

TEXTE

142/2020

Alternativen zum Biozid-Einsatz: Reduzierung der Verwendung von Bioziden – Prüfung von Alternativen zum Biozid-Einsatz

Abschlussbericht

TEXTE 142/2020

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3714 67 403 0 - Berichtsteil II
FB000031/2

Alternativen zum Biozid-Einsatz: Reduzierung der Verwendung von Bioziden – Prüfung von Alternativen zum Biozid-Einsatz

Abschlussbericht

von

Stefan Gartiser
Hydrotox GmbH, Freiburg

Erik Petersen
Büro für Umweltmedizin, Bremen

Susanne Smolka
PAN Germany e.V., Hamburg

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:

Hydrotox GmbH
Bötzingen Str. 29
79111 Freiburg

Büro für Umweltmedizin Erik Petersen
Gandersheimer Str. 46
28215 Bremen

Pestizid Aktions-Netzwerk e.V.
Nernstweg 32
22765 Hamburg

Abschlussdatum:

Dezember 2018

Redaktion:

Fachgebiet IV 1.2 Biozide
Dr. Barbara Jahn

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juli 2020

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

Kurzbeschreibung

Biozidfreie Alternativen haben ein hohes Potential zur Reduzierung des Biozideinsatzes, sind jedoch meist keinem Bewertungsverfahren unterworfen, was ihre Akzeptanz durch die Anwender verringert. Der Berichtsteil II des Projektes „Reduzierung der Verwendung von Bioziden“ beschreibt ein Konzept zur Prüfung von Alternativen zum Biozid-Einsatz mittels festgelegter nachvollziehbarer Kriterien. Hierzu wurden zunächst Recherchen zu verfügbaren biozidfreien Verfahren und Methoden zum Wirksamkeitsnachweis durchgeführt und die mögliche Berücksichtigung dieser Alternativen in Umweltlabeln geprüft. Die qualitative Bewertung von Alternativen zum Biozid-Einsatz beruht auf dem eindeutigen Wirksamkeitsnachweis, der Praktikabilität, Gebrauchstauglichkeit und Wirtschaftlichkeit der Alternative im Vergleich zur Biozidanwendung, unter Berücksichtigung potentieller Auswirkungen auf Ökologie und Umweltschutz, Gesundheitsschutz und Tierschutz. Das Konzept wurde anhand der Beispielbearbeitungen „Mikrowelle im bekämpfenden Holzschutz“, „Kanalisationsfallen zur Rattenbekämpfung“ und „Unterwasserfolien und -matten als Antifoulingmaßnahme für Sportboote“ angewandt und diese Alternativen in Hinblick auf ihre Zweckmäßigkeit und Konkurrenzfähigkeit mit Bioziden bewertet. Durch eine fachliche Bewertung soll die Akzeptanz von Alternativen und deren Verwendung anstelle von Biozidprodukten verbessert werden. Eine positive Bewertung ist Voraussetzung für eine behördliche Empfehlung dieser Alternativen z. B. über das Biozidportal, mit dem die Aufgabe der Zulassungsstelle für Biozide gemäß § 12e (2) Ziffer 2 ChemG zur Informationspflicht hinsichtlich alternativer Maßnahmen zum Biozid-Einsatz unterstützt wird. Darüber hinaus werden die Ergebnisse zweier Fachgespräche zur Bewertung und Förderung von Alternativen zur Verringerung der Verwendung von Bioziden berichtet.

Abstract

Biocide-free alternatives have a high potential for reducing the use of biocides, but are usually not subjected to any assessment procedure, which reduces their acceptability by users. Part II of the project "Reducing the use of biocides" describes a concept for evaluating alternatives to biocide use by means of defined, comprehensible criteria. For this purpose, research on available biocide-free methods and methods for the proof of efficacy was carried out and the possible consideration of these alternatives in eco-labels was examined. The qualitative assessment of alternatives to biocide use is based on the unambiguous proof of efficacy, the practicality, fitness for purpose and economic viability of the alternative compared to biocide uses, taking into account potential impacts on ecology and environmental protection, human health and animal protection. The concept was applied to the examples "microwave in curative wood preservatives", "sewer traps for rat control" and "underwater boat cover slides and mats against fouling for pleasure boats" and these examples have been evaluated in terms of their suitability and competitiveness with biocides. A scientific evaluation supports the acceptability of alternatives and their use instead of biocidal products. A positive assessment is a prerequisite for any official recommendation of these alternatives, e.g. via the biocide portal, which supports the task of the competent authorities according to § 12e (2) No. 2 of the German Chemical Act to provide information on alternative measures to the use of biocides. In addition, the results of two expert discussions on the evaluation and promotion of alternatives to reduce the use of biocides are reported.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis.....	9
Abkürzungsverzeichnis	10
1 Hintergrund und Grundlagen	20
2 Recherchen zu verfügbaren Alternativen	21
2.1 PA 2 Allgemeine Desinfektions- und Algenbekämpfungsmittel	21
2.2 PA 4 Hygiene im Lebensmittelbereich.....	24
2.3 PA 6 Schutzmittel für Produkte während der Lagerung	24
2.4 PA 8 Holzschutzmittel.....	24
2.5 PA 10 Schutzmittel für Baumaterialien	26
2.6 PA 11 Kühl- und Verfahrenssysteme.....	27
2.7 PA 13 Bearbeitungs- und Schneideflüssigkeiten	27
2.8 PA 14 Rodentizide	27
2.9 PA 18 Insektizide und Mittel gegen Arthropoden.....	27
2.10 PA 21 Antifoulingmittel.....	28
2.11 Hinweise auf alternative Verfahren in aktuellen Meldungen.....	30
2.12 Schlussfolgerungen	30
3 Zertifizierung und Bewertung von Alternativen	31
3.1 Hintergrundpapiere für neue Umweltzeichen	31
3.2 Nachweis der Wirksamkeit.....	32
3.3 Bewertungskonzepte von Alternativen unter der BiozidVO und REACH	35
3.4 Recherche zu europäischen/internationalen Zertifizierungssystemen	37
4 Mikrowelle im bekämpfenden Holzschutz.....	38
4.1 Beschreibung der technischen Alternative.....	38
4.2 Zu ersetzender Wirkstoff.....	38
4.3 Technische Machbarkeit.....	38
4.4 Wirksamkeitsnachweis.....	41
4.5 Wirtschaftliche Machbarkeit	42
4.6 Verringerungen der Gesamtrisiken.....	42
4.6.1 Ökologie und Umweltschutz	42
4.6.2 Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit	42
4.6.3 Tierschutz.....	44
4.7 Verfügbarkeit.....	44

4.8	Schlussfolgerungen	44
5	Kanalisationsfallen gegen Ratten.....	44
5.1	Beschreibung der technischen Alternative.....	44
5.2	Zu ersetzender Wirkstoff.....	44
5.3	Technische Machbarkeit.....	44
5.4	Wirksamkeitsnachweis.....	45
5.5	Wirtschaftliche Machbarkeit	46
5.5.1	Kommunale Rattenbekämpfung mit Antikoagulanzen.....	46
5.5.2	Kommunale Rattenbekämpfung mit Kanalfallen.....	47
5.6	Verringerungen der Gesamtrisiken.....	49
5.6.1	Ökologie und Umweltschutz	49
5.6.2	Tierschutz.....	49
5.7	Verfügbarkeit.....	49
5.8	Schlussfolgerungen	49
6	Unterwasser-Folien und Matten als Antifoulingmaßnahme.....	50
6.1	Beschreibung der technischen Alternative.....	50
6.2	Zu ersetzender Wirkstoff.....	51
6.3	Technische Machbarkeit.....	52
6.4	Wirtschaftliche Machbarkeit	55
6.5	Verringerungen der Gesamtrisiken.....	56
6.5.1	Ökologie und Umweltschutz	56
6.5.2	Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit	57
6.5.3	Tierschutz.....	57
6.6	Verfügbarkeit.....	57
6.7	Schlussfolgerungen	57
7	Empfehlungen und Ausblick	58
8	Quellenverzeichnis	61

- Anhang 1 Aktuelle Meldungen mit Bezug auf biozidfreie Alternativen
- Anhang 2 Optionen zur Entwicklung eines neuen Umweltzeichens „Blauer Engel“ für dauerhaftes Holz (Stand April 2015)
- Anhang 3 Fachgespräch zur Alternativenbewertung am 9.12.2016
- Anhang 4 Fachgespräch „Bewertung von Alternativen zur Verringerung der Verwendung von Bioziden“ am 14.12.2017
-

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anbringen der SLIP UnderWaterCoat Folie	51
Abbildung 2:	Seaboost-Powerturf Matte	53
Abbildung 3:	Clean Marine Tarp	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Labore zum Wirksamkeitsnachweis von Bioziden (Beispiele)	32
Tabelle 2:	Praxisbeispiele zum Einsatz von Rattenfallen in Abwasserkanälen	48

Abkürzungsverzeichnis

AOP	Advanced oxidation processes
ASTM	American Society for Testing and Materials
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BiozidVO	Biozid-Produkte-Verordnung
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
CHANGE	Changing antifouling practices for leisure boats in the Baltic Sea
CEN	Comité Européen de Normalisation
CEPE	European Council of Paint, Printing Ink and Artists' Colours
CIPAC	Collaborative International Pesticides Analytical Council
CMR	kanzerogen, mutagen und reproduktionstoxisch
CMS	Content Management System
GMP	Good Manufacturing Practice
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DVG	Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft
ECHA	Europäische Chemikalienagentur
EPPO	European and Mediterranean Plant Protection Organization
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IHD	Institut für Holztechnologie Dresden
ISO	International Organization for Standardization
ISPM	Internationale Standards für Pflanzenschutzmaßnahmen
JKI	Julius Kühn-Institut
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PA	Produktart
PBT	Persistent, bioakkumulierbar und toxisch
PEC	Predicted Environmental Concentration
PNEC	Predicted No Effect Concentration
RAL	Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RKI	Robert Koch-Institut
RMM	Risikominderungsmaßnahmen

SVHC	Substances of very high concern
TOC	Total organic carbon
UBA	Umweltbundesamt
US EPA	United States Environmental Protection Agency
UV	Ultraviolettstrahlung
UZ	Umweltzeichen
VAH	Verbund für Angewandte Hygiene e.V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vPvB	very persistent and very bioaccumulative
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WHO	World Health Organisation
WTA	Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.

Zusammenfassung

Die Verordnung über Biozidprodukte, Verordnung (EU) Nr. 528/2012 (BiozidVO), regelt die Anforderungen für das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten, von denen viele in sensiblen und verbrauchernahen Bereichen eingesetzt werden. Das deutsche Chemikaliengesetz (§ 12e) fordert, dass die Bundesstelle für Chemikalien die Öffentlichkeit über Nutzen und Risiken des Einsatzes von Biozid-Produkten informieren soll. Zudem sollen Informationen zu physikalischen, biologischen, chemischen und sonstigen Maßnahmen als Alternative zum Einsatz oder zur Minimierung von Biozid-Produkten bereitgestellt werden, um die sachkundige, ordnungsgemäße und nachhaltige Verwendung von Biozid-Produkten zu gewährleisten. Mit Inkrafttreten der BiozidVO wurde die Bereitstellung von Verbraucherinformationen über Möglichkeiten zur Minderung des Biozideinsatzes in allen Mitgliedsstaaten verpflichtend (Art. 17). Zu diesem Zweck betreibt das Umweltbundesamt (UBA) seit Juli 2010 eine Internet- Plattform auf Basis eines Content Management Systems (CMS) Typo 3 (www.biozid.info). Die bereits eingestellten Informationen müssen regelmäßig an den wissenschaftlich-technischen Kenntnisstand angepasst und aktualisiert werden.

Aufbauend auf einem vorangegangenen Projekt wurde ein Konzept zur Bewertung biozidfreier Alternativen mittels festgelegter nachvollziehbarer Kriterien entwickelt und anhand konkreter Beispiele in Hinblick auf deren Zweckmäßigkeit und Konkurrenzfähigkeit im Vergleich zu Bioziden überprüft. Als zentrales Kriterium wurde der Nachweis der Wirksamkeit der Alternative durch unabhängige und möglichst standardisierte Prüfungen angesehen:

- ▶ Wirksamkeitsnachweis (als Startpunkt, keine Empfehlung wirkungsloser/ unzureichend wirksamer Verfahren)
- ▶ Praktikabilität (Anwendungsbedingungen, Durchführung, Wartung und Pflege)
- ▶ Ökologie und Umweltschutz (u.a. Hinweise zum Energieverbrauch, Schutz von Nichtzielorganismen)
- ▶ Gesundheitsschutz (Verbraucher- und Arbeitsschutz)
- ▶ Tierschutz (insbesondere tierschutzgerechtes Töten von Nagetieren)
- ▶ Gebrauchstauglichkeit (u.a. Materialverträglichkeit, Anwendergruppe, spezifische Kenntnisse)
- ▶ Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur Biozidanwendung.

Hierdurch soll die Voraussetzung für eine behördliche Empfehlung von Alternativen geschaffen und damit deren Akzeptanz und Verwendung anstelle von Bioziden gefördert werden.

Es wurden Recherchen in den Literaturdatenbanken Medline, ScienceDirect bzw. Scopus sowie gezielte Internetrecherchen zu bestimmten Biozidalternativen durchgeführt. Wie auch bei der regelmäßigen Recherche für die aktuellen Meldungen mit Biozidbezug, sollte hiermit sowohl Hinweisen auf biozidfreie Verfahren als auch zu Minimierungsmaßnahmen nachgegangen werden.

Einige der über diese Recherchen identifizierten alternativen Verfahren sind den sogenannten in-situ erzeugten Biozidwirkstoffen zuzurechnen, die in das Bewertungsverfahren der BiozidVO mit aufgenommen wurden. Hierbei wird die Kombination von Vorläufersubstanz(en) und Wirkstoff bewertet. Gleiches gilt für in-situ durch z.B. Hochspannung, UV oder Photokatalyse erzeugte „freie Radikale“ und Singulett Sauerstoff, die aufgrund ihrer Reaktivität sehr kurzlebig sind. Allen in-situ-Verfahren ist gemeinsam, dass kein formuliertes Produkt mit bioziden Wirkstoffen vermarktet wird, sondern die Vorläufersubstanzen (Precursor) bzw. die Gerätschaften.

In der Literatur finden sich zwar zahlreiche Hinweise zu innovativen biozidfreien oder zumindest den Biozideinsatz reduzierenden Verfahren. Bei näherer Betrachtung ist die Abgrenzung zu in-situ-Verfahren oder behandelten Oberflächen, die von der BiozidVO betroffen sind, oftmals schwierig. Selbst unter den physikalischen Verfahren, wie die Kavitation, die zunächst als biozidfrei angesehen

werden, befinden sich solche, die den in-situ-Verfahren zuzurechnen sind, da freie Radikale gebildet werden. Streng genommen hat dann, wenn man von mechanischen Fallen und Barrieren absieht, nur die Hitzebehandlung als biozidfreies physikalisches Verfahren die Anwendungspraxis erlangt. Hierbei ist es weitgehend unerheblich, wie die Hitze erzeugt (Verbrennung, Heißdampf, Heißluft, Infrarot, Mikrowellen, Radiowellen, Solartherme etc.). Diese Verfahren werden z.T. auch in der Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren aufgeführt. Es wird jedoch empfohlen, auch die neueren Verfahren, die gegebenenfalls dazu beitragen können, den Biozideinsatz bzw. deren Emissionen in die Umwelt zu reduzieren, weiterhin im Blickfeld zu behalten.

Anders als Biozidprodukte werden nicht-chemische Alternativen derzeit nicht systematisch bewertet. Daher können sie behördlicherseits nur dann empfohlen werden, wenn sie in amtlichen Listen¹ zu den anerkannten Desinfektionsverfahren und Schädlingsbekämpfungsmitteln aufgeführt oder im Rahmen der Umweltzeichenvergabe bewertet wurden. Im Rahmen des Projektes wurde ein Hintergrundpapier für ein neues Umweltzeichen für dauerhaftes Holz erstellt und es wurden die neuen Vergabegrundlagen für RAL UZ 34 „Biozidfreie Schädlingsbekämpfungsmittel“ und RAL UZ 57a „Thermische Verfahren zur Bekämpfung holzerstörender Insekten“ sowie RAL UZ 57 b „Thermische Verfahren zur Bekämpfung von Schädlingen in Innenräumen“ kommentiert. Im RAL UZ 34 neu aufgenommen wurden z.B. Fallensysteme gegen Nagetiere. Tierschutzaspekte werden berücksichtigt. In den RAL UZ 57a und b wird nun auch das Mikrowellen-Verfahren berücksichtigt. Im Bereich biozidfreier Antifoulingstrategien gibt es bisher kein Ökolabel. Daher wird empfohlen, für die Produktgruppe „Biozidfreie Antifoulingstrategien für Sportboote“ eine Machbarkeitsstudie durchzuführen.

Nach wie vor gibt es einen erheblichen Mangel an abgestimmten standardisierten Verfahren zur Bestimmung der Wirksamkeit von Bioziden und biozidfreien Alternativen. In der Regel müssen vorhandene Methoden für die Prüfung nicht-chemischer Verfahren zunächst adaptiert werden.

Das Konzept zur Bewertung von biozidfreien Alternativen wurde anhand von drei Beispielbearbeitungen „Mikrowellen im bekämpfenden Holzschutz“, „Kanalisationsfallen zur Rattenbekämpfung“ und „Unterwasserfolien und -matten als Antifoulingmaßnahme für Sportboote“ angewandt und diese Alternativen in Hinblick auf ihre Zweckmäßigkeit und Konkurrenzfähigkeit mit Bioziden bewertet. Die qualitative Bewertung von biozidfreien Alternativen als Basis für eine behördlich Empfehlung im Rahmen des Biozid-Portals ist nicht gleichzusetzen mit der vergleichenden Bewertung von zu ersetzenden Biozidprodukten mit „nicht-chemischen“ Alternativen, die wesentlich umfangreicher ist und quantitative Risikobetrachtungen umfasst.

Die Studie ergab, dass durchaus nicht-chemische Alternativen mit erwiesener Wirksamkeit vorhanden sind, die für bestimmte Anwendungsbereiche an Stelle von oder als ergänzende Instrumente zum Biozideinsatz verwendet werden können. Diese sind oftmals als Stand der Technik anzusehen. Beispiele sind die Mikrowellen im bekämpfenden Holzschutz, die automatischen Rattenfallen mit Monitoringfunktion oder auch physikalische Verfahren zur Desinfektion und Entwesung mittels Hitze. Ziel einer nachhaltigen Verwendung von Biozidprodukten ist deren Minimierung auf das notwendige Maß. Dazu können biozidfreie Verfahren einen deutlichen Beitrag leisten. Einigen nicht-chemischen Verfahren wie z.B. die Mikrowellen oder Radiowellen im bekämpfenden Holzschutz wird ein Nischendasein auf kleinräumige Anwendungsbereiche attestiert, wobei das Potential weitaus größer ist.

Wie das Beispiel der Entwicklung von Kanalrattenfallen zeigt, wirken sich Verbote und Anwendungsbeschränkungen für Biozidprodukte (hier das Verbot der Permanentbeköderung mit Antikoa-

¹ Behördlich angeordnete Maßnahmen zur Desinfektion und zur Bekämpfung von Gesundheitsschädlingen nach §18 IfSG

gulanzen in Kanälen) förderlich für nicht-chemische Alternativen aus. Erst die Anwendungsbeschränkung löste den hierfür notwendigen Innovationsschub für alternative Monitorings- und Bekämpfungsverfahren gegen Ratten aus.

Allerdings sind auch die Beschränkungen biozidfreier Verfahren zu berücksichtigen: So lassen sich Ratten nicht alleine durch Kanalfallensysteme bekämpfen, da sie sich dort nur zeitweise aufhalten. Hierzu ist eine flankierende oberirdische Bekämpfung erforderlich. Wichtig ist, dass die Effektivität der Fallen und die Tierschutzverträglichkeit getestet werden. Klebefallen sind beispielsweise nicht tierschutzgerecht und in Deutschland verboten. Bei biozidfreien Antifoulingmaßnahmen wie z.B. Reinigungsverfahren, Folien und Matten fehlt meist noch eine unabhängige Überprüfung der Effektivität oder auch eine Bewertung der Umweltverträglichkeit, insbesondere auch bei vorhandenen Altanstrichen.

Zudem gibt es bei den als fortschrittlich und biozidfrei beworbenen Alternativen oftmals eine Grauzone zwischen Biozidprodukten und biozidfreien Verfahren. Dies trifft insbesondere für zahlreiche in-situ-Verfahren zu, bei denen der biozide Wirkstoff (Wasserstoffperoxid, Singulett-Sauerstoff, freie Radikale) durch physikalische Verfahren (Photoaktivierung, Ultraschall, Hochspannung) erzeugt wird. Erst während der Bewertung dieser Verfahren wird sich zeigen, ob diese hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und ihres Risikoprofils positiver zu bewerten sind als Biozidprodukte oder ob sie zumindest einer Minimierung des Biozideinsatzes dienen.

Die direkte Produktwerbung für biozidfreie Verfahren ist den Behörden untersagt, so dass sich z. B. im Biozidportal keine Hinweise auf konkrete Produkte finden. Durch Verweis auf behördliche Listen wie z.B. die BVL Liste der anerkannten Mittel und Verfahren zur Schädlingsbekämpfung oder die RKI Liste der geprüften Desinfektionsmittel und -Verfahren nach § 18 Infektionsschutzgesetz oder auch auf Umweltlabeln wie das RAL UZ 34 zur Abwehr und Bekämpfung von Schädlingen ohne giftige Wirkung können alternative Produkte indirekt beworben werden. In der Weiterentwicklung von Umweltzeichen wird ebenfalls ein Potential zur Förderung biozidfreier Verfahren gesehen. So werden die Chancen für ein Umweltzeichen für biozidfreie Antifoulingmaßnahmen heute als deutlich besser eingeschätzt als vor 15 Jahren, als bereits eine Machbarkeitsstudie zu diesem Thema durchgeführt wurde. Auch die behördliche Bewertung von Systemen, wie z.B. Nagetierfallen, für die es bislang kein Zulassungssystem gibt, kann als Förderung dieser nicht-chemischen Produkte gesehen werden.

Fachlich begründete Stellungnahmen zu einem alternativen Verfahren durch Behörden oder Fachgremien werden allgemein als sehr wichtig erachtet. Beispielsweise ist das Mikrowellenverfahren seit 2003 auf dem Markt, aber erst mit Verabschiedung der DIN 68800-4 in 2012 wird das Verfahren als technisch geeignet anerkannt. Die in der DIN vorgegebene Temperaturhaltezeit von 60 Minuten für das Mikrowellenverfahren gilt jedoch als überzogen, da eine Behandlung über wenige Minuten für eine 100 %ige Mortalität beim Hausbock und Nagekäfer ausreicht. Den Herstellern und Anwendern biozidfreier Verfahren wird geraten, sich aktiv an Normungsverfahren, die sich insbesondere auch mit der Bewertung einschließlich Wirksamkeitsnachweisen für ihre Produkte befassen, zu beteiligen und gegebenenfalls eine gemeinsame Interessenvertretung zu gründen. Derzeit haben die Hersteller biozidfreier Verfahren keinen Platz im Verfahren der Biozidbewertung und wissen oftmals nicht wie sie sich hier positionieren könnten. Durch ein Zulassungsverfahren z.B. für Nagetierfallen, wie es in Schweden praktiziert wird, würde deren Wirksamkeit und Tierschutzverträglichkeit überprüft und sie könnten entsprechend beworben werden. Allerdings werden nationale Alleingänge als nicht sinnvoll erachtet, sondern es sollte besser auf EU-Ebene ein Zulassungssystem etabliert werden. Auf der Abschlussbesprechung zu diesem Forschungsprojekt am 8.11.2018 beim Umweltbundesamt in Dessau wurden auch mögliche flankierende Maßnahmen zur Entwicklung und Anwendung biozidfreier Verfahren diskutiert: Durch Weiterentwicklung von Ökolabeln können diese Verfahren auf dem Markt durch die Zeichennehmer gut positioniert werden. Prinzipiell können die Hersteller auch Prüfanträge für neue Umweltzeichen einreichen. Zudem können sie einen Antrag für die Berücksichtigung auf

den Listen der anerkannten Verfahren zur Desinfektion oder Schädlingsbekämpfung gemäß §18 Infektionsschutzgesetz stellen. Die Bewertung der Wirksamkeit und Praxistauglichkeit von Alternativen durch unabhängige Gremien ist ein wichtiger Motor, damit sich biozidfreie Verfahren auf dem Markt behaupten können.

Auch ist der Kenntnisstand des Handels zu Alternativen sehr begrenzt (z.B. bei Antifoulings), so dass der Handel als Zielgruppe für ein entsprechendes Informationsangebot eingebunden werden sollte. Daher sollte den Anbietern von Alternativen auf entsprechenden Fachmessen Raum angeboten werden, um die bislang verstreuten Angebote zu bündeln. Durch Fachvortragsreihen zu Alternativen könnte diesen Anbietern ein Plenum geboten werden..

Die Beantragung von Forschungsmitteln durch kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) bei der Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), in diversen EU-Programmen, wie Horizon 2020, oder bei KMU-innovativ Biotechnologie (BioChance) eröffnet die direkte finanzielle Unterstützung, wobei den Unternehmen Informationen und Hilfestellungen bei der Antragsstellung angeboten werden sollte.

Eine spezifische Internetplattform wäre geeignet, um das bei den Herstellern und Anbietern von biozidfreien Alternativen vorherrschende Informationsdefizit zu möglichen Förderwegen zu begegnen und wichtige Informationen auszutauschen und bereitzustellen, wie z.B. zu laufenden Diskussionsprozessen i.R. relevanter Normungsverfahren oder Konsultationen zur Weiterentwicklung der Biozidrechts insbesondere im Hinblick auf die Einbeziehung von nicht-chemischen Alternativen in die vergleichende Bewertung im Rahmen der BiozidVO.

Summary

The Biocidal Products Regulation (EU) No 528/2012 (BPR) sets up the requirements for the placing on the market of biocidal products, many of which are used in sensitive and consumer-related areas. The German Chemicals law (§ 12e) requires that the Federal Office for Chemicals informs the public about the benefits and risks of biocidal products. In addition, information on physical, biological, chemical and other measures should be provided as alternatives or for minimising biocide uses. This should ensure the competent, proper and sustainable use of biocidal products. With the entry into force of the BPR, the provisions regarding consumer information on ways for minimising the use of biocides became compulsory in all Member States (Article 17). For this purpose, the German Environment Agency (UBA) operates an internet platform since July 2010 based on the Content Management System (CMS) Typo 3 (www.biozid.info). The information already provided must be regularly adapted to the state of scientific and technical knowledge.

Based on a previous project, a concept for the evaluation of biocide-free alternatives was developed by means of stipulated, comprehensible criteria and verified on the basis of practical examples with regard to their suitability and competitiveness in comparison to biocides. As a central criterion, the proof of the efficacy of the alternative was considered preferably by independent and as standardized tests:

- ▶ Proof of efficacy (as starting point, no recommendation of ineffective / insufficiently effective procedures)
- ▶ Practicability (use conditions, implementation and maintenance)
- ▶ Ecology and environmental protection (including information on energy consumption, protection of non-target organisms)
- ▶ Health protection (consumer and occupational health protection)
- ▶ Animal welfare (especially killing of rodents in accordance with animal welfare)
- ▶ Usability (e.g. material compatibility, user group, specific knowledge)
- ▶ Economic viability compared to biocide application.

These criteria are intended as basis for the recommendation of alternatives by authorities, thereby promoting their acceptability and use instead of biocides. A literature research was carried out in the databases Medline, Science Direct and Scopus, next to a targeted internet research on specific biocidal alternatives. As with the regular searches for current biocide-related news, this aimed to investigate both indications of biocide-free processes and minimisation measures.

Some of the alternative methods identified through this research are attributable to the so-called in-situ generated biocidal active substances, which were included into the scope of the BPR. Here, the combination of precursor substance(s) and active substance is evaluated. The same applies to in-situ generated "free radicals" and "singlet oxygen" produced e.g. by high voltage, UV or photocatalysis, which are very short-lived due to their reactivity. What all in-situ methods have in common is that no formulated product with biocidal active substances, but the precursor substance or the equipment is marketed.

There are numerous indications in literature about innovative biocide-free or at least biocide-reducing processes. On a closer view, the differentiation between in-situ methods or treated surfaces covered by the BPR is often difficult. Even among the physical methods, such as cavitation, which are initially assumed to be biocide-free, there are some that are attributable to in-situ method since free radicals are formed. Strictly speaking, apart from mechanical traps and barriers, only heat treatment has gained practical application as a biocide free physical process. Here, it is largely irrelevant how the heat is generated (combustion, superheated steam, hot air, infrared, microwaves, radio waves, solar thermal, etc.). These methods are partly also included in the list of approved disinfectants and

disinfection procedures of the Robert Koch Institute. However, it is recommended that also newer methods, which may contribute to reduce the use of biocides or their emissions into the environment, should be kept in the focus.

Unlike biocidal products, non-chemical alternatives are currently not systematically evaluated. Therefore, they can only be recommended by authorities, if they have been included in official lists of recognized disinfection and pest control procedures or if they have been assessed in the framework of the eco-label awards. In the framework of the project, a background paper for a new Ecolabel for durable wood was prepared and comments to the new award criteria for RAL UZ 34 "non-toxic pest control and prevention", RAL UZ 57a "thermal processes to control ligniperdous insects" and RAL UZ 57b "thermal processes for indoor pest control" have been submitted. In the RAL UZ 34 e.g. trap systems against rodents are newly considered and animal welfare aspects are taken into account. In the RAL UZ 57a and b, the microwave method is now mentioned. So far no eco-label in the field of biocide-free antifouling strategies exists. It is therefore recommended to conduct a feasibility study for the product group "biocide-free antifouling strategies for recreational boats".

There is still a considerably lack of agreed and standardized methods to determine the efficacy of biocides and biocide-free alternatives. As a rule, existing methods must first be adapted before testing non-chemical methods.

The concept for the assessment of biocide-free alternatives has been applied to three examples: "microwaves in curative wood protection", "sewer traps for rat control" and "underwater foils and mats as an anti-fouling measure for recreational boats". These alternatives have been compared with biocides in terms of suitability and competitiveness. The qualitative assessment of biocide-free alternatives, as prerequisite for recommendations by authorities e.g. in the context of the biocide internet platform, is not equivalent to the comparative assessment of biocidal products. The last refers to hazardous substances to be substituted by "non-chemical" alternatives, which is far more extensive and includes quantitative risk assessments.

The study revealed that there exist non-chemical alternatives with proven efficacy that can be used instead or as complementary instruments to biocides for specific applications. These are often regarded as best available technology. Examples are microwaves in curative wood protection, automatic rat-traps with monitoring function or physical methods for disinfection and disinsectisation by means of heat. The objective of sustainable use of biocidal products is to minimise their use to the minimum necessary. For this purpose, biocide-free methods can provide a significant contribution. Some non-chemical methods such as microwaves or radio waves in curative wood protection have a niche existence for small-scale applications so far, while the potential is much greater.

As the example of sewer rat trap shows, prohibitions and restrictions on the use of biocidal products (in this case the ban of permanent baiting with anticoagulants in sewers) have a positive effect on the development of non-chemical alternatives. Only the application restriction pushed the necessary innovation for alternative rat monitoring and control methods.

However, the limitations of biocide-free methods must also be taken into account: As an example, rats cannot be exclusively controlled by sewer trap systems, as they are only settle temporarily there. For this, accompanying aboveground rat control measures are required. It is important that the effectiveness of the traps and compatibility with animal welfare are tested. Sticky traps, for example, are not compatible with animal welfare and are banned in Germany. With respect to biocide-free antifouling measures such as cleaning procedures, foils and mats usually there is a lack of independent proofs of efficacy or environmental impact assessments, especially when also considering the fate of old coatings.

In addition, for some alternatives promoted as advanced and biocide-free often there is a twilight zone between biocidal products and biocide-free methods. This is especially true for many in-situ

applications where the biocidal agents (hydrogen peroxide, singlet oxygen, free radicals) are generated by physical methods (photoactivation, ultrasound, high voltage). Only during the assessment of these applications it will be clarified whether these could be considered as more positive than conventional biocides in terms of their effectiveness and risk profile or whether they at least contribute to minimise biocidal uses.

Authorities are not allowed to support biocide-free methods by direct product advertising. This is the reason that e.g. in the biocide internet platform no reference to specific products is given. By reference to governmental lists such as the BVL- list of recognized pest control agents and procedures or to the RKI- list of approved disinfectants and disinfection procedures in accordance with §18 of the German Infection Protection Act these alternatives can be indirectly advertised. The same applies to references to environmental labels such as RAL UZ 34 for non-toxic pest control and prevention. The further development of eco-labels is also regarded having a high potential for promoting biocide-free processes. For example, the chances for an eco-label for biocide-free antifouling measures are now considered to be significantly better than 15 years ago, when a feasibility study on this topic was already carried out. Also the regulatory assessment of systems, such as rodent traps, for which currently no approval system exists, can be seen as promotor for these non-chemical products. Scientifically substantiated opinions on alternative procedures by authorities or expert panels are generally considered as very important. For example, the microwave method has been on the market since 2003, but it was only with the adoption of DIN 68800-4 in 2012 that this method is recognized as being technically suitable. However, the temperature holding time of 60 minutes required in the DIN standard is considered to be disproportionate for microwave processes, since treatment over a few minutes is sufficient for a 100% extinction of house longhorn and Ptinidae beetles. It is recommended that manufacturers and users of biocide-free processes should actively participate in standardization processes, in particular those dealing with the evaluation of proof of efficacy of their products. Where appropriate, these groups could establish a common interest representation. Currently, manufacturers of biocide-free processes have no place in the biocide assessment process and often do not know how to position themselves there. Through an authorization procedure e.g. for rodent traps, as practiced in Sweden, their efficacy and compatibility with animal welfare would be checked and these products could be promoted accordingly. However, national solo attempts are not considered useful, instead a licensing system should better be established at EU level. At the final discussion meeting on this research project on 8 November 2018 at the German Environment Agency in Dessau, possible supporting measures for the development and application of biocide-free methods were also discussed: By further developing eco-labels, the respective products and methods can be well positioned on the market by the licence owners. In principle, manufacturers can also submit proposals for new eco-labels. In addition, they may submit an application for being considered in the lists of recognized procedures for disinfection or pest control in accordance with §18 of the German Infection Protection Act. The evaluation of efficacy and practicability of alternatives by independent bodies is an important driver for keeping biocide-free processes on the market.

In addition, knowledge of merchants on alternatives is very limited (for example in the anti-fouling sector). Thus merchants should be considered as another target group for information supply. Therefore, the providers of alternatives should be offered space at relevant trade fairs in order to bundle their products which so far are scattered. Thought expert lectures on alternatives a plenum could be offered to these providers.

Small and medium-sized enterprises (SME) could directly be financially supported by applying for research funding at the German Federal Environment Foundation (DBU), various EU programs such as Horizon 2020, or at SME-innovative biotechnologie (BioChance). Information and assistance for such applications should be offered by governmental agencies.

A specific internet platform could address the information deficit on possible funding routes prevailing among manufacturers and providers of biocide-free alternatives. Such a platform could also support information exchange on current discussion processes such as standardization procedures or consultations on the further development of biocidal legislation, in particular with regard to the inclusion of non-chemical alternatives in the comparative assessment under the BPD.

1 Hintergrund und Grundlagen

Die Verordnung über Biozidprodukte, Verordnung (EU) Nr. 528/2012 (BiozidVO) regelt die Anforderungen für das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten. In Deutschland sind derzeit etwa 40.000 Biozidprodukte gemeldet, von denen viele in sensiblen und verbraucher-nahen Bereichen eingesetzt werden. Das deutsche Chemikaliengesetz (§ 12e) fordert, dass die Bundesstelle für Chemikalien die Öffentlichkeit über Nutzen und Risiken des Einsatzes von Biozidprodukten informieren soll. Zudem sollen Informationen zu physikalischen, biologischen, chemischen und sonstigen Maßnahmen als Alternative zum Einsatz oder zur Minimierung von Biozidprodukten bereitgestellt werden, um die sachkundige, ordnungsgemäße und nachhaltige Verwendung von Biozid-Produkten zu gewährleisten. Mit Inkrafttreten der BiozidVO wurde die Bereitstellung von Verbraucherinformationen über Möglichkeiten zur Minderung des Biozideinsatzes in allen Mitgliedsstaaten verpflichtend (Art. 17). Zu diesem Zweck betreibt das Umweltbundesamt (UBA) seit Juli 2010 eine Internet- Plattform auf Basis eines Content Management Systems (CMS) Typo 3 (www.biozid.info). Die bereits eingestellten Informationen müssen regelmäßig an den wissenschaftlich-technischen Kenntnisstand angepasst und aktualisiert werden.

Biozidanwender müssen eine ordnungsgemäße Verwendung von Biozidprodukten sicherstellen. Dazu gehört laut BiozidVO (Art. 17(5)), dass „eine Kombination physikalischer, biologischer, chemischer und sonstiger eventuell gebotener Maßnahmen vernünftig angewandt wird, wodurch der Einsatz von Biozidprodukten auf das notwendige Mindestmaß begrenzt wird und geeignete vorbeugende Maßnahmen getroffen werden“. Bei biozidfreien Alternativen setzt dies aber eine fachlich fundierte Prüfung voraus. Insbesondere muss die Wirksamkeit der Alternative nachgewiesen werden und es darf zu keiner Verlagerung des Risikos in andere Bereiche führen.

In einem vorangegangenen Projekt wurde ein erstes Konzept zur Bewertung biozidfreier Alternativen mittels festgelegter nachvollziehbarer Kriterien entwickelt und anhand konkreter Beispiele im Hinblick auf deren Zweckmäßigkeit und Konkurrenzfähigkeit im Vergleich zu Bioziden überprüft. Als zentrales Kriterium wurde der Nachweis der Wirksamkeit der Alternative durch unabhängige und möglichst standardisierte Prüfungen angesehen, gefolgt von der Gebrauchstauglichkeit (u.a. Arbeitsaufwand, Materialverträglichkeit) und den Auswirkungen auf Ökologie, Umwelt- und Gesundheitsschutz sowie Tierschutz unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit (Gartiser et al. 2015). Durch diese festgelegten Kriterien sollte die Voraussetzung für eine behördliche Empfehlung von Alternativen geschaffen und hierdurch deren Akzeptanz und Verwendung anstelle von Bioziden gefördert werden. Die Alternativenbewertung dient auch der konkreten Unterstützung der Aufgabe der Zulassungsstelle für Biozide zur Informationspflicht hinsichtlich alternativer Maßnahmen zum Biozid-Einsatz, die u. a. über das Biozid-Portal des Umweltbundesamtes umgesetzt wird (<http://www.biozid.info>). Unter den alternativen Maßnahmen haben biozidfreie Verfahren eine besondere Bedeutung, da hier eine direkte Alternative zu einem Biozideinsatz beschrieben wird. Vorbeugende Maßnahmen, deren Potenzial hinsichtlich einer Minimierung des Biozideinsatzes als bedeutender eingeschätzt wird, lassen sich demgegenüber eher „diffus“ als Ratgeber für gutes Handeln beschreiben.

An Relevanz hat das Thema noch gewonnen, da nach Artikel 23 der Biozid-Verordnung im Rahmen der vergleichenden Bewertung von Biozid-Produkten, die einen zu ersetzenden (bedenklichen) Wirkstoff enthalten, auch der Vergleich mit einer (vorhandenen und geeigneten) nicht-chemischen Bekämpfungs- oder Präventionsmethode vorgesehen ist. Hiermit sollen biozide Wirkstoffe mit besonders gefährlichen inhärenten Eigenschaften substituiert werden (Art. 10 BiozidVO). Mit Bezug auf die Umwelt betrifft dies zu ersetzende Wirkstoffe, wenn sie zwei der drei Kriterien hinsichtlich persistenter, bioakkumulierbarer oder toxischer Wirkungen (PBT) erfüllen oder solche, deren Verwendung ein hohes potenzielles Risiko für ein Umweltkompartiment (z.B. für das Grundwasser) ergibt, das selbst

bei restriktiven Risikomanagementmaßnahmen (RMM) Anlass zur Besorgnis gibt oder Wirkstoffe die zu den Ausschlusskandidaten zählen (z.B. PBT, vPvB oder endokrinschädliche Substanzen), jedoch unter die in Art. 5 festgelegten Rückausnahmen fallen.. In diesen Fällen soll gemäß Artikel 23 der BiozidVO eine vergleichende Bewertung durchgeführt werden. Eine Bewertung von Alternativverfahren kann die Implementierung dieses Substitutionsverfahrens in die Praxis wesentlich befördern. Die Bewertungskonzepte für die Prüfung von Alternativen unter der BiozidVO und REACH sind im Kap. 3.3 beschrieben.

2 Recherchen zu verfügbaren Alternativen

Es wurde Recherchen in den Literaturdatenbanken Medline, ScienceDirect bzw. Scopus durchgeführt, in der überwiegend englischsprachige Fachzeitschriften abgedeckt sind. Stichwortkombinationen waren „biocide + alternative“, „antifouling + paints“, „physical + disinfection“, „physical + pest control“, „pest + microwave“, „ultrasound“ u.a. . In der Summe wurden über 1.800 Treffer gefunden, von denen ca. 600, die den Zeitraum von 2013 bis Oktober 2018 abdeckten, ausgewertet wurden. Von ca. 80 Arbeiten wurden die Originalarbeiten besorgt. Darüber hinaus wurden Recherchen in dem sozialen Netzwerk Researchgate sowie gezielte Internetrecherchen zu bestimmten Biozidalternativen durchgeführt. Wie auch bei den regelmäßigen Recherchen für die aktuellen Meldungen mit Biozid-Bezug sollte hierdurch sowohl Hinweisen auf biozidfreie Verfahren als auch zu Minimierungsmaßnahmen nachgegangen werden.

Einige der über diese Recherchen identifizierten alternativen Verfahren sind den sogenannten in-situ erzeugten Biozidwirkstoffen zuzurechnen, die in das Bewertungsverfahren der BiozidVO mit aufgenommen wurden. Hierbei wird die Kombination von Vorläufersubstanz(en) und Wirkstoff bewertet.² Gleiches gilt für in-situ durch z.B. Hochspannung, UV oder Photokatalyse erzeugte „freie Radikale“ und Singulett Sauerstoff, die aufgrund ihrer Reaktivität sehr kurzlebig sind. Allen in-situ-Verfahren ist gemeinsam, dass kein formuliertes Produkt mit bioziden Wirkstoffen vermarktet wird, sondern die Vorläufersubstanzen (Precursor) bzw. die Gerätschaften. Diese Verfahren werden als fortschrittlich oder sogar als biozidfrei beworben. Dies ist jedoch nicht korrekt, da Verfahren, in denen Stoffe oder Gemische erzeugt werden, die auf andere Art als durch bloße physikalische oder mechanische Einwirkung Schadorganismen bekämpfen, auch als Biozidprodukte anzusehen sind (Artikel 3(1)a der Biozid-Verordnung). Da jedoch einige in-situ-Verfahren in der Fachliteratur als „Alternativen zum Biozid-Einsatz“ aufgeführt werden, sind sie in der nachfolgenden knappen Zusammenfassung z.T. mitberücksichtigt. Es sei darauf hingewiesen, dass die Verfahren selbst an dieser Stelle nicht hinsichtlich ihrer Wirksamkeit, Praktikabilität und Umweltverträglichkeit bewertet werden.

2.1 PA 2 Allgemeine Desinfektions- und Algenbekämpfungsmittel

Einige der als „alternativ“ ausgewiesenen Verfahren betreffen die Desinfektion von Oberflächen und Abwasser:

- ▶ Photodynamische Inaktivierung von Bakterien: Sichtbares Licht aktiviert einen Photosensitizer unter Bildung reaktiver Sauerstoffspezies wie Singulett-Sauerstoff. Der Farbstoff SAPYR basiert auf der Perinaphthenon Struktur, zeigt eine Quantenausbeute von 99 %, ist wasserlöslich und photostabil. SAPYR hat einen dualen Wirkmechanismus gegen Biofilme: Es stört die Struktur des Biofilms auch ohne Beleuchtung und inaktiviert Bakterien in einem Biofilm nach

² https://echa.europa.eu/documents/10162/13564/ca_guidance_in-situ_en.doc/

einer einzigen Behandlung mit einer Wirksamkeit von $\geq 99,99\%$ (Cieplik et al. 2013). Das Verfahren ist vermutlich den in-situ-Verfahren zuzurechnen.

- ▶ Abwasserdesinfektion durch erweiterte Oxidationsverfahren (advanced oxidation process, AOP): Hierbei werden mittels Photokatalysatoren wie Titandioxid oder Eisen(II)hydroxid (Fenton-Prozess) unter Lichteinfluss reaktive Sauerstoffspezies / freie Radikale gebildet, die sowohl organische Stoffe abbauen, als auch Krankheitserreger wie *Staphylococcus aureus* inaktivieren (Valero et al. 20017). Sofern diese Verfahren mit einer bioziden Auslobung beworben werden, sind sie allerdings als in-situ Biozidverfahren von der BiozidVO betroffen. Derzeit werden 15 Wirkstoffdossiers „freie Radikale“ bewertet.³
- ▶ Durch Hochspannung erzeugtes kaltes Plasma besteht aus einem "Cocktail" positiver und negativer Ionen, reaktive Atome und Moleküle (Hydroxylradikale, Ozon, Superoxid und Stickstoffoxide). Die Effekte dieser Ionen auf Mikroorganismen erlauben eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten, darunter auch die Dekontamination von Oberflächen und die Biofilmentfernung (O'Connor et al., 2014). Weitere Anwendungen in der Instrumenten- und Oberflächendesinfektion (Rowan et al. 2007). In der Plasmatechnologie wird allgemein ein Vorteil gegenüber konventionellen Bioziden gesehen, da die von Bakterien ausgeschiedenen extrazellulären polymeren Substanzen, die den Biofilm bilden, durchbrochen werden (Gilmore et al. 2018). Auch dieses in-situ-Verfahren ist von der BiozidVO betroffen.
- ▶ Magnetische Eisenoxid Nanopartikel wurden mit einem antimikrobiellen Peptid funktionalisiert und die antimikrobielle Wirkung gegen *E. coli* K-12 und *Bacillus subtilis* nachgewiesen. Die Nanopartikel dienen der Immobilisierung der Peptide und deren Rückhaltung in einem magnetischen Feld. Ziel ist ein Verfahren zur Abwasserdesinfektion (Pina et al. 2014). Inwieweit dieses Verfahren der BiozidVO zuzuordnen ist, müsste geklärt werden.
- ▶ Bei der photodynamischen Desinfektion sowie bei der Desinfektion über Plasma werden reaktive Sauerstoffverbindungen und Radikale freigesetzt, so dass diese als „precursor“ bzw. die als „in-situ“ erzeugte Wirkstoffe von der BiozidVO betroffen sind. Insgesamt wird der Verwendung von aus der medizinischen Phototherapie stammenden Farbstoffen, die durch sichtbares Licht aktiviert werden, für die Desinfektion von Oberflächen oder Wasser eine wichtige Rolle zugeschrieben (Mesquita et al. 2018). Die UV-Desinfektion von Wasser, die z.B. bei der Wasseraufbereitung (Trinkwasser, Schwimmbadwasser, Kühlwasser, Abwasser) sehr weit verbreitet ist, gilt als physikalisches Verfahren und ist nicht von der BiozidVO betroffen (European Commission 2015a). Die eingereichten Wirkstoffdossiers für freie Radikale werden derzeit bewertet.
- ▶ Bei der Anwendung von Ultraschall 20 kHz in Wasser werden Kavitationskräfte frei, die zur Bildung von Wasserstoffperoxid und Hydroxylradikalen führen. Dieser Mechanismus wurde bisher für erweiterte Oxidationsprozesse (Advanced oxidation processes, AOP) in der Abwasserbehandlung genutzt (Ziembowicz et al. 2018). Die Inaktivierung von Bakterien durch Ultraschall wurde am Beispiel von *E. coli* K12 beschrieben (Spiteri et al. 2017). Konkrete Anwendungen im Biozidbereich sind jedoch nicht bekannt. Der Einsatz von Ultraschall z.B. in der Abwasserdesinfektion erfolgt eher unterstützend in Kombination mit anderen oxidativen Desinfektionsmitteln oder UV (Joyce and Mason 2009). Inwieweit die Freisetzung von Wasserstoffperoxid und Hydroxyl-Radikalen durch Ultraschall ebenfalls den in-situ-Verfahren zuzurechnen ist, müsste rechtlich geklärt werden. Offenbar ist das Ultraschallverfahren alleine nicht genügend wirksam, so dass flankierend Biozide eingesetzt werden.

³ <https://echa.europa.eu/de/information-on-chemicals/biocidal-active-substances>

- ▶ Zahlreiche Arbeiten beschäftigen sich mit Möglichkeiten der Oberflächenbeschaffenheit. In einer Übersichtsarbeit von Adlhart et al. (2018) zum Einsatz modifizierter Oberflächen im Gesundheitsbereich werden neben superhydrophoben Oberflächen, die den sog. Lotuseffekt ausnutzen und die Adhäsion der Bakterien an Oberflächen verhindern, auch verschiedene Möglichkeiten aktiver Oberflächen vorgestellt. Sogenannte Polymerbürsten haben einen antimikrobiellen Effekt, ohne dass sie Biozide freisetzen. Polymerbürsten sind Copolymere, die so dicht gepropft sind, dass die einzelnen Polymerketten sich von dem Substrat weg strecken müssen.⁴ Diese können mit Bioziden wie Quartäre Ammoniumverbindungen (QAV) kovalent so verknüpft werden, dass sich die Wirkung gegenüber Bakterien entfalten kann ohne, dass der Wirkstoff freigesetzt wird. Ähnlich lassen sich auch Bakteriophagen an Polymerbürsten koppeln, so dass sie Bakterien an der Oberfläche infizieren und dadurch abtöten. Davon abzugrenzen sind Materialien, die Biozide – wenn auch verlangsamt – kontinuierlich freisetzen oder durch photokatalytisch aktive Substanzen wie TiO₂ unter UV oder Weiß-Licht reaktive Sauerstoffverbindungen erzeugen. Poverenov und Klein (2018) beschreiben verschiedene Möglichkeiten, um QAV kovalent an Glas-, Metall- oder Kunststoffoberflächen zu binden, so dass diese Oberflächen antimikrobielle Eigenschaften aufweisen, ohne dass Biozide freigesetzt werden.

Wie oben aufgeführt, sind einige der aufgeführten als innovativ beworbenen Verfahren definitiv von der BiozidVO betroffen, bei anderen müsste dies im Einzelnen noch geprüft werden. Dennoch finden sich hier interessante Ansätze, die zumindest zu einer Minimierung des Biozideinsatzes oder zu reduzierter Freisetzung führen könnten.

⁴ <https://de.wikipedia.org/wiki/Polymerb%C3%BCrste>

2.2 PA 4 Hygiene im Lebensmittelbereich

Kaltes Plasma wird auch zur Behandlung von Waschwasser für die Reinigung geschlachteter Hühner eingesetzt. Zahlreiche weitere Artikel beschreiben die Effizienz des Verfahrens zur Desinfizierung von Gemüse, Früchten und Gewürzen. (Rowan et al., 2007, Thirumdas et al. 2018). Hierbei wird es als umweltfreundliches Verfahren, das frei von Chemikalien ist, beworben. Da kaltes Plasma freie Radikale enthält, ist es ebenfalls von der BiozidVO betroffen.

2.3 PA 6 Schutzmittel für Produkte während der Lagerung

Halla et al. (2018) beschreiben in einem Review verschiedene Strategien zur Konservierung von Kosmetika. Grundsätzlich werden physikalische mit chemischen Methoden kombiniert. Wichtigste Voraussetzung ist die Einhaltung der „Good Manufacturing Practice“ (GMP), also der Einhaltung der allgemeinen Hygiene und der Produktion unter aseptischen Bedingungen. Ein weiteres Ziel ist die Vermeidung bzw. Reduktion von Sauerstoff z. B. durch Barriere-Systeme (Verpackung, geeignete Dosiersysteme) und Antioxidantien. Zudem spielen die Wasseraktivität (u.a. von Salzkonzentration abhängige relative Feuchte) und der pH-Wert eine Rolle.

2.4 PA 8 Holzschutzmittel

Die Recherchearbeiten zu verfügbaren Alternativen konzentrierten sich auf den Eignungsnachweis und die Bewertung der großtechnischen Herstellung **modifizierter Hölzer** (Thermoholz, acetyliertes Holz, mit Furfurylalkohol vernetztes Holz). Gegenüber einer ersten Analyse der Verwendung von modifiziertem Holz als Alternative zum Einsatz von Holzschutzmitteln (Gartiser et al. 2008) hat sich die Datenlage deutlich erweitert. Es sind zahlreiche aktuelle Publikationen vorhanden, die sich mit der Beständigkeit von modifiziertem Holz in Abhängigkeit von der Wasseraufnahme (Engel und Thybring 2013) beschäftigen. Die Beständigkeit von acetyliertem Holz gegenüber Mikroorganismen (Pilze, Bakterien) wurde von Mohebbi und Militz (2010) in Feldversuchen über 350 Wochen entsprechend der DIN EN 252 bestimmt. Nach 7 Jahren war das acetylierte Holz deutlich weniger befallen als die Vergleichsprobe. Acetyliertes Holz wird erfolgreich auch für Baukonstruktionen eingesetzt und kann es bei einer prognostizierten Lebensdauer von 80 Jahren dort durchaus mit anderen Materialien wie Beton aufnehmen (Bonfers et al. 2010). In einer überschlägigen Betrachtung der Ökobilanz von acetyliertem Holz im Vergleich zu natürlichem Holz und anderen Baustoffen ergab sich, dass rasch wachsende Baumarten wie die Monterey-Kiefer (*Pinus radiata*), die in Neuseeland angebaut wird, trotz des Aufwandes für die Acetylierung in Bezug auf die CO₂-Bilanz besser abschneidet als Tropenholz oder Baustoffe wie Sperrholz, Beton oder Stahl (van der Lugt und Vogtländer 2013). Während für Holz als Baustoff mehrere vergleichende Ökobilanzen im Vergleich zu anderen Materialien vorliegen (u.a. Werner und Richter 2007), schließen die bisher vorliegenden Studien modifizierte Hölzer nicht mit ein, so dass man auf (unvollständige) Firmenangaben zurückgreifen muss. Für die anderen Holzmodifikationsmethoden wurden bislang keine Hinweise auf vergleichende Ökobilanzen gefunden.

Es wurden folgende **physikalische Verfahren** im bekämpfenden Holzschutz recherchiert:

Im Bereich des bekämpfenden Holzschutzes verweist die überarbeitete DIN 68800-4 auf **thermische Verfahren (Heißluftsanierung)** als Regelsanierung zur Bekämpfung holzerstörender Insekten. In der Norm wurden erstmals **elektrophysikalische Verfahren (Mikrowellen und Hochfrequenz)** als Sonderverfahren berücksichtigt. Diese beruhen letztlich ebenfalls auf einer Erwärmung der behandelten Holzbauteile. Bei der **Mikrowellentechnik** wird das Holz in einem Strahlungsfeld, bei der Hochfrequenztechnik in einem Kondensatorfeld für mindestens 60 Minuten auf 55 °C erhitzt. Die Norm fordert, dass dies bauteilbezogen nachzuweisen ist. Mit Bezugnahme auf die DIN 68800-4 gelten sowohl das Heißluftverfahren als auch die elektrophysikalischen Verfahren als Stand der Technik. Die

Mikrowellentechnik wurde als eines von drei Beispielen für die Erprobung des Konzeptes zu den Bewertungskriterien für biozidfreien Alternativen ausgewählt (siehe Kap. 4).

Die **Hochfrequenztechnik** beruht auf ähnlichen Grundlagen, arbeitet aber bei einer höheren Arbeitsfrequenz von üblicherweise 13,56 MHz (für technische Anwendungen von der Post freigegebene Frequenz). Nach Anwenderangaben kann die Hochfrequenz gezielter eingesetzt werden als Mikrowellen und dringt tiefer in den Werkstoff ein. Zudem ist sie für Anwender ungefährlicher als Mikrowellenstrahlung. An den zu behandelnden Holzabschnitten werden zwei gegenüberliegende Metallplatten angebracht ("Sandwich") und diese mit einem Hochfrequenzgenerator verbunden. Der Aufbau gleicht dem eines Platten-Kondensators mit Holz als Dielektrikum dazwischen. Die Holzbauteile erwärmen sich von innen nach außen.⁵ Elektrophysikalische Verfahren wurden auch erfolgreich gegen Vorratsschädlinge, z.B. durch thermische Behandlung von Getreide, eingesetzt (Jütterschenke 1999).

Als weiteres Verfahren ist die sogenannte „Kaltentwesung“ auf dem Markt. Hierbei werden sämtliche Entwicklungsstadien eines Insektes bei Temperaturen von bis zu -30° C zuverlässig abgetötet. Bisher wurde dieses Verfahren in stationären Kältekammern mit limitierter Volumengröße (ca. 9 m³) angewandt. Die niedrigen Temperaturen werden durch flüssigen Sauerstoff (Siedepunkt -183° C) bzw. flüssiger Stickstoff (Siedepunkt - 196° C) erreicht. Allerdings wirkt die hohe Sauerstoffkonzentration brandbeschleunigend und beim Einsatz von flüssigem Stickstoff besteht ggf. Erstickungsgefahr. Daher wurden bei einer Anwendung beide flüssigen Gase zur Behandlung fest verbauter und mit dem gemeinen Nagekäfer befallenen Kirchenbänke entsprechend der Konzentrationen in der Atemluft über eine Steuereinheit gemischt und die unter eine Folie eingepackten Bänke erfolgreich behandelt (Hawlik 2009).

Eine andere Publikation dokumentiert die erfolgreiche Behandlung einer mit Anobien (Nagekäfer) befallenen Kirchenkanzel durch Stickstoff. Die Kanzel wurde hierzu in Folie eingepackt. Der Stickstoff wurde aus der Umgebungsluft gewonnen, indem diese bei einem Druck von 8–10 bar über eine Spezialfiltermembran geführt wurde, wobei sich gasförmiger Stickstoff abscheidet. Die Wirkung beruht auf der Verdrängung von Luftsauerstoff, die genaue Behandlungsdauer wird nicht angegeben (Singer 2009). Stickstoff ist, wie auch Kohlenstoffdioxid, als biozider Wirkstoff für die Produktart (PA) 18 (Insektizide/Akarizide) erfasst, für die PA 8 (Holzschutzmittel) ist hingegen nur Kohlenstoffdioxid aufgeführt. Stickstoff und Kohlenstoffdioxid sind jedoch als risikoärmere Wirkstoffe im Anhang I der BiozidVO gelistet.

Im Zusammenhang mit den Recherchen zum Mikrowellenverfahren wurde von Seiten der Anwender auch auf die Problematik der Stickstoffbegasung in entsprechenden Begasungskammern hingewiesen. Während Stickstoff aus Druckgasflaschen als biozider Wirkstoff zugelassen und zugleich auch in Anhang I der BiozidVO als Wirkstoff für das vereinfachte Zulassungsverfahren aufgenommen wurde, ist die Anwendung von-in-situ erzeugtem Stickstoff seit dem 1. September 2017 nicht mehr zulässig,⁶ da kein in-situ Dossier für diesen Wirkstoff eingegangen ist. Verschiedene Hersteller bieten Stickstoffgeneratoren an, die Stickstoff aus der Umgebungsluft mittels Membranverfahren, Molekularsieben oder Adsorptionsverfahren isolieren.^{7, 8, 9} Haupteinsatzgebiete des in-situ hergestellten Stickstoffs sind die Lebensmittelindustrie (Druck und Inertgas) oder die Verwendung als Schutzgas gegen Korrosion oder aus Brandschutzgründen z.B. in Tankanlagen. Als Biozid wurde in-situ erzeugter

⁵ <http://www.binker.eu/bekaempfungsmethoden/physikalische-verfahren/hochfrequenztechnik.html>

⁶ CA-May15-Doc.5.1.b: Management of in situ generated active substances in the context of the BPR The case of nitrogen

⁷ Parker Hannifin Manufacturing Limited → <http://www.parker.com>

⁸ AIR SEPARATOR TECHNOLOGIE GmbH → <http://www.air-separator.de/>

⁹ DWT Handelsgesellschaft für Druckluft-Werkzeug-Technik mbH → <https://www.dwt-gmbh.de>

Stickstoff u.a. für die Begasung von Kunstgegenständen in Museen in entsprechenden Begasungskammern oder luftdichten Säcken verwendet. Je nach Objekt, Temperatur, Luftfeuchtigkeit Temperatur und Stickstoffkonzentration dauert die Behandlung ein bis mehrere Wochen (Valentín 1993).¹⁰ Von Anwenderseite wird befürchtet, dass nun wieder konventionelle Begasungsmittel wie Sulfuryldifluorid in Museen eingesetzt werden. Sofern keine Holzschädlinge bekämpft werden, besteht eine Überlappung zur PA 18.

2.5 PA 10 Schutzmittel für Baumaterialien

Alternative Vorsorge- und Schutzmaßnahmen zur Verminderung der Entwicklung von als störend empfundenen Verfärbungen durch Algen- oder Pilzwachstum auf Fassaden sind auf dem Markt verfügbar (z.B. mineralische Putze, diffusionsoffene Systeme und Wärmedämmverbundsysteme mit dem Umweltzeichen RAL-UZ 140). Von Seiten des Umweltbundesamtes werden „Entscheidungshilfen zur Verringerung des Biozideinsatzes an Fassaden“ bereitgestellt.¹¹ In der wissenschaftlichen Literatur finden sich aber wenige Arbeiten hierzu und die Auswahl von Baustoffen war kein Fokus in der Literaturstudie.

Pfendler et al. (2018) verglichen verschiedene Verfahren zur Entfernung von Biofilmen von historischer Bausubstanz. Bei Bioziden zeigten die Ergebnisse auch nach zwei Behandlungen eine unvollständige Ausrottung der Biofilme. Hierbei wurden durch Bestrahlung mit UV-C bessere Ergebnisse bei der Entfernung von aus Algen und Cyanobakterien bestehenden Biofilmen erzielt, als mit drei (nicht näher beschriebenen) konventionellen Bioziden, mit denen der Biofilm auch durch zweimalige Behandlung nicht vollständig entfernt werden konnte. Das UV-C-Verfahren wurde als umweltfreundliche und beste Alternative zum Chemikalieneinsatz hervorgehoben.

Einige Arbeiten thematisieren die Verminderung der Auswaschung von Bioziden durch Einkapselung. Burkhardt und Vonbank (2011) untersuchten die Auswaschung von Bioziden (Diuron, Terbutryn und OIT) aus Fassaden in einer Beregnungskammer über 21 Tage mit 84 simulierten Regenergnissen in Proben mit und ohne Applizierung der Biozide in Polymer basierten Mikrokapiteln. Insbesondere bei neuen Beschichtungen reduzierte sich die Auswaschung über den gesamten Versuchszeitraum durch die Mikroverkapselung um rd. 30 % im Vergleich mit der frei verfügbaren Form. Vermeirssen et al. (2018) untersuchten das Auswaschverhalten von Terbutryn und verschiedenen Isothiazolinonen in Anlehnung an EN 16105 (Freisetzung von Substanzen aus Beschichtungen in intermittierendem Kontakt mit Wasser) und fanden eine deutlich reduzierte Auswaschung um Faktor 4 bis 27 für die in einer Polymermatrix mikroverkapselten Biozide im Vergleich zu den freien Bioziden, die auch mit einer verringerten Ökotoxizität einherging.

Styszko et al. (2014) bestimmten die Desorptionskonstanten verschiedener Biozide (Cybutryn, Carbendazim, Iodocarb, Isoproturon, Diuron, Dichloro-n-octylisothiazolinon (DCOIT) und Tebuconazole aus Akrylat- bzw. Silikon-basierten Putzen bei verschiedenen pH-Werten. Generell wurden die eher hydrophilen Biozide wie Isoproturon und Diuron rascher freigesetzt als die eher lipophilen Substanzen wie Iodocarb oder DCOIT. Die Auswaschung wurde zudem vom pH-Wert mitbestimmt, der sich zu Beginn der Auswaschung auf etwa bei pH 9,5 (Porenwasser im Putz) und im weiteren Verlauf auf etwa pH 5,6 (Regenwasser) einstellt, wobei sich keine allgemeingültige Regel ableiten ließ. Die für die Akrylat- und Silikon-basierten Putze bestimmten Desorptionskonstanten waren weitgehend vergleichbar. Durch Erhöhung des Polymeranteils im Putz konnte die Auswaschung von Tebuconazol, Cybutryn, Carbendazim verringert werden, nicht aber die von Isoproturon und Diuron. Die Autoren

¹⁰ Siehe auch → <http://museumpests.net/solutions-nitrogenargon-gas-treatment/>

¹¹ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/merkblaetter_1-5_entscheidungshilfen_zur_verringerung_des_biozideinsatzes_an_fassaden.pdf

schlagen vor, die Desorptionskonstanten von Bioziden in der Produktentwicklung zu bestimmen, um die Leistungsfähigkeit der Putze zu optimieren und die Auswaschung zu minimieren.

2.6 PA 11 Kühl- und Verfahrenssysteme

Badve et al. (2013, 2015) beschreiben ein Verfahren zur Meerwasserbehandlung mittels hydrodynamischer Kavitation.¹² Das Verfahren leitet sich aus der Strömungstechnik ab. Bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten wird im sogenannten Bernoullirohr¹³ ein Unterdruck erzeugt, der zur Bildung von Gasblasen führt, die wiederum implodieren. Hierdurch werden Schockwellen mit Hochtemperaturbereichen zusammen mit reaktiven Hydroxylradikalen gebildet. Damit ist das Verfahren prinzipiell von der BiozidVO betroffen. Das Verfahren wird zur Kühlwasser- und Ballastwasserbehandlung oder auch Abwasserbehandlung aus der Holzverarbeitenden Industrie vorgeschlagen. Maslak und Weuster-Botz (2011) beschreiben eine Kombination dieses Verfahrens mit dem bioziden Wirkstoff Chlordioxid zur Desinfektion von Wasser, so dass davon auszugehen ist, dass die hydrodynamische Kavitation alleine nicht wirksam ist. Auch in einem DBU-Projekt wurde festgestellt, dass alleine durch hydrodynamische Kavitation in einer halbtechnischen Versuchsanlage keine wirtschaftlich nutzbare Konfiguration zur Entkeimung von Prozesswässern erzielt werden kann. Erst die Kombination von Kavitationsentkeimern mit Chlordioxid erzielte eine ausreichende Desinfektion von Wasser (Anonymus 2009). In einem Review von Cvetković et al. (2015) zur Ballastwasserbehandlung mittels hydrodynamischer Kavitation wird der neuen Technik eine hohe künftige Bedeutung vorausgesagt. Allerdings zeigen die Arbeiten, dass die Kavitation alleine nicht ausreichend wirksam ist und den Biozideinsatz nicht komplett ersetzen kann.

2.7 PA 13 Bearbeitungs- und Schneidflüssigkeiten

Wichmann et al. (2013) schlagen den Ersatz von mineralölbasierten Kühlschmierstoffen für die Metallbearbeitung durch eine neuartige Mischung aus 35 % Glycerin (Propan-1,2,3-triol) in Wasser vor. Da das Gemisch biostatisch wirkt, entfällt der Zusatz von Bioziden zur Konservierung. Zudem ist verdünntes Glycerin mikrobiologisch abbaubar, so dass die Entsorgung als Abfall entfällt.

2.8 PA 14 Rodentizide

Die (z.T. potentiell) als PBT eingestuften Antikoagulanzen sind einer vergleichenden Bewertung zu unterziehen. Daher wurde die Kanalisationsfalle gegen Ratten (und vergleichbare Produkte) als weiteres Beispiel für die detaillierte vergleichende Bewertung von biozidfreien Alternativen ausgewählt (siehe Kap. 5).

2.9 PA 18 Insektizide und Mittel gegen Arthropoden

Die Möglichkeit der „Kaltentwesung“ im Vorratsschutz ist bereits seit langem bekannt und wird insbesondere für rieselfähige Lebensmittel angewendet (Tallafus 1996). Das Tiefrieren wird auch als „Hausmittel“ gegen Lebensmittel- oder Kleidermotten empfohlen.¹⁴

In einer Untersuchung des Julius Kühn-Institutes (JKI) wurde überprüft, ob Brotkäfer (*Stegobium paniceum*) und Dörrobstmotten (*Plodia interpunctella*) sowie ihre Entwicklungsstadien durch Tiefrieren abgetötet werden können. Die Versuche wurden in einem Labor-Kühlbrutschrank durchgeführt. Hierzu wurden je 50 Eier, Larven und Puppen, sowie Käfer bzw. Falter in Käfige eingebracht.

¹² <https://de.wikipedia.org/wiki/Kavitation>

¹³ https://de.wikipedia.org/wiki/Str%C3%B6mung_nach_Bernoulli_und_Venturi

¹⁴ http://www.pan-germany.org/deu/projekte/biozidrisiken_mindern/lebensmittelmotten.html

Nach einer Behandlungsdauer von rund einer Stunde bei minus 18 °C wurden alle Entwicklungsstadien des Brotkäfers und der Dörrobstmotte zuverlässig abgetötet (Adler 2010).

Rukke et al (2018) untersuchten den Einfluss von subletalem Hitzestress auf die Überlebensrate und Fruchtbarkeit von Bettwanzen. Nach einer Behandlung von zwei bis drei Wochen bei 34 - 38 °C wurde eine signifikante Mortalität und Abnahme der Eiablage selbst nach einer sieben-wöchigen Erholungsphase bei 22 °C beobachtet. Zwar erwies sich die Wärmebehandlung alleine für eine vollständige Tilgung nicht als ausreichend. Allerdings unterstützt die Wärmebehandlung den Erfolg von Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen und kann somit als kostengünstiger Bestandteil einer integrierten Schädlingsbekämpfung angesehen werden.

Die thermische Entwesung ist ein anerkanntes Verfahren und es werden von zahlreichen Herstellern entsprechende Geräte angeboten. Als optimaler Temperaturbereich gegenüber Insekten werden meist 50-60 °C angegeben. Die Eiweiß-Denaturierung beginnt ab etwa 45 °C, benötigt dann aber deutlich längere Behandlungsdauern (Hasenböhler 2006). Auf die verschiedenen Anwendungen wurde im Abschlussbericht zum Vorgängerprojekt näher eingegangen (Gartiser et al. 2015). Die thermische Entwesung ist in dem RAL UZ 57 b „Thermische Verfahren zur Bekämpfung von Schädlingen in Innenräumen“ als anerkanntes Verfahren aufgeführt.

2.10PA 21 Antifoulingmittel

In einer Übersichtsarbeit von Gittens et al. (2013) wird der aktuelle Stand von alternativen Antifoulingstrategien zusammengefasst und es werden folgende Verfahren beschrieben:

- ▶ Low surface-energy fouling-release coatings: Coatings bestehend aus fluorierten Polymeren oder Silikonen, bei denen anhaftende Organismen ab Fahrgeschwindigkeiten von 5-10 m/sec (10-20 Knoten) durch die Scherkräfte abgerissen werden. Zahlreiche Arbeiten beschäftigen sich mit der Entwicklung von Antifoulingbeschichtungen auf Basis von Siloxan-Derivaten (Akuzov et al. 2017, Barletta et al. 2018). Zum Teil wird auch mit Nanopartikeln (Silizium, Magnetit) beschichteten Coatings experimentiert (Boguslavsky et al. 2018, Selim et al. 2018). Inwiefern die neu entwickelten Coatings bessere Umwelteigenschaften aufweisen, wird meist nicht geprüft. Einzelne Arbeiten weisen darauf hin, dass dies oftmals nicht der Fall ist (Karlsson et al. 2004, Löschau und Krätke 2005, Piazza et al. 2018).
- ▶ Polymer brushes: An Oberfläche angebrachte langkettige Polymere auf Basis von Metacrylaten („Polymerbürsten“) verhindern das Anheften von Organismen. Teilweise wird Chitosan als natürliches antibakterielles Polymer zugegeben. Bislang ist Chitosan nicht im Reviewverfahren der BiozidVO berücksichtigt. Yang et al (2014) geben einen Überblick über die Anwendung von Polymerbürsten im Antifoulingbereich mit und ohne Zusatz von Bioziden, von denen sich die meisten aber noch im Entwicklungsstadium befinden.
- ▶ Sol-gel coatings: Anorganische / organische Hybridpolymere durch Hydrolyse und Kondensation von Metallalkoxiden und Organoalkoxysilanen. Die Mischung von Organosilikonen und anorganischen Silikonen bilden ein poröses Gel aus dem Alkohole und Wasser langsam abgegeben werden. Die Coatings werden z.B. auch für Antigriffstriche eingesetzt.
- ▶ Zwitterionic surfaces: Oberflächen aus Polymeren (z.B. Polysulfobetain-Methacrylate), die kationische und anionische Gruppen enthalten, dadurch ungeladen sind und somit die Adsorption von Polymeren erschweren.
- ▶ Amphiphilic surfaces: Oberflächen, die im Nanobereich hydrophobe und hydrophile Gruppen enthalten, was die Bindung biologischer Makromoleküle reduziert und damit zu verringertem Fouling führt. Beispiele sind Folien aus Phosphorylcholin-Copolymer, die mit Laurylgruppen vernetzt sind.
- ▶ Biomimetic strategies using natural products, cells and enzymes: In die Polymermatrix eingebrachte immobilisierte (kovalent gebundene) Enzyme (z.B. Lysozym) werden als Additive für

Antifouling-Anstriche eingebracht. Dieses Verfahren kann auch mit den Polymerbürsten gekoppelt werden. Schwämme verhindern Biofouling an ihren Oberflächen durch bakterielle Biofilme, aus denen sich bioaktive Substanzen gewinnen lassen, die eine Antifoulingwirkung haben. Eine ähnliche Wirkung wird auch für bestimmte Algen beschrieben, die z.B. antimikrobielle Substanzen freisetzen. Ähnlich wie bei der mikrobiell induzierten Korrosion gibt es auch Mikroorganismen wie *E. coli* und verschiedene Stämme von *Bacillus sp.* und *Pseudomonas fragi*, die die Korrosion von Materialien reduzieren, indem sie andere Bakterien, wie z.B. Sulfat reduzierende Bakterien, verdrängen.

- ▶ Die kontinuierliche Belüftung von Oberflächen scheint über die Luftblasenbildung ebenfalls das Anheften von Organismen zu reduzieren.

Zahlreiche weitere Fachartikel beschäftigen sich u.a. mit folgenden Themen:

- ▶ Reduzierte Anhaftung von Rankenfußkrebse (z.B. Entenmuscheln) mit zunehmender Expositionszeit und Ultraschalldruck. Die Anregungsfrequenz von 23 kHz zeigte die effektivste Hemmung. Die parallel untersuchte Ultraschall-Kavitation lässt vermuten, dass die Cyprislarven physikalisch geschädigt werden (Guo et al. 2011). Dies wurde auch schon in der Arbeit von Branscombe und Rittschof (1987) beobachtet, die in Laborexperimenten eine signifikante Hemmung der Anhaftung der Cyprislarven durch Ultraschall niedriger Frequenz (30 Hz) beobachteten.
- ▶ Das Naturprodukt Capsaicin, Inhaltsstoff in Chilischoten, gilt als ein vielversprechendes Additiv für Antifouling-Farben (Wang et al., 2014). Auch andere Naturstoffe wie Tannin (Peres et al. 2015), Extrakte von marinen Schwämmen (Acevedo et al 2013), haben Antifoulingeigenschaften. Es zeigt sich, dass eine bessere Kenntnis der Anheftungsstrategien von Bewuchsbildenden Organismen und die den Aufwuchs mindernden Gegenmaßnahmen anderer Organismen für eine Optimierung von Antifoulingkonzepten genutzt werden kann (Almeidam et al. 2015).
- ▶ In zahlreichen Studien wurde die Antifoulingwirkung von Extrakten mariner Makroalgen untersucht. Diese scheint bei Braunalgen (Phaeophyta) und Rotalgen (Rhodophyta) ausgeprägter zu sein als bei Grünalgen (Chlorophyta). Allerdings wurden die Extrakte meist gegenüber isolierten Modellorganismen getestet. Praxistests mit konkreten Antifoulingfarben stehen meist noch aus (Dahms and Dobretsov, 2017).
- ▶ In der Meeresumwelt lebende Makroorganismen haben verschiedene Strategien entwickelt, ihre festen Oberflächen vor Bewuchs zu schützen. Der Besiedelung dieser Oberflächen mit Mikroorganismen kommt hierbei eine entscheidende Bedeutung zu. Ein besonderes Augenmerk richtete sich auf Schwämme und Korallen, die mit einer Vielzahl von Mikroorganismen vergesellschaftet sind, die Metaboliten mit Antifouling-Wirkung freisetzen. Weitere untersuchte Organismengruppen mit Antifoulingaktivität sind Seescheiden (Ascidiae), Seetang (benthische Makroalgen, mehrere Gruppen), Seegräser (*Zostera*) und Moostierchen (Bryozoen). In einem Review-Artikel von Satheesh et al. (2016) werden verschiedene Mikroorganismen die von Oberflächen dieser Organismen isoliert wurden und die eine antimikrobielle bzw. bewuchshindernde Wirkung zeigen, beschrieben.
- ▶ Weitere Arbeiten beschäftigen sich eher mit der Verminderung der Auswaschung von Bioziden durch Einkapselung. Wallström et al (2011) konnten durch Einbettung in eine Silikonmatrix den Biozidgehalt in Antifoulingfarben (hier Zinkpyrithion) bei gleicher Wirksamkeit um 70 % reduzieren. Dies wird auf das Quellen des Gels bei Wasserkontakt und die verzögerte Auswaschung zurückgeführt. Silva et al (2019) beschrieben die Wirksamkeit und das Auswaschverhalten der Biozide Irgarol und Ecomea (Tralopyril), die kovalent an Schiffsanstrichen auf Polyurethan- und Silikonbasis gebunden wurden. Die Antifoulingwirkung der Anstriche

wurde unter Praxisbedingungen bestätigt. Die Autoren gingen davon aus, dass die Biozide nicht ausgewaschen werden und belegen dies mit Ökotoxizitätstests.

In zwei Projekten der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) wurden Prototypen von Bürsten-Waschanlagen zur Reinigung von Sportbooten im Wasser getestet (Lompe et al. 2013, Daehne et al. 2014). Hierbei wurde ein deutlicher Unterschied der Bewuchsintensität in Salz- und Süßwasser festgestellt. Bei Salzwasser führt das zu kürzeren Reinigungsintervallen. In Süßwasserrevieren wird die Reinigung von Sportbootrümpfen als Alternative zum Einsatz von biozidhaltigen Antifoulingbeschichtungen angesehen. Es besteht jedoch die Notwendigkeit einer Behandlung der Waschwässer z.B. über Filteranlagen, wobei unklar ist ob hierdurch unerwünschte Auswirkungen auf das Gewässer am Standort der Anlage sicher vermieden werden können.

Bei den verschiedenen neueren Entwicklungen im Bereich der Antifoulingstrategien ist oftmals nicht klar, inwieweit es sich um marktfähige Produkte oder um Forschungsaktivitäten handelt und ob diese Verfahren in den Anwendungsbereich der BiozidVO fallen. Dies müsste in einer vertieften Bewertung der Alternativen eruiert werden.

Am 21./22. September 2017 fand bei der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz ein Fachgespräch und Workshop zum Thema „Gewässerschonender Umgang mit Antifouling-Beschichtungen im Sportbootbereich“ statt. Hier wurde u.a. diskutiert, dass durchaus noch relevante Mengen des (verbotenen) TBT aus Altbeschichtungen freigesetzt werden und die Konzentrationen auf Waschplätzen den EU Umweltqualitätsstandard von 0,2 mg/L teils drastisch überschreiten. Bei kupferhaltigen Anstrichen wurde die für die Wirkung benötigte Menge durch zu hohe Schichtdicken bei mehr als 50 % der untersuchten Boote unnötigerweise überschritten. Nach wie vor existieren in Deutschland zu wenige Bootswaschplätze, so dass es zu unkontrollierten Einträgen an Antifoulingmitteln auf dem gesamten Hafengelände kommt. Durch vorsichtiges Waschen der Bootsrümpfe mit Schwämmen werden die Beschichtung und die Umwelt geschont. Auf Hochdruckreiniger sollte möglichst verzichtet werden. Bei unbekanntem Rumpfbeschichtungen sollten Hochdruckreiniger grundsätzlich nicht benutzt werden. Durch Aufbringung verschieden farbiger Schicht lässt sich die tatsächlich abgetragene Schichtdicke ermitteln und ein neuer Antifoulinganstrich gezielter aufbringen. Die Verwendung reinerungsfähiger Beschichtungen auf Basis von Silikonen oder Epoxidhartlacken in Verbindung mit mobiler oder stationärer Reinigung oder Reinigungsfolien wird als technisch ausgereift angesehen und stellt eine wirksame Alternative im Sportbootbereich dar. Sportboote gelten als relevanter Faktor in der möglichen Verschleppung nicht einheimischer Arten, so dass die Boote und Bootsanhänger immer vor dem Transport gereinigt werden sollten (Vortrag Herr Watermann, Limnomar, 2017). Weiter angesprochene Probleme betrafen die Entsorgung von Booten mit unbekanntem Beschichtungen am Ende ihrer Lebensdauer.

2.11 Hinweise auf alternative Verfahren in aktuellen Meldungen

Eine Auswertung der aktuellen Meldungen für das Biozidportal ergab Hinweise auf alternative Verfahren, die potentiell einer detaillierteren Bewertung zugeführt werden könnten. Im [Anhang 1](#) findet sich eine tabellarische Aufstellung der Alternativen und eine Einschätzung ihrer Relevanz für eine weitergehende Bewertung.

2.12 Schlussfolgerungen

In der Literatur finden sich zwar zahlreiche Hinweise zu innovativen „biozidfreien“ oder zumindest den Biozideinsatz reduzierenden Verfahren. Bei näherer Betrachtung ist die Abgrenzung zu in-situ-Verfahren oder behandelten Oberflächen, die von der BiozidVO betroffen sind, oftmals schwierig. Selbst unter den physikalischen Verfahren, wie z.B. die Kavitation, die zunächst als biozidfrei angesehen werden, befinden sich solche, die den in-situ-Verfahren zuzurechnen sind, da freie Radikale

gebildet werden. Streng genommen hat dann, wenn man von mechanischen Fallen und Barrieren absieht, nur die Hitzebehandlung als physikalisches Verfahren die Anwendungspraxis erlangt. Hierbei ist es weitgehend unerheblich, wie die Hitze erzeugt wird. In einem Übersichtsartikel von Hansen et al. (2011) wird die Historie der verschiedenen Verfahren (von der Verbrennung, Heißdampf, Heißluft, Infrarot und Mikrowellen bis zu Radiowellen und Solar) beschrieben. Diese Verfahren werden z.T. auch in der Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren aufgeführt (RKI 2017). Es wird jedoch empfohlen, auch die neueren Verfahren, die gegebenenfalls dazu beitragen können, den Biozideinsatz bzw. deren Emissionen in die Umwelt zu reduzieren, weiterhin im Blickfeld zu behalten. Andererseits gibt es „alte Verfahren“ und Erfahrungen, die etwas in Vergessenheit geraten sind. Deutlich wird dies beispielsweise bei der Wahl von Baumaterialien, Putzen und Farben zum Schutz vor Algen- und Pilzbewuchs oder der Berücksichtigung konstruktiver Holzschutzmaßnahmen.

3 Zertifizierung und Bewertung von Alternativen

3.1 Hintergrundpapiere für neue Umweltzeichen

Ausgehend von der Analyse des Biozidbezugs bestehender Umweltzeichen aus dem Vorgängerprojekt sollen Vorschläge für die Weiterentwicklung bestehender und die Neuentwicklungen von Umweltzeichen erarbeitet werden. Eine systematische Auswertung der verschiedenen existierenden Umweltzeichen in Hinblick auf deren Biozidrelevanz wurde im Vorgängerprojekt vorgenommen und dokumentiert (Gartiser et al 2015) und in der vorliegenden Studie nicht aktualisiert.

Beispiele für Neuentwicklungen sind witterungsbeständige Holzprodukte sowie antifoulingfreie Schiffsanstriche. Hierbei soll, um Doppelarbeiten zu vermeiden, ein Abgleich mit laufenden / geplanten UBA-Projekten vorgenommen werden. Im Rahmen des Projektes wurde ein Hintergrundpapier für ein neues Umweltzeichen für dauerhaftes Holz erstellt (vgl. Anhang 2). Die Ausarbeitung mündete in der Empfehlung, dass ein Umweltlabel „Blauer Engel“ für dauerhaftes Holz sinnvoll wäre und einen deutlichen Marktimpuls geben könnte, um den Einsatz von Holzschutzmitteln zu minimieren und gleichzeitig eine Alternative zu Tropenholz für Außenanwendungen auszuloben. Von Seiten des UBA besteht derzeit aus Kapazitätsgründen keine Präferenz hinsichtlich eines neuen Umweltzeichens „dauerhaftes Holz“. Auf dem Fachgespräch zur Alternativenbewertung am 9.12.2016 wurde darauf hingewiesen, dass auch für modifiziertes Holz Leachingtests in Kombination mit Ökotoxizitätstests durchgeführt werden sollten. Da durchaus Chemikalien eingesetzt werden, ist eine Abgrenzung zu Bioziden erforderlich. Insgesamt wird der Aufwand für ein neues Umweltzeichen vom UBA als sehr hoch eingeschätzt und es besteht durchaus noch Forschungsbedarf. Im August 2016 wurde im Rahmen eines Vortrages auf der Deutschen Holzschutztagung 2016 von Dr. Wolfram Scheiding (IHD Dresden) von den Aktivitäten des UBA zum Thema „Dauerhaftes Holz“ berichtet.

Die neuen Vergabegrundlagen für die RAL UZ 34 „Biozidfreie Schädlingsbekämpfungsmittel“ und RAL UZ 57a „Thermische Verfahren zur Bekämpfung holzerstörender Insekten“ sowie RAL UZ 57 b „Thermische Verfahren zur Bekämpfung von Schädlingen in Innenräumen“ wurden von Seiten der Projektnehmer kommentiert. Alle drei Vergabegrundlagen wurden von der Sitzung der Jury Umweltzeichen bestätigt. Im RAL UZ 34 neu aufgenommen wurden z.B. Fallensysteme gegen Nagetiere. Tierschutzaspekte werden berücksichtigt. In den RAL UZ 57a und b werden nun auch das Mikrowellenverfahren berücksichtigt. Somit ist eine wichtige Empfehlung aus dem Vorgängerprojekt, diese Umweltzeichen zu erweitern, um biozidfreie Verfahren zu fördern, umgesetzt worden.

Im Bereich biozidfreier Antifoulingstrategien gibt es bisher kein Ökolabel. Zwar weisen sowohl das RAL UZ 12a als auch der Nordische Schwan „Indoor paints and varnishes“ und das EU-Ecolabel 2014/312/EU schadstoffarme Lacke aus. Antifoulingmittel sind hiervon jedoch ausgeschlossen. Ein Ergebnis des EU-Projektes „CHANGE“ (Changing antifouling practices for leisure boats in the Baltic

Sea)¹⁵ war es, die Entwicklung eines Ökolabels zu biozidfreien Antifoulingpraktiken und -farben für Sportboote voranzubringen. Andere Umweltzeichen wie das RAL UZ 141 „Umweltfreundliches Schiffsdesign“ sowie das RAL UZ 110 „Umweltschonender Schiffsbetrieb“ sehen unter den optionalen Anforderungen zwar den Einsatz von biozidfreien Antifoulingfarben und -systemen bzw. biozidfreien Beschichtungen vor, richten sich aber ausschließlich an die Berufsschifffahrt. Das für Sportboothäfen vergebene Umweltsymbol „Blaue Flagge“ bezieht in den Kriterienkatalog die Lagerung von Sonderabfällen wie z.B. Antifoulingmittel sowie den Betrieb von Reparatur und Schiffswaschplätzen sowie die Abwasserentsorgung von Schiffswaschplätzen mit ein, macht aber keine Vorgaben zur Förderung umweltfreundlicher Schiffsanstriche.¹⁶ Die globale Organisation veröffentlicht jedoch auch einen Verhaltenskodex („code of conduct“) für Schiffseigner, in der diese erklären, u.a. umweltverträgliche Anstrichmittel und Antifouling zu verwenden.¹⁷ Daher wird empfohlen, für die Produktgruppe „Biozidfreie Antifoulingstrategien für Sportboote“ eine Machbarkeitsstudie durchzuführen und die Studie von Watermann et al. (2014) auf Basis der neugewonnenen Erkenntnisse zu aktualisieren.

3.2 Nachweis der Wirksamkeit

Bei der vergleichenden Bewertung von Biozidprodukten nach BiozidVO müssen die Ersatzprodukte oder Ersatzmethoden ein deutlich geringeres Gesamtrisiko für Gesundheit und Umwelt aufweisen und eine hinreichende Wirksamkeit besitzen. Da die vorangegangene Studie gezeigt hat, dass ein Nadelöhr der Alternativenbewertung die Verfügbarkeit geeigneter Laboratorien bzw. Prüfmethoden ist, wurden diesbezügliche Recherchen fortgesetzt. Die BAuA veröffentlicht Listen der Prüflaboratorien zur Bestimmung von toxikologischen und ökotoxikologischen Eigenschaften sowie der GLP-zertifizierten Prüfinstitute.¹⁸ Die Durchführung von Wirksamkeitstests, die keiner eigenen GLP-Kategorie entspricht, ist jedoch nur bei wenigen Laboren angegeben. Auf den Webseiten der aufgeführten Laboratorien finden sich vereinzelt Hinweise auf die Durchführung von Wirksamkeitstests für Biozidprodukte. In Tabelle 1 sind die bisher bekannten Labore aufgeführt:

Tabelle 1: Labore zum Wirksamkeitsnachweis von Bioziden (Beispiele)

PA		
1-4, 6	Dr. Brill + Partner GmbH - Institut für Hygiene und Mikrobiologie, 22339 Hamburg http://www.brillhygiene.com/	Desinfektionsmittel EN ISO Standards sowie DVG- und DGHM Methoden Konservierung und Mikrobiostatische Wirksamkeit nach DIN EN Standards und Hausmethoden
1-2	BluTest Laboratories Ltd Glasgow, Scotland, UK. http://www.blutest.com	European Standards der CEN TC 216 “antimicrobial efficacy of chemical disinfectants and antiseptics in human medicine” (Bacteria, Bacterial endospores, Mycobacteria, Fungi, Viruses)

¹⁵ <http://changeantifouling.com> (Webseite derzeit, 16.11.18, nicht erreichbar) bzw. https://www.bonusportal.org/projects/viable_ecosystem_2014-2018/change

¹⁶ <http://www.blaue-flagge.de>

¹⁷ <http://www.blueflag.global>

¹⁸ https://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/SDB/Pruefung/Prueflaboratorien-2_content.html

1-4	Eurofins http://www.eurofins.com Eurofins Biolab – Milano, ITALY	Desinfektionsmittel nach ASTM EN ISO Standards (Bacteria, Mycobacteria, Fungi, Spores, Legionella)
1-4	BIOTECON Diagnostics GmbH , 14473 Potsdam, http://www.biotecon-servicelabor.de	Desinfektionsmittelprüfungen nach VAH-und DVG-Richtlinien sowie DIN EN Standards.
1-4	BioChem Labor für biologische und chemische Analytik GmbH, 76185 Karlsruhe	Wirksamkeitsprüfungen von Reinigungs- und Desinfektionsmitteln
1-4	Chemila, spol. s r.o, 69501 Hodonín, Česká republika http://www.chemila.cz/en	Von der CEN TC 216 verabschiedete Normen.
1-4	ENVIGO http://www.envigo.com Genauer Standort der Labore für Wirksamkeitstests nicht bekannt, haben u.a. Harlan und H Huntington Life Sciences übernommen	Desinfektionsmittel nach EN Standards
1-4	Labor Dr. Merk & Kollegen GmbH, 88416 Ochsenhausen http://www.labormerk.de	Desinfektionsmittelprüfungen nach DGHM- und DGV- Richtlinien sowie DIN EN Standards
1-4	SMP GmbH, 72072 Tübingen http://www.smpgmbh.com	Desinfektionsmittelprüfungen nach DGHM- und VAH-Richtlinien sowie Validierung von Sterilisationsprozessen.
1-5, 18, 19	BioTecnologie B.T. Srl, 06059 Perugia-Italy http://www.biotechnologiebt.it/	Desinfektionsmittel und Insektizide/Repellentien nach internationalen Standards
5	Umweltbundesamt	Desinfektionsverfahren nach § 11 der Trinkwasserverordnung (2001)
7, 8, 9, 10	Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung (BAM), 12205 Berlin http://www.bam.de/	Holzschutzmittel nach DIN EN Standards
8	Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH, 01217 Dresden http://www.ihd-dresden.de/	Holzschutzmittel, Bauprodukte
9	Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. (STFI), 09072 Chemnitz http://www.stfi.de/impressum.html	Konservierungsmittel für Textilien
9	Hohenstein Textile Testing Institute GmbH, 74357 Bönningheim http://www.hohenstein.de	Konservierungsmittel für Textilien
9	Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens e.V., 66953 Pirmasens http://www.pfi-germany.de	Konservierungsmittel für Leder
9	Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung e.V. http://www.titk.de/	Konservierungsmittel für Leder, Textilien und Kunststoffe
9	Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbah-	Konservierungsmittel für Leder, Tex-

	nen (FILK), 09599 Freiberg, http://www.filkfreiberg.de/	tilien und Kunststoffe
14	Julius Kühn-Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst (JKI-GF) http://www.jki.bund.de/	Wirksamkeitstests Rodentizide mit Relevanz im Pflanzenschutz nach EPPO-Richtlinien
14, 18 19	Umweltbundesamt FG IV 1.4 „Gesundheitsschädlinge und ihre Bekämpfung“	Rodentizide und Insektizide
18	National Institute of Public Health National Institute of Hygiene 00-791 Warsaw, Poland	Insektizide (Auskunft RAL)
18, 19	BioGenius GmbH, 51429 Bergisch Gladbach http://www.biogenius.de/	Diverse Hygieneschädlinge (u.a. Schaben), Materialschädlinge (u.a. Kleidermotte), Vorratsschädlinge (Mehlmotte) und Lästlinge (Ameisen)
18, 19	Dr. Felke Institut für Schädlingskunde, 64354 Reinheim http://www.schaedlingskunde.de	Insektizide und Repellentien
18, 19	BioGents AG, 93055 Regensburg, http://www.biogents.com	Stechmücken und andere blutsaugende Insekten.
18, 19	Institute of Industrial Organic Chemistry, Department of Technology and Biotechnology of Biologically Active Products, Warsaw, Poland ipo@ipo.waw.pl	Housefly, German cockroach, Oriental cockroach, Mill moth, Two-spotted spider mite. Kosten der Wirksamkeitstests je rd. 600-1000 €.
9, 18, 19	Tecnia, E-20009 Donostia-San Sebastián, http://www.tecnia.com/	“Knock-down“ and mortality tests, larvicidal/ovicidal efficacy, textile resistance tests
8, 18, 19	i2LResearch Ltd, Cardiff, U.K. http://www.i2lresearch.com/	Holzwürmer, Insekten, Parasiten (human, veterinär)
22	Institut für Antifouling und Biokorrosion Dr. Brill + Partner (vormals LimnoMar Dr. B. T. Watermann), 26548 Norderney http://www.limnomar.de bzw. https://brillhygiene.com	Antifoulingmittel nach ASTM Standards

Einige Labore leiteten die Anfragen an ihre außereuropäischen Partner weiter, die dann die Fragen beantworteten (Labofine, Laval, www.labofine.com; LLC, Oklahoma City, USA www.atdrik.com). Offensichtlich werden hier aber dieselben Tests (überwiegend für Desinfektionsmittel) angeboten.

Bezüglich der Testmethoden sind einige neuere OECD Guidance Documents für Wirksamkeitsprüfungen veröffentlicht worden:¹⁹

- ▶ Quantitative Method for Evaluating Antibacterial Activity of Porous and Non-Porous Antibacterial Treated Materials. Series on Biocides No. 8, July 2014
- ▶ Testing of Efficacy of Baits, for Indoor Use, Against Garden Ants. Series on Biocides No. 7, Jul 2013
- ▶ Testing the Efficacy of Baits against Cockroaches. Series on Biocides No. 5, June 2013

¹⁹ <http://www.oecd.org/env/ehs/pesticides-biocides/biocidestestguidelinesandguidencedocuments.htm>

- ▶ Efficacy of Pool and Spa Disinfectants and Field Testing. Series on Biocides No. 4, January 2013

Die ECHA veröffentlichte die “Guidance on the BPR: Volume II Efficacy, Part A Information Requirements” (ECHA 2018a). Hier wird auf die verschiedenen Institutionen, die Normen für Wirksamkeitstests entwickeln, verwiesen (CEN, ISO, ASTM, OECD, CIPAC, DIN, EPPO, VDI, US EPA). Es wird allerdings keine Übersicht über das vorhandene Normenwerk gegeben. Zeitgleich wurden die Guidance Efficacy, Part B „Assessment“ und Part C „Evaluation“ veröffentlicht, in die auch die früheren “Transitional Guidance on Efficacy Assessment” für verschiedene Produktgruppen übernommen wurden (ECHA 2018b).

Demnach gibt es nach wie vor einen erheblichen Mangel an abgestimmten standardisierten Verfahren. Für Konservierungsmittel (PA 6-7, 9-13) werden meist Hausmethoden eingesetzt, für Schädlingsbekämpfungsmittel Methoden der EPPO und für Antifoulingprodukte die der CEPE. Zumindest die WHO-Methoden verwenden z.B. bei der PA 19 Wirksamkeitsprüfung unrealistisch hohe Anwendungskonzentrationen (vgl. Fachgespräch 9.12.16). Mit Ausnahme von PA 1-4 und PA 8 wenige Hinweise auf Normen. Die Laboratorien geben in der Regel die Preise nur bei konkreten Prüfanfragen weiter.

3.3 Bewertungskonzepte von Alternativen unter der BiozidVO und REACH

Bei der Zulassung von Biozidprodukten, die Substanzen enthalten, die als Kandidaten für die Substitution gelistet sind, ist nach Artikel 23 der BiozidVO eine vergleichende Bewertung mit anderen Biozidprodukten mit signifikant geringerem Risiko oder mit nicht-chemischen Alternativen oder mit Präventionsmethoden vorgesehen. Hiermit sollen biozide Wirkstoffe mit besonders gefährlichen inhärenten Eigenschaften (sogenannte SVHC gemäß REACH-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008/EG) möglichst vollständig oder teilweise substituiert werden. Mit Bezug auf die Umwelt betrifft dies zu ersetzende Wirkstoffe, die zwei der Kriterien hinsichtlich persistenter, bioakkumulierbarer oder toxischer Wirkungen (PBT oder vPvB) erfüllen oder solche, deren Verwendung ein hohes potenzielles Risiko für ein Umweltkompartiment ergibt, das selbst bei restriktiven Risikominderungsmaßnahmen (RMM) Anlass zur Besorgnis gibt. Wirkstoffe, für die es deutliche Hinweise auf eine endokrine Wirkung gibt, sollen ebenfalls ersetzt werden (Artikel 10 BiozidVO). In diesen Fällen soll gemäß Artikel 23 der BiozidVO eine vergleichende Bewertung durchgeführt werden.

Die Zulassung des Biozidproduktes kann versagt werden, wenn die vergleichende Bewertung ergibt, dass bereits ein zugelassenes Biozidprodukt oder eine nichtchemische Bekämpfungs- oder Präventionsmethode auf dem Markt ist, die ein deutlich geringeres Gesamtrisiko für die Gesundheit von Mensch und Tier und für die Umwelt aufweist, hinreichend wirksam ist und mit keinen anderen wesentlichen wirtschaftlichen oder praktischen Nachteilen verbunden ist. Zudem soll die chemische Vielfalt der Wirkstoffe ausreichend sein, um das Entstehen einer Resistenz beim Schadorganismus zu minimieren. Die Kommission wird in Artikel 24 BiozidVO aufgefordert, technische Anleitungen zur Umsetzung dieses Konzeptes zu erstellen.

Auf Competent Authority Ebene wurde ein Guidance Document zur vergleichenden Bewertung von Biozidprodukten erarbeitet (European Commission 2015). Die vergleichende Bewertung folgt einem abgestuften Verfahren, dem eine Screeningphase vorangestellt wird. Prinzipiell werden Produkte mit gleichem Anwendungsmuster (Produktart, Anwendungsbereich, Zielorganismus, Anwenderkategorie, Anwendungsform) untereinander verglichen.

In der **Screeningphase** wird geprüft, ob die Anzahl der benötigten Wirkstoffe bzw. der Wirkmechanismen durch die Substitution auf ein kritisches Maß eingeschränkt und damit der Resistenzentwicklung Vorschub geleistet werden könnte. In der Regel wird die vergleichende Bewertung abgebrochen, wenn eine Einschränkung oder ein Verbot der Wirksubstanz zu einer Einschränkung der Bekämp-

fungsmöglichkeiten mit verschiedenen Wirkmechanismen führen würde. Als Faustregel wurde vorgeschlagen, dass für eine ausreichende chemische Vielfalt mindestens drei verschiedene "Wirkstoff/Wirkmechanismus-Kombinationen" für eine bestimmte Verwendung zur Verfügung stehen sollen.

Nach der Screeningphase erfolgt die eigentliche vergleichende Bewertung auf zwei Ebenen: In **Tier I** wird das in einem Substitutionskandidaten enthaltende Biozidprodukt mit anderen zugelassenen Biozidprodukten, in **Tier II** gegenüber identifizierten biozidfreien Verfahren verglichen. Die Möglichkeiten und Grenzen der vergleichenden Bewertung mit anderen Biozidprodukten wurden in einem anderen Vorhaben²⁰ ausgelotet werden und werden in dieser Studie nicht weiter vertieft. Im Rahmen dieses Projektes wurden auch PEC/PNEC Kriterien abgeleitet.

Die Bewertung nicht-chemischer Alternativen in Tier II erfolgt ebenfalls stufenweise:

In der 1. Stufe werden die Wirksamkeit der Alternative sowie mögliche praktische oder ökonomische Nachteile bewertet. Es werden nur geeignete („eligible“) Alternativen einbezogen. Der Leitfaden weist bereits auf den möglichen Mangel geeigneter Standards hin, da die nicht-chemischen Alternativen meist keinem Zulassungsverfahren unterliegen.

In der 2. Stufe wird dann eine vergleichende Bewertung der Risiken für die Umwelt und für die menschliche Gesundheit durchgeführt. Hierbei wird ermittelt, inwieweit die nicht-chemische Alternative ein signifikant geringeres Risiko im Vergleich zur Biozidanwendung hat.

Ein signifikant geringeres Risiko wird so definiert, dass die Alternative nicht nur ein „marginales“, sondern ein „relevant“ besseres Profil gegenüber der Gesundheit von Mensch und Tier sowie der Umwelt aufweist, ohne dass es zu einer Verschlechterung in einer der drei Kategorien (Mensch, Tier, Umwelt) kommt.

Das Ergebnis der vergleichenden Bewertung wird in einem Bericht dokumentiert. Die Competent Authorities erstellten ein Template zur Bewertung von Alternativen, dessen Aufbau in dieser Studie übernommen und teilweise ergänzt wurde (ECHA 2017).

Das Guidance Dokument verweist auf die öffentliche Konsultation bei der Zulassung von Wirkstoffen, die als Substitutionskandidaten identifiziert wurden. Die eingegangenen Stellungnahmen sollen bei der vergleichenden Bewertung berücksichtigt werden.²¹

Allerdings greift das Konzept nur für Biozidprodukte mit zu ersetzenden Wirkstoffen nach Artikel 5 bzw. Artikel 10 BiozidVO. In der Praxis scheint es daher so viele Ausnahmen zu geben, dass kaum mit einer Einschränkung in der Produktzulassung zu rechnen ist. Die bei der vergleichenden Bewertung von blutgerinnungshemmenden Wirkstoffen (Antikoagulanzen) im Rahmen der Verlängerung der Zulassung von antikoagulantem Nagetierbekämpfungsmitteln (Rodentiziden) aufgeworfenen Fragen wurde von der Europäischen Kommission dahingehend beantwortet, dass bei der Verwendung von rodentiziden Biozidprodukten mit anderen Wirkstoffen die chemische Vielfalt zur Nagetierbekämpfung und Minimierung der Resistenzentstehung deutlich eingeschränkt sei. Zudem sei die Verwendung dieser Produkte mit praktischen oder wirtschaftlichen Nachteilen verbunden. Zwar könnten auch die vorhandenen nicht-chemischen Alternativen oder Präventivmaßnahmen wie Nagetierfallen oder Barrieren unter bestimmten Bedingungen hinreichend wirksam sein. Es mangle jedoch

²⁰ Vergleichende Bewertung zur Substitution von bedenklichen Wirkstoffen im Biozid-Vollzug - Entwicklung eines Konzeptes für den Umweltbereich. ECT Oekotoxikologie GmbH, 1.6.2016-31.1.2018

²¹ <http://echa.europa.eu/web/guest/addressing-chemicals-of-concern/biocidal-products-regulation/public-consultation-on-potential-candidates-for-substitution>

an hinreichenden wissenschaftlichen Belegen dafür, dass diese nicht-chemischen Alternativen hinreichend wirksam sind (Durchführungsbeschluss (EU) 2017/1532).

Ein anderes Beispiel für einen zu substituierenden Wirkstoff ist Kreosot, das als persistent, bioakkumulierend und toxisch sowie krebserregend eingestuft ist. In einer Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes wurden Alternativen des chemischen Holzschutzes und die Verwendung alternativer Materialien geprüft. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass auf den Einsatz von Kreosot in den Bereichen Masten für Telekommunikation und Energieversorgung, einigen landwirtschaftliche Anwendungen, wie z.B. Zaunpfählen, und Wasserbau verzichtet werden kann, da genügend Alternativen (andere Holzschutzmittel bzw. andere Materialien wie Beton oder modifizierte Hölzer) zur Verfügung stehen. Allerdings empfiehlt das Gutachten, Kreosot noch kurzfristig für die Imprägnierung von Bahnschwellen sowie für Teilimprägnierungen (Teerfuß) für Pfosten und Pfähle im Obst- und Weinbau zuzulassen (Schuhmacher-Wolz und Hassauer 2015). Holzschutzprodukte auf Basis von Kreosot sind über das Verfahren der gegenseitigen Anerkennung auch für den deutschen Markt beantragt worden. Im Rahmen der Bewertung dieser Anträge wurde von den beteiligten Behörden eine vergleichende Bewertung für alle relevanten Verwendungen durchgeführt. Für Deutschland zeigte sich, dass Kreosot derzeit nur noch für die Behandlung von Bahnschwellen in speziellen Nutzungsbedingungen benötigt wird.

Bei der Erstellung von Zulassungsanträgen für Substanzen mit besonders gefährlichen Eigenschaften unter REACH (SVHC Substanzen) ist ebenfalls eine vergleichende Bewertung mit technischen Alternativen oder anderen Substanzen vorgesehen, wobei auch die Verfügbarkeit und die ökonomische Realisierbarkeit der Alternative zu bewerten sind (ECHA 2011).

3.4 Recherche zu europäischen/internationalen Zertifizierungssystemen

Es wurde eine Internetrecherche durchgeführt, um zu ermitteln, ob es europäische oder internationale Zertifizierungssysteme für biozidfreie Alternativen gibt. Eine Auswertung der Abschlussberichte jüngerer Forschungsprojekte ergaben keine diesbezüglichen Hinweise (Berny et al. 2014, Armstrong et al. 2015, Tørsløv et al. 2015). Es sind lediglich nationale Listen bekannt, in denen neben Biozidprodukten auch physikalische Alternativen aufgeführt werden. Ein Beispiel ist die Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren, in der die Dampfdesinfektion und Reinigung von Objekten in Desinfektionsautomaten, die thermische Wäschedesinfektion sowie die thermische Behandlung von Krankenhausabfällen als Stand der Technik beschrieben wird (RKI 2017). Die Auslobung von Ökolabeln für biozidfreie Produkte kann ebenfalls als Zertifizierungsverfahren aufgeführt werden (vgl. Auswertung in Gartiser et al. 2015). Verschiedene freiwillige Initiativen der Industrie zur Förderung von Produkten mit besseren Umwelteigenschaften wie die „Greenlist“ von SC Johnson²² oder das „Echo Program“ von Akzo Nobel²³ dienen zumeist der eigenen Produktentwicklung, sind aber in Hinsicht auf die Transparenz der Kriterien oder der Vergleichsmöglichkeit mit Konkurrenzprodukten nur eingeschränkt brauchbar (Armstrong et al. 2015).

²² <http://www.scjohnson.com/en/commitment/focus-on/greener-products/greenlist.aspx>

²³ <http://www.echoprogram.com/en>

4 Mikrowelle im bekämpfenden Holzschutz

4.1 Beschreibung der technischen Alternative

Der Einsatz von Mikrowellen zum bekämpfenden Holzschutz gegen Insekten ist der PA 8 zuzuordnen und beruflichen Anwendern vorbehalten. Zielorganismen sind der Hausbock (*Hylotrupes bajulus* L), der gewöhnliche Nagekäfer (*Anobium punctatum*), der Amerikanische Splintholzkäfer (*Lyctus plani collis*) sowie der echte Hausschwamm (*Serpula lacrimans*).

4.2 Zu ersetzender Wirkstoff

In der aktuellen Liste der abgeschlossenen öffentlichen Konsultation zu Wirkstoffen, die als Substitutionskandidaten identifiziert wurden, befindet sich nur ein Wirkstoff, Didecylmethylpoly(oxyethyl)ammonium propionate, (CAS 94667-33-1), der in der PA 8 eingesetzt wird. In der Umwelttrisikobewertung ergab sich ein unzulässiges Risiko für Oberflächengewässer aus der Anwendung für den vorbeugenden Holzschutz (BPC 2015). Für den bekämpfenden Holzschutz ist kein PA 8 Substitutionskandidat aufgeführt, so dass die Voraussetzung für eine vergleichende Bewertung eigentlich nicht gegeben ist.

4.3 Technische Machbarkeit

Im Bereich des bekämpfenden Holzschutzes verweist die überarbeitete DIN 68800-4 auf thermische Verfahren (Heißluftsanierung) als Regelsanierung zur Bekämpfung holzerstörender Insekten. In der Norm wurden erstmals elektrophysikalische Verfahren (Mikrowellen und Hochfrequenz) als Sonderverfahren berücksichtigt. Diese beruhen letztlich ebenfalls auf einer Erwärmung der behandelten Holzbauteile.

Bei der **Mikrowellentechnik** wird das Frequenzband im Bereich 2,45 GHz (zwischen Infrarot und Radiowellen) verwendet und das Holz in einem Strahlungsfeld für mindestens 60 Minuten auf 55 °C erhitzt. Die Norm fordert, dass dies bauteilbezogen nachzuweisen ist. Mit Bezugnahme auf die DIN 68800-4 gelten sowohl das Heißluftverfahren als auch die elektrophysikalischen Verfahren als Stand der Technik.

Die praktische Anwendung erfolgt so, dass die Holzbauteile innerhalb weniger Minuten auf die Solltemperatur von 55 °C erhitzt werden (Vorteil gegenüber dem Heißluftverfahren). Die Hitze wird dann für 60 Minuten gehalten. In der Praxis wird mit höheren Temperaturen (Letaltemperatur) gearbeitet, die ein sofortiges Abtöten des Schadorganismus ohne Haltezeit bewirken. Da Holz lange Wärme speichert ist eine zusätzliche Sicherheit bezüglich der Abtötung während der Abkühlphase gegeben.

Ein Vorteil der Mikrowellentechnologie besteht darin, dass ihre Einwirkung dimensionsabhängig von einer Seite her ausreichend ist (bei der Hochfrequenztechnik wird grundsätzlich Zugang von zwei Seiten benötigt). Im DIN-Praxiskommentar zur DIN 68800 Teile 1 bis 4, (Beuth-Verlag 2013, S. 331) wird darauf hingewiesen, dass eine höhere Temperatur zu einem schnelleren Behandlungserfolg führt. Das WTA Merkblatt 1-10-15/D (2015-9) berücksichtigt die Mikrowellentechnik als Sonderverfahren im bekämpfenden Holzschutz gegen holzerstörende Insekten und Pilze. Die Prozesskontrolle erfolgt über eine kontinuierliche Temperaturerfassung und Mikrowellengrenzwerterfassung durch Thermosonden, Infrarotkamera und Mikrowellenmessgeräte.

Das WTA-Merkblatt fordert, dass die Geräte für die Mikrowellenerzeugung CE-zertifiziert und für den verfahrensbedingten Bekämpfungseinsatz geeignet sein müssen. Mikrowellengeräte, die für die Bau-

trocknung eingesetzt werden, sollen nicht im bekämpfenden Holzschutz eingesetzt werden.²⁴ Ein Überschreiten der Pyrolysetemperatur von Holz von 120 °C sollte verhindert werden. Zur Kontrolle der gleichmäßigen Durchwärmung und Verhinderung von Temperaturüberschreitungen sind Temperaturfühler an relevanten Stellen anzubringen. Eine vollständige Behandlung erfordert eine Mindesttemperatur von 55 °C über 60 Minuten. Bei Holzfeuchten über 20 % ist das Holz zunächst mit reduzierter Mikrowellenleistung zu trocknen, um Schäden durch Rissbildung zu vermeiden.

Durch die Mikrowellen- bzw. Hochfrequenztechnik erwärmt sich das Holzinnere deutlich schneller als über das Heißluftverfahren, da Holz ein guter Isolator ist. In experimentellen Untersuchungen wurde festgestellt, dass für eine vollständige Mortalität von Hausbockkäferlarven bei 55 °C schon 20 Minuten genügen, d.h. ein Drittel der nach DIN 68800 festgelegten Zeit. Bei 60 °C genügen 8 Minuten, bei 70 °C 4 Minuten. Zur sicheren Tötung sehr großer Larven ist eine 50 % längere Einwirkzeit einzuplanen. Dennoch ist gegenüber dem Heißluftverfahren eine deutliche Energieeinsparung durch die Mikrowellentechnik zu verzeichnen. Die Versuchsergebnisse decken sich damit mit den Anforderungen des FAO- Quarantänestandards ISPM 15 für Verpackungsholz, das eine 30 minütige Behandlung bei 56 °C vorsieht (Biebl 2013).

Als Nachteile des Verfahrens werden thermische Materialspannungen und der Entzug von Holzfeuchtigkeit aufgeführt, die in Abhängigkeit von der Ausgangsholzfeuchte und den erreichten Temperaturen zu Holzrissen führen können. Bei Kunstwerken wird daher meist auf die Begasung zurückgegriffen. Thermische Materialspannungen können dimensionsabhängig durch geringere Mikrowellenleistung vermieden werden. Dadurch verlängert sich aber die Zeit bis zum Erreichen der jeweiligen Letaltemperatur.

Praktische Erfahrungsberichte belegen den erfolgreichen Einsatz der Mikrowelle im Denkmalschutz auch gegen den echten Hausschwamm. Das Mikrowellenverfahren bot bei den bemalten Holzdecken gegenüber dem Heißluftverfahren deutliche Vorteile, da die Bauteilerwärmung aus dem Holzinneren zur Malschicht erfolgt, thermische Spannungen an der Malschicht zeitlich eng begrenzt sind und der Aufheizungsprozess insgesamt lokal und besser steuerbar bleibt (Böhme und Steinbach, 2014). In der Neufassung des WTA-Merkblatt „*Sonderverfahren im Holzschutz, Teil 1 Bekämpfungsmaßnahmen*“ (Ausgabe 2015) wird die Mikrowellentechnologie zur Bekämpfung von Pilzen als geeignetes Verfahren aufgeführt. Die anfängliche Eindringtiefe der Mikrowellen beträgt bei einer Wellenlänge von 2,45 GHz etwa 2 -3 cm. Hier werden die Temperaturmaxima beobachtet. Tiefere Schichten werden überwiegend durch Wärmeleitung erreicht. Daher werden, obwohl eine Temperatur von 55 °C für den Behandlungserfolg ausreichend ist, in der Praxis höhere Temperaturen von ca. 80-100 °C eingestellt, wobei darauf zu achten ist, dass die Pyrolysetemperatur des Holzes von ca. 120-130 °C sicher unterschritten wird (Steinbach 2006). Andere Experten weisen darauf hin, dass bei einer Wellenlänge von ca. 12 cm alle 6 cm ein Nulldurchgang der Welle mit der Leistung 0 erwartet wird. Daher liegen im Material bei 3 und 9 cm die Maxima der Leistung und somit auch die höchsten Temperaturen, wobei sich die Temperaturverteilung durch die Wärmeleitung rasch ausgleicht. Hierbei nimmt die eingetragene Energie mit der Entfernung quadratisch ab.²⁵

Bei einem großräumigen Einsatz (Parkettboden Bode-Museum Berlin) wurden Mikrowellenanlagen vom Typ MWA-LC1.1R, bestehend aus je einem Steuergerät und je 2 Mikrowellengeneratoren für Hornstrahlantennen mit einer Nettostrahlfläche von ca. 30 × 40 cm pro Antenne verwendet. Für die Erwärmung des Parketts wurden 15 Hornstrahlantennen mit 15 Mikrowellengeneratoren eingesetzt und insgesamt 2400 m² behandelt (ebd.). Es können somit rd. 1 m² gleichzeitig behandelt werden.

²⁴ Von Seiten der Hersteller wird diese Einschätzung nicht unbedingt geteilt (persönliche Mitteilung Herr Kohler, Kohler Automation, Rockenberg vom 4.7.16).

Bei einer Behandlungsdauer von ca. 30 Minuten und eine Arbeitsschicht von 10 h können so ca. 20 m² pro Tag behandelt werden (Steinbach 2006).

Die Firma Kohler Automation in Rockenberg stellte umfangreiche Informationen zum Mikrowellenverfahren im bekämpfenden Holzschutz zur Verfügung:²⁵ Die technische Anwendung von Mikrowellen setzt umfangreiche Erfahrungen voraus. Um Wärmeverluste zu vermeiden wird empfohlen, offenen Balkenoberflächen thermisch zu isolieren. Als Isoliermaterial bietet sich Hartschaum (Styropor) an, der für Mikrowellen praktisch keinen Widerstand darstellt. Bei unförmigen Balken hat sich auch flexible Glaswolle bewährt. Die Absorption von Mikrowellen hängt insbesondere vom Wassergehalt des zu behandelnden Gutes ab. Die behandelbare nutzbare Wirkungsfläche hängt von der Geometrie der Strahlerkonstruktion ab und beträgt z.B. 40 x 15 cm. An Metallen werden Mikrowellen reflektiert. Theoretisch ist jedoch denkbar, dass ein Nagel, dessen Länge in geeigneter Relation zur Wellenlänge (ca. 12 cm) beträgt, selber zur Antenne wird und die Energie in Wärme umsetzen kann. In der Praxis wurde dieses Phänomen bisher nur bei kopflosen, sehr dünnen Nagelstiften mit 3 cm Länge festgestellt, wie sie zum Annageln von Fußleisten verwendet werden. Andere Nägel sind zu dick für dieses Phänomen, stellen also kein Risiko dar.²⁵ Die notwendige Behandlungsdauer hängt von der Geometrie des Holzkörpers, der Dichte, der zu überwindenden Temperaturdifferenz und der Geräteleistung (rd. 1 kW Mikrowellen-Ausgangsleistung) ab. Üblicherweise lässt sich ein 12 x 12 cm dicker und 1 m langer Kiefern balken bei einseitiger Beheizung in ca. 50 Minuten behandeln (Kohler ohne Jahr). Hierbei spielt auch der Wärmeartrieb eine erhebliche Rolle. Die Behandlungszeiten verkürzen sich, wenn ein horizontaler Balken von unten anstatt von oben behandelt werden kann.²⁵

Ein praktischer Erfahrungsbericht zur erfolgreichen Behandlung eines Befalls durch den echten Hausschwamm durch die Anwendung des Mikrowellenverfahrens wurde von Baumann Ebert und Körner (2013) beschrieben. Durch den Einsatz konnte der Rückbau im Befallsbereich und der Einsatz chemischer Holzschutzmittel gegenüber der konventionellen Behandlung deutlich reduziert werden.

Es liegen auch einige Fachpublikationen zum Einsatz des Mikrowellenverfahrens vor: Das Verfahren wurde von der International Plant Protection Convention als Option für die Hitzebehandlung von Verpackungshölzern im internationalen Transport berücksichtigt (ISPM No. 15), um insbesondere das Einschleppen fremder Arten zu verhindern beschrieben (ISPM 2009).²⁶ Holzverpackungen, die mit dem nordamerikanischen Bockkäfer befallen sind, lassen sich bei 56 °C innerhalb von zwei und bei 61 °C innerhalb einer Minute abtöten. Für pathogene Pilze werden längere Behandlungszeiten benötigt (Payette et al. 2015).

Die **Hochfrequenztechnik** beruht auf ähnlichen Grundlagen, arbeitet aber bei einer niedrigeren Arbeitsfrequenz von Radiowellen, üblicherweise 13,56 MHz (für technische Anwendungen von der Post freigegebene Frequenz). Das Holz wird in einem Kondensatorfeld für 60 Minuten auf 55 °C erhitzt. Nach Anwenderangaben dringen die Hochfrequenzwellen tiefer in den Werkstoff ein. An den zu behandelnden Holzabschnitten werden zwei gegenüberliegende Metallplatten angebracht ("Sandwich") und diese mit einem Hochfrequenzgenerator verbunden. Der Aufbau gleicht dem eines Platten-Kondensators mit Holz als Dielektrikum dazwischen. Die Holzbauteile erwärmen sich von innen nach außen.²⁷ Ein HF-Generator von 5 kW Leistung wird für die kleinräumige Behandlung von Holzschäden durch Insekten, aber auch zur Hausschwammbekämpfung als praktikabel angesehen. Für

²⁵ Persönliche Mitteilung Herr Fritz Kohler, Kohler Automation, Rockenberg vom 30.6.16 und 4.7.16, <http://www.kohler-automation.de>, info@kohler-automation.de

²⁶ Die Behandlung muss sicherstellen, dass für mindestens 1 Minute Temperaturen von ≥ 60 °C über das gesamte Holzprofil erreicht werden. Beim Mikrowellenverfahren mit Hölzern über 5 cm Stärke wird eine gleichmäßige Durchwärmung durch Strahler aus zwei Richtungen erzielt.

²⁷ <http://www.binker.eu/bekaempfungsmethoden/physikalische-verfahren/hochfrequenztechnik.html>

größere Schadensbereiche ist das Heißluftverfahren praktikabler (Jütterschenke 2000). In den jüngeren Jahren wurden mit der Hochfrequenztechnik umfangreiche Praxiserfahrungen gewonnen (Hoyer et al. 2018).

4.4 Wirksamkeitsnachweis

Der Nachweis der Wirksamkeit ist durch verschiedene unabhängige Untersuchungen belegt. In den BAM Untersuchungsberichten 4.1/8454 vom 19.10.2011 sowie 4.1/8497 vom 04.07.2012 wurde die Wirksamkeit von Mikrowellen (300 W bis 670 W Leistung) gegenüber dem echten Hausschwamm (*Serpula lacymans*), dem gemeinen Nagekäfer sowie dem Hausbockkäfer (*Hylotrupes bajulus*) ermittelt. Im ersten Bericht fand bei einer Behandlungsdauer von 4-6 Minuten bei 400 W, im zweiten Versuch ab einer Behandlungsdauer von 2 Minuten und einer Endtemperatur von ca. 53 °C (Hausschwamm) bzw. 60 °C (Hausbocklarven) sowie 70 °C (Gemeiner Nagekäfer) eine vollständige Abtötung statt (BAM 2012).

Im BAM Prüfbericht IV.1/7882 vom 2.11.2005 wurden Rundstäbe (1 cm Ø) die mit dem echten Hausschwamm befallen waren in Splint- und Kernholz der Kiefer (25x20 cm) mit Holzfeuchte von 10-15 % eingebracht und 30 Minuten mit Mikrowelle behandelt. Hierbei wurden Temperaturen von 70-110 °C erreicht und der Hausschwamm zuverlässig abgetötet.²⁸.

Die Wirksamkeit des Mikrowellenverfahrens wurde im Untersuchungsbericht der BAM Nr. IV.1/7877 vom 12.5.2005 sowohl gegenüber dem Hausbockkäfer und gegen Oberflächenmyzel des Echten Hausschwammes geprüft. Als Prüfkörper wurde Splintholz der Kiefer (*Pinus sylvestris*) verwendet, in das drei Löcher (ca. 70 mm tief) eingebracht wurden. Die Herstellung erfolgte in Anlehnung an DIN EN 1390²⁹. In die Löcher wurde eine Larve des Hausbockkäfers bzw. ein mit dem Myzel des Echten Hausschwammes bewachsener Splintholzstift eingebracht. Die Löcher wurden anschließend mit einem Kiefernholzdübel verschlossen. In zwei zusätzlichen Löcher wurden die Holztemperaturen während der Applikation gemessen und elektronisch aufgezeichnet. Im Versuch wurde die Mikrowelle zunächst über 10 Minuten appliziert und hierbei Temperaturen von 80 °C erzeugt, nach weiteren 15 Minuten wurde nochmals für 2 Minuten erhitzt, so dass über die gesamte Versuchszeit von 60 Minuten 55 °C gehalten wurden. Eine weitere Serie wurde als Kontrolle ohne Mikrowellenverfahren mitgeführt. Unmittelbar nach der Durchführung konnte der Effekt gegenüber Hausbocklarven sofort optisch ermittelt werden. Die hausschwambewachsenen Kiefern Splintholzstifte wurden zunächst auf je eine Nährmedien-Agar-Platte transferiert und 14 Tage bei 21 °C inkubiert, um ggf. erneutes Myzelwachstum zu induzieren. In einer weiteren Versuchsserie wurde das Prüfkörpervolumen verdoppelt und diese mit 15 Minuten Mikrowellenbestrahlung und einer Nachbehandlung über 4 Minuten unterzogen. In allen Versuchsdurchläufen mit aktiven Mikrowellen wurden die Larven des Hausbockkäfers abgetötet, während die Larve im Kontrollversuch überlebte und das Hausschwammmyzel wuchs auf der Nährmedien-Agar-Platte nicht erneut aus, während die Kontrollprobe starkes Myzelwachstum erkennen ließ (BAM 2005).

In einer neueren Untersuchung wurde die Abtötungskinetik von Nagekäfern (*Anobium punctatum*), dem Hausbock (*Hylotrupes bajulus*) und dem Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*) durch Mikrowellen und Radiowellen (Hochfrequenztechnik) untersucht. Die Schädlinge wurden nach einer Behandlungszeit von wenigen Minuten sicher beseitigt. Umfangreiche Untersuchungen zur thermischen Schädlingsbekämpfung mit elektromagnetischen Wellen in den Frequenzbereichen von MHz (für Radiowellen) und GHz (für Mikrowellen) ergaben bei einer Erwärmung auf 55 °C und einer Haltezeit von 1 h eine

²⁸ Vgl. auch Zusammenfassung bei <http://holzschutz-koerner.de/normgerecht.php>

²⁹ DIN EN 1390 Holzschutzmittel - Bestimmung der bekämpfenden Wirkung gegenüber Larven von *Hylotrupes bajulus* (Linnaeus) – Laboratoriumsverfahren.

sichere Abtötung. Der Vorteil gegenüber anderen thermischen Behandlungsmethoden (Heißluft- oder Infrarotstrahlungsbehandlung) besteht darin, dass der Temperaturanstieg im Material nicht durch den begrenzten Wärmefluss von der Oberfläche zum Inneren bestimmt wird und das Mikrowellen bzw. Radiowellenverfahren bereits bei viel kürzeren Behandlungszeit effektiv ist. Darüber hinaus ist die Radiowellenbehandlung auch für trockene mineralische und nichtmineralische Baustoffe anwendbar und kann, auch bei empfindlichen Kunstwerken eingesetzt werden, dass eine Überhitzung vermieden werden kann. Die unterschiedlichen dielektrischen Eigenschaften der Schadorganismen im Vergleich zu der umgebenden Matrix eröffnet Möglichkeiten einer selektiven Erwärmung der Insekten. Entsprechende Untersuchungen befinden sich allerdings noch im Anfangsstadium (Hoyer et al. 2018, Kraus et al. 2018).

4.5 Wirtschaftliche Machbarkeit

Die Wirtschaftlichkeit der Anwendung ist in Abhängigkeit von der örtlichen Situation gegeben: z.B. können, anders als beim Heißluftverfahren, in Museen befallene Fußböden behandelt werden, ohne dass die Bilder abgehängt werden müssen. Die Wirtschaftlichkeit bei partiellen Schädigungen ist durch das schnelle Erreichen der Letaltemperaturen begründet ohne dass das Umfeld in Mitleidenschaft gezogen wird.

Eine Mikrowelleneinheit, bestehend aus Generator, Steuergerät und Hornstrahlantennen, kostet rd. 24.000 €. Für die Behandlung größerer Flächen werden mehrere Einheiten benötigt. Die Stromkosten sind niedriger als bei der konventionellen Bautrocknung mittels Heißluft und können gegenüber den Personalkosten für die Betreuung vernachlässigt werden (persönliche Mitteilung Herr Steinbach, MTB@ Mikrowellen in Mittenwalde vom 16.12.15).

Auch andere Hersteller berichten von Gesamtkosten für eine Mikrowellenanlage ab ca. 20.000 €. Oftmals werden die Geräte auch an die Anwender, die dann entsprechend geschult werden, vermietet. Die durchschnittlichen Mietkosten werden mit rd. 1.000 € angegeben, wobei oftmals mehrere Objekte behandelt werden (persönliche Mitteilung F. Kohler, Fa. Kohler-Automation in Rockenberg vom 1.7.16).

4.6 Verringerungen der Gesamtrisiken

4.6.1 Ökologie und Umweltschutz

Die im Holzschutz eingesetzten Mikrowellengeneratoren haben eine Leistung von ca. 1,1 kW. Die effektive Behandlungsdauer hängt insbesondere von der Geometrie der zu behandelnden Holzkonstruktion ab und beträgt wenige Minuten (Körner 2013). Der Energieverbrauch liegt bei ca. 12- 40 kWh pro m³ Holz je nach Holzart und Holzfeuchte (Lehmann et al. 2005). Damit liegt der Energieverbrauch für die Behandlung um mindestens Faktor 50 unter dem Heizwert von Holz (ca. 2000 kWh/m³).³⁰

4.6.2 Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit

Die Arbeitsplatzgrenzwerte für elektromagnetische Felder sind zu beachten. Streustrahlen sind zu vermeiden, ein Sicherheitsabstand ist einzuhalten (Lehmann et al. 2005).

Es sind verschiedene Strahlungsmessgeräte zur Überwachung der Mikrowellenstrahlung im 2.45 GHz Band verfügbar (VOLT-CRAFT MWT-2G Mikrowellen-Strahlungsmessgerät, RadMan Personalmonitor elektrischer und magnetischer Felder), die bereits für weniger als 100 € erhältlich sind.³¹ Ab einer

³⁰ <https://de.wikipedia.org/wiki/Brennholz>

³¹ <http://www.telemeter.info>; <https://www.conrad.de>

Strahlung von 5 mW/cm² (bzw. 50 W/m²) wird ein Warnsignal gegeben. Da der Grenzwert jedoch niedriger liegt (1 mW/cm²) sollten nach VDE geprüfte Geräte, die auf den verwendeten Frequenzbereich 2,45 GHz kalibriert sind verwendet werden, die ab etwa 500 € verfügbar sind.²⁵

Die Grenzwerte im Hochfrequenzbereich von 100 kHz bis 300 GHz wurden von der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) abgeleitet und liegen bei 50 W/m² bei beruflicher Exposition und 10 W/m² für die allgemeine Öffentlichkeit (ICNIRP 1998).³² Die Leistungsdichte von 10 W/m² wurden auch in die EU-Ratsempfehlung 1999/519/EG zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz) übernommen. Auch die Gerätehersteller verweisen auf den Vorgabewert von 1 mW/m² (= 10 W/m²), den die Berufsgenossenschaften vorschreiben. Wenn dieser Wert in benachbarten Räumen erreicht wird, müssen ggf. zusätzliche Maßnahmen, z. B. Anbringen von Abschirmfolien vorgesehen werden.³³ In der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV vom 16.12.1996) ist für diesen Frequenzbereich eine elektrische Feldstärke von 61 V/m als Immissionsgrenzwert angegeben.

Eine Temperatur von 100 °C sollte an keiner Stelle überschritten werden, um eine Verflüssigung von Holzharzen zu vermeiden und den Brandschutz zu gewährleisten. Besondere Vorsichtsmaßnahmen sind bei vorhandenem Holzstaub zu beachten, da die Selbstentzündungstemperatur niedriger ist als für massives Holz und die Gefahr von Schwelbränden gegeben ist. Hierbei ist zu beachten, dass die Innentemperatur immer höher als die Oberflächentemperatur ist (Kohler ohne Jahr).

Die Fa. MTP bietet seit 1998 Mikrowellenanlagen an, verpflichtet jedoch jeden, der oder die eine Anlage erwirbt, eine zweitägige Schulung für die Einsatzgebiete Bautrocknung und Bekämpfung holzzerstörender Pilze und Insekten zu absolvieren. Diese Schulung beinhaltet auch die Problematik Gesundheits- und Arbeitsschutz. Die Teilnehmer erhalten ein Zertifikat und eine Betriebsanweisung, die ggf. der Gewerbeaufsicht auf Baustellen vorgezeigt werden muss. Der Vertrieb von Mikrowellengeräten für Schädlingsbekämpfer ohne jegliche Schulung stellt ein erhebliches Risiko dar.³⁴

Die Berufsgenossenschaftlichen Regeln für elektromagnetische Felder von 0 Hz bis 300 GHz unterteilt die Arbeitsplätze in Abhängigkeit von der Exposition in verschiedene Gefahrenbereiche. Mitarbeiter sind zu schulen und mindestens jährlich zu unterweisen. Die Inbetriebnahme der Anlage ist durch einen Sachkundigen zu prüfen, der „aufgrund fachlicher Ausbildung und Erfahrung ausreichende Kenntnisse auf dem Gebiet der elektromagnetischen Felder“ hat. Für Personen mit Körperhilfsmitteln wie z. B. Herzschrittmacher, Insulinpumpen, Implantate sind besondere Maßnahmen zu treffen (BGR B11 2001). Daher können Mikrowellengeräte nur von Sachkundigen gemietet oder gekauft werden, die über eine gültige Betriebsberechtigung des Herstellers verfügen (Kohler ohne Jahr). Die elektromagnetische Verträglichkeit der Geräte ist gemäß Richtlinie 2014/30/EU in Form einer VDE-Prüfbescheinigung nachzuweisen. Diese gilt für alle Geräte, die elektromagnetische Störungen verursachen können.

Anwender des Mikrowellenverfahrens sollten einen Sachkundenachweis wie z.B. „Sachkundiger für Holzschutz am Bau“ mit sich führen, wie es auch die DIN 68 800-1 gefordert ist. Ein Sachkundelehrgang beinhaltet rd. 90 Unterrichtsstunden und wird mit einer Prüfung abgeschlossen.³⁵

³² <http://www.icnirp.org>

³³ <http://www.kohler-automation.de/de/mikrowellen/holzschadlingsbekempfung>

³⁴ Persönliche Mitteilung Herr Steffen Steinbach, MTB Mikrowellen Technik, Mittenwalde vom 6.1.16.

³⁵ <http://www.sachkunde-holzschutz.de/lehrgang-sachkundiger-fuer-holzschutz-am-bau-dresden.html>

4.6.3 Tierschutz

Nicht relevant, da sich normalerweise keine Wirbeltiere im Strahlungsbereich aufhalten und der Tierschutz bei Schadinsekten keine Rolle spielt.

4.7 Verfügbarkeit

Es sind folgende Anbieter der Alternative bekannt:

- a) Holzschutz Jan Körner, 04654 Frohburg / OT Frankenhain
Tel.: 034341/33566, E-Mail: info@holzschutz-koerner.de, www.holzschutz-koerner.de,
www.mikrowellenverfahren.de
- b) Verschiedene Schädlingsbekämpfer, die den regionalen Bedarf abdecken.
- c) MTB® Mikrowellen, 15749 Mittenwalde,
E-Mail: info@mtb-firma.de , <http://www.mtb-firma.de>
- d) Kohler Automation, 35519 Rockenberg
Tel.: 06033 / 71021, E-Mail: info@kohler-automation.de, www.kohler-automation.de

Die Gerätehersteller MTB und Kohler Automation können auch Kontakte zu Anwendern vermitteln.

4.8 Schlussfolgerungen

Das Mikrowellenverfahren ist im bekämpfenden Holzschutz für die kleinräumige Anwendung Stand der Technik, ist aber ein Nischenverfahren für spezielle Anwendungen wie die Behandlung verbauter Balkenköpfe im Fach- und Mauerwerk. Für größere Anwendungen wie die Behandlung eines ganzen Dachstuhls ist das Verfahren eher ungeeignet. Die Anwendung setzt eine Sachkunde des Anwenders und die Einhaltung und Überwachung der Grenzwerte für elektromagnetische Strahlung voraus. In die Entscheidungsfindung sollten folgende Fachbehörden eingebunden werden:

- ▶ Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, BAM FB 4.1 (Durchführung von Wirksamkeitsprüfungen)
- ▶ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, BAuA (Arbeitsschutz)

5 Kanalisationsfallen gegen Ratten

5.1 Beschreibung der technischen Alternative

Der Einsatz von automatischen Schlagfallen in der Abwasserkanalisation zur Rattenbekämpfung dient der Bekämpfung des Zielorganismus Wanderratte (*Rattus norvegicus*).

5.2 Zu ersetzender Wirkstoff

In der aktuellen Liste der abgeschlossenen öffentlichen Konsultation zu Wirkstoffen, die als Substitutionskandidaten identifiziert wurden, befinden sich mehrere Antikoagulanzen (Brodifacoum, Bromadiolone, Chlorophacinone, Coumatetralyl, Difenacoum, Difethialone, Flocoumafen und Warfarin), die als potentielle PBT-Stoffe gelten und in der PA 14 zur Bekämpfung von Nagetieren eingesetzt werden. In der öffentlichen Diskussion wurden auch Stellungnahmen eingereicht, in denen Fallensysteme als Alternative aufgeführt wurden.

5.3 Technische Machbarkeit

Das Prinzip der Nagerbekämpfung in der Kanalisation durch die „WiseCon WiseTrap Kanalisationsfalle“, die in Deutschland als „Anticimex SMART Kanalisationsfalle“ von Anticimex GmbH vermarktet wird, basiert darauf, dass Sensoren die Bewegung und oder Körperwärme der Ratten erfassen und

die Falle auslösen. Der tote Nager wird durch die Strömung fortgespült. Es wird berichtet, dass die Strömung in der Kanalisation nicht beeinträchtigt wird.

In einer Stellungnahme des Umweltbundesamtes im Zusammenhang mit der öffentlichen Konsultation der Wiederzulassung von Antikoagulanzen wird auf die allgemeine Bedeutung von Fallen zur Nagetierbekämpfung und insbesondere auf die WiseTrap Falle eingegangen, bei der die Ratten in ihrer alltäglichen Umwelt getilgt werden – ohne Verwendung von Giftködern oder giffreien Ködern. Die Schussaktivitäts- und Betriebsdaten werden in elektronischer Form an einen Empfänger (Handy oder PC) geschickt. Die Weiterentwicklung für den Einsatz in Abwasserkanälen entspricht der Anticimex SMART Falle. Die Fallen wurden vom Umweltbundesamt nach einer Reihe von experimentellen Untersuchungen als geeignete, humane und effiziente Methode zur Rattenbekämpfung gemäß Infektionsschutzgesetz anerkannt. Weitere Fallentypen, beruhen auf der Auslösung eines Stromschlags mit Hochspannung im Eingangsbereich oder in der Köderbox. Einige Modelle bieten auch eine Signalübermittlung an, wenn die Falle ausgelöst wurde. Das Umweltbundesamt fordert daher, automatische Fallensysteme bei der vergleichenden Bewertung von Antikoagulanzen zu berücksichtigen.³⁶

In der vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit herausgegebenen Liste der geprüften und anerkannten Mittel und Verfahren zur Bekämpfung von tierischen Schädlingen gemäß § 18 Infektionsschutzgesetz wurde im Mai 2016 erstmals die Rubrik „Fallen“ aufgenommen. Bislang sind ausschließlich die Wise-I, die WiseBox und WiseTrap Fallen berücksichtigt. Die Systeme anderer Hersteller sind noch nicht gelistet. Die Wirksamkeitsprüfung wird vom Umweltbundesamt vorgenommen (BVL 2016).

Die Installation der WiseTrap erfolgt mit einer Montagestange durch eine Person innerhalb von 15 Minuten direkt im Revisionsschacht. Die Steuerung wird in den Schachteingang gehängt. Die Falle hat ein Gewicht von 9 kg (ohne Batterie) und wird mit 12 V betrieben.

5.4 Wirksamkeitsnachweis

Bei der Wirksamkeitsprüfung durch das Umweltbundesamt wird die Tilgung von Populationen geprüft. Im Zwangsversuch ist eine Mortalität von 100 %, im Wahlversuch von 90 % gefordert. Ein weiteres Kriterium ist der Tierschutz (Zeitraum bis zur irreversiblen Bewusstlosigkeit). Fallen der Klasse A (30-60 Sekunden) sind als tierschutzgerecht, Fallen der Klasse B (60-180 Sekunden) als ausreichend tierschutzgerecht eingestuft. Die WiseBox Falle sowie die Wise-I Falle erfüllen die Bedingungen (BVL 2016).

Von der Fa. Wisecon wurden die entsprechenden Prüfberichte des Umweltbundesamtes zur Verfügung gestellt (Schmolz 2014 a, 2014b). Der Laborversuch wurde in Anlehnung an die Arbeitsvorschrift „Prüfung der Attraktivität von Köderdepots für Fraßgifte gegen Ratten und Mäuse“ mit Wanderratten durchgeführt. Da die Falle nach dem Barriere-Prinzip arbeitet, wurde auf den Wahlversuch verzichtet. Der Einbau der Falle in das Kanalrohr entspricht einer Zwangssituation, die im Laborversuch nachgestellt wurde. Die Ratten konnten den 6,2 m² großen Raum nur über das präparierte Kanalrohr (Durchmesser 25 cm) verlassen. Nach Auslösen der Falle wurde die Zeitdauer bestimmt, bis zu der die irreversible Bewusstlosigkeit eintrat. Alle eingesetzten Ratten waren nach 5-11 Sekunden bewusstlos, die Mortalität der WiseTrap im Zwangsversuch lag bei 100 %.

³⁶ ECHA Public consultation on potential candidates for substitution anticoagulant rodenticide. Comment No. 32 provided by: German Environment Agency (ohne Datum). Zugang am 17.5.16

5.5 Wirtschaftliche Machbarkeit

In der Bewertung von Alternativen soll der personelle und kostenmäßige Aufwand für die Installation und Betreuung von Fallensystemen im Kanalnetz mit dem konventionellen Einsatz von Rodentiziden verglichen werden. Einige Eckdaten zum Aufwand der Rattenbekämpfung in Kanälen lassen sich aus öffentlich zugänglichen Quellen ableiten:

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes beträgt die Länge der Schmutzwasserkanäle in Deutschland rund 206.000 km (Bezugsjahre 2013). Hinzu kommen rd. 243.000 km Mischwasserkanäle und rd. 126.000 km Regenwasserkanäle.³⁷ Das DWA-M 174 geht davon aus, dass bei Abwasseranlagen 10-30 % der Schächte zu betreuen sind.³⁸ Der Bedarf liegt also in Berlin (170.000 Schächte) bei ca. 17.000-50.000 Schächten.

Im Jahr 2010 wurde eine Fragenbogenaktion zur kommunalen Rattenbekämpfung durchgeführt, an der sich 508 Kommunen, bzw. Abwasserzweckverbände beteiligten, die rd. 20 Mio. Einwohner repräsentieren (Krüger und Solas 2010). Hiervon ergreifen etwa 88 % Maßnahmen zur Rattenbekämpfung, insbesondere im Kanalsystem. Oftmals werden professionelle Schädlingsbekämpfer mit den Arbeiten beauftragt. In Abhängigkeit von der Größe der Kommune beträgt die durchschnittliche Kanallänge je Einwohner ca. 5-10 m. Die in Deutschland ausgebrachte Ködermenge entspricht etwa 870 t/a, die Wirkstoffmenge rd. 50 kg an Antikoagulanzen. Die durchschnittlichen Kosten für die kommunale Rattenbekämpfung wurden auf 0,3-0,5 € je Einwohner und Tag geschätzt (ebd.)

5.5.1 Kommunale Rattenbekämpfung mit Antikoagulanzen

Wichtige Eckdaten der Rattenbekämpfung in Hannover werden von Rose (2006) beschrieben. Demnach betreut das Stadtentwässerungsamt rd. 2.500 km Kanalisationssystem und 65.000 Schächte, davon 35.000 Schächte von Misch- und Schmutzwasserkanälen. Es werden etwa 1000 Schächte pro Woche kontrolliert. Die Ausgaben für den Bezug von 1 t Rodentizide, die pro Jahr ausgebracht werden, belaufen sich auf 150.000 €. Mit der Rattenkontrolle und -bekämpfung werden durchgehend 8 Mitarbeiter eingesetzt. Bei einer bundesweiten Ausschreibung im Jahr 2003 wurden die Kosten für das Kontrollieren und Auswechseln der Köder durch externe Firmen ermittelt, die sich beim günstigsten Anbieter auf 7,50 Euro je Schacht beliefen. In einer Erwiderung eines kommerziellen Dienstleisters für Schädlingsbekämpfung werden diese Zahlen so interpretiert, dass in Hannover rd. 750.000 € pro Jahr für die Beköderung von 45.000 Kanalschächten bzw. 15 € pro Schacht und Belegung ausgegeben werden. Ein Wert, der doppelt so hoch ist wie der in der Ausschreibung angebotene Preis von 7,50 € pro Schacht (Römer 2006).

Die Berliner Wasserbetriebe gaben in 2014 über 800.000 Euro für die Schädlingsbekämpfung aus (Die Welt 27.11.15, Anja Sokolow). Von den rd. 170.000 Misch- und Schmutzwasserschächten müssen nach DWA-M 174 ca. 17.000-50.000 Schächte bereut werden. Jährlich werden Gebiete mit ca. 18.000 Schächten im Rahmen der Schädlingsbekämpfung durch den Kanalbetrieb bearbeitet. Die Tagesleistung von je zwei Mitarbeitern liegt bei 30-50 Schächten (punktuelle Auslage) bzw. 60-100 Schächten (flächendeckende Auslage bei jedem 2. Schacht). Im Schnitt wird jeder Schacht 5-mal pro Bekämpfungsmaßnahme angefahren. Der Gesamtstundenaufwand für die Rattenbekämpfung wird mit rd. 17.000 – 18.000 pro Jahr angegeben, hinzukommen rd. 7.000 – 8.000 Fahrzeugstunden. Die

³⁷ <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/152743/umfrage/laenge-des-kanalnetzes-in-deutschland-im-jahr-2007>

³⁸ Merkblatt DWA-M 174 (10/2005). Betriebsaufwand für die Kanalisation - Hinweise zum Personal-, Fahrzeug- und Gerätebedarf.

Gesamtkosten für Personal, Fahrzeuge und Rodentizide belaufen sich auf etwa 70 € pro km Kanal, wobei die Personalkosten mit rd. 75 % zu Buche schlagen.³⁹

In Dortmund legt die Stadt jährlich zwölf t Köder (Antikoagulanzen) aus. Der Ködereinsatz kostet jährlich 120.000 € (WZ 29.11.15, Wolfgang Dahlmann).

5.5.2 Kommunale Rattenbekämpfung mit Kanalfallen

In der bereits erwähnten Stellungnahme des UBA wird auf den wirtschaftlichen Nachteil von Schlagfallen hingewiesen, die im Vergleich zur Giftköderung aus Tierschutz- und Hygienegründen häufiger geprüft werden müssen und die jeweils nur einen einzelnen Nager fangen. Diese Nachteile werden aber bei modernen Multi-Fangfallen (z.B. WiseTrap), die zudem mit elektronischen Kommunikationsgeräten ausgerüstet sind, aufgehoben. Die Kontrollen der Fallen sind in diesen Situationen auf die Fälle beschränkt, wenn ein Nagetier tatsächlich von einer Falle getötet wurde. Regelmäßige oder sogar tägliche Inspektionen sind in diesen Situationen nicht erforderlich. Die automatisierte Datenerfassung ausgelöster Fallen ist ein weiterer Vorteil, da eine Dokumentation der Schädlingsbekämpfung oftmals gefordert ist. Automatisierte Fallen mit elektronischer Kommunikation sind weniger arbeitsintensiv und können helfen, die Kosten für die Schädlingsbekämpfung zu reduzieren.³⁶ Die Auswertung von Schussdaten ermöglicht zudem einen zielgerichteten, faktenbasierten Einsatz.

Die Dänische Firma Hedensted Spildevand A/S betreut rd. 800 km Abwasserkanäle sowie 5 Kläranlagen und 300 Pumpstationen und stellte ab dem Herbst 2008 fast vollständig komplett auf automatische Fallensysteme um. Hierdurch konnte der Verbrauch an Rodentiziden von ehemals rd. 500 kg/a auf weniger als 8 kg/a gesenkt werden. Es werden rd. 570 Fallen der Fa. WiseCon sowohl in Kanälen als auch oberirdisch eingesetzt. Der zeitliche Aufwand für die Rattenbekämpfung blieb trotz der Zunahme des versorgten Gebietes gleich⁴⁰.

Die Firma WiseCon, Dänemark gab ebenfalls eine Stellungnahme ab und verwies darauf, dass etwa 90 % der Ratten in Abwasserkanälen vorkommen. Die batteriebetriebene WiseTrap Kanalfalle kann in wenigen Minuten in einem Überwachungsschacht installiert werden. In Europa wurden mittlerweile über 20.000 Fallen installiert, hiervon die Hälfte in den letzten zwei Jahren. In einer dänischen Kommune mit 45.000 Einwohnern konnte der Verbrauch an Antikoagulanzen nach der Umstellung auf das Fallensystem von ehemals 500 kg/a um 98 % reduziert werden. Eine tabellarische Aufstellung der installierten Fallen zeigt deutliche regionale Unterschiede. Während Anfang 2016 in den nordischen Ländern Dänemark, Schweden und Norwegen insgesamt 17.224 Fallen aufgestellt waren, sind in Deutschland bisher nur 653 Fallen installiert.⁴¹

In verschiedenen Presseartikeln wird von Erfahrungen mit den Fallensystemen in Deutschland berichtet:

Die Berliner Wasserbetriebe (BWB) testen in 2015 insgesamt 10 WiseCon Fallen und berichteten von ca. 4.000 getöteten Tieren. In der Regel kaufen die Kommunen die Fallen nicht, sondern mieten sie für 1.200 bis 1.500 € pro Jahr und Stück inklusive Wartung (Die Welt 27.11.15, Anja Sokolow).

³⁹ Kokles, S. 2015. Rattenbekämpfung bei den Berliner Wasserbetrieben in 2013&2014. Vortrag auf der DWA-Kanalnachbarschaften <http://www.dwa-no.de/714.html>

⁴⁰ ECHA Public consultation on potential candidates for substitution anticoagulant rodenticide. Comment No. 31 provided by Hedensted Spildevand A/S, Denmark (12.2.2016).

⁴¹ ECHA Public consultation on potential candidates for substitution anticoagulant rodenticide. Comment No. 21 provided by WiseCon A/S, Denmark (ohne Datum).

In Dortmund haben vier Kanalfallen in den ersten fünf Wochen 58 Ratten erlegt, so dass das System eher als Monitoringverfahren dient. In Marne wurden an einem „Hotspot“ in einer Nacht 200 Ratten erlegt (WZ 29.11.15, Wolfgang Dahlmann).

Die Fa. Wisecon wurde 2008 gegründet und hat derzeit 65 Mitarbeiter. Es werden verschiedene Fallensysteme vertrieben: Die mechanisch wirkende WiseTrap-Falle ist für den Einsatz in der Abwasserkanalisation mit variablem Kanaldurchmesser von 100-300 mm gedacht, die Wise I Falle (Schlagfalle) sowie die WiseBox (Stromschlag-Falle) werden für die oberirdische Nagerbekämpfung eingesetzt. Für das Monitoring in der Kanalisation und überirdisch sind zudem Infrarotkameras „WiseCam“ im Einsatz, die mit Bewegungsmeldern ausgestattet sind. Die WiseBox hat ein Gewicht (ohne Batterie) von ca. 7 kg und wird mit 12 V betrieben. Ein wesentliches Merkmal aller Fallen ist die Zählfunktion sowie die Kommunikation über automatische Benachrichtigungen der Betreiber, wenn die Falle ausgelöst wurde. Zielgruppe der Kunden sind Schädlingsbekämpfer als Dienstleister oder in öffentlichen Einrichtungen. Die Fa. Anticimex hat als Dienstleister von Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen den Vertrieb in 14 Ländern übernommen. In Dänemark arbeitet WiseCon mit etwa 70 % der Abwasserentsorgungsbetriebe zusammen. Die derzeitige Jahreskapazität von ca. 10.000 bis 20.000 Geräten könnte in kurzer Zeit beliebig erweitert werden. In Tabelle 2 sind einige Praxisbeispiele dokumentiert.⁴²

Tabelle 2: Praxisbeispiele zum Einsatz von Rattenfallen in Abwasserkanälen

	Fallen	Kosten	Service ⁴³
Sönderparken, DK 5 Blocks mit je 18 Wohnungen.	5 permanente WiseTrap Fallen an Hausan- schlüssen	Kaufpreis: € 10.100 €.	Service: € 3.180 €/a für die Betreuung von 5 Fallen: Wartung, Akkuaustausch, Re- paraturen, Montage.
Studentenwohnheim in Kopenhagen mit 96 Wohnungen	Bekämpfung mit 42 WiseTrap Fallen in al- len Schächten in 4 Mo- naten. 5 permanente WiseTrap Fallen in den Abgren- zungsschächten.	Bekämpfung, 4 Monate mit 37 Fallen: 25.000 €, sowie 5 Abgren- zungsfallen. Kaufpreis, 5 Abgren- zungsfallen: 10.900 € (permanent)	Service: € 3.200 €/a für die Betreuung von 5 Fallen: Wartung, Akkuaustausch, Re- paraturen, Montage.
Stadt Schwarzenbek, D	Die Stadt ist in 4 Zonen eingeteilt. Zone für Zo- ne werden die Fallen eingesetzt Der Einsatz wird auf Grundlage von Schussdaten geplant. Kurzzeitige Montage = Monitoring oder exten- sive Bekämpfung in ausgewählten Schäch- ten oder intensive sekt-	16 WiseTrap Fallen (Miete), Vertragskosten pro Jahr ca. 18.000 € (auf Grund einmaliger Einrichtungskosten im ersten Jahr ca, 21.000 €)	Früher Kosten für Rodentizide pro Jahr: Ca. 21.000 € Servicekosten sind in den Vertragskosten enthalten: Miete und Gewährleistung der Betriebsfähigkeit der 16 Fallen.

⁴² Persönliche Mitteilung Svend Erik Laursen, Peter Hohnen, Fa. WiseCon vom 13. Juni 2016

⁴³ Persönliche Mitteilung Svend Erik Laursen, Peter Hohnen, Fa. WiseCon vom 13. Juni 2016

orale Bekämpfung

Der Service beinhaltet die Betreuung der Fallen einschließlich des Monitorings, der Batteriewechsels und des Ersatzes defekter Fallen. Ständig installierte Fallen werden ca. 4-mal jährlich gewartet (Akkuwechsel, Funktionsprüfung), wobei mit einem Arbeitsbedarf von ca. 15 Minuten pro Falle zuzüglich Fahrtkosten zu rechnen ist. Der Standortwechsel einer Falle von einem Schacht zum anderen benötigt mit Ein- und Ausbau, Reinigung und Akkuwechsel ca. 1 Stunde zuzüglich Fahrtzeit.⁴⁴

5.6 Verringerungen der Gesamtrisiken

5.6.1 Ökologie und Umweltschutz

Eine Minimierung der als PBT eingestuften Antikoagulanzen ist geboten. Hierzu können die automatisierten Fallen eine bedeutende Rolle einnehmen. Ein vollständiger Ersatz ist derzeit nicht möglich. Die flächendeckende Umstellung auf Fallensysteme würde sicherlich ein Jahrzehnt in Anspruch nehmen (Annahme: 1 Falle/km Kanal, 206.000 km Gesamtlänge, Jahresproduktion 20.000 Fallen).

5.6.2 Tierschutz

Die WiseTrap Falle ist als tierschutzgerecht anerkannt. Andere Rattenfallen, wie die Rattenfalle „Eko 1000“ der holländischen Firma Rodent Control sind nach Einschätzung des Tierschutzdienstes Niedersachsen in Deutschland nicht zulässig. Bei diesem Fallentyp werden die Ratten nach längerem Todeskampf in einer Alkohollösung ertränkt (König 2008).

5.7 Verfügbarkeit

In der bereits erwähnten Stellungnahme des UBA wird darauf hingewiesen, dass zahlreiche Nagetier-Fallen auf dem Markt sind und es keine Begrenzung ihrer Verfügbarkeit für berufliche Anwender oder Privatanwender gibt.³⁶ Es sind folgende Anbieter der Alternative bekannt:

WiseCon A/S, Skovgaardsvej 25, DK-3200 Helsingør, Tel: +45 48 79 93 78, info@wisecon.dk, Svend Erik Laursen, sel@wisecon.com (Entwicklung, Herstellung und Vertrieb). Im Jahr 2017 wurde die Firma WiseCon von Anticimex übernommen.

Anticimex, internationales Dienstleistungsunternehmen in der Schädlingsbekämpfung. 1934 in Schweden gegründet, 3500 Mitarbeiter in 14 Ländern. Anticimex Stuttgart, in-fo@anticimex.de (Vertrieb und Einsatz in der Schädlingsbekämpfung).

Zu weiteren auf dem Markt befindlichen automatischen Fallen liegen zu wenige Informationen vor. Dies betrifft insbesondere die Elektro Multi-Fang Mausefalle von Victor®: Um an den Köder zu kommen, muss der Nager an drei elektrisch geladenen Platten vorbeilaufen, welche die Maus in weniger als 3 Sekunden töten (100 %ige Tötungsrate). Die Kammer dreht sich automatisch und entsorgt die tote Maus in einen Sammelbehälter. Die Mausefalle stellt sich daraufhin automatisch wieder ein. Der Sammelbehälter fasst 10 Mäuse, bevor er ausgeleert werden muss. In ähnlicher Weise funktionieren auch die elektronischen Rattenfallen von Victor®, die mit einer Tötungsrate von 100 % eine Ratte pro Einsatz durch einen Stromschlag töten. Die Falle muss dann entleert und neu gestartet werden.⁴⁵

5.8 Schlussfolgerungen

In der Stellungnahme des UBA wird auf den technischen Fortschritt in der Entwicklung von Fallensystemen hingewiesen, die im Zuge der Resistenzentwicklung gegenüber Antikoagulanzen sowie der

⁴⁴ Persönliche Mitteilung Svend Erik Laursen, Fa. WiseCon A/S vom 4.8.16.

⁴⁵ <http://www.victorfallen.de>, Woodstream Europe Limited, Oakham, Rutland, Großbritannien, enquiries@woodstream.com

strengeren Vorschriften für den Einsatz von Rodentiziden an Bedeutung in der Schädlingsbekämpfung gewinnen werden. Sie sind eine ernstzunehmende Alternative zum Einsatz von Antikoagulanzen. Einige Schädlingsbekämpfungsunternehmen arbeiten ausschließlich mit Fallensystemen. Vor diesem Hintergrund sollte der Einsatz von Antikoagulanzen insbesondere für Monitoringzwecke und zur präventiven Kontrolle überdacht werden und es sollten vermehrt Fallensysteme zur Bekämpfung eingesetzt werden.

In die Entscheidungsfindung sollten folgende Fachbehörden eingebunden werden:

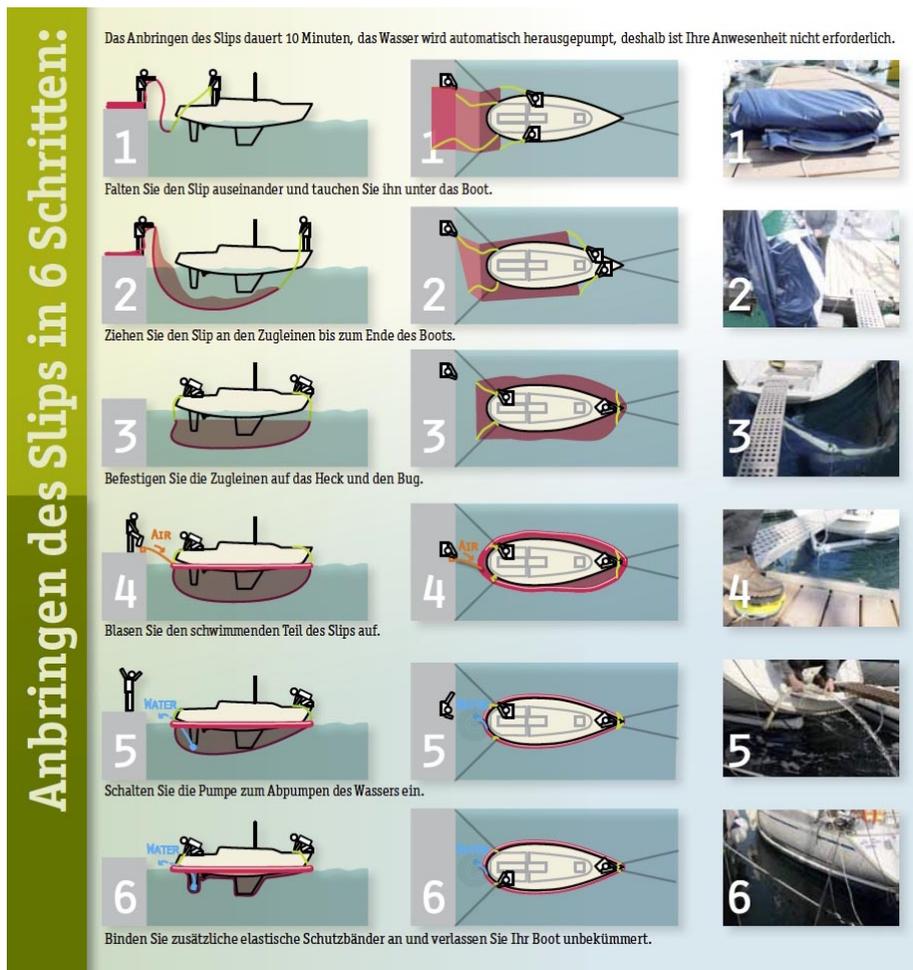
- ▶ UBA (Wirksamkeitsprüfung und Tierschutz)
- ▶ BAuA (Arbeitsschutz)

6 Unterwasser-Folien und Matten als Antifoulingmaßnahme

6.1 Beschreibung der technischen Alternative

Die Unterwasserfolie wird unter das Schiff gezogen und befestigt (Abbildung 1). Anschließend wird das Wasser zwischen der Folie und dem Rumpf abgepumpt, so dass sich die Folie eng anlegt. Im Unterwassermantel reinigt sich das Boot selbst, da sich die organischen Teile ohne Licht und Sauerstoff zersetzen. Wenn dann noch Essigsäure dazugegeben wird, löst sich der Kalk in 24 Stunden. Vor der Bootsahrt wird die Folie ins Wasser getaucht und bei der Ankunft wieder angebracht. Die Folie selbst lässt sich mit einem Hochdruckreiniger säubern.

Abbildung 1: Anbringen der SLIP UnderWaterCoat Folie



Quelle <http://www.slipboat.eu>

6.2 Zu ersetzender Wirkstoff

In der aktuellen Liste der abgeschlossenen öffentlichen Konsultation zu Wirkstoffen, die als Substitutionskandidaten identifiziert wurden, befinden sich zwei Wirkstoffe für PA 21, Cybutryn (CAS 28159-98-0) und Medetomidine (CAS 86347-14-0), die beide jeweils zwei der drei PBT Kriterien (P und T) erfüllen.⁴⁶ Cybutryn wurde gemäß Durchführungsbeschluss (EU) 2016/107 nicht als alter Wirkstoff genehmigt, da unannehmbare Risiken für die Umwelt erkannt wurden. Cybutrynhaltige Antifoulinganstriche dürfen seit dem 31. Januar 2017 in der EU weder vermarktet noch eingesetzt werden, ein Inverkehrbringen von neuen Booten mit Cybutryn-Anstrich ist untersagt. Der Wirkstoff Medetomidine ist als Substitutionskandidat nur für einen Zeitraum von sieben Jahre bis Ende des Jahres 2022 zugelassen worden.⁴⁷ Der Wirkstoff Tolyfluanid darf nach EU-Wirkstoffgenehmigung nicht in Binnengewässern, der Wirkstoff Kupfer-Pyrithion nur durch professionelle Anwender eingesetzt werden.

⁴⁶ <https://echa.europa.eu/addressing-chemicals-of-concern/biocidal-products-regulation/potential-candidates-for-substitution-previous-consultations>

⁴⁷ Durchführungsbeschluss (EU) 2015/1731

6.3 Technische Machbarkeit

Nach Angaben von **SLIP UnderWaterCoat** wird das Verfahren seit 2010 eingesetzt und bisher für Schiffe von 5 - 17 m Länge verwendet. Die Folie besteht aus PVC, es wird eine Mindesthaltbarkeit von 6 Jahren angegeben. Für ein 10 m Schiff wiegt die Folie 16 kg und lässt sich auf ein Format von 70 x 50 x 20 cm zusammenfalten (SLIP 2017).

Das Prinzip der Slip-Folie beruht darin, die für das biologische Wachstum erforderlichen Umgebungsbedingungen zu stören. In einem ersten Schritt löst sich die organische Schicht der Organismen innerhalb einer Woche und wird abgespült bzw. durch die Reibung im Fahrbetrieb ohne weitere mechanische Einwirkung abgelöst, im zweiten Schritt wird Essigsäure in das abgeschlossene Kompartiment zugesetzt, um kalkhaltige Muscheln und Schnecken innerhalb einiger Stunden aufzulösen.⁴⁸ Die für ein 10 m Boot benötigte Menge wird mit ca. 3 Liter 80 %iger Essigsäure angegeben, die mit 10 Liter Wasser verdünnt wird. Die Essigsäure wird von Seiten der Hersteller als unbedenklich angesehen, kann jedoch auch mit Kalk neutralisiert werden.⁴⁹

Die Folie wird periodisch angebracht, wobei im mediterranen Bereich (Kroatien) für einen sauberen Rumpf eine einwöchige Anwendung alle zwei Monate im Winter und monatlich im Sommer empfohlen wird (je nach Umgebungsbedingungen und Bewuchsdruck). Als Nachteile werden aufgeführt, dass die Folie in Revieren mit starkem Wasserstrom (z.B. in Flussmündungen) nicht angebracht werden kann (SLIP 2017). Diese Angaben sind jedoch variabel: In der Praxis wird die Folie immer dann angebracht, wenn der Eigner es für nötig erachtet. Viele befestigen die Folie über die gesamte Winterperiode, andere bringen sie an, bevor sie in den Urlaub gehen. Wenn das Boot im Sommer die ganze Zeit (Juni bis Oktober) genutzt wird, wird in Abhängigkeit vom Bewuchsdruck eine zweimalige Behandlung über 3 Tage empfohlen, wozu in der Regel ein Hafenaufenthalt genutzt wird. Bei geringem Befall kann auf die Essigsäure verzichtet werden. Nach Einschätzung des Herstellers ist das Verfahren überall und nicht nur im Mittelmeer einsetzbar. Der Befallsdruck kann sich in Abhängigkeit von der Region jedoch deutlich unterscheiden.⁴⁹

Das Verfahren findet auch bei dem Umweltzeichen „Blaue Flagge“ (Blue Flag), das an Strände, an Küsten und Binnengewässer und an Marinas vergeben wird, Anerkennung. Nach deren Auskunft wird das Verfahren bislang in erster Linie an der Adria eingesetzt. Voraussetzung ist, dass die zu behandelnden Boote keine Antifoulingfarben verwenden. Die Folie wird nach 24 -48 h wieder entfernt, der gelöste Belag bleibt dann am Liegeplatz, was durchaus zu Einträgen an Nährstoffen und Organik führen kann.⁵⁰ Die wasserrechtlichen Regelungen werden derzeit sehr unterschiedlich gehandhabt. Die Position der Landesarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) vom Juni 2015 zu rechtlichen Aspekten der Rumpfreinigung von Sportbooten kam zu der Schlussfolgerung, dass das Entfernen von Weichfouling im Gewässer unproblematisch sei, während das Entfernen von Hartfouling im Gewässer ein nach Wasserhaushaltsgesetz §9 Abs. 2 zu bewertender Gewässerbenutzungsstatbestand ist. Stationäre mechanische Bootsreinigungsanlagen gelten als „Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern“ gemäß §36 WHG (Watermann et al. 2016). Inwieweit die Anbringung der Folie unter den Anlagenbegriff fällt, müsste noch geprüft werden.

⁴⁸ Essigsäure wurde (als Lebensmittelinhaltsstoff) in den Anhang I der BiozidVO aufgenommen und ist damit als biozider Wirkstoff definiert, dessen Biozidprodukte zumindest einer "vereinfachten Zulassung" bedürfen.

⁴⁹ Persönliche Mitteilung Frau Znidarec, SLIP Under WaterCoat, vom 8.5.17.

⁵⁰ Persönliche Mitteilung Robert Lorenz, Blaue Flagge Deutschland, vom 15.12.2016, Tel. 0178 4402955, e-mail sekretariat@umwelterziehung.de, <http://www.blueflag.global/>

Nach Auskunft von Herrn Dr. Watermann, wurden ähnliche Foliensysteme im Rahmen des EU-Projektes „CHANGE“ untersucht.⁵¹ In der einfachen Variante funktioniert das Verfahren nur bei Motorbooten ohne Kiel. Der Algenbewuchs stirbt ab, die Seepocken verhungern. Bisher liegen keine Erfahrungen mit der Weiterentwicklung vor, bei der das Wasser zwischen Bootsrumph und Folie abgepumpt wird, so dass auch Kielboote behandelt werden können. Es gab auch Vorschläge, das Salzwasser zwischen Folie und Bootsrumph durch Süßwasser zu ersetzen und über die Änderung des osmotischen Druckes die Organismen zu bekämpfen. Es wurden auch Verfahren untersucht, bei denen die Matte am Liegeplatz verbleibt und das Fouling beim Auffahren abgerieben wird (nur für Motorboote ohne Kiel geeignet). Zu nennen ist hier das **SEABOOST-POWERTURF-Verfahren**, bei dem eine schwimmende, mit Bürsten bzw. Noppen besetzte Matte eingesetzt wird. Das Schiff fährt auf die Matte am Steg oder Schwimmsteg und der Rumpf wird durch die ständigen Bewegungen aufgrund von Wind, Wellen und Strömungen über Reibungskräfte gesäubert. Das Verfahren lässt mit speziellen, biozidfreien Beschichtungssystemen koppeln, da diese die Anheftung der Organismen erschweren (Seaboost Overdrive). Die im EU-Projekt „CHANGE“ gewonnenen praktischen Erfahrungen mit dem Powerturf-System sollen demnächst im „Change report on alternative antifouling methods“ veröffentlicht werden.

Nach Auskunft des Herstellers bestehen die Powerturf Matten aus PE (Oberfläche) bzw. Schaumstoff und werden über einen Rahmen aus Aluminiumleisten befestigt. Die Matten sind bisher für Schiffslängen von 7,5 m ausgelegt (ausschließlich V-förmige Motorboote). Da die Matte aufschwimmt ist die Anwendung unabhängig vom Tidenhub. Mit größeren Matten für längere Schiffe gibt es bisher keine Erfahrungen.⁵² Ein im Rahmen des Change-Projektes gehaltener Vortrag zu den praktischen Erfahrungen ist auf Schwedisch verfügbar.⁵³

Abbildung 2: Seaboost-Powerturf Matte



Quelle: <http://www.seaboost.fi/>

Sportsegler, die an der Seglerbundesliga teilnehmen, nutzen schon seit geraumer Zeit ein Folienverfahren zum Schutz der Rumpfe gegen Antifouling. Diese werden meist vom Segelmacher angefertigt

⁵¹ Changing antifouling practices for leisure boats in the Baltic Sea. <http://changeantifouling.com/>

⁵² Persönliche Mitteilung Christian Feodoroff vom 3.3.2017, Tel. 00358-400-703536, christian.feodoroff@seaboost.fi, www.seaboost.fi

⁵³ <https://www.youtube.com/watch?v=i7Zpv9jVVQU&t>

und kostenintensiv. Das Segeltuch wächst zwar von außen zu, wird dann aber am Saisonende mit einem Hochdruckreiniger an Land gesäubert.⁵⁴

Ein ähnliches Verfahren wird in Schweden unter dem Namen „**Clean Marine Tarp**“ vermarktet. Die aus drei Polyolefinschichten bestehende Schwimmmatte sorgt für einen engen Kontakt zwischen Bootsrumf und Matte und verhindert durch die Reibung den Aufwuchs von Foulingorganismen. Die Auftriebskraft wird mit rd. 50 N/m² angegeben.⁵⁵

⁵⁴ Persönliche Mitteilung Dr. B. T. Watermann vom 24.1.17, LimnoMar, 22145 Hamburg, Tel. 040-678 99 11, email mail@limnomar.de, <http://www.limnomar.de/>

⁵⁵ Persönlicher Mitteilung Herr Bosse Nilsson, Ekeröds Utveckling, vom 4.12.,2017 und 18.12.2017.

Abbildung 3: Clean Marine Tarp



Quelle: Bosse Nilsson, Ekeröds Utveckling

Nach Auskunft des Herstellers werden keine Anforderungen an den Bootsanstrich (wie bei der Seaboost-Powerturf Matte) gestellt. Die Folien werden für Bootsgrößen von 4,75 bis 10 m angeboten. Der Aufwuchs der Folie mit Fouling-Organismen lässt sich mit wenig Aufwand entfernen. Im Rahmen des Change-Projektes wurde die Wirksamkeit überprüft, ein unabhängiger Bericht liegt noch nicht vor, wurde aber angefordert.

6.4 Wirtschaftliche Machbarkeit

Die Anschaffungskosten für die Folie SLIP UnderWaterCoat beträgt ca. 1.500 € zzgl. MwSt für ein 10 m Schiff. Die Folie kann nach Angaben des Herstellers durch eine Person in 30 Minuten von Deck aus angebracht und in derselben Zeit wieder entfernt und verstaut werden, so dass bei einer üblichen siebenmaligen Anwendung pro Jahr von einem Gesamtaufwand von 7 Stunden auszugehen ist (SLIP 2017).

Die Kosten für die SEABOOST-POWERTURF-Matte liegen für ein 7,5 m Schiff bei rd. 1.400 € zzgl. MwSt. Die Lebenszeit der Matte wird mit ca. 6 Jahren abgegeben, die Garantiezeit beträgt 2 Jahre.⁵² Die Kosten für die Clean Marine Tarp liegen mit 1.100 € (7,5 m) und 1.600 € (10 m) in einer ähnlichen Größenordnung.⁵⁵

Um den Aufwand für die Erneuerung von Antifouling-Anstrichen abzuschätzen, wurde im September 2017 eine Umfrage bei Bootswerften mit Hilfe eines knappen Fragebogens und Telefoninterviews durchgeführt. Hierbei wurde der Materialaufwand und die Arbeitszeit für die Vorbereitung und Aufbringungen eines neuen Antifoulinganstrichs am Beispiel eines 7,5-10 langen Sportboots (Motorboot mit 28 m², Segelboot mit 31 m² Unterwasserfläche) abgefragt. Der Antifoulinganstrich erfolgt üblicherweise im Abstand von 1 - 2 Jahren, da sich die Wirkstoffe auswaschen (UBA 2014), von den Werften wurde bestätigt, dass der neue Anstrich meist vor jeder Saison aufgebracht wird. Zu unterscheiden ist hierbei, ob der Altanstrich komplett einschließlich der Primer bzw. Wassersperrschicht

heruntergenommen wird (dies ist seltener erforderlich) oder nur die Antifoulingschicht angeschliffen bzw. entfernt wird (meist jede Saison). In der Größenordnung zeichneten sich folgender Aufwand bzw. Materialkosten ab:

- ▶ Vorbereitung Altanstrich nach Reinigung ca. 2-4 h
- ▶ Entfernung des gesamten Altanstriches 4-6 h
- ▶ Aufbringen der Farbe je Anstrich 1,5 -2 h
- ▶ Materialkosten Primer 250-500 €
- ▶ Materialkosten Hauptanstrich (2-fach) rd. 300-500 €.

Unter der Annahme eines durchschnittlichen Stundenlohnes von ca. 60 € betragen die Kosten für den Auftrag eines neuen Antifoulinganstrichs (ohne Primer-Wassersperrschicht) somit ca. 700 - 900 €. Der oftmals auch von den Bootseignern selbst durchgeführte Zeitaufwand für das Aufbringen des Antifoulinganstrichs ist dem für das Anbringen des SLIP UnderWaterCoats in einer Saison vergleichbar. Der Aufwand für das Kranen und Reinigen des Unterwasserschiffes dürfte sowohl bei dem Neuanstrich als auch bei Verwendung der Unterwasserplane vergleichbar sein. Es fehlen jedoch quantitative Daten, wie oft der Unterwasseranstrich bei Verwendung des Slip UnderWaterCoats, erneuert werden muss. Indirekte Kosten z.B. für Dekontaminationsmaßnahmen oder die Überwachung von Gewässern sind ebenfalls noch nicht erfasst.

6.5 Verringerungen der Gesamtrisiken

6.5.1 Ökologie und Umweltschutz

Durch biozidfreie Reinigungssysteme kann der Eintrag biozidhaltiger Antifoulingfarben in die Gewässer insbesondere im Sportbootbereich deutlich verringert werden, sofern die zu behandelnden Boote nicht mit biozidhaltigen Antifoulingfarben beschichtet sind. Je geringer der Bewuchsdruck ist, desto einfacher funktionieren Reinigungsverfahren oder bewuchshemmende Verfahren. Somit bilden sie eine besonders gute Alternative für Antifouling-Produkten für den Einsatz in Binnengewässern. Optimal wäre es, die Alternativen so einzusetzen, dass sich gar kein Hartfouling bildet. Inwieweit die Verwendung von Essigsäure als Hilfsmittel zur Ablösung kalkhaltiger Schalen von Muscheln und Schnecken bedenklich ist, müsste noch bewertet werden. Essigsäure ist als Wirkstoff im Anhang 1 der BiozidVO gelistet und unterliegt damit den Bestimmungen der Verordnung. Zudem wäre zu eruieren, ob das aus PVC bestehende Material der SLIP UnderWaterCoat-Folie noch optimiert werden kann. Grundsätzlich ist durch die teilweise mechanisch unterstützte in-situ Reinigung im Hafenecken ein unkontrollierter Eintrag von gelösten oder partikulären Beschichtungsbestandteilen in das Gewässer möglich. Die Bootsreinigung an entsprechenden Waschplätzen, bei denen das Waschwasser aufgefangen, über ein Absetzbecken geleitet und ggf. einer Kläranlage zugeführt wird, erfolgt unter kontrollierbaren Bedingungen. Es sind auch schwimmende Waschanlagen verfügbar, bei denen das Waschwasser in Schwimmdocks in einem aus Folien aufgespannten Becken gesammelt wird (Wibel und Caris 1999, Anonymous 2015, Watermann et al. 2016). Die wasserrechtliche Bewertung dieser Anlagen steht noch aus.

Bergmann und Ziegler (2018) untersuchten die Umweltbelastung durch alternative Antifoulingmaßnahmen (mechanische Reinigung, Unterwasserfolie) im Vergleich zum Einsatz konventioneller kupferhaltiger Antifoulingfarben mit Hilfe ökobilanzieller Methoden. Hierbei wurde u.a. die aquatische Ökotoxizität der freigesetzten Stoffe unter Verwendung der Software USEtoc abgeschätzt. Die untersuchten Szenarien gingen davon aus, dass für beide Alternativen eine biozidfreie Epoxidharzfarbe aufgetragen war. Für die mechanische Reinigung wurde angenommen, dass der Transportweg der Boote zur Waschanlage in 30 Minuten zu bewältigen ist und dass drei Reinigungsvorgänge je Saison stattfinden. Das Szenario für die Unterwasserfolie ging davon aus, dass die Folie, die im Hafen um den Bootsrumpf gelegt wird, eine Haltbarkeit von fünf Jahren hat. Beide Alternativen wiesen erhebli-

che Vorteile gegenüber dem Einsatz von Antifoulingfarben auf. Die Freisetzung ökotoxischer Verbindungen lässt sich hiermit um über 90 % reduzieren. Die Wirksamkeit der Unterwasserfolien wurde in dieser Studie als gegeben vorausgesetzt, von eigenen Erfahrungen hierzu wird nicht berichtet.

6.5.2 Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit

Die biozidfreien Reinigungssysteme bieten gegenüber der Anwendung biozidhaltiger Antifoulingfarben wesentliche Vorteile, da sowohl die Entfernung der Altfarbe wie auch die Aufbringung einer neuen Antifoulingbeschichtung im Hinblick auf den Arbeitsschutz eine erhebliche Exposition der Anwender und Bystander erfolgen kann (Bleck und Müller 2008).

6.5.3 Tierschutz

Es muss darauf geachtet werden, dass keine Fische unter der Folie eingeschlossen werden.

6.6 Verfügbarkeit

Es sind folgende Anbieter der Alternative bekannt:

- ▶ Slip Underwatercoat: Herr Žnidarec, Tel.: 0038641-372-287, e-mail: slipboat@gmail.com, <http://www.slipboat.eu/>
- ▶ Seeboost Powerturf: Herr Christian Feodoroff, Tel.: 00358 400 70 3536, e-mail: info@seaboost.fi, christian.feodoroff@seaboost.fi, <http://www.seaboost.fi>
- ▶ Clean Marine Tarp: Herr Bosse Nielsson, Ekeröds Utveckling, Tel.: +46 708-788 356, e-mail bosse.nilsson@ekerodsutveckling.se, <http://www.cleanmarine.se>

6.7 Schlussfolgerungen

In Deutschland bestehen ca. 3.091 Sportboothäfen mit 206.000 Sportbootliegeplätzen, die zu 71 % in Süß-, zu 26 % in Brackwasser- (Ostseeküste und Flussästuare) und zu 3 % in Salzwasserrevieren liegen. Die Binnengewässer haben daher in Deutschland im Bereich der Sportboote eine besonders große Relevanz. Watermann et al. (2015) analysierten im Sommer 2013 in 50 Sportboothäfen von Flensburg bis zum Bodensee einmalig Wasserproben auf Antifouling-Wirkstoffe. In 70 % bzw. 54 % der untersuchten Proben fanden sich Abbauprodukte der Wirkstoffe Dichlofluanid und Tolyfluanid. Das nunmehr nicht mehr genehmigte Cybutryn (Irgarol) war in 78 %, sein Abbauprodukt M1 in 46 % der untersuchten Proben nachweisbar. Für Zink und Kupfer wurden Überschreitungen des für beide Stoffe identifizierten Effekt-Schwellenwerts von je knapp 8 µg/L, bei dessen Überschreitung Gefährdungen der aquatischen Umwelt auftreten können, an 6 (für Kupfer) und an 9 von 50 (für Zink) untersuchten Standorten festgestellt. Bei beiden Stoffen gilt es jedoch zu beachten, dass diese nicht nur durch Antifouling-Produkte freigesetzt werden, sondern auch durch viele andere Anwendungen in die Umwelt gelangen. Aktuelle Kalkulationen gehen davon aus, dass 15 % bis 19 % der Kupfereinträge in deutsche Gewässer aus ihrem Einsatz als Antifouling-Wirkstoffe im Sportbootbereich stammen (Daehne et al. 2017, Feibicke et al. 2018). Das UBA forderte daher die Prüfung, ob in Binnengewässern überhaupt der Einsatz von Antifouling-Produkten notwendig ist. In diesem Fall sollte über ein generelles Biozid-Verbot für Reviere, die besonderen Schutz verdienen, nachgedacht werden. Als positives Beispiel wird die „Wakenitz und Ratzeburger Seen“-Verordnung aufgeführt, die dies bereits umsetzt (UBA 2018).

Biozidfreie Reinigungssysteme wie stationäre Waschanlagen oder Foliensysteme können einen entscheidenden Beitrag zur Verringerung des Eintrages von Antifoulingmitteln in die Gewässer leisten. Voraussetzung ist, dass die so zu behandelnden Boote keine biozidhaltigen Antifoulingfarben enthalten. Zudem sind weitere Fragen wie der Einsatz von Essigsäure sowie der Abrieb anderer Beschichtungsbestandteile oder auch Auswaschprozesse aus den Folien selber noch zu bewerten. Essigsäure

ist als Wirkstoff im Anhang 1 der BiozidVO gelistet und unterliegt damit den Bestimmungen dieser Verordnung.

Unabhängige Untersuchungsergebnisse für die Foliensysteme liegen noch nicht vor, sind jedoch zumindest für die Powerturf demnächst zu erwarten (Abschlussbericht Change-Projekt). Eine Voraussetzung für den Erfolg von Foliensystemen ist sicherlich die regelmäßige Anwendung. Insofern sind hier ähnliche Erfahrungen, wie sie auch für mechanische Reinigungssysteme gewonnen wurden, zu erwarten. Hier wurden durch Kombination von biozidfreien Hartbeschichtungen mit der Reinigung im Süßwasser gute Reinigungsergebnisse erzielt, wenn diese Reinigung im Biofilmstadium stattfand. Ab der Bildung einer Makrofouling-Gemeinschaft mit hartschaligem Bewuchs ist das Reinigen erschwert (Watermann et al. 2016).

Das Bundesumweltministerium plant die Aufnahme eines Anhangs 30 zur Abwasserverordnung „Abwasser aus der Reinigung, Konservierung, Instandhaltung, Instandsetzung sowie dem Neubau und der Verwertung von Wasserfahrzeugen“. Es liegt ein Entwurf vor, der frühestens 2019/20 in Kraft treten soll. Schleswig-Holstein wird die Anforderung vermutlich in 2018 landesrechtlich einführen und die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat im Jahr 2017 auch die anderen Bundesländer aufgefordert, entsprechend zu verfahren.⁵⁶ Gemäß dem aktuellen Entwurf des Anhangs 30 werden für die Einleitung des Abwassers in das Gewässer folgende Anforderungen gestellt: TOC = 50 mg/L, CSB = 150 mg/L, Kohlenwasserstoffe 10 mg/L, Ökotoxizität gegenüber Daphnien, Algen und Fischeiern max. Verdünnungsstufe 4. Anlagen, die im Jahresmittel pro Tag weniger als 10 m³ ableiten sind jedoch nicht betroffen, wenn das Abwasser in einer mechanischen Absetzanlage mit einer Absetzzeit von mindestens 12 Stunden gereinigt wird und auf Wasch- und Reinigungsmittel verzichtet wird.

7 Empfehlungen und Ausblick

Die qualitative Bewertung von Biozid-Alternativen als Basis für eine behördlich Empfehlung im Rahmen des Biozidportals ist nicht gleichzusetzen mit der vergleichenden Bewertung von zu ersetzenden Biozidprodukten mit „nicht-chemischen“ Alternativen im Rahmen der BiozidVO, die wesentlich umfangreicher ist und quantitative Risikobetrachtungen umfasst. Der Einsatz alternativer Verfahren dient hierbei nicht nur der Substitution biozider Wirkstoffe oder von Biozidprodukten, sondern auch dem Gebot der Minimierung des Einsatzes von Bioziden in Kombination oder flankierend zu diesen. Bevor ein biozidfreies Verfahren im Rahmen des Biozidportals empfohlen wird, sollen folgende Kriterien zumindest qualitativ geprüft werden:

- ▶ Wirksamkeitsnachweis (als Startpunkt, keine Empfehlung wirkungsloser Verfahren)
- ▶ Praktikabilität (Anwendungsbedingungen, Durchführung, Wartung und Pflege)
- ▶ Ökologie und Umweltschutz (u.a. Hinweise zum Energieverbrauch, Schutz von Nichtzielorganismen)
- ▶ Gesundheitsschutz (Verbraucher- und Arbeitsschutz)
- ▶ Tierschutz (insbesondere tierschutzgerechtes Töten von Nagetieren)
- ▶ Gebrauchstauglichkeit (u.a. Materialverträglichkeit, Anwendergruppe, spezifische Kenntnisse) und
- ▶ Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur Biozidanwendung (gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Folgekosten für Mensch und Umwelt)

⁵⁶ Persönliche Mitteilung von Herrn Peter Janson, Leiter des Dezernates "Technischer Gewässerschutz" im Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein vom 4.12.2017.

Die Studie ergab, dass durchaus nicht-chemische Alternativen mit erwiesener Wirksamkeit vorhanden sind, die für bestimmte Anwendungsbereiche als Ersatz oder ergänzende Instrumente zum Biozideinsatz verwendet werden können. Diese sind oftmals als Stand der Technik anzusehen. Beispiele sind die Mikrowelle im bekämpfenden Holzschutz, die automatischen Rattenfallen mit Monitoringfunktion oder auch physikalische Verfahren zur Desinfektion und Entwesung mittels Hitze. Ziel einer nachhaltigen Verwendung von Biozidprodukten ist deren Minimierung auf das notwendige Maß. Dazu können biozidfreie Verfahren einen deutlichen Beitrag leisten. Einigen nicht-chemischen Verfahren wie z.B. die Mikrowelle oder Radiowellen im bekämpfenden Holzschutz wird ein Nischendasein auf kleinräumige Anwendungsbereiche attestiert, wobei das Potential weitaus größer ist.

Wie das Beispiel der Entwicklung von Kanalarattenfallen zeigt, wirken sich Verbote und Anwendungseinschränkungen für Biozidprodukte (hier das Verbot der Permanentbeköderung mit Antikoagulantien in Kanälen) förderlich für nicht-chemische Alternativen aus. Erst die Anwendungsbeschränkung löste den hierfür notwendigen Innovationsschub für alternative Monitorings- und Bekämpfungsverfahren aus.

Allerdings sind auch die Beschränkungen biozidfreier Verfahren zu berücksichtigen: So lassen sich Ratten nicht alleine durch Kanalfallensysteme bekämpfen, da sie sich dort nur zeitweise aufhalten. Hierzu ist eine flankierende oberirdische Bekämpfung erforderlich. Wichtig ist, dass die Effektivität der Fallen und die Tierschutzverträglichkeit getestet werden. Klebefallen sind beispielsweise nicht tierschutzgerecht und in Deutschland verboten. Bei biozidfreien Antifoulingmaßnahmen wie z.B. Reinigungsverfahren, Folien und Matten fehlt meist noch eine unabhängige Überprüfung der Effektivität oder auch eine Bewertung der Umweltverträglichkeit, insbesondere auch bei vorhandenen Altanstrichen.

Zudem gibt es bei den als fortschrittlich und biozidfrei beworbenen Alternativen oftmals eine Grauzone zwischen Biozidprodukten und biozidfreien Verfahren. Dies trifft insbesondere für zahlreiche in-situ-Verfahren zu, bei denen der biozide Wirkstoff (Wasserstoffperoxid, Singulett-Sauerstoff, freie Radikale) durch physikalische Verfahren (Photoaktivierung, Ultraschall, Hochspannung) erzeugt wird. Erst während der Bewertung dieser Verfahren im Rahmen der BiozidVO wird sich zeigen, ob diese günstiger zu bewerten sind als andere Biozidprodukte oder ob sie zumindest einer Minimierung des Biozideinsatzes dienen.

Die direkte Produktwerbung für biozidfreie Verfahren ist den Behörden untersagt, so dass sich z. B. im Biozidportal keine Hinweise auf konkrete Produkte finden. Durch Verweis auf behördliche Listen wie z.B. die BVL Liste der anerkannten Mittel und Verfahren zur Schädlingsbekämpfung oder die RKI Liste der geprüften Desinfektionsmittel und –Verfahren nach § 18 IfSchG oder auch auf Umweltlabeln wie das RAL UZ 34 zur Abwehr und Bekämpfung von Schädlingen ohne giftige Wirkung können alternative Produkte indirekt beworben werden. In der Weiterentwicklung von Umweltzeichen wird ebenfalls ein Potential zur Förderung biozidfreier Verfahren gesehen. So werden die Chancen für ein Umweltzeichen für biozidfreie Antifoulingmaßnahmen heute als deutlich besser eingeschätzt als vor 15 Jahren, als bereits eine Machbarkeitsstudie zu diesem Thema durchgeführt wurde. Auch die behördliche Bewertung von Systemen, wie z.B. Nagetierfallen, für die es bislang kein Zulassungssystem gibt, kann als Förderung dieser nicht-chemischen Produkte gesehen werden.

Fachlich begründete Stellungnahmen zu einem alternativen Verfahren durch Behörden oder Fachgremien werden allgemein als sehr wichtig erachtet. Beispielsweise ist das Mikrowellenverfahren seit 2003 auf dem Markt, aber erst mit Verabschiedung der DIN 68800-4 in 2012 wird das Verfahren als technisch geeignet anerkannt. Die in der DIN vorgegebene Temperaturhaltezeit von 60 Minuten für das Mikrowellenverfahren gilt jedoch als überzogen, da eine Behandlung über wenige Minuten für eine 100 %ige Mortalität beim Hausbock und Nagekäfer ausreicht. Den Herstellern und Anwendern biozidfreier Verfahren wird geraten, sich aktiv an Normungsverfahren, die sich insbesondere auch

mit der Bewertung einschließlich Wirksamkeitsnachweisen für ihre Produkte befassen, zu beteiligen und gegebenenfalls eine gemeinsame Interessenvertretung zu gründen. Derzeit haben die Hersteller biozidfreier Verfahren keinen Platz im Verfahren der Biozidbewertung und wissen oftmals nicht wie sie sich hier positionieren könnten. Durch ein Zulassungsverfahren z.B. für Nagetierfallen, wie es in Schweden praktiziert wird, würde deren Wirksamkeit und Tierschutzverträglichkeit überprüft und sie könnten entsprechend beworben werden. Allerdings werden nationale Alleingänge als nicht sinnvoll erachtet, sondern es sollte besser auf EU-Ebene ein Zulassungssystem etabliert werden. Auf der Abschlussbesprechung zu diesem Forschungsprojekt am 8.11.2018 beim Umweltbundesamt in Dessau wurden auch mögliche flankierende Maßnahmen zur Entwicklung und Anwendung biozidfreier Verfahren diskutiert: Durch Weiterentwicklung von Ökolabeln können diese Verfahren auf dem Markt durch die Zeichennehmer gut positioniert werden. Prinzipiell können die Hersteller auch Prüfanträge für neue Umweltzeichen einreichen. Zudem können sie einen Antrag für die Berücksichtigung auf den Listen der anerkannten Verfahren zur Desinfektion oder Schädlingsbekämpfung gemäß §18 Infektionsschutzgesetz stellen. Die Bewertung der Wirksamkeit und Praxistauglichkeit von Alternativen durch unabhängige Gremien ist ein wichtiger Motor, damit sich biozidfreie Verfahren auf dem Markt behaupten zu können.

Auch ist der Kenntnisstand des Handels zu Alternativen sehr begrenzt (z.B. bei Antifoulings), so dass der Handel als Zielgruppe eingebunden werden sollte. Daher sollte den Anbietern von Alternativen auf entsprechenden Fachmessen Raum angeboten werden, um die bislang verstreuten Angebote zu bündeln. Durch Fachvortragsreihen zu Alternativen könnten diesen Anbietern ein Plenum geboten werden.

Die Beantragung von Forschungsmitteln durch kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) bei der Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), in diversen EU-Programmen wie Horizon 2020 oder bei KMU-innovativ Biotechnologie (BioChance) eröffnet die direkte finanzielle Unterstützung, wobei den Unternehmen Informationen und Hilfestellungen bei der Antragsstellung angeboten werden sollte.

Eine spezifische Internetplattform wäre geeignet, um das bei den Herstellern und Anbietern von biozidfreien Alternativen bestehende Informationsdefizit zu möglichen Förderwegen zu begegnen und wichtige Informationen auszutauschen und bereitzustellen, wie z.B. zu laufenden Diskussionsprozessen i.R. relevanter Normungsverfahren oder Konsultationen zur Weiterentwicklung der Biozidrechts insbesondere im Hinblick auf die Einbeziehung von nicht-chemischen Alternativen in die vergleichende Bewertung im Rahmen der BiozidVO.

8 Quellenverzeichnis

- Acevedo, M. S., Puentes, C., Carreño, K., León, J. G., Stupak, M., García, M., Pérez, M., Blustein, G. (2013). Antifouling paints based on marine natural products from Colombian Caribbean. *International Biodeterioration & Biodegradation* 83, p. 97-104
- Adlhart, C., Verran, J., Azevedo, N. F., Olmez, H., Keinänen-Toivola, M. M., Gouveia, I., Melo, L. F., Crijns, F. (2018). Surface modifications for antimicrobial effects in the healthcare setting: a critical overview. *Journal of Hospital Infection* 99, p. 239-249
- Adler, C. (2010) Vorratsschutz - Tiefgefrieren zur Bekämpfung? DpS 6/2010
- Akuzov, D., Vladkova, T., Zamfirova, G., Gaydarov, V., Nascimento M. V., Szeglat, N., Grunwald, I. (2017). Polydimethyl siloxane coatings with superior antibiofouling efficiency in laboratory and marine conditions. *Progress in Organic Coatings* 103, p. 126–134
- Almeidam J. R., Vasconcelos, V. (2015). Natural antifouling compounds: Effectiveness in preventing invertebrate settlement and adhesion (Review). *Biotechnology Advances* 33, p. 343-357
- Anonymous (2009). Umweltschonende und kosteneffiziente Wasserentkeimung in Industriebetrieben durch kontrollierte hydrodynamische Kavitation (Kavitationsentkeimer). Abschlussbericht DBU-Projekt 24003, <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-24003.pdf>
- Anonymous (2015). Wie viel Antifouling verträgt die Ostsee? Die EU fördert ein Forschungsprojekt für umweltfreundliche Bewuchsschutzverfahren. *Bootswirtschaft* 3/2015, S. 14-15
- Armstrong, J., Dupont, C., Lantieri, A., Gartiser, S., McEneaney, R. (2015). Analysis of measures geared to the sustainable use of biocidal products FINAL REPORT 070307/2013/668685/ETU/ENV.A.3 on behalf of the European Commission May 2015 [https://circabc.europa.eu/sd/a/92808a58-417e-478d-a688-62235c9af46b/Sustainable use of Biocides - Final report.pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/92808a58-417e-478d-a688-62235c9af46b/Sustainable%20use%20of%20Biocides%20-%20Final%20report.pdf)
- Bhagat, M.N., Pandit, A. B. (2015). Microbial disinfection of seawater using hydrodynamic cavitation. *Separation and Purification Technology* 151 (4), p. 31–38
- Badve, M., Gogate, P., Pandit, A. Csoka, L. (2013). Hydrodynamic cavitation as a novel approach for wastewater treatment in wood finishing industry. *Separation and Purification Technology* 106 (14), p. 15–21
- BAM (2005). Wirksamkeitstest von Mikrowellen gegen Larven des Hausbockkäfers *Hylotrupes bajulus* und gegen Oberflächenmyzel des Echten Hausschwammes *Serpula lacrymans* BAM Fachbereich 4.1, Untersuchungsbericht BAM-Auftrags-Nr.: IV.1/7877 vom 12.05.2005 im Auftrag von Kohler Automaten in Butzbach
- BAM (2005). Einsatz von Mikrowellen gegen Proben des echten Hausschwamms *Serpula lacrymans* (Stamm BAM Ebw. 1315) BAM Fachbereich 4.1, Untersuchungsbericht BAM-Auftrags-Nr.: IV.1/7882 vom 2.11.2005 im Auftrag von Mikrowellen Technik Betriebserhaltung MTB Holzschutz in Mittenwalde
- BAM (2011). Einsatz von Mikrowellen gegen Proben von *Serpula lacrymans* (junges Myzel), *Anobium punctatum* (Larven) und *Hylotrupes bajulus* (Larven). BAM Fachbereich 4.1, Untersuchungsbericht BAM-Auftrags-Nr.: 4.1/8454 vom 19.11.2011 im Auftrag von Mikrowellen Technik Betriebserhaltung MTB Holzschutz in Mittenwalde
- BAM (2012). Einsatz von Mikrowellen gegen Proben von *Serpula lacrymans* (junges Myzel), *Anobium punctatum* (Larven) und *Hylotrupes bajulus* (Larven). BAM Fachbereich 4.1, Untersuchungsbericht BAM-Auftrags-Nr.: 4.1/8497 vom 4.7.2012 im Auftrag von Mikrowellen Technik Betriebserhaltung MTB Holzschutz in Mittenwalde
- Barletta, M., Aversa, C., Pizzia, E., Puopolo, M., Vesco, S. (2018). Design, development and first validation of “biocide-free” anti-fouling coatings. *Progress in Organic Coatings* 123, p. 35–46
- Baumann-Ebert, S. Körner, J. (2013). Integrierter Holzschutz unter Einsatz des Mikrowellenverfahrens am Beispiel einer klassizistischen Stadtvilla mit Befall durch den Echten Hausschwamm. EIPOS-Tagungsband Holzschutz 2013
- Bergman, K., Ziegler, F. (2018). Environmental impacts of alternative antifouling methods and use patterns of leisure boat owners. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, S. 1-10 (online first)
- BGR B11 (2001). Elektromagnetische Felder. Berufsgenossenschaft der Feinmechanik BGFE und Elektrotechnik vom Juni 2001 (ZH1/257)

- Berny, P., Esther, A., Jacob, J., Prescott, C. (2014). Risk mitigation measures for anticoagulant rodenticides as biocidal products. Final report on behalf of the European Commission. October 2014 <https://circabc.europa.eu/sd/a/352bffd8-babc-4af8-9d0c-a1c87a3c3afc/Final%20Report%20RMM.pdf>
- Biebl, S. (2013). Hausbock: Bekämpfung durch Hitze – weniger tut's auch. DpS 2/2013, S. 11-12
- Bleck, D., Müller, A. (2008). Arbeitsplatzbelastungen bei der Verwendung von bioziden Produkten - Teil 5. Expositionsszenarien und Arbeitsschutzmaßnahmen bei der Anwendung von Antifouling-Produkten. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund, <http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F2136.pdf>
- Boguslavsky, Y., Shemesh, M., Friedlander, A., Rutenberg, R., Filossof, A. M., Buslovich, A., Poverenov, E. (2018). Eliminating the Need for Biocidal Agents in Anti-Biofouling Polymers by Applying Grafted Nanosilica Instead. ACS Omega 3, p. 12437–12445
- Böhme, D., Steinbach, S. (2014). Mikrowellentechnologie im Einsatz zur Schwammbekämpfung an bemalten Holzbalkendecken – ein Beispiel. Schützen & Erhalten, März 2014, S. 25-28
- Bongers, F., Alexander, J., Jorissen, A., Blaß, H. J. (2010). Acetylated Wood in Structural Applications. European Conference on Wood Modification
- BPC (2015). Opinion on the application for approval of the active substance: Didecylmethylpoly(oxyethyl)ammonium propionate Product type: 8 ECHA/BPC/074/2015, adopted 8 December 2015
- Branscombe, E., S. Rittschof, D. (1987). An investigation of low frequency sound waves as means of inhibiting barnacle settlement. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 19, p.149-154
- Burkhardt, M., Vonbank, R. (2011). Auswaschung von verkapselten Bioziden aus Fassaden. Abschlussbericht Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC), Rapperswil, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Umwelt (BAFU).
- BVL (2016). Bekanntmachung der geprüften und anerkannten Mittel und Verfahren zur Bekämpfung von tierischen Schädlingen nach § 18 Infektionsschutzgesetz Teil A: Gliedertiere (Arthropoda) [Entwesung] 18. Ausgabe (2. Nachtrag) Teil B: Wirbeltiere (Rodentia, Muroidea). 16. Ausgabe Stand vom 20. 10. 2015, Bundesgesundheitsbl 59, S. 690–701
- Cieplik F., Späth A., Regensburger J., Gollmer A. Tabenski L., Hiller K. A., Bäumler W., Maisch T., Schmalz G. (2013). Photo-dynamic biofilm inactivation by SAPYR--an exclusive singlet oxygen photosensitizer. Free Radic Biol Med. 65, p. 477-487
- Cvetković, M., Kompare, B., Krivograd Klemenčič, A. (2015). Application of hydrodynamic cavitation in ballast water treatment. Environmental Science and Pollution Research 22(10), p.7422-7438.
- Daehne, D., Watermann, B., Fürle, C., Daehne, D., Thomsen, A. (2014). Erprobung von Reinigungsverfahren der Unterwasserbereiche von Sportbooten und küstenoperierenden Schiffen als Bewuchsschutz-Alternative - Materialbelastung, Effektivität und Gewässerbelastung. Abschlussbericht DBU-Projekt AZ 29523-31, LimnoMar Labor für limnische / marine Forschung <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-29523-01.pdf>
- 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 (5), p. 892-905
- Dahms, H. U., Dobretsov, S. (2017). Antifouling Compounds from Marine Macroalgae. Mar. Drugs 15 (9), 16 pages
- DIN 68800-4 (2012-02). Holzschutz - Teil 4: Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Holz zerstörende Pilze und Insekten.
- ECHA (2011). Guidance on the preparation of an application for authorization. January 2011 http://echa.europa.eu/documents/10162/13643/authorisation_application_en.pdf
- ECHA (2018a). Guidance on the BPR: Volume II Efficacy, Part A Information Requirements (May 2018). https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/bpr_guidance_vol_ii_part_a_en.pdf
- ECHA (2018b). Guidance on the BPR: Volume II Efficacy, Parts B+C Assessment + Evaluation (April 2018). https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/bpr_guidance_assessment_evaluation_part_vol_ii_part_bc_en.pdf

ECHA (2017). Format for analysis of alternatives and socio-economic analysis. Version 1.2 May 2017

Engel und Thybring, E. (2013). The decay resistance of modified wood influenced by moisture exclusion and swelling reduction. *International Biodeterioration & Biodegradation* Volume 82, p. 87–95

European Commission (2015a). Guidance to specify information requirements for in situ generated free radicals for substance approval and for product authorization in the context of the BPR. CA-Nov15-Doc.5.1

European Commission (2015b). Technical Guidance Note on comparative assessment of biocidal products. European Health and Food Safety Directorate-General. May 2015. (CAMay15-Doc.4.3.a Final)

Feibicke, M., Setzer, S., Schwanemann, T., Rissel, R., Ahting, M., Nöh, I., Schmidt, R. (2018). Sind kupferhaltige Antifouling-Anstriche ein Problem für unsere Gewässer? Umweltbundesamt Hintergrund Juni 2018

Fuhr, M. J., Schubert, M., Schwarze, F. W. M. R., Herrmann, H. J. (2013). Penetration capacity of the wood-decay fungus *Physisporinus vitreus*. Fuhr et al. *Complex Adaptive Systems Modeling*, 1:6, 15 Seiten.

<http://www.casmodeling.com/content/1/1/6>, aufgerufen am 20.04.2015

Gartiser, S., Hafner, Ch., Jäger, I., Reihlen, A., Schneider, K., Kremers, H., Fiedler, T., Wacker, T, El Atawi, M. (2008). Machbarkeitsstudie zur Unterstützung der Informationspflicht gemäß § 22 BiozidG/ChemG über alternative Maßnahmen zur Minimierung des Biozid-Einsatzes. Forschungsbericht 203 68 448 / 01 u. 02. im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA-Texte 23/2008

Gartiser, S., Petersen, E. Smolka, S. (2015). Konzept zur Entwicklung und Validierung von Kriterien zur Bewertung von biozidfreien Alternativen. Berichtsteil II zu UBA-Abschlussbericht Prüfung und Empfehlung von Alternativen zur Biozid-Anwendung. FKZ 37 11 63 416, UBA-Texte 100/2015

http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_100_2015_pruefung_und_empfehlung_von_alternativen_zur_biozid-anwendung_0.pdf

Gilmore, B. F., Flynn, P. B., O'Brien, S., Hickok, N. Freeman, T., Bourke, P. (2018). Cold Plasmas for Biofilm Control: Opportunities and Challenges. *Trends in Biotechnology* 36(6), p. 627-638

Gittens, J., E., Smith, T. J., Suleiman, R., Akid, R. (2013). Current and emerging environmentally-friendly systems for fouling control in the marine environment. *Biotechnology Advances* 31, p. 1738-1753

Guo, S., Lee, H. W., Khoo, B. C. (2011). Inhibitory effect of ultrasound on barnacle (*Amphibalanus amphitrite*) cyprid settlement. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 409 (1-2), p. 253–258

Halla, N., Fernandes, I. P., Heleno, S. A., Costa, P., Boucherit-Otmani, Z., Boucherit, K., Rodrigues, A. E., Ferreira, I. C. F. R, Barreiro, M. F. (2018). Cosmetics Preservation: A Review on Present Strategies. *Molecules* 23, 1571, p. 1-41

Hansen, J. D., Johnson, J. A., Winter, D. A. (2011). History and use of heat in pest control: a review. *International Journal of Pest Management* 57 (4), o. 267-289

Hasenböhler, A. (2006). Moderne Schädlingsbekämpfung im Lebensmittelbetrieb. *Lebensmittel-Industrie* 9/10 2006, S. 20-23

Hawlik, S (2009). Kälte gegen Insekten – neuerdings mobil. *DpS* 6/2009, S. 6-7

Hoyer, C., Pfütze, C., Plarre, R., Trommler, U., Steinbach, S., Klutzny, K., Holzer, F., Rabe, C., Höhlig, B., Schmidt, D., Roland, U. (2018). Chemical-Free Pest Control by Dielectric Heating with Radio Waves and Microwaves: Thermal Effects. *Chem. Eng. Technol.* 41 (1), p. 108–115

ICNIRP (1998). ICNIPP Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Physics* 74(4). S. 494-522

ISPM (2009). Regulation of wood packaging material in international trade. *International Standards For Phytosanitary Measures* No. 15

Joyce, E. M., Mason, T. J. (2009). Ultrasound for the disinfection of water using flow systems Conference: GPE-EPIC 2009 at Venice, Italy

- Jütterschenke, P. (1999). Ökologisch verträgliche Schädlingsbekämpfung in der Vorratswirtschaft durch Eintrag von Hochfrequenz-energie. ARBES Umwelt GmbH Thermische Hochfrequenzanwendungen, Berlin, DBU-Projekt 10918 https://www.dbu.de/projekt_10918/01_db_2409.html
- Jütterschenke, P. (2000). Mit Hochfrequenztechnologie gegen Holzschädlinge. DpS 2/2000, S. 21-25
- Karlsson, J., Eklund, B. (2004). New biocide-free anti-fouling paints are toxic. Marine Pollution Bulletin 49, p. 456–464
- Kohler, F. (ohne Datum). Technische Information Holzschädlingsbekämpfung mit Mikrowellen. 20 Seiten
- König, K. (2008). Rattenfalle verboten. Top Agrar 2/2008, S. 53
- Körner, J. (2013). Use of the microwave method in controlling wood-destroying insects and dry rot (*Serpula lacrimans*). <http://www.mikrowellenverfahren.de/>
- Kraus, M., Holzer, F., Hoyer, C., Trommler, U., Kopinke, F.-D. Roland, U. (2018). Chemical-Free Pest Control by Means of Dielectric Heating with Radio Waves: Selective Heating Chem. Eng. Technol. 41 (1), p. 116–123
- Krüger, G., Solas, H. (2010). Fragebogenaktion zur Rattenbekämpfung in Deutschland. DpS 7-8/2010, S. 10-13
- Löschau, M. und Krätke, R. (2005). Efficacy and toxicity of self-polishing biocide-free antifouling paints. Environmental Pollution 138, p. 260-267
- Lompe, D., Schubert, C. (2013). Umweltfreundliche Waschanlage für Sportboote mit Biozidfreien Beschichtungen, DBU-Abschlussbericht Nr. 27437, Hochschule Bremerhaven, https://www.dbu.de/projekt_29437/db_1036.html
- Lehmann et al. (2005). Schlussbericht Mikrowellenbehandlung als Alternative zur phytosanitären Hitzebehandlung von Holz: Machbarkeitsstudie. Hochschule für Architektur, Bau und Holz HSB CH-2504 Biel, Bericht Nr. 2656-SB-01, vom 13.09.2005 <http://www.bafu.admin.ch/wald/01234/01238/12090/12097/index.html>
- Lehringer, C. (2011). Permeability improvement of Norway spruce wood with the white rot fungus *Physisporinus vitreus* - Verbesserung der Permeabilität von Fichtenholz mit dem Weißfäulepilz *Physisporinus vitreus*. Dissertation Universität Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie. <http://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-0006-B144-8>
- Maslak D., Weuster-Botz, D. (2011). Combination of hydrodynamic cavitation with chlorine dioxide for disinfection of water. Eng Life Sci 11: 350-358.
- Mesquita, M. Q., Dias, C. J., Neves, M. G. P. M. S., Almeida, A., Faustino, M. A. F. (2018). Review Revisiting Current Photoactive Materials for Antimicrobial Photodynamic Therapy. Molecules 23 (47 pages)
- Mohebbi, B., Militz, H. (2019). Microbial attack of acetylated wood in field soil trials. International Biodeterioration & Biodegradation 64 (1), p. 41–50
- O'Connor, N., Cahill, O., Daniels, S., Galvin, S. Humphreys, H. (2014). Cold atmospheric pressure plasma and decontamination. Can it contribute to preventing hospital-acquired infections? Journal of Hospital Infection 88 (2), p. 59–65
- Payette, M., Work, T. T., Drouin P. Koubaa, A. (2015). Efficacy of microwave irradiation for phytosanitation of wood packing materials. Industrial Crops and Products 69 (2015) 187–196
- Peres, R. S., Armelin, E., Alemán, C., Ferreira, C. A. (2015). Modified tannin extracted from black wattle tree as an environmentally friendly antifouling pigment. Industrial Crops and Products 65, p.506-514
- Pfendler, S., Borderie, F., Bousta, F., Alaoui-Sosse, L., Alaoui-Sosse, B. Aleya, L. (2018). Comparison of biocides, allelopathic substances and UV-C as treatments for biofilm proliferation on heritage monuments. Journal of Cultural Heritage 33, p. 117–124
- Piazza, V., Gambardella, C., Garaventa, F., Massaniso, P., Chiavarini, S., Faimali, M. (2018). A new approach to testing potential leaching toxicity of fouling release coatings (FRCs). Marine Environmental Research 141, p. 305–312
- Pina, A. S., Batalha, I. L., Fernandes, C. S. M., Aoki, M. A., Roque, A. C. A. (2014). Exploring the potential of magnetic antimicrobial agents for water disinfection. Water Research 66, p-160-168
- RKI (2017). Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und –verfahren. Stand: 31. Oktober 2017 (17. Ausgabe). Bundesgesundheitsbl 60, p. 1274 - 1297

- Poverenovm, E., Klein, M. (2018). Formation of contact active antimicrobial surfaces by covalent grafting of quaternary ammonium compounds. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 169, p. 195–205
- Römer, M. (2006). Wir sind die wirtschaftlichsten Schädlingsbekämpfer DpS 6/2006, S. 16-17
- Rose, D. (2006). Kommunale Rattenbekämpfung aus der Sicht der Stadt Hannover „Wir sind hier der größte Schädlingsbekämpfer!“ DpS 3/06, S. 8-11
- Rowan, N. J., Espie, S., Harrower, J., Anderson, J.G., Marsili, L., MacGregor, S. J. (2007). Pulsed-plasma gas-discharge inactivation of microbial pathogens in chilled poultry wash water. *Journal of Food Protection* 70 (12), p. 2805-2810
- Rukke, B.-A., Sivasubramaniam, R., Birkemoe, T., Aak, A. (2018). Temperature stress deteriorates bed bug (*Cimex lectularius*) populations through decreased survival, fecundity and offspring success. *Public Library of Science (PLOS), PLOS ONE* March 14, <https://journals.plos.org>
- Satheesh, S., Ba-akdah, M. A. Al-Sofyani, A. A. (2016). Natural antifouling compound production by microbes associated with marine macroorganisms — A review. *Electronic Journal of Biotechnology* 21, p. 26–35
- Schuhmacher-Wolz, U., Hassauer, M. (2015). Vorbereitung der Entscheidung über eine mögliche Zulassung kreosothaltiger Holzschutzmittel in Deutschland. Projektnummer 39316, UBA-Texte 48/2015
- Selim, M. S., Elmarakbi, A., Azzam, A. M., Shenashen, M. A., EL-Saeed, A. M., El-Safty S. A. (2018). Eco-friendly design of superhydrophobic nano-magnetite/silicone composites for marine foul-release paints. *Progress in Organic Coatings* 116, p. 21-34
- Silva, E. R., Ferreira, O., Ramalhó, P. A., Azevedo, N. F., Bayón, R., Igartua, A., Bordado, J. C., Calhorda, M. J., (2019). Eco-friendly non-biocide-release coatings for marine biofouling prevention. *Science of the Total Environment* 650, p. 2499–2511 (online first)
- Singer, M (2009). Stickstoffbehandlung der Kanzel der Pfarre Schönbach. DpS 12/2009, S. 17-18
- SLIP (2017). SLIP UnderWaterCoat ® 100% organic and environmentally safe protection for the hull of the vessel against marine fouling. Persönliche Mitteilung Frau Jasmina Žnidarec, SLIP UnderWaterCoat, vom 30.1.2017 per e-mail.
- Schmolz, E. (2014a). Prüfung von „Wise-I Falle“ auf Wirksamkeit gegen Wanderratten in Raum, Tierstall und Freiland gemäß §18 Infektionsschutzgesetz. Prüfbericht AZ: UBA 99 205/14 vom 16.10.2014
- Schmolz, E. (2014b). Prüfung von „WiseBox Falle“ auf Wirksamkeit gegen Wanderratten in Raum, Tierstall und Freiland gemäß §18 Infektionsschutzgesetz. Vorläufiger Prüfbericht AZ: UBA 99 205/11 vom 10.7.2014
- Spiteri, D., Chot-Plassot, C., Scler, J., Karatzas K. A., Scerri, C., Valdramidis, V.P. (2017). Ultrasound processing of liquid system(s) and its antimicrobial mechanism of action. *Lett Appl Microbiol.* 65(4), p. 313-318
- Steinbach, S. (2006). Holz unter Einfluss von Mikrowellen-Eine Alternative bei der Bekämpfung holzerstörender Pilze und Insekten. *Holztechnologie* 47 (4), S. 39.46
- Steinbach, S. (2008). Splintholzkäferbekämpfung mit Mikrowellen. DpS 12/2008, S. 15-17
- Styszko, K., Bollmann, U. E., Wangler, T. B., Bester, K. (2014). Desorption of biocides from renders modified with acrylate and silicone. *Chemosphere* 95, p. 187–191
- Tallafus, O. (1996). Bekämpfung mit arktischer Kälte. DpS 9/1996, S. 29-31
- Thirumdas, R., Kothakota, A., Annapure, U., Siliveru, K., Blundell, R., Gatt, R., Valdramidis, V. P. (2018). Plasma activated water (PAW). Chemistry, physico-chemical properties, applications in food and agriculture. *Trends in Food Science & Technology* 77, p. 21–31
- Tørsløv, J., Armstrong, J., Fink, M. (2015). Survey and strategy for sustainable use of biocides. Environmental project No. 1790 on behalf of the Danish Environmental Protection Agency
<https://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2015/okt/survey-and-strategy-for-sustainable-use-of-biocides/>
- UBA (2018). Hintergrund: Wie viel Antifouling vertragen unsere Gewässer? Umwelt-Risiken durch Sportboote in Deutschland. Juli 18

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/180724_uba_hg_kupferhaltiger_antifouling-anstriche_bf.pdf

Valentín, N. (1993). Comparative analysis of insect control by nitrogen, argon, and carbon dioxide in museum, archive, and herbarium collections. *International Biodeterioration and Biodegradation* 32:263-78.

Valero, P., Verbel, M., Silva-Agredo, J., Mosteo, R., Ormad, M. P., Torres-Palma, R.A. (2017). Electrochemical advanced oxidation processes for *Staphylococcus aureus* disinfection in municipal WWTP effluents. *Journal of Environmental Management* 198(1), S. 256-265

van der Lugt, P., Vogtländer, J. (2013). The Potential Role of Wood Acetylation in Climate Change Mitigation - Carbon Negative Window Frames: Fiction or Reality? *Environment Industry Magazine*, p. 90-94

Vermeirssen, E. L. M., Campiche, S., Dietschweiler, C., Werner, I., Burkhardt, M. (2018). Ecotoxicological Assessment of Immersion Samples from Façade Render Containing Free or Encapsulated Biocides. *Environmental Toxicology and Chemistry* 37(8), p. 2246 - 2256

Wallström, E., Jespersen, H.-T., Schaumburg, K. (2011). A new concept for anti-fouling paint for Yachts. *Progress in Organic Coatings* 72, p. 109 - 114

Wang, J., Shi, T., Yang, X., Han, W. Zhou, Y. (2014). Environmental risk assessment on capsaicin used as active substance for antifouling system on ships. *Chemosphere* 104, p.. 85-90

Watermann, B., Weaver, L., Hass, K. (2004). Machbarkeitsstudie für neue Umweltzeichen nach DIN EN ISO 14024 zu ausgewählten Produktgruppen Teilvorhaben 3: Biozidfreie Antifouling (AF)-Produkte. UBA-Texte 45/04, 115 S.

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. Abschlussbericht 3711 67 432 im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 68/2005 https://www.biozid.info/fileadmin/Assets/Bilder/001_texte_68_2015.pdf

Watermann, B., Wohler, B., Daehne, B., Daehne, D., Thomsen, A., Janson, P., Fürle, C. (2016). Erprobung von Reinigungsverfahren für biozidfreie Unterwasserbeschichtungen an Sportbooten in Modellregionen: Unterweser, Dümmer, Ratzeburger See, Zeuthener See. Abschlussbericht zum DBU-Projekt AZ 32413/01-31

Werner, F., Richter, K. (2007). Wooden building products in comparative LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* (2007) Vo. 12 (7), p. 470-479

Wibel, C. S., Caris, M. (1999). Mechanische Unterwasserschiffsreinigung-Projektphase Machbarkeitsstudie. Gesellschaft für Angewandten Umweltschutz und Sicherheit im Seeverkehr. Abschlussbericht A9816 im Auftrag der Freien Hansestadt Bremen

Wichmann, H., Stache, H., Schmidt, C., Winter, M., Herrmann, C., Bahadir, M.-Bock, R. (2013). Ecological and economic evaluation of a novel glycerol based biocide-free metalworking fluid. *Journal of Cleaner Production* 43, p- 12-19

WTA Merkblatt 1-10-15/D (2015-9). Sonderverfahren im Holzschutz, Teil 1: Bekämpfungsmaßnahmen Sonderverfahren im Holzschutz, Teil 1: Bekämpfungsmaßnahmen. WTA-, Referat 1 Holz/Holzschutz, München

Yang, W. J., Neoh, K.G., Kang, E.-T., Teo, S. L.-M, Rittschof, D. (2014). Polymer brush coatings for combating marine biofouling. *Progress in Polymer Science* 39, p. 1017–1042

Ziembowicz, S., Kida, M., Koszelnik, P. (2018). Sonochemical Formation of Hydrogen Peroxide. *MDPI Proceedings* 2018, 2(5), 188, Basel, Switzerland <http://www.mdpi.com/2504-3900/2/5/188/pdf>

Anhang 1: Aktuelle Meldungen mit Bezug auf biozidfreie Alternativen

Meldung	Thema	Inhalt
16.10.18 Biozideinsatz zur Legionellenbekämpfung in Kühlsystemen von Kraftwerken und sonstigen Verdunstungskühlanlagen	Bericht der Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) zur Legionellenbekämpfung in Kraftwerken.	Es werden bauliche und betriebliche Maßnahmen zur Minimierung des das Legionellenrisikos beschrieben. Der Einsatz von Bioziden zur Kühlwasserbehandlung ist nachgelagert zu sehen.
1.06.18 Heißluftbehandlung besiegt Hausschwamm	Erfolgreiche Heißluftbehandlung des denkmalgeschützten Anatomische Theater der Humboldt Universität in Berlin, der durch den Hausschwamm befallenen war.	Heißluftbehandlung wird üblicherweise gegen Schadinsekten eingesetzt, wirkt jedoch auch gegen den Hausschwamm.
14.05.18 Biozidfreie Putze sind wirksam	In einem Verbundprojekt des Umweltbundesamtes zum Umweltzeichen Blauer Engel für Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) wurden biozidfreie Putze und Beschichtungen in Schnellbewitterungstests untersucht und erwiesen sich widerstandsfähig gegenüber dem Aufwuchs von Algen und Pilzen.	Es sind biozidfreie WDVS auf dem Markt. Bewitterungstest soll zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit von WDVS für die Erteilung des Blauen Engels eingeführt werden.
02.04.18 So werden Sie Lebensmittelmotten wieder los	Beseitigung von Motten durch Staubsauger, Hitze oder Kälte sowie Schlupfwespen. Befallenen Lebensmittel entsorgen und Schränke mit Essigwasser oder Seifenlauge auswischen. Lebensmittel in geschlossenen Gefäßen lagern.	Kurze Zusammenfassung biozidfreier Methoden zur Bekämpfung von Lebensmittelmotten im Haushalt.
28.03.18 Nano-Beschichtung schützt Schiffe vor Bewuchs	Forscher der Universität Sydney entwickelten eine transparente Nanobeschichtung mit „Aquaplaningeffekt“, indem sie die Strategie bestimmter fleischfressende tropische Pflanzen nachbilden.	Vielversprechende Laborexperimente zeigen, dass sich keine Meeresorganismen an der Beschichtung anhaften können. Der Praxistest steht jedoch noch aus.
8.01.18 Biofouling umweltfreundlich beseitigen	Forscher der Universität Kiel und ihrer Ausgründung Phi-Stone AG entwickelten ein Polymerkomposit auf Basis von Polythiourethan (PTU) und	In praktischen Versuchen in Wasserbecken und an Schiffen über 2 Jahre konnte deutlich weniger Bewuchs festgestellt werden, der sich einfach mit

	speziell geformten Keramikpartikeln mit bewuchsmindernden Eigenschaften.	einem Schwamm entfernen ließ.
1.08.17 Vorbild Delfinhaut: Elastisches Material vermindert Reibungswiderstand bei Schiffen	Experten haben eine Oberflächenbeschichtung entwickelt, die ähnlich wie die Delfinhaut den Strömungswiderstand im Wasser messbar verringert.	Durch eine Kombination mit einer gerillten Beschichtung (»Haifischhaut«/»Riblets«) könnten auch Antifouling-Anstriche verringert werden.
25.5.17 Schädlingspilze umwelt-schonend in Schach halten	Durch den Pilz <i>Trichoderma harzianum</i> verlieren Kupfer-tolerante Pilze ihre Fähigkeit, im Erdreich Oxalsäure zu produ-zieren und dadurch die kupfer-impregnierten Holzmasten zu befallen. Dadurch wird deren Standdauer deutlich verlängert.	Es handelt sich um ein ergän-zendes biotechnologisches Verfahren zur Reduzierung des Biozideinsatzes. Vorteile sind die Verminderung der Auswa-schung von Kupfer aus Hol-zimprägnierungsmitteln durch Oxalsäure, verbunden mit ei-ner längeren Lebensdauer der Holzmasten.
22.5.17 Elektroimpulse säubern In-dustriewässer und Lacke	Industrielle Wässer und Lacke können durch Elektroimpulsen entkeimen werden. Dazu wird das BMBF geförderten Ver-bundprojekts DiWaL beim For-scher des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) durchge-führt.	Es wird eine rein physikalische Wirkung Postuliert. Durch Po-larisierung der Zellmembran wird diese Wasser gegenüber durchlässig, was letztlich zum Absterben der Mikroorganis-men führt. Hinweis: Wenn gleichzeitig Chloride anwesend sind, wür-de sich durch Elektrolyse Chlor bilden und das Verfahren wäre als in-situ Methode von der BPV betroffen.
17.1.17 Wirkstofffreier Anti-Zecken-Schutz ohne Biozide	Es werden Anti-zecken-Textilien beschrieben, die aus der Natur bekannte Anti-Zecken-Strukturen als Vorbild nehmen. Mit Hilfe von Oberflä-chenkonstruktionen und -veredlung werden die Zecken von der Haut ferngehalten, da sie sich nach dem ersten Anhaf-ten verhaken und in oberfläch-lichen Fäden versinken.	Es wird eine wirksame textile Barriere beschrieben, der Vor-teil gegenüber üblicher Schutzkleidung besteht darin, dass sich die Zecken auf dem Textil schlecht fortbewegen können. Direkt exponierte freie Körperpartien werden so je-doch nicht geschützt.
4.1.17 Mit Hitze gegen den Holz-wurm	Fallbeschreibung Nagekäferbe-kämpfung im Heimatmuseum in Sonntag (Vorarlberg/ Öster-reich) mittels des Heißluftver-fahrens.	Ist Stand der Technik nach DIN 68 800, Teil 4.

<p>5.12.16 Eichenprozessionsspinner ohne Biozide bekämpft</p>	<p>Im Bezirk Lichtenberg werden Nester des Eichenprozessionsspinner seit dem Jahr 2013 nur noch rein mechanisch (Absaugverfahren) beseitigt.</p>	<p>War ursprünglich für die vertiefte Bearbeitung vorgeschlagen, wurde aber zurückgestellt. Im Wesentlichen wird eher auf die Duldung des Befalls in wenig frequentierten Bezirken auf die Bekämpfung hingewiesen.</p>
<p>27.7.16 Nachtrag zur Liste der vom RKI geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren</p>	<p>Es wurden einige Ergänzungen zur thermischen Desinfektion von Abfällen (Ziffer 3.4.3.3 Fraktionierte Vakuum-Verfahren) vorgenommen</p>	<p>Es handelt sich um eine Aktualisierung der geprüften Verfahren, aber nicht um eine gravierende technologische Innovation.</p>
<p>11.7.16 Maritimen Bewuchs schadstofffrei unterdrücken</p>	<p>Die Smartpolymer GmbH, EBF Dresden GmbH und MareSolutions GmbH entwickeln gemeinsam mit Industrieforschungseinrichtung INNOVENT in einem durch das BMWi geförderten Forschungsvorhaben ein Konzept zur Lösung des Foulings.</p>	<p>Das Konzept erschließt sich aus der Beschreibung nicht unmittelbar. Der Effekt soll einerseits auf einer strukturierten Oberfläche durch die Flocktechnologie und andererseits auf der Verwendung des Materials Basalt mit inhärentem Antifoulingeffekt beruhen. Die Fa. INNOVENT wurde am 21.10.16 kontaktiert, es wurden jedoch keine weitergehenden Unterlagen zur Verfügung gestellt.</p>
<p>30.6.16 Fallen erstmals als biozidfreie Alternative für Nagerbekämpfung anerkannt</p>	<p>Die vom BVL herausgegebene Liste der geprüften und anerkannten Mittel und Verfahren zur Bekämpfung von tierischen Schädlingen gemäß Infektionsschutzgesetz hat in der neuesten Ausgabe vom Mai 2016 erstmals die Rubrik Fallen aufgenommen.</p>	<p>Es wurde eine vertiefte Bewertung durchgeführt. Option zur Weiterentwicklung des RAL UZ 34 „Schädlingsbekämpfung in Innenräumen ohne giftige Wirkstoffe“.</p>
<p>15.6.16 Mit kaltem Plasma gegen Kopfläuse und Hausstaubmilben</p>	<p>Plasma ist ein energiereicher Zustand von Materie, ähnlich wie beim Gewitterblitz. Atmosphärendruck-Plasma. Kaltes Plasma kann zur Wundheilung, aber auch zur Entwesung von Läusekämmen und Milbenstaubsaugern eingesetzt werden.</p>	<p>Es handelt sich nicht um ein biozidfreies Verfahren, sondern um die in-situ Erzeugung von Bioziden. Für „freie Radikale“ soll bis September 2016 ein Wirkstoffdossier eingereicht werden.</p>
<p>3.6.16 Sauberes Prozesswasser ohne Biozide</p>	<p>Im Rahmen des Programms „Horizon 2020“ fördert die EU ein Projekt des Karlsruher Insti-</p>	<p>UV Strahlen wirken physikalisch und sind daher nicht von der BPV betroffen.</p>

	tuts für Technologie (KIT) zur Entwicklung effizienter UV-Strahler mit langlebiger Betriebselektronik.	
27.5.16 Schutz für den Schiffsrumpf: Antifouling-Lack ohne Biozide	Das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen (IMWS) entwickelte einen Lack aus mehreren Schichten, der als Elektrode für die Elektrolyse geeignet ist. Durch die Lackschichten fließt ein schwacher Gleichstrom von 0,1 mA/cm ² . An der äußeren Schicht entstehen durch Elektrolyse Sauerstoff und Chlor und pH-Wechsel, die zusammen die Ansiedlung von Mikroorganismen verhindern.	Ist strenggenommen kein biozidfreies Verfahren, sondern ein in-situ Verfahren zur Erzeugung von Chlor und damit von der BPV betroffen.
17.5.16 Desinfektion mittels Licht	Bei der photodynamischen Desinfektion bildet ein Farbstoff mit speziellen Wellenlängen des Lichts hochreaktiven Sauerstoff, der wiederum mit unerwünschten Keimen reagiert und deren Wachstum verhindert. Damit lässt sich speziell gefärbte (Arbeits-)Kleidung dekontaminieren.	Es handelt sich nicht um ein biozidfreies Verfahren, sondern um die in-situ Erzeugung von Bioziden. Der Farbstoff ist hierbei der „Precursor“. Für „freie Radikale“ soll bis September 2016 ein Wirkstoffdosier eingereicht werden.
7.1.2016 Selbstschussanlagen töten Ratten giffrei	Nagerbekämpfung in der Kanalisation durch „Anticimex SMART Kanalisationsfalle“: Sensoren erfassen Bewegung oder Körperwärme und lösen die Falle aus, die dann automatisch zurückgesetzt wird. Der tote Nager wird durch die Strömung fortgespült. Keine Beeinträchtigung der Strömung in der Kanalisation.	Anticimex ist ein internationales Dienstleistungsunternehmen. 1934 in Schweden gegründet, 3500 Mitarbeiter in 14 Ländern. Mit der Firma Anticimex Stuttgart (Tel: 07154 80 11 90, info@anticimex.de) wurde Kontakt aufgenommen und um weitergehende Informationen gebeten. Es wurde eine vertiefte Bewertung durchgeführt.
25.11.15 Kopfläuse wirksam mit Plasma bekämpfen. Anwendungszentrum für Plasma und Photonik des Fraunhofer- Instituts für Schicht- und Oberflächentechnik IST in	Atmosphärendruckplasma, tötet Blutsauger schmerzfrei und zuverlässig ab. Hochspannungserzeuger, gibt Pulse an Kammzinken ab, die als Elektroden fungieren. Durch das Anlegen eines Hochspan-	Strenggenommen keine Biozidanwendung, sondern eine Medizinprodukteanwendung.

Göttingen.	nungspulses wird die Luft zwischen den Elektroden ionisiert. Dabei entsteht Plasma. Die kalten Plasmen töten die Läuse sowie die Nissen ab.	
18.11.15 „Weiße Weste“ für Hausfassaden ohne schädliche Hilfsmittel	Beschriebene Alternative: Bürsten- oder Hochdruckreinigung von Fassaden, Mineralischer Putz reguliert Feuchtigkeit an der Wand	Allgemeine Empfehlung, aber direkter Vergleich mit Biozidprodukten schwierig.
10.9.15 Mit süßen Fallen und mediterranen Kräutern Ameisen aus Haus und Garten vertreiben	Der Garten beherbergt viele natürliche Feinde der Ameise wie Kröten und Frösche, Vögel, Insekten, Säugetiere. Ameisen können aber auch mit süßen Fallen mit Honigresten, Zuckersirup oder Marmelade gefangen werden und auf dem Kompost abgesetzt werden. Außerdem mögen die Tiere den Geruch von mediterranen Kräutern wie Lavendel oder Thymian oder Wermutjauche nicht.	Hausmittel, für Alternativenbewertung eher ungeeignet.
09. 9.15 Ballastwasser von Schiffen: Filtration statt Desinfektion	Ballastwasser wird häufig elektrochemisch desinfiziert. Bildung von DBPs. Empfehlung, auf physikalische Verfahren wie die Filtration oder Adsorption auszuweichen.	Es scheint noch keine praktischen Erfahrungen mit der Filtration vom Ballastwasser zu geben.
20.8.15 Reinheitstechnik-Preis verliehen dastex Reinraumzubehör GmbH & Co. KG	1. Preis: Desinfektion von Reinraumbekleidung mittels Licht: Über Textilfarbstoffe wird lichtinduzierter singulärer Sauerstoff in unmittelbarer Nähe der Mikroorganismen erzeugt.	Der Farbstoff wirkt als Precursor und ist vermutlich von der BPV betroffen. Vorschlag für vertiefte Bewertung.
03.7.15 Kokosöl schützt Pferde vor Zeckenbiss und Sommerkezem Labortests der Freien Universität Berlin	Kokosöl hat hohen Laurinsäuregehalt. 10% Laurinsäure halten Zecken ab. Kokosöl als Futtermittelzusatz und Hautpflegemittel.	Laurinsäure ist biozider Wirkstoff der PA 19, Kokosöl ist nicht von der BPV betroffen (Verordnung gilt nicht für Lebens- oder Futtermittel, die als Repellentien oder Lockmittel verwendet werden). Eine vergleichende Risikobewertung z.B. zu DEET bietet sich an.
13.4.15	Versuche in Anlehnung an DIN	Vor einer vertieften Bewertung

<p>Geotextilien bieten Holzschutz im Meerwasser F+E Dr. Johann Müller, Sachverständiger für Holz und Holzschutz.</p>	<p>EN 275 mit vier Geotextilien auf Polypropylen- und Polyesterbasis. Vollständiger Holzschutz von Kiefer und Douglasie für mindestens zwei Jahre. Mindestversuchszeit von fünf Jahren vorgeschrieben.</p>	<p>sollten die Versuchsergebnisse nach 5 Jahren abgewartet werden.</p>
<p>18.2.15 Noroviren mit Kaltem Plasma bekämpfen F+E Arbeiten Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo) und Max-Planck- Gesellschaft und dem Sanitätsdienst der Bundeswehr.</p>	<p>Kaltes Plasma ist ein energiegeladenes und hoch reaktives Gas, das durch Hitze oder Hochspannung erzeugt wird. Reduktion der Viruspartikel nach zehn Minuten von 22.000 auf 1.400 und nach 15 Minuten auf 500.</p>	<p>Bisher liegen nur Laborversuche vor, die die prinzipielle Eignung des Verfahrens z.B. zur Instrumentendesinfektion belegen. Fraglich ist aber die Anwendbarkeit als Ersatz zur Flächendesinfektion (u.a. Türklinken, Tastaturen).</p>

Anhang 2

Optionen zur Entwicklung eines neuen Umweltzeichens „Blauer Engel“ für dauerhaftes Holz (Stand April 2015)

1 Aufgabenstellung

In einem Teilprojekt des abgeschlossenen UBA-Vorhabens “Prüfung und Empfehlung von Alternativen zur Biozid-Anwendung“ wurde ein Konzept zur Entwicklung und Validierung von Kriterien zur Bewertung von biozidfreien Alternativen erarbeitet. Hierbei wurde das Anerkennungsverfahren der Umweltzeichenvergabe als ein Hauptweg zur Förderung und Prüfung von Alternativen empfohlen. Über Umweltzeichen könnte ein großer Teil der bisher bekannten Alternativen abgedeckt werden. Dieses Verfahren erlaubt es, die Produkte über das Label zu bewerben und auch behördlicherseits namentlich zu empfehlen. Durch Etablierung weiterer Umweltzeichenvergabekriterien könnten weitere Biozid-Alternativen berücksichtigt werden. Auf dem kick-off Treffen zum laufenden Projekt wurde verabredet, ein Hintergrundpapier zu erstellen, mit den Optionen für ein neues Umweltzeichen „Blauer Engel für dauerhaftes Holz“. Ziel ist es, eine Vorlage für die Jury Umweltzeichen zu erstellen, die weiterführenden Arbeiten zu diesem Thema zustimmen muss.

2 Grundlagen Umweltzeichen dauerhaftes Holz

2.1 Begriffsdefinition dauerhaftes Holz

Holz ist als nachwachsender Rohstoff in den Kohlenstoffkreislauf eingebunden und einem biologischen Abbau zugänglich. In Abhängigkeit von der Bewitterung bzw. dem Erdkontakt oder Süß- und Meerwasserkontakt beschreibt die DIN EN 335-1 insgesamt 5 Gebrauchsklassen, die bei nicht dauerhaftem Holz eine vorbeugende Behandlung mit Holzschutzmitteln begründet. Gleichzeitig beschreibt DIN EN 350-2 die Dauerhaftigkeitsklassen handelsüblicher Holzarten gegenüber Pilzbefall. In der DIN 68800-1:2011-10 sind ergänzend Holzarten aufgeführt, die nicht in der DIN EN 350-2 dargestellt sind.

Dauerhaftigkeitsklassen von Holzarten

Dauerhaftigkeitsklasse DIN EN 350-2		Beispiele (Dauerhaftigkeit gegen Pilze)
1	Sehr dauerhaft	Importhölzer wie Teak
2	Dauerhaft	Eiche, Robinie, Cedar, (Kiefer)
3	Mäßig dauerhaft	Douglasie, (Kiefer), Lärche, Walnuss
4	Wenig dauerhaft	Feldulme, Fichte, Tanne
5	Nicht dauerhaft	Birke, Hainbuche, Esche, Rosskastanie

Quelle: Gartiser et al. (2008).

Demnach ist das in Mitteleuropa üblicherweise eingesetzte Bauholz als mäßig bis wenig dauerhaft eingestuft. In den letzten Jahrzehnten wurden verschiedene großtechnische Verfahren entwickelt, um das Holz so zu modifizieren, dass es einem biologischen Abbau gegenüber resistenter wird. Darunter fällt die Hitzebehandlung von Holz, bei der das Holz unter Ausschluss von Sauerstoff auf 150°C bis 250°C über einige Stunden erhitzt und dabei in seiner Struktur verändert wird. Bei der Acetylierung von Holz wird Essigsäureanhydrid zugegeben, die bei 120°C mit den OH-Gruppen der Holzmatrix unter Abspaltung von Wasser reagiert. Acetyliertes Holz nimmt weniger Wasser auf und ist deutlich beständiger als nicht acetyliertes Holz. Weitere praktizierte Verfahren sind die Tränkung

mit Melaminharzen und die Verkieselung von Holz. Eine erste Zusammenstellung der Verfahren erfolgte in einer Kurzexpertise zu PT 8 (Gartiser et al. 2008). Da der Einsatz nachwachsender Rohstoffe aus regionalen Quellen grundsätzlich gefördert werden sollte und sich der Import von Tropenholz verbietet, eröffnen modifizierte Hölzer auch Optionen für den Einsatz dauerhaften Holzes ohne Biozideinsatz. Frage ist ob, und gegebenenfalls für welche der genannten Verfahren eine Umweltzeichenvergabe gerechtfertigt ist.

2.2 Existierende Umweltzeichen dauerhaftes Holz

2.2.1 Nordischer Schwan

Der Nordische Schwan (<http://www.nordic-ecolabel.org>) für dauerhaftes (beständiges) Holz (Version 2.0 gültig bis 31.12. 2019) wurde als Alternative zur konventionellen Holz-imprägnierung mit Holzschutzmitteln etabliert. Es wird für dauerhaftes natürliches Hartholz aus nachhaltiger Forstwirtschaft oder chemisch oder thermisch modifiziertes Holz (u.a. auch acetyliertes Holz) vergeben. Die bewerteten Hölzer müssen die Beständigkeitsklassen des „Nordic Wood Preservation Council“ (ähnlich der EN 351 Reihe „Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten“) erfüllen.

Es dürfen keine Schwermetalle oder Biozide zugesetzt werden. Alle Imprägnierungsmittel oder zur Holzmodifizierung eingesetzten Chemikalien müssen angegeben werden und dürfen nicht als carcinogen, reproduktionstoxisch oder gentoxisch (CMR) oder als akut toxisch eingestuft sein. Des Weiteren dürfen diese Chemikalien keine Umwelteinstufung aufweisen und weder PBT, vPvB, ED noch SVHC sein. Als Ausnahme wird u.a. der als carcinogen eingestufte Furfurylalkohol (CAS 98-00-0) aufgeführt, sofern ein Arbeitsplatzgrenzwert von 1 ppm und ein maximaler Furfurylalkoholgehalt von 0.2 Gew. % im Produkt eingehalten wird.¹ Der Gehalt von Essigsäureanhydrid im acetylierten Holz darf maximal 0,1% betragen, der Arbeitsplatzgrenzwert wurde auf 0,6 ppm Essigsäureanhydrid festgelegt. Die zur Imprägnierung/Modifizierung verwendeten Chemikalien dürfen maximal 5 Gew. % flüchtige organische Lösungsmittel enthalten.

Das Holz muss zu mindestens 70% aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammen (Nachweis über Chain-of-Custody-Zertifikat) einer akkreditierten Zertifizierungsstelle, bzw. durch die Umweltzeichen-Prüfstelle). Die Holzart, das Herkunftsland und die Region sind anzugeben. Generell darf der in verschiedenen Produktgruppen eingesetzte Rohstoff Holz nach dem Fällen nicht mit Bioziden der WHO-Klasse 1A oder 1B (extremely hazardous, highly hazardous) behandelt werden.

Bezüglich des Dauerhaftigkeitsnachweises wird auf die entsprechenden EN-Methoden verwiesen.²

Zudem ist der Energieverbrauch für die Trocknung und Herstellung des modifizierten Holzes in MJ/m³ Holz anzugeben.

2.2.2 Österreichische Umweltzeichen

Das Umweltzeichen „Witterungsbeständige Holzprodukte“ (UZ 28 vom 01.01.2015) schließt den Einsatz von chemischen Holzschutzmitteln aus, lässt jedoch biotechnische Verfahren (z.B. Trichoderma-Pilze) zu, wenn deren toxikologische Unbedenklichkeit nachgewiesen ist. Zudem ist eine

¹ Für Furfurylalkohol gibt es eine harmonisierte Einstufung als karzinogener Stoff der Gruppe 2 in Carc. 2 (H351, kann vermutlich Krebs erzeugen)

² U.a. EN 73 und EN 84: Beschleunigte Alterung von behandeltem Holz vor biologischen Prüfungen – Verdunstungsbeanspruchung; - Auswaschbeanspruchung; EN 330: Bestimmung der relativen Wirksamkeit eines Holzschutzmittels zur Anwendung unter einem Anstrich und ohne Erdkontakt - Freilandprüfung: L-Verbindungsmethode; EN 275 Holzschutzmittel - Bestimmung der Schutzwirkung gegenüber marinen Organismen.

thermische Behandlung zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Holz zulässig. Die Anwendung von chemischen Holzschutzmaßnahmen (z.B. Lackierungen, Kesseldruckimprägnierungen) ist ausgeschlossen. Als Produktgruppen werden überwiegend aus Vollholz gefertigte, standortgebundene Spielplatzgeräte, Außenmöbel für Camping, Wohn- und Objektbereiche, sowie Komposter, Hochbeete, Regentonnen und Sichtschutzelemente definiert. Der Anteil des eingesetzten Holzes muss mindestens zu 50 Prozent aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammen (Nachweis über FSC oder PEFC Zertifikat bzw. durch die Umweltzeichen-Prüfstelle). Die Haltbarkeit der Produkte kann durch Verwendung dauerhafter Holzarten ohne Splintanteil, Hölzer mit einer hohen natürlichen Dauerhaftigkeitsklasse (z.B. Robinie, Edelkastanie, Eiche, Douglasie, Lärche) oder durch thermische oder biotechnische Behandlung zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Holzes erzielt werden. Zusätzlich müssen bau-lich-konstruktive Holzschutzmaßnahmen zum Schutz vor Witterungseinflüssen umgesetzt werden.

Zudem wurden Kriterien für die verwendeten funktionalen Metallelemente (Korrosionsschutz durch cadmiumfreien Stahl, Verzinken oder Pulverbeschichtungen) sowie Kunststoffe (recyclingfähig und Halogenfrei) aufgenommen. In der Produktion müssen behördliche Auflagen und gesetzliche Regelungen (Emissionen in Luft, Wasser, Abfallentsorgung, Umweltinformation, Arbeitnehmer/innenschutz) eingehalten werden. Für Produktionsstätten, die nach EMAS Verordnung registriert sind, gelten die oben genannten Anforderungen als erfüllt. Zur Verpackung eingesetzte Kunststoffe müssen frei von halogenierten organischen Verbindungen sein. Die sicherheitstechnischen Anforderungen für standortgebundene Spielgeräte und Holzmöbel für den Außenbereich müssen eingehalten werden, die Spielgeräte bzw. die Holzmöbel müssen in die maßgeblichen Einzelteile zerlegbar sein, um eine optimale Wartungs- und Reparaturfähigkeit zu erreichen.

2.3 Anbieter für dauerhaftes Holz auf dem Markt

Das bekannteste Verfahren zur Herstellung modifizierten Holzes ist die thermische Modifizierung, die bereits in den 1930er und 1940er Jahren in Europa und in den USA entwickelt wurde. Die International ThermoWood® Association stellt umfangreiche Informationen zu dem Verfahren zur Verfügung.³ Nach der großtechnischen Umsetzung wurde die Marke Thermoholz® Ende der 1990er Jahre gegründet. Bei hohen Temperaturen (190-212 °C) und Dampf wird die Hemicellulose im Holz weitgehend abgebaut und damit den Pilzen die Wachstumsgrundlage entzogen und dem Befall von Fäule vorgebeugt. Das bei niedrigeren Temperaturen (180 °C) behandelte Thermoholz besitzt die Resistenzklasse 3 und wird hauptsächlich im Innenbereich eingesetzt. Das bei höherer Temperatur über 200°C behandelte Thermoholz gehört der Widerstandsklasse 2 (widerstandsfähig) nach EN 350-2 an und kann ohne Zusatzbehandlung im Außenbereich eingesetzt werden. Zur technischen Spezifikation von Thermoholz betreffend Gleichgewichtsfeuchte, Maßhaltigkeit, Dauerhaftigkeit u.a. gibt es die Vornorm DIN CEN/TS 15679 (2008-03) „Thermisch modifiziertes Holz - Definitionen und Eigenschaften“. Prüfberichte belegen, dass beispielsweise thermisch modifiziertes Buchenholz der EN 350-2 Dauerhaftigkeitsklasse 1 zugeordnet werden kann. Die Holzgleichgewichtsfeuchte sinkt von 11,5% (unbehandelt) auf 4% (behandelt).⁴

Die Firma Kebony vertreibt mit Furfurylalkohol imprägniertes Holz, das unter Hitze irreversibel zu neuen Polymeren reagiert. Das Verfahren wurde in den 80er Jahren in Kanada entwickelt und kam dann Ende der 1990er Jahre nach Norwegen. Durch das Verfahren werden die Zellzwischenräume verkleinert. Das Holz wird jedoch nicht spröde, sondern bleibt elastisch (anders als bei Thermoholz). Der Vertrieb erfolgt über den deutschen Holzhandel bisher überwiegend für Terrassen, zunehmen

³ www.thermowood.fi

⁴ <http://www.thermoholz-deutschland.de/html/>

aber auch Fassaden.⁵ Die Firmenprospekte geben für die nach diesem Verfahren modifizierten Holzarten eine Dauerhaftigkeit der Klasse 1-2 an.

Mit dem nordischen Schwan für „dauerhaftes Holz“ sind derzeit vier Herstellerfirmen mit diversen Produkten ausgezeichnet, die der Kategorie Thermoholz (Lunawood®, Royal Thermo Trae), acetyliertes Holz (Accoya®) und mit Furfurylalkohol behandeltes Holz (Kebony®) zugeordnet werden können.⁶

Für das österreichische Umweltzeichen für „witterungsbeständige Holzprodukte“ gibt es derzeit nur einen Zeichennehmer, die Firma Walli Garten- & Wohnmöbel, die wetterresistente, heimische Hölzer verwendet, nicht aber chemisch modifizierte Hölzer.⁷

Bei der Freiburger Firma Solvay, die Celluloseacetat herstellt, ist eine großtechnische Anlage zur Herstellung von 60.000 m³ acetyliertes Holz geplant.⁸ Die Firma Titan Wood's Accoya® produziert acetyliertes Holz in einer Fabrik in Arnhem (Niederlande). Der Einsatz wird u.a. für Fenster empfohlen, wo es eine Alternative zu Tropenholz darstellt.⁹

2.4 Literaturscreening und Interesse der Akteure

In Deutschland gibt es ein Forschungscluster zu modifiziertem Holz, in das u.a. die TU München (Abt. Holzforschung), die Georg-August-Universität Göttingen (Abt. Holzbiologie und Holzprodukte), die TU Dresden (Institut für Holztechnik und Faserwerkstofftechnik), das Institut für Holztechnologie Dresden GmbH (IHD), die Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde und das Thünen-Institut für Holzforschung eingebunden sind. Weitere assoziierte Mitglieder aus Österreich und der Schweiz runden die Forschungslandschaft zu modifiziertem Holz ab.¹⁰ Der Schwerpunkt der Entwicklungsarbeiten liegt auf Thermoholz.

Das Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH (IHD) gibt ein eigenes Qualitätszeichen für thermisch modifiziertes Holz (=Thermoholz) heraus, das bestätigt, dass die Produktion einer Qualitätssicherung unterliegt, wesentliche Eigenschaften nach anerkannten bzw. genormten Prüfmethode bestimmt wurden und definierte Anforderungen erfüllt werden.¹¹ Das Label wird für thermisch modifiziertes Holz vergeben, das zwischen 160-230°C unter Luftabschluss behandelt wurde und über den gesamten Querschnitt dauerhaft verändert ist. Die Qualität unterliegt einer werkseigenen Produktionskontrolle nach anerkannten genormten Verfahren.¹² Die Produktionsstelle wird durch das IHD auditiert. Der zuständige Wissenschaftler Herr Dr. Wolfram Scheiding sieht Vor- und Nachteile für ein neues Umweltlabel für dauerhaftes Holz. Nachteilig ist zu bewerten, dass die Labelflut die Aufmerksamkeit von Verbraucherinnen und Verbrauchern senkt. Ein anerkanntes Label

⁵ <http://kebony.com/>

⁶ <http://www.svanemerket.no/search/?q=Holdbart+trevirke&t=8,9>

⁷ <https://www.umweltzeichen.at/cms/de/produkte/content.html>

⁸ <http://www.badische-zeitung.de/wirtschaft-3/abhaengigkeit-von-zigarettenfiltern-verringern--61187058.html>

⁹ <http://www.zeit.de/2009/17/TS-Holz>

¹⁰ <http://cluster-forstholzbayern.de/>

¹¹ <http://www.tmt.ihd-dresden.de>, mit dem TMT-Qualitätszeichen sind derzeit die Firmen Fromsseier Plantage A/S, Celloc ash exterior, TMT exterior, Novawood, Novawood Ash (Thermo-D) und TMT exteriorPlus zertifiziert (vgl. <http://www.ihd-dresden.de>).

¹² DIN CEN/TS 15083 Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Bestimmung der natürlichen Dauerhaftigkeit von Vollholz gegen holzerstörende Pilze, Teil 1: Basidiomyceten (2005-10), Teil 2: Moderfäulepilze (2005-10). sowie physikalische Eigenschaften und Emissionsprüfungen (bei Verwendung in Innenräumen). Vorzugsweise auch Freilandprüfungen nach EN 252 Freiland-Prüfverfahren zur Bestimmung der relativen Schutzwirkung eines Holzschutzmittels im Erdkontakt (2015-01).

kann jedoch die Vorteile von dauerhaftem Holz als nachhaltigen und biozidfreien nachwachsenden Rohstoff gut kommunizieren. Bei den Vergabekriterien sollte Tropenholz grundsätzlich ausgeschlossen werden, natürlicherweise dauerhafte Hölzer wie Robinie oder Douglasie könnten jedoch durchaus berücksichtigt werden.¹³

Die Arbeitsgruppe um Prof. Militz, die in der Abteilung Holzbiologie & Holzprodukte der Universität Göttingen seit vielen Jahren zum Holzschutz (mit Bioziden oder mit modifiziertem Holz) forscht, sieht durchaus ein Marktinteresse für ein neues Umweltlabel für dauerhaftes Holz. Allerdings ist ein einfaches schwarz/weiß-Denken nicht zielführend. Mit Furfurylalkohol behandeltes Holz sei nicht notwendigerweise umweltverträglicher als ein modernes Holzschutzmittel mit geringem Risikopotential. In einer möglichen Machbarkeitsstudie sollte dieses Spannungsfeld gut herausgearbeitet und eine Lebenswegbetrachtung (Life Cycle Assessment) vorgenommen werden.¹⁴

Ein Vertreter der norwegischen Firma Kebony, die mit Furfurylalkohol behandeltes Holz in Deutschland vertreibt, teilte mit, dass in Europa derzeit nur eine Fabrik, die 2009 gebaut wurde, das Verfahren großtechnisch anwendet. Das in Deutschland vertriebene Kebonyholz stammt ausschließlich aus Norwegen. Es besteht durchaus Interesse an einem Umweltzeichen¹⁵

Von Seiten der Holzschutzmittelexperten des Umweltbundesamtes wurde mitgeteilt, dass das UBA durchaus ein Umweltzeichen für dauerhaftes Holz anstrebt, um die Verwendung von „Alternativen“ für nicht durch Biozide geschütztes Holz zu fördern. Mittlerweile existiert für einzelne Verfahren zur Holzmodifikation ein Markt, wenn auch nicht für alle Nutzungsbedingungen (Gebrauchsklassen). Ferner unternahmen die Hersteller in den letzten Jahren einige Aufwand, um ihre Werbeaussagen zur erhöhten Dauerhaftigkeit modifizierter Hölzer auch mit standardisierten Verfahren belegen zu können.¹⁶

Mittlerweile verweisen die Anbieter auf umfangreiche durchgeführte Tests zur Dauerhaftigkeit gegenüber Pilzen, der Widerstandfähigkeit gegenüber Insekten, der Form – und UV-Stabilität, der Bearbeitbarkeit mit Maschinen und der Recyclingfähigkeit.

Modifiziertes Holz wird nunmehr auch für komplexere Baukonstruktionen eingesetzt. Ein Beispiel ist die erste hölzerne Schwerlastbrücke über die vierspurige Autobahn bei der niederländischen Kleinstadt Sneek aus acetyliertem Holz.¹⁷

Gegenüber einer ersten Analyse der Verwendung von modifiziertem Holz als Alternative zum Einsatz von Holzschutzmitteln (Gartiser et al 2008) hat sich die Datenlage deutlich erweitert. Es sind zahlreiche aktuelle Publikationen vorhanden, die sich mit der Beständigkeit von modifiziertem Holz in Abhängigkeit von der Wasseraufnahme (Engel und Thybring 2013) beschäftigen. Die Beständigkeit von acetyliertem Holz gegenüber Mikroorganismen (Pilze, Bakterien) wurde von Mohebbi und Militz (2010) in Feldversuchen über 350 Wochen EN 252 bestimmt. Nach 7 Jahren war das acetylierte Holz deutlich weniger befallen als die Vergleichsprobe. Acetyliertes Holz wird erfolgreich auch für Baukonstruktionen eingesetzt und kann es bei einer prognostizierten Lebensdauer von 80 Jahren dort durchaus mit anderen Materialien wie Beton aufnehmen (Bonfers et al. 2010). In einer überschlägigen Betrachtung der Ökobilanz von acetyliertem Holz im Vergleich zu natürlichem Holz und anderen Baustoffen ergab sich, dass rasch wachsende Baumarten wie die Monterey-Kiefer (*Pinus radiata*), die in Neuseeland angebaut wird, trotz des Aufwandes für die Acetylierung besser abschneidet als Tro-

¹³ Persönliche Mitteilung von Herrn Dr. Wolfram Scheiding, IHD Dresden vom 12.3.15.

¹⁴ Persönliche Mitteilung von Prof. Militz, Abteilung Holzbiologie & Holzprodukte, Universität Göttingen vom 22.4.15

¹⁵ Persönliche Mitteilung von Herrn Stephan Knipping, Kebony Bremen vom 11.3.15:

¹⁶ Persönliche Mitteilung vom Herrn Dr. Jürgen Fischer, Umweltbundesamt vom 12.3.15

¹⁷ www.ib-miebach.de/cms/upload/pdf/Ingholzbau.pdf

penholz oder Baustoffen wie Sperrholz, Beton oder Stahl (van der Lugt und Vogtländer 2013). Während für Holz als Baustoff mehrere vergleichende Ökobilanzen im Vergleich zu anderen Materialien vorliegen (u.a. Werner und Richter 2007) schließen die bisher vorliegenden Studien modifizierte Hölzer nicht mit ein, so dass man auf (unvollständige) Firmenangaben zurückgreifen muss. Für die anderen Holzmodifikationsmethoden wurden bislang keine Hinweise auf vergleichende Ökobilanzen gefunden.

Es sei darauf hingewiesen, dass derzeit weitere Verfahren zur gezielten Modifikation von Holz erforscht werden. Ein Beispiel ist das „Bioincising“, bei dem die Permeabilität des Holzes (z.B. Fichte) durch holzabbauende Pilze wie *Physisporinus vitreus* auf biotechnologischem Weg verbessert wird. Dies erlaubt z.B. eine bessere Imprägnierbarkeit mit Holzschutzmitteln oder anderer Chemikalien (Fuhr et al. 2013). Fichtenholz weist insbesondere nach der Trocknung eine geringe Permeabilität auf, da sich die Tüpfel (Verbindungskanäle zwischen den Tracheiden und Holzstrahlzellen) irreversibel verschließen. Durch Bioincising werden diese wieder geöffnet, so dass Modifizierungssubstanzen, die spezifische Eigenschaften der Holzoberfläche verbessern, wie z.B. UV-Stabilität, Hydrophobizität, Härte und Feuerwiderstandsfähigkeit, besser eindringen (Lehringer 2011).

3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Eine chemische Holzmodifikation zur Haltbarmachung von Holz wird mittlerweile im großtechnischen Maßstab durchgeführt. Es existieren verschiedene Verfahren (Thermoholz, acetyliertes Holz, mit Furfurylalkohol vernetztes Holz), die alle ihre Vor- und Nachteile haben. Zudem finden Forschungsarbeiten zu weiteren - auch biotechnologischen - Verfahren statt. Diesen Aktivitäten wurde vom nordischen Schwan für dauerhaftes Holz und dem österreichischen Umweltzeichen für witterungsbeständiges Holz Rechnung getragen. Auch vom Institut für Holztechnologie Dresden gemeinnützige GmbH (IHD) wurde ein eigenes Qualitätszeichen für thermisch modifiziertes Holz erarbeitet. Ein Umweltlabel „Blauer Engel“ für dauerhaftes Holz könnte einen deutlichen Marktimpuls geben, um den Einsatz von Holzschutzmitteln zu minimieren und gleichzeitig eine Alternative zu Tropenholz für Außenanwendungen (Gartenmöbel, Terrassen, Fassaden bis hin zu Konstruktionsholz) auszuloben. Die zu erarbeitenden Vergabekriterien werden allerdings relativ komplex sein und sollten spezifisch für die in Frage kommenden Verfahren

- ▶ chemische Holzmodifikation,
- ▶ thermische Holzmodifikation,
- ▶ biotechnische Holzmodifikation,
- ▶ Hölzer mit natürlicher Dauerhaftigkeit (wie z.B. Robinie, Douglasie)

entwickelt werden.

Die im Rahmen der oben beschriebenen Label „Nordischer Schwan“, österreichisches Umweltzeichen und des Institutes für Holztechnologie Dresden vorliegenden Vergabekriterien können eine gute Basis für die Erarbeitung der Vergabegrundlagen darstellen.

U.a. sollten hier folgende Aspekte abgedeckt werden:

- ▶ Verwendung von heimischen Holzarten (Farbkernhölzern) mit erhöhter natürlicher Dauerhaftigkeit
- ▶ Verwendung von Holz aus ökologisch und nachhaltig bewirtschafteten Wäldern mit anerkanntem Siegel (z.B. FSC-Siegel des Forest Stewardship Council).
- ▶ Anforderungen an die Produktion (Umwelt- und Arbeitsschutz, Verwendung von Lösemitteln und Gefahrstoffen, Qualitätssicherung)

- ▶ Anforderung an die Dauerhaftigkeit, zugelassene Gebrauchsklassen, Auswaschung gefährlicher Stoffe, Formstabilität etc.
- ▶ Anerkannte bzw. genormte Prüfmethode
- ▶ Anforderung an die Verarbeitung (z.B. Sicherheitsaspekte Kinderspielplätze)
- ▶ Qualitätskriterien hinsichtlich Luftemissionen und deren gesundheitliche Bewertung (u.a. für Furfurylalkohol)
- ▶ Anforderung an die Entsorgung

In einer Machbarkeitsstudie für ein neues Umweltzeichen „dauerhaftes Holz“ in Anlehnung an DIN EN ISO 14024 sollte zudem eine vollständige Lebenszyklusbetrachtung der Produkte im Rahmen einer orientierenden Ökobilanz berücksichtigt werden.

4 Quellenangaben

Bongers, F., Alexander, J., Jorissen, A., Blaß, H. J. Acetylated Wood in Structural Applications. European Conference on Wood Modification 2010

Engelund Thybring, E. The decay resistance of modified wood influenced by moisture exclusion and swelling reduction. International Biodeterioration & Biodegradation Volume 82, August 2013, Pages 87–95

Fuhr, M. J., Schubert, M., Schwarze, F. W. M. R., Herrmann, H. J. Penetration capacity of the wood-decay fungus *Physisporinus vitreus*. Fuhr et al. Complex Adaptive Systems Modeling (2013), 1:6, 15 pages <http://www.casmodeling.com/content/1/1/6>

Gartiser, S., Hafner, Ch., Jäger, I., Reihlen, A., Schneider, K., Kremers, H., Fiedler, T., Wacker, T., El Atawi, M.: Machbarkeitsstudie zur Unterstützung der Informationspflicht gemäß § 22 BiozidG/ChemG über alternative Maßnahmen zur Minimierung des Biozid-Einsatzes" (Machbarkeitsstudie zur Unterstützung der Informationspflicht gemäß § 22 BiozidG/ChemG über alternative Maßnahmen zur Minimierung des Biozid-Einsatzes" Teil 1: Inhalte und Realisierungsvorschlag für ein Webgestütztes Informationssystem, Teil 2: Maßnahmen zur Förderung von Alternativen zum Biozid-Einsatz. Abschlussbericht 203 67 448/01 u. 02 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Forschungsbericht 203 68 448 / 01 u. 02, UBA-Texte 23/2008.

Gartiser, S., Petersen, E. Smolka, S. 2014. Konzept zur Entwicklung und Validierung von Kriterien zur Bewertung von biozidfreien Alternativen. Berichtsteil II zu UBA-Abschlussbericht Prüfung und Empfehlung von Alternativen zur Biozid-Anwendung. FKZ 37 11 63 416 November 2014

Lehringer, C. Permeability improvement of Norway spruce wood with the white rot fungus *Physisporinus vitreus* - Verbesserung der Permeabilität von Fichtenholz mit dem Weißfäulepilz *Physisporinus vitreus*. Dissertation Universität Göttingen, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie (2011) <http://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-0006-B144-8>

Mohebbi, B., Militz, H. Microbial attack of acetylated wood in field soil trials. International Biodeterioration & Biodegradation 64 (1) 2010, p. 41–50

van der Lugt, P., Vogtländer, J. The Potential Role of Wood Acetylation in Climate Change Mitigation - Carbon Negative Window Frames: Fiction or Reality? Environment Industry Magazine (2013), p. 90-94

Werner, F., Richter, K. Wooden building products in comparative LCA. The International Journal of Life Cycle Assessment (2007) Vo. 12 (7), p. 470-479

Anhang 3 Fachgespräch „Prüfung von Alternativen zum Biozid-Einsatz“

FKZ 3711 63 416

Ort und Zeit: UBA Bismarckplatz, 9.12.2016 von 9:00 bis 12:15 Uhr

Teilnehmerkreis: Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Umweltbundesamtes und Projektnehmer

1. Begrüßung und Einführung in das Thema

Frau Jahn begrüßte die Teilnehmer und erläuterte den Hintergrund des Projektes. In einem Vorgängerprojekt wurde ein Kriterienkatalog zur Bewertung von Alternativen vorgeschlagen, die im Biozidportal berücksichtigt werden können. Im laufenden Projekt soll anhand von drei Beispielen eine vertiefte Bewertung von Alternativen vorgenommen werden, um die Praxistauglichkeit der Vorschläge zu überprüfen.

2. Sachstand der Arbeiten

2.1 Kriterienkatalog

Herr Gartiser beschreibt den bisher erarbeiteten Kriterienkatalog für die Alternativenprüfung, der den Nachweis der Wirksamkeit (einschließlich der zu verwendenden Standards), die Anwendung und Betreuung der Alternative, Auswirkungen auf Ökologie und Umweltschutz, den Gesundheits- und Tierschutz sowie die Gebrauchstauglichkeit und Wirtschaftlichkeit umfasst. Die Recherchen zu Alternativen wurden fortgesetzt und verschiedene Verfahren zur photodynamischen Desinfektion (PA2), Plasmaerzeugung, hydrodynamischen Kavitation (PA 11) und der Kaltentwesung identifiziert, die jedoch z.T. als in-situ Anwendung freier Radikale angesehen werden müssen und damit von der BPV betroffen sind.

2.2 Antifoulingbeschichtungen

Im Bereich der Antifoulingbeschichtungen gibt es verschiedene Neuerungen wie der Einsatz fluorierter Polymere, Silikonen, soll-gel Hybridpolymeren, Polymerbürsten, ungeladene Zwitterionenoberflächen oder biomimetrische Strategien mit natürlichen Produkten (Capsaicin, bakterielle Biofilme) oder die kontinuierliche Belüftung von Schiffsrümpfen und Ultraschall-Kavitation, bei denen allerdings nicht immer klar ist, ob sie bereits in der Praxisroutine eingesetzt werden.

2.3 Wirksamkeitsnachweis

Bei der Überprüfung der Wirksamkeit von Biozidprodukten und auch deren Alternativen gibt es einen erheblichen Mangel an abgestimmten standardisierten Verfahren. Ausnahmen sind die PA 1-4 und die PA 8. Für Konservierungsmittel (PA 6-7, 9-13) werden meist Hausmethoden eingesetzt, für Schädlingsbekämpfungsmittel Methoden der EPPO und für Antifoulingprodukte die der CEPE.

2.4 Dauerhaftes Holz

Im Jahr 2015 wurde eine Kurzexpertise zu Optionen für ein neues Umweltzeichen „Dauerhaftes Holz“ erstellt. Vergleichbare Umweltzeichen existieren bereits (Nordischer Schwan „Dauerhaftes Holz“ sowie Österreichisches UZ 28 „Witterungsbeständige Holzprodukte“). Neben natürlichen dauerhaften Hölzern, könnten die thermische Modifizierung von Holz (ThermoWood®, Thermoholz®, Lunawood®), mit Furfurylalkohol getränktes Holz (Kebony®) oder acetyliertes Holz (Accoya®) berücksichtigt werden. Diese Verfahren haben das Forschungsstadium überschritten und werden mittlerweile in großtechnischen Anlagen eingesetzt. Die Dauerhaftigkeit ist in Untersuchungen z.B. nach EN 252 nachgewiesen, somit könnten diese modifizierten Hölzer als Alternative zu Tropenholz eingesetzt werden. Obwohl die Betroffenen zumindest teilweise ein Interesse an einem neuen Umweltzeichen geäußert haben, fand sich bisher keine Firma, die das Thema mit eigenen Ressourcen angeht.

In der Diskussion wurde darauf hingewiesen, dass auch für modifiziertes Holz Leachingtests in Kombination mit Ökotoxizitätstests durchgeführt werden sollten. Da auch Chemikalien eingesetzt werden, ist eine Abgrenzung zu Bioziden erforderlich. Insgesamt wird der Aufwand für ein neues Umweltzeichen vom UBA als sehr hoch eingeschätzt und es besteht durchaus noch Forschungsbedarf. Aus Kapazitätsgründen wurde die Option für ein neues Umweltzeichen „Dauerhaftes Holz“ daher nicht prioritär behandelt.

2.5 Vergleichende Bewertung

Für die vertiefte Alternativen-Bewertung wurden bisher zwei Beispiele ausgewählt: die Kanalrattenfallen und der Einsatz des Mikrowellenverfahren im bekämpfenden Holzschutz. Die Ergebnisse wurden in einem Bericht vom Juni 2016 dokumentiert. Hierbei wurde die technische Leitlinie zur vergleichenden Bewertung von Biozidprodukten mit zu substituierenden Inhaltsstoffen herangezogen. In der Screeningphase wird zunächst geprüft, ob eine ausreichende chemische Vielfalt der Wirkstoff/Wirkmechanismus-Kombinationen gewährleistet ist (Ziel ≥ 3). In Tier IA und IB erfolgt dann der Vergleich mit einem zugelassenen alternativen Biozidprodukt, einschließlich möglicher ökonomischer und praktischer Nachteile sowie der Einschätzung, ob das alternative Produkt ein „signifikant niedrigeres Risiko“ beinhaltet. In Tier II folgt dann der Vergleich mit biozidfreien Alternativen, die ausreichend wirksam sein müssen. Wiederum werden mögliche wirtschaftliche oder praktische Nachteile sowie das „signifikant geringere Risiko“ abgeprüft. Allerdings greift das Konzept nur für Biozidprodukte mit zu ersetzenden Wirkstoffen (2 der 3 PBT-Kriterien, endokrine Wirkungen, CMR, Inhalations-Allergen, Isomere, Verunreinigungen, nicht aber PEC/PNEC). In der Praxis scheint es daher so viele Schlupflöcher zu geben, dass kaum mit einer Einschränkung in der Produktzulassung zu rechnen ist.

In der Diskussion wurde darauf hingewiesen, dass die Kommission eine vergleichende Bewertung von Rodentiziden beauftragt hat, die an ECHA abgegeben wurde und in 6 Monaten fertig sein soll. Die sozioökonomische Bewertung von Kreosot hatte in Deutschland zu einer deutlichen Einsatzbeschränkung (Bahnschwellen und Holzpfähle im Obst- und Weinbau) zur Folge. Zudem muss ein Substitutionsplan entwickelt werden.

Im Rahmen eines laufenden UFO-Plan-Projektes zur vergleichenden Bewertung von Biozidprodukten sollen auch PEC/PNEC Kriterien abgeleitet werden.

2.6 Mikrowelle im bekämpfenden Holzschutz

Als erste Beispielbearbeitung wurde der Einsatz der Mikrowelle im bekämpfenden Holzschutz gegen Insekten und den Hausschwamm durch berufliche Anwender untersucht. Im Prinzip handelt es sich um ein thermisches Verfahren, ähnlich wie die Heißluftbehandlung, bei der das Holz durch Mikrowellen (2,45 GHz) für 60 Minuten auf 55°C erwärmt wird. In der neuen DIN 68800-4 wird im Abschnitt 10 auf „Elektrophysikalische Verfahren gegen begrenzten Insektenbefall“ eingegangen, so dass das Verfahren für die kleinräumige Anwendung als Strand der Technik bezeichnet werden kann. Der Wirksamkeitsnachweis wurde in BAM-Untersuchungsberichten belegt. Das WTA-Merkblatt 1-10 „Sonderverfahren im Holzschutz“ beschreibt die Anwendung etwas detaillierter und bestätigt die Wirksamkeit gegen Pilze und Insekten, allerdings nur für die kleinräumige Anwendung. Eine Mikrowelleneinheit (Generator, Steuerung, Hornstrahlantenne) kostet rd. 24.000 €, wobei die Arbeitszeit den größten Kostenfaktor ausmacht. Hinsichtlich Ökologie und Umweltschutz weist das Verfahren Vorteile auf, der Energieverbrauch von 12-40 kWh pro m³ Holz liegt deutlich unter dem für die Heißluftbehandlung. Allerdings sind die Arbeitsplatzgrenzwerte für elektromagnetische Strahlung zu beachten, so dass das Verfahren nur für entsprechend geschulte sachkundige Anwender geeignet ist.

Es wurde diskutiert, ob die Holzinsekten bei der Hitzebehandlung fliehen könnten, dies ist aufgrund der tiefen Wurmkanäle im Holz aber eher unwahrscheinlich.

2.7 Kanalfallen gegen Ratten

Als zweites Beispiel wurden automatische Schlagfallen in der Abwasserkanalisation zur Rattenbekämpfung untersucht. Diese Fallensysteme wurden erstmals in die BVT-Liste der anerkannten Mittel und Verfahren zur Schädlingsbekämpfung berücksichtigt und erfüllen das Tilgungsprinzip (Mortalität im Zwangsversuch 100 %, im Wahlversuch 90 %). Die Methoden zum Wirksamkeitsnachweis und Tierschutz wurden vom UBA anhand der Fragestellung entwickelt. Gefordert sind tierschutzgerechte Fallen, bei denen der Zeitraum bis zur irreversiblen Bewusstlosigkeit 30-60 Sekunden (tierschutzgerecht) bzw. 60-180 Sekunden (ausreichend tierschutzgerecht) beträgt. Eine Kanalfalle kostet rd. 10.000 €, wobei üblicherweise eher Miet- und Betreuungskosten anfallen. Die Gesamtkosten liegen in derselben Größenordnung wie für die konventionelle Rattenbekämpfung. Demnach ist es eine wirtschaftliche, praktikable und tierschutzgerechte Alternative zum Einsatz von Antikoagulanzen, insbesondere für Monitoringzwecke und zur präventiven Kontrolle. Allerdings zielt die Maßnahme eher auf eine Reduzierung des Rodentizidverbrauchs und nicht auf den vollständigen Ersatz. Eine flächendeckende Umsetzung würde eine erhebliche Erweiterung der Produktionskapazität erfordern und wäre nur in einem größeren Zeitraum (ca. 10 Jahre) realisierbar.

3. Stand Überarbeitung Vergabegrundlage RAL UZ 34 und 57, 57a

Frau Uhlmann und Frau Vander Pan berichteten von der Sitzung der Jury Umweltzeichen zu verschiedenen Umweltzeichen. Das RAL UZ 34 „Abwehr und Bekämpfung von Schädlingen in Innenräumen ohne giftige Wirkung“ wurde grundlegend überarbeitet. Neu aufgenommen wurden z.B. Fallensysteme gegen Nager und die thermische Entwesung. Tierschutzaspekte werden berücksichtigt. Im RAL UZ 57a/b „Thermische Verfahren zur Bekämpfung holzerstörender Insekten“ wurde nun auch das Mikrowellenverfahren aufgenommen. Beide Vergabekriterien wurden von der Jury Umweltzeichen ohne Änderungswünsche bestätigt und gelten nun für 4 bzw. 5 Jahre. Es liegen schon mehrere Anfragen für Prüfaufträge vor. Der NABU forderte die Berücksichtigung des Bundesnaturschutzgesetzes beim unspezifischen Einsatz von Fallensystemen, diesbezüglich dürften im Innenraum allerdings keine geschützten Arten betroffen sein.

4. Diskussion und Fazit

4.1 Tierschutz

Die Berücksichtigung des Tierschutzes bei der Entwicklung von Fallen gegen Nager wurde eingehend diskutiert. Die Bewertungskriterien hierfür werden derzeit entwickelt. Grundlage sind die bestehenden Kriterien für Tierleid von Labortieren sowie die vom UBA zusammen mit dem Julius Kühn-Institut definierten Kriterien betreffend der Bewusstlosigkeit, die auf Basis bestehender Regelungen für den Fang von Pelztieren in Neuseeland definiert wurden. Derzeit gibt es keine Rechtssicherheit für tierschutzgerechte Fallen nach §4 Tierschutzgesetz. Professionelle Schädlingsbekämpfer müssen die verwendeten Fallen beim zuständigen Veterinär anmelden. Da es kein Zulassungsverfahren für Fallen gibt, werden auf lokaler Ebene auch nicht-tierschutzgerechte Geräte wie z.B. Klebefallen verwendet. Auch Antikoagulanzen sind nicht per se tierschutzgerecht.

4.2 Fallen

Ein Hindernis für den Einsatz von Fallen ist, dass die Verbraucher die toten Tiere nicht sehen bzw. die Fallen nicht räumen wollen und daher geneigt sind, Biozide einzusetzen. Die Kriterien für die Wirksamkeitsprüfung sind im Infektionsschutzgesetz (IfSG) festgelegt, die Methoden müssen jedoch teilweise noch entwickelt werden.

Bezüglich der Kanalfallen ist anzumerken, dass diese nur für relativ geringen Kanaldurchmesser ausgelegt sind und somit nicht das gesamte Kanalsystem Rattenfrei halten können. Die Geräte sind teuer, rechnen sich jedoch gegebenenfalls durch den geringeren Aufwand für die Betreuung. Daher werden die Geräte meist gemietet bzw. es besteht ein Nutzungsvertrag mit z.B. der Schädlingsbe-

kämpfungsfirma Anticimex (die in Deutschland den Vertrieb der Fallen organisiert). Als Vorteil wird das automatische Monitoring durch Erfassung der Schüsse gesehen. Für Lebensmittelbetriebe besteht somit die Möglichkeit, im Rahmen ihrer Zertifizierung aussagefähige Monitoringdaten bereitzustellen. Sowohl technische Neuentwicklung, als auch die Forderung von Risikominderungsmaßnahmen und die Zertifizierung von Lebensmittelbetrieben (bei denen oftmals der Einsatz von Gift verboten ist) bedingen derzeit eine Renaissance der Fallen. Der Innovationsschub wurde durchaus mit der behördlichen Beschränkung des Einsatzes z.B. für das permanente Ködern mit Gift ausgelöst. Allerdings sollte man sich nicht auf einen einzigen Hersteller stützen. Hier stehen wir erst am Beginn einer Entwicklung. So gibt es auch andere Fallensysteme oder intelligente Köderstationen mit Rodentiziden. Daher ist eine differenzierte Betrachtung erforderlich. Für Mäuse gibt es bereits Alternativen (Fallen), die einen fast vollständigen Ersatz von Rodentiziden erlauben, während das bei Ratten nur teilweise möglich ist.

Das UBA hat in den letzten Jahren viele alternative Verfahren geprüft, darunter auch die Hitzebehandlung von Bettwanzen oder Insekten in Innenräumen oder neuere Monitoringfallen mit Remote-Beobachtung für Schaben. Die Kosten sind heute im Vergleich zur Verwendung von Biozidprodukten fast ausgeglichen.

Ein Zertifizierungssystem für biozidfreie Verfahren wäre wünschenswert. Derzeit handelt es sich um ein freiwilliges Verfahren. Bei einer gesetzlichen Zulassung von Fallen, wie es in Schweden praktiziert wird, wäre mehr Rechtssicherheit gegeben. Für die Weiterentwicklung von Fallensystemen sollten Förderprogramme aufgelegt werden. Da alle Antikoagulanzen der 1. und 2. Generation als CMR eingestuft wurden, dürfen sie in zwei Jahren nicht mehr an Privatleute verkauft werden. (Unterhalb der zulässigen Konzentration von 300 ppm sind sie nicht wirksam).

4.3 Antifoulingkonzepte

Es wurde darauf hingewiesen, dass der Einsatz von Chemikalien wie Capsaicin nicht per se als biozidfreie Alternative bezeichnet werden sollte. Es müsste juristisch geprüft werden, ob ein nicht notifizierter Wirkstoff verwendet wird. Ein weiteres Beispiel ist Zinkoxid, das als Korrosionsschutzmittel eingesetzt wird, aber durchaus auch eine biozide Wirkung hat. Produkte mit ZnO werden als biozidfrei beworben. Zinkoxid hat eine vergleichbare Ökotoxizität wie der Wirkstoff Kupferoxid und war ehemals als biozider Wirkstoff identifiziert, wurde aber nicht als solcher verteidigt. Daher fehlt eine Definition, was als „biozidfrei“ bezeichnet werden darf, wenn Chemikalien eingesetzt werden.

4.4 Auswahl der dritten Beispielbewertung

Es wurden folgende Vorschläge diskutiert:

Biozidfreie Farben und Lacke: Viele Farbhersteller entwickeln derzeit biozidfreie Systeme, da verschiedene Isothiazolinone wegfallen. Mineralischen Farben können aufgrund des hohen pH auf Konservierungsmittel verzichten. Wenn ein Fassadenfarbhersteller nicht mit einer algiziden Wirkung wirbt, handelt es sich um eine behandelte Ware, wenn doch um ein Biozidprodukt. Als problematisch wird die Vorgabe der Baumärkte angesehen, dass eine angebrochene Farbe noch 2 Jahre verwendet werden kann und damit den Einsatz von Konservierungsmitteln zur Gewährleistung der Haltbarkeit/Gebrauchstauglichkeit begründen. Eine Rücknahmepflicht abgelaufener Farben wird diskutiert.

Antifoulingssysteme für Freizeitschiffe: Hier sind z.B. die diversen Reinigungssysteme zu nennen. Wo wären Reinigungssysteme vertretbar? Die neue LAWA-Empfehlung sieht Reinigungssysteme bei Mikrofouling als geeignet an, die Entfernung von Makrofouling im Wasser ist jedoch bedenklich. Allerdings enthält der DBU Abschlussbericht von Limnomar schon alle relevanten Informationen, so dass sich die Frage stellt, was noch zu untersuchen wäre. Von Herrn Schwanemann wurde ein weiteres Verfahren angesprochen, bei dem eine Plane unter den Schiffsrumpf angebracht wird und das eingeschlossene Wasser abgepumpt wird. Durch die Bildung anaerober Verhältnisse stirbt der Bewuchs ab

und kann mit der Plane entnommen werden. Das Verfahren wurde beispielweise beim Umweltzeichen "Blaue Flagge" für Marinas angesprochen. Der Kontakt zu Robert Lorenz, Deutsche Gesellschaft für Umwelterziehung wurde vermittelt.

Herr Gartiser wird Erkundigungen zu diesem Verfahren einholen, dann wird die dritte Beispielbearbeitung mit dem UBA abgestimmt.

Zudem wurde vorgeschlagen, verschiedene alternative Antifouling-Maßnahmen miteinander zu vergleichen hinsichtlich ihrer Handhabbarkeit und Einsetzbarkeit/Nutzbarkeit auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Die Präsentation kann auf Anfrage beim UBA angefordert werden.

Anhang 4:**Fachgespräch „Bewertung von Alternativen zur Verringerung der Verwendung von Bioziden“****FKZ 3711 63 416****Ort und Zeit: UBA Bismarckplatz, 14.12.2017 von 10:00 bis 16:00 Uhr****1. Begrüßung und Einführung in das Thema**

Frau Nöh (UBA) begrüßte die Teilnehmer und erläuterte den Hintergrund des Projektes. Übergeordnetes Ziel ist die Minimierung des Biozideinsatzes durch Förderung biozidfreier Verfahren.

Frau Jahn (UBA) gab eine kurze Einführung in das Thema. Art. 17 (5) der BiozidVO fordert eine „ordnungsgemäße Verwendung“, zu der auch die Kombination physikalischer, biologischer, chemischer und sonstiger Maßnahmen gehört, um den Biozideinsatz auf das Mindestmaß zu begrenzen. Die Mitgliedstaaten werden aufgefordert, die Öffentlichkeit über hierfür erforderliche Maßnahmen zu informieren (vgl. auch §12 e des ChemG). Mit dem Biozidportal des UBA (→ <http://www.biozid.info>) soll der Informationspflicht nachgekommen werden. Neben der Informationsverbesserung soll auch die Verwendung von geeigneten biozidfreien Alternativen gefördert werden. Allerdings sollen nur Alternativen, die in einem transparenten Bewertungsverfahren als geeignet angesehen werden, empfohlen werden.

2. Qualitative Bewertung von Alternativen

Herr Gartiser (Hydrotox) stellte das Konzept zur (qualitativen) Bewertung von nicht-chemischen Alternativen vor. Die Richtlinie 2009/128/EC zur nachhaltigen Verwendung von Pestiziden fordert u.a. die Förderung der integrierten Schädlingsbekämpfung und alternativer Konzepte und Techniken wie nicht-chemische Alternativen. Die Anwendung der Richtlinie erstreckt sich nur auf Pflanzenschutzmittel, während Europäische Regelungen zur nachhaltigen Verwendung von Bioziden derzeit nicht entwickelt werden. In einem Bericht der EU-Kommission wird u.a. darauf hingewiesen, dass nicht-chemische Alternativen auch nicht wirksam oder nicht praktikabel oder nicht verfügbar sein könnten. Die BiozidVO sieht auch eine vergleichende Bewertung von Biozidprodukten mit „zu ersetzenden Stoffen“ vor, wobei neben dem Vergleich mit anderen Biozidprodukten auch nicht-chemischen Bekämpfungs- und Präventionsmethoden in die Bewertung mit einfließen sollen. Wichtigste Frage hierbei ist, ob die Alternative ausreichend wirksam ist. Nur wenn die Alternative keine wirtschaftlichen oder praktischen Nachteile hat und ein signifikant geringeres Risiko aufweist, kann die Zulassung eines Biozidproduktes mit zu ersetzenden Wirkstoffen versagt oder dessen Anwendung eingeschränkt werden.

Für die qualitative Bewertung von Biozid-Alternativen im Rahmen des Biozidportals werden folgende Kriterien vorgeschlagen:

- ▶ Wirksamkeitsnachweis (= Startpunkt)
- ▶ Praktikabilität (= Anwendungsbedingungen, Durchführung, Wartung und Pflege)
- ▶ Ökologie und Umweltschutz (u.a. Energieverbrauch)
- ▶ Gesundheitsschutz (Verbraucher- und Arbeitsschutz)
- ▶ Tierschutz
- ▶ Gebrauchstauglichkeit (u.a. Materialverträglichkeit, Anwendergruppe, spezifische Kenntnisse) und
- ▶ Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur Biozidanwendung.

Ziel der Bewertung ist die Minimierung des Biozideinsatzes und nicht ausschließlich die Substitution von Biozidprodukten mit zu ersetzenden Wirkstoffen. Die Anwendung des Konzeptes zur orientierenden Bewertung von Alternativen wurde an drei Beispielen überprüft.

In der Diskussion wurde von Seiten der Hersteller und Anwender darauf hingewiesen, dass die Messlatte für biozidfreie Verfahren sehr hoch ist und ihnen kaum Chancen auf dem Markt eingeräumt werden, wenn diese nicht behördlicherseits geprüft und anerkannt werden. Die Behörden dürfen jedoch nicht in den Markt eingreifen und somit auf keine konkreten Produkte z.B. im Biozidportal verweisen. Allerdings können alternative Produkte, die z.B. auf behördlichen Listen als geeignete Verfahren gelistet werden oder die mit einem Umweltlabel ausgezeichnet sind, indirekt durch Verlinkung auf diese Listen beworben werden. Von Seiten des UBA wurde darauf hingewiesen, dass es z.B. für Nagetierfallen kein Zulassungssystem gibt und nicht alle Fallen tierschutzgerecht sind.

Die fachlich begründete Stellungnahme zu einem alternativen Verfahren durch Behörden oder Fachgremien wird allgemein als sehr wichtig erachtet. Beispielsweise ist das Mikrowellenverfahren seit 2003 auf dem Markt, aber erst mit Verabschiedung der DIN 68800-4 wird das Verfahren als technisch geeignet anerkannt.

3. Beispielbearbeitungen

3.1 Mikrowellenverfahren im bekämpfenden Holzschutz

Herr Gartiser gab eine kurze Einführung in die erste Beispielbearbeitung, den Einsatz von Mikrowellen im bekämpfenden Holzschutz gegen Insekten und den Hausschwamm durch berufliche Anwender. Es handelt sich um ein thermisches Verfahren, ähnlich der Heißluftbehandlung, bei der das Holz durch Mikrowellen (2,45 GHz) für 60 Minuten auf 55°C erwärmt wird. In der neuen DIN 68800-4 wird im Abschnitt 10 auf „Elektrophysikalische Verfahren gegen begrenzten Insektenbefall“ eingegangen, so dass das Verfahren für die kleinräumige Anwendung als Stand der Technik bezeichnet werden kann. Der Wirksamkeitsnachweis wurde in BAM-Untersuchungsberichten belegt. Das WTA-Merkblatt 1-10 „Sonderverfahren im Holzschutz bestätigt die Wirksamkeit gegen Pilze und Insekten, allerdings nur für die kleinräumige Anwendung. Es wird darauf hingewiesen, dass höhere Temperatur (ca. 80-110°C) zu schnellerem Behandlungserfolg führen. Eine Mikrowelleneinheit (Generator, Steuerung, Hornstrahlantenne) kostet rd. 20.000 bis 25.000€, wobei die Geräte oftmals vermietet werden. Die Arbeitszeit ist der größte Kostenfaktor. Hinsichtlich Ökologie und Umweltschutz weist das Verfahren Vorteile auf, allerdings sind die Arbeitsplatzgrenzwerte für elektromagnetische Strahlung zu beachten, so dass das Verfahren nur für entsprechend geschulte sachkundige Anwender geeignet ist. Somit kann das Verfahren als „Stand der Technik“ im bekämpfenden Holzschutz gegen Insekten (eingeschränkt auch gegen den Hausschwamm) angesehen werden. Das Anfang 2017 überarbeitete RAL UZ 57 (Blauer Engel) bezieht neben Heißluftverfahren auch andere thermische Verfahren wie Mikrowelle nach DIN 68800-4 ein, es gibt jedoch noch keine Zeichennehmer für das Mikrowellenverfahren.

In der Diskussion wiesen die Anwender darauf hin, dass die in der DIN vorgegebene Temperaturhaltezeit von 60 Minuten für das Mikrowellenverfahren überzogen ist und das Verfahren damit unwirtschaftlich wäre. In der Regel genügen wenige Minuten für eine 100%ige Mortalität beim Hausbock und Nagekäfer. Zudem wird in Frage gestellt, ob die Einschränkung auf „kleinräumige Anwendungen“ wirklich zutreffend ist, da Praxisbeispiele in Museen zeigen, dass auch mehrere 100 Quadratmeter erfolgreich behandelt wurden. Es wird aber zugestimmt, dass für die Behandlung ganzer Dachstühle die Heißlufttechnik geeigneter ist.

In seinem Kurzvortrag wies Herr Plarre (BAM), der die Wirksamkeitstestung vorgenommen hat, darauf hin, dass die Teile 1 und 2 der DIN 68800 gesetzlich anzuwenden sind, da in entsprechenden Regeln des DIBt darauf Bezug genommen wird. Der Teil 4 zum bekämpfenden Holzschutz ist hingegen als Empfehlung anzusehen. Auf EU-Ebene existiert keine vergleichbare Norm. Die DIN verweist nur auf die Bekämpfung von Insekten als Regelsanierung. 2018 startet die Überarbeitung, bei der die erforderlichen Behandlungszeiten sicherlich thematisiert werden. Herr Plarre forderte die Hersteller und Anwender auf, sich aktiv am Normenprozess zu beteiligen. Die Empfehlung zur Temperaturhalte-

tezeit von 60 Minuten bei 55°C stammt aus dem Heißluftverfahren und ist bei der Mikrowelle eigentlich nicht nötig. Begründet ist die Haltezeit mit der schlechten Wärmeleitfähigkeit von Holz, die beim Heißluftverfahren ein limitierender Faktor ist. Für das Mikrowellenverfahren benötigt man permanente Dipole, die im oszillierenden elektromagnetischen Feld rotieren. Neben Wasser stellt auch die Zellulose selbst Dipole dar, so dass die weitverbreitete Annahme, dass das Holz eine gewisse Mindestfeuchte benötigt, nicht zutrifft.

Von Seiten der Hersteller und Anwender wurde bestätigt, dass die Schulung der Anwender offener Mikrowellenverfahren insbesondere für den Arbeitsschutz von entscheidender Bedeutung ist. Auf dem Markt sind jedoch auch Systeme (z.B. aus der Ukraine), die auch an nicht geschulte Anwender abgegeben werden. Diese sind zwar CE zertifiziert, haben aber mangelhafte Bedienungsanleitungen. Zudem wurde die in der DIN vorgegebene Anwendungstemperatur von 55°C kritisiert. Der Behandlungserfolg ist eine Funktion von Temperatur und Zeit, d.h. eine Temperatur von z.B. 48°C ist bei längere Behandlungszeit genauso effektiv. Bei Tropenholzinsekten reichen ggf. aber auch die 55°C nicht aus. Wenn das Leistungsverzeichnis bei Ausschreibungen bezüglich Temperatur und/oder Behandlungszeit sich auf die DIN bezieht, ist dies verpflichtend. Die DIN müsste daher überarbeitet werden. Das Mikrowellenverfahren ist bisher ein Nischenmarkt. Schätzungen zufolge beschäftigen sich in Deutschland lediglich ca. 10 Spezialisten damit.

Bezüglich der Bekämpfung des Hausschwamms wurde auf Forschungsarbeiten des UFZ hingewiesen, in denen mittels Radiowellen in einem Kondensatorfeld auch dickere Mauern bis zu 1 m behandelt werden können.

In einem Kurzvortrag stellte Herr Wilke (Fa. Thermo Lignum) ein feuchtegeregeltes Warmluft-Verfahren vor, das insbesondere in Museen und Archiven eingesetzt wird. Hier wird bei Temperaturen von 46°C - 55°C unter definierten Feuchtegehalten behandelt, um die Bildung von Rissen bei Kunstwerken zu vermeiden. Hintergrund ist, dass Dimensionsänderungen in Materialien oftmals weit anfälliger auf Feuchteänderungen reagieren, als auf Temperaturänderungen. Durch automatische Anpassung der Feuchtegehalte bei Temperaturerhöhungen wird dieser Effekt minimiert.

3.2 Automatische Rattenfallen in der Kanalisation

Herr Gartiser gab eine kurze Einführung in die zweite Beispielbearbeitung „Automatische Schlagfallen in der Abwasserkanalisation zur Rattenbekämpfung“. Diese Fallensysteme werden als Barriere in Kanälen mit Durchmesser bis zu 30 cm eingebaut und zur Bekämpfung und für das Monitoring eingesetzt. Die Fallen sind in der BVT-Liste der anerkannten Mittel und Verfahren zur Schädlingsbekämpfung berücksichtigt und erfüllen das Tilgungsprinzip (Mortalität im Zwangsversuch 100%). Der Wirksamkeitsnachweis wurde in Prüfberichten des UBA bestätigt. Zudem ist die Falle als tierschutzgerecht (Zeitraum bis zur irreversiblen Bewusstlosigkeit 30-60 Sekunden) eingestuft.

Eine Kanalfalle kostet rd. 2.000€, wobei üblicherweise eher Miet- und Betreuungskosten anfallen. Die Gesamtkosten liegen in derselben Größenordnung wie für die konventionelle Rattenbekämpfung. Demnach ist es eine wirtschaftliche, praktikable und tierschutzgerechte Alternative zum Einsatz von Antikoaganzien, insbesondere für Monitoringzwecke und zur präventiven Kontrolle.

Herr Kokles von den Berliner Wasserbetrieben berichtete in seinem Vortrag von praktischen Erfahrungen bei der Rattenbekämpfung in Berlin. Er wies drauf hin, dass die Ratten sich zwar in den Kanälen aufhalten, dort aber nicht nisten, so dass eine alleinige Bekämpfung im Kanalsystem für die Tilgung nicht ausreicht. Hierzu ist eine flankierende oberirdische Bekämpfung erforderlich. Die Entwicklung von automatischen Fallen wird grundsätzlich begrüßt. Mittlerweile sind auch weitere Fallensysteme auf dem Markt, deren praktische Effektivität jedoch schwer zu überprüfen ist. Auf die Bedeutung schadhafter Hausanschlüsse als Einfallstor von Ratten wurde hingewiesen. An diesen Stellen kann die Rattenfalle nicht eingesetzt werden, da die Wassermenge zum Wegspülen der erschlagenen Ratte nicht ausreicht. In Berlin müssen bis zu 50.000 Schächte jährlich überprüft wer-

den. Dies ist alleine mit Fallensystemen nicht zu schaffen. Daher werden derzeit auch Versuche mit Köderboxen in Kanälen durchgeführt. Die Anerkennung der Falle in der BVL-§ 18 IfSchG-Liste war ein wichtiges Kriterium, sich damit zu beschäftigen. Zudem ist in Kanälen Ex-Schutz erforderlich.

Herr Gassmann (Fa. Anticimex) berichtete, dass sie die dänische Firma WiseCon übernommen haben und die Produktion ausgeweitet werden soll. Im Unterschied zu den Bekämpfungskampagnen mit Rodentiziden, die üblicherweise einen Monat dauern, ist die Falle permanent aktiv. Auch Köder können nicht überall eingesetzt werden und die regelmäßige Kontrolle ist aufwändig. Auch größere Städte wie Malmö, wo 500 Rattenfallen eingebaut wurden, setzten auf die Falle. Herr Kokles bestätigt, dass die Falle nach einer Einarbeitungszeit zuverlässig arbeitet, die Schlagzahlen gingen zurück (z.B. von 10 auf 1 pro Falle und Woche).

Herr Schmolz (UBA) bestätigte, dass die Fallen zwar nicht die Lösung aller Probleme, aber ein Schritt in die richtige Richtung seien. Es wird erwartet, dass sich die Herstellungskosten für Rattenfallen noch deutlich reduzieren lassen. Wichtig ist, dass die Effektivität der Fallen und die Tierschutzverträglichkeit getestet werden. Klebefallen sind nicht tierschutzgerecht. Bislang gibt es keine Zulassungspflicht für Fallen.

Frau Uhlmann (UBA) teilte mit, dass bisher nur eine Mausefalle das RAL UZ 34 erhalten hat. Damit wird auch ein Impuls für die öffentliche Beschaffung gesetzt.

3.3 Einsatz von Unterwasserfolien als Antifoulingmaßnahme

Herr Gartiser stellte die Ergebnisse der dritten Beispielbearbeitung vor. Unter zahlreichen alternativen Verfahren zur Verwendung biozidhaltiger Antifoulinganstriche wurde eine Unterwasserplane (Slip UnderWaterCoat®) ausgewählt, die unter das Boot gezogen und fixiert wird. Danach wird das Wasser zwischen Rumpf und Plane abgepumpt und der Biofilm zersetzt sich innerhalb einer Woche durch Sauerstoff- und Nährstoffmangel sowie die Beschattung. Makrofouling (Kalkschalen) kann durch Zugabe von Essigsäure (80% ~ 3 L für 10 m Boot) entfernt werden. Das Verfahren ist für Sportboote mit 5-10 m Länge geeignet. Kosten und Aufwand für die Beschaffung der Folie und das Auf- und Abziehen ist in etwa vergleichbar zu der jährlichen Erneuerung eines Antifoulinganstrichs. Bezüglich der Wirksamkeit sind einige Erfahrungsberichte verfügbar, unabhängige Praxistests fehlen bisher. Weitere mit Schwimmmatten arbeitende Verfahren (Seaboost-Powerturf®, Clean Marine Tarp®) beruhen ebenfalls auf der Trennung des Rumpfes vom Wasser und nutzen gleichzeitig die Reibung durch die Wasserbewegungen.

Herr Watermann (Limnomar) berichtete von seinen Erfahrungen mit biozidfreien Verfahren, die auf Reibung beruhenden Matten werden zu den Reinigungsverfahren gezählt. Eine glatte und widerstandsfähige Beschichtung erleichtert hierbei den Reinigungserfolg. Das Hochbinden von Unterwasserplanen wurde bereits erfolgreich 1992 in Maasholm getestet, war jedoch vom Handling her wenig praktikabel und wurde auch nicht zur Marktreife gebracht. Die Verdrängung des Salzwassers zwischen Matte und Bootsrumpf durch Regenwasser führt ebenfalls zum Absterben der Foulingorganismen aufgrund des osmotischen Druckes. Hochdruckreiniger sollten nicht zur Reinigung biozidhaltiger Beschichtung verwendet werden. Es wird erwartet, dass sich künftig weitere Folienverfahren etablieren werden. Die Wirksamkeit von Reinigungsverfahren ist schwierig zu bewerten, da sie mit einer aktiven Rolle des Eigners verbunden ist. Während Reinigungsanlagen in Schweden weit verbreitet sind, werden diese in Deutschland bislang kaum eingesetzt. Ohne Anwendungsbeschränkungen für Antifoulingmittel werden es biozidfreie Verfahren im Sportbootbereich schwer haben. Der Ratzeburger See ist als Trinkwassersee seit 1999 biozidfrei. Nach anfänglichen Protesten wird dies mittlerweile allgemein akzeptiert. Bei der Bewertung biozidfreier Verfahren ist auch die Problematik von Mikroplastik zu bedenken. So wird in Schweden gefordert, dass mechanische Reinigungsbürsten aus bioabbaubaren Polymeren bestehen. Zudem ist das Risiko der Verschleppung invasiver Arten

durch den Bootstransport zu beachten. Reinigungsverfahren wird hier eine höhere Effektivität hinsichtlich der Biosicherheit zugeschrieben als Antifoulingbeschichtungen.

In der Diskussion wurde von Herstellerseite bezweifelt, dass die Kostenschätzung für die Erneuerung eines Antifouling-Anstrichs zutrifft. Diese Arbeiten werden zu 80-90% durch die Eigner selbst durchgeführt, die sich die Antifoulingfarben günstig im Baumarkt oder das Internet besorgen. 95% der Boote werden in einem Winterlager eingelagert. Es wurde auf Klebefolien hingewiesen, die sich leichter auf den Rumpf auftragen lassen als Silikonbeschichtungen und für die in Deutschland eine fünfjährige Garantie gewährt wird. Bei Silikonbeschichtungen ist zu beachten, dass diese keine Silikonöle enthalten, da diese ausgewaschen werden. Insgesamt ist die Akzeptanz biozidfreier Verfahren bisher mangelhaft. Durch Aussprechen regionale Verbote könnten diese Verfahren gefördert werden. Im EU-Projekt „CHANGE“ erwiesen sich Ultraschallverfahren als nicht wirksam.

Bezüglich der Etablierung eines Umweltzeichens für biozidfreie Antifoulingmaßnahmen werden die Chancen heute als deutlich besser eingeschätzt als vor 15 Jahren, als bereits eine Machbarkeitsstudie zu diesem Thema durchgeführt wurde. Damals hatte sich der VCI gegen ein Umweltzeichen ausgesprochen, heute wäre die Etablierung eines solchen Umweltzeichens eine der wichtigsten flankierenden Maßnahmen. Die Initiative hierzu könnte vom UBA oder einem Hersteller ausgehen. Die Jury Umweltzeichen beschließt dann, ob das Thema aufgegriffen wird.

4. Förderung biozidfreier Verfahren

Beim Mikrowellenverfahren wird das Verfahren derzeit durch die unklare Interpretation der DIN-Norm bezüglich Temperatur und Zeit ausgebremst. Dies sollte bei der anstehenden Überarbeitung der DIN 68800-4 berücksichtigt werden. Die Möglichkeit, für das Verfahren den Blauen Engel zu beantragen, stieß bei einigen Herstellern auf großes Interesse.

Bei der Rattenbekämpfung wird die Einschätzung vertreten, dass die Anwendung von Antikoagulantien weiter zurückgehen wird. Die Skandinavischen Länder sind bezüglich biozidfreier Verfahren traditionell eher aufgeschlossen. Schädlingsbekämpfer sind im Rahmen ihrer Gefährdungsbeurteilung ohnehin verpflichtet, Alternativen zu prüfen, wollen aber auch möglichst viele Instrumente für die Bekämpfung zur Verfügung haben. Die Bestätigung der Wirksamkeit durch unabhängige Prüfer war für die Anwender der Auslöser, sich mit den Fallen zu beschäftigen. Antikoagulantien gelten auch nicht als tierschutzgerecht. In Schweden sind Fallen gegen Nagetiere zulassungspflichtig. Entsprechende Regelungen in Europa würden deren Einsatz sicherlich fördern.

Für Antifouling im Sportbootbereich würde die Einschränkung auf professionelle Anwender Innovationen auslösen, da 80-90% „do it yourself“-Anwender sind. Zwar werden bei einigen Biozidprodukten (UK) Schutzanzüge und Folien für den Untergrund mitgeliefert, dies wird sich auf EU-Ebene i.R. des Zulassungsverfahrens aber wahrscheinlich nicht durchsetzen können. Im Vertrieb nehmen der Internethandel und der Absatz über Baumärkte ständig zu, die (gute) Beratung der Fachfirmen wird hingegen immer weniger nachgefragt. Von Behördenseite wird davon ausgegangen, dass Regelungen zur Abgabe, auch für den Internethandel, kommen werden.

Offensichtlich gibt es trotz aller Unterschiede auch Parallelen, die für alle nicht-chemischen Alternativen gültig sind. Bei der vergleichenden Bewertung von Biozidprodukten i.R. der BiozidVO können Hersteller biozidfreier Verfahren an der „public consultation“ teilnehmen, die für zu ersetzende Stoffe, sogenannte Substitutionskandidaten, durchgeführt wird. Dies setzt voraus, dass die Hersteller auch Kenntnis über eine laufende „public consultation“ (<https://echa.europa.eu/de/public-consultations>) erhalten (z.B. über das UBA). Die Bewertung dieser Alternativen obliegt jedoch nicht der ECHA.

Die gemeinsamen Interessen der Hersteller biozidfreier Verfahren könnten gebündelt werden, ähnlich wie die der Chemische Industrie im VCI bzw. CEFIC. Es wurde vorgeschlagen, einen eigenen Inte-

ressenverband der seriös arbeitenden Hersteller biozidfreier Verfahren zu initiieren, der sich auch um die Bewertung und Wirksamkeitsnachweise kümmert und die Vertretung auf EU-Ebene ermöglicht.

5. Fazit

- ▶ In ihrem Schlusswort fasste Frau Nöh (UBA) die Diskussion zur Förderung biozidfreier Verfahren wie folgt zusammen:
- ▶ Verbote und Anwendungseinschränkungen für Biozidprodukte wirken sich u.U. förderlich für nicht-chemische Alternativen aus.
- ▶ Die Entwicklung guter fachlicher Praktiken und die unabhängige Prüfung und/oder Zulassung biozidfreier Verfahren unterstützt deren Erfolg am Markt.
- ▶ Durch den Verweis auf Listen der nach § 18 Infektionsschutzgesetz geprüften Mittel und Verfahren oder auf Zeichennehmer des Blauen Engels können konkrete Produkte beworben werden.
- ▶ Für Behörden ist der direkte Verweis auf Produkte oder eine behördliche Empfehlung konkreter Verfahren ist nicht zulässig.
- ▶ Es wird angeregt, dass die Hersteller /Anwender biozidfreier Verfahren eine eigene, gemeinsame Interessenvertretung gründen, die sich insbesondere auch mit der Bewertung einschließlich Wirksamkeitsnachweisen für ihre Produkte befassen.
- ▶ Hersteller und Anwender sollten sich aktiv an den Normungsverfahren beteiligen.
- ▶ Hersteller und Anwender sollten sich über laufende „public consultations“ (<https://echa.europa.eu/de/public-consultations>) zur vergleichenden Bewertung von Biozidprodukten i.R. der BiozidVO informieren (bzw. auch vom UBA darüber informiert werden) und sich ggf. daran beteiligen.
- ▶ Für Neu- und Weiterentwicklungen können Forschungsmittel (z.B. über Ressortforschungsplan, DBU, BMBF, Umweltinnovationsprogramm) beantragt werden.

Für das Protokoll

Stefan Gartiser

Präsentationen

Jahn, B. (UBA): Fachgespräche: Bewertung von Alternativen zur Verringerung der Verwendung von Bioziden – Einführung.

Gartiser, S. (Fa. Hydrotox): Alternativen zur Biozidanwendung - Case studies und Qualitative Bewertung von Alternativen.

Kokles, S. (Berliner Wasserbetriebe): Rattenbekämpfung Berliner Wasserbetriebe 2017.

Wilke, N. (Thermo Lignum): Biozidfreie Schadinsekten-Bekämpfung in Museen, Sammlungen und Archiven und Bibliotheken. Das feuchtegeregelte Das feuchtegeregelte Thermo Lignum® Warmluft Verfahren.

Watermann, B.T. (Limnomar): Biozidfreie Antifouling-Systeme im Sporbootbereich – Strategien und Wirksamkeitsnachweise.

Folgende Veröffentlichung wird auf Anfrage verschickt: Plarre, R. et al. (2013): Thermische Bekämpfungsverfahren im Holzschutz mit elektromagnetischen Wellen. Vortrag zur 22. Holzschutztagung 2013 des Sächsischen Holzschutzverbandes e.V. am 16. März 2013 in Dresden. EIPOS-Tagungsband Holzschutz 2013.

Die Teilnehmerliste und Präsentationen können auf Anfrage beim UBA angefordert werden.