

BIOZIDPRODUKTE – EINTRAG IN GEWÄSSER

VERBRAUCHSMENGEN BIOZIDER WIRKSTOFFE IN SCHUTZMITTELN, ANTIFOULINGS UND IM VETERINÄRBEREICH

Die Erhebung von Verbrauchsmengen bildet eine wichtige Grundlage, um eine mögliche Belastung von Oberflächengewässern aufgrund von diffusen Einträgen von bioziden Wirkstoffen besser beurteilen zu können. Deshalb wurden die Wirkstoffe für die Hygiene im Veterinärbereich, in Beschichtungsschutzmitteln, Holzschutzmitteln und Antifoulings ermittelt. Die Verbrauchsmengen zeigen, dass bezogen auf die Gesamtmenge nur ein kleinerer Teil der bioziden Wirkstoffe direkt umweltrelevant ist.

Michael Burkhardt, Conrad Dietschweiler, HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Thomas Kupper, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL*

RÉSUMÉ

PRODUITS BIOCIDES DANS LE DOMAINE VÉTÉRINAIRE, DANS LES PRODUITS DE PROTECTION ET LES ANTIFOULINGS – QUANTITÉS UTILISÉES ET APPORTS DANS LES EAUX

Les micropolluants organiques sont très présents dans les eaux superficielles suisses. Les apports proviennent ponctuellement des déversements de stations d'épuration et, de façon diffuse, des zones urbaines, des transports et de l'agriculture. Afin de clarifier l'importance des sources diffuses pour ces micropolluants, on a procédé à des mesures des quantités de produits biocides utilisées dans les zones urbaines et dans l'agriculture. Les produits biocides pour l'hygiène dans le domaine vétérinaire, les produits de protection des revêtements, de traitement du bois et les antifoulings ont été pris en compte. Les quantités ont été collectées au moyen d'enquêtes et d'entretiens et comparées avec un précédent relevé dans toute la Suisse, afin de pouvoir identifier les modifications de quantités utilisées et de sélection des substances actives. Le taux global d'utilisation pour l'hygiène dans le domaine vétérinaire est de l'ordre de 900 à 1000t de substances biocides. En tout, environ 40 substances différentes sont utilisées, dont une grande partie est parfaitement biodégradable. Le nettoyage d'installations de traite et de citernes de lait, qui nécessite env. 700 t de substances, représente l'utilisation de loin la plus importante. Les produits de protection des revêtements pour peintures et enduits

HINTERGRUND

Organische Spurenstoffe kommen im Schweizer Oberflächenwasser weit verbreitet vor [1]. Zu den wichtigsten Vertretern der Spurenstoffe zählen Industriechemikalien, Pharmaka, Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte. In der Gewässerschutzverordnung (GSchV) sind nur für organische Pestizide, d. h. Pflanzenschutzmittel (PSM) und Biozidprodukte, 0,1 µg/l je Einzelstoff für Grund- und Oberflächenwasser als numerische Anforderung festgelegt [2]. Dieser dem Vorsorgeprinzip folgende Anforderungswert wird in Fließgewässern von zahlreichen PSM überschritten [3]. Basierend auf den am 1. Januar 2016 in Kraft gesetzten Änderungen der Verordnung sollen bis Mitte 2018 für ausgewählte Wirkstoffe, insbesondere aus dem Bereich der Industriechemikalien und Pharmaka, von dem Einheitswert abweichende, ökotoxikologisch basierte Anforderungen in der GSchV aufgenommen werden.

Die wesentlichen Einträge von organischen Spurenstoffen erfolgen punktuell über Einleitungen von Kläranlagen sowie diffus aus Siedlungen, Verkehr und Landwirtschaft [4]. Rund 30% der Schweizer Siedlungsfläche werden im Trennsystem entwässert, sodass Niederschlagswasser separat abgeleitet wird. Dies Niederschlagswasser sowie Mischwasserentlas-

* Kontakt: michael.burkhardt@hsr.ch

tungen bei Regenwetter führen zu diffusen Einträgen in die Gewässer [5, 6, 7].

Der Beeinträchtigung der Wasserqualität durch Mikroverunreinigungen sollen der Ausbau von 100 Kläranlagen mit einer vierten Reinigungsstufe sowie Reduktionsmassnahmen für die Landwirtschaft entgegenwirken [8, 9]. So muss der Reinigungseffekt nach dem Ausbau der Kläranlagen gemäss GSchV, bezogen auf Rohabwasser und gemessen anhand ausgewählter Substanzen, 80% betragen. Der *Aktionsplan Pflanzenschutzmittel* setzt dagegen bei den diffusen Einträgen von PSM vorwiegend bei Massnahmen an der Quelle an. In Deutschland wurde gezeigt, dass auch bei diffusen Biozideinträgen verschiedenste Massnahmen an der Quelle sehr vielversprechend sind [10].

Im Zusammenhang mit der Klärung, welche Relevanz diffuse Quellen für organische Spurenstoffe haben, wurden Verbrauchsmengenerhebungen von Biozidprodukten mit Anwendungen im Siedlungsgebiet und in der Landwirtschaft für das Bundesamt für Umwelt (BAFU) durchgeführt [11, 12]. Bei diesen Produkten sind Gewässereinträge vor allem durch Einleitung von Niederschlagswasser oder durch Ausbringung von Hofdünger mit anschliessender Abschwemmung möglich. Ausserdem sind Biozidprodukte unter den organischen Spurenstoffen von besonderem Interesse für die Gewässerqualität und aquatische Ökosysteme, weil sie biozide Eigenschaften gegen Organismen aufweisen. Allerdings ist nicht jede Anwendung und jeder Eintrag von Biozidprodukten per se auch ökotoxikologisch problematisch. Deshalb ist eine differenzierte Einzelstoffbetrachtung unerlässlich.

Für sämtliche Biozidprodukte wurde bereits eine schweizweite Mengenerhebung, Umweltrisikobewertung und Stoffpriorisierung 2007 publiziert [13], nachfolgend «BIOMIK» genannt. Mit 7400 t Jahresverbrauch lag die ermittelte Verbrauchsmenge ein Mehrfaches über derjenigen von PSM. Fast 75% des Gesamtverbrauchs war den Desinfektionsmitteln in Hauptgruppe 1 und rund 25% des Verbrauchs den Schutzmitteln in Hauptgruppe 2 zugeordnet. Seit der Veröffentlichung gab es aber viele neue Erkenntnisse zur Emission und zu den Eintragungswegen in die Gewässer, ebenso vertiefte Einblicke zur Anwendung und zur Marktrelevanz der Wirkstoffe. Eine Neueinschätzung für die ausgewählten Produktarten war daher angezeigt.

Für die Priorisierung von Massnahmen und die Kontrolle des Umsetzungserfolgs sind Kenntnisse zu Anwendungsbereichen und Verbrauchsmengen von organischen Stoffen – auch zu zeitlichen oder technologischen Veränderungen – wichtig. Nur so lässt sich beispielsweise verfolgen, ob eine Substanz an Mengenrelevanz verliert, wodurch wiederum – meistens zeitlich verzögert – deren Vorkommen in Gewässern abnimmt oder eine neue Substanz in Gewässern auftreten kann, die nicht im Fokus der gängigen Gewässerüberwachung steht oder deren Herkunft sich nicht hinreichend erklären lässt. Eine regelmässig aktualisierte Verbrauchsmengenerhebung fungiert daher als ergänzendes Werkzeug zur chemisch orientierten Gewässerüberwachung und technischen Massnahmenplanung.

BIOZIDPRODUKTE

In Anlehnung an die Europäische Richtlinie über das Inverkehrbringen von Biozidprodukten (Verordnung (EU) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Mai 2012

über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten) werden in der Schweizer Biozidprodukteverordnung (VBP) vier Hauptgruppen differenziert, die in der Schweiz in 22 Produktarten unterteilt sind [14]:

Hauptgruppe 1 «Desinfektionsmittel» mit fünf Produktarten

- Biozidprodukte für die menschliche Hygiene
- Desinfektionsmittel und Algenbekämpfungsmittel, die nicht für eine direkte Anwendung bei Menschen und Tieren bestimmt sind
- Biozidprodukte für die Hygiene im Veterinärbereich
- Desinfektionsmittel für den Lebens- und Futtermittelbereich
- Trinkwasserdesinfektionsmittel

Hauptgruppe 2 «Schutzmittel» mit acht Produktarten

- z.B. Schutzmittel für Produkte während der Lagerung, Beschichtungsschutzmittel und Holzschutzmittel

Hauptgruppe 3 «Schädlingsbekämpfungsmittel» mit sieben Produktarten

- z.B. Rodentizide, Avizide und Bekämpfungsmittel gegen Mollusken und Würmer und Produkte gegen andere Wirbellose

Hauptgruppe 4 «Sonstige Biozidprodukte» mit zwei Produkten

- Antifouling-Produkte
- Flüssigkeiten für Einbalsamierung und Taxidermie

In der VBP ist definiert: *«Biozidprodukte sind Stoffe, Zubereitungen oder Gegenstände in der Form, in der sie zur Verwenderin gelangen, und die aus einem oder mehreren Wirkstoffen bestehen, diese enthalten oder erzeugen, die dazu bestimmt sind, auf andere Art als durch bloss physikalische oder mechanische Einwirkung Schadorganismen zu zerstören, abzuschrecken, unschädlich zu machen, Schädigungen durch sie zu verhindern oder sie in anderer Weise zu bekämpfen.»*

Biozide Wirkstoffe sind definiert als Stoffe und Mikroorganismen einschliesslich Viren, mit einer für die Verwendung als Biozidprodukt beabsichtigten Wirkung. Zu solchen Wirkstoffen zählen beispielsweise Chlordioxid, Kupferoxid oder Ethanol, wenn auch die Anpreisung der bioziden Eigenschaft im Vordergrund steht. Biozidprodukte wiederum enthalten biozide Wirkstoffe oder die Wirkstoffe werden als Zubereitungen einem anderen Produkt zugemischt, damit das entstehende Produkt ein Biozidprodukt wird. Nur zugelassene oder anerkannte biozide Wirkstoffe und Biozidprodukte dürfen verwendet werden.

ANWENDUNGEN

Desinfektionsmittel im Veterinärbereich

Biozidprodukte für die Hygiene im Veterinärbereich (Produktart 3; PA 3), ein Anwendungsbereich in Hauptgruppe 1 «Desinfektionsmittel», werden hauptsächlich als Desinfektionsmittel in der landwirtschaftlichen Tierhaltung eingesetzt. Dazu gehören Produkte zur Desinfektion von Ställen und Stalleinrichtungen, Schuhen, Händen, Kleidung von Personal, von Transportfahrzeugen, Klauen oder Hufen. Weiter werden Produkte zur Reinigung und Desinfektion von Melkanlagen und Milchtanks verwendet. Diese werden den Desinfektionsmitteln für den Lebens- und Futtermittelbereich (Produktart 4; PA 4) zugeordnet. Die für die genannten Anwendungen ge-

bräuchlichsten Wirkstoffgruppen sind in der nachfolgenden *Tabelle 1* aufgeführt.

Wirkstoffgruppen	Bespiele von (häufigen) Wirkstoffen
Aldehyde	Glutaral, Formaldehyd
Chlorabspalter	Aktivchlor
Sauerstoffabspalter	Wasserstoffperoxid, Chlordioxid, Persäuren
Jodverbindungen	Jod
Phenole	Chlorkresol
Quaternäre Ammoniumverbindungen (QAV)	Didecyldimethylammoniumchlorid (DDAC), Benzyl-C12-16-alkyldimethylchlorid (BAC)
Alkohole	Propanol
Säuren	Ameisensäure, Essigsäure, Salpetersäure

Tab. 1 Gebräuchliche Wirkstoffgruppen in Produkten für die Hygiene im Veterinärbereich

Groupes de substances actives courantes dans les produits pour l'hygiène dans le domaine vétérinaire

Beschichtungsschutzmittel und Holzschutzmittel

In Hauptgruppe 2 «Schutzmittel» fallen Beschichtungsschutzmittel (Produktart 7; PA 7), die zum Schutz von Beschichtungen oder Überzügen gegen mikrobielle Schädigung zwecks Erhaltung der ursprünglichen Oberflächeneigenschaften von Stoffen oder Gegenständen eingesetzt werden. Berücksichtigt wurden in der Erhebung polymervergütete Bautenfarben und -putze für Aussenanwendungen, die mit biozidhaltigen Filmschutzmitteln ausgerüstet sind. Filmschutzmittel wiederum sind Beschichtungsschutzmittel, deren Wirkstoffe gegen mikrobielle Schädigung oder Algenwachstum zwecks Erhaltung der ursprünglichen Oberflächeneigenschaften in Farben und Putzen wirken. Durch die Zugabe der Filmschutzmittel wird das Endprodukt, die Farbe oder der Putz zu einer sogenannten behandelten Ware, ist aber selber kein Biozidprodukt. Die erfassten Produkte sind für professionelle Anwender vorgesehen, die mehr als 90% des Markts abdecken. Holzschutzmittel (Produktart 8; PA 8) gehören ebenfalls zur Hauptgruppe 2, sind aber Biozidprodukte, die zum Schutz von Holz ab dem Einschnitt im Sägewerk und zum Schutz von fertigen Holzzeugnissen vorgesehen sind. PA 8 umfasst sowohl Präventiv- als auch Kurativprodukte. Während der Lagerung von Schnittholz kommen beispielsweise vorbeugende temporär wirkende Rundholzspritz- und Bläueschutzmittel zum Einsatz. Für die Behandlung von Holzprodukten werden Mittel zur Grundierung (z. B. für Fenster und Fassadenschalung), Vorlacke, Lasuren, Imprägnierungen, Insekten- und Pilzbekämpfungsmittel eingesetzt.

Antifouling-Produkte

Unter Antifouling-Produkten (Produktart 21; PA 21) der Hauptgruppe 4 «Sonstige Biozide» fallen Produkte zur Bekämpfung des Wachstums und der Ansiedlung von bewuchsbildenden Organismen (Mikroben, höhere Pflanzen und Tiere) an Wasserfahrzeugen, Ausrüstung für die Aquakultur und anderen im Wasser eingesetzten Bauten. In der Erhebung lag der Schwerpunkt ausschliesslich auf Antifouling-Produkten für Schiffe. Beim Antifouling unterscheidet man zwischen erodierenden (selbstpolierende Farben) und nicht erodierenden Systemen. Beide können sowohl mit als auch ohne biozide Wirkstoffe eingesetzt werden. Biozidfreie Produkte basieren auf einer be-

wuchshemmenden, harten Oberfläche, die stark wasserabweisend ist und unter anderem eine glatte, gummiartige Schicht auf Basis von Silikonen und Fluor-Polymer-Farben (*Teflon®*) aufweist.

ERHEBUNG UND AUSWERTUNG

BIOZIDPRODUKTE FÜR DIE HYGIENE IM VETERINÄRBEREICH

Das Vorgehen zur Abschätzung der Verbrauchsmengen der Biozidprodukte für die Hygiene im Veterinärbereich war wie folgt:

1. Erhebung der zugelassenen Wirkstoffe oder Produkte mittels Recherchen in der Fachliteratur und im Internet
2. Interviews mit rund 40 Fachpersonen zum Einsatz von Biozidprodukten (Art und Häufigkeit der Anwendungen, Verwendungsmengen usw.)
3. Abschätzung des Verbrauchs von Wirkstoffen aufgrund statistischer Daten (Anzahl Tiere, Anzahl Betriebe, Betriebsgrößen u. a.) und Hochrechnung auf die Schweiz
4. Plausibilisierung der berechneten Mengen soweit möglich mittels Umfragen bei Herstellern zum Produktverbrauch

Die verschiedenen Anwendungen erforderten ein unterschiedliches Vorgehen zur Abschätzung der verbrauchten Wirkstoffmengen. Für gewisse Bereiche waren die Verbrauchsmengen direkt verfügbar (z. B. Pouletmast). Meist mussten diese jedoch basierend auf der Erhebung von verfügbaren Produkten, Anwendungen in der Praxis und statistischen Daten hergeleitet werden. Soweit möglich wurden die so geschätzten Mengen mittels Befragungen von Herstellern und Experten plausibilisiert. Die Basis für die Erhebung bildet das Jahr 2010.

SCHUTZMITTEL UND ANTIFOULINGS

Die Mengenabschätzung erfolgte durch Umfragen bei den sechs bedeutendsten Biozidherstellern Europas (*Ashland, Dow, Lanxess, Lonza, Thor, Troy*). Ausserdem wurden Farb-/Putzhersteller und Verbände angesprochen. Ergänzende Recherchen wurden im öffentlichen Produktregister der Schweiz durchgeführt. Bei Antifoulings wurden die Importeure und Verarbeiter, Werften am Zürichsee und Bodensee angefragt, da es in der Schweiz keine Hersteller von Antifouling-Produkten gibt. Expertengespräche sind mit zwei Dutzend Firmen und Verbänden durchgeführt worden. In der Befragung wurde das Jahr 2011 als Referenz gewählt.

Die Auswertung erfolgte auf zwei Wegen:

- Direkte Mengen: Die in der Befragung ermittelten Mengen resultieren im Gesamtverbrauch.
- Indirekte Mengen: Aus der mittleren Wirkstoffkonzentration in Produkten und der Verbrauchsmenge der Produkte ergibt sich die Biozidmenge.

Bei der Mengenerhebung von Holzschutzmitteln wurden zwei Besonderheiten festgestellt, welche die Erhebung erschwerten. Zum einen haben *Do-it-yourself*-Produkte (DIY-Produkte) 20 bis 30% Marktanteil bei Aussenanwendungen, doch aufgrund der enormen Produktvielfalt waren diese Mengen durch die Befragung nicht zu erfassen. Zum anderen befindet sich der Markt in einer Bereinigungsphase, in der in den letzten Jahren fortlaufend Produkte und Wirkstoffe vom Markt genommen wurden. Die Antworten der Befragung wurden mit dem Schweizerischen Holzschutzmittelverzeichnis verifiziert [15]. Aufgrund der Fülle

von Produkten und Anwendungsvarianten besteht eine hohe Unsicherheit bei der Mengenabschätzung im Holzschutz. Bei Antifouling sind DIY-Produkte ebenfalls von hoher Mengenbedeutung, jedoch liessen sich diese Mengen eindeutig erheben, weil wenige Importeure den Gesamtmarkt bedienen und gut kennen.

Die Plausibilisierung der abgeschätzten Mengen erfolgte unter Berücksichtigung der BIOMIK-Studie von 2007 sowie durch Quervergleich mit Mengenabschätzungen in Deutschland.

RESULTATE

VERBRAUCHSMENGEN VON WIRKSTOFFEN

Veterinärbereich

Der Gesamtverbrauch für die Hygiene im Veterinärbereich umfasst 864 bis 1026 t biozide Wirkstoffe (Tab. 2). Insgesamt werden rund 40 verschiedene Wirkstoffe verwendet. Die weitaus wichtigste Anwendung betrifft die Reinigung von

Melkanlagen und Milchtanks mit einem Verbrauch von 656 t bzw. 80 t an Wirkstoffen. Den grössten Anteil macht Natriumhypochlorit mit 52% aus, gefolgt von Phosphor- und Sulfamidssäure (18% bzw. 21% der Gesamtmenge). Die ermittelte Verteilung stimmt aber nur teilweise mit Angaben eines Herstellers überein. Die Diskrepanz könnte auf Fehler bei der Schätzung der Wirkstoffkonzentrationen in den verwendeten Produkten zurückzuführen sein, die von den Herstellern nicht genau angegeben werden.

Die Wirkstoffmenge zur Melkhygiene beträgt rund 54 t. Davon kommen zur Reinigung und Desinfektion von Euter und Zitzen vor dem Melken rund 9 t zur Anwendung. Alkohol und Chlor bilden die zwei wichtigsten Wirkstoffgruppen. Weitere Wirkstoffe sind Polyhexamethylenbiguanid (PHMB), Milchsäure, N,N'-Ethylenbis[N-acetylacetylacetamid] (TAED) und Dinatriumcarbonat (Tab. 2: Diverse). Die Verwendungsmengen sind allerdings mit einer grossen Unsicherheit behaftet.

Die geschätzte Wirkstoffmenge für die Zwischendesinfektion von Melkzeug beträgt 6,9 t Peressigsäure und 31,6 t Wasserstoffperoxid. Andere Wirkstoffe haben keine grosse Bedeutung. Zur Desinfektion der Zitzen nach dem Melken kommen 4,0 t Jod und 11,5 t andere Wirkstoffe zum Einsatz. Zu letzteren gehören Stoffe wie z.B. Tosylchloramidnatrium oder Natriumbenzoat sowie 1,5 t Chlorprodukte, welche gemäss Angaben von Herstellern zur Desinfektion von Euter und Zitzen vor bzw. nach dem Melken benötigt werden (Tab. 2: Diverse).

Die Wirkstoffmenge zur Desinfektion der Klauen von Rindvieh mittels Klauenbädern wird auf 31 bis 75 t pro Jahr geschätzt (Tab. 2). Formaldehyd macht davon etwa zwei Drittel aus. Die Menge von QAV (Didecyldimethylammoniumchlorid, DDAC; Benzyl-C12-16-alkyldimethylchlorid, BAC) und Ameisensäure liegen zwischen 6 und 15 t. Bei Schafen wird Formaldehyd als einziges Biozid mit 13 bis 129 t pro Jahr eingesetzt. Die

Wirkstoff	DDAC	Glutaral	BAC	Chlorkresol	Wasserstoffperoxid	Peressigsäure	Formaldehyd	Ameisensäure	Jod	Diverse	Natriumhypochlorit	Natriumdichlorisocyanurat	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Sulfamidssäure	PHMB	Summe
CAS	7173-51-5	111-30-8	68424-85-1	59-50-7	7722-84-1	79-21-0	50-00-0	64-18-6	7553-56-2	-	7681-52-9	51580-86-0	7664-38-2	7664-93-9	5329-14-6	91403-50-8	
Tonnen pro Jahr (t/a)																	
Desinfektion Ställe																	28
Schweine	1,9	3,8	2,8	0,2	3,8	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
Lege-, Junghennen	0,4	0,8	0,6	0,3	1,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,6
Mastpoulet	0,9	3,5	1,0	0,6	1,2	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,0
Übriges Geflügel	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1
Aufzucht Küken	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
Desinfektion von Transportfahrzeugen	1-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1-4
Melkhygiene	-	-	0,2	-	31,6	6,9	-	-	4,0	11,5	-	-	-	-	-	-	54,2
Reinig. Melkanlagen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	344	34	115	23	138	3	656
Reinig. Milchtanks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	4	14	3	17	0,3	80
Desinfektion Klauen Rindvieh	2-6	2-4	4-9	-	-	-	15-36	8-20	-	-	-	-	-	-	-	-	31-75
Desinfektion Klauen Schafe	-	-	-	-	-	-	13-129	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13-129
Gesamtverbrauch	6-13	10-12	8-13	1	38	10	30-168	8-20	3	10	386	39	129	26	154	3	864-1026

Tab. 2 Gesamtverbrauch von bioziden Wirkstoffen für die Hygiene im Veterinärbereich

Taux global d'utilisation de produits biocides pour l'hygiène dans le domaine vétérinaire

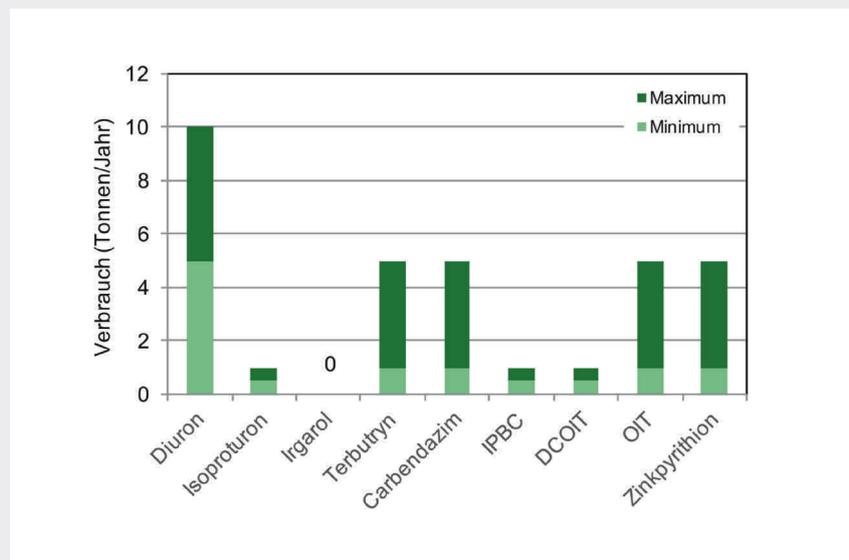


Fig. 1 Verbrauchsmengen von bioziden Wirkstoffen (Tonnen pro Jahr) in Filmschutzmitteln für Bautenfarben und -putze für Aussenanwendungen (PA 7) in der Schweiz im Jahr 2011
Taux d'utilisation (tonnes par an) de produits à film protecteur pour les enduits et peintures de bâtiment pour des applications externes (PA 7) en Suisse en 2011

dabei ermittelte grosse Spannweite des geschätzten Wirkstoffverbrauchs ist auf Unsicherheiten bei der Grösse der Klauenbäder zurückzuführen.

Der Verbrauch von Wirkstoffen zur Desinfektion von Ställen beträgt rund 28 t pro Jahr (Tab. 2). Dieser verteilt sich zu je etwa 30% auf QAV (DDAC, BAC) sowie Glutaral, Wasserstoffperoxid und Peressigsäure. Der Verbrauch von Chlorkresol summiert sich auf rund 1 t pro Jahr. Zusätzlich werden jährlich rund 2 t Formaldehyd für die Aufzucht von Küken eingesetzt. Die Sektoren Schweine und Geflügel tragen je rund 50% zum Gesamtverbrauch bei. In der Schweineproduktion wiederum weist die Zucht einen Anteil von rund 80% und die Mast von rund 20% am Total auf. Beim Geflügel liegt das Verhältnis bei etwa 2 (Mastpoulets) zu 1 (Legehennen) hinsichtlich des Verbrauchs von Wirkstoffen. Gemäss Experten werden Produkte zur Desinfektion von Rindviehställen selten angewendet und daher vernachlässigt. Der geschätzte Verbrauch von Wirkstoffen zur Desinfektion von Transportfahrzeugen umfasst 4 t pro Jahr, sofern sämtliche Fahrzeuge auf den Schlachthöfen nach jeder Lieferung desinfiziert werden. Angenommen, dass ein Mal bzw. drei Mal pro Woche desinfiziert wird, was der Praxis eher entsprechen dürfte, beträgt der Verbrauch 1 bzw. 2 Tonnen.

Die gesamte Wirkstoffmenge, die für die Hygiene im Veterinärbereich eingesetzt wird, erreicht 900 bis 1000 t und liegt damit im gleichen Bereich wie die von

BIOMIK geschätzte mittlere Menge von rund 1000 t. Da in die aktuelle Erhebung mehr Hintergrundwissen zur Anwendung der Produkte einfließen konnte, z. B. zur Praxis der Desinfektion von Klauen und Ställen, liessen sich einerseits die Spannweite der Abschätzung gemäss BIOMIK (834 bis 8344 t) reduzieren und andererseits die Bedeutung der einzelnen Wirkstoffe verlässlicher beurteilen.

Beschichtungsschutzmittel

Die wichtigsten bioziden Wirkstoffe in Filmschutzmitteln für Bautenfarben und -putze sind Diuron (3-(3,4-Dichlorphenyl)-1,1-

dimethylharnstoff) mit 5 bis 10 t und Terbutryn (2-t-Butylamino-4-ethylamino-6-methylthio-s-triazin), Carbendazim (Methylbenzimidazol-2-ylcarbam), OIT (Octyl-Isothiazolinon) und Zinkpyrithion (2-Pyridinthiol-1-oxid) mit je 1 bis 5 t (Fig. 1). Von IPBC (3-Iod-2-propinylbutylcarbam), DCOIT (4,5-Dichloro-2-n-octyl-4-isothiazolin-3-on) und Isoprotruron (N-(4-Isopropylphenyl)N',N'-dimethylharnstoff) wurden je < 1 t verbraucht. Über alle möglichen Produktanwendungen hinweg entsprechen diese Wirkstoffmengen jeweils rund 60 bis 80 % der Gesamtmenge. Die in BIOMIK publizierten 28 Wirkstoffe sind demnach auf acht Wirkstoffe und der Wirkstoffverbrauch von 60 bis 298 t auf neu 10 bis 30 t Jahresverbrauch zu korrigieren (Tab. 3). Diese Anpassungen sind darauf zurückzuführen, dass bessere Kenntnisse zur realen Wirkstoffanwendung (z. B. Wirkstoffkonzentration, -kombination, Putzmengen) vorliegen und irrtümliche Zuordnungen, wie Topfkonservierer (z. B. BIT, Bronopol) in PA 7, bereinigt werden konnten. Für Deutschland wurde ein Jahresverbrauch von 250 bis 400 t Wirkstoffen ermittelt, eine um rund Faktor 10 höhere Menge als in der Schweiz [10]. Neu sind Dachfarben oder beschichtete Ziegel mit Biozidausrüstung erhältlich, z. B. Terbutryn, um Ziegeldächer gegen Algenbefall zu schützen (Fig. 2).

Der Wirkstoff Irgarol wurde in der neuen Erhebung nicht mehr genannt, weil auf eine Zulassung als Algizid durch die Hersteller verzichtet wurde. Deshalb wird Irgarol seit einigen Jahren europaweit

Filmschutzmittel	BIOMIK (2005)	NEU (2011)	Veränderung [%]
Anzahl Wirkstoffe (-)	28	8	-71
Wirkstoffverbrauch (t/a)	60-298	10-30	-89
Verbrauchte Endprodukte (t/a)	60 100	26 000	-57
Holzschutzmittel			
Anzahl Wirkstoffe (-)	26	13	-50
Wirkstoffverbrauch (t/a)	816-1360	4,8-48	-98
Verbrauchte Endprodukte (t/a)	50 000	4800	-90
Antifouling-Produkte			
Anzahl Wirkstoffe (-)	11	7	-36
Wirkstoffverbrauch (t/a)	5-20	9,5- 5	+2
Verbrauchte Endprodukte (t/a)	70-100	50-60	-35

Tab. 3 Übersicht zu den bioziden Wirkstoffen und Verbrauchsmengen im Filmschutz, in Holzschutzmitteln und Antifouling-Produkten aus der Erhebung BIOMIK (Referenzjahr 2005) und der aktuellen Verbrauchserhebung (Referenzjahr 2011) [11, 12]

Aperçu des substances biocides et des taux d'utilisation dans les films de protection, produits de traitement du bois et antifoulings, à partir du relevé BIOMIK (année de référence 2005) et du relevé de consommation actuel (année de référence 2011) [11, 12]



Fig. 2 Neu auf dem Markt sind mit Biozid ausgerüstete Dachfarben und beschichtete Ziegel
Peintures pour toit et enduits de brique dotés de biocides désormais disponibles sur le marché

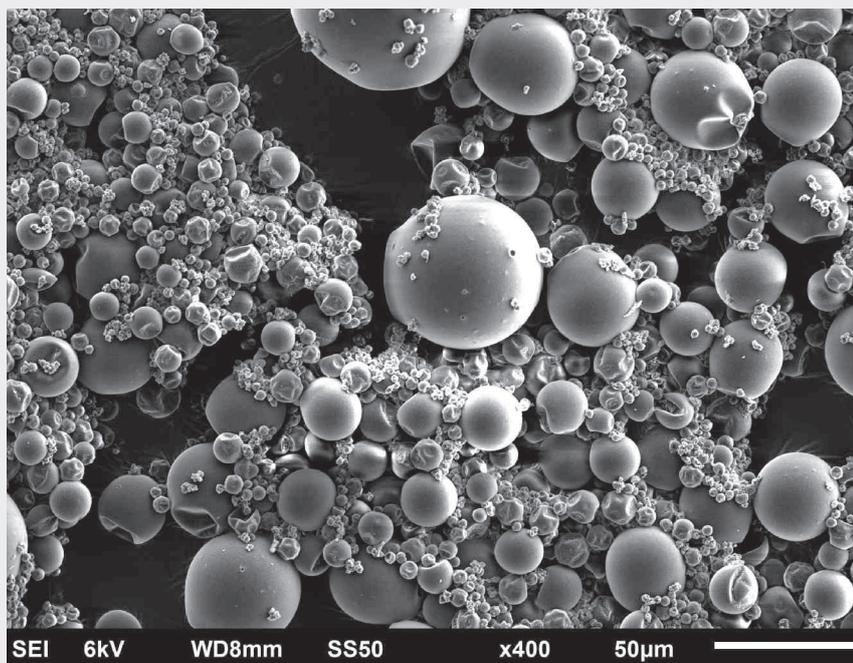


Fig. 3 Elektronenmikroskopische Aufnahmen vom verkapselten OIT für die Anwendung in Filmschutzmitteln von Farben und Putzen
(Bild: UMTEC)
Photographies au microscope électronique d'octylisothiazolinone encapsulé pour utilisation dans les produits à film protecteur de peintures et enduits
(image: UMTEC)

nicht mehr eingesetzt. Mehrere Befragte prognostizierten, dass Diuron, Isoprotruron, Carbendazim und Terbutryn an Bedeutung verlieren, wohingegen die gut abbaubaren Wirkstoffe IPBC, DCOIT, OIT und Zinkpyrithion an Bedeutung zunehmen. Auf Carbendazim wird sogar schon vermehrt freiwillig verzichtet, da die Diskussion rund um die mutagenen und reproduktionstoxischen Eigenschaften

schlecht für das Produktimage ist. In der Regel umfasst der Filmschutz eine Kombination von zwei bis vier Wirkstoffen mit einer Gesamtwirkstoffkonzentration von rund 1000 bis 2000 ppm. Wenn Gewässerbelastungen auf Fassadenbeschichtungen als diffuse Eintragsquellen zurückgeführt werden sollten, so ist folglich immer eine Wirkstoffmischung zu berücksichtigen.

Die Abschätzung ergab auch, dass 70 bis 80% aller Bautenfarben und -putze verkapselte Biozide enthalten, um die Wirkstoffe vor unerwünschtem Abbau in der Fassade und schneller Auswaschung zu schützen (Fig. 3). Vor allem die instabilen Wirkstoffe Zinkpyrithion, IPBC, OIT und DCOIT haben dadurch an Marktbedeutung gewonnen.

Im Bereich der bioziden Wirkstoffe für den Filmschutz und das mögliche Umweltisiko wurde bis anhin Nanosilber ausgedehnt diskutiert und untersucht [16]. Nanosilber ist ein sogenanntes Nanobiozid und durch die VBP reguliert. In Schweizer Produkten für den Fassadenschutz ist Nanosilber aber mengenmässig unbedeutend (< 1 kg pro Jahr), da kein grosser Hersteller ein entsprechendes Produkt im Sortiment führt und auch kein Interesse daran zeigt, ein solches zu lancieren. Ein Grund ist, dass eine Konzentration von 100 ppm und mehr eingesetzt werden müsste, um eine nachweisliche Wirkung zu erzielen, diese führt aber zu einer Grauverfärbung wegen der Oxidation von Silber. Des Weiteren ist metallisches Nanosilber vergleichsweise teuer.

Holzschutzmittel

Der abgeschätzte Jahresverbrauch von Holzschutzmitteln ergab 4800 t, davon rund 2700 t für die Holzlagerung - nach vorliegenden Informationen ab Einschnitt im Sägewerk für Bläueschutz und Rundholzschutz - und 2100 t für Holzserzeugnisse. In den Holzschutzmitteln sind 4,8 bis 48 t Wirkstoffe enthalten, also nahezu die gleiche Menge wie in Bautenfarben und -putzen. Gegenüber der BIOMIK-Mengenerhebung mit 816 bis 1360 t Wirkstoffe wurden die Mengen um 800 bis 1300 t tiefer geschätzt (Tab. 3). Diese grosse Diskrepanz ist darauf zurückzuführen, dass in der ersten Erhebung die Menge Holzschutzmittel und die mittlere Wirkstoffkonzentration deutlich überschätzt wurden. Für die nächsten Jahre wird seitens Hersteller ein eher rückläufiges Marktvolumen erwartet, weil physikalische Verfahren (thermisch) an Bedeutung gewinnen würden und die Biozidproduktzulassung nur wenig Spielraum für Rezeptur Neuerungen lasse. Von europaweit 38 zugelassenen Wirkstoffen kommen in der Schweiz mindestens 13 Wirkstoffe zum Einsatz, wobei IPBC, Propiconazol und Tebuconazol als die wichtigsten, gefolgt von Borsäure, Kupferoxid und Dichlofluanid, einzustu-

fen sind. In Holzschutzmitteln liegen die Konzentrationen zwischen rund 1000 und 10000 ppm damit deutlich höher als in filmgeschützten Fassadenprodukten. In zahlreichen Produkten werden zwei bis vier Wirkstoffe kombiniert eingesetzt. Somit gelangen im Falle einer Auswaschung wie bei filmgeschützten Beschichtungen Wirkstoffmischungen in die Umwelt.

Im Holzschutzmittelverzeichnis deckten sechs Wirkstoffe rund 80% aller Wirkstoffnennungen ab. Dichlofluorid, Bor und chromhaltige Holzschutzmittel werden gemäss Hersteller weiter an Bedeutung verlieren, da die schlechte Abbaubarkeit, problematische Abbauprodukte oder hohe Toxizität die Anwendung limitieren. Zu erwarten ist darüber hinaus, dass klassische Holzschutzmittel durch Produkte mit Filmschutz ersetzt werden. Filmgeschützte Produkte, die unter PA 7 als sogenannte Holzfarben eingeordnet sind, üben den Schutz gegen aussen aus (Migration des Wirkstoffs an die Oberfläche).

Ein Vergleich mit Daten aus Deutschland war nicht zu führen. Aus kartellrechtlichen Gründen darf bei weniger als sieben Herstellern keine anonymisierte Statistik erarbeitet werden, da Veränderungen im Verbrauch für eine unerlaubte Marktbeobachtung genutzt werden könnten. Neutrale Statistiken sind erst ab rund zehn Firmen zugelassen, was bei Holzschutzmitteln nicht mehr zutrifft.

Antifouling-Produkte

Die gesamte in der Schweiz verarbeitete Antifouling-Menge umfasst rund 50 bis 60 t Biozidprodukte. Darin enthalten sind 10 bis 16 t Wirkstoffe (Fig. 4). Diese Wirkstoffmenge ist vergleichbar hoch wie in Filmschutzmitteln für Farben und Putze. Kupferoxid kommt mit 6 bis 8 t die höchste Bedeutung zu, während sich der Verbrauch von Kupfer-Thiocyanat, Dichlofluorid und Tolyfluorid auf jeweils 1 bis 2 t beläuft. Die Verbrauchsmenge von Zinkpyrithion liegt bei <1 t und Kupferpyrithion wird nicht eingesetzt. Auffallend ist die Dominanz der kupferbasierten Wirkstoffe. Der dunkelrote Farbton vieler Antifouling-Produkte ist das sichtbare Merkmal einer hohen Konzentration von Kupferpartikeln. Die Wirkstoffe Chlorothalonil, DCOIT, Irgarol und Zineb wurden nicht mehr genannt. Bei Irgarol wurde darauf verwiesen, dass der Wirkstoff schon lange nicht mehr in Produkten enthalten sei. Die Befragten sind auch überzeugt, dass Kupferoxid, Tolyfluorid und Dichlofluorid an Bedeutung verlieren und Kupfer-Thiocyanat, Kupferpyrithion und Zinkpyrithion zunehmen.

In BIOMIK wurde der Wirkstoffverbrauch auf 5 bis 20 t Wirkstoffe in Antifouling-Produkten geschätzt (Tab. 3). Diese Menge wird durch die aktualisierte Erhebung weitgehend bestätigt, jedoch sind seither

Chlorothalonil, Irgarol, DCOIT, Diuron sowie anorganische Zinnverbindungen nicht mehr in Verwendung. Die Konsistenz beider Erhebungen lässt sich im Übrigen auf die geringe Anzahl Firmen zurückführen, die an beiden Befragungen teilnahmen und den Markt dominieren.

In Deutschland wurde eine Gesamtverbrauchsmenge von Antifouling von ca. 16000 t Biozidprodukten pro Jahr erhoben. Herunterskaliert um einen Faktor 10 auf Schweizer Verhältnisse würde daraus eine theoretische Verbrauchsmenge von 1600 t Antifouling-Produkten resultieren. Diese Menge übersteigt die Schweizer Mengenerhebung um das Dreissigfache. Die hohe Abweichung ist darauf zurückzuführen, dass in Deutschland Binnenschifffahrt, Schiffsbau und -unterhalt einen viel grösseren Stellenwert einnehmen und die Verbrauchsmengen folglich bedeutend höher ausfallen.

GEWÄSSEREINTRAG VON BIOZIDEN WIRKSTOFFEN

Eine wichtige Erkenntnis der ursprünglichen [13] und der aktualisierten Erhebung [11] ist, dass von den in der landwirtschaftlichen Tierproduktion eingesetzten rund 1000 t bioziden Wirkstoffen nur einzelne Vertreter als potenziell relevant für die Gewässer gelten. Dazu zählen z.B. QAV, PHMB und Chlorkresol. Deren Verwendungsmenge beläuft sich mit 50 bis 70 t auf einen Bruchteil der geschätzten Gesamtmenge. Solche Stoffe können mit dem Ausbringen von Hofdüngern auf den Boden gelangen und in Gewässer abgeschwemmt werden. Dem stehen der vergleichsweise gute Abbau und die Adsorption am Boden gegenüber, wodurch die ursprünglichen Wirkstoffe inaktiviert werden können. Derzeit liegen zwar keine Untersuchungen zur Gewässerrelevanz dieser Wirkstoffe vor, jedoch kann man davon ausgehen, dass Wirkstoffe der Tierhygiene für Gewässerbelastungen gegenüber den Pflanzenschutzmitteln aus der landwirtschaftlichen Anwendung von nachrangiger Bedeutung sind.

Von Fassadenbeschichtungen gelangen Biozide mit dem abfliessenden Regenwasser diffus in Oberflächengewässer [16, 17]. Die Auswaschung nimmt über die Zeit exponentiell ab und die Konzentrationshöhe ist durch Stoffeigenschaften und Gesamtrezeptur bestimmt. So wurden bei gleichen Ausgangskonzentrationen und Rezepturen an einer Westfassade über ein Jahr 20% Isopro-

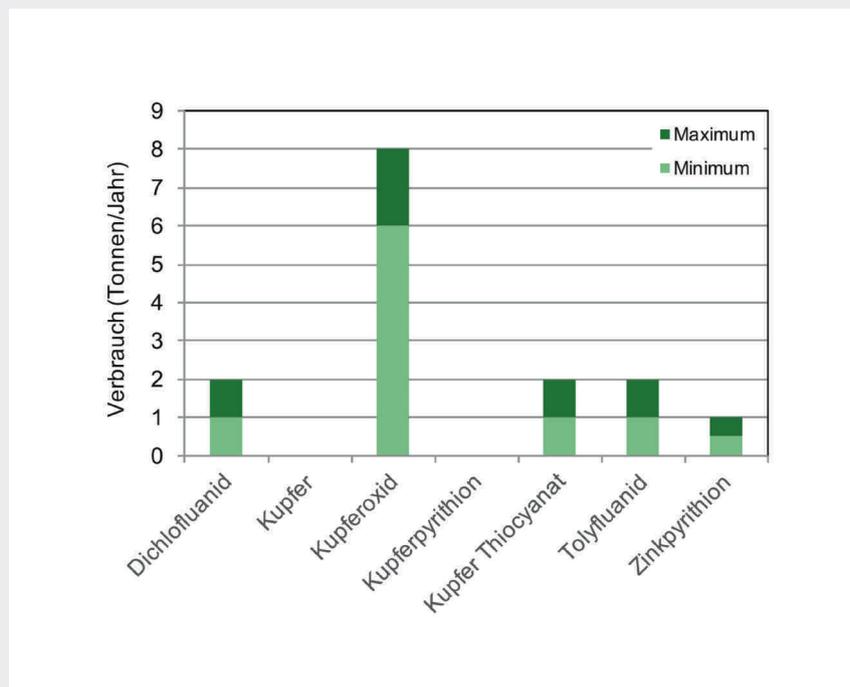


Fig. 4 Verbrauchsmengen von bioziden Wirkstoffen (Tonnen pro Jahr) von Antifouling-Produkten (PA 21) für das Jahr 2011 in der Schweiz

Taux d'utilisation (tonnes par an) d'antifouling (PA 21) pour l'année 2011 en Suisse

turon, 3,5% Terbutryn und 0,5% DCOIT ausgewaschen [16]. Im ersten Jahr nach Anwendung der Farben und Putze ist vor allem die Auswaschung der Algizide kritisch, weil bis zu einigen Milligramm pro Liter freigesetzt werden. Der Fokus liegt gegenwärtig bei Terbutryn und Diuron sowie beim Fungizid Carbendazim. Die beiden Algizide lassen sich regelmässig und fast unabhängig von der Jahreszeit in Gewässern nachweisen und sind prioritäre Stoffe der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie. Carbendazim ist wegen des problematischen Wirkprofils umstritten. Betroffen sind eher kleine Vorfluter, in die Regenwasserabflüsse diffus eingeleitet werden. Isoproturon wird vor allem in der Landwirtschaft eingesetzt, sodass die Zuordnung zu Fassaden nicht eindeutig möglich ist. Um die numerischen Anforderungen der Gewässerschutzverordnung einzuhalten (0,1 µg/l pro Biozid), wären die vergleichsweise geringen Wassermengen vom Fassadenabfluss insbesondere an neuen Fassaden bis zur Einleitung in den Vorfluter um vier bis fünf Grössenordnungen zu verdünnen. Werden verkapselte Biozide eingesetzt, sinkt die Auswaschmenge in der Anfangsphase um einen Faktor 3 bis 10, wodurch die ausgewaschene Biozidmenge pro Ereignis erheblich reduziert wird und damit das ökotoxische Risiko für Organismen zurückgeht [18]. Durch geschickte Rezepturen, die aus rund 20 Komponenten bestehen, lässt sich die Auswaschung weiter um einen Faktor 2 bis 3 reduzieren.

In den Holzschutzmitteln finden sich mittlerweile gut abbaubare Wirkstoffe, sodass nur gezieltes Monitoring nahe am Ort der Anwendung die bioziden Wirkstoffe im Wasser aufspüren hilft. Der veränderte Wirkstoffeinsatz ist direkte Folge des Zulassungsverfahrens. Dadurch sind gewässerproblematische Wirkstoffe weitgehend verschwunden und wurden substituiert. Unter den in Produkten häufiger anzutreffenden Wirkstoffen gilt Permethrin als der umstrittenste.

Bei Antifouling-Produkten ist die Gewässeremission unmittelbar gegeben. In Bootshäfen finden sich deshalb im Sediment Kupferverbindungen und Irgarol aus früheren Jahren, aber auch hier liegen zur Gewässerbelastung kaum auffällige Konzentrationen vor. In gewässersensitiven Bereichen sollten solche Emissionen insbesondere im Bereich der Hafenanlagen beobachtet werden.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Viele biozide Wirkstoffe für die Hygiene im Veterinärbereich sind gut abbaubar und stellen daher trotz grosser Verbrauchsmengen keine erhebliche Gefährdung für die Gewässer dar. Deutlich höher dagegen ist das Umweltrisiko bei Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft einzuschätzen, von denen rund 2000t pro Jahr eingesetzt werden und zahlreiche aufgrund der physikalisch-chemischen Eigenschaften (z. B. Wasserlöslichkeit, Mobilität, Abbaubarkeit) in Gewässern nachweisbar sind. Biozidprodukte mit anderen Anwendungsbereichen, aber vergleichbaren Eigenschaften, z. B. Diuron, Terbutryn und Carbendazim in Filmschutzmitteln, lassen sich deshalb auch in urban geprägten Gewässern nachweisen. In den Fliessgewässern lassen sich aber trotzdem nur 10 bis 20% der organischen Pestizide den bioziden Wirkstoffen zuordnen [3].

Die Anzahl von bioziden Wirkstoffen hat über die Jahre abgenommen. Beispielsweise werden heute für Filmschutzmittel nur noch rund ein Drittel der früher möglichen Wirkstoffe eingesetzt. Beim Holzschutz sind nur noch sechs bis acht Wirkstoffe von Bedeutung. Die neue Abschätzung zeigt auch, dass verkapselte Wirkstoffe in Farben und Putzen > 80% Marktanteil erreichen.

Bei Filmschutzmitteln liegen die aktuell erhobenen Wirkstoffmengen und verbrauchten Endprodukte um 90% niedriger im Vergleich zur BIOMIK-Bestandsaufnahme, bei Holzschutzmitteln sogar um 98% (Tab. 3). Deshalb ist die Verbrauchsmenge von den Schutzmitteln und dem damals angenommenen 25% Menganteil aufgrund vorliegender Zahlen neu zu bewerten. Bei Antifouling-Produkten und Desinfektionsmitteln für Hygiene im Veterinärbereich stimmen dagegen die beiden Mengenabschätzungen sehr gut überein, wobei Veränderungen bei der Relevanz bestimmter Wirkstoffe zu beachten sind. Unterschiede in den abgeschätzten Verbrauchsmengen sind vermutlich zum grösseren Teil nicht auf einen effektiv geringeren Verbrauch, sondern auf eine andere Vorgehensweise bei der Durchführung der Abschätzung zurückzuführen. Durch die klare Fokussierung auf weniger Produktarten sowie bessere Branchenkenntnisse war der Zugang zu zuverlässigeren Informationsquellen gegeben. Eine Nachführung von Verbrauchsmengenerhebungen ist durch den

engen Austausch mit den Interessensgruppen möglich. Zukünftig sollten denoch Holzschutzmittel besser erfasst und Verbände, die eigene Mengenerhebungen durchführen, bei solchen Erhebungen direkt eingebunden werden.

Mit der aktualisierten Abschätzung liegen dem BAFU und den Kantonen bessere Grundlagen vor, um aus den vier Produktarten Stoffe mit besonderer Gewässerrelevanz zu identifizieren. Dadurch lässt sich die Gewässerüberwachung, insbesondere in kleinen und mittleren Fliessgewässern, noch besser auf Zielsubstanzen fokussieren.

DANK

Für die wertvolle Zusammenarbeit mit Verbänden und Herstellern danken wir ganz herzlich. Die zwei Studien zur Mengenerhebung wurden gefördert durch das Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Schluep, M. et al. (2006): *Organische Mikroverunreinigungen und Nährstoffe – Eine Standortbestimmung für die Siedlungswasserwirtschaft. Umwelt-Wissen Nr. 0614, Bundesamt für Umwelt, Bern, S. 238*
- [2] *Gewässerschutzverordnung (GSchV), vom 28. Oktober 1998 (Stand am 1. Januar 2016)*
- [3] Wittmer, I. et al. (2014): *Über 100 Pestizide in Fliessgewässern. Aqua & Gas 3: S. 32–43*
- [4] Gälli, R.; Ort, C.; Schärer, M. (2009): *Mikroverunreinigungen in den Gewässern – Bewertung und Reduktion der Schadstoffbelastung aus der Siedlungsentwässerung. Umwelt-Wissen Nr. 0917. Bundesamt für Umwelt, Bern, S. 103*
- [5] Braun, Ch. et al. (2015): *Mikroverunreinigungen in Fliessgewässern aus diffusen Einträgen – Situationsanalyse. Umwelt-Zustand Nr. 1514, Bundesamt für Umwelt, Bern, S. 78*
- [6] Wittmer, I. et al. (2011): *Loss rates of urban biocides can exceed those of agricultural pesticides. Science of the Total Environment, 409: S. 920–932*
- [7] Wicke, D.; Matzinger, A.; Rouault, P. (2015): *Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins. Kompetenz-Zentrum Wasser Berlin gGmbH, S. 99*
- [8] Abegglen, C.; Siegrist, H. (2012): *Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser – Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen. Umwelt-Wissen Nr. 1214, Bundesamt für Umwelt, Bern, S. 210*
- [9] Dübendorfer, C.; Fu, R.; Tratschin, R.; Spycher, S. (2015): *Massnahmen zur Reduktion von Einträgen von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer – Eine Auslegeordnung. Ernst Basler + Partner AG, im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, S. 34*

- [10] Gartner, S.; Gross, R.; Burkhardt, M. (2015): Reduction of environmental risks from the use of biocides: Environmental sound use of disinfectants, film and masonry preservatives, and rodenticides, Annex IV: Case study on PT 7/10: Masonry preservatives and facade paints and plaster. Umweltbundesamt, Dessau-Rosslau, S. 55 u. 31
- [11] Kupper, T. (2013): Biozid-Produkte für die Hygiene im Veterinärbereich. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen, im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, S. 44
- [12] Burkhardt, M.; Dietschweiler, C. (2013): Mengenabschätzung von Bioziden in Schutzmitteln in der Schweiz – Bautenfarben und -putze (PA 7), Holz (PA 8), Mauerwerk (PA 10) und Antifouling (PA 21). Hochschule für Technik Rapperswil, im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, S. 24
- [13] Bürgi, D.; Knechtenhofer, L.; Meier, I. (2007): PROJEKT BIOMIK – Biozide als Mikroverunreinigungen in Abwasser und Gewässern, Teilprojekt 1: Priorisierung von Produktarten und Wirkstoffen. www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/03716/11216/index.html?__imperia_node_id=/18/36/24213&lang=de
- [14] Biozidprodukteverordnung (VBP): Verordnung über das Inverkehrbringen von und den Umgang mit Biozidprodukten, vom 18. Mai 2005 (Stand 1. Februar 2016)
- [15] Lignum Holzwirtschaft Schweiz (2012): Schweizerisches Holzschutzmittelverzeichnis. Empa Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Angewandte Holzforschung, im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU)
- [15] Burkhardt, M. et al. (2009): Nanosilber in Fassadenbeschichtungen – Auswaschung im Vergleich mit Titandioxid und organischen Bioziden. Eawag und Empa, im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, S. 25
- [16] Burkhardt, M. et al. (2012): Leaching of Biocides from Façades under Natural Weather Conditions. *Environmental Science & Technology*, 46 (10), S. 5497–5503
- [17] Wittmer, I. et al. (2011): Modelling biocide leaching from facades. *Water Research*, 45: S. 3453–3460
- [18] Burkhardt, M. et al. (2013): Ecotoxicological Assessment of Immersion Samples from Façade Render. Bericht für das Bundesamt für Umwelt BAFU, S. 32

> SUITE DU RÉSUMÉ

utilisent 8 substances et en consomment 10 à 30 t, dont environ la moitié parfaitement biodégradable. Les algicides, également utilisés dans la protection des cultures, sont particulièrement fréquents dans les eaux. L'évaluation a montré que 70 à 80% des enduis et peintures pour bâtiment contenaient des biocides encapsulés. Les produits de traitement du bois contiennent 4,8 à 45 t de substances, soit quasiment la même quantité que dans les enduis et peintures pour bâtiment. En Suisse, au moins 13 substances sont utilisées dans les produits de traitement du bois. L'IPBC, le propiconazole et le tébuconazole étant estimés les plus importants. Les produits de traitement du bois contiennent des substances parfaitement biodégradables. L'ensemble des antifouling fabriqués en Suisse contient 10 à 16 t de substances, dont les plus importantes sont les composés du cuivre, qui s'accumulent dans les sédiments. Le nombre de substances biocides a diminué au fil des ans. Pour les produits à film protecteur, les substances actives et les produits finis ont régressé de 90% par rapport au dernier bilan; pour les produits de traitement du bois, cela représente même 98%. Mais les deux relevés s'accordent sur les produits antifouling et désinfectants dans le domaine vétérinaire. L'estimation actualisée fournit aux autorités de meilleures bases pour identifier les substances susceptibles de polluer les eaux.

Sind Sie für die Zukunft bereit?

kamstrup

Wie wäre das für Sie?

- Optimierte Arbeitsabläufe und Daten in höchster Qualität.
- Geringere Wasserverluste bei höheren Einnahmen mit weniger Aufwand.
- Tagesgenaue Aufzeichnung der Verbräuche und automatische Information über Leckagen, Manipulationen etc.
- Eine beständige Lösung mit hoher Lebensdauer, geringen laufenden Kosten und zufriedenen Kunden.

Wir informieren Sie gerne über unsere modernsten Ultraschall-Wasserzähler mit Fernauslesung.

Kamstrup.ch

Kamstrup A/S Schweiz · Industriestrasse 47
8152 Glattbrugg · T: 043 455 70 50 · info@kamstrup.ch

