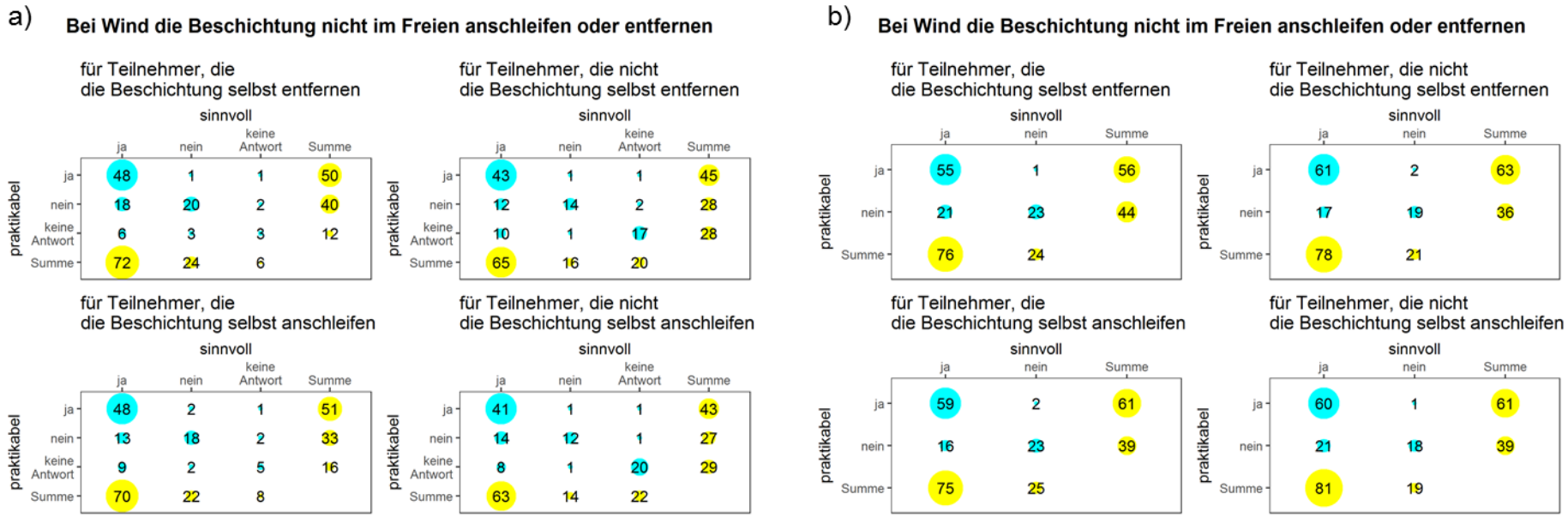
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 125: Beurteilung der Maßnahme „Verwendung einer Absaugvorrichtung bei Schleifarbeiten“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen oder anschleifen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



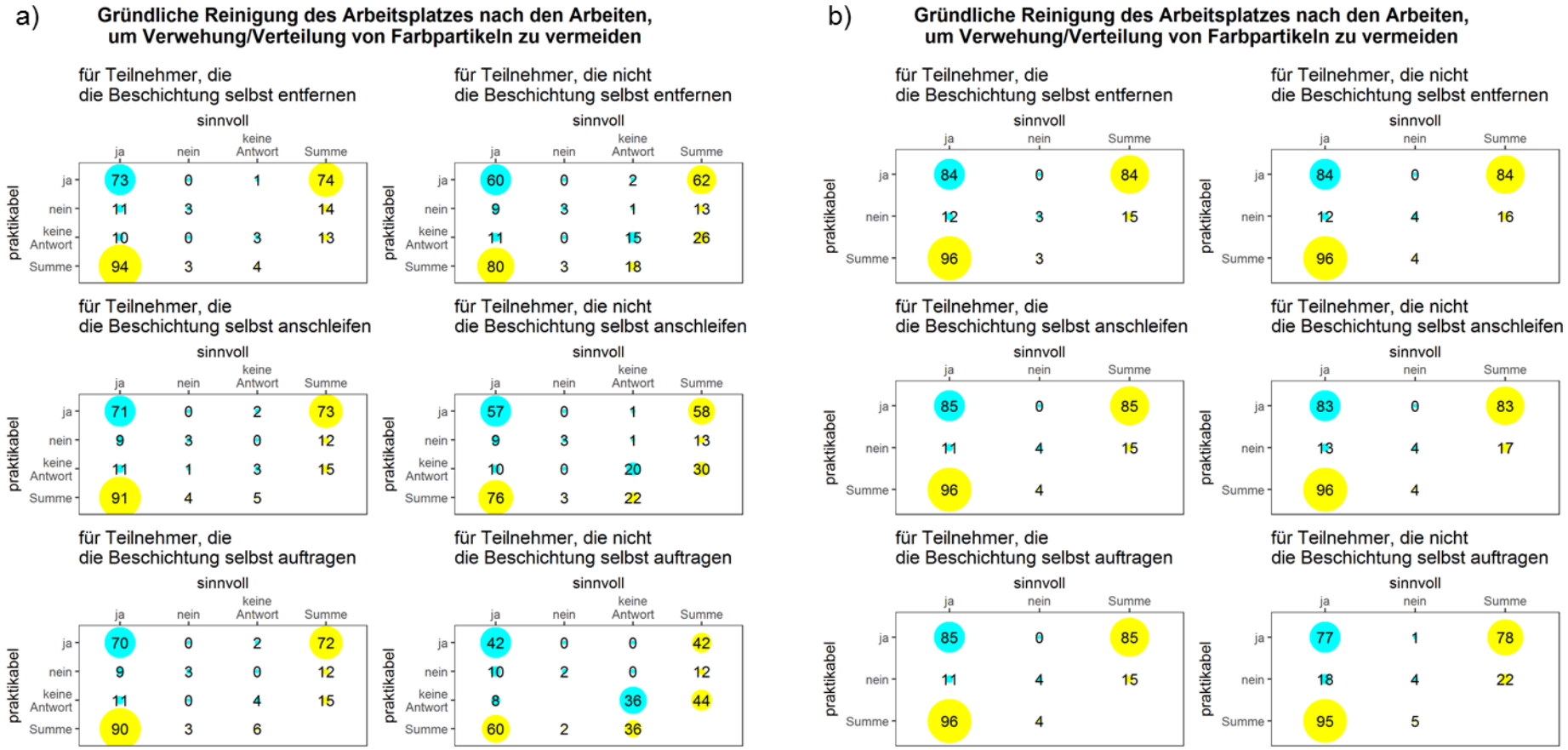
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 126: Beurteilung der Maßnahme „Bei Wind die Beschichtung nicht im Freien anschleifen oder entfernen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen oder anschleifen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



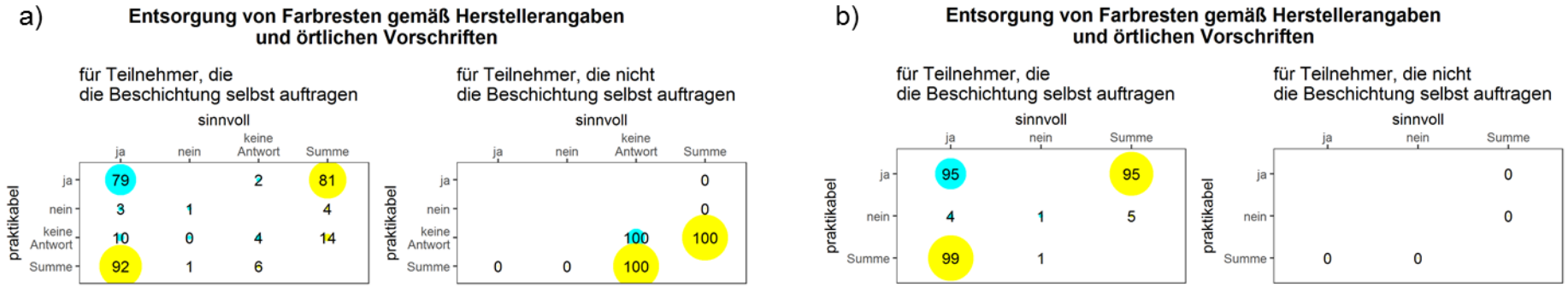
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 127: Beurteilung der Maßnahme „Gründliche Reinigung des Arbeitsplatzes nach den Arbeiten, um Verwehungen/Verteilung von Farbpartikeln zu vermeiden“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



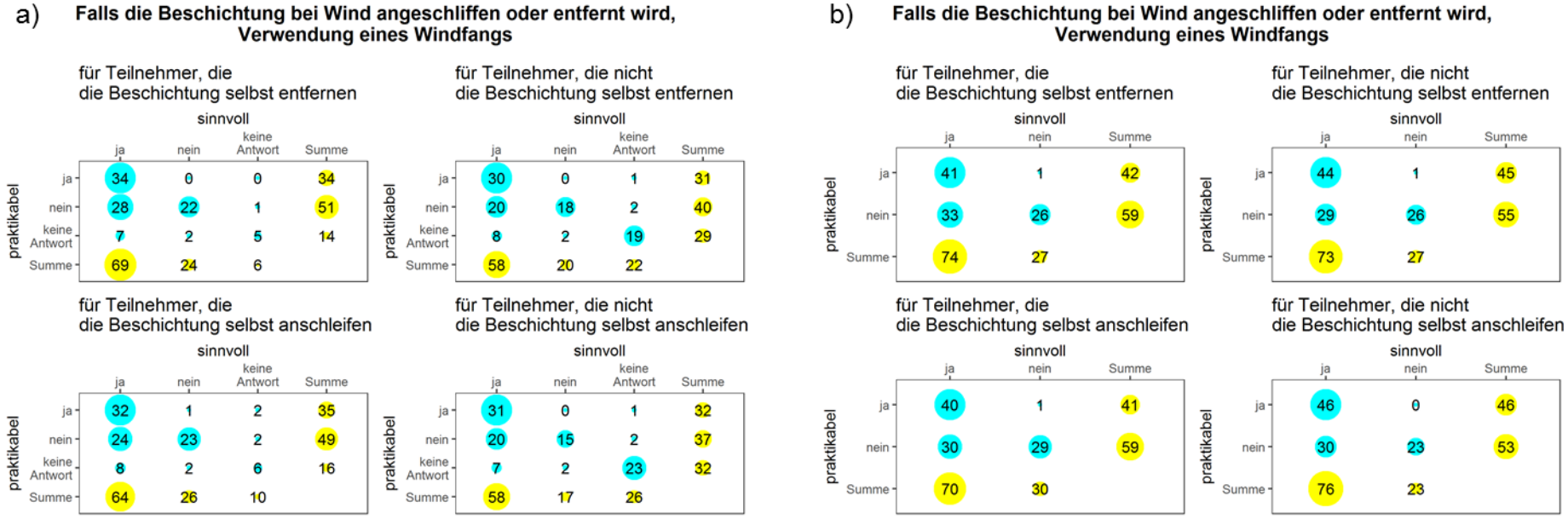
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 128: Beurteilung der Maßnahme „Entsorgung von Farbresten gemäß Herstellerangaben und örtlichen Vorschriften“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



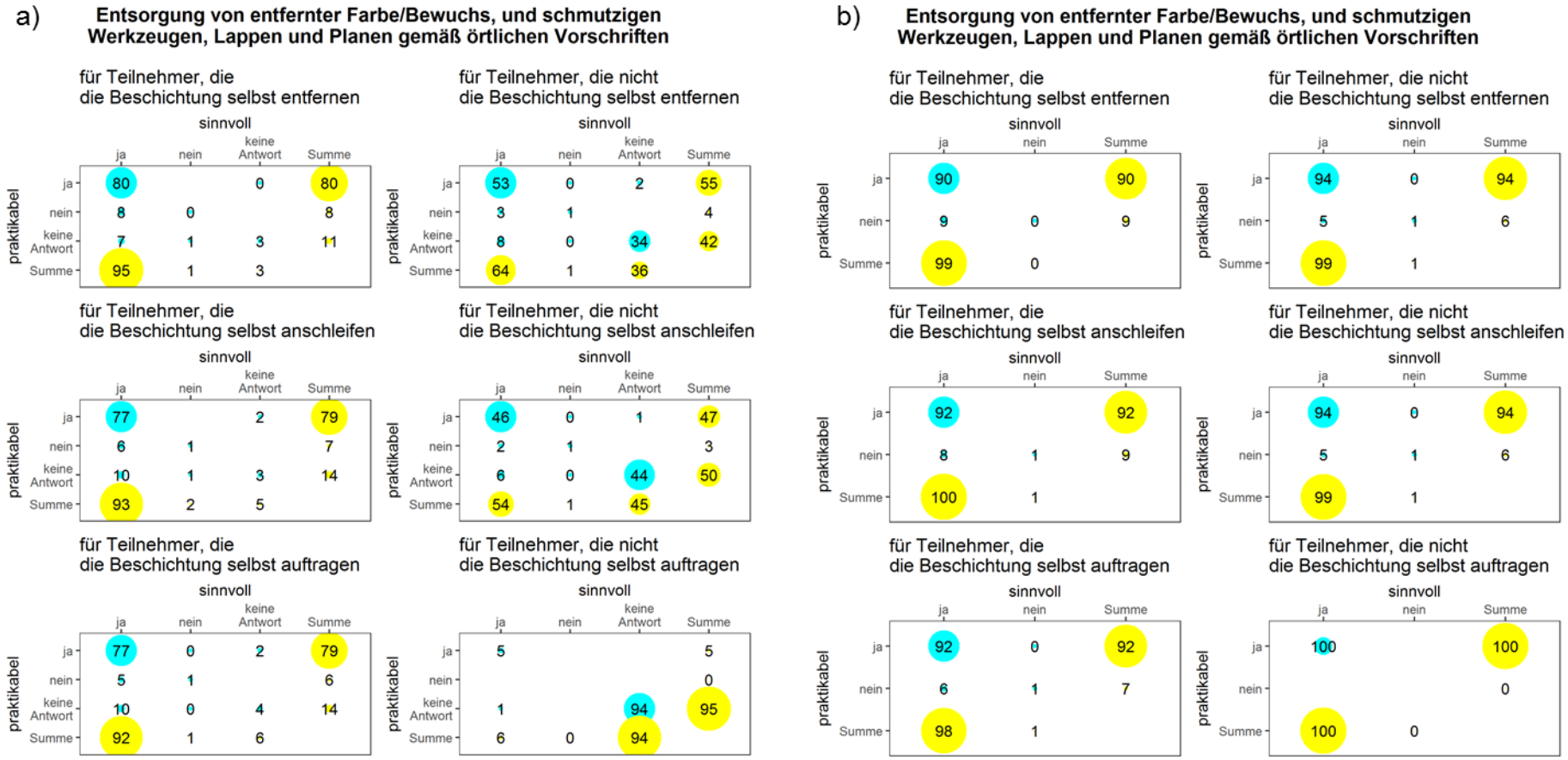
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 129: Beurteilung der Maßnahme „Verwendung eines Windfangs, falls die Beschichtung bei Wind im Freien angeschliffen oder entfern wird“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



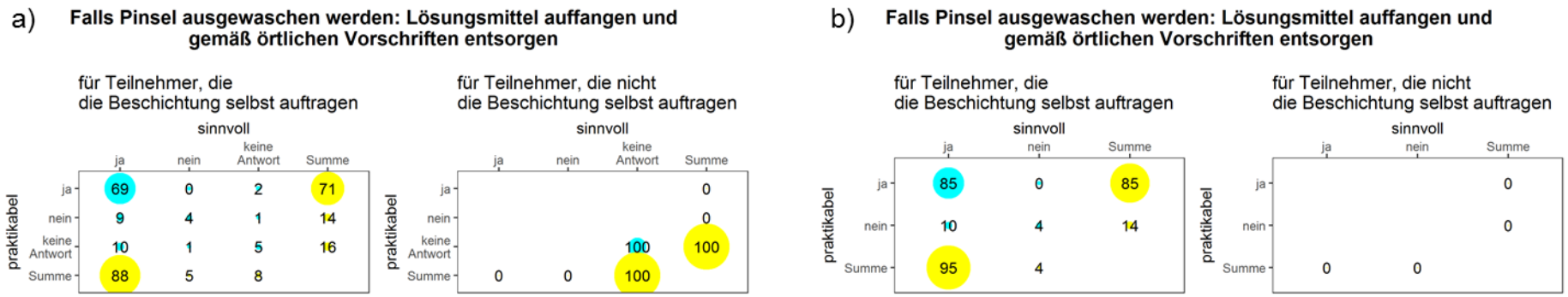
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 130: Beurteilung der Maßnahme „Entsorgung von entfernter Farbe/Bewuchs, und schmutzigen Werkzeugen, Lappen und Planen gemäß örtlichen Vorschriften“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst entfernen, anschleifen oder auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



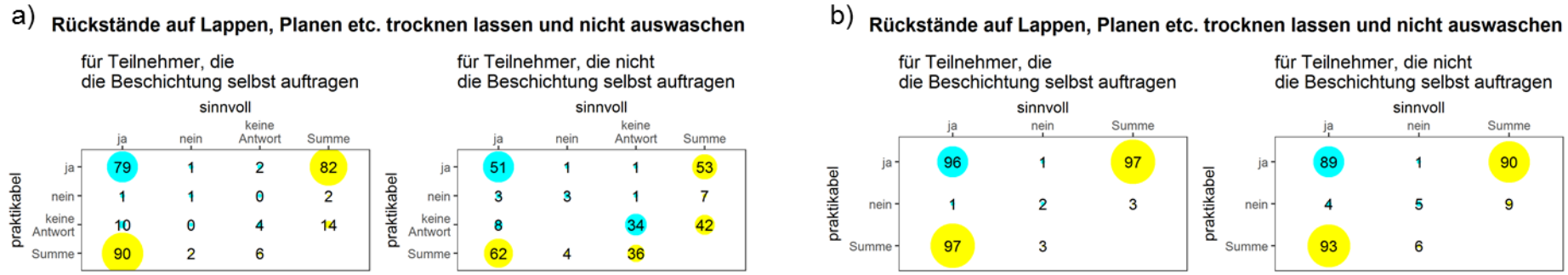
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 131: Beurteilung der Maßnahme „Falls Pinsel ausgewaschen werden: Lösungsmittel auffangen und gemäß örtlichen Vorschriften entsorgen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



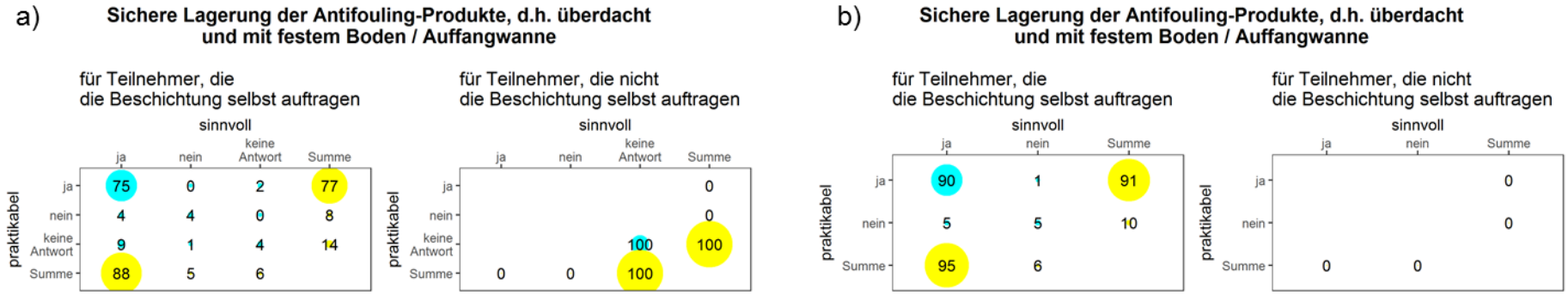
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 132: Beurteilung der Maßnahme „Rückstände auf Lappen, Planen etc. trocknen lassen und nicht auswaschen“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



Quelle: eigene Darstellung BfG

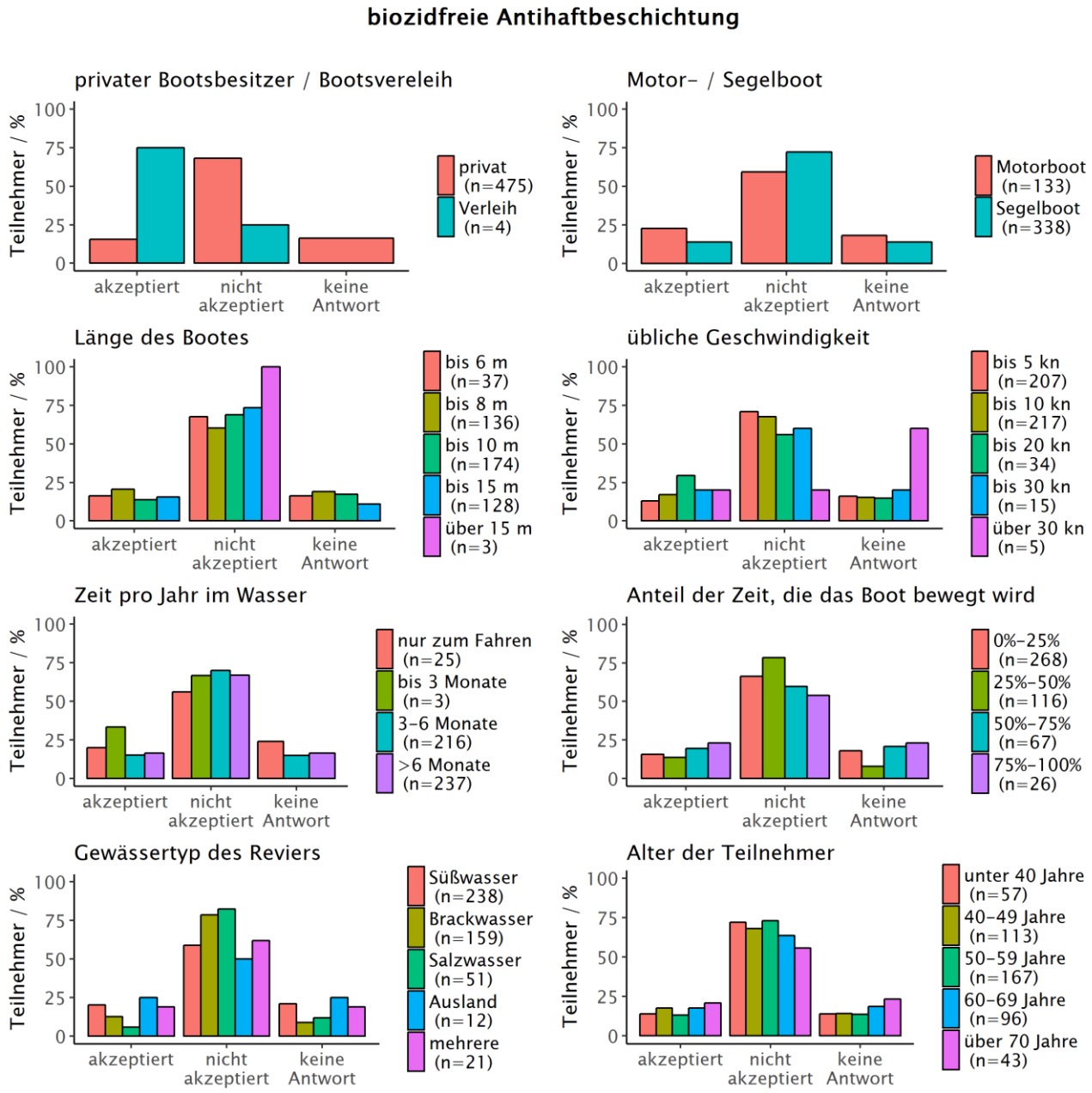
Abbildung 133: Beurteilung der Maßnahme „Sichere Lagerung der Antifouling-Produkte, d.h. überdacht und mit festem Boden / Auffangwanne“, ob sie sinnvoll und/oder praktikabel ist, durch Teilnehmer/innen, die die Beschichtung selbst auftragen bzw. nicht, a) mit und b) ohne Berücksichtigung der Teilnehmer/innen, die eine oder beide Fragen nicht beantwortet haben.



Quelle: eigene Darstellung BfG

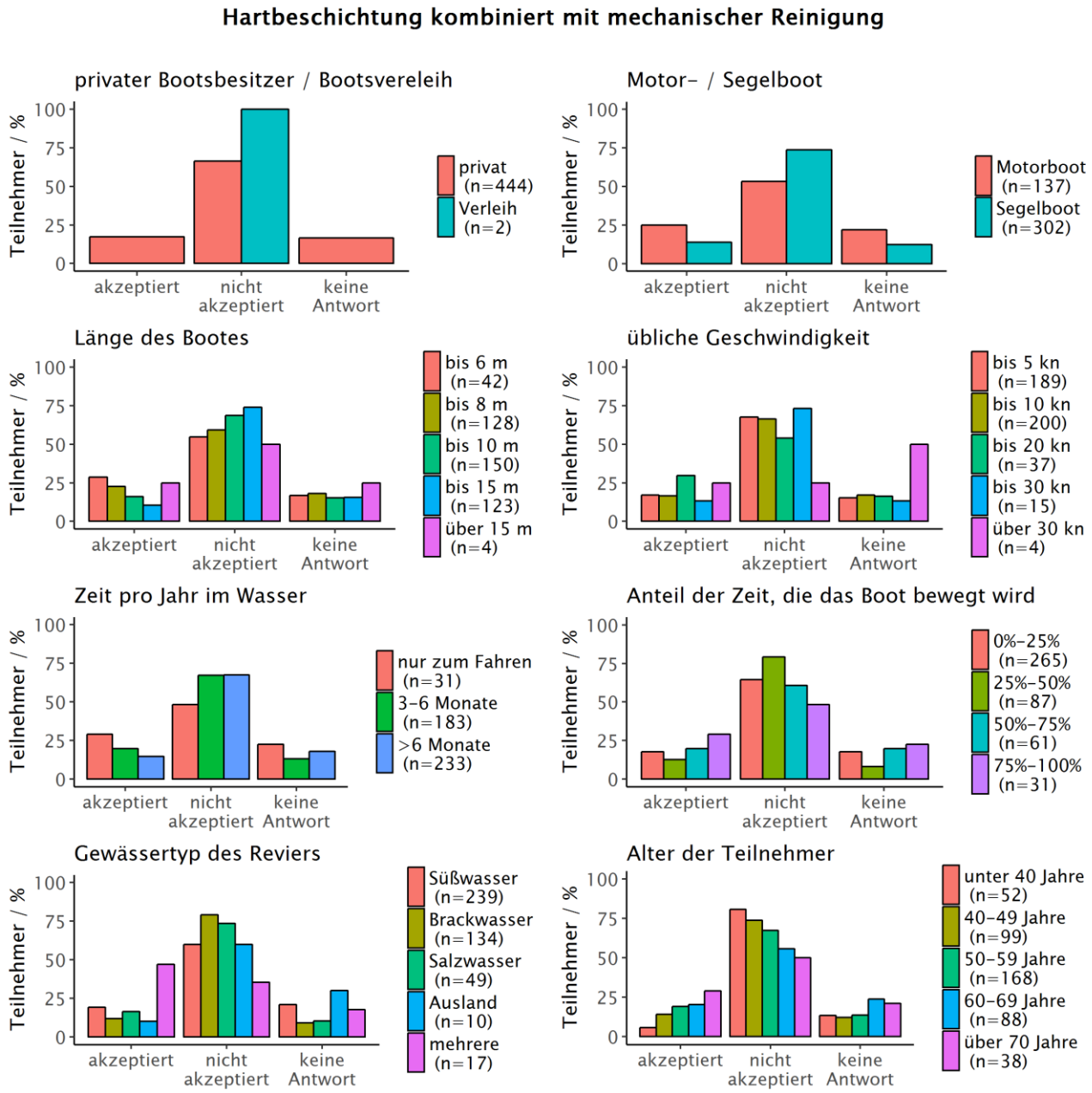
6.6.3.6 Alternativen

Abbildung 134. Akzeptanz der Alternative „biozidfreie Antihaftbeschichtung“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



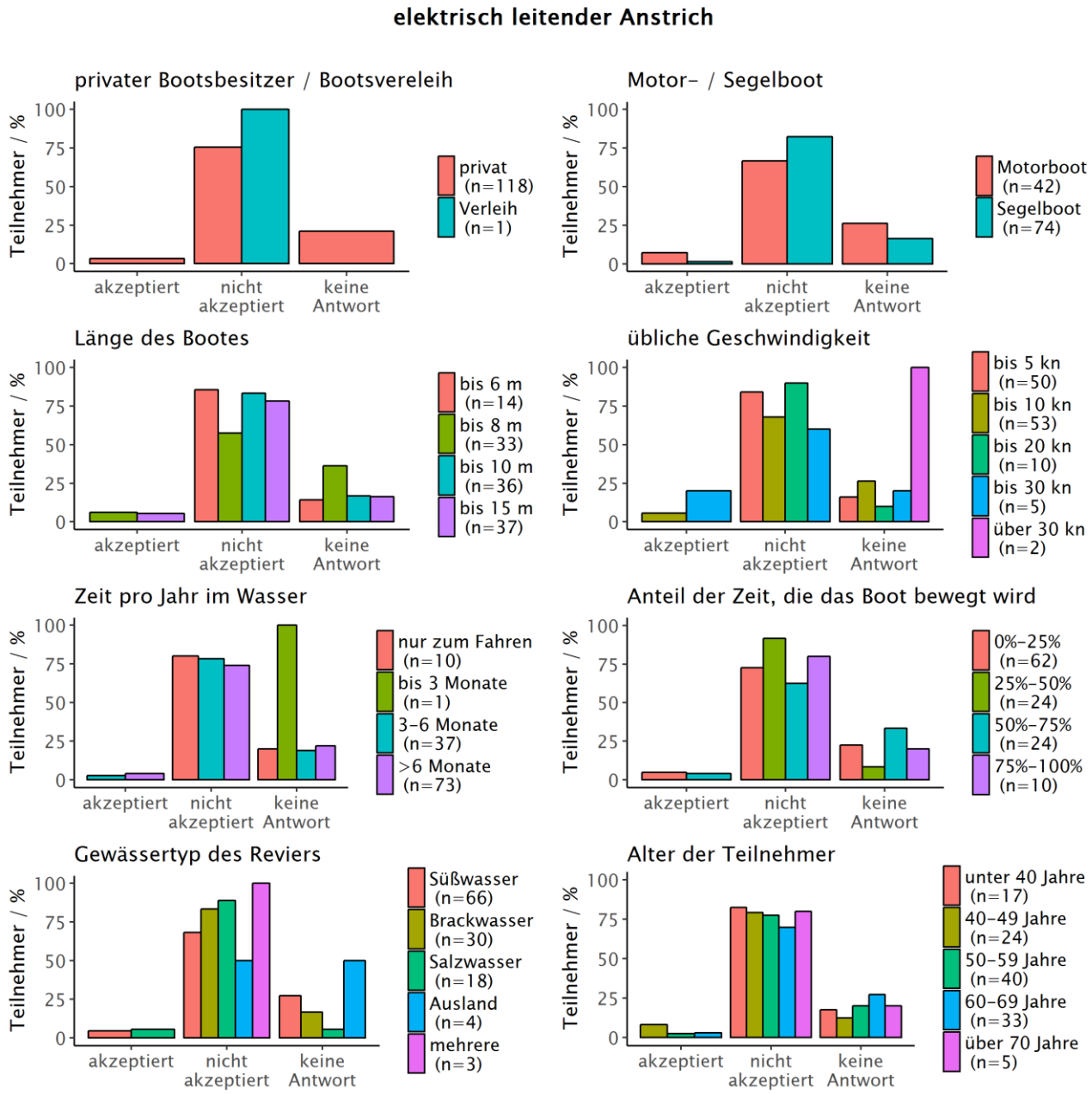
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 135. Akzeptanz der Alternative „Hartbeschichtungen kombiniert mit mechanischer Reinigung“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



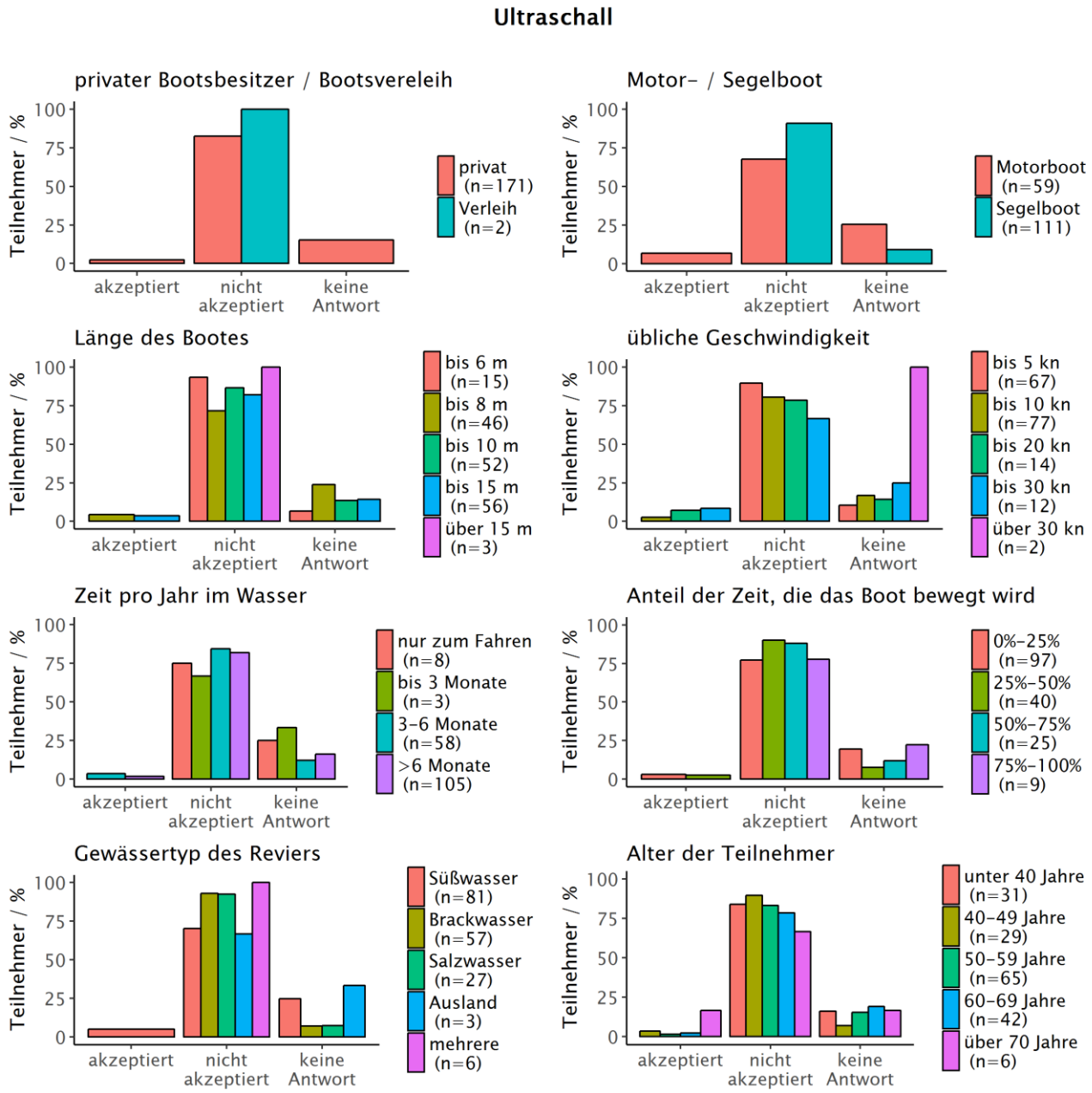
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 136. Akzeptanz der Alternative „elektrisch leitender Anstrich“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



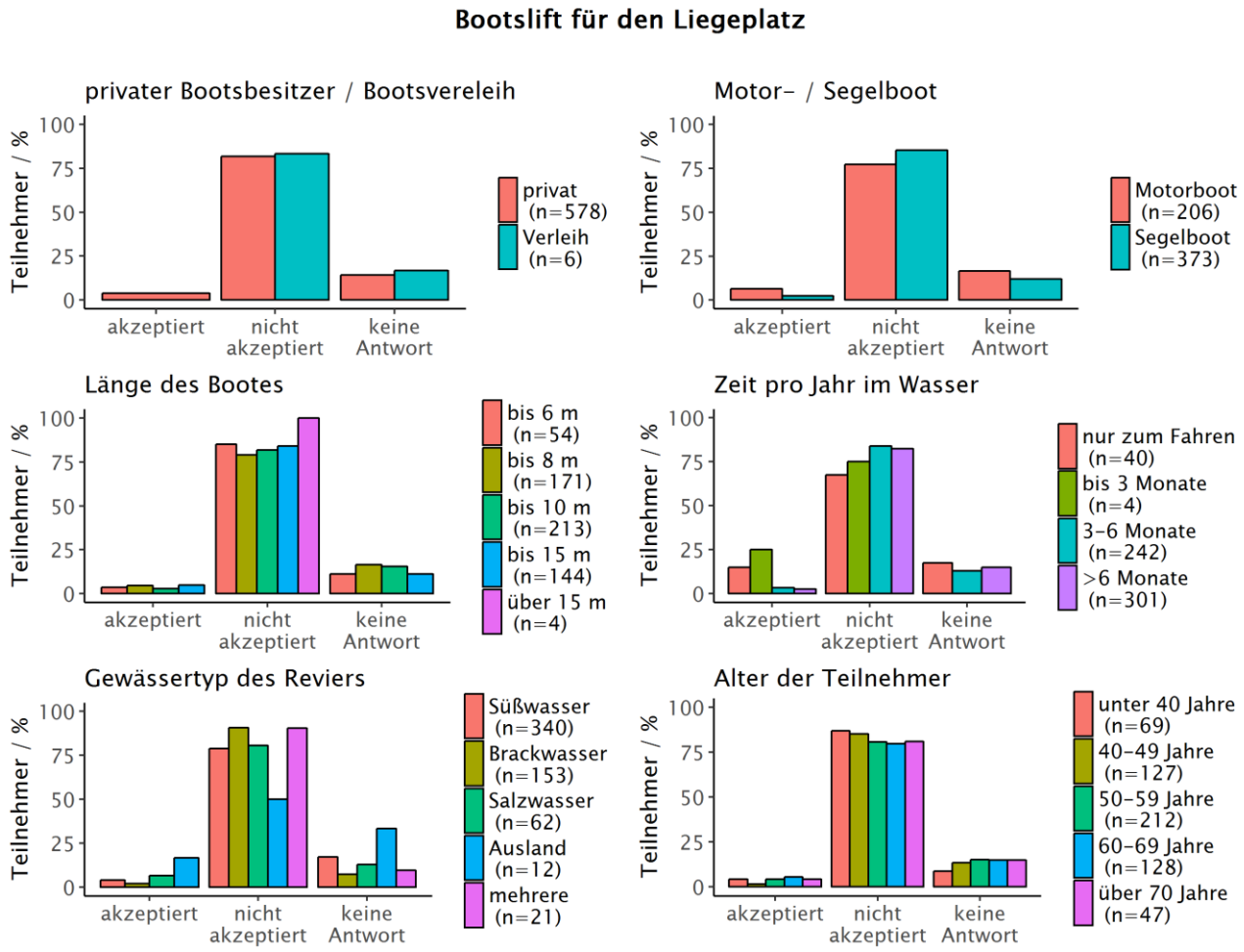
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 137. Akzeptanz der Alternative „Hochfrequenzvibrationen (Ultraschall)“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



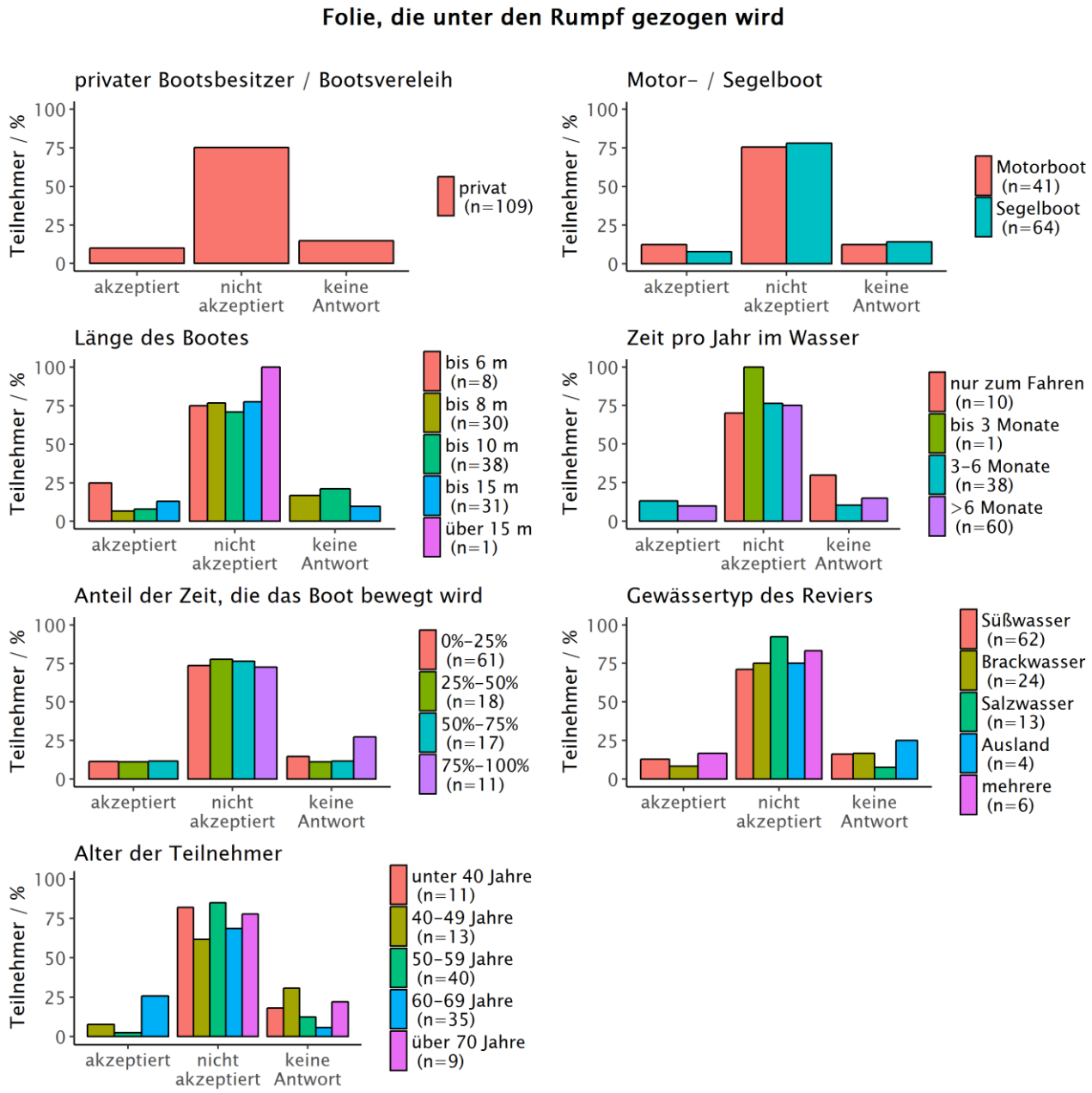
Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 138. Akzeptanz der Alternative „Bootslift für den Liegeplatz“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



Quelle: eigene Darstellung BfG

Abbildung 139. Akzeptanz der Alternative „Kunststofffolie, die am Liegeplatz unter den Schiffsrumpf gezogen und leergepumpt wird“ nach verschiedenen Kriterien unterteilt.



Quelle: eigene Darstellung BfG

6.7 Flyer mit Programm des Workshops

Hinweise

Die Veranstaltung findet im Hauptgebäude der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Am Mainzer Tor 1, statt. Der Haupteingang befindet sich in der Julius-Wegeler-Straße nahe der Rhein-Mosel-Halle. Sie erreichen die BfG nach ca. 10 Minuten Fußweg vom Hauptbahnhof.

Parkplätze stehen nicht zur Verfügung.

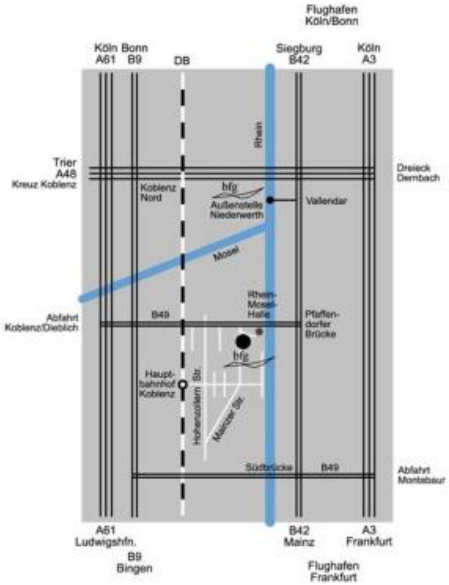
Aus organisatorischen Gründen ist die Teilnehmerzahl begrenzt. Deshalb bitten wir Sie um rechtzeitige **Anmeldung mit dem beiliegenden Formular, spätestens bis zum 31. August 2017**.
Sie erhalten dann per E-Mail eine Bestätigung.

Für die Veranstaltung wird **kein Teilnahmebeitrag** erhoben.

Am Abend des ersten Veranstaltungstages möchten wir den Teilnehmern die Gelegenheit geben, die Stadt Koblenz bei einer kleinen Führung näher kennenzulernen. Danach besteht die Möglichkeit, sich ab 19.30 Uhr in einem Koblenzer Restaurant zum gemeinsamen Abendessen zu treffen.
Wenn Sie daran Interesse haben, vermerken Sie dies bitte auf der Anmeldung.

Die Zimmerreservierung bitten wir die Teilnehmer selbst vorzunehmen. Hotelempfehlungen finden Sie auf der Rückseite des Anmeldeformulars.

Anfahrt



Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
http://www.bafg.de

Für Rückfragen stehen Ihnen zur Verfügung:

zum Inhalt
Dr. Björn Meermann, BfG
Tel.: 0261/ 1306-5974, E-Mail: meermann@bafg.de
Maria Redeker, BfG
Tel.: 0261/ 1306-5994, E-Mail: redeker@bafg.de
Dr. Sascha Setzer, UBA
Tel.: 0340/ 2103-6614, E-Mail: sascha.setzer@uba.de

zur Organisation
Frau Yvonne Strunck
Tel.: 0261/ 1306-5361, Fax: 0261/ 1306-5632
E-Mail: strunck@bafg.de

bfg Bundesanstalt für Gewässerkunde

Umwelt Bundesamt

Fachgespräch und Workshop

Gewässerschonender Umgang mit Antifouling-Beschichtungen im Sportbootbereich
Zulassung – Praxis – Zukunft

21./22. September 2017 in Koblenz

Siedeln sich Mikroorganismen, Pflanzen oder Tiere am Rumpf von Schiffen an, so wird dies als Fouling bezeichnet. Die anheftenden Organismen erhöhen den Strömungswiderstand des Schiffes und führen dadurch zu einer Reduktion der Geschwindigkeit und zu einem Anstieg des Treibstoffbedarfs. Um Fouling entgegenzuwirken, werden die Oberflächen mit Antifouling-Beschichtungen behandelt, die das Ansiedeln von Organismen verhindern sollen. Etablierte Beschichtungen enthalten meist Biozide, die nach und nach in die aquatische Umwelt abgegeben werden. Aus Umweltsicht handelt es sich bei den Antifouling-Bioziden um eine der risikoreichsten Produktgruppen, da sie direkt in Gewässern zur Anwendung kommen und im Gewässer lebende Organismen schädigen können. Überhöhte Rückstände dieser Biozide wurden bereits in Gewässern festgestellt.

Im Rahmen eines vom UBA vergebenen aus dem Ressortforschungsplan des BMUB finanzierten Forschungsprojektes beschäftigt sich die BfG mit Umweltaspekten von Antifouling-Beschichtungen bei Sportbooten. Der im Rahmen des Projektes in der BfG ausgerichtete zweitägige Workshop soll das Thema Antifoulingpraxis im Sportbootbereich aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchten und mögliche Strategien zu einem umweltfreundlicheren Umgang vorstellen.

Am ersten Tag geben Vorträge Einblick zur gängigen Praxis, zu rechtlichen Aspekten und möglichen biozidfreien Alternativen.

Am zweiten Tag sollen Strategien zu einem optimierten Umgang mit Antifouling-Bioziden mit den verschiedenen Akteuren diskutiert werden

Der Workshop wird gemeinsam von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und dem Umweltbundesamt (UBA) veranstaltet.

Programm

Donnerstag, 21. September 2017

13:00 **Begrüßung**
Dr. Birgit Esser, Leiterin der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Dr. Petra Greiner, Leiterin Abtl. IV 1 „Internationales und Pestizide“, Umweltbundesamt (UBA)

13:15 **Antifoulingpraxis im Sportbootbereich: Anforderungen, Probleme, Alternativen**
Dr. Burkard T. Watermann, LimnoMar

13:45 **Umgang mit Antifouling aus Sicht der Verbände**
N.N., Deutscher Motoryachtverband (DMYV)

14:05 **Aktuelles aus der Forschung: Antifouling ohne Biozide – ein Beispiel**
Prof. Dr. Wolfgang Tremel, Universität Mainz

14:25 **Diskussion**

14:45 *Kaffeepause*

15:15 **Aktuelle Entwicklungen in der Antifouling-Zulassung und -Umweltbewertung**
Ingrid Nöh, Dr. Sascha Setzer, UBA

15:35 **Projektergebnisse: „Strategien zur Minimierung des Antifouling-Biozideintrags bei Sportbooten“**
Maria Redeker, BfG

16:20 **Diskussion, kurze Überleitung zum nächsten Tag**

17:00 Ende des ersten Veranstaltungstages

18:00 *Stadtführung*

Ab 19:30 Uhr Möglichkeit des gemeinsamen Abendessens in den „Winninger Weinstuben“

Freitag, 22. September 2017

Inhalt des zweiten Tages ist die Diskussion mit allen beteiligten Interessengruppen von Strategien zu einem umweltfreundlichen Umgang mit Antifouling bei Sportbooten in der Praxis in Form eines World-Cafés.
An mehreren Tischen werden Fragen zu unterschiedlichen Themenblöcken diskutiert.

9:00 **Einführung in World Café Themen**
Maria Redeker, BfG

Voraussichtliche Themen:

I. **Fouling in Deutschland** – Sind Antifouling-Beschichtungen überall notwendig?
II. **Umweltfreundliche Anwendungspraxis** – Was ist nötig, was möglich?
III. **Biozidfreie Antifouling-Beschichtungen** – Mythos oder Alternative?
IV. **Infrastruktur und Materialien** – Was ist vorhanden, was fehlt?

9:30 **World Café mit wechselnden Stationen Durchgang 1**

10:30 *Kaffeepause*

11:00 **World Café mit wechselnden Stationen Durchgang 2**

12:00 **Diskussion der Ergebnisse**
Maria Redeker, Dr. Björn Meermann, BfG

12:45 **Zusammenfassung und Schlusswort**
Dr. Peter Heininger, BfG

Ende der Veranstaltung ca. 13:00 Uhr