



HINTERGRUND // APRIL 2018

Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern

Für Mensch & Umwelt

**Umwelt 
Bundesamt**

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Fachgebiet II 2.1 Übergreifende Angelegenheiten Wasser und Boden
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

 /umweltbundesamt

Autoren:

M. Ahting, F. Brauer, A. Duffek, I. Ebert,
A. Eckhardt, E. Hassold, M. Helmecke, I. Kirst,
B. Krause, P. Lepom, S. Leuthold, C. Mathan,
V. Mohaupt, J. F. Moltmann, A. Müller, I. Nöh,
C. Pickl, U. Pirntke, K. Pohl, J. Rechenberg, M. Suhr,
C. Thierbach, L. Tietjen, P. Von der Ohe, C. Winde

Redaktion:

Helmecke, M. (II 2.1)

Satz und Layout:

Atelier Hauer + Dörfler GmbH

Publikationen als pdf:

www.umweltbundesamt.de/publikationen

Bildquellen:

shutterstock.com

Grafische Umsetzung der Abbildungen 2–9 durch Studio GOOD

Stand: 12/2017

ISSN 2363-829X

HINTERGRUND // APRIL 2018

**Empfehlungen zur Reduzierung
von Mikroverunreinigungen
in den Gewässern**

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung	8
2. Definition Mikroverunreinigungen	9
3. Ziel	9
4. Vorkommen von Mikroverunreinigungen in den Gewässern	13
5. Eintragspfade	17
6. Stoffgruppenspezifische Reduzierungsmaßnahmen	20
6.1 Bewertungskriterien für potentielle Maßnahmen	20
6.2 Humanarzneimittel	20
6.4 Pflanzenschutzmittel	25
6.5 Biozide	31
6.6 Chemikalien im Regelungsbereich von REACH	34
6.7 Wasch- und Reinigungsmittel, Kosmetika	38
7. Nachgelagerte/übergreifende Reduzierungsmaßnahmen	42
7.1 Vierte Reinigungsstufe	42
7.2 Zentrale und dezentrale Niederschlagswasserbehandlung	44
7.3 Dezentrale Abwasserbehandlung aus Gesundheitseinrichtungen	45
7.4 Industrieabwasser	47
7.5 Übergreifende Maßnahmen in der Landwirtschaft	49
7.6 Abfall-/Arzneimittelentsorgung	50
8. Finanzierung	51
9. Fazit/Ausblick	53
10. Anhang – Überblick der Maßnahmenauswahl	54
Endnoten	56

Abkürzungsverzeichnis

AbwAG

Abwasserabgabengesetz

AbwV

Abwasserverordnung

AwSV

Bundesverordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

BLAC

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Chemikaliensicherheit

BMBF

Bundesministerium für Bildung und Forschung

BMEL

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

BMUB

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

BVT

beste verfügbare Techniken

CLP-Verordnung

Classification, Labelling and Packaging (Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen)

COHIBA

Control of hazardous substances in the Baltic Sea region

DetergVO

europäische Detergenzienverordnung ((EG) Nr. 648/2004)

EAC

Environmental Assessment Criteria

ED

Stoffe mit endokriner Wirkung

EMA

European Medicines Agency (europäische Arzneimittelagentur)

EW

Einwohnerwerte (Kläranlagen)

FKZ

Forschungskennzahl

GK

Größenklasse (Kläranlagen)

GOW

gesundheitlicher Orientierungswert

HAM

Humanarzneimittel

HELCOM

Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt der Ostsee, auch Helsinki-Übereinkommen

LAWA

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

IE-RL

EU Industrieemissions-Richtlinie 2010/75/EU

MSRL

Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie

NAP

Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

nrM

nicht relevante Metaboliten

PAK

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

PBT

persistent, bioakkumulierend, toxisch

PFC

Per- und polyfluorierte Verbindungen

PEC

Predicted Environmental Exposure (erwartete Umweltexposition)

PFOA

Perfluorooctansäure

PFOS

Perfluorooctansulfonsäure

PMT

persistente, mobile und toxische Stoffe

PNEC

Predicted No Effect Concentration

PSM

Pflanzenschutzmittel

OGewV

Oberflächengewässerverordnung

OgRe

Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins

OSPAR

Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks (OSPAR steht für „Oslo“ und „Paris“)

RAK

Regulatorisch Akzeptable
Konzentration

REACH

Registration, Evaluation,
Authorisation and Restriction of
Chemicals

RiSKWa

Risikomanagement von
neuen Schadstoffen und
Krankheitserregern im
Wasserkreislauf

RKM

Röntgenkontrastmittel

RL

Richtlinie

SdT

Stand der Technik

SVHC

Substances of Very High Concern
(besonders besorgniserregende
Stoffe)

TAM

Tierarzneimittel

UBA

Umweltbundesamt

UQN

Umweltqualitätsnormen

VAwS

Verordnungen der Länder für
Anlagen zum Umgang mit
wassergefährdenden Stoffen

VO

Verordnung

vPvB

sehr persistent, sehr
bioakkumulierend

WGK

Wassergefährdungsklasse

WHG

Wasserhaushaltsgesetz

WRM

Wasch- und Reinigungsmittel

WRMG

Wasch- und
Reinigungsmittelgesetz

WRRL

EU-Wasserrahmenrichtlinie
2000/60/EG

1. Einleitung

Seit mehr als zehn Jahren werden nicht zuletzt aufgrund verfeinerter Analysemethoden in zunehmendem Maße Stoffe im Konzentrationsbereich von Mikro- bis Nanogramm pro Liter ($\mu\text{g-ng/l}$) in den Fließgewässern, im Grundwasser und im Trinkwasser nachgewiesen. Bei den sogenannten Mikroverunreinigungen handelt es sich um Spuren von Arzneimitteln, Pflanzenschutzmitteln, Bioziden und anderen Chemikalien, die schon in geringen Konzentration nachteilige Wirkungen auf die Umwelt oder auf die menschliche Gesundheit haben können.

Zahlreiche Forschungsvorhaben (z. B. COHIBA¹, RiSKWa², OgRe³, Strategie Mikropoll Schweiz⁴) haben in den letzten Jahren die „stofflichen Belastungen von Gewässern“ sowie die Notwendigkeit von Minderungsmaßnahmen adressiert. Auch das Umweltbundesamt (UBA) hat einige UFOPLAN-Vorhaben zu der Thematik in Auftrag gegeben⁵, internationale Gremien (wie z. B. die Rheinschutzkommission⁶) haben Beschlüsse gefasst und Strategien entwickelt. Die Bundesländer, insbesondere Nordrhein-Westfalen⁷ und Baden-Württemberg⁸, arbeiten an geeigneten Lösungsansätzen, haben Kompetenzzentren eingerichtet und bereits 19 Kläranlagen mit einer 4. Reinigungsstufe ausgestattet. In der Schweiz sind die gesetzlichen Grundlagen zur Einführung ergänzender Maßnahmen in der Abwasserbehandlung (4. Reinigungsstufe) Anfang 2016 in Kraft getreten⁹.

Eine wesentliche rechtliche Verpflichtung zur Minderung und Vermeidung von Mikroverunreinigungen ergibt sich aus der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie den in der Tochterrichtlinie festgelegten Umweltqualitätsnormen (UQN) für prioritäre Stoffe. National sind diese sowie weitere flussgebietsrelevante Schadstoffe in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) geregelt.

Ausschließlich auf die Erreichung einzelner bisher bestehender Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe zu zielen, würde allerdings nur einen Bruchteil der Probleme abbilden. Das UBA verfolgt daher einen gesamtheitlichen, vorsorgenden Ansatz. Dieser trägt neben dem Schutz der aquatischen Ökosysteme einschließlich ihrer Biodiversität und der Beibehaltung einer Trinkwassergewinnung mit naturnahen Aufbereitungsmethoden auch dem Schutz vor einer

Schadstoffanreicherung in Sedimenten und Meeren Rechnung. Deshalb sind die oben genannten gesetzlichen Werte kontinuierlich zu überprüfen und entsprechend des Erkenntnisstandes fortzuschreiben. Ebenso ist notwendig, systematisch nach weiteren Stoffen mit nachteiligen Wirkungen in der Umwelt zu suchen und diese zu bewerten.

Zur Minderung von Mikroverunreinigungen bedarf es einer kosteneffizienten Kombination von Minderungsmaßnahmen an der Quelle und bei der Anwendung von Stoffen sowie nachgelagerter Maßnahmen.

Mit dem vorliegenden Papier zeigt das Umweltbundesamt auf, welche Maßnahmen im Rahmen der bestehenden Regelungen schon zur Reduktion von Einträgen von Mikroverunreinigungen bestehen, welche Ansatzpunkte zu einer verbesserten Eintragsminderung führen können und wo noch Forschungs- bzw. Handlungsbedarf besteht.

Die Auswahl der hier dargestellten Minderungsmaßnahmen berücksichtigt die Relevanz der Quelle, die Möglichkeiten deren Umsetzung, den Zeitraum bis zum Wirksamwerden der Maßnahme und – wo abschätzbar – die Kosten.

Das vorliegende Positionspapier ergänzt die UBA-Position vom März 2015 „Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern – Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge“¹⁰, in dem wir schwerpunktmäßig Aspekte der weitergehenden Abwasserbehandlung dargelegt haben.

Die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen greifen die Empfehlungen des Stakeholder-Dialogs „Spurenstoffstrategie des Bundes“¹¹ auf und entwickeln diese fort.

2. Definition Mikroverunreinigungen

Als Mikroverunreinigungen bezeichnen wir Stoffe, die in der Regel in geringen Konzentrationen (meist $\mu\text{g-ng/l}$) in den Gewässern vorkommen und in diesen Konzentrationen negative Auswirkungen auf Mensch, Umwelt oder die Trinkwassergewinnung haben können. Dies schließt auch Transformations- und Abbauprodukte (Metaboliten) der Ausgangssubstanzen mit ein.

In dem vorliegenden Papier fokussieren wir auf organische Mikroverunreinigungen anthropogenen Ursprungs und betrachten gezielt die Stoffgrup-

pen Arzneimittel, Pflanzenschutzmittel, Biozide, Chemikalien (unter REACH) sowie Wasch- und Reinigungsmittel. Anorganika, Mikroplastik und Nährstoffe beziehen wir nicht mit ein, da diese wesentliche Unterschiede in ihren Eigenschaften und ihrem Verhalten aufweisen bzw. andere Minderungsansätze (z. B. Minamata-Konvention zu Quecksilber¹², UBA-Untersuchungen zu Mikroplastik¹³) bestehen. Bei Substanzen geogenen Ursprungs können keine vergleichbaren Minderungsmaßnahmen entwickelt werden.

3. Ziel

Anthropogen hergestellte und in den Verkehr gebrachte Stoffe sind auch in kleinsten Konzentrationen in den Gewässern unerwünscht. Im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) bringen dies die Bewirtschaftungsziele für die Gewässer in den §§ 27, 44 und 47 WHG sowie die Reinhaltungsvorgaben in den §§ 32, 45 und 48 des WHG klar zum Ausdruck. Diese fordern die Vermeidung der Verschlechterung des chemischen Gewässerzustands und sehen nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit als nicht genehmigungsfähig an. Auch § 57 WHG trägt dem Vermeidungs- und Minimierungsgrundsatz Rechnung, da er eine Einleitung von Abwasser in die Gewässer nur erlaubt, wenn Menge und Schädlichkeit des Abwassers durch die Anwendung des Standes der Technik so gering wie möglich gehalten werden. Je größer die nachgewiesenen Auswirkungen von Stoffen auf die Schutzgüter Mensch und Umwelt sind, umso größer ist die Notwendigkeit, diese Stoffe aus den Gewässern fern zu halten. Verunreinigungen des Trinkwassers sind aus Gründen des Reinheitsgebotes und der Vorsorge zu vermeiden und zu minimieren. Vermeidungs- und Reduzierungsmaßnahmen müssen die im Folgenden dargelegten Stoffeigenschaften umfassen und Regularien erfüllen.

Problematische Stoffeigenschaften

Besonders relevant für den Wasserkreislauf sind Stoffe mit humantoxischen oder ökotoxischen Eigenschaften sowie Stoffe, die persistent, bioakkumulierend, toxisch (PBT) oder sehr persistent und sehr bioakkumulierend (vPvB) oder endokrin wirksam sind. Darüber hinaus sind auch Stoffe, die persistent

oder pseudopersistent¹⁴, im Wasserkreislauf mobil und toxisch (PMT) sind, als sehr kritisch einzuschätzen. Unter anderem haben Stoffe mit diesen Eigenschaften das Potential, Rohwasser für die Trinkwasserherstellung zu verunreinigen. Eine Entfernung durch technische Verfahren der Trinkwasseraufbereitung ist schwer oder erhöht den Aufwand bei der Aufbereitung erheblich.

Die ökotoxikologische Relevanz ausgewählter Arzneimittel wie Schmerzmittel, Hormone, Antibiotika, Antidepressiva und Beta-Blocker wurde in verschiedenen Labor- und Freilandstudien festgestellt¹⁵. Vor allem Wirkstoffe mit hormonellen oder hormonähnlichen Wirkungen können schon in sehr niedrigen Konzentrationen negative Auswirkungen für aquatische Lebewesen haben, so können sie z. B. zur Verweiblichung männlicher Fische und Schnecken führen.

Entsprechend der Stoffeigenschaften können Effekte auch verzögert und weit entfernt von der Kontaminationsquelle auftreten. Aber auch Stoffe, die nur für kurze Zeit und teils nur lokal in Gewässern auftreten und daher oft schwer zu detektieren sind, können wegen ihrer z. T. hohen akuten Toxizität ein hohes Risiko für Gewässerorganismen darstellen oder zu Problemen in der Weiternutzung des Wassers führen. Darüber hinaus bilden sich durch Abbauprozesse einiger Stoffe Transformationsprodukte und Metaboliten mit einem von der Ausgangssubstanz abweichenden Umweltverhalten mit z. T. hohen toxischen Potential. So werden Röntgenkontrastmittel (RKM) vielfach als toxikologisch ungefährlich angesehen, allerdings ist

bekannt, dass aus manchen RKM Transformationsprodukte mit hohem toxischen Potential entstehen können (z. B. aus Iopamidol durch Chlorung). Dies ist vor allem vor dem Hintergrund von Funden von RKM im Trinkwasser relevant.

Notwendigkeit eines kombinierten und vorsorgenden Ansatzes (rechtlicher Rahmen)

Aufgrund der beschriebenen Stoffeigenschaften bedarf es beim Umgang mit Mikroverunreinigungen für die Schutzgüter Ökologie und Gesundheit eines vorsorgenden Ansatzes. Ein umfassender Gewässerschutz (Oberflächengewässer, Meere, Grundwasser) sollte durch die Kombination von vorsorgenden Maßnahmen an der Quelle und bei der Anwendung von Stoffen, die Umsetzung des Standes der Technik zur nachgelagerten Emissionsminderung und die Einhaltung sowie kontinuierliche Weiterentwicklung von Umweltqualitätszielen (z. B. Umweltqualitätsnormen) erzielt werden.

Eine besondere Ausprägung des Vorsorgeprinzips enthält § 62 Wasserhaushaltsgesetz (WHG), der Anforderungen an Anlagen aufstellt, die mit wassergefährdenden Stoffen umgehen. Als untergesetzliches Regelwerk zu diesem Paragraph leistet die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) einen Beitrag, Verunreinigungen in Gewässern bereits an der Quelle zu vermeiden. Die AwSV regelt auf Grundlage der intrinsischen Eigenschaften die Einstufung von Stoffen und Gemischen in Wassergefährdungsklassen (WGK). Die WGK sind Maßzahlen, über die abgestufte technische Sicherheitsanforderungen an Anlagen festgelegt werden. Je gefährlicher der Stoff, umso strenger die Anforderungen. Stoffe, die nicht in eine WGK eingestuft sind, gelten als Stoffe der höchsten Gefährdungsklasse WGK 3. Diese gesetzliche Fiktion setzt das in § 62 WHG verankerte Vorsorgeprinzip vorbildlich um.

Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) schaffen einen rechtlich verbindlichen Ordnungsrahmen für das Erreichen (Erhalten) eines guten ökologischen bzw. chemischen Zustands. Neben Zielerreichungsgeboten enthalten die WRRL sowie die MSRL ein Verschlechterungsverbot. In der Tochterrichtlinie der WRRL, der Umweltqualitätsnormen-Richtlinie (2008/105/EG, novelliert durch Richtlinie 2013/39/EU), sind für 45 EU-weit relevante, prioritäre und prioritär gefährliche Stoffe Umweltqualitätsnormen festgelegt. Diese Stoffe

werden für den chemischen Zustand der Oberflächengewässer bewertet. Die prioritär gefährlichen Stoffe sind sogenannte *phasing out* Stoffe, die innerhalb einer Generation nicht mehr in der Umwelt gefunden werden sollen. 13 der 45 Stoffe sind persistente organische Schadstoffe (POPs), deren Herstellung und Verwendung die Verordnung (EG) Nr. 805/2004 bereits verbietet oder stark einschränkt.

Die nationale Umsetzung erfolgt durch die Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016), die zusätzlich zu den o. g. 45 Stoffen (Anlage 8) noch 67 sogenannte flussgebietspezifische Stoffe (Anlage 6) regelt. Letztere werden für die Bewertung des ökologischen Zustands der Oberflächengewässer herangezogen.

Für den Meeresschutz wurde in den regionalen Meeresschutzübereinkommen zum Schutz des Nordostatlantiks (Oslo-Paris Übereinkommen (OSPAR)) und zum Schutz der Ostsee (Helsinki Übereinkommen (HELCOM)) vereinbart, bis zum Jahr 2020 die Einleitungen, Emissionen und Verluste „gefährlicher Stoffe“ in die Meeresumwelt zu beenden. Dies betrifft PBT-, vPvB-Stoffe und Stoffe, die vergleichbaren Grund zur Besorgnis geben. Dieses Ziel soll durch die Umsetzung relevanter europäischer Gesetzgebung, internationaler Übereinkommen sowie der auf Ebene der Meeresübereinkommen vereinbarten Empfehlungen erreicht werden.

Weitere relevante Vorgaben sind in stoffgruppenspezifischen Regelungen festgehalten.

Tabelle 1

Rechtliche Grundlagen für den Umgang mit Mikroverunreinigungen

EU Regelungen	
Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) 2000/60/EG	Ziel des Erreichens/Einhaltens des guten chemischen und ökologischen Gewässerzustands; Verschlechterungsverbot; Maßnahmen zur Reduktion relevanter Schadstoffe/Schadstoffgruppen (Anhang VIII der WRRL); <i>phasing out</i> Gebot für prioritär gefährliche Stoffe
Grundwasserrichtlinie (GWRL) 2006/118/EG	Vorgaben für den guten chemischen Grundwasserzustand; Trendumkehr von anhaltenden steigenden Schadstofftrends; Umweltqualitätsnormen (UQN) für Pestizide und Parameter für Schwellenwerte Maßnahmen zum Erreichen/Erhalten des guten Grundwasserzustands und zur Verhinderung oder Begrenzung des Eintrags von Schadstoffen
Umweltqualitätsnormen-Richtlinie 2008/105/EG, geändert durch 2013/39/EU	Umweltqualitätsnormen (UQN) für sogenannte prioritäre und prioritär gefährliche Stoffe (Anhang X der WRRL), die den „guten chemischen Zustand“ für Oberflächengewässer definieren. Gegenwärtig sind für 45 Stoffe UQNs festgelegt; 12 Stoffe davon werden erst ab 2018 bei der Bewertung des chemischen Zustands berücksichtigt. Die Überarbeitung der Liste erfolgt im 6-Jahres-Turnus. Zur Unterstützung zukünftiger Priorisierungsverfahren wird eine Beobachtungsliste (watch list) erstellt.
Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) 2008/56/EU	Ziel des Erreichens/Erhaltens eines guten Zustands der Meeresumwelt; Verschlechterungsverbot; Maßnahmen zur Reduktion relevanter Schadstoffe/Schadstoffgruppen
REACH Verordnung (Registration, Evaluation, Authorisation & Restriction of Chemicals) EG 1907/2006	Registrierung, Bewertung und Regulierung von chemischen Stoffen; durch behördliche Dossier- und Stoffbewertung wird sichergestellt, dass Informationen zu den Stoffen vorliegen. Über die Identifizierung von besonders besorgniserregenden Stoffen (SVHC) (aus Umweltsicht PBT-, vPvB-Stoffe sowie Stoffe mit endokriner Wirkung (ED)) und einer möglichen Zulassungspflicht sowie über Beschränkungen stehen behördliche Instrumente zum Risikomanagement zur Verfügung.
CLP-Verordnung (Classification, Labeling & Packaging) EG 1272/2008	Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis (Einstufung von circa 114.000 Stoffen als gefährlich)
Pflanzenschutzmittelverordnung (EG) Nr. 1107/2009	Zulassung, Inverkehrbringen, Verwendung und Kontrolle von Pflanzenschutzmitteln. Liste von in der EU genehmigten Wirkstoffe.
Richtlinie für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden 2009/128/EG	Bekanntnis zu einem nachhaltigen, dauerhaft umweltgerechten Pflanzenschutz; Erstellung Nationaler Aktionspläne durch die Mitgliedstaaten
Biozidprodukteverordnung (EU) 528/2012	Zulassung von Biozidprodukten auf Grundlage einer Umweltrisikobewertung von bioziden Wirkstoffen und Biozidprodukten. Liste von in der EU genehmigten Wirkstoffen.
Richtlinie zur Schaffung eines Gemeinschaftskodexes für Humanarzneimittel (HAM) RL 2001/83/EG (geändert durch 2004/27/EG)	Die Zulassung von HAM erfordert die Prüfung möglicher Auswirkungen auf die Umwelt. Bei einem festgestellten Risiko für die Umwelt ist eine Versagung der Zulassung nicht möglich, die Zulassung kann mit Auflagen zum Schutz der Umwelt verbunden werden.

EU Regelungen	
Richtlinie zur Schaffung eines Gemeinschaftskodexes für Tierarzneimittel (TAM) RL 2001/82/EG (geändert durch 2004/28/EG und 2009/9/EG)	Die Zulassung von TAM erfordert die Prüfung möglicher Auswirkungen auf die Umwelt. Bei einem festgestellten Umweltrisiko sind eine Versagung der Zulassung oder Auflagen zum Schutz der Umwelt möglich.
Verordnung für europäische Zulassungsverfahren und zur Schaffung der Europäischen Arzneimittelagentur VO (EG) 726/2004	Weitere rechtliche Voraussetzungen für die Zulassung neuer Human- und Tierarzneimittel
Detergenzienverordnung EG 648/2004	Regelt die vollständige aerobe biologische Abbaubarkeit von Tensiden und Ausnahmegenehmigungen für das Inverkehrbringen von Tensiden
Richtlinie über Industrieemissionen 2010/75/EU	Regelt die Anforderungen an den Bau, Betrieb und die Stilllegung von industriellen Anlagen. Industriebetriebe benötigen z. T. EU-weit eine Genehmigung und müssen nach den besten verfügbaren Techniken (BVT) betrieben werden
Nationale Regelungen	
Wasserhaushaltsgesetz	Bewirtschaftungsziele für die Gewässer (§§ 27, 44 und 47 WHG) und Reinhaltungsvorgaben (§§ 32, 45 und 48 WHG): Zielerreichungsvorgaben sowie Vermeidung der Verschlechterung des chemischen Gewässerzustands und von nachteiligen Veränderungen der Wasserbeschaffenheit. Erlaubt Einleitung von Abwasser in die Gewässer nur, wenn Menge und Schädlichkeit des Abwassers durch die Anwendung des Standes der Technik (SdT) so gering wie möglich gehalten werden (§ 57 WHG); Erlaubnis kann auch versagt werden, wenn mit dem SdT die Bewirtschaftungsziele nicht erreicht werden (§ 12 WHG) Stellt Sicherheitsanforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (§ 62 i.V.m. AwSV)
Oberflächengewässerverordnung (OGewV)	Umsetzung der UQN-RL in nationales Recht; Festlegung flussgebietspezifischer Schadstoffe
Grundwasserverordnung (GrwV)	Umsetzung der GWRL in deutsches Recht; Festlegung von Grundwasserschwellenwerten (berücksichtigt Pflanzenschutzmittel-, Biozidwirkstoffe)
Pflanzenschutzgesetz (PflSchG)	Zulassung und Anwendung von Pflanzenschutzmitteln
Chemikalien-Gesetz – Abschnitt IIA (Durchführung der Verordnung (EU) 58/2012)	Zulassungsverfahren für Biozid-Produkte. Prüfung und Bewertung aller Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt
Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln (AMG) von 1976, zuletzt geändert 10.12.2015	Zulassung und Handel mit Arzneimitteln für Mensch und Tier
Wasch- und Reinigungsmittelgesetz	Regelt Herstellung, Kennzeichnung und Vertrieb von Wasch- und Reinigungsmitteln in Deutschland; regelt auch die primäre Abbaubarkeit von Tensiden aus Kosmetikprodukten

Quelle: Umweltbundesamt

4. Vorkommen von Mikroverunreinigungen in den Gewässern

Das Vorkommen von Mikroverunreinigungen in deutschen Oberflächengewässern, im Grundwasser sowie in der Ostsee wurde in verschiedenen Untersuchungen nachgewiesen¹⁶. Für die Einschätzung der Stoffkonzentrationen gibt es zahlreiche Bewertungsinstrumente, die von rechtsverbindlichen Qualitätsnormen bis hin zu Leitwerten in unverbindlichen Memoranden reichen.

Umweltqualitätsnormen gem. Richtlinie 2013/39/EU und OGewV

Umweltqualitätsnormen beschreiben ein Qualitätsziel für Oberflächengewässer, das auf Basis von ökotoxikologischen und humantoxikologischen Daten gemäß des *Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards – No. 27 (TGD-EQS)* der EU abgeleitet wird. Durch die Festschreibung in der Tochterrichtlinie der Wasserrahmenrichtlinie (Umweltqualitätsnormen-RL, 2008/105/EG geändert durch 2013/39/EU) und die nationale Umsetzung in der

Oberflächengewässerverordnung (OGewV) werden die UQN rechtsverbindlich. Schutzziele sind die aquatischen Ökosysteme, einschließlich dem Schutz vor sekundärer Vergiftung für Prädatoren, die menschliche Gesundheit bei Fischkonsum aus Binnenoberflächen-, Küsten- und Meeresgewässern sowie das Rohwasser für die Trinkwassergewinnung aus Oberflächengewässern für die Einhaltung des „guten chemischen Zustands“ bzw. des „guten ökologischen Zustands“.

Überschreitungen der UQN für flussgebietspezifische Schadstoffe im Oberflächengewässer werden an den Messstellen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) bei einigen Pestiziden (Pflanzenschutzmittel und Biozide) festgestellt. Überschreitungen der EU-weiten Umweltqualitätsnormen liegen für Pestizide, PAKs und einige persistente organische Schadstoffe (POP) vor¹⁷. Bei dieser Betrachtung sind Metalle jeweils ausgenommen.

Tabelle 2

Gemessene UQN-Überschreitungen in Deutschland

Überschreitungen der EU-weiten UQN für prioritäre und weitere Schadstoffe	Überschreitungen der UQN der flussgebietspezifischen Schadstoffe
PESTIZIDE*	PESTIZIDE*
Diuron	Bentazon
TBT	Mecoprop
Bifenox	Chloridazon
Cybutryn	2,4-D
Dichlorvos	Flufenacet
Isoproturon	Imidacloprid
	Nicosulfuron
INDUSTRIECHEMIKALIEN	Triclosan
Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	Diflufenican
	Picolinafen
	Triphenylzinn-Kation
STOFFE DER STOCKHOLM KONVENTION (POPs)	STOFFE DER STOCKHOLM KONVENTION (POPs)
BDE	PCBs
HCB	
Heptachlor	
PFOS	

* Pestizide: Pflanzenschutzmittel und Biozide

Quelle: Zusammenstellung des Umweltbundesamtes nach Angaben der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2016

Vorschläge für Umweltqualitätsnormen

Humanarzneimittel wurden bisher weder EU-weit als prioritäre Stoffe, noch national als flussgebietspezifische Stoffe in der Oberflächengewässerverordnung festgelegt. Für einige gibt es aber bereits sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene erarbeitete Vorschläge für entsprechende Umweltqualitätsnormen (siehe Tabelle 3).

Der Vergleich der vorgeschlagenen Umweltqualitätsnormen mit den Jahresmittelwerten 2013–2015 an den LAWA-Messstellen zeigt sehr häufig Überschreitungen bei den Schmerzmitteln/Entzündungshemmern Diclofenac und Ibuprofen. Vereinzelt Überschreitungen wurden bei dem Antiepileptikum Carbamazepin, dem Antibiotikum Clarithromycin, dem natürlichen Hormon 17- β -Östradiol und dessen synthetischem Derivat 17- α -Ethinylöstradiol festgestellt²².

Für das Antibiotikum Sulfamethoxazol wurden am Ablauf kommunaler Kläranlagen Konzentrationen im Bereich des UQN-Vorschlages gemessen. Bei Niedrigwasserabflüssen und hohem Abwasseranteil in Gewässern sind daher Überschreitungen des UQN-Vorschlages möglich (LAWA 2016).

Wenn für Stoffe keine UQN oder UQN-Vorschläge vorliegen, werden ersatzweise PNEC-Werte (Predicted

No-Effect Concentration) oder Regulatorisch Akzeptable Konzentrationen (RAK) zur Bewertung zulässiger Höchstkonzentrationen herangezogen.

Grundwasserschwellenwerte gemäß Grundwasserverordnung

Für das Schutzziel des „guten chemischen Zustands des Grundwassers“ sind EU-weit geltende Umweltqualitätsnormen für Nitrate sowie für Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten einschließlich relevanter Metaboliten definiert. Diese werden von national festgelegten Schwellenwerten entsprechend der Grundwasserrichtlinie ergänzt. Die Umsetzung erfolgt in der Grundwasserverordnung (GrwV).

Als Schwellenwert für Pestizide (Pflanzenschutzmittel und Biozide) legt die GrwV 0,1 $\mu\text{g/l}$ fest. Nach den letzten bundesweit geltenden Zahlen für den Zeitraum 2009 bis 2012 wird dieser Grenzwert an 4,6 % aller untersuchter Grundwassermessstellen (circa 13.000 Messstellen) überschritten²³.

Für Arzneimittel wurde bislang kein entsprechender Schwellenwert festgelegt. Bei Untersuchung in 15 Bundesländern im Jahr 2013 wurden 16 Arzneimittel im Grundwasser mit Konzentrationen über 0,1 $\mu\text{g/l}$ nachgewiesen²⁴.

Tabelle 3

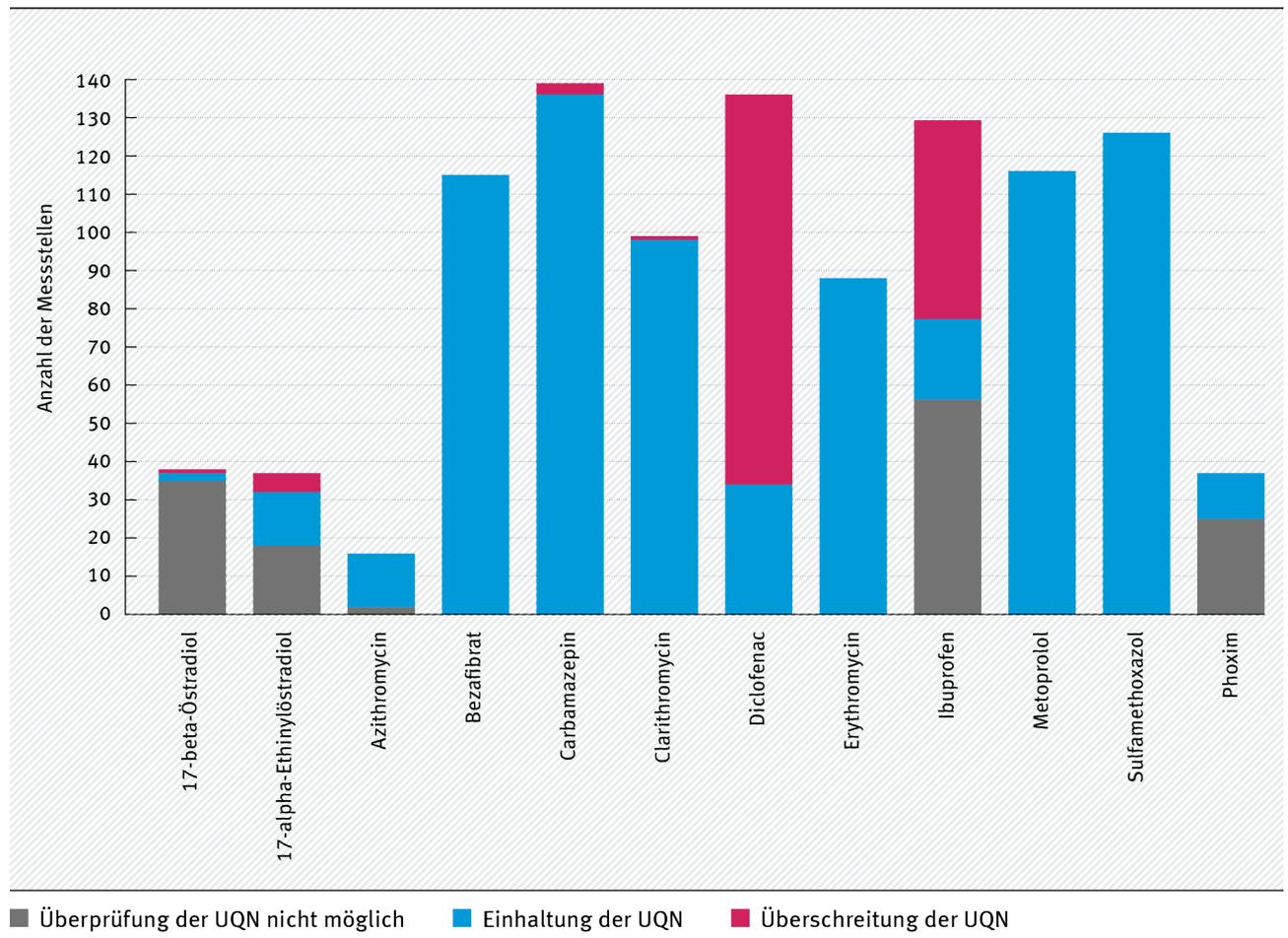
Umweltqualitätsnorm-Vorschläge für den Jahresmittelwert für Arzneimittel

Stoffname	UQN [$\mu\text{g/l}$]	Quelle
17- α Ethinylöstradiol	0,000035	Carvalho, R.N.et al. (2016) ¹⁸
17- β Östradiol	0,0004	Carvalho, R.N.et al. (2016)
Azithromycin	0,09	Carvalho, R.N.et al. (2015) ¹⁹
Bezafibrat	2,3	Wenzel, A. et al. (2015) ²⁰
Carbamacepin	0,5	Wenzel, A. et al. (2015)
Clarithromycin	0,13	Carvalho, R.N.et al. (2015)
Diclofenac	0,05	Carvalho, R.N.et al. (2016)
Erythromycin	0,2	Carvalho, R.N.et al. (2015)
Ibuprofen	0,01	Summary Dossier (2015) ²¹
Metoprolol	43	Wenzel, A. et al. (2015)
Sulfamethoxazol	0,6	Wenzel, A. et al. (2015)

Quelle: Umweltbundesamt

Abbildung 1

Vergleich der Jahresmittelwerte 2013-2015 mit den UQN-Vorschlägen für Arzneimittel (LAWA-Messstellen)



Quelle: Zusammenstellung des Umweltbundesamtes nach Angaben der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2016

Für Industriechemikalien liegen keine flächendeckenden Untersuchungen oder Grenzwerte im Grundwasser vor.

Leitwerte der europäischen Wasserversorger

Die europäischen Trinkwasserversorger haben in einem Memorandum Leitwerte entwickelt, deren Ziel es ist, in den für die Trinkwassergewinnung genutzten Oberflächengewässern eine Wasserqualität zu erreichen, die es erlaubt, mit lediglich naturnahen Aufbereitungsverfahren Trinkwasser zu gewinnen²⁵.

Der dabei angestrebte Zielwert von 0,1 µg/l wird in Fließgewässern verbreitet von verschiedenen Arzneimittelwirkstoffen (z. B. Metformin, Gabapentin, Diclofenac, Carbamazepin) und Röntgenkontrastmitteln (z. B. Iopamidol, Iomeprol) sowie deren Metaboliten (z. B. Valsartansäure, DHH-Carbamazepin) und

Transformationsprodukten (z. B. Carboxy-Acyclovir) überschritten. Ebenso wurden häufige Überschreitungen des Leitwerts für Benzotriazole, Phosphorsäureester und Duftstoffe in Oberflächengewässern festgestellt²⁶.

Aus der Stoffgruppe der Pflanzenschutzmittel und Biozide wurden für ausgewählte Indikatorstoffe, v.a. Glyphosat, dessen Metabolit AMPA, sowie für die Metaboliten der Wirkstoffe Metazachlor und Metolachlor – Metazachlorsulfonsäure und Metolachlorsulfonsäure, an 40–60% der untersuchten deutschen Messstellen Konzentrationen oberhalb von 0,1 µg/l gemessen. Diese Ergebnisse sind vor allem für Gebiete relevant, in denen Uferfiltrat für die Trinkwassergewinnung verwendet wird²⁷.



Für Stoffe ohne Trinkwasserleitwerte oder Grenzwerte gemäß der Trinkwasserverordnung liefern GOW (Gesundheitliche Orientierungswerte)²⁸ eine Bewertungsgrundlage für das Schutzgut Trinkwasser.

Beobachtungsliste (Watch List)

Zum Zweck der Unterstützung zukünftiger Priorisierungsverfahren (gemäß Artikel 16 Absatz 2 WRRL) erstellt die EU-Kommission eine Beobachtungsliste (*watch list*) der Stoffe, für die unionsweite Überwachungsdaten gesammelt werden. Sie enthält Stoffe, bei denen ein Überschreitungspotential der Umweltqualitätsnormvorschläge erkannt wurde, aber nicht ausreichend europaweite Monitoringdaten bzw. Daten mit einer Bestimmungsgrenze unterhalb der Umweltqualitätsnormvorschläge vorlagen, um die Aufnahme der Stoffe in die Liste der prioritären Stoffe zu begründen. Die Liste²⁹ umfasst mehrere Arzneimittelwirkstoffe (Diclofenac, 17- α -Ethinylöstradiol (EE2), 17- β -Östradiol (E2), Estron (E1) sowie die Makrolide Erythromycin, Clarithromycin und Azithromycin).

Die EU Kommission soll die Beobachtungsliste alle 2 Jahre aktualisieren.

Ebenso wurde national für die Fortschreibung der Liste der flussgebietsrelevanten Stoffe (OGewV 2016, Anlage 6) von der LAWA eine Beobachtungsliste erstellt.

Auch für das Grundwasser wird auf europäischer Ebene zurzeit an der Erstellung einer sogenannten Watch List für ein Monitoring ausgewählter potentiell problematischer Stoffe gearbeitet, die in die nächste Novelle der Grundwasserrichtlinie einfließen könnten.

Fehlende Vergleichsgrundlagen

Nicht für alle Stoffe, vor allem nicht für deren Transformations-/Abbauprodukte, liegen belastbare toxikologische und ökotoxikologische Vergleichswerte vor, anhand derer eindeutig bestimmt werden kann, ob der Stoff gefährlich für Mensch und Gewässer ist.

Auch bei Substanzen, für die eine Umweltrisikobewertung durchgeführt wurde, bestehen teils weiterhin Unkenntnisse und Unsicherheiten über Kurz- und Langzeiteffekte sowie zu Interaktionen in Stoffgemischen. So berücksichtigen bestehende UQN zwar Sicherheitsfaktoren, können aber Stoffgemische und ihre möglichen additiven Wirkungen oder Wechselwirkungen nicht ausreichend abbilden. Aus diesen Gründen wird gegenwärtig ergänzend zur chemischen Analytik die Möglichkeit des Einsatzes von biologischen Wirkungstests für die Erfassung der Effekte von Stoffmischungen untersucht.

Bei der derzeitigen Ableitung der UQN entsprechend dem *EU-Technical Guidance Document*³⁰ werden der Pfad der Grundwasserinfiltration und die Nutzung von Oberflächengewässern für die Trinkwassergewinnung nicht betrachtet. Diese Eintragspfade sind allerdings besonders relevant bei mobilen und persistenten Stoffen, z. B. Röntgenkontrastmittel.

Weitere Umweltqualitätsnormen sind wünschenswert, u. a. für Arzneimittelwirkstoffe, da dadurch zielgerichtetes Monitoring sowie gezielte Minderungsmaßnahmen ausgelöst werden können. Für einzelne Wirkstoffe wurden UQN vorgeschlagen, manche Stoffe wurden in die Beobachtungsliste der WRRL aufgenommen (s.o.). Eine Festlegung verbindlicher flussgebietspezifischer und EU-weiter Umweltqualitätsnormen sowie die Ableitung eines Schwellenwertes für Arzneimittel für das Grundwasser stehen noch aus.

Für eine Verbesserung des Monitorings von Stoffgruppen ist die Festlegung von Leitsubstanzen (Indikatorsubstanzen) empfehlenswert, anhand derer Rückschlüsse auf die generelle Belastung z. B. von Uferfiltrat und Grundwasser mit Mikroverunreinigungen gezogen werden können. Dies kann darüber hinaus helfen, natürliche Prozesse besser zu verstehen und den Handlungsbedarf in Bezug auf die Steuerung technischer Aufbereitungsverfahren zu erkennen.

5. Eintragspfade

Die Quellen für Mikroverunreinigungen in Gewässern können sehr unterschiedlich sein und richten sich vorwiegend nach ihren Verwendungsmustern oder, sofern Transformationsprodukte/Metaboliten betrachtet werden, nach dem Ort ihres Entstehens (Abbildung 2). Häufig angetrieben durch das Niederschlagsgeschehen werden Mikroverunreinigungen punktuell oder flächenmäßig (diffus) in Gewässer eingetragen.

Ein wesentlicher punktförmiger Eintragspfad ist die Abwasserableitung. Diese erfolgt in Deutschland über Trenn- oder Mischsysteme. Im Trennsystem werden Schmutz- und Niederschlagswasser getrennt, im Mischsystem gemeinsam abgeleitet.

Mit dem Schmutzwasser werden Arzneimittel (Ausscheidung, unsachgemäße Entsorgung), Wasch- und Reinigungsmittel sowie Biozide und Chemikalien aus dem häuslichen Gebrauch in kommunale Kläranlagen transportiert. Hinzukommen Einträge aus einer Vielzahl von Gewerben (z. B. Autowerkstatt) und öffentlichen Einrichtungen (z. B. Krankenhaus).

Mit dem Niederschlagswasser gelangen Stoffe, die im Außenbereich angewandt werden (z. B. Biozide und Chemikalien aus Dachpappe oder Fassadenanstrichen, Chemikalien aus Reifenabrieb, Pflanzenschutzmittel aus (Klein-) Gärten, öffentlichen Grünanlagen, Sportplätzen) in die Kanalisation (Mischsystem) oder direkt in die Gewässer (Trennsystem). Durch Versickerung von unbefestigten Flächen, soweit kein Abbau/Rückhalt in der bewachsenen Bodenzone stattfindet, können Stoffe in das Grundwasser eingetragen werden.

Im Mischsystem, das circa 40% des vorhandenen Kanalnetzes umfasst, kann es bei Starkregenereignissen zu einer Überlastung und somit zu sogenannten Mischwasserüberläufen kommen. Dabei gelangt eine Mischung aus unbehandeltem Schmutz- und Niederschlagswasser mit Rückständen von z. B. Bioziden, Chemikalien und Pflanzenschutzmitteln mit dem Mischwasserabschlag in die Gewässer.

Abwasser mit Schadstoffen aus der Herstellung oder Verarbeitung werden (je nach Industriebranche) in industriellen Kläranlagen aufbereitet (Direkteinleiter).

Nach einer Abwasseraufbereitung in der kommunalen oder industriellen Kläranlage erfolgt in der Regel die Einleitung in die Gewässer. Da einige Schadstoffe in der Kläranlage nicht vollständig eliminiert werden, gelangen diese somit auch in die Gewässer.

Stoffe, die im Außenbereich angewandt werden, vor allem Pflanzenschutzmittel, Biozide oder Chemikalien, können direkt durch Oberflächenabfluss, Dränage oder Abdrift in Oberflächengewässer gelangen. Durch Versickerung oder Uferfiltration kann das Grundwasser verunreinigt werden.

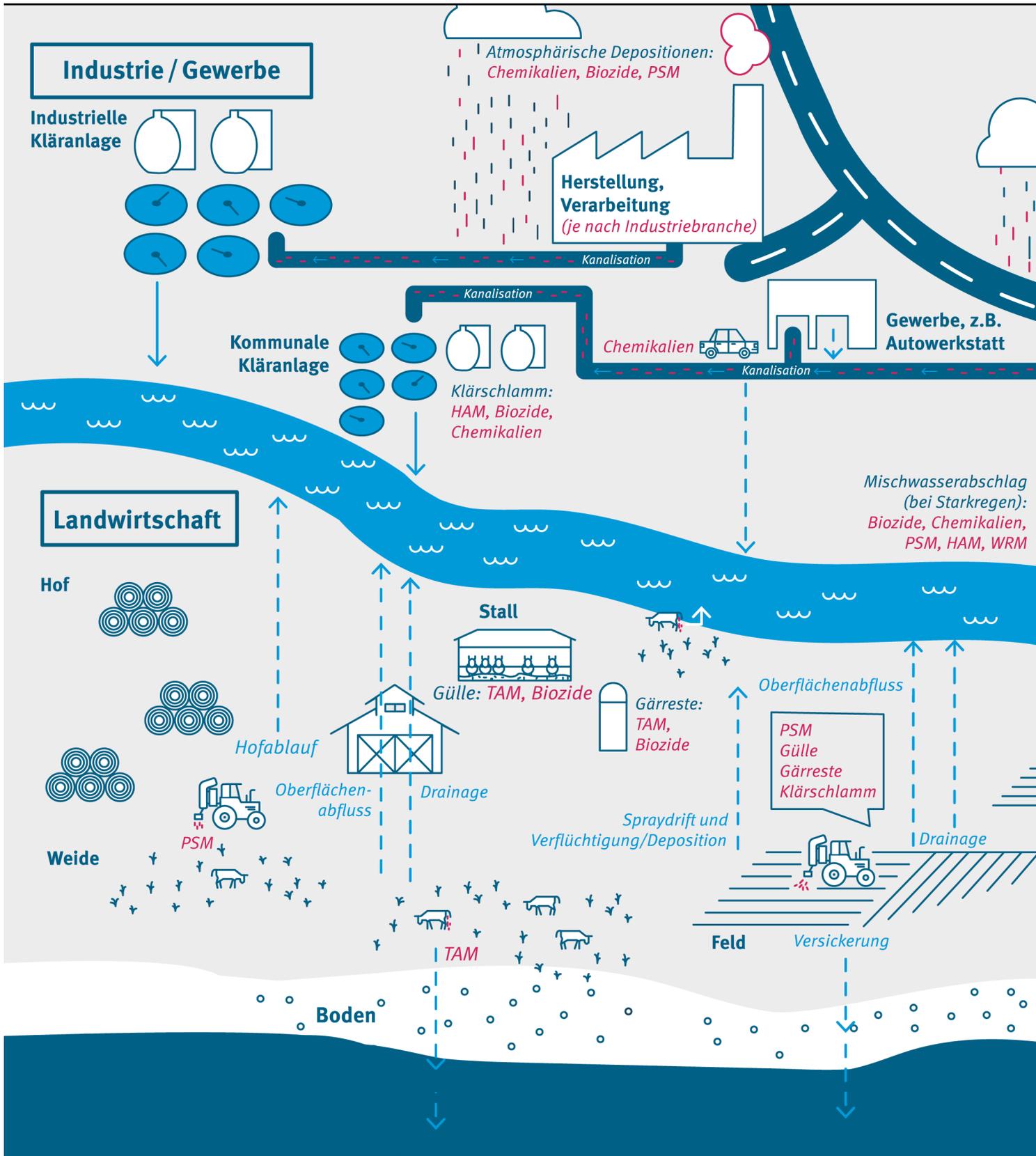
Weitere potentielle Eintragspfade für Mikroverunreinigungen sind Depositionen aus der Luft (z. B. Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) oder Pflanzenschutzmittel), Unfälle bei der Verwendung oder dem Transport wassergefährdender Stoffe, ein unsachgemäßer Umgang bei Herstellung, Verarbeitung, Transport und Verwendung von Stoffen und Produkten, die Remobilisierung von Stoffen aus dem Sediment nach Hochwasserereignissen oder Baumaßnahmen, der Eintrag von Chemikalien (z. B. Lacken) und Bioziden von wasserbaulichen Anlagen und Schiffen (z. B. Antifoulinganstriche) sowie die unsachgemäße Entsorgung. Auch aus Produktionsprozessen der Aquakultur werden Stoffe (z. B. Futtermittel, Arzneimittel, Transformationsprodukte, Stoffwechselendprodukte) eingetragen.

Für eine Quantifizierung der Eintragspfade bedarf es Stoffflussanalysen. Diese wurden durch Hillenbrand et al. (2014)³¹ mit Hilfe des Modellierungswerkzeuges MoRE³² für ausgewählte Stoffe erstellt.

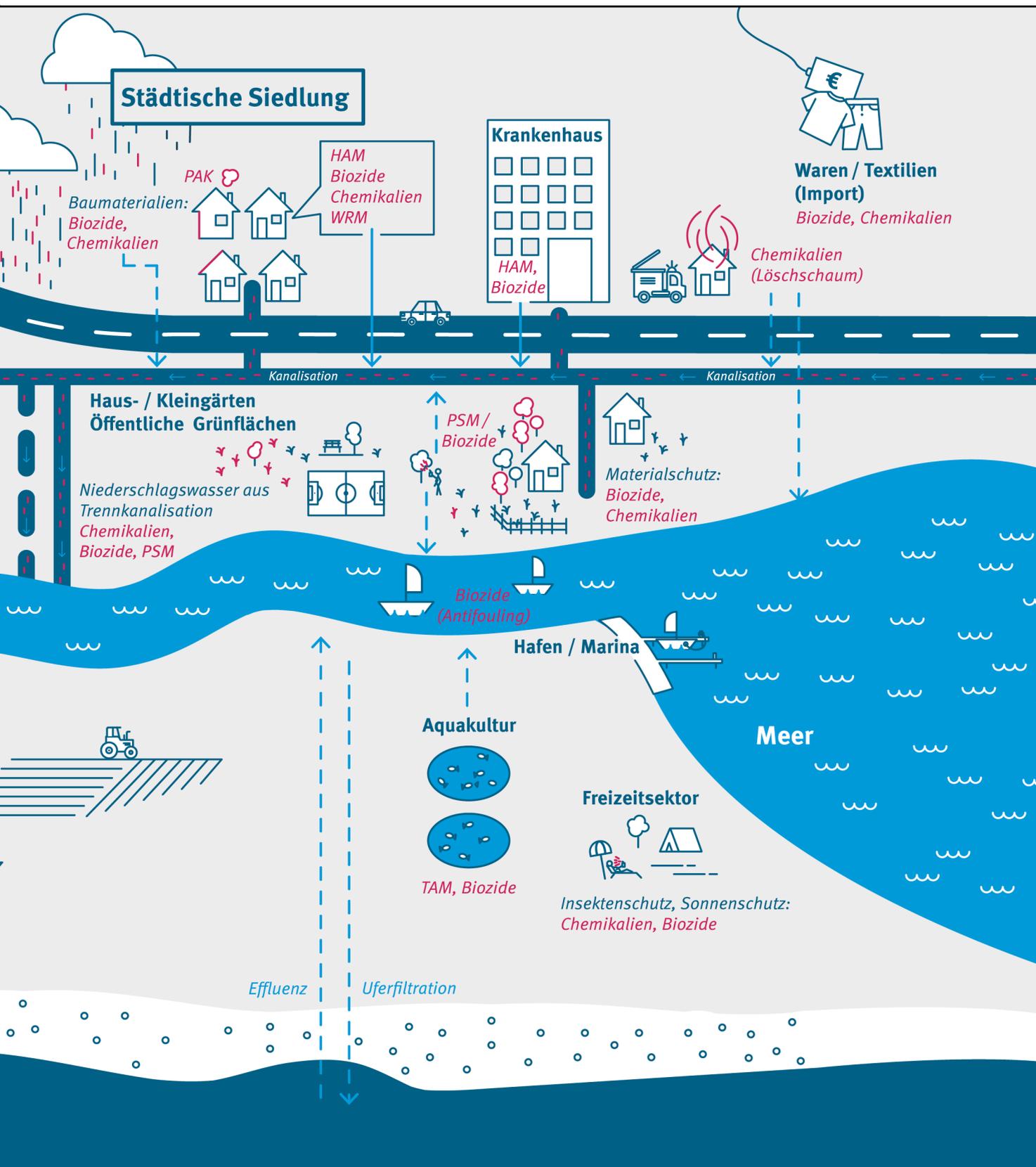
Es wird deutlich, dass Mikroverunreinigungen aus verschiedenen Regelungsbereichen über eine Vielzahl von Quellen in die Umwelt, insbesondere in die Gewässer, gelangen können. Stoffe kommen in der Regel gemeinsam mit anderen Stoffen in Umweltkompartimenten vor und können als „Umweltmischung“ zusammenwirken und höhere Toxizitäten/Risiken bergen.

Abbildung 2

Schematischer Überblick über mögliche Eintragspfade von Mikroverunreinigungen in die Gewässer



HAM Humanarzneimittel; TAM Tierarzneimittel; PSM Pflanzenschutzmittel; PAK Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe; WRM Wasch- und Reinigungsmittel



6. Stoffgruppenspezifische Reduzierungsmaßnahmen

6.1 Bewertungskriterien für potentielle Maßnahmen

Um die zahlreichen denkbaren Maßnahmen an der Quelle, bei der Anwendung und im nachgelagerten Bereich hinsichtlich ihrer Wirksamkeit und Effizienz beurteilen zu können, bedarf es eines Kriterienkatalogs. Wir führen diese Maßnahmenbewertung und -priorisierung anhand folgender Kriterien durch:

- ▶ **Wirksamkeit** der Maßnahme hinsichtlich des damit erreichbaren Emissionsminderungspotenzials: Aufschluss dazu können Stoffflussanalysen und Stoffeintragsmodellierungen liefern³³. Die in dem vorliegenden Dokument getroffenen Bewertungen beruhen auf Experteneinschätzungen unter Berücksichtigung der Relevanz des entsprechenden Eintragspfades. Auf dieser Grundlage kategorisieren wir in eine geringe (-), moderate (o) und hohe (+) erwartete Wirksamkeit.
- ▶ Wirkt eine Maßnahme lediglich für einen Einzelstoff, also *stoffspezifisch*, oder erfasst sie ein *breites Stoffspektrum*?
- ▶ **Zeitlicher Wirkhorizont**: Wann kann mit einem Eintreten positiver Effekte, d. h. mit einer Eintragsminderung, gerechnet werden? Wir unterscheiden kurzfristig < 5 Jahre, mittelfristig < 10 Jahre, langfristig > 10 Jahre.
- ▶ **Kosten (Kosten-Wirksamkeit)**: Welche Kosten fallen für die erwartete Wirksamkeit an? Einzubeziehen sind, soweit ermittelbar, Investitions- und Betriebskosten sowie Transaktionskosten. Eine positive (+) Bewertung erfolgt für geringe Kosten (bzw. eine hohe Kosten-Wirksamkeit), eine negative Bewertung (-) für hohe Kosten (bzw. niedrige Kosten-Wirksamkeit).
- ▶ **Umsetzbarkeit**: Dies umfasst sowohl die technische Einsatzfähigkeit, wie z. B. Reifegrad, Zuverlässigkeit oder Anpassbarkeit der Maßnahme an verschiedene Rahmenbedingungen, d. h. Realisierbarkeit der (technischen) Maßnahmenansätze, als auch die Akzeptanz zur Umsetzung der geplanten Maßnahme bei der entsprechenden Zielgruppe. Wir unterscheiden in direkt umsetzbar (+), noch nicht unmittelbar umsetzbar (o) und

Maßnahmen, bei denen noch deutlicher Handlungsbedarf besteht bzgl. der technologischen Entwicklung, Akzeptanz oder Finanzierung (-).

6.2 Humanarzneimittel

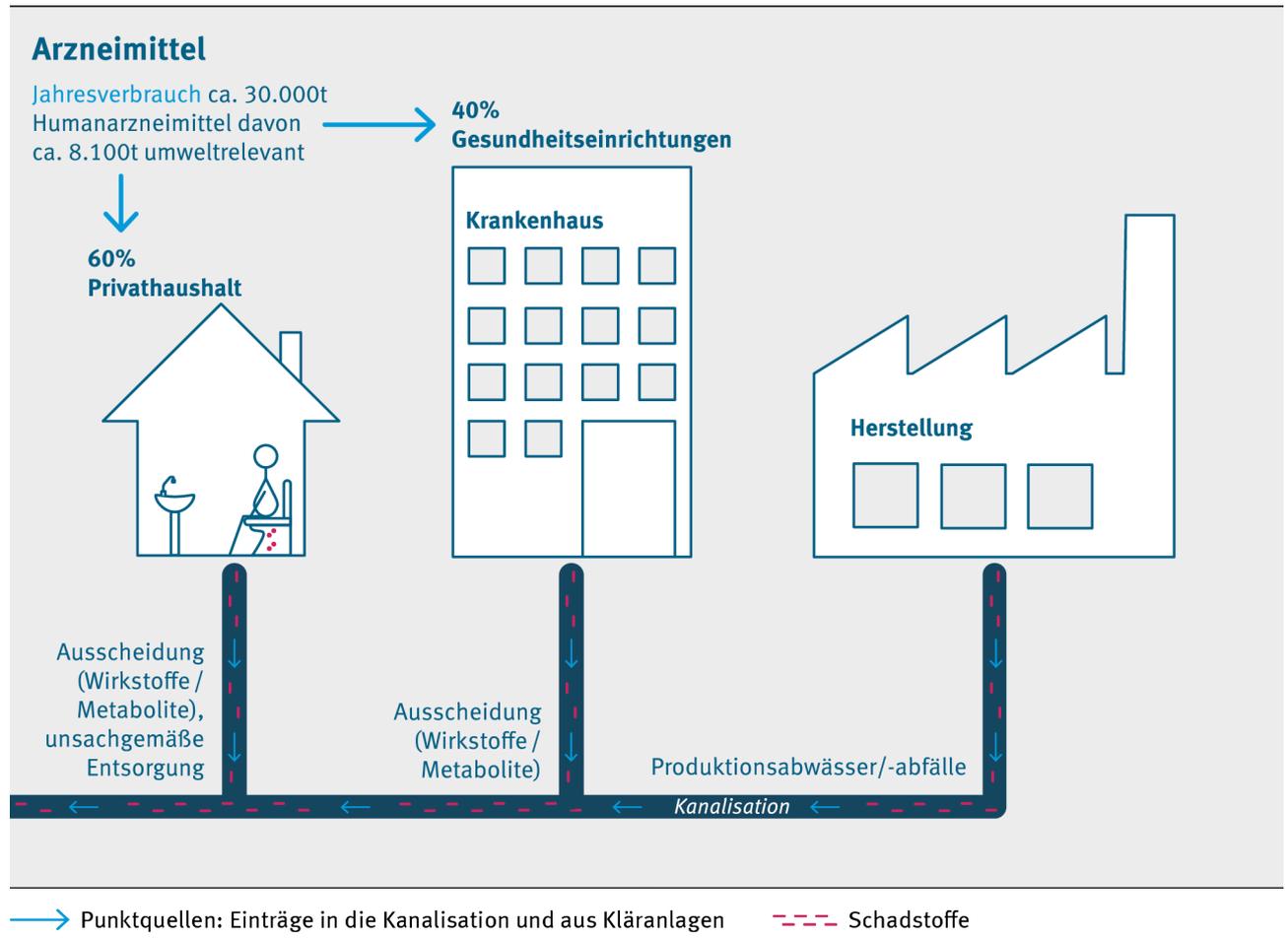
Der Jahresverbrauch an Humanarzneimitteln wird in Deutschland auf 30.000 t geschätzt und umfasst 2300 Wirkstoffe (Bezugsjahr 2012). Rund 1100 der Wirkstoffe gelten per se nicht als umweltrelevant, weil sie zu den Elektrolyten, Peptiden, Vitaminen u. ä. gehören und von einer Umweltbewertung ausgeschlossen sind. Somit gibt es in Deutschland 1200 potentiell umweltrelevante Humanarzneimittelwirkstoffe mit einem Jahresverbrauch von circa 8100 t³⁴.

Humanarzneimittelwirkstoffe werden aus Krankenhäusern und Gesundheitseinrichtungen sowie privaten Haushalten über die menschlichen Ausscheidungen in das kommunale Abwassersystem eingetragen (Abbildung 3). Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch gelangen die unverändert ausgeschiedenen Wirkstoffe sowie die im Körper gebildeten Metaboliten in das Abwasser. Durch Herstellungsprozesse sowie durch unsachgemäße Entsorgung über Spüle und Toilette gelangt ein geringerer Anteil ebenfalls in das Abwassersystem. Je nach Kläranlagenausstattung und Eigenschaft des Wirkstoffs kann ein Eintrag in das Oberflächengewässer folgen. Auf diesem Weg können Wirkstoffe bei der Trinkwassergewinnung durch Uferfiltration oder aus Oberflächenwasser in das Trinkwasser gelangen. Nach Schätzungen der pharmazeutischen Industrie³⁵ sind die Hauptquellen für Humanarzneimittel im Oberflächenwasser Patientenausscheidungen (88 %), unsachgemäße Entsorgung über Toilette und Spüle (10 %) und Herstellungsprozesse (2 %). Bezüglich der unsachgemäßen Entsorgung geben andere Quellen an, dass bis zu 47 % der Verbraucherinnen und Verbraucher ihre Arzneimittelreste immer oder gelegentlich unsachgemäß entsorgen³⁶.

Im Zulassungsprozess für Humanarzneimittel werden generell Risikobewertungen auf der Basis einer Expositions- und Wirkungsabschätzung entsprechend des Leitfadens der europäischen Arzneimittelagentur EMA³⁷ vorgenommen. Selbst bei einem festgestellten Risiko für die Umwelt ist eine Versagung der Zulassung nicht möglich, da Umweltrisiken nicht

Abbildung 3

Schematische Darstellung möglicher Eintragspfade von Humanarzneimitteln in das Abwasser



Quelle: Umweltbundesamt, Daten: IMS Health (2013)

Bestandteil der abschließenden Nutzen-Risiko-Abwägung sind. Dabei sind nur Auflagen zum Schutz der Umwelt bezüglich der Verwendung, Entsorgung und Kennzeichnung möglich. Die Eigenschaften eines Wirkstoffs wie PBT (persistent, bioakkumulierend, toxisch) oder ED (endokrin wirksam) werden in dem Leitfaden adressiert, indem speziell zugeschnittene Testsysteme für den Nachweis der Effekte verwendet werden. Eine Gefahr („Hazard“) für die Umwelt durch solche Eigenschaften hat aber nicht automatisch eine Nicht-Zulassung zur Folge.

Das größte Reduktionspotential für Humanarzneimittel liegt bei Maßnahmen zur Minderung der Einträge über das Abwasser. Im Rahmen der Arzneimittelzulassung gibt es dafür allerdings nur sehr begrenzte Möglichkeiten. Die Umweltrisikobewertung liefert aber wertvolle Stoffinformationen, die z. B. für die Ableitung von UQN genutzt werden können, sofern sie öffentlich verfügbar gemacht werden. Momentan

werden die Umweltdaten überwiegend vertraulich behandelt – in dieser Hinsicht besteht Handlungsbedarf (siehe unten). Somit müssen spezifische Minderungsmaßnahmen auch außerhalb der Arzneimittelzulassung weiterentwickelt und umgesetzt werden. Generell ist ein Bündel von Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen nötig, um das Minderungsziel zu erreichen. Verschiedene, u. a. vom UBA angestoßene Initiativen und Projekte, zielen neben direkten Reduktionsmaßnahmen auch auf Kommunikation und Aufklärung zum umweltgerechteren Umgang mit Arzneimitteln und auf das Erfassen der Belastung der Umwelt mit Arzneimittel³⁸.

6.1.1 Schaffen und Verbessern von Bewertungsgrundlagen und Bewertungsmaßstäben

Folgende Maßnahmen sind nötig, um zukünftig die Umweltbelange im Rahmen der Zulassung von Arzneimitteln weiter zu stärken:

► **Einführung eines Monografie/Masterfile-Systems für Arzneimittelwirkstoffe**

Dies beinhaltet die Abkehr von der bisherigen Präparate-basierten Bewertung hin zu einer Wirkstoff-basierten Betrachtung in Form von sogenannten „Wirkstoffmonografien/Master files“. Dieses System in Form einer Datensammlung sollte auf europäischer Ebene für neue Wirkstoffe, aber auch für sogenannte Altwirkstoffe ohne Umweltbewertung angewendet werden und verspricht konsistentere, aktuellere Bewertungen bei Einsparung von Ressourcen, mehr Tierschutz und eine bessere Verfügbarkeit von Umweltdaten aus der Stoffbewertung. Zurzeit sind die Umweltdaten aus der Stoffbewertung überwiegend nicht offen verfügbar. Eine Veröffentlichung in einer zentralen Datenbank würde zu mehr Transparenz beitragen und anderen Stakeholdern wie Wasser- und Entsorgern und den Wasserbehörden der Länder das Management problematischer Stoffe erleichtern.

► **Forschung zur Ausweitung der Verschreibungspflicht im Bereich der Humanarzneimittel**

Verschreibungspflicht ist eine Möglichkeit, die Anwendung von Arzneimitteln auf nationaler Ebene mit Hinblick auf Gesundheitsaspekte zu beschränken. Es ist bekannt, dass der Anteil nichtverschreibungspflichtiger Arzneimittel, v.a. Schmerzmitteln am Gesamtverbrauch in Deutschland stetig ansteigt und mittlerweile in der gleichen Größenordnung liegt wie der Anteil verschreibungspflichtiger Medikamente³⁹. Daher sollte geprüft werden, ob es möglich ist, die Verschreibungspflicht auch aus Gründen von Umwelttrisiken für sehr problematische Arzneimittel (z. B. solchen mit hoher Trinkwasserrelevanz) auszuweiten. Zur rechtlichen Umsetzbarkeit sowie dem potentiellen Minderungspotential dieser Maßnahme besteht allerdings noch Forschungs- und Diskussionsbedarf.

6.1.2 Maßnahmen an der Quelle

► **Weiterentwicklung und Harmonisierung wirksamer Minderungsmaßnahmen bei der Zulassung**

Risikominderungsmaßnahmen zum Schutz der Umwelt können per Gesetz bei der Arzneimittelzulassung beauftragt werden, d. h. wird bei der Umweltbewertung ein Risiko identifiziert, müssen

handhabbare Minderungsmaßnahmen formuliert und umgesetzt werden. Für Humanarzneimittel gibt es derzeit allerdings noch sehr wenige effektive und verhältnismäßige Risikominderungsauflagen. Hier besteht Forschungsbedarf.

Auch über die Aufnahme der Umwelttrisiken in die abschließende Nutzen-Risiko-Betrachtung bei der Zulassung von Humanarzneimitteln sollte weiter diskutiert werden, um weitere Handlungsoptionen, beispielsweise Maßnahmen nach der Zulassung im Rahmen einer Umweltpharmakovigilanz, in der Gesetzgebung zu ermöglichen.

Außerhalb der Zulassung sind folgende Maßnahmen sinnvoll:

► **Verstärkte Forschung zu umweltverträglicheren Arzneimittelwirkstoffen und Applikationsformen – „Green pharmacy“**

Derzeit wird die Entwicklung von „umweltfreundlichen“ Arzneimitteln bzw. Applikationsformen, die z. B. in Kläranlagen besser zurückgehalten werden und daher nicht in Gewässer gelangen, nur über Einzelprojekte gefördert, beispielsweise durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Dies betrifft auch Alternativen zu Wirkstoffen, die in der Umwelt persistent sind und langfristig Trinkwasserprobleme erzeugen können. Dafür müssen deutlich mehr Anreize und finanzielle Förderung geschaffen werden, damit sich die pharmazeutische Industrie und die Forschungseinrichtungen stärker engagieren. Denkbar wäre ein spezieller Forschungsschwerpunkt „Green pharmacy“ z. B. beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Auch eine Förderung von umweltfreundlichen Alternativen durch die Gewährung von verlängertem Patentschutz ist in der Diskussion.

6.1.3 Maßnahmen bei der Anwendung

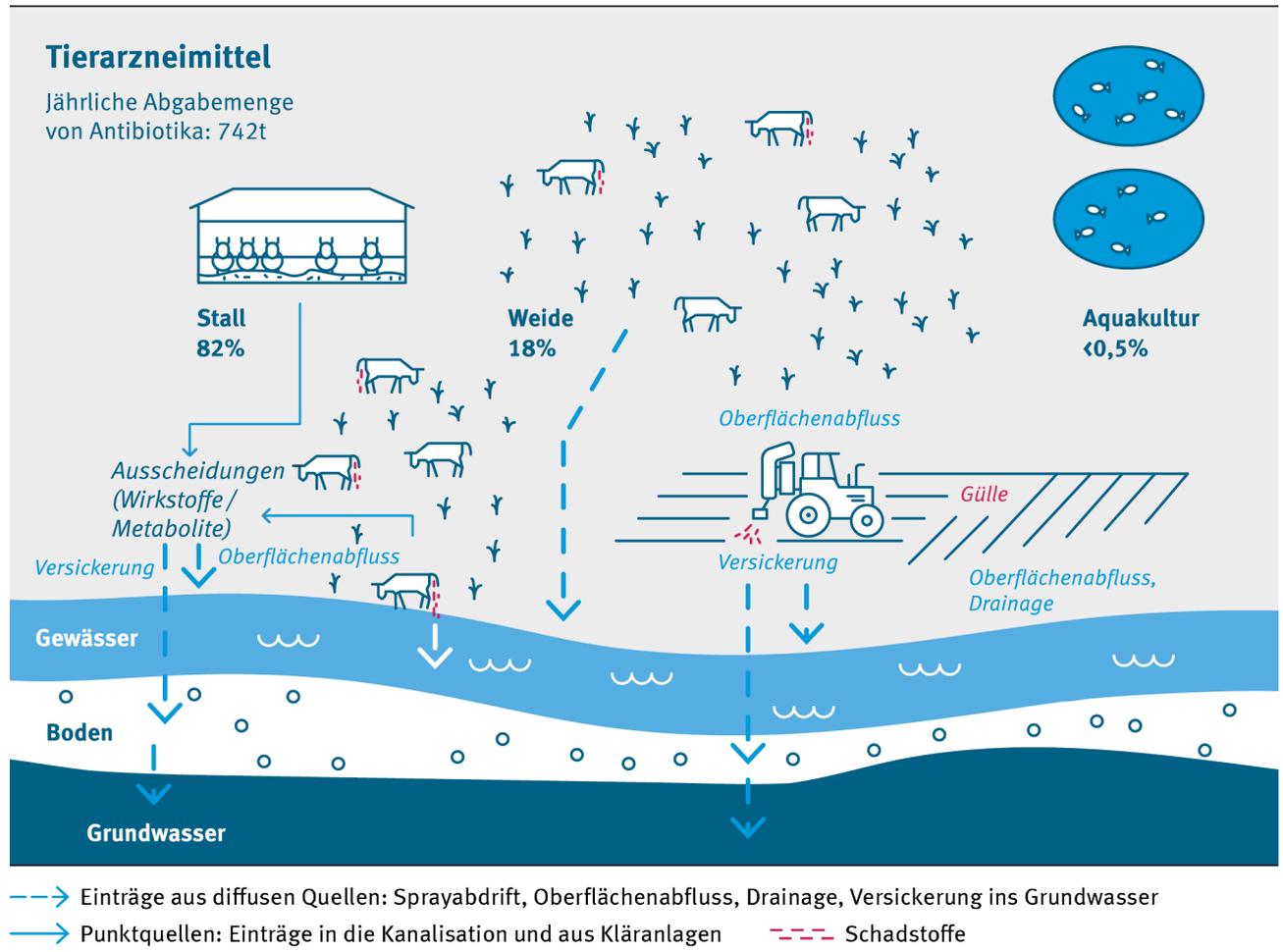
Die wichtigsten Reduktionsmöglichkeiten nach der Zulassung sind:

► **Adressatengerechte Aufklärung und Information zur umweltgerechten Verwendung von Arzneimitteln**

Die Anwendung von Arzneimitteln sollte wo möglich durch andere Maßnahmen zur Gesunderhaltung wie Sport und gesunde Ernährung begleitet und ergänzt werden. Ärzte, Apotheker, Krankenkassen und auch die Patientinnen und Patienten

Abbildung 4

Schematische Darstellung möglicher Eintragspfade von Tierarzneimitteln in die Gewässer



Quelle: Umweltbundesamt. Daten: BVL (2017), EMA (2015), Destatis (2011)

sowie Verbraucherinnen und Verbraucher müssen darüber informiert sein, wie der Arzneimittel-Verbrauch im Sinne der Umwelt optimiert werden kann. Ein Diskussionsprozess über diese weitreichende Thematik muss mit allen Beteiligten der Gesellschaft angestoßen werden. Konzeptionelle Überlegungen und Empfehlungen zur adressatengerechten Aufklärung und Information hat das UBA 2017 veröffentlicht⁴⁰. In diesem Zusammenhang sollten auch die Faktoren für den Anstieg des Arzneimittelverbrauchs analysiert werden. Die Maßnahme kann national mittel- bis langfristig umgesetzt werden.

► **Aufklärung zu richtiger Entsorgung „Keine Arzneimittel in Toilette/Spüle!“**

Laut Schätzungen werden 10% der Einträge von Arzneimittelrückständen durch eine unsachgemäße Entsorgung über Spüle oder Toilette verursacht. Mehr Aufklärung zu richtiger Entsorgung ist somit

eine notwendige, aber auch vergleichsweise kostengünstige und effektive Minderungsmaßnahme. Hierzu sollte in bundesweiten Kampagnen auch mit Beteiligung der pharmazeutischen Industrie weiterhin umfassend und zielgruppenspezifisch informiert werden⁴¹. Ein entsprechender Entsorgungshinweis auf der äußeren Arzneimittelpackung zusätzlich zum Standardentsorgungshinweis auf dem Beipackzettel erscheint sinnvoll, wird aber auf europäischer Ebene derzeit abgelehnt. Dies wird teilweise mit der Befürchtung begründet, dass eine entsprechende Kennzeichnung sich negativ auf die Medikamenteneinnahme auswirken könnte.

6.3 Tierarzneimittel

Als Tierarzneimittel sind in Deutschland etwa 430 Wirkstoffe zugelassen, von denen rund 270 als umweltrelevant eingestuft werden können, da sie nicht zu den von der Umweltbewertung ausgeschlossenen

Stoffen wie Elektrolyte, Peptide, Vitamine usw. gehören. Ein Teil der zugelassenen Tierarzneimittelwirkstoffe sind ebenfalls als Humanarzneimittelwirkstoffe zugelassen, so dass bei Funden im Gewässer die Quelle teilweise nicht eindeutig zugeordnet werden kann. Die im Jahr 2016 an Tierärzte abgegebene Antibiotikamenge betrug 742t⁴². Zu den anderen Wirkstoffgruppen liegen keine verlässlichen Daten vor.

Über die auf landwirtschaftliche Flächen ausgebrachte Gülle und Gärreste können die Tierarzneimittelwirkstoffe je nach Beschaffenheit des Bodens in das Grundwasser versickern oder durch Abschwemmung bei Starkregenereignissen in Oberflächengewässer gelangen.

Tierarzneimittel werden überwiegend im landwirtschaftlichen Bereich für die Behandlung von Tieren wie Rindern, Schweinen, Hühnern, Puten, Schafen, Ziegen und Pferden eingesetzt. Ein großer Teil der Wirkstoffe wird von den Tieren unverändert wieder ausgeschieden.

Den Haupteintragspfad für Tierarzneimittel stellt der Eintrag von Wirtschaftsdünger auf landwirtschaftliche Flächen dar (Abbildung 4)⁴³. Von dort können die in den tierischen Ausscheidungen enthaltenen Rückstände an Tierarzneimittelwirkstoffen und deren im tierischen Organismus gebildete Metaboliten direkt oder über Oberflächenabfluss (Run-off) in angrenzende Oberflächengewässer gelangen. Wenn sie nicht durch die Bodenbestandteile zurückgehalten werden, können sie bis in das Grundwasser und sehr vereinzelt auch bis in das Rohwasser für die Trinkwassergewinnung gelangen. Die Relevanz der Eintragsquellen entsprechend der mengenmäßigen Anteile der verschiedenen Tierhaltungsformen beträgt bezogen auf lebensmittelliefernde Tiere in Deutschland in absteigender Reihenfolge: **Stallhaltung** (82 % – Rinder, Schwein, Geflügel) > **Weidehaltung** (18 % – Rinder, Schafe, Ziegen, Pferde) > **Aquakultur** (< 0,5 %)⁴⁴.

Auch die Umweltrisikobewertung von Tierarzneimitteln für Nutztiere erfolgt nach harmonisierten Leitfäden⁴⁵. Eine Versagung der Zulassung für Tierarzneimittel ist möglich, da Umweltaspekte in deren Nutzen-Risiko-Bewertung einfließen. Dabei erfolgt eine Abwägung des Nutzens zum Risiko. In der Regel werden Tierarzneimittel zugelassen, auch wenn Umweltrisiken identifiziert wurden, da dem Nutzen ein höherer Stellenwert zugewiesen wird als dem Risiko

für die Umwelt oder keine alternativen Wirkstoffe existieren. Im Zulassungsprozess für Tierarzneimittel werden wie bei Humanarzneimitteln generell Umweltrisikobewertungen vorgenommen. Dabei werden Tierarzneimittel mit spezifischer, z. B. endokriner Wirkung nach einer maßgeschneiderten Risikobewertung geprüft. Für die gefährlichkeitsbasierte Bewertung und das Management von Tierarzneimittel-Wirkstoffen mit PBT und vPvB-Eigenschaften wurde 2016 auf europäischer Ebene ein spezieller Leitfaden⁴⁶ verabschiedet.

Während viele Minderungsmaßnahmen wie Kommunikation und Aufklärung sowohl die Human- als auch die Tierarzneimittel betreffen, zielen einige Maßnahmen speziell auf die Verringerung des Umwelteintrags durch Tierarzneimittel ab. Bei Tierarzneimitteln liegt das größte Minderungspotential in der Begrenzung des Eintrags von Rückständen über den Wirtschaftsdünger in die Umwelt durch regulatorische und technische Maßnahmen. Generell kann eine Reduzierung des Verbrauchs von Tierarzneimitteln auch durch Optimierung verschiedener Rahmenbedingungen etwa beim präventiven Gesundheitsmanagement oder in der Tierhaltung, bei Fütterung und Hygiene erreicht werden⁴⁷.

6.3.1 Schaffen und Verbessern von Bewertungsgrundlagen und Bewertungsmaßstäben

► Einführung eines Monografie/Masterfile-Systems für Arzneimittelwirkstoffe

Siehe Humanarzneimittel

6.3.2 Maßnahmen an der Quelle

► Weiterentwicklung und Harmonisierung wirksamer Minderungsmaßnahmen bei der Zulassung

Risikominderungsmaßnahmen zum Schutz der Umwelt können ebenfalls bei der Zulassung beauftragt werden. Einige europaweit harmonisierte Risikominderungsmaßnahmen für Tierarzneimittel (z. B. zeitliche Begrenzung des Zugangs behandelter Weidetiere zu Gewässern) sind in einem „Reflection Paper“ der EMA⁴⁸ zusammengefasst. Es besteht aber Bedarf an weiteren individuellen Maßnahmen.

Maßnahmen zur Verringerung des Eintrags von Tierarzneimitteln durch die Tierärzteschaft und Landwirtschaft umfassen verschiedene Handlungsfelder: Minimierung des Tierarzneimittlein-

satz, Präventionsmaßnahmen zur Verbesserung der Tiergesundheit, Maßnahmen bei der Düngelagerung, -aufbereitung und -ausbringung sowie der landwirtschaftlichen Praxis. Hierfür hat das UBA in einem Forschungsvorhaben über 40 Maßnahmen identifiziert, deren Umsetzung wir empfehlen⁴⁹.

► **Verbot von Tierarzneimittelwirkstoffen mit PBT/vPvB-Eigenschaften**

Tierarzneimittel mit Wirkstoffen, die PBT oder vPvB-Eigenschaften haben, sollten nicht in die Umwelt gelangen und in Deutschland und EU-weit generell nicht zugelassen bzw. vom Markt genommen werden, da es keine effektiven Risikominierungsmaßnahmen für diese problematischen Stoffe gibt. Ein entsprechender Regelungsvorschlag für die Europäische Tierarzneimittel-VO ist derzeit in Diskussion. Das UBA hat zu seinen wichtigsten Forderungen an die Tierarzneimittel-VO aus Umweltsicht bereits 2015 in einem Positionspapier Stellung genommen⁵⁰.

► **Forschung zur Änderung des Dispensierrechtes**

Tierärzte sind derzeit berechtigt, apotheken- und verschreibungspflichtige Arzneimittel herzustellen, zu mischen, zu lagern und zu verkaufen (Dispensierrecht). Es sollte geprüft werden, ob und inwieweit eine Änderung des Dispensierrechtes national eine Möglichkeit darstellt, um die Anwendung von Tierarzneimitteln zu beschränken. Hierzu besteht noch Diskussionsbedarf.

► **Verstärkte Forschung zu umweltverträglichen Arzneimittelwirkstoffen und Applikationsformen „Green pharmacy“**

Siehe Humanarzneimittel

6.3.3 Maßnahmen bei der Anwendung

► **Adressatengerechte Aufklärung und Information zur umweltgerechten Verwendung von Arzneimitteln**

Zum Thema Tierarzneimittel und Umwelt sollten die in Landwirtschaft und Veterinärmedizin Tätigen weiter gezielt informiert und aufgeklärt werden. Zur Sensibilisierung im Umgang mit Tierarzneimitteln stellt das UBA Ende 2017 Materialien zur Aus- und Fortbildung von Tierärzten/-ärztinnen und Lernenden im Bereich Landwirtschaft sowie Broschüren und ein Internetportal bereit⁵¹. Auch in übergreifenden Initiativen wie



der Deutschen Antibiotika-Resistenzstrategie DART⁵² sollten Umweltgesichtspunkte zukünftig stärker eingebunden werden.

Derzeit wird die neue EU-Tierarzneimittelverordnung erarbeitet. Dabei wurden von Deutschland verschiedene Punkte zur Stärkung der Umweltbelange eingebracht wie die Berücksichtigung von Umweltaspekten bei der Umwidmung von Tierarzneimitteln v.a. von terrestrischen Tieren auf Aquakultur, ein Verbot von PBT/vPvB-Stoffen und die Verbesserung der Umweltbewertung und Datenverfügbarkeit über ein Monografie/Masterfile-System. Diese Maßnahmen helfen auch auf nationaler Ebene die Einträge problematischer Stoffe in die Umwelt zu minimieren.

Auf EU-Ebene wird aktuell auch eine integrative Arzneimittelstrategie entwickelt. Dies ist für einige Maßnahmen grundsätzlich die richtige Regelungsebene, da dort die Zulassungsvoraussetzungen für das Inverkehrbringen von Human- und Tierarzneimitteln festgelegt werden. Bis 2018 will die Europäische Kommission eine Strategie mit konkreten Maßnahmen vorlegen, die sowohl den gesetzgebenden als auch den nicht-gesetzgebenden Bereich betreffen. Wir empfehlen die folgenden Maßnahmen (Tabelle 4) dort zu adressieren.

Tabelle 4

Bewertungsmatrix für ausgewählte Maßnahmen für den Bereich Human- und Tierarzneimittel

Maßnahmen	Wirksamkeit	Stoffspezifisch/ Breitband	Kosten	Zeitlicher Wirkhorizont	Umsetzbarkeit
Weiterentwicklung und Harmonisierung der Risikominderungsmaßnahmen bei der Zulassung	-/o	Spez.	o/+	2	+
Verbot von PBT-Substanzen in Tierarzneimitteln	+	Spez.	k.A.	2	-
Forschung zu umweltverträglicheren Wirkstoffen/Applikationsformen	-	Spez.	-	3	o
Zielgruppenspezifische Kommunikation und Aufklärung	o	Br.	+	2-3	+
Informationskampagne zur richtigen Entsorgung von Arzneimittelresten	+	Br.	+	2-3	+
Monografiesystem für Arzneimittelwirkstoffe	+	Spez.	o	3	+
Forschung zur Ausweitung der Verschreibungspflicht aufgrund von Umweltbelangen	k.A.	Spez.	o	k.A.	o
Forschung zu potentiellen Auswirkungen der Änderung des Dispensierrechts auf die Verwendung von Tierarzneimitteln	k.A.	Spez.	o	k.A.	o

Erwartete Wirksamkeit: (+ hoch), (0 moderat), (- gering), (k.A. nicht abschätzbar), Maßnahme ist einzelstoffspezifisch (spez.) oder wirkt über ein breites Stoffspektrum (br.)
Zeitlicher Wirkhorizont: (1= kurzfristig < 5 Jahre), (2=mittelfristig < 10 Jahre), (3= langfristig > 10 Jahre)
Kosten: (+ gering) (0 moderat), (k.A. nicht abschätzbar), (- hoch)
Umsetzbarkeit: (+ direkt umsetzbar), (o noch nicht unmittelbar umsetzbar), (- noch deutliche Defizite/Handlungsbedarf (Forschungsbedarf, Finanzierung, Akzeptanz))

Quelle: Umweltbundesamt (Experteneinschätzung)

Die Bewertung (Tabelle 4) zeigt, dass die ausgewählten Maßnahmen voraussichtlich erst mittel- bis langfristig ihre Wirksamkeit entfalten können. Mit Ausnahme der Informations-/Kommunikationsmaßnahmen setzen die anderen Maßnahmen stoffspezifisch an. Bei einzelstoffspezifischen Maßnahmen sind die erwarteten Eintragsminderungen und anfallenden Kosten stoffabhängig und lassen sich daher nicht pauschal abschätzen. Bei noch ausstehender Forschung zu möglichen Reduzierungsansätzen können Aussagen zu Wirksamkeit, anfallenden Kosten und dem Zeithorizont der Umsetzung erst nach Abschluss entsprechender Forschungsvorhaben konkretisiert werden.

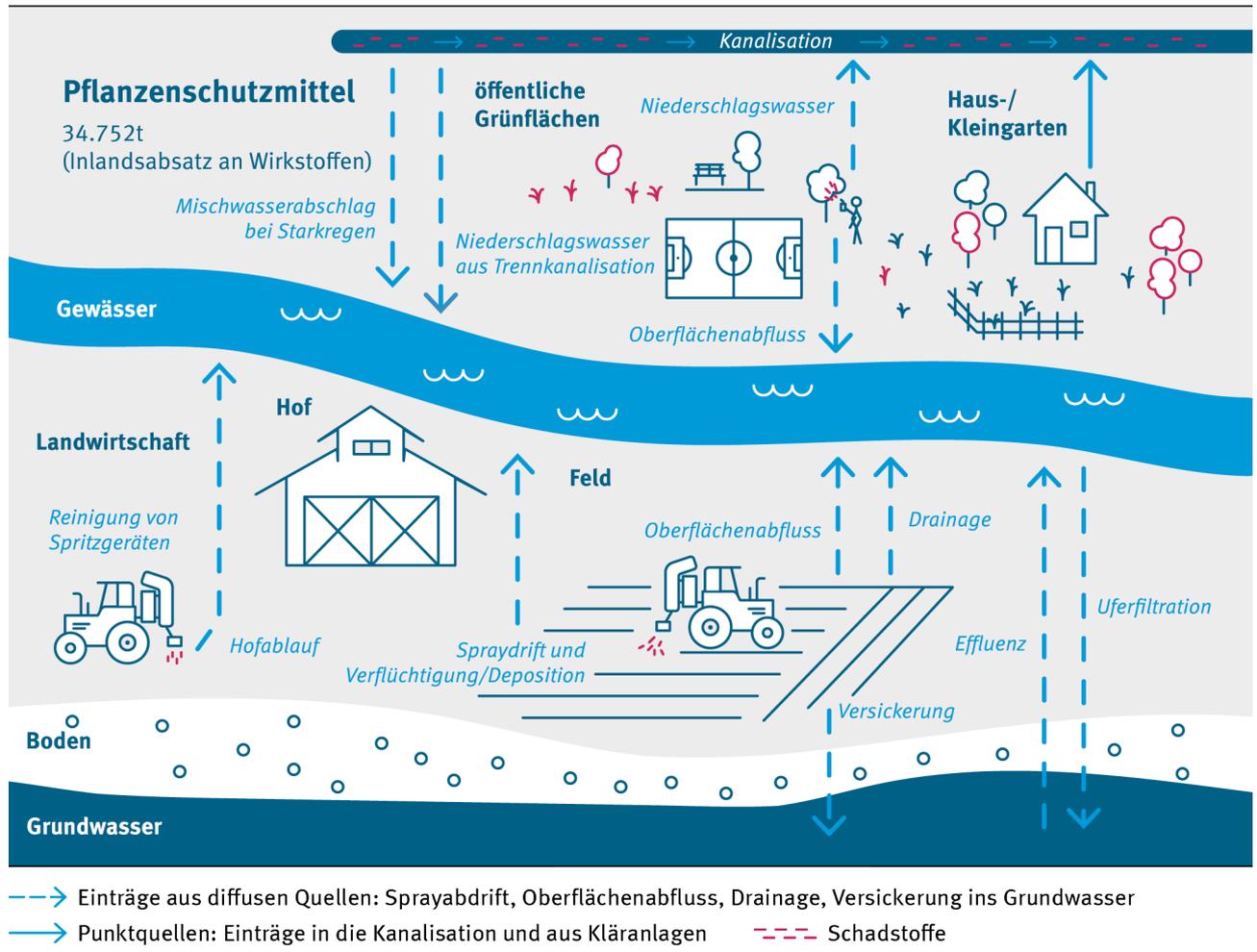
Einschränkungen für die direkte Umsetzbarkeit sind u. a. durch erwartete Widerstände (z. B. Verbot von Arzneimitteln mit PBT-Eigenschaften) oder mangelnde Anreize zur Finanzierung (v.a. Forschung) bedingt.

6.4 Pflanzenschutzmittel

In vielen Gewässern finden sich Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (PSM) und deren Metaboliten. Überwachungsprogramme der Länder, Wasserversorgungsunternehmen sowie Forschungsprojekte zeigen immer wieder Überschreitungen von Qualitätszielen auf^{53, 54, 55}. Besonders kleine Gewässer in der Agrarlandschaft sind Einträgen von PSM ausgesetzt, da diese großflächig und in erheblichen Mengen offen in die Umwelt ausgebracht werden. Der Inlandabsatz belief sich 2015 auf 34.238t Wirkstoffe für berufliche Verwendungen und auf 514t für nicht-berufliche Anwendungen wie in Haus- und Kleingärten oder auf öffentlichem Grün⁵⁶. Die Bundesregierung kündigt auf Basis des politischen Bekenntnisses zu einem nachhaltigen, also dauerhaft umweltgerechten Pflanzenschutz durch die EU-Rahmenrichtlinie („Sustainable Use Directive“ RL 2009/128/EG) in ihrem Nationalen Aktionsplan (NAP⁵⁷) weitergehende Maßnahmen an, um den Eintrag von PSM in Grund- und Oberflächengewässer zu verhindern oder zu mindern.

Abbildung 5

Schematische Darstellung möglicher Eintragspfade von Pflanzenschutzmitteln in die Gewässer



Quelle: Umweltbundesamt Daten: BVL (2016)

Nach Auffassung des Umweltbundesamtes sind die im NAP festgeschriebenen Ziele im Bereich Umwelt- und Naturschutz jedoch zu wenig ambitioniert, um eine substanzielle Verbesserung herbeizuführen. Zudem sind die mit den Zielen verbundenen Maßnahmen zu unverbindlich, zu wenig konkret und werden teilweise nur unzureichend umgesetzt. In seinem 5-Punkte-Programm⁵⁸ hat das Umweltbundesamt die Grundprinzipien für einen nachhaltigen Pflanzenschutz dargelegt, die zugleich als Richtschnur für die im Folgenden vorgeschlagenen Maßnahmen dienen.

Durch die zumeist offene Ausbringung können Pflanzenschutzmittel auf sehr unterschiedlichen Wegen in Gewässer eingetragen werden (Abbildung 5). Zu den wesentlichen Pfaden zählen diffuse Einträge über Spray- und Staubabdrift bei der Anwendung, Oberflächenabfluss, direkte Versickerung, Drainagesysteme, Uferfiltration oder Verflüchtigung mit anschließender

Deposition sowie punktuelle Einträge wie Hofabläufe bei unsachgemäßer Spritzenreinigung.

Um unvermeidbare Auswirkungen von PSM zu verhindern, besteht ein strenges Prüf- und Zulassungsverfahren gemäß europäischer Zulassungsverordnung (EG) Nr. 1107/2009 in Verbindung mit dem deutschen Pflanzenschutzgesetz (PflSchG). Jedoch kann dieses unerwünschte Einträge und Auswirkungen von PSM in Gewässer nicht vollständig verhindern. Dies kann u. a. begründet sein durch Bewertungslücken in den Verfahren, nicht abschließend einschätzbare Restrisiken, die isolierte Betrachtung von Einzelanwendungen (Indikationszulassung) statt der Gesamtfracht an PSM, aber auch durch unsachgemäße Anwendung von PSM oder die Nichtbeachtung von festgelegten Risikominderungsmaßnahmen wie Abstandsauflagen.

Auf Basis der Grundprinzipien des 5-Punkte-Programms für einen dauerhaft umweltgerechten Pflanzenschutz haben wir solche Maßnahmen in Bezug auf den Gewässerschutz ausgewählt, welche

- ▶ die Abhängigkeit vom chemisch-synthetischen Pflanzenschutz signifikant verringern und damit die Gesamtfracht an PSM in die Umwelt mindern,
- ▶ die Risiken und Auswirkungen für die menschliche Gesundheit und die Umwelt besser identifizieren und kommunizieren,
- ▶ den identifizierten Risiken durch verbesserte Standards und Risikomanagement begegnen und
- ▶ überprüfbar machen, ob der mit der Zulassung angestrebte Gewässerschutz in der Realität auch tatsächlich erreicht wird.

6.4.1 Schaffen und Verbessern von Bewertungsgrundlagen und Bewertungsmaßstäben

- ▶ **Prospektive Risikobewertung im Zulassungsverfahren und Monitoringdaten zusammenführen**

Um zu überprüfen, ob das in der Umweltrisikobewertung angestrebte Schutzniveau für Gewässer in der Realität auch tatsächlich erreicht wird, sind Monitoringdaten unerlässlich, die einen Vergleich mit der prospektiven Risikobewertung (einschließlich Risikomanagementmaßnahmen) im Zulassungsverfahren von PSM erlauben. Zur Ermittlung des Belastungszustandes gehört das zeitliche und räumliche Auftreten von Stoffkonzentrationen (chemisches Monitoring) wie auch ein biologisches Monitoring, wodurch auch Effekte erfasst werden können, die in der Risikobewertung bislang nur unzureichend abgeschätzt werden (z. B. indirekte Effekte, Auswirkungen von Spritzfolgen sowie Kombinationswirkungen). Anpassungen in der Risikobewertung von PSM könnten die Folge sein.

Ab 2018 sieht der Nationale Aktionsplan (NAP) eine bundesweite repräsentative Stichprobe zur Belastung von kleinen Gewässern in der Agrarlandschaft vor. Ein Konzept für ein ereignisbezogenes **Kleingewässermonitoring** befindet sich derzeit in Abstimmung. Darin werden auch die Empfehlungen des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU)⁵⁹ aufgegriffen, wonach das

stoffliche Monitoring der Oberflächengewässer stärker als bisher ereignisbezogen erfolgen sollte und Probenahmen insbesondere dann stattfinden sollten, wenn mit Einträgen zu rechnen ist.

Die für 2018–2020 im NAP geplante Umsetzung ist jedoch aufgrund der finanziellen und personellen Ausstattung der für das Monitoring zuständigen Länderbehörden nicht gesichert. Gleichzeitig wurde durch die Länder die Verwirklichung des Verursacherprinzips in der Finanzierung eingefordert. Um jedoch langfristig die Qualitätsziele aller Gewässer zu erreichen, muss regelmäßig überprüft werden, ob in den Kleingewässern die in der Zulassung geltenden regulatorisch akzeptablen Konzentrationen (RAK) für PSM-Wirkstoffe und ihre Abbauprodukte eingehalten werden. Für das geplante Kleingewässermonitoring müssen somit die haushaltsrechtlichen Voraussetzungen geschaffen und offene Fragen zügig zwischen dem Bund und den Ländern (Bereiche Umwelt und Landwirtschaft) geklärt werden.

- ▶ **Risiken identifizieren und Informationen nutzbar machen**

Um die mit der Verwendung von PSM verbundenen Risiken und Auswirkungen auf Gewässerorganismen besser zu beschreiben und zu bewerten, müssen Wissenslücken über Stoffe, deren Verbreitungspotential und das Nebenwirkungspotential auf die Umwelt identifiziert, neue Erkenntnisse aufgegriffen und im Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln berücksichtigt werden. Es gilt, das strenge Zulassungsverfahren mit seinem Vorsorgeprinzip konsequent fortzuführen und die Methoden der Risikobewertung kontinuierlich anzupassen.

Besondere Bedeutung bei der Abschätzung der Umweltrisiken kommt Daten zur Anwendung von PSM zu. Hinsichtlich des Zugangs zu Anwendungsdaten bestehen jedoch große Defizite. Das BMEL als federführendes Ministerium für Pflanzenschutz sollte den freien Zugang zu bestehenden Anwendungsdaten sicherstellen sowie für einen geeigneten Rahmen sorgen, um – unter Beachtung der Anforderungen an den Datenschutz – die durch die Dokumentationspflicht generierten Aufzeichnungen in räumlich und zeitlich geeigneter Auflösung allen Stakeholdern, einschließlich der Forschung, verfügbar zu machen.



6.4.2 Maßnahmen an der Quelle und bei der Anwendung

► **Schaffung dauerhaft bewachsener Gewässerrandstreifen**

Permanent bewachsene Gewässerrandstreifen sind eine anerkannte Maßnahme, um (diffuse) Einträge in Gewässer zu reduzieren. Bewachsene Randstreifen wirken direkt an den für den Naturhaushalt besonders bedeutsamen kleinen Gewässern in der Agrarlandschaft, die durch ihre Nähe zu den mit PSM behandelten Flächen und ihr geringes Wasservolumen am stärksten von PSM-Einträgen betroffen sind. Der NAP sieht diesbezüglich bereits vor, dass Oberflächengewässer in direkter Nachbarschaft zu landwirtschaftlich genutzten Flächen in 2018 zu 80 % mit dauerhaft bewachsenen Randstreifen ausgestattet sein sollen, in 2023 dann zu 100 %. Als länderspezifisches Fernziel sollen an allen Oberflächengewässern der Agrarlandschaft Pufferstreifen ohne PSM-Anwendung etabliert werden. Eine Erhebung zum Status Quo für das Jahr 2010 hat ergeben, dass bislang an den oben genannten Oberflächengewässern die mittlere Randstreifenbreite nur 1,9 m beträgt und nur 38 % dieser Gewässerstrecke dauerhaft bewachsene Randstreifen der im NAP angestrebten Zielbreite von 5 m aufweist.

Für die Neuanlage von Gewässerrandstreifen bzw. die Ausweitung bestehender Randstreifen ist eine Inanspruchnahme von Ackerfläche unvermeidbar. Mehrere Möglichkeiten der Umsetzung kommen in Betracht. Direkt und umfassend wirksam wäre eine bundesweit verbindliche Regelung im Wasserhaushaltsgesetz (WHG). Auch Länder könnten über die Öffnungsklausel zum §38 WHG bereits jetzt in ihren Wassergesetzen strengere Regelungen erlassen. Des Weiteren

besteht für Landwirte, gefördert über die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP, 1. Säule), die Möglichkeit Gewässerrandstreifen als ökologische Vorrangflächen (ÖVF) auszuweisen. Über eine höhere Wertung von ÖFV-Gewässerrandstreifen (höhere Punktezahl als für den Schutz der Umwelt weniger wirksame Maßnahmen) könnte eine deutlich verstärkte steuernde Wirkung erzielt werden. Zudem kann die Anlage von Gewässerrandstreifen als Agrarumweltmaßnahme (GAP, 2. Säule) gefördert werden, wozu die Länder entsprechende Förderschwerpunkte setzen und der Bund einen größeren Teil der Mittel der ersten in die zweite Säule verschieben sollte. Dabei ist eine Erhöhung des Umschichtungssatzes auf die EU-rechtlichen 15 % erforderlich. Ein Fortbestand dieser Form der Randstreifen auf Ackerfläche ist allerdings nur bei dauerhaft fortgeführter Förderung, Ankauf der Flächen durch die öffentliche Hand oder Enteignung gesichert. Als Ultima Ratio ließe sich auch über das Pflanzenschutzrecht die Anwendung von PSM an das Vorhandensein ausreichender Gewässerrandstreifen knüpfen.

Die Umsetzungsmöglichkeiten beinhalten jeweils synergistische Wirkung auf Einträge von Nähr- und Schwebstoffen. Vor dem Hintergrund der aufgezeigten Handlungsoptionen ist vor allem ausreichender Handlungswille seitens der Politik und der jeweiligen Akteure gefragt.

- **Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduzieren**
Gewässerbelastungen mit PSM hängen entscheidend von der Gesamtintensität des real praktizierten chemischen Pflanzenschutzes ab. Wir brauchen Maßnahmen, die den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln insgesamt reduzieren. Die stetig steigenden Absatzzahlen von PSM untermauern

den Handlungsbedarf. Erfolgreich wäre der Verzicht auf einen chemisch-synthetischen Pflanzenschutz durch eine verstärkte Förderung und Verbreitung des Ökolandbaus sowie die (Weiter-)Entwicklung nicht-chemischer Bekämpfungsmethoden. Dass auch vier Jahre nach der Einführung des NAP in 2013 erst 6,5 % der Agrarfläche ökologisch bewirtschaftet werden, ist nicht akzeptabel. Der Bund und die Länder sind aufgefordert, ausreichende Förderprogramme aufzulegen und Hindernisse einer Umstellung abzubauen.

Zudem sollten Verbote bzw. **weiterführende Anwendungsbeschränkungen in bestimmten Gebieten wie in Haus- und Kleingärten**, auf öffentlichem Grün, in Naturschutzgebieten oder Wasserschutzgebieten ausgesprochen werden sowie der freiwillige Verzicht beispielsweise auf kommunaler Ebene (Pestizidfreie Kommune) unterstützt und vorangebracht werden. Die Akteure auf Bundes-, Länder- und kommunaler Ebene sind durch Ermächtigungsgrundlagen im Pflanzenschutzgesetz handlungsfähig, die Umsetzung bleibt bislang jedoch hinter den Möglichkeiten zurück.

- ▶ **Bessere Standards setzen und durchsetzen**
Je besser eintragsmindernde (technische) Maßnahmen etabliert sind und standardisiert umgesetzt werden, umso effektiver reduzieren sie Gewässerinträge. Verbesserte **Landschaftsstrukturen und erosionsmindernde Anbautechniken** könnten beispielsweise einem Oberflächenabfluss bereits auf der Ackerfläche entgegenwirken. Ergänzend dazu wirken die oben genannten dauerhaft bewachsenen Gewässerrandstreifen. Daneben brauchen wir die Entwicklung neuer intelligenter Lösungen im Bereich einer Anwendungstechnik, die sich der Minderung der Umweltexposition verpflichtet sieht. Eine signifikante Reduzierung der Gesamtfracht in Gewässer ließe sich aber bereits mit der jetzt verfügbaren Technik erreichen, insbesondere durch die Anwendung der besten verfügbaren Technik z. B. durch Festlegung eines **Mindeststandards abdriftreduzierender Anwendungstechnik**. Die Niederlande und Dänemark machen es uns vor.

Inkonsistenzen zwischen Wasser- und Pflanzenschutzregelungen beispielsweise im Umgang mit

Tabelle 5

Bewertungsmatrix für ausgewählte Maßnahmen für den Bereich Pflanzenschutzmittel

Maßnahmen	Wirksamkeit	Stoffspezifisch/ Breitband	Kosten	Zeitlicher Wirkhorizont	Umsetzbarkeit
Schaffung dauerhaft bewachsener Gewässerrandstreifen	+	Br.	o	1	+
Anteil ökologisch bewirtschafteter Flächen erhöhen	+	Br.	o	1-2	+
PSM-Einsatz in bestimmten Gebieten weiter einschränken oder vermeiden	+	Br.	o	2	+
Bessere Standards setzen und durchsetzen	+	Br.	o	1	+
Prospektive Risikobewertung und Monitoring zusammenführen	+	Spez.	o	2	+
Räumlich und zeitlich aufgelöste Daten zur Anwendung von PSM verfügbar machen	+	Br.	o	2	+
Defizite und Bewertungslücken im Genehmigungs- und Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln abbauen	+	Br.	+	1-3	+

Erwartete Wirkung: (+ hoch), (0 moderat), Maßnahme ist einzelstoffspezifisch (spez.) oder wirkt über ein breites Stoffspektrum (br.)
Zeitlicher Wirkhorizont: (1= kurzfristig < 5 Jahre), (2=mittelfristig < 10 Jahre), (3= langfristig > 10 Jahre)
Kosten: (+ gering), (0 moderat), (- hoch)
Umsetzbarkeit: (+ direkt umsetzbar), (o noch nicht unmittelbar umsetzbar), (- noch deutliche Defizite/Handlungsbedarf (Forschungsbedarf, Finanzierung, Akzeptanz))

Quelle: Umweltbundesamt (Experteneinschätzung)

nicht-relevanten Metaboliten, die sich zunehmend als Problemstoffe in Gewässern herausstellen, gilt es zu beseitigen. Auch bei der **Festsetzung von Schwellenwerten** ist Dänemark Vorreiter. Der Bund und die Länder, zusammen mit den Wasserversorgern sollten sich, dem Vorsorgeprinzip folgend, auf einheitliche Leitwerte auch für solche Stoffe verständigen, denen (bisher) kein bekanntes (öko)toxikologisches Potential zugeschrieben wird.

Maßnahmen liegen somit weniger auf der Seite der Machbarkeit sondern sind vielmehr in einem unzureichenden Handlungswillen seitens der Agrarpolitik und der jeweiligen Akteure zu sehen.

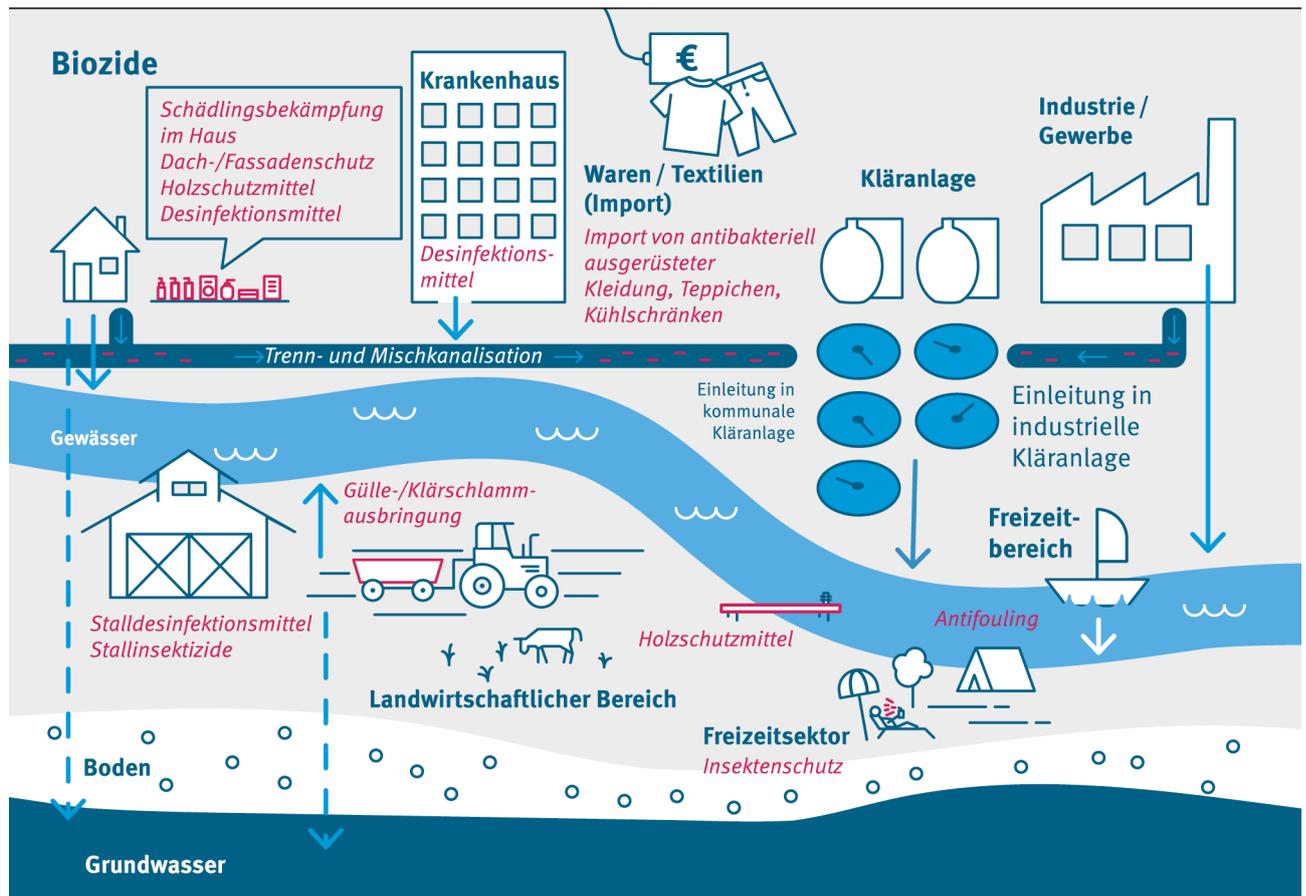
6.5 Biozide

Biozide umfassen Schädlingsbekämpfungsmittel (z. B. Insektizide, Rodentizide), Desinfektionsmittel und Materialschutzmittel. Viele Produkte werden in direkter Umgebung des Menschen angewendet, z. B. im Haushalt. Aufgrund der Vielzahl an Anwendungen erreichen Biozide die Umweltmedien auf sehr verschiedenen Eintragspfaden (Abbildung 6). Da viele biozide Wirkstoffe auch in Pflanzenschutzmitteln eingesetzt werden, ist aus Funden in den Gewässern allerdings kein eindeutiger Rückschluss auf die Verwendung möglich.

Die ausgewählten Maßnahmen zeichnen sich fast vollständig durch eine hohe erwartete Wirksamkeit auf ein breites Stoffspektrum aus, die zumeist kurz- bis mittelfristig unter Einsatz geringer bis moderater Kosten erwartet werden können (Tabelle 5). Die Widerstände seitens der meisten Interessenvertreter der konventionellen, vorrangig am chemischen Pflanzenschutz orientierten Landwirtschaft sind gleichwohl weiterhin groß. Hindernisse bei der Umsetzung der

Abbildung 6

Schematische Darstellung möglicher Eintragspfade von Bioziden in die Gewässer



- > Einträge aus diffusen Quellen: Sprayabdrift, Oberflächenabfluss, Drainage, Versickerung ins Grundwasser
- > Punktquellen: Einträge in die Kanalisation und aus Kläranlagen
- - - - Schadstoffe

Quelle: Umweltbundesamt

Ein prominentes Beispiel für den direkten Eintrag von Bioziden in Oberflächengewässer ist die Freisetzung von Antifoulingwirkstoffen aus Schiffsanstrichen. Die Substanzen können hochtoxisch sein und schaden damit aquatischen Ökosystemen. Eine weitere spezielle Biozidanwendung, aus der ebenfalls direkte Einträge in die Oberflächengewässer resultieren, stellt die flächendeckende Bekämpfung von Stechmücken an Gewässern dar. Hierbei werden Biozide teilweise großflächig, u. a. mit Hilfe von Hubschraubern, ausgebracht.

In städtischen Bereichen, in welchen ein Trennkana­lisationssystem vorliegt, werden diverse Schutzmittel z. B. aus Fassaden mit dem Niederschlagswasser ausgewaschen und anschließend direkt in die angeschlossenen Gewässer eingeleitet, wobei sich die Aufbereitung in der Regel auf den Rückhalt vor der Einleitung in die Kanalisation (z. B. Mulden-Rigolen) oder Sedimentation in Rückhaltebecken im Kanalsystem beschränkt.

Ein Großteil der Biozide gelangt jedoch über indirekte Einträge in die Umwelt. Indirekt deshalb, weil diese Stoffe die Gewässer oder den Boden erst über einen Zwischenschritt erreichen. In Gewässer erfolgen die Einträge im Wesentlichen über Kläranlagen. Ein Eintrag in die Kläranlage ist für sehr viele Biozide aus verschiedenen Produktarten bekannt, vor allem für Desinfektionsmittel. Wird in dem betroffenen städtischen Bereich Niederschlagswasser in der Mischkanalisation gesammelt, werden auch Schutzmittel, die an Fassaden und Dächern zum Einsatz kommen, in das kommunale Abwasser eingetragen. Bei Starkregenereignissen, die Regenüberläufe zur Folge haben, werden die Biozide mit dem Abwasser zeitweise auch direkt in die Oberflächengewässer eingebracht.

Ein indirekter Eintrag von Bioziden über die Gülle in den landwirtschaftlich genutzten Boden findet sowohl für Desinfektionsmittel, die für die Hygiene im Veterinärbereich eingesetzt werden, als auch für Schädlingsbekämpfungsmittel, die in Tierställen verwendet werden, statt. Nach dem Aufbringen der Gülle können die darin enthaltenen Biozide bzw. relevante Transformationsprodukte durch Regen in Oberflächengewässer abgeschwemmt oder in tiefere Bodenschichten bis hin zum Grundwasser transportiert werden.

Eine Aussage über die Frachten von Bioziden in die Gewässer und das Ausmaß der Umweltbelastung können wir derzeit nicht treffen. Einerseits fehlen dazu sowohl für Deutschland als auch für die EU die Daten zu Verkaufs- bzw. Verwendungsmengen von Biozidprodukten und andererseits ist momentan keine systematische Überwachung von Bioziden in der Umwelt vorgesehen. In das Regime der Wasserrahmenrichtlinie zur Auswahl, Bewertung und dem Monitoring von Stoffen sind Biozide wie andere Stoffgruppen auch einbezogen (siehe Kapitel 3). Als Beitrag zur Verringerung der Einträge von Mikroverunreinigungen in Gewässer besteht das übergeordnete Ziel darin, die Anwendung von Bioziden auf das notwendige Mindestmaß zu beschränken und unnötige Umweltbelastungen durch eine möglichst zielgerichtete Anwendung zu reduzieren. Darüber hinaus sollen biozidfreie Alternativen gestärkt werden. Zur Erreichung dieses Ziels tragen Maßnahmen im Rahmen des Vollzugs der europäischen Biozidprodukte-Verordnung (EU 528/2012) bei (z. B. Ausschluss bzw. Substitution bedenklicher Stoffe, Risikominderungsmaßnahmen, Anwendungsbeschränkungen und Auflagen bei der Zulassung von Bioziden). Diese Maßnahmen schöpfen aber die Möglichkeiten, den Eintrag der Wirkstoffe in die Umwelt zu reduzieren, bei weitem nicht aus. Daher müssen weitere Maßnahmen, die über die bestehenden Regelungen hinausgehen, entwickelt, adressiert und umgesetzt werden.

6.5.1 Schaffen und Verbessern von Bewertungsgrundlagen und Bewertungsmaßstäben

► Systematische Erhebung und Überwachung der Umweltbelastung mit Bioziden

Die Schaffung einer breiten Wissensgrundlage über Emissionen von Bioziden in die Umwelt ist unabdingbar, um Minderungspotentiale zu identifizieren und um Maßnahmen festzulegen. Die Umweltbelastung mit Bioziden in Deutschland sollte erstmals systematisch in verschiedenen Umweltmedien erhoben werden. Diese Erhebung der Belastungssituation kann die Effizienz bestehender Maßnahmen oder weiteren Handlungsbedarf, z. B. die Festlegung von UQN für Biozide, aufzeigen. Aufbauend auf einem in 2016 abgeschlossenem Forschungsvorhaben („Development of cornerstones for a monitoring programme for the assessment of biocide emissions into the environment“)⁶⁰ wurde ein entsprechender Vorschlag für ein bundesweites Messprogramm inklusive der Priorisierung von

relevanten Biozid-Wirkstoffen bereits vom UBA erarbeitet⁶¹. Die Umsetzung dieser Maßnahme liegt in der Verantwortung der Bundesländer (z. B. Implementierung in bestehende Messprogramme oder Durchführung von Messkampagnen). Ein Ordnungsrahmen für ein bundesweites Monitoring würde zu einer Verstärkung und Vereinheitlichung des Monitorings führen.

6.5.2 Maßnahmen an der Quelle

► Erarbeitung eines untergesetzlichen Regelwerkes

Die bisherigen Erfahrungen aus der Zulassung von Biozidprodukten haben gezeigt, dass weiterer Regelungsbedarf besteht. Es ist erforderlich, rechtliche Vorgaben zur Sachkunde, Abgabe, der guten fachlichen Praxis, der Erhebung von Verkaufs- und Verwendungsdaten, zu Anforderungen an Geräte zur Biozidausbringung, zum Schutz sensibler Gebiete und zum Verbot der Luftausbringung von Bioziden in einem untergesetzlichen Regelwerk zu schaffen. Dieses Regelwerk ist dringend notwendig, um bestehende Regelungslücken zu schließen und entsprechende Risikominderungsmaßnahmen rechtssicher erlassen und umsetzen zu können. Beispielsweise würde die Einführung von Regelungen zur Abgabe von Biozidprodukten sicherstellen, dass Biozidprodukte, die z. B. nur für sachkundige Anwender zugelassen wurden, um eine sachgerechte Anwendung sicherzustellen, auch nur an solche abgegeben werden. Erste Überlegungen zur inhaltlichen und formalen Ausgestaltung sind bereits erarbeitet, die Umsetzung durch den Gesetzgeber steht jedoch noch aus.

Ähnlich verhält es sich mit rechtlichen Vorgaben für die Sachkunde. Diese würden ermöglichen, dass erforderliche Sachkunden für die Verwendung bestimmter Biozidprodukte festgelegt und damit Voraussetzungen für die Beschränkung der Anwenderkategorien in den Zulassungen geklärt würden. Gleichzeitig wäre sichergestellt, dass Sachkundige in der Lage sind, Biozidprodukte umwelt- und sachgerecht sowie möglichst effektiv anzuwenden.

Mithilfe der Erhebung von Verkaufs- und Verwendungszahlen (Absatzdaten) von bioziden Wirkstoffen und Biozidprodukten könnten die voraussichtlichen Einträge und Umweltbelastungen besser eingeschätzt, Anwendungen und Wirkstoffe priorisiert und gezielt Maßnahmen

zur Emissionsminderung abgeleitet werden. Die Rechtsgrundlage für eine Verordnung zur Datenerhebung ist vorhanden (§12h (2) Nr. 2 Chemikaliengesetz). Es bedarf nun dringend der Umsetzung der Regelung.

► Verzicht auf Antifoulingprodukte in sensiblen Gebieten

Eine weitere effektive Maßnahme ist die Einführung des Verzichts auf Antifoulingprodukte auf Booten in sensiblen Gebieten bzw. Naturschutzgebieten. Aus biozidhaltigen Antifoulingbeschichtungen von Booten werden die Wirkstoffe direkt in das umgebende Wasser abgegeben. In sensiblen Ökosystemen bzw. in geschützten Arealen sollten deshalb biozidfreie Alternativen zum Einsatz kommen. Der Verzicht auf biozidhaltige Bootsanstriche sollte in die Schutzbestimmungen der jeweiligen Schutzgebiete aufgenommen werden. Der direkte Eintrag von Bioziden in Gewässer in besonders geschützten Gebieten kann damit effektiv verhindert werden.

6.5.3 Maßnahmen bei der Anwendung

► Aufklärung und Kommunikation

Biozidprodukte werden oft von nicht-sachkundigen Personen in Privathaushalten eingesetzt. Aus diesem Grund ist die Aufklärung der Bevölkerung eine wichtige Maßnahme, um einen angemessenen Umgang mit Biozidprodukten zu erzielen. Neben Informationen zum sachgerechten Einsatz der Produkte gehört dazu insbesondere die Aufklärung der Öffentlichkeit über den unnötigen Einsatz der Produkte und mögliche biozidfreie Alternativen bzw. präventive Maßnahmen. Diese Informationen werden u. a. durch das Biozid-Portal (www.biozid.info) bereitgestellt. Ein weiterer Ausbau, eine kontinuierliche Aktualisierung und Weiterentwicklung sowie die Durchführung von Informationskampagnen sind notwendig, um die Effektivität dieser Maßnahme zu erhalten und weitere Zielgruppen zu erreichen.

► Regelungen zu Anforderungen an Geräte zur Ausbringung von Bioziden

Als weiteres Beispiel für eine Maßnahme bei der Anwendung sind gezielte Anforderungen an Geräte zur Ausbringung von Bioziden zu nennen. Insbesondere bei großflächigen Sprühanwendungen können abdriftarme Geräte bzw. eine optimierte

Tabelle 6

Bewertungsmatrix für ausgewählte Maßnahmen für den Bereich Biozide

Maßnahmen		Wirksamkeit	Stoffspezifisch/ Breitband	Kosten	Zeitlicher Wirkhorizont	Umsetzbarkeit
Schaffung eines untergesetzlichen Regelwerks	Abgabe	+	Br.	+	2-3	+
	Sachkunde	+	Br.	o	2-3	+
	Gute fachliche Praxis	+	Br.	o	2-3	+
	Regelungen zu Anforderungen an Geräte zur Ausbringung von Bioziden	+	Br.	o	2-3	-
	Verbot des Sprühens von Biozidprodukten aus der Luft	+	Br.	o	2	-
	Erhebung Verkaufs- und Verwendungsdaten von bioziden Wirkstoffen/Biozidprodukten	+	Br.	o	2-3	+
Einführung des Verzichts auf Antifoulingprodukte in sensiblen Gebieten/Naturschutzgebieten		+	Br.	o	2	+
Systematische Erhebung und Überwachung der Umweltbelastung mit Bioziden		+	Br.	k.A.	2-3	-
Aufklärung und Kommunikation: Aktives Sensibilisieren der Bevölkerung hinsichtlich eines sachgerechten bzw. nachhaltigen Umgangs mit Biozidprodukten		+	Br.	+	1	+

Erwartete Wirksamkeit: (+ hoch), (0 moderat); Maßnahme ist einzelstoffspezifisch (spez.) oder wirkt über ein breites Stoffspektrum (br.)
Zeitlicher Wirkhorizont: (1= kurzfristig < 5 Jahre), (2=mittelfristig < 10 Jahre), (3= langfristig > 10 Jahre)
Kosten: (+ gering), (0 moderat), (k.A. nicht abschätzbar), (- hoch)
Umsetzbarkeit: (+ direkt umsetzbar), (o noch nicht unmittelbar umsetzbar), (- noch deutliche Defizite/Handlungsbedarf (Forschungsbedarf, Finanzierung, Akzeptanz))

Quelle: Umweltbundesamt (Experteneinschätzung)

Anwendungspraxis beitragen, die Emissionen in die Umwelt zu reduzieren.

Ein Großteil der vorgeschlagenen Maßnahmen im Bereich der Biozide bezieht sich auf die Schaffung nationaler untergesetzlicher Regelwerke (Tabelle 6). Die aus den geforderten Vorgaben sowie aus einem Verzicht auf Antifoulingprodukte in bestimmten Gebieten resultierenden Kosten für die Hersteller, Inverkehrbringer bzw. Anwender lassen sich vorerst schwer abschätzen, werden jedoch als gering bis moderat eingeschätzt. Zu den Kosten für die Erhebungen können wir an dieser Stelle keine Aussage treffen, da diese abhängig von deren Umfang sind. Alle Maßnahmen beziehen sich auf ein breites Stoffspektrum. Die erwarteten Eintragsminderungen durch die meisten Maßnahmen können mittel- bis

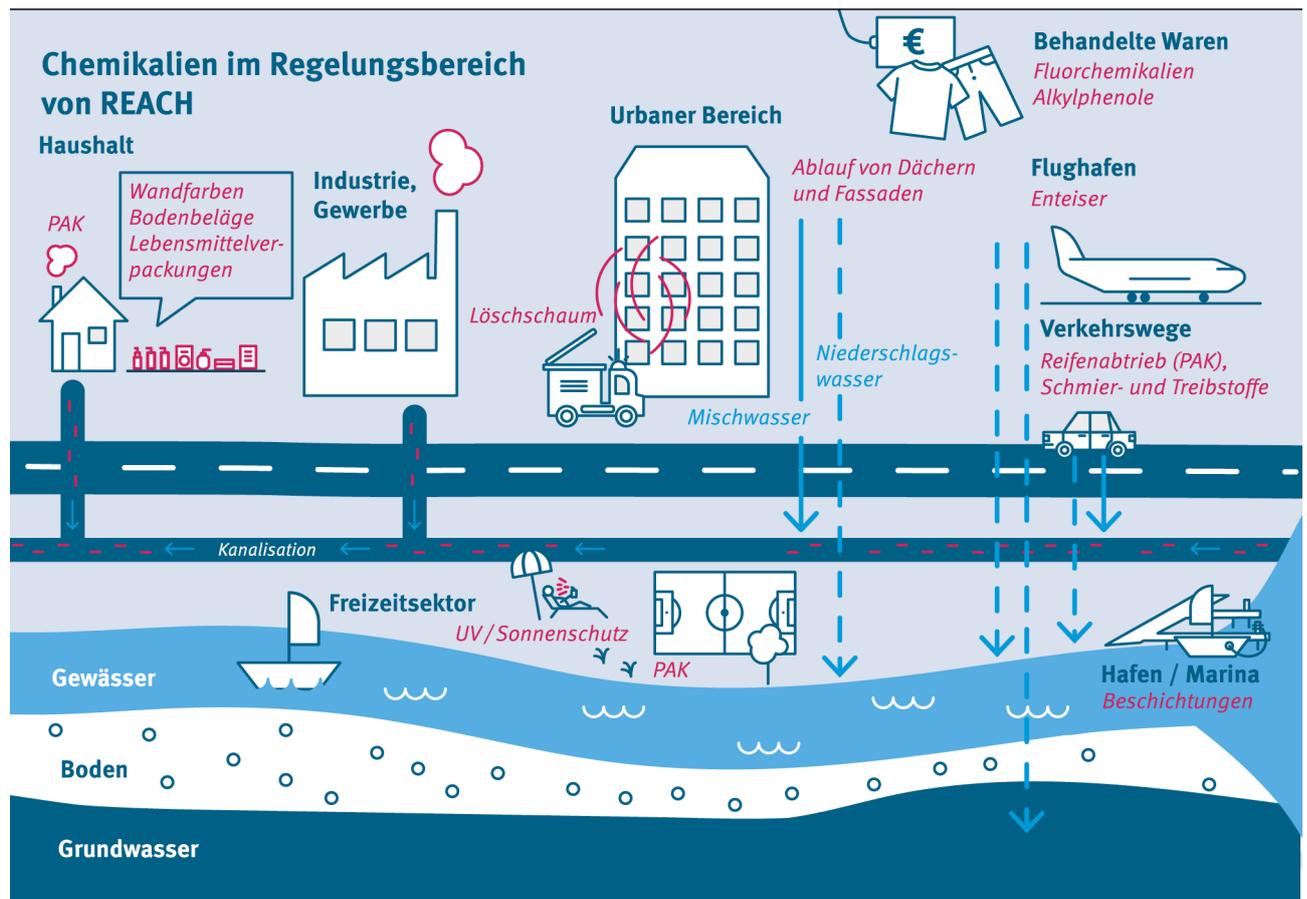
langfristig realisiert werden. Maßnahmen zur Aufklärung und Kommunikation versprechen dagegen eine frühzeitigere Wirksamkeit.

6.6 Chemikalien im Regelungsbereich von REACH

Die EU-REACH-Verordnung⁶² gilt für die meisten technisch hergestellten Stoffe, deren Verwendungen nicht bereits von den anderen rechtlichen Regelungen erfasst werden. Diese können hergestellte oder importierte Bestandteile oder Zusätze sein, die dann in technischen Gemischen oder Erzeugnissen für professionelle Anwender oder Verbraucher verwendet werden, wie beispielsweise in Farben, Klebstoffen oder auch in vielen Alltagsprodukten, wie Reifen, Schuhen, Kleidung oder Spielzeug. Diese Chemikalien müssen in Mengen ab 1 t/a durch die

Abbildung 7

Schematische Darstellung möglicher Eintragspfade von Chemikalien in die Gewässer



---> Einträge aus diffusen Quellen: Sprayabdrift, Oberflächenabfluss, Drainage, Versickerung ins Grundwasser

—> Punktquellen: Einträge in die Kanalisation und aus Kläranlagen

--- Schadstoffe

PAK Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

Quelle: Umweltbundesamt

Unternehmen registriert werden. Dies sind derzeit bis zu 40.000 Stoffe. Mit der Registrierung sind Daten zu Verwendungsmustern der Stoffe sowie wichtigen Eigenschaften und Wirkungen auf Mensch und Umwelt vorzulegen. Zusätzlich zu REACH sind die als gefährlich eingestuft Stoffe unabhängig von der Tonnage noch im Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis (gemäß CLP-Verordnung⁶³) gelistet. Dies sind derzeit circa 114.000 Stoffe.

REACH hat das Ziel unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips ein hohes Schutzniveau für Mensch und Umwelt zu erreichen. Die Unternehmen, die Chemikalien herstellen, importieren oder weiterverwenden, müssen eine sichere Verwendung der Chemikalien im gesamten Lebenszyklus garantieren. Die registrierenden Unternehmen müssen hierzu für gefährliche Stoffe mit Tonnagen ab 10 t/a einen Stoffsicherheitsbericht mit einer Expositionsbe-

wertung erstellen und leiten hierzu PNEC-Werte⁶⁴ sowie die erwartete Umweltexposition (PEC)⁵¹ ab. Die wichtigsten Informationen zum Stoff werden mit Hilfe eines Sicherheitsdatenblattes entlang der gesamten Lieferkette kommuniziert. Alle nachgeschalteten Anwender sind in der Pflicht, mögliche Risiken bei der Weiterverarbeitung der Chemikalien zu beherrschen. Die behördliche Seite⁶⁵ stellt durch die Instrumente Dossier- und Stoffbewertung sicher, dass die notwendigen Informationen zu den Stoffen tatsächlich vorliegen. Stoffe mit bestimmten Risiken können dann gezielt reguliert werden, und zwar über Beschränkungen bestimmter Konzentrationsbereiche oder Verwendungen oder aber über die Identifizierung von besonders besorgniserregenden Stoffen (SVHC) und eine mögliche folgende Zulassungspflicht mit dem Ziel einer Substitution.

Bislang unterliegen einige tausend Stoffe Beschränkungen gemäß Anhang XVII der REACH-VO⁶⁶. Auf der Kandidatenliste mit „besonders besorgniserregenden Stoffen“ sind aktuell 173 Einträge⁶⁷ enthalten, im Anhang XIV der zulassungspflichtigen Stoffe sind 33 Stoffe gelistet. Europaweit gültige sowie flussgebietspezifische Umweltqualitätsnormen für Chemikalien wurden in die Liste der Prioritären Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie mit deren Tochterrichtlinie 2008/105/EG und der nationalen Umsetzung der Oberflächengewässerverordnung aufgenommen.

Wegen der hohen Anzahl an Stoffen und deren unterschiedlichen Verwendungen sind auch die möglichen Expositionswege in Oberflächengewässer sehr vielfältig (Abbildung 7). Genaue Frachten lassen sich nicht benennen. Chemikalien können beispielsweise während ihrer Herstellung, Weiterverarbeitung oder im Laufe ihres Produktlebens direkt oder indirekt über industrielle und kommunale Kläranlagen oder andere Entsorgung in Wasser, Boden oder Luft gelangen. Neben einem Eintrag aus industriellen und gewerblichen Verwendungen (z. B. Autowerkstatt, Gebäudereinigung), können auch bei der Nutzung durch Verbraucherinnen und Verbraucher im haushaltsnahen Bereich Chemikalien aus Produkten (z. B. Geschirrspülmittel, Wandfarben, Textilien, Toilettenpapier, Verpackungen) meist über Abwässer in kommunale Kläranlagen und Klärschlamm gelangen. Dies sind punktuelle Einträge. Zusätzlich gibt es viele diffuse Eintragsmöglichkeiten. Im urbanen Siedlungsbereich können Chemikalien durch eine professionelle Nutzung (z. B. Flugzeugenteiser, Löschmittel), eine Freisetzung aus Gebäuden und Bauprodukten (z. B. Dämmstoffe, Isolieranstriche, Dächer, Kunstrasen), einen Ablauf von Straßen, Flughäfen oder Schienen (z. B. Reifenabrieb, Korrosionsschutz), aus Deponien oder Recyclingprozessen (Druckfarben, Farbentwickler, Verpackungen), aber auch aus dem Freizeitaktivitätsbereich (z. B. UV-Filter in Sonnenschutz, Sportboote) in Gewässer gelangen – auch indirekt über Niederschlag aus der Luft. Direkte Einträge in Gewässer entstehen zudem bei der Nutzung von Chemikalien im Bereich von Wasserstraßen (z. B. Spundwände, Wasserbausteine, Schifffahrt).

6.6.1 Verbessern der Bewertungsmaßstäbe und Bewertungsgrundlagen

► **Verbesserung der Datenverfügbarkeit und Kommunikation**

Eine Untersuchung im Auftrag des UBA hat gezeigt, dass eine Vielzahl der eingereichten Registrierungs dossiers Mängel in den Daten aufwies⁶⁸. Auch wenn nicht geklärt ist, in welchem Ausmaß dies tatsächlich Einfluss auf die sichere Verwendung von Stoffen hat, ist ein Verbessern der Datenverfügbarkeit und Weitergabe entlang der Lieferkette wichtig. Dies liegt in der Pflicht der Unternehmen und wird von Behördenseite aus weiter verfolgt.

► **Erweiterung der REACH-Regelungsinstrumente für Importerzeugnisse**

Die Regelungsinstrumente für Stoffe in Erzeugnissen haben deutliche Defizite und erlauben für Importerzeugnisse nur eingeschränkte Maßnahmen (Beschränkungen beim Vorliegen eines Risikos; ggf. Registrierungspflicht nach Art. 6 (5) REACH-VO). Dies sollte bei der anstehenden Überarbeitung der REACH-VO nachgebessert werden.

6.6.2 Maßnahmen an der Quelle

Die möglichen Regulierungen unter REACH greifen in der Regel „an der Quelle“ und können Stoffeinträge nur mit dem Ziel der Vermeidung von Risiken reduzieren.

► **Nutzung der REACH-Instrumente Zulassung/Beschränkung zur Eintragsreduzierung**

Die bestehenden REACH Instrumente können genutzt werden, um gezielt Stoffe, die als Mikroverunreinigungen in Gewässern auftreten, zu regulieren.

Im Rahmen der **Zulassung und Beschränkung** können Stoffe mit besorgniserregenden Eigenschaften (SVHC)⁶⁹ in einem besonderen Verfahren identifiziert (dauert 1-2 Jahre) und danach über ein Zulassungsverfahren oder eine Beschränkung (s.u.) weiter reguliert werden (dauert 4-7 Jahre). Bei der Erteilung von Zulassungen für zulassungspflichtige Stoffe⁷⁰ sind Auflagen möglich, die sich auch explizit auf Gewässereinträge beziehen können.

Stoffe ohne SVHC-Eigenschaften bei denen aufgrund der vorhergesagten Konzentration in der Umwelt Risiken (PEC/PNEC > 1) erwartet werden,



können über Beschränkungen⁷¹ nach Annex XVII REACH (dauert 3-6 Jahre) reguliert werden. Eine Beschränkung wäre auch für Stoffe möglich, die die UQN im Gewässer überschreiten: so könnten verbindliche Grenzwerte für Eintragswege in die Gewässer festgelegt werden.

Handlungsbedarf besteht darin, für relevante Mikroverunreinigungen Informationen zu gewinnen, die für das stoffrechtliche Verfahren genutzt werden können. Im Rahmen der Stoffbewertung unter REACH können fehlende Informationen bei den Unternehmen nachgefordert werden.

So kann REACH dabei unterstützen, Informationen zu „unbekannten“ Stoffen, über deren Wirkung oder Verwendung bislang nichts bekannt ist, die aber im Gewässer-Monitoring gefunden werden, zu generieren oder aber Hinweise für Stoffe zu erhalten, deren Vorkommen in Gewässern analysiert werden sollten.

Eine noch bessere Verschränkung der REACH-VO mit dem Wasserrecht ist wichtig, auch wenn bereits an einzelnen Stellen der REACH-VO auf die Wasserrahmenrichtlinie Bezug genommen wird und sich in der Umweltqualitätsnormen-Richtlinie inzwischen entsprechende Koordinierungsaufträge mit Bezug zur REACH-VO finden (u. a. Art. 7a).

► **Berücksichtigung von PMT-Stoffen als besorgniserregende Stoffe**

Rohwasserkritische Stoffe, die gleichzeitig **persistent**, im Wasserkreislauf **mobil** und **toxisch** sind (PMT) sollten als besorgniserregend nach Art. 57 (f) REACH-VO eingeschätzt und in Folge dessen als SVHC identifiziert werden. Hierzu hat das UBA in einer Studie Kriterien und ein Bewertungskonzept zum besseren Schutz von Trinkwasser entwickeln lassen, das von Unternehmen und Behörden genutzt werden kann⁷². Die benötigten Informationen zu Verwendungen und Stoffeigenschaften liegen bereits in den REACH-Registrierungsdossiers vor und bedürften einer weiteren Auswertung. Mögliche Vertreter für PMT-Stoffe sind zum Beispiel per- und polyfluorierte Chemikalien, Alkylphenole oder Benzotriazole.

► **Verwendung eines realistischen Verdünnungsfaktors für Kläranlagen in der Expositionsbewertung**

Eine aktuelle Studie⁷³ hat gezeigt, dass der standardmäßig für die Bewertungsexposition angewandte Verdünnungsfaktor von 10 für kommunale Kläranlagen oft und vor allem bei Niedrigwasser zu hoch ist. Eine Anpassung dieses Kläranlagen-Verdünnungsfaktors (auf vorzugsweise 1 bis 2) würde die Expositionsbewertung der zuständigen Zulassungsbehörden realistischer

Tabelle 7

Bewertungsmatrix für ausgewählte Maßnahmen für Chemikalien unter REACH

Maßnahmen	Wirksamkeit	Stoffspezifisch/ Breitband	Kosten	Zeitlicher Wirkhorizont	Umsetzbarkeit
Nutzung der REACH-Instrumente Zulassung/Beschränkung zur Reduzierung des Eintrages einzelner Stoffe die als Mikroverunreinigung auftreten	k.A.	Spez.	k.A.	2-3	o
Vermeidung des Eintrags rohwasserkritischer Stoffe in die Umwelt im Regelungsbereich der EU-Verordnung REACH	+	Spez.	k.A.	2-3	o
Verwendung eines realistischeren KA-Verdünnungsfaktors bei der Expositions-Bewertung von Industriechemikalien	+	Br.	+	2	+

Erwartete Wirksamkeit: (+ hoch), (0 moderat), (k.A. nicht abschätzbar, weil abhängig von Stoff, Verwendung bzw. der getroffenen Maßnahme); Maßnahme ist einzelstoffspezifisch (spez.) oder wirkt über ein breites Stoffspektrum (br.)
Zeitlicher Wirkhorizont: (1= kurzfristig < 5 Jahre), (2=mittelfristig < 10 Jahre), (3= langfristig > 10 Jahre), i.d.R. abhängig von Akzeptanz und Abstimmungsprozessen auf EU-Ebene
Kosten: (+ gering), (0 moderat), (k.A. nicht abschätzbar, weil abhängig von Stoff, Verwendung bzw. der getroffenen Maßnahme), (- hoch)
Umsetzbarkeit: (+ direkt umsetzbar), (o abhängig von Akzeptanz auf EU Ebene), (- noch deutliche Defizite/Handlungsbedarf (Forschungsbedarf, Finanzierung, Akzeptanz))

Quelle: Umweltbundesamt (Experteneinschätzung)

machen. Dadurch werden die Umweltrisiken der Stoffe nicht mehr systematisch unterschätzt und möglicherweise problematische Anwendungen identifiziert. Dies kann z. B. für Monitoringauflagen genutzt werden und zu einer Absenkung der chemikalienrechtlich akzeptierten Eintragsmengen führen.

Die genannten Maßnahmen bedürfen jeweils der Abstimmung mit anderen Mitgliedstaaten bzw. der Europäischen Kommission. Unter der Annahme eines hohen Zuspruchs anderer Mitgliedstaaten könnten die beiden zuerst genannten Maßnahmen kurz- bis mittelfristig umgesetzt werden und eine hohe Wirksamkeit bei geringen Kosten entfalten. Die letztgenannte Maßnahme erfordert hohen Abstimmungsbedarf auf EU-Ebene.

6.6.3 Maßnahmen bei der Anwendung

Die Risikominderungsmaßnahmen in den Produktionsanlagen und weiterverarbeitenden Betrieben sind Teil der sicheren Verwendung von Chemikalien in ihrem Lebenszyklus und deshalb prospektiv mit „Maßnahmen an der Quelle“ abgedeckt. Diese müssen alle nachgeschalteten Anwender verbindlich einhalten. Eine mögliche weitere Maßnahme wäre deshalb eine verbesserte Kontrolle in Betrieben oder von Produkten, bzw. die verstärkte Kontrolle von Im-

portprodukten auf SVHC, die auch durch die Länderbehörden erfolgt.

Derzeit beinhaltet die REACH-VO weder ein allgemeines Gebot der Minimierung des Stoffeintrages in die Umwelt (über die Beherrschung des Risikos hinaus), noch Vorgaben zur Umsetzung von Prinzipien einer nachhaltigen Chemie. Auch dies sind Themen, die das UBA bei der anstehenden Überarbeitung der REACH-VO vorantreiben wird.

Die ersten beiden der vorgeschlagenen Maßnahmen, die im Regelungsbereich von REACH ansetzen, sind stoffspezifisch (Tabelle 7). Die Bewertung von Umsetzbarkeit, Kosten, Wirksamkeit kann daher nicht pauschal beurteilt werden, sondern unterscheidet sich je nach Stoff. Mit einer Eintragsminderung kann mittel- bis langfristig gerechnet werden. Maßnahmen der Risikobewertung und daraus resultierende Minderungsmaßnahmen durch die Unternehmen können jedoch schon kurz- bis mittelfristig wirksam werden. Die Maßnahme zum Verdünnungsfaktor ist nicht stoffspezifisch und bewirkt durch die resultierenden Minderungsmaßnahmen der Unternehmen eine allgemeine Reduzierung von Einträgen, abhängig jedoch vom (durch die Abschätzungsmodelle gegebenen) Spielraum bei der Risiko- bzw. Expositionsbewertung. Alle Maßnahmen sind abhängig von Abstimmungsprozessen und der Akzeptanz auf EU-Ebene.

6.7 Wasch- und Reinigungsmittel, Kosmetika

Die Produktgruppen der Wasch- und Reinigungsmittel (WRM) sowie der Kosmetika unterliegen keiner besonderen Zulassung. Die europäische Detergenzienverordnung (DetergVO, EG 648/2004) regelt lediglich die vollständige aerobe biologische Abbaubarkeit von Tensiden, die in privaten und gewerblichen WRM eingesetzt werden dürfen. Die in der DetergVO zunächst vorgesehene Regelung zur anaeroben Bioabbaubarkeit von Tensiden und zur Begrenzung des Einsatzes von schwer abbaubaren Stoffen ist hingegen gestrichen worden. Darüber hinaus regelt das nationale Wasch- und Reinigungsmittelgesetz (WRMG) auch die primäre Abbaubarkeit von Tensiden aus Kosmetikprodukten. Bei bestimmungsgemäßer Verwendung gelangen WRM und Kosmetika im Wesentlichen über die Kanalisation in die Kläranlagen (Abbildung 8). Dennoch ist der Direkteintrag in die Gewässer durch

Überlaufen der Mischwasserkanalisation bei Starkregenereignissen nicht zu vernachlässigen.

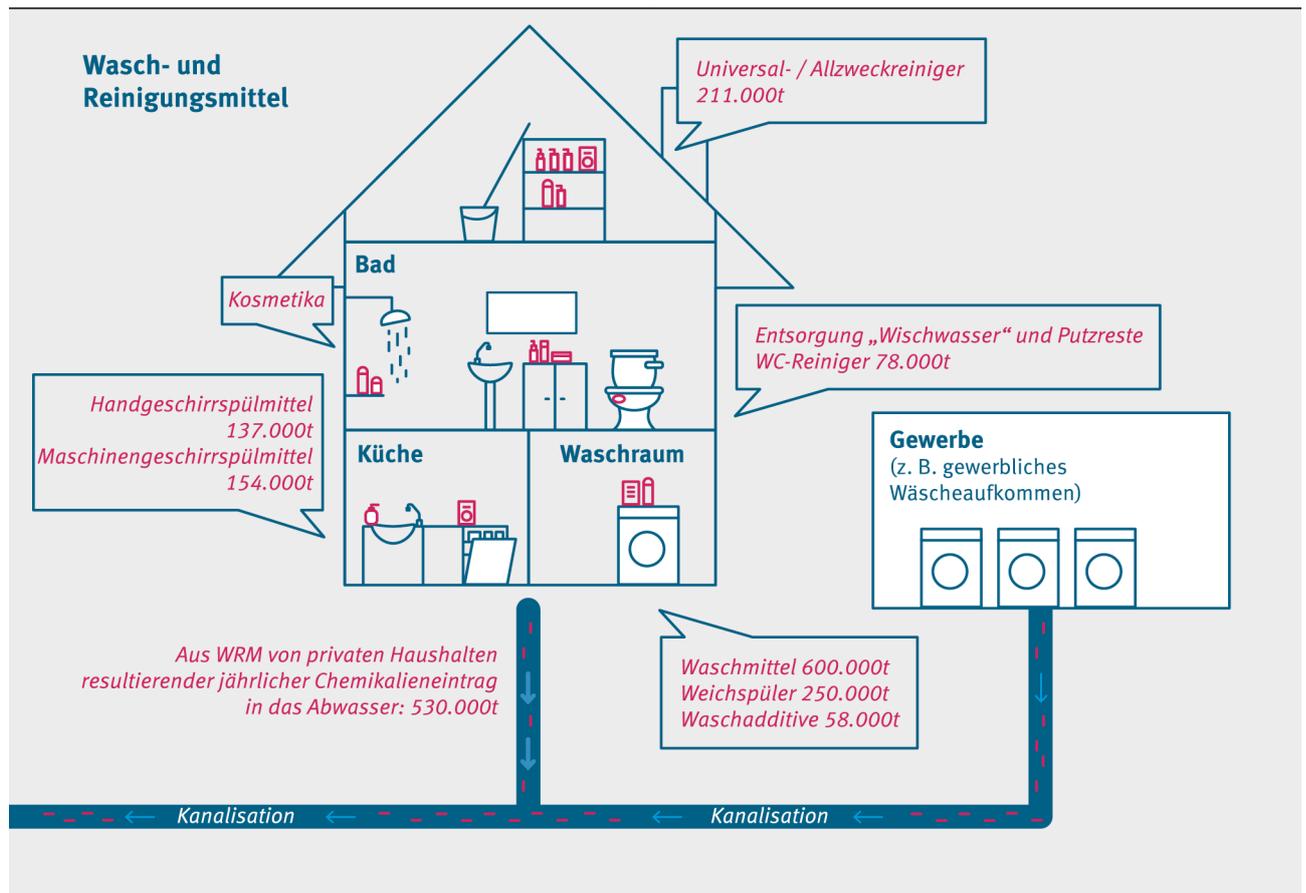
Der aus WRM von privaten Haushalten resultierende jährliche Chemikalieneintrag in das Abwasser beträgt nach Angaben des Industrieverbandes IKW in Deutschland circa 530.470⁷⁴ Tonnen (2015). Darunter sind:

- ▶ Tenside (inklusive Seife): 184.419 Tonnen
- ▶ Phosphate/Phosphonate: 19.444/4.673 Tonnen
- ▶ Duftstoffe: 9.027 Tonnen
- ▶ Enzyme: 5.513 Tonnen
- ▶ optische Aufheller: 434 Tonnen
- ▶ Farbstoffe und Pigmente: 109 Tonnen

Zu dem zuvor genannten Chemikalieneintrag aus privaten Haushalten kommen Einträge aus industriellen und gewerblichen Anwendungen hinzu, über deren Inhaltstoffe und Einsatzmengen wenig be-

Abbildung 8

Einträge aus Wasch- und Reinigungsmitteln in das Abwasser



Die Daten zeigen die jährliche Verbrauchsmenge von Wasch- und Reinigungsmitteln für Privathaushalte in Deutschland (2013) und den daraus resultierenden Chemikalieneintrag in das Abwasser

Quelle: Umweltbundesamt. Daten: IKW (2017)



kannt ist, da keine systematische Erfassung erfolgt. Aufgrund der großen Mengen, die in das Abwasser gelangen, ist davon auszugehen, dass auch Tenside zu den Mikroverunreinigungen beitragen, obwohl die DetergVO ihre vollständige biologische Abbaubarkeit vorschreibt. So ergab ein Forschungsvorhaben, dass lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS) in Gewässern Großbritanniens mit bis zu 100 µg/L gefunden werden⁷⁵. Für Deutschland liegen derzeit keine Daten vor, es ist aber mit ähnlich hohen Konzentrationen zu rechnen.

Die empfohlenen Maßnahmen zur Eintragsminimierung von problematischen WRM-Inhaltsstoffen umfassen Forschungsprojekte zum Vorkommen von schwer abbaubaren Stoffen in der Umwelt, die Erstellung eines Informationssystems zu problematischen Inhaltsstoffen, Informationskampagnen für die Aufklärung der Öffentlichkeit über den nachhaltigen Umgang mit WRM sowie die Weiterentwicklung der Kriterien von Umweltzeichen für WRM.

6.7.1 Schaffen und Verbessern von Bewertungsgrundlagen und Bewertungsmaßstäbe

► **Forschung zum Eintrag schwer biologisch abbaubarer Stoffe aus Wasch- und Reinigungsmitteln in die Gewässer**

Es bedarf einer Diskussion über die Begrenzung schwer abbaubarer Stoffe sowie der Entwicklung von Analyseverfahren als Voraussetzung für ein gezieltes Monitoring. Im Rahmen eines durch das UBA durchgeführten Forschungsvorhabens⁷⁶ wurden bereits verschiedene relevante Stoffgruppen ermittelt (z. B. Duftstoffe, Phosphonate).

Insbesondere für die Gruppe der Organo-Phosphonate in Wasch- und Reinigungsmitteln sollte die Entwicklung von eigenen Analyseverfahren Aufschluss über deren Verbleib in der Umwelt liefern. Problematisch sind zudem die sehr große Vielfalt an Inhaltsstoffen sowie die laufend hinzukommenden Neuentwicklungen mit unbekanntem Tonnagen und Umweltverhalten. So gehören z. B. zur Stoffgruppe der optischen Aufheller verschiedene komplexe Stoffe, für die Analyseverfahren z. T. nicht verfügbar bzw. kostenintensiv in ihrer Entwicklung und Ausführung sind.

► **Erstellung eines Informationssystems zu den Inhaltsstoffen von Wasch- und Reinigungsmitteln**

Ein großer Teil der in WRM eingesetzten Stoffe ist zwar unter REACH registrierungspflichtig, über die Umwelteigenschaften ist jedoch oft wenig bis gar nichts bekannt. Nur sehr vereinzelt sind sie Bestandteil von Gewässer-Monitoring-Programmen (z. B. Benzotriazol). Daher sind weitere Untersuchungen zum Vorkommen von Inhaltsstoffen aus WRM-Produkten in Gewässern nötig. Zunächst sind die problematischen Inhaltsstoffe aus WRM zu identifizieren, die für ein Monitoring relevant sind. Dafür sind u. a. Informationen zur ökotoxikologischen Relevanz erforderlich. Um Stoffe zukünftig bezüglich Monitoring und möglicher Beschränkungen zu priorisieren, baut das UBA derzeit ein eigenes öffentliches Informationssystem auf, das die benötigten Informationen für WRM-Inhaltsstoffe bis spätestens Ende 2018 bereitstellen soll.

► **Weiterentwicklung der Kriterien von Umweltzeichen für Wasch- und Reinigungsmittel**

Produkte mit Umweltzeichen, z. B. „Blauer Engel“ und „EU-Ecolabel“, haben einen geschätzten Marktanteil von 10 bis 15 %. Die Umweltzeichen beinhalten Regelungen zur Begrenzung des Stoffeintrags aus WRM bei der Anwendung sowie zum biologischen Abbau und der Einstufung der Inhaltsstoffe. Die für die Umweltzeichen zuständigen Behörden sollten unter Einbeziehung der Produkthersteller diese Kriterien weiterentwickeln und verschärfen, um den Eintrag schädlicher Inhaltsstoffe zu verringern.

6.7.2 Maßnahmen an der Quelle

Hersteller von WRM sind gesetzlich lediglich verpflichtet, die vollständigen Rezepturen ohne Mengenangaben den Giftinformationszentren und dem Bundesinstitut für Risikobewertung zu melden. Damit ist die systematische Erfassung und Auswertung der Stoffeinträge aus Wasch- und Reinigungsmitteln äußerst schwierig. Hinzu kommt eine breite Palette an Chemikalien, die in WRM zum Einsatz kommen, und die durch neue Produktentwicklungen ständig erweitert wird. Dennoch sind bestimmte Stoffe, wie Nonylphenole und Nonylphenolethoxylate entsprechend der REACH VO Anhang XVII für den Einsatz in Wasch- und Reinigungsmitteln bereits verboten bzw. beschränkt worden. Das Umweltbundesamt prüft kontinuierlich, ob weitere Inhaltsstoffe betroffen sein könnten.

6.7.3 Maßnahmen bei der Anwendung

► **Informationskampagne zum nachhaltigen Umgang mit Wasch- und Reinigungsmitteln**

Die bestehende Öffentlichkeitsarbeit (z. B. durch Flyer, Interviews) über die nachhaltige Beschaffung und Nutzung von Wasch- und Reinigungsmitteln wird kontinuierlich fortgeführt. Gemeinsame Initiativen (z. B. FORUM WASCHEN, Allianz für nachhaltige Beschaffung) mit Stakeholdern aus Industrie, Wissenschaft, Behörden und Verbraucherverbänden können zusätzlich über umwelt-

freundlichere Alternativen von WRM informieren. Des Weiteren entwickelt das Umweltbundesamt das Internetangebot zum Nachhaltigen Waschen und Reinigen kontinuierlich weiter.

► **Informationskampagne zur korrekten Dosierung von Waschmitteln**

Ebenso bedarf es weiterer Bemühungen, um den unnötigen Einsatz von Wasch- und Reinigungsmitteln im Haushaltsbereich (z. B. durch Überdosierung) zu senken. Gemäß Einschätzung des UBA werden Waschmittel von einem überwiegenden Teil der Verbraucher überdosiert. Bei sachgemäßer Dosierung könnte der Waschmitteleinsatz voraussichtlich um circa 20% vermindert werden. Die Arbeit einer Projektgruppe zur Verbesserung/Vereinfachung der Dosierung von WRM im Rahmen des FORUM WASCHEN⁷⁷ muss fortgeführt werden, um die Bevölkerung durch Flyer und geeignete Dosierhilfen für eine korrekte WRM-Dosierung zu sensibilisieren.

Bis auf die Forschung zu schwer biologisch abbaubaren Stoffen aus WRM, die durch hohe Kosten und geringe Anreize erschwert wird, befinden sich die Maßnahmen bereits in der Planung oder Umsetzung (Tabelle 8). Eine Eintragsminderung, die aus den Maßnahmen resultiert, ist zumeist mittel- bis langfristig zu erwarten.

Tabelle 8

Bewertungsmatrix für ausgewählte Maßnahmen im Bereich Wasch- und Reinigungsmittel

Maßnahmen	Wirksamkeit	Stoffspezifisch/ Breitband	Kosten	Zeitlicher Wirkhorizont	Umsetzbarkeit
Forschung zum Eintrag schwer biologisch abbaubarer Stoffe aus WRM in die Gewässer	+	Spez.	-	3	-
Erstellung eines Informationssystems zu Inhaltsstoffen von WRM	+	Spez.	o/+	2-3	+
Informationskampagne zum nachhaltigen Umgang mit WRM	+	Br.	+	2-3	+
Informationskampagne zur korrekten Dosierung von Waschmitteln	+	Br.	+	2-3	+
Entwicklung der Kriterien von Umweltzeichen für WRM	o	Spez.	+	1-3	+

Erwartete Wirksamkeit: (+ hoch), (0 moderat); Maßnahme ist einzelstoffspezifisch (spez.) oder wirkt über ein breites Stoffspektrum (br.)

Zeitlicher Wirkhorizont: (1= kurzfristig < 5 Jahre), (2=mittelfristig < 10 Jahre), (3= langfristig > 10 Jahre)

Kosten: (+ gering), (0 moderat), (- hoch)

Umsetzbarkeit: (+ direkt umsetzbar), (o noch nicht unmittelbar umsetzbar), (- noch deutliche Defizite/Handlungsbedarf (Forschungsbedarf, Finanzierung, Akzeptanz))

Quelle: Umweltbundesamt (Experteneinschätzung)

7. Nachgelagerte/übergreifende Reduzierungsmaßnahmen

7.1 Vierte Reinigungsstufe

Relevanz des kommunalen Abwassers als Eintragspfad

Kommunales Abwasser ist häusliches Abwasser (Abwasser aus Wohngebieten und den dazugehörigen Einrichtungen, vorwiegend menschlichen Ursprungs) oder ein Gemisch aus häuslichem und gewerblichem Abwasser einschließlich Niederschlagswasser.

In Deutschland fallen jährlich circa 10 Mrd. m³ kommunales Abwasser an, das in den kommunalen Kläranlagen behandelt und anschließend in die Oberflächengewässer eingeleitet wird. Davon sind etwa 50 % häusliches und betriebliches Schmutzwasser, etwa 25 % Niederschlagswasser und etwa 25 % Fremdwasser (z. B. Infiltration in undichte Kanäle)⁷⁸.

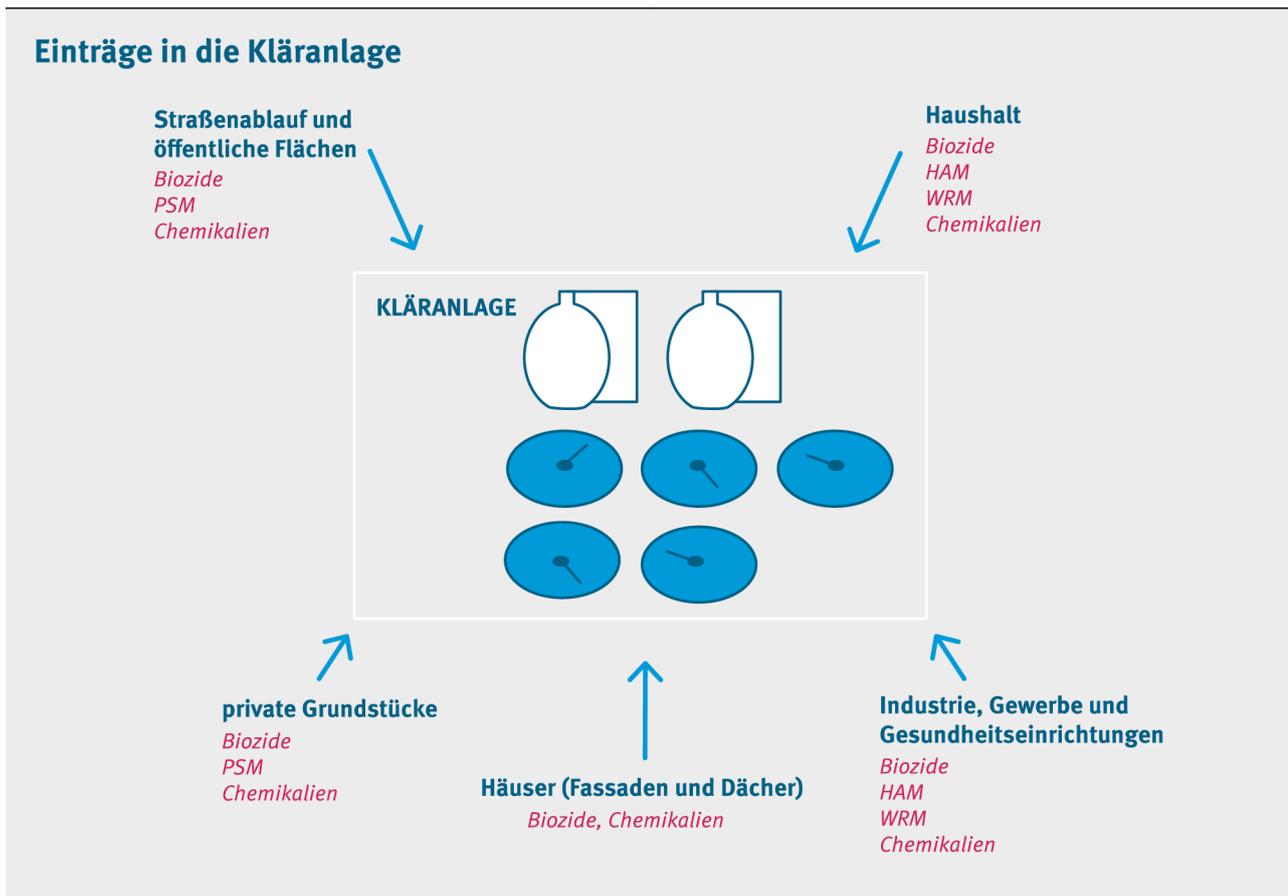
Nahezu 96 % der Haushalte in Deutschland sind an die Kanalisation und damit an Kläranlagen angeschlossen. Insgesamt stehen in Deutschland etwa 9.600 öffentliche Kläranlagen.

Mehr als 97 % des kommunalen Abwassers werden mit einer dreistufigen Abwasserbehandlungstechnik, d. h. mechanische, biologische und chemische Behandlung aufbereitet⁷⁹. Der Großteil (etwa 90 %) der in Deutschland anfallenden kommunalen Abwassermenge wird in circa 2100 Kläranlagen der Größenklassen (GK) 4 und 5 mit einer Ausbaugröße von mehr als 10.000 Einwohnerwerten (EW) behandelt⁸⁰.

Das kommunale Abwasser stellt ein Sammelbecken für viele Stoffe und somit auch für Mikroverunreinigungen

Abbildung 9

Schematische Darstellung möglicher Einträge von Mikroverunreinigungen in die Kläranlage



→ Punktquellen: Einträge in die Kläranlage - - - - Schadstoffe

HAM Humanarzneimittel; TAM Tierarzneimittel; PSM Pflanzenschutzmittel; WRM Wasch- und Reinigungsmittel

Quelle: Umweltbundesamt

gungen dar (Abbildung 9). Daher ist das behandelte Abwasser kommunaler Kläranlagen für viele Mikroverunreinigungen der Haupteintragspfad in die Gewässer. Die Stoffe und Produkte stammen, wie oben beschrieben, aus unterschiedlichen Quellen und Anwendungen: u. a. direkt aus Haushalt und Gewerbe, indirekt durch Depositionen aus der Luft und dem Verkehr auf befestigten Flächen und durch Auswaschungen von Bauwerken, die bei Niederschlagsereignissen in die Kanalisation gespült werden.

Wie Gewässeruntersuchungen in Baden-Württemberg zeigen, korreliert die mittlere Konzentration von Mikroverunreinigungen häufig mit dem Abwasseranteil im Gewässer⁸¹. Weitere Erkenntnisse zu Einträgen von prioritären Stoffen aus Kläranlagen wird ein deutschlandweites Kläranlagenmonitoring liefern⁸².

Die auf kommunalen Kläranlagen angewandten Techniken sind derzeit generell nicht dafür ausgelegt, biologisch schwer abbaubare Verbindungen (u. a. Mikroverunreinigungen) zu eliminieren. Im Anhang 1 „Häusliches und kommunales Abwasser“ der Abwasserverordnung (AbwV) sind bislang keine rechtlichen Anforderungen zu Mikroverunreinigungen enthalten.

Empfohlene Maßnahme

Erst mithilfe einer geeigneten weitergehenden (vierten) Reinigungsstufe lässt sich ein breites Spektrum an anthropogenen Mikroverunreinigungen entfernen⁸³. Einige Kläranlagen, vor allem in Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg, wurden bereits mit einer vierten Reinigungsstufe ausgerüstet. In weiteren Bundesländern (z. B. Berlin, Bayern, Hessen) ist die Aufrüstung von Kläranlagen geplant.

Für die weitergehende Abwasserbehandlung haben sich bislang in der Praxis zwei Verfahren als großtechnisch einsetzbar erwiesen: die Oxidation mit Ozon und die Adsorption an Aktivkohle (Pulveraktivkohle oder granuliert Aktivkohle) oder die Kombination beider Verfahren.

In einer entsprechend ausgerüsteten Kläranlage ist eine Reduzierung vieler Mikroverunreinigungen um mehr als 80 % möglich, wobei der Grad der Elimination stoffspezifisch und technologieabhängig ist.

Sowohl Ozonung als auch Aktivkohlebehandlung erfordern eine Nachbehandlungsstufe. Viele der bei der

Ozonung entstehenden Reaktionsprodukte können in einer nachgeschalteten biologischen Stufe, z. B. Sand- oder Biofilter, oder einer adsorptiven Stufe reduziert werden. Bei einer Aktivkohlebehandlung stellt eine nachgeschaltete Filtration, z. B. ein Sandfilter, einen weitgehenden Partikelrückhalt sicher.

Beide Verfahren können zusätzliche Reinigungseffekte erzielen. Dazu zählen beispielsweise die Verringerung des Gehaltes an organischen Substanzen oder des Phosphors sowie die Verbesserung der hygienischen Ablaufqualität des Abwassers.

Durch einen Ausbau der 230 Kläranlagen der GK 5 könnten 50 % der Abwassermenge in Deutschland behandelt und die Gesamtfracht der in Oberflächengewässer und Meere eingetragenen Mikroverunreinigungen signifikant reduziert werden.

Gegenüber dem Normalbetrieb führt der Betrieb einer weitergehenden Abwasserbehandlung zu einem um durchschnittlich 5–30 % höheren Energieverbrauch⁸⁴. In Abhängigkeit von der Anlagengröße, der Abwasserqualität und dem verwendeten Verfahren kann der Energiebedarf auch höher sein. Dies muss bei der Bewertung der positiven Ergebnisse der Abtrennung von Mikroverunreinigungen und anderen Stoffen aus dem Abwasser berücksichtigt werden. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass zahlreiche Kläranlagen noch erhebliche Potentiale zur Energieeinsparung bzw. -gewinnung besitzen.

Zusammengefasst bietet die stufenweise Einführung der vierten Reinigungsstufe beginnend mit den Anlagen der GK 5 und Anlagen, die in sensitive Gewässer und Gewässer zur Trinkwassernutzung einleiten, die Möglichkeit eine Vielzahl von Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser zu entfernen und den Schutzanforderungen sensibler und zur Trinkwassergewinnung genutzter Gewässer Rechnung zu tragen. Der Ausbau der kommunalen Kläranlagen hätte eine erhebliche Gewässerentlastung zur Folge.

Für die verbindliche Einführung einer weitergehenden Abwasserbehandlung für bestimmte Anlagen müssen die rechtlichen Voraussetzungen, wie eine Änderung der AbwV Anhang 1, die Festlegung von Anforderungen zu Mikroverunreinigungen und ggf. eine Änderung des Abwasserabgabegesetzes (AbwAG) oder anderer Instrumente zur möglichen



Finanzierung der vierten Reinigungsstufe (siehe Kapitel 8), geschaffen werden.

Aufgrund der Erfahrungen mit der Einführung der Nährstoffeliminierung in den 1990er Jahren erscheint – auch in Anbetracht der zu klärenden Finanzierungsfragen – eine Umsetzbarkeit der vierten Reinigungsstufe innerhalb von 10–15 Jahren als realistisch. Im Interesse der Planungssicherheit für Anlagenbetreiber sollten allerdings alsbald die notwendigen Grundsatzentscheidungen getroffen werden.

7.2 Zentrale und dezentrale Niederschlagswasserbehandlung

Relevanz der Eintragspfade

Der Abwasserstrom aus dem urbanen Bereich wird im Wesentlichen über die Kanalisation zur Behandlung auf der Kläranlage abgeleitet und danach in die Gewässer eingeleitet. Daneben gibt es je nach Art des Kanalsystems im Niederschlagsfall weitere Eintragspfade:

- ▶ Bei Mischkanalisation wird durch Regenwasser verdünntes unbehandeltes Rohabwasser abgeschlagen (d. h. unbehandelt an der Kläranlage vorbei in das Gewässer eingeleitet).
- ▶ Bei getrennter Kanalisation wird Niederschlagswasser separat in das Gewässer geleitet.

Bisher liegen keine zuverlässigen Angaben zur frachtmäßigen Relevanz der Mischwasserabschläge für den Eintrag von Mikroverunreinigungen vor. Im Vergleich zum deutlich höheren Volumenstrom der regulären Abwassereinleitungen konventioneller

Kläranlagen wird dieser Eintragspfad als verhältnismäßig gering eingeschätzt. Er kann jedoch relevant werden, wenn Kläranlagen der GK 5 mit einer erweiterten Abwasserbehandlung aufgerüstet werden und der Eliminationsgrad der betrachteten Stoffe hoch ist. Für einige Stoffe stellten Hillenbrand et al. (2016) allerdings eine hohe Eintragsrelevanz aus Mischwasserüberläufen fest. So gelangten z. B. PAK und Nonylphenol zu großen Anteilen (32 % bzw. 28 % der Gesamteinträge) auf diesem Weg in die Gewässer⁸⁵. Aktuell laufen „Qualitative Untersuchungen von Mischwasserentlastungen in Bayern“⁸⁶, in denen die Schadstoffbelastung mit u. a. PAK, Pflanzenschutzmitteln, Bioziden und Arzneistoffen durch Mischwasserentlastungen ermittelt wird.

Untersuchungen zur Schadstoffbelastung von Regenwasser in Berlin⁸⁷ identifizierten Regenwassereinleitungen aus dem Trennsystem neben Klärwerkseinleitungen als wesentlichen Eintragspfad für Mikroverunreinigungen. In Berlin werden laut der Untersuchung organische Mikroverunreinigungen in einer Größenordnung von 1 Tonne pro Jahr über den Regenwasserabfluss eingetragen. Die Frachten sind bei den meisten der im Rahmen des Projekts betrachteten Stoffe im Regen- und Schmutzwasser ähnlich. Für PAKs und Biozide war der Regenwasserabfluss der Haupteintragspfad.

Empfohlene Maßnahmen

Um den Stoffeintrag in die Gewässer zu reduzieren, kommen je nach Kanalsystem verschiedene technische Maßnahmen in Betracht, die dem Stand der Technik entsprechen. Ein Rückhalt von Mikroverun-

reinigungen kann angenommen werden. Allerdings muss die jeweilige Wirksamkeit der Maßnahmen diesbezüglich noch genauer untersucht werden.

Für die Umsetzung der im Folgenden beispielhaft gelisteten Maßnahmen bestehen teilweise technische Regelwerke, jedoch keine verbindlichen rechtlichen Vorschriften.

1. Zwischenspeicherung und Behandlung von Mischwasserabschlägen/-überläufen

- ▶ in Regenüberlaufbecken, Stauraumkanälen und Regenrückhaltebecken;
- ▶ durch Aktivierung von Kanalvolumen oberhalb einer „statischen“ Abflussbegrenzung;
- ▶ durch Maßnahmen der Kanalnetzbewirtschaftung zur gezielten Aktivierung von Speichervolumen (z. B. in Regenbecken, Stauraumkanälen und Kanälen).
- ▶ Retentionsbodenfilter
- ▶ Erhöhung der Mischwasserbehandlung in Kläranlagen

2. Zentrale Behandlung von Niederschlagswasser

- ▶ Regenrückhaltebecken und Retentionsbodenfilter
- ▶ Sedimentation in Regenklärbecken und Schrägkläranlagen

3. Dezentrale Behandlung von Niederschlagswasser

- ▶ Vermeidung von Regenabflüssen durch Entsiegelung, Versickerung und Verdunstung
- ▶ Wahl der Behandlung je nach Grad der Verschmutzung, z. B. Versickerung über die belebte Bodenzone bei geringem Verschmutzungsgrad

Verunreinigungen des Niederschlagswassers sollten bei der Abflussbildung und durch Reduzierung möglicher Quellen für die Mikroverunreinigungen vermieden werden (siehe Kapitel 6). Auch der Bau weiterer Anlagen zur Versickerung oder Speicherung

und Behandlung von Niederschlagswasser kann dazu beitragen, die Schadstofffrachten zu reduzieren.

Gemäß Wasserhaushaltsgesetz soll Niederschlagswasser ortsnah versickert, verrieselt oder über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden (§ 55 Abs. 2). Diese Vorgabe wurde in der AbwV bislang nicht durch spezifische Regelungen konkretisiert. In einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe werden derzeit bundeseinheitliche Anforderungen an Einleitungen von Niederschlagswasser (im Misch- und Trennsystem) diskutiert.

7.3 Dezentrale Abwasserbehandlung aus Gesundheitseinrichtungen

Relevanz der Eintragspfade

Die im kommunalen Abwasser enthaltenen Arzneimittelwirkstoffe stammen zu annähernd 20% aus Einrichtungen des Gesundheitswesens^{88, 89} und zu etwa 80% aus Haushalten. Der Anteil an Röntgenkontrastmitteln, bestimmten Antibiotika und Zytostatika, der aus Krankenhäusern eingetragen wird, liegt höher.

Röntgenkontrastmittel sollten grundsätzlich nicht in die Kanalisation und das Abwasser gelangen, sondern getrennt entfernt werden, da selbst mit der vierten Reinigungsstufe nur wenige Verbindungen eliminiert werden⁹⁰. Röntgenkontrastmittel werden in Krankenhäusern und Röntgenpraxen zu etwa gleichen Teilen eingesetzt, weshalb beide Gesundheitseinrichtungen einbezogen werden müssen. In Pilotprojekten wurden Sammelsysteme zum direkten Einsatz am Patienten (Urinbeutel) erfolgreich erprobt.

Wie vergleichende Untersuchungen zur zentralen und dezentralen Abwasseraufbereitung von Einrichtungen des Gesundheitswesens zur Eliminierung von Mikroverunreinigungen wie Humanarzneimittelwirkstoffen zeigen, ist eine separate Abwasserbehandlung nur in Einzelfällen, d. h. an ausgewählten „hot spots“, sinnvoll⁹¹. Zu ähnlichen Schlussfolgerungen gelangten auch die Forschungsprojekte noPILLS⁹² und Sauber+⁹³. Es konnte kein höherer Eintrag von Arzneimittelrückständen, toxisch wirkenden Substanzen sowie antibiotikaresistenten Bakterien oder Genen aus den untersuchten Einrichtungen des Gesundheitswesens festgestellt werden, was jedoch nicht verallgemeinert werden kann. Deshalb muss jeder Eintragspfad separat analysiert werden, um darauf aufbauend die notwendigen Maßnahmen zu treffen.

Tabelle 9

Bewertungsmatrix für ausgewählte Maßnahmen für den Bereich Abwasser

Maßnahmen	Wirksamkeit	Stoffspezifisch/ Breitband	Kosten	Zeitlicher Wirkhorizont	Umsetzbarkeit
Vierte Reinigungsstufe	+	Br.	o	2-3	+
Weitergehende zentrale Behandlung von Niederschlagswasser	o	Br.	o	2-3	+
Weitergehende dezentrale Behandlung von Niederschlagswasser	o	Br.	o	2-3	+
Weitergehende zentrale Behandlung von Mischwasserabflüssen	+	Br.	o	2-3	+
Getrennte Sammlung/Entsorgung von Röntgenkontrastmitteln	+	Spez.	+	1-2	o

Erwartete Wirksamkeit: (+ hoch), (0 moderat); Maßnahme ist einzelstoffspezifisch (spez.) oder wirkt über ein breites Stoffspektrum (br.)

Zeitlicher Wirkhorizont: (1= kurzfristig < 5 Jahre), (2= mittelfristig < 10 Jahre), (3= langfristig > 10 Jahre)

Kosten: (+ gering), (0 moderat), (- hoch) bzw. **Kostenwirksamkeit:** (+ hoch), (0 moderat), (- gering)

Umsetzbarkeit: (+ direkt umsetzbar), (o noch nicht unmittelbar umsetzbar), (- noch deutliche Defizite/Handlungsbedarf (Forschungsbedarf, Finanzierung, Akzeptanz))

Quelle: Umweltbundesamt (Experteneinschätzung)

Empfohlene Maßnahmen

Der Eintrag von Röntgenkontrastmitteln, einigen Antibiotika und Zytostatika kann durch

1. getrennte Sammlung des Urins in Krankenhäusern (und ggf. Röntgenpraxen) über spezielle Sanitärtechnik (z. B. Installation von Separationstoiletten),
2. Sammlung am Bett im Krankenhaus (spezielle Sammelbehälter), in Röntgenpraxen und im häuslichen Bereich nach der medizinischen Anwendung (Urinbeutel) und
3. Entsorgung nicht verwendeter Röntgenkontrastmittel im Krankenhaus und den Röntgenpraxen über Spezialsammelsysteme reduziert werden.

Unabhängig von der angewandten Methode, ist der gesammelte Urin einer geregelten Abfallentsorgung, d. h. in der Regel einer Verbrennung, zuzuführen. Dabei kann nach Entwicklung einer speziellen Entsorgungslogistik auch Jod aus dem Urin wiedergewonnen werden.

Die Maßnahmen zur getrennten Sammlung und Entsorgung von Röntgenkontrastmitteln sollten routinemäßig in Krankenhäusern und in Röntgenpraxen durchgeführt werden. Idealerweise sollten die Her-

steller der Röntgenkontrastmittel geeignete Urinbeutel zusammen mit ihrem Produkt bereitstellen.

Die Einführung einer 4. Reinigungsstufe zeichnet sich aufgrund des breiten Stoffspektrums von Mikroverunreinigungen (Tabelle 9), die durch diese Maßnahme zu verhältnismäßigen Kosten reduziert werden (siehe Kapitel 8), durch eine hohe Kosteneffizienz aus. Deren praktische Umsetzbarkeit wurde durch den Ausbau von Kläranlagen z. B. in Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg demonstriert⁹⁴. Hemmend wirkt sich die Diskussion um die Umsetzung des Verursacherprinzips, also um die Kostenträgerschaft (Finanzierung), für die Maßnahme aus.

Maßnahmen zur Behandlung von Niederschlagswasser und Mischwasserabflüssen sind technisch umsetzbar. Zu deren Wirksamkeit für den Rückhalt von Mikroverunreinigungen sind noch konkrete Untersuchungen durchzuführen. Während je nach Technologie die Kosten für einzelne Anlagen moderat ausfallen, bedarf eine Abschätzung der bundesweiten Gesamtkosten weitergehender Kenntnisse über die Anlagenanzahl und Finanzierungsmodelle. Für die getrennte Sammlung von Röntgenkontrastmitteln liegen aus den genannten Projekten schon positive Erfahrungen vor, aber letztendlich ist die Akzeptanz der Patienten ein wesentliches Kriterium für die Umsetzung.

7.4 Industrieabwasser

Relevanz der Eintragspfade

Mikroverunreinigungen können auch über Emissionen aus Industrieprozessen in die Gewässer gelangen. Dabei ist zwischen der Herstellung und Weiterverarbeitung von chemischen Stoffen z. B. in Anlagen der chemischen Industrie, und deren Anwendung als chemische Hilfsmittel in Gewerbe- und Industriebetrieben zu unterscheiden. Beide sind hier relevant. Zu Betrieben, die chemische Hilfsmittel einsetzen, zählen z. B. Textilveredlungsbetriebe, Gerbereien, Galvanikbetriebe, Papierfabriken und Chiphersteller. Chemische Hilfsmittel reichen von Komplexbildnern, Tensiden, Konservierungsmitteln, Flammschutzmitteln, Korrosionsschutzmitteln, Konditionierungsmitteln, Lösungsmitteln, Nassfestmitteln, über Biozide bis zu optischen Aufhellern und Farbstoffen. Die meisten dieser Stoffe werden nur in Gewerbe und Industriebetrieben, nicht aber in Privathaushalten eingesetzt.

Unsere Kenntnisse über Art, Anzahl und Menge der Wirkstoffe, ihre Eliminierbarkeit und Bedeutung der in den jeweiligen Branchen eingesetzten Prozess- und Produkthilfsmittel, sind lückenhaft. Dasselbe gilt für Art und Menge der direkt oder indirekt in Gewässer eingeleiteten Industriechemikalien („indirekt“ bedeutet, dass die Betriebe das Abwasser nicht direkt in ein Gewässer einleiten, sondern in die Kanalisation, die dann einer Kläranlage mit biologischer Reinigungsstufe zufließt). In der Regel greifen Untersuchungen zu Mikroverunreinigungen aus Industriebranchen aus der Vielzahl der möglichen Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen exemplarisch nur einige wenige Hilfsmittel in Form von Zubereitungen (Formulierungen) heraus (z. B. EDTA, PFOS, PFOA, Nonylphenol) und schätzen für diese Emissionsfrachten bzw. Stoffeinträge in Gewässer ab.

Bestehende Maßnahmen

Mikroverunreinigungen in Industrieabwasser werden weder auf EU-Ebene, noch auf nationaler Ebene unter Verwendung dieses Begriffes geregelt. Sie werden aber zum Teil indirekt durch Anforderungen an einzelne Stoffe nach den besten verfügbaren Techniken (BVT) in der EU, und dem Stand der Technik (SdT) in Deutschland adressiert.

Auf EU-Ebene regelt die Industrieemissions-Richtlinie (IE-RL) die Anforderungen an den Bau, Betrieb und die Stilllegung von industriellen Anlagen. Größere Industriebetriebe benötigen EU-weit eine Genehmigung

und müssen nach den BVT betrieben werden. BVT schließen Maßnahmen zur Reduktion von Emissionen in Gewässer und speziell auch den Einsatz weniger schädlicher Einsatzstoffe ein. Insofern sind Mikroverunreinigungen durch BVT mit angesprochen. Bislang adressieren die europäischen BVT jedoch nur punktuell Maßnahmen, die das Thema Mikroverunreinigungen berühren (z. B. PFOS im BVT-Merkblatt zur Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoff). Um Mikroverunreinigungen aus Abwassereinleitungen der Industrie zu verringern, kommt es darauf an, den Informationsaustausch zu BVT auf EU-Ebene aktiv zu nutzen. BVT-Schlussfolgerungen sollten auch Anforderungen enthalten, die zu Verringerungen der Emissionen an Mikroverunreinigungen führen. Wenn dies gelingt, wird das in allen EU-Mitgliedsstaaten zu Emissionsminderungen führen.

In Deutschland sind Mindestanforderungen für das Einleiten von Abwasser in Gewässer in der Abwasserverordnung (AbwV) festgelegt. Abwasser darf demzufolge in ein Gewässer nur eingeleitet werden, wenn die Schadstofffracht so gering gehalten wird, wie dies gemäß dem SdT möglich ist. Dies schließt den Einsatz von schadstoffarmen Betriebs- und Hilfsstoffen, sowie die prozessintegrierte Kreislauf- und Rückhaltung von Stoffen ein. Für jede Industriebranche sind in einem eigenen Anhang der AbwV Mindestanforderungen für Abwassereinleitungen festgelegt; über diese werden auch die abwasserbezogenen BVT-Schlussfolgerungen (s.o.) in Deutschland umgesetzt. Einige dieser Anhänge der AbwV enthalten bereits stoffbezogene Anforderungen, wie das Verbot bestimmte unerwünschte Stoffe mit dem Abwasser abzuleiten (Nullemission), oder Anforderungen an die Stoffeigenschaften (biologische Abbaubarkeit, AOX-Gehalt) von verwendeten Chemikalien. Nicht durch konventionelle biologische Kläranlagen entfernbare Schadstoffe müssen bereits im Betrieb durch Substitution oder durch geeignete Vorbehandlung entfernt werden (auch bei in die Kanalisation einleitenden Betrieben). Dies führt zur Verringerung des Gehalts an Mikroverunreinigungen im eingeleiteten Abwasser. Beispiele für stoffbezogene Anforderungen in Anhängen der AbwV sind solche an Ausrüstungsmittel aus der Textilveredlung, an organische Komplexbildner aus der Papierindustrie, oder an per- und polyfluorierte Chemikalien aus Galvanikbetrieben.



Emissionen in Boden und Grundwasser aus Industriebetrieben werden seit August 2017 durch die Vorschriften der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) geregelt. Die AwSV adressiert wassergefährdende Stoffe allgemein, ohne auf potentielle Mikroverunreinigungen direkt Bezug zu nehmen. Sie verfolgt das Ziel der Nullemission über mehrstufige Sicherheitsstandards beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen. Gemäß Wassergefährdungsklassen und eingesetzter Stoffmenge werden technische und organisatorische Anforderungen festgelegt, die einem Mehrbarrieren-System entsprechen (Flüssigkeitsundurchlässige Lager und Böden, Detektionssysteme, Auffangvorrichtungen, ggf. ordnungsgemäße Beseitigung).

Empfohlene Maßnahmen

Um die Emissionen von Mikroverunreinigungen aus dem Bereich Industrie und Gewerbe zu verringern, schlägt das UBA folgende Maßnahmen vor:

- ▶ **Nutzung der potentiellen Synergien zwischen EU-Richtlinien, die Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen von Mikroverunreinigungen zum Gegenstand haben (HazBREF⁹⁵)**
Ziel muss es sein, innerhalb des europäischen Prozesses zur Bestimmung von Emissionsminderungsmaßnahmen (BVT) für Industrieemissionen durch gezieltes Informationsmanagement von Stoffdaten zu Industriechemikalien geeignete BVT zu erarbeiten. Diese wären dann verpflichtend in der gesamten EU umzusetzen. Durch eine Stärkung der Schnittstellen zwischen REACH, der Wasserrahmenrichtlinie und der Industrieemissions-Richtlinie könnte der Vollzug von Maßnahmen zur Reduktion von Freisetzungen von Mikroverunreinigungen in Betrieben verbessert werden. UBA

startete dazu mit 4 EU-Partnerländern im Rahmen des INTERREG *Baltic Sea Region Programme* 2017 ein Projekt. Dieses Projekt (HazBREF) verfolgt das Ziel, zu Stoffen, deren Verwendung über REACH reguliert wird, oder für die Risikominderungsmaßnahmen vorgeschlagen werden (und für prioritäre Stoffe oder Stoffe der Beobachtungsliste der WRRL), auch verbindlich umzusetzende BVT-Schlussfolgerungen zu erarbeiten. An Beispielbranchen wird die Nutzung von im Kontext von REACH gesammelten Stoffdaten und Empfehlungen zum Risikomanagement im BVT-Prozess getestet. Gleichzeitig werden die Ergebnisse genutzt, um die Regulierungsprozesse unter REACH (Registrierung, Beschränkung, Zulassung) anhand von Informationen aus dem Anlagenrecht zu verbessern.

- ▶ **Freiwillige Initiativen und Stakeholder-Dialoge zur Verwendung kritischer Chemikalien entlang der Wertschöpfungsketten in relevanten Branchen initiieren**

Für die Textilbranche besteht mit der *zero discharge of hazardous chemicals*-Initiative (ZDHC) bereits ein Stakeholder-Dialog. Er hat sich zum Ziel gesetzt, die Verwendung bestimmter Chemikalien über den gesamten Produktionsprozess einzustellen. Dazu gehören auch Stoffe wie Mikroverunreinigungen, z. B. APOEs, Flammschutzmittel oder per-/polyfluorierte Verbindungen. Das deutsche „Bündnis für nachhaltige Textilien“ hat sich ebenfalls das Ziel gesetzt, gefährliche Chemikalien in der Lieferkette zu vermeiden und lehnt sich an ZDHC an. Durch diese Initiativen baut sich ein gewisser Handlungsdruck auf vor allem in Richtung internationale Produktionsstätten. Dies soll langfristig dazu führen, dass Einträge von Mikroverunreinigungen auch aus den Produkten

Tabelle 10

Bewertungsmatrix für ausgewählte Maßnahmen für den Bereich Industrieabwasser

Maßnahmen	Wirksamkeit	Stoffspezifisch/ Breitband	Kosten	Zeitlicher Wirkhorizont	Umsetzbarkeit
HazBREF	+	Br.	+	2-3	-
Freiwillige Initiativen zum phasing out bestimmter Chemikalien	+	Br.	+	1-2	o
Forschungsvorhaben zur systematischen Untersuchung relevanter Branchen hinsichtlich chemischer Additive zur Weiterentwicklung der Anforderungen in der AbwV	+	Br.	+	2-3	+

Erwartete Wirksamkeit: (+ hoch), (0 moderat); Maßnahme ist einzelstoffspezifisch (spez.) oder wirkt über ein breites Stoffspektrum (br.)

Zeitlicher Wirkhorizont: (1= kurzfristig < 5 Jahre), (2=mittelfristig < 10 Jahre), (3= langfristig > 10 Jahre)

Kosten: (+ gering), (0 moderat), (- hoch)

Umsetzbarkeit: (+ direkt umsetzbar), (o noch nicht unmittelbar umsetzbar), (- noch deutliche Defizite/Handlungsbedarf (Forschungsbedarf, Finanzierung, Akzeptanz))

Quelle: Umweltbundesamt (Experteneinschätzung)

vermindert werden können. Weitere relevante Herstellergruppen sollten ähnlich konkrete und auf der praktischen Ebene ansetzende freiwillig agierende Netzwerke initiieren und somit auch in anderen Branchen das Thema „Verringerung von Mikroverunreinigungen“ voranbringen.

► **Vorhaben im Ressortforschungsplan zur Analyse des Eintrags von Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe in die Umwelt und zu möglichen Maßnahmen an der Quelle initiieren**

Die Zusammenstellung und Erweiterung des Wissens zu Quellen, Eintragspfaden und Relevanz von Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe sind erste Schritte zur Entwicklung und Umsetzung von gezielten Reduktionsmaßnahmen. Branchen, in denen Emissionen von Mikroverunreinigungen zu erwarten sind, sollten durch ein Vorhaben des Bundes in Kooperation mit den Ländern systematisch daraufhin untersucht werden, welche problematischen Stoffe eingesetzt werden, welche Emissionsfrachten zu erwarten sind, und wie diese sich vermeiden oder reduzieren lassen. Dabei sind alle verfügbaren Daten- und Informationsquellen zu nutzen, und auch Messungen im Abwasser der Betriebe, ggf. im Ablauf kommunaler Kläranlagen, sowie im Gewässer durchzuführen. Ein solches Ressortforschungsvorhaben ermöglicht es, Eintrag und Bedeutung der Restemissionen aus Industrie und Gewerbe

besser einordnen zu können und Wissenslücken über emittierte Stoffe und Frachten, sowie der technisch-ökonomischen Verfügbarkeit der Maßnahmen, zu schließen⁹⁶.

Die empfohlenen Maßnahmen zeichnen sich durch eine hohe erwartete Wirksamkeit auf ein breites Stoffspektrum bei geringen Kosten aus (Tabelle 10).

Bei HazBREF handelt es sich um ein Vorhaben zur Analyse der Schnittstellen. Bei diesem Vorhaben, ebenso wie bei der Untersuchung zur Weiterentwicklung der Anforderungen der AbwV, kann die Umsetzbarkeit von Minderungsmaßnahmen erst nach Abschluss der Vorhaben beurteilt werden. Bei Bemühungen zum *phasing out* bestimmter Chemikalien ist seitens der Hersteller mit Widerstand zu rechnen.

7.5 Übergreifende Maßnahmen in der Landwirtschaft

Im Bereich der Landwirtschaft bestehen neben den in Kapitel 6.4 benannten Maßnahmen übergreifende Ansatzpunkte, die eine Eintragsreduzierung von Schadstoffen und damit eine Reduzierung von Mikroverunreinigungen in Gewässern bewirken können.

Ausbau des ökologischen Landbaus

Der ökologische Landbau trägt dazu durch den Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und erhebliche Einschränkungen beim Einsatz von Tierarzneimitteln⁹⁷ bei. Aufgrund dieser und weiterer

positiver Umweltleistungen des Ökolandbaus sollte dessen Ausbau weiter konsequent unterstützt und gefördert werden. Von dem Ziel der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, einen Anteil von 20 Prozent Ökolandbauflächen in Deutschland zu erreichen, ist Deutschland mit derzeit gut sechs Prozent der Landwirtschaftsfläche noch weit entfernt⁹⁸.

Erosionsmindernde Maßnahmen

Generell können Maßnahmen zur Minderung von Wind- und Wassererosion dazu beitragen, den Eintrag von Schadstoffen in Gewässer durch Bodenabtrag von landwirtschaftlichen Flächen zu reduzieren. Neben dem Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten zählen hierzu bodenschonende Anbaumethoden wie z. B. das Mulch- und Direktsaatverfahren, oder auch das Strip-Till-Verfahren.

Anlage von Gewässerrandstreifen mit Verzicht von PSM und Düngemitteln

Um Einträge von Pflanzenschutzmitteln und Düngemittel in die Gewässer zu vermeiden, sollten die Behandlungsfläche und die angrenzende Umwelt voneinander getrennt sein (siehe auch 6.4.2). Hierfür ist die Anlage von permanent bewachsenen Rand- und Pufferstreifen (z. B. Hecken, Gewässerrandstreifen mit Sträuchern und Bäumen) eine wirksame Maßnahme. Für eine effektive Abgrenzung sollten eine Anwendung von PSM auf Gewässerrandstreifen untersagt werden.

Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlämmen

In Deutschland wurden 2015 24 % des angefallenen Klärschlammes aus kommunalen Kläranlagen landwirtschaftlich genutzt. Durch diese Nutzung werden die am Schlamm adsorbierten Stoffe inklusive Mikroverunreinigungen in die Umwelt ausgebracht.

Aufgrund der problematischen Einträge von Schadstoffen in die Umwelt, sieht die Neuordnung der Klärschlammverordnung⁹⁹ einen Teilausstieg aus der landwirtschaftlichen Verwertung des Klärschlammes vor. In einer Übergangszeit bis 2027 darf Klärschlamm aus Kläranlagen < 100.000 EW landwirtschaftlich verwertet werden, danach nur noch aus Kläranlagen < 50.000 EW.

Bis zu einem vollständigen Ausstieg aus der bodenbezogenen Klärschlammverwertung sollten die Schadstoffgrenzwerte in der Klärschlammverordnung und

Düngemittelverordnung weiterhin angepasst werden. In der bestehenden Gesetzgebung (Klärschlammverordnung, Düngemittelverordnung) sind keine stofflichen Anforderungen bezüglich Mikroverunreinigungen formuliert. Darüber hinaus muss überprüft werden, ob bislang nicht erfasste Mikroverunreinigungen wie z. B. bestimmte Arzneimittelwirkstoffe, mittelfristig durch Grenzwerte geregelt werden müssen.

7.6 Abfall-/Arzneimittelentsorgung

Eine unsachgemäße Abfallentsorgung kann einen potentiellen Eintragspfad für Mikroverunreinigungen in Gewässer darstellen. In Deutschland liegt die Zuständigkeit für die Abfallentsorgung bei den Kommunen und Landkreisen. Entsprechend der regional vorhandenen Entsorgungsstruktur unterscheiden sich die Empfehlungen für die Entsorgungswege.

Problematische Abfälle aus dem Haushalt, die schädliche Inhaltsstoffe enthalten und zu einem Eintrag von Mikroverunreinigungen beitragen könnten (z. B. Pflanzenschutzmittel, Chemikalienreste, Lösemittel etc.), dürfen nicht über den Hausmüll entsorgt werden. Darauf weist das Symbol einer durchgestrichenen Mülltonne hin. Je nach Entsorgungsstruktur werden diese Abfälle entweder durch Schadstoffmobile eingesammelt oder können bei Problemstoffsammelstellen oder -Recyclinghöfen abgegeben werden¹⁰⁰.

Für Altmedikamente sind die möglichen Entsorgungswege Hausmüll, Schadstoffmobil, Apotheken und Wertstoffhof. Die unterschiedlichen Regelungen führen in Teilen der Bevölkerung zu Unsicherheit sowie Unwissenheit und demzufolge zu unsachgemäßer Entsorgung über die Spüle oder Toilette. Im Rahmen der Fördermaßnahme RiSKWa wurde eine Deutschlandkarte¹⁰¹ erarbeitet, die der Öffentlichkeit die bestehenden Empfehlungen auf Stadt-/Landkreisebene aufzeigt.

Insgesamt sollte die Aufklärung über die Entsorgung problematischer Abfälle ausgeweitet werden (s. auch 6.2 zu Arzneimitteln).

8. Finanzierung

Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags von Mikroverunreinigungen (z. B. Datenbereitstellungen, Informationsmaßnahmen und -kampagnen, technische Maßnahmen bei der Anwendung, erweiterte Abwasserbehandlung) sind mit Kosten verbunden. Deshalb wird vielfach die Diskussion um die Wirksamkeit von Maßnahmen von der Frage, wer die Kosten dafür tragen soll, überlagert. Aufgabe vorausschauender, sozial verträglicher Umweltpolitik ist, die Lasten einerseits verursachergerecht, andererseits aber auch ausgewogen zwischen Produzenten, Wasserwirtschaft und Bürgerinnen und Bürgern zu verteilen. Die Entscheidung über die Kostenträgerschaft bestimmt nicht nur, wer wie viel zur Finanzierung einer Maßnahme beizutragen hat, sondern sie entfaltet auch Lenkungswirkungen und insbesondere in Kombination mit Informationsmaßnahmen Verhaltensanreize, die direkt und indirekt zu weiteren Eintragsreduktionen führen können.

Dazu ist zunächst eine Offenlegung der Maßnahmenkosten erforderlich. So werden die Kosten für die bundesweite Erweiterung der 230 großen kommunalen Kläranlagen (Größenklasse 5 mit circa 50% der bundesweiten Jahresabwassermenge) bei einem Betrachtungszeitraum von 25 Jahren auf insgesamt 10,4 bis 10,9 Mrd. € geschätzt, was jährliche Kosten von 415 bis 435 Mio. € für die Elimination von Mikroverunreinigungen einschließlich einer Nachbehandlung bedeuten würde¹⁰². Für andere Maßnahmen, wie z. B. die Substitution bestimmter Stoffe durch andere, sind die Kosten bislang nicht bezifferbar und dürften von Stoff zu Stoff variieren. Bei einem Kostenvergleich ist in jedem Fall zu berücksichtigen, wie viele Stoffeinträge mit einer Maßnahme wirksam reduziert werden können. Erst dann lässt sich eine Kosten-Nutzen-Relation ermitteln.

Der Nutzen des durch verringerte Einträge von Mikroverunreinigungen verbesserten Zustands der Gewässer kann nicht direkt quantifiziert werden. Untersuchungen zum volkswirtschaftlichen Nutzen von Emissionsminderungsmaßnahmen bei Mikroverunreinigungen zeigen, dass nützliche Effekte für Badegewässer, aquatische Organismen, die Lebensmittelproduktion, die Regenwassernutzung und die Trinkwasserversorgung zu erwarten sind, wobei allerdings der Kenntnisstand zu diesen Effekten unterschiedlich ist.¹⁰³

Für Einzelmaßnahmen im Verantwortungsbereich der Hersteller bei Produktion und Inverkehrbringen – wie z. B. Umweltrisiko-Untersuchungen, verstärkte Forschung, Kennzeichnung, Datenbereitstellung, industrielle Abwasserreinigung – tragen diese regelmäßig die Kosten selber. Lediglich für „überobligatorische“ Maßnahmen auf Seiten der Hersteller und Vertreiber, wie z. B. groß angelegte Informations- und Aufklärungskampagnen oder Ausbildungsinitiativen wäre zu überlegen, ob hierfür auch zusätzliche Mittel aus anderen Quellen zur Verfügung gestellt werden können.

Anders als das Ordnungsrecht mit seinen Ge- und Verboten, eröffnet der gezielte Einsatz von Finanzierungsinstrumenten Gestaltungsspielräume auf Seiten der betroffenen Akteure. Die Anreize können sowohl kurzfristige Effekte (bspw. Substitution von Mikroverunreinigungen bzw. von relevanten Produkten bei bereits verfügbaren Alternativen) als auch mittel- bis langfristige Effekte (Erforschung und Entwicklung neuer umweltfreundlicher Ansätze oder Substitute) auslösen. Deshalb ist es ratsam, für die unterschiedlichen Eintragsquellen und Anwendungsbereiche von Mikroverunreinigungen (Pflanzenschutzmittel, rezeptpflichtige bzw. rezeptfreie Arzneimittel, Biozide, Waschmittel, Hot-Spots bei Gesundheitseinrichtungen) angepasste Abgabemodelle zu entwickeln.

Auch im politischen Raum wird die finanzielle Beteiligung der „Verursacher“ an den Reduzierungskosten angemahnt, so z. B. durch die Umweltministerkonferenz¹⁰⁴ und den Bundesrat¹⁰⁵: Beide bitten die Bundesregierung, sich dafür einzusetzen, dass die Hersteller und Inverkehrbringer von Arzneimitteln bzw. Arzneimittelwirkstoffen angemessen an den Kosten der Minderungsmaßnahmen beteiligt werden bzw. in die finanzielle Verantwortung zur Entfernung von Mikroverunreinigungen aus der aquatischen Umwelt einbezogen werden.

Studien zur möglichen Ausgestaltung einer Pflanzenschutzmittel¹⁰⁶- und einer Arzneimittelabgabe¹⁰⁷ sowie zur Ertüchtigung der Abwasserabgabe¹⁰⁸ und deren Impulse für die Finanzierung von weitergehenden Reinigungstechnologien¹⁰⁹ haben bereits wichtige Grundlagen für die weitere fachliche Diskussion gelegt.

Grundsätzlich ist die Nutzung der Abwasserabgabe für Maßnahmen zur Ertüchtigung der Abwasserinfrastruktur für eine verbesserte Elimination von Mikroverunreinigungen naheliegend. Nach § 13 AbwAG ist schon heute das Aufkommen zu verwenden „für Maßnahmen, die der Erhaltung oder Verbesserung der Gewässergüte dienen“. So werden zur Finanzierung der bislang in Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg erbauten Anlagen mit vierter Reinigungsstufe Mittel aus der Abwasserabgabe eingesetzt.

Generell wäre es zwar wünschenswert, parallel zur Novellierung des Abwasserabgabegesetzes (AbwAG) ordnungsrechtliche Regelungen im Rahmen der Abwasserverordnung (AbwV) zu treffen. Dies ist aber nicht zwingend. Mit einem Anreizsystem über die Abwasserabgabe – z. B. durch eine pauschalierte Abwasserabgabe auf die Einleitung von Mikroverunreinigungen mit Befreiungs-/Reduzierungsmöglichkeit bei Erreichung bestimmter Wirkungsgrade und Verrechnungsmöglichkeiten von Investitionskosten – könnte der vorsorgende Gewässerschutz sowie die Erfahrung mit den Techniken zur Elimination von Mikroverunreinigungen und damit auch die Etablierung eines neuen Standes der Technik entscheidend vorangebracht werden.

9. Fazit/Ausblick

Die Befassung mit Schadstoffen in den Gewässern erlebt derzeit eine Renaissance. Verbesserte Analysemethoden versetzen uns in die Lage, frühzeitig schon kleine und kleinste Konzentrationen in den Gewässern nachzuweisen. Stoffe, die in derart geringen Konzentrationen negative Wirkungen auf Mensch und Umwelt haben können, bezeichnen wir als Mikroverunreinigungen. Dabei finden wir altbekannte Stoffe, aber auch ständig neue. Ein frühzeitiges Entdecken problematischer Stoffe hat den Vorteil, dass wir eher rechtzeitig gegensteuern könnten. Noch besser wäre es, Mikroverunreinigungen erst gar nicht in die Umwelt, speziell in den Wasserkreislauf, gelangen zu lassen. Dies setzt eine vorsorgende Gewässerschutzpolitik voraus, die die problematischen Stoffeigenschaften erkennt, benennt und daran anknüpfend Maßnahmen an den Quellen, bei der Anwendung und im nachgeschalteten Bereich (also bei der Abwasserbehandlung) kombiniert. Mikroverunreinigungen stammen aus verschiedenen Quellen. Somit gibt es viele unterschiedliche Ansatzpunkte für vorsorgende Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen. Der Verweis auf das Verursacherprinzip kann nicht die Suche nach der effizientesten Maßnahmenkombination ersetzen. Dementsprechend gibt es auch nicht die eine passende Lösung für das Problem. Vielmehr ist bei allen Maßnahmen nach deren Wirksamkeit, dem von ihnen erfassten Stoffspektrum, dem zeitlichen Wirkhorizont, den Kosten und der praktischen Umsetzbarkeit zu fragen.

Diese Kriterien können nicht für alle Maßnahmen vorab eingeschätzt werden. Kosten und Wirksamkeiten unterscheiden sich je nach Umfang bzw. Ebene der Umsetzung, bei einzelstoffspezifischen Maßnahmen können sich je nach Stoffeigenschaften unterschiedliche Ausprägungen ergeben und Maßnahmen, die der Forschung und der Datenerhebung dienen, bringen häufig erst nach ihrer Umsetzung entsprechende Erkenntnisse.

Die von uns dargelegten Empfehlungen zeigen die nächsten Schritte auf, die aus unserer Sicht unter Zugrundelegung dieser Kriterien für Vermeidungs- und Reduzierungsmaßnahmen für Arzneimittel, Pflanzenschutzmittel, Biozide, Chemikalien (im Regelungsbereich von REACH), Wasch- und Reinigungsmittel und Kosmetika konkret angegangen werden sollten. Die empfohlenen Maßnahmen stellen die schon jetzt umsetzbaren Bausteine einer Strategie dar, die kon-

sequent weiterentwickelt werden muss. Ein Schlüssel für den Erfolg einer derartigen Strategie liegt in der Verfügbarkeit von Daten über die Eigenschaften der Stoffe und ihren Wirkungen in der Umwelt sowie den Nachweisverfahren. Hier werden deutlich mehr Informationen als bisher vorliegend benötigt bzw. müssen transparent gemacht werden. Ebenso bedarf es weiterer Bemühungen, Umweltbelastungen durch die o. g. Stoffgruppen nach einheitlichen Kriterien zu erheben.

Viele der von uns benannten Maßnahmen werden einen längeren Vorlauf brauchen, andere sind kurzfristig umsetzbar. Da im Kommunalabwasser verschiedene Stoffströme zusammenlaufen, halten wir eine Weiterentwicklung des Standes der Technik und eine Nachrüstung kommunaler Kläranlagen nach wie vor für einen unbedingt erforderlichen Bestandteil einer Gesamtstrategie. Davon zu trennen ist die Diskussion darüber, wer für die Kosten von Maßnahmen, insbesondere für die Kläranlagennachrüstung, aufzukommen hat. Dafür ist eine gesellschaftliche Diskussion darüber zu führen, ob dies die Abwassergebührenzahler übernehmen sollen oder ob, und wenn ja, wie sich andere Gruppen (z. B. Arzneimittelhersteller und andere Branchen) daran beteiligen sollten. Erste Lösungsvorschläge liegen mittlerweile dazu vor.

Die Belastungen der Gewässer mit Mikroverunreinigungen mit potentiell schädlichen Auswirkungen werden im Laufe der Zeit nicht geringer werden. Dies ist bestimmten demografischen (Alterung der Gesellschaft erhöht den Medikamentenverbrauch) und wirtschaftlichen (industrielle Landwirtschaft mit hohem Pflanzenschutzmittelbedarf) Entwicklungen geschuldet. Daher sollten die notwendigen Maßnahmen alsbald in die Wege geleitet werden, um spätere Schäden und teure Sanierungsmaßnahmen zu vermeiden. Ziel ist, diese Strategie mit einem breiten Konsens der Beteiligten (Stakeholder) zu untersetzen, damit diese sich im Rahmen ihrer Verantwortlichkeiten zu Reduzierungsmaßnahmen und Kostenübernahme verpflichten. Wo dies nicht freiwillig erfolgt, ist es Aufgabe der Politik, die entsprechenden Steuerungen über das Ordnungsrecht oder finanzielle Instrumente vorzunehmen. Um die Akzeptanz zu erhöhen, ist dies von einer breiten Kommunikation des Problems und der Lösungsoptionen zu begleiten. Dazu will dieses Papier einen Beitrag leisten.

10. Anhang – Überblick der Maßnahmenauswahl

Stoffgruppenspezifische Reduzierungsmaßnahmen zum Schaffen und Verbessern von Bewertungsgrundlagen und Bewertungsmaßstäben, an der Quelle und bei der Anwendung

Humanarzneimittel ▶ siehe 6.2

- ▶ Weiterentwicklung und Harmonisierung der Risikominderungsmaßnahmen bei der Zulassung
 - ▶ Forschung zu umweltverträglicheren Wirkstoffen/Applikationsformen
 - ▶ Zielgruppenspezifische Kommunikation und Aufklärung
 - ▶ Informationskampagne zur richtigen Entsorgung von Arzneimittelresten
 - ▶ Monografiesystem für Arzneimittelwirkstoffe
 - ▶ Forschung zur Ausweitung der Verschreibungspflicht aufgrund von Umweltbelangen
-

Tierarzneimittel ▶ siehe 6.3

- ▶ Weiterentwicklung und Harmonisierung der Risikominderungsmaßnahmen bei der Zulassung
 - ▶ Verbot von PBT/vPvB – Substanzen in Tierarzneimitteln
 - ▶ Forschung zu umweltverträglicheren Wirkstoffen/Applikationsformen
 - ▶ Zielgruppenspezifische Kommunikation und Aufklärung
 - ▶ Monografiesystem für Arzneimittelwirkstoffe
 - ▶ Forschung zu potentiellen Auswirkungen der Änderung des Dispensierrechts auf die Verwendung von Tierarzneimitteln
-

Pflanzenschutzmittel ▶ siehe 6.4

- ▶ Schaffung dauerhaft bewachsener Gewässerrandstreifen
 - ▶ Anteil ökologisch bewirtschafteter Flächen erhöhen
 - ▶ PSM-Einsatz in bestimmten Gebieten weiter einschränken oder vermeiden
 - ▶ Bessere Standards setzen und durchsetzen
 - ▶ Prospektive Risikobewertung und Monitoring zusammenführen
 - ▶ Räumlich und zeitlich aufgelöste Daten zur Anwendung von PSM verfügbar machen
 - ▶ Defizite und Bewertungslücken im Genehmigungs- und Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln abbauen
-

Biozide ▶ siehe 6.5

- ▶ Schaffung eines untergesetzlichen Regelwerks zu:
 - ▶ Abgabe
 - ▶ Sachkunde
 - ▶ Guter fachlicher Praxis
 - ▶ Regelungen zu Anforderungen an Geräte zur Ausbringung von Bioziden
 - ▶ Verbot des Sprühens von Biozidprodukten aus der Luft
 - ▶ Erhebung Verkaufs- und Verwendungsdaten von bioziden Wirkstoffen/Biozidprodukten
- ▶ Einführung des Verzichts auf Antifoulingprodukte in sensiblen Gebieten/Naturschutzgebieten
- ▶ Systematische Erhebung und Überwachung der Umweltbelastung mit Bioziden
- ▶ Aufklärung und Kommunikation: Aktives Sensibilisieren der Bevölkerung hinsichtlich eines sachgerechten bzw. nachhaltigen Umgangs mit Biozidprodukten

Chemikalien im Regelungsbereich von REACH ▶ siehe 6.6

- ▶ Nutzung der REACH-Instrumente Zulassung/Beschränkung zur Reduzierung des Eintrages einzelner Stoffe die als Mikroverunreinigung auftreten
- ▶ Vermeidung des Eintrags rohwasserkritischer Stoffe in die Umwelt im Regelungsbereich der EU-Verordnung REACH
- ▶ Verwendung eines realistischeren KA-Verdünnungsfaktors bei der Expositions-Bewertung von Industriechemikalien

Wasch- und Reinigungsmittel ▶ siehe 6.7

- ▶ Forschung zum Eintrag schwer biologisch abbaubarer Stoffe aus WRM in die Gewässer
- ▶ Erstellung eines Informationssystems zu Inhaltsstoffen von WRM
- ▶ Informationskampagne zum nachhaltigen Umgang mit WRM
- ▶ Informationskampagne zur korrekten Dosierung von Waschmitteln
- ▶ Entwicklung der Kriterien von Umweltzeichen für WRM

Nachgelagerte Maßnahmen

Kommunalabwasser und Niederschlagswasser ▶ siehe 7.1–7.3

- ▶ Vierte Reinigungsstufe
- ▶ Weitergehende zentrale Behandlung von Niederschlagswasser
- ▶ Weitergehende dezentrale Behandlung von Niederschlagswasser
- ▶ Weitergehende zentrale Behandlung von Mischwasserabflüssen
- ▶ Getrennte Sammlung/Entsorgung von Röntgenkontrastmitteln

Industrieabwasser ▶ siehe 7.4

- ▶ HazBREF
- ▶ Freiwillige Initiativen zum phasing out bestimmter Chemikalien
- ▶ Forschungsvorhaben zur systematischen Untersuchung relevanter Branchen hinsichtlich chemischer Additive zur Weiterentwicklung der Anforderungen in der AbwV

Endnoten

1. COHIBA – Control of hazardous substances in the Baltic Sea region. Final summary report of the COHIBA project – How to control and manage hazardous substances in the Baltic Sea region? https://www.lung.mv-regierung.de/dateien/a3_cohiba_final_summary_report_2012.pdf
2. RiSKWa – Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf, <http://www.bmbf.riskwa.de/>
3. Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins, <http://www.kompetenz-wasser.de/OgRe-Relevanz-organischer-Spurenstoffe.568.0.html>
4. Strategie Micropoll, <http://www.eawag.ch/de/abteilung/eng/projekte/abwasser/strategie-micropoll/>
5. Hillenbrand et al. (2014): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer (UBA-Texte 25/2014). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/massnahmen-zur-verminderung-des-eintrages-von>

Hillenbrand et al. (2016): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer: Phase 2 (UBA –Texte 60/2016). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/massnahmen-zur-verminderung-des-eintrages-von-1>
6. IKSR – Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (2013): Strategie Mikroverunreinigungen: Integrale Bewertung von Mikroverunreinigungen und Maßnahmen zur Reduzierung von Einträgen aus Siedlungs- und Industrieabwässern. Bericht-Nr. 203. https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/Dokumente_de/Berichte/203_d.pdf
7. Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe Nordrhein-Westfalen, <http://www.masterplan-wasser.nrw.de/das-kompetenzzentrum/>
8. Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg, <http://www.koms-bw.de/>
9. BAFU – Bundesamt für Umwelt (Schweiz) (2015): Gewässerqualität: Revision der Gewässerschutzverordnung. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/bildung/medienmitteilungen.msg-id-59323.html>
10. UBA (Hrsg.) (2015): Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern. Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge. Position. Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/organische-mikroverunreinigungen-in-gewaessern>
11. BMUB/UBA (Hrsg.) (2017): Policy-Paper Empfehlungen des Stakeholder-Dialogs »Spurenstoffstrategie des Bundes« an die Politik zur Reduktion von Spurenstoffeinträgen in die Gewässer. <http://www.dialog-spurenstoffstrategie.de/spurenstoffe/inhalte/policy-paper.php>
12. BMUB (2017): Übereinkommen von Minamata über Quecksilber. <http://www.bmub.bund.de/themen/gesundheit-chemikalien/chemikaliensicherheit/gesundheit-chemikalien-download/artikel/uebereinkommen-von-minamata-ueber-quecksilber/>
13. UBA (2016): Mikroplastik: Entwicklung eines Umweltbewertungskonzepts. Erste Überlegungen zur Relevanz von synthetischen Polymeren in der Umwelt. Texte | 32/2016 <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/mikroplastik-entwicklung-eines>
14. Pseudo-persistent: Stoffe mit großen, kontinuierlichen Verbrauchs- und Eintragsvolumina, die trotz relativ guter Abbaubarkeit in relevanten Konzentrationen in der Umwelt gemessen werden.
15. z. B. Rita Triebkorn (Hrsg.)(2017): Weitergehende Abwasserreinigung – Ein wirksames und bezahlbares Instrument zur Verminderung von Spurenstoffen und Keimen im Wasserkreislauf. <http://dx.doi.org/10.15496/publikation-15721>
16. LAWA (2016): Mikroschadstoffe in Gewässern. http://www.lawa.de/documents/Uml24-2016_20160126_LAWA_Bericht_Mikroschadstoffe_in_Gewaessern_final_207.pdf

Bergmann, A. et al. (2011): Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln. UBA-Texte 66/2011. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4188.pdf>

Bund/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit (BLAC) (2003): Arzneimittel in der Umwelt – Auswertung der Untersuchungsergebnisse, Bericht an die 61. UMK. <http://www.blac.de/servlet/is/2146/P-2c.pdf>

HELCOM (2017): Pharmaceuticals in the aquatic environment of the Baltic Sea region. <http://www.helcom.fi/Lists/Publications/BSEP149.pdf>
17. UBA (2017): Gewässer in Deutschland: Zustand und Bewertung, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/gewaesser-in-deutschland>
18. Carvalho, R.N.et al. (2016): Monitoring-based Exercise: Second Review of the Priority Substances List under the Water Framework Directive, Directorate General Joint Research Center
19. Carvalho, R.N.et al. (2015): Development of the first Watch List under the Environmental Quality Standards Directive. Directive 2008/105/EC, as amended by Directive 2013/39/EU, in the field of water policy. European Commission, Directorate General Joint Research Center
20. Wenzel, A et al. (2015): Revision der Umweltqualitätsnormen der Bundes-Oberflächengewässerverordnung nach Ende der Übergangsfrist für Richtlinie 2006/11/EG und Fortschreibung der europäischen Umweltqualitätsziele für prioritäre Stoffe. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Texte 47/2015. Dessau-Roßlau.
21. Summary dossier review Ibuprofen-DRAFT-JRC-2015_v2.doc
22. UBA (2017): Gewässer in Deutschland: Zustand und Bewertung, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/gewaesser-in-deutschland>
23. LAWA (2015): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit – Pflanzenschutzmittel – Berichtszeitraum 2009 bis 2012
24. LAWA (2016): Mikroschadstoffe in Gewässern. http://www.lawa.de/documents/Uml24-2016_20160126_LAWA_Bericht_Mikroschadstoffe_in_Gewaessern_final_207.pdf

Bergmann, A. et al. (2011): Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln. UBA-Texte 66/2011. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4188.pdf>

25. IAWR et al. (2013): Europäisches Fließgewässermemorandum zur qualitativen Sicherung der Trinkwassergewinnung, http://www.rheinennergie.com/media/portale/downloads_4/rheinennergie_1/trinkwasseranalyse/IAWR-Memorandum-2013.pdf
26. LAWA (2016): Mikroschadstoffe in Gewässern
27. LAWA (2016): Mikroschadstoffe in Gewässern
28. Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewertbarer Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2003 · 46:249–251. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/gow-empfehlung_2003_46.pdf
29. Europäische Kommission (2015): Durchführungsbeschluss (EU) 2015/495 der Kommission vom 20. März 2015 zur Erstellung einer Beobachtungsliste von Stoffen für eine unionsweite Überwachung im Bereich der Wasserpolitik gemäß der Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015D0495&from=EN>
30. European Communities (2011): Guidance Document No. 27: Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards. <https://circabc.europa.eu/sd/a/0cc3581b-5f65-4b6f-91c6-433a1e947838/TGD-EQS%20CIS-WFD%2027%20EC%202011.pdf>
31. Hillenbrand et al. (2014): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer (UBA-Texte 25/2014)
32. Für Erläuterungen zu MoRE (Modeling of Regionalized Emissions) siehe <https://iswww.iwg.kit.edu/MoRE.php>
33. vgl. Kap. 3.2 und 3.3 in: Hillenbrand et al. (2014): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer (UBA-Texte 25/2014)
34. IMS Health (2013): MIDAS database. Frankfurt/Main Germany
35. Snape (2016): mündliche Mitteilung
36. Projekthomepage: www.transrisk-projekt.de
37. EMEA (2006): Guideline on the environmental risk assessment of medicinal products for human use (EMEA/CHMP/SWP/4447/00)
38. Weiterführende Informationen zu Umweltbelastungen durch Arzneimittel: UBA (2014): Arzneimittel in der Umwelt – vermeiden, reduzieren, überwachen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/01.08.2014_hintergrundpapier_arzneimittel_final_.pdf
39. BAH – Bundesverband der Arzneimittelhersteller e.V. (2017): Der Arzneimittelmarkt in Deutschland 2016. https://www.bah-bonn.de/bah/?type=565&file=redakteur_filesysteem%2Fpublic%2FBAAH_Zahlenbroschuere_2016_web.pdf
40. UBA (2017): Arznei für Mensch und Umwelt? Umsetzung der Empfehlungen des Handbuchs Kommunikationsstrategien zur Schärfung des Umweltbewusstseins im Umgang mit Arzneimitteln – ein Beitrag zum nachhaltigen Umgang mit Arzneimitteln. Texte | 18/2017. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-03-07_texte_18-2017_nachhaltiger-umgang-arzneimittel.pdf
41. UBA (2015): Faltblatt zur richtigen Entsorgung von Altarzneimitteln. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/arzneimittel-nicht-in-die-toilette-spuelen>
- UBA/bdew (2017): Erklärfilm „Medikamente richtig entsorgen“. <https://www.youtube.com/watch?v=nLH6s5fPUDA>
42. BVL (2017): https://www.bvl.bund.de/DE/08_PresseInfothek/01_FuerJournalisten/01_Presse_und_Hintergrundinformationen/05_Tierarzneimittel/2017/2017_09_11_pi_Antibiotikaabgabemenge2016.html
43. Siehe UBA-Themenseite Tierarzneimittel für weitergehende Informationen: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/tierarzneimittel>
44. Angaben bezogen auf Tierpopulations/Behandlungsgewichts-Faktor der EMA. Siehe EMA (2015): Sales of veterinary antimicrobial agents in 26 EU/EEA countries in 2013. http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Report/2015/10/WC500195687.pdf. Anteil der Rinder mit Weidegang siehe DESTATIS (2011): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Landwirtschaftszählung 2010. Fachserie 3, Heft 6.
45. EMA (2000): Guideline on Environmental Impact Assessment For Veterinary Medicinal Products Phase I http://www.ema.europa.eu/ema/pages/includes/document/open_document.jsp?webContentId=WC500004394 (VICH GL6)
- EMA (2004): Guideline on Environmental Impact Assessment For Veterinary Medicinal Products Phase II http://www.ema.europa.eu/ema/pages/includes/document/open_document.jsp?webContentId=WC500004393 (VICH GL38)
46. EMA (2012): Assessment of persistent, bioaccumulative and toxic (PBT) or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) substances in veterinary medicinal products. EMA/CVMP/ERA/52740/2012. http://www.ema.europa.eu/ema/index.jsp?curl=pages/regulation/general/general_content_001506.jsp&mid=WC0b01ac058002dd37
47. Vidaurre et al. (2017): Konzepte zur Minderung von Arzneimitteleinträgen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in die Umwelt. UBA-Fachbroschüre. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/konzepte-zur-minderung-von-arzneimitteleintraegen>
48. EMA (2012): Reflection paper on risk mitigation measures related to the environmental risk assessment of veterinary medicinal products. EMA/CVMP/ERAWP/409328/2010. http://www.ema.europa.eu/docs/en_GB/document_library/Scientific_guideline/2012/03/WC500124187.pdf
49. Vidaurre et al. (2017): Konzepte zur Minderung von Arzneimitteleinträgen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung in die Umwelt. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/konzepte-zur-minderung-von-arzneimitteleintraegen>
50. UBA (2015): Environmental risk of veterinary medicines. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/environmental-risk-of-veterinary-medicines>
51. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel/tierarzneimittel>
52. BMG (2017): DART 2020 – Deutsche Antibiotika-Resistenzstrategie. <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/praevention/antibiotika-resistenzen/antibiotika-resistenzstrategie.html>

53. Umweltbundesamt (2017): Gewässer in Deutschland: Zustand und Bewertung. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/gewaesser-in-deutschland>
54. BMEL (2013): Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. <https://www.nap-pflanzenschutz.de/>
55. Szöcs E. et al. (2017): Large scale risks from pesticides in small streams, *Environmental Science & Technology*. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.7b00933>
56. BVL (2016): Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. http://www.bvl.bund.de/DE/04_Pflanzenschutzmittel/01_Aufgaben/02_ZulassungPSM/03_PSMInlandsabsatzExport/psm_PSMInlandsabsatzExport_node.html
57. BMEL (2013): Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. <https://www.nap-pflanzenschutz.de/>
58. UBA (2016): 5-Punkte-Programm für einen nachhaltigen Pflanzenschutz. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/5-punkte-programm-fuer-einen-nachhaltigen>
59. SRU (2016): Umweltgutachten 2016: Impulse für eine integrative Umweltpolitik, ISBN 978-3-503-167708, Erich Schmidt Verlag, Berlin
60. UBA-Texte 24/2017: Development of cornerstones for a monitoring programme for the assessment of biocide emissions into the environment. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/development-of-cornerstones-for-a-monitoring>
61. UBA-Texte 15/2017: Sind Biozideinträge in die Umwelt von besorgniserregendem Ausmaß? Empfehlungen des Umweltbundesamtes für eine Vorgehensweise zur Untersuchung der Umweltbelastung durch Biozide. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/sind-biozideintraege-in-die-umwelt-von>
62. Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (Registration, Evaluation, Authorisation & Restriction of Chemicals)
63. Verordnung (EG) Nr. 1272/2008, genannt CLP-Verordnung (Classification, Labelling and Packaging)
64. PNEC: predicted no-effect concentration; PEC: predicted environmental concentration; Risk = PEC/PNEC.
65. Die beteiligten Behörden für die Regulierungsmaßnahmen der REACH VO umfassen die zuständigen Behörden der EU-Mitgliedstaaten, die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) sowie die EU KOM
66. Der zahlenmäßig größte Teil betrifft Gruppeneinträge, z. B. das Verbot, CMR-Stoffe in Gemischen und Stoffen für die breite Öffentlichkeit in Verkehr zu bringen, oder der Ausschluss von Stoffen mit bestimmten Gefahrenklassen von der Verwendung in Dekorationsgegenständen, Scherzartikeln und Spielzeug. Weitere Beschränkungen von Stoffen und Stoffgruppen gibt es für ca. 100 Stoffe, z. B. unter Berücksichtigung der (früher) wirtschaftlich relevanten Stoffe.
67. Einige Einträge umfassen Stoffgruppen, weshalb die tatsächliche Zahl der Stoffe höher ist.
68. UBA (2015): REACH Compliance: Data Availability of REACH Registrations – Part 1: Screening of chemicals > 1000 tpa, Texte | 43/2015. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/reach-compliance-data-availability-of-reach>
69. Eigenschaften für die Identifizierung von SVHC sind in Artikel 57 der REACH-VO dargelegt. Für die Umwelt sind dies: PBT (persistent, bioakkumulierend und ökotoxisch), oder vPvB (sehr persistent und sehr bioakkumulierend), oder endokrin wirksam (ED)
70. Die zulassungspflichtigen Stoffe werden in Anhang XIV der REACH VO gelistet.
71. Beschränkungen für Stoffe oder Stoffgruppen werden in Anhang XVII der REACH VO gelistet.
72. Kalberlah, F. (2014): Leitlinien für den vorsorglichen Schutz des Rohwassers zur Trinkwassergewinnung vor Kontaminationen durch Chemikalien im Rahmen der REACH-Verordnung. Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe. Freiburg im Breisgau. UFOPLAN FKZ 371265416.
- Weitere Informationen siehe <https://www.umweltbundesamt.de/mobile-chemikalien>
73. Link, M., von der Ohe, P.C., Voß, K. & Schäfer, R.B.: Comparison of dilution factors for German wastewater treatment plant effluents in receiving streams to the fixed dilution factor from chemical risk assessment; *Science of the Total Environment* 598 (2017) 805–813. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.180>
74. IKW (2017): Bericht Nachhaltigkeit in der Wasch-, Pflege- und Reinigungsmittelbranche in Deutschland 2015 – 2016. https://www.ikw.org/fileadmin/ikw/downloads/Haushaltspflege/HP_Nachhaltigkeitsbericht__15_16.pdf
75. Andrew Johnson et al. (2017): „An alternative approach to risk rank chemicals on the threat they pose to the aquatic environment“, *Science of the Total Environment* 599–600, 1372–1381. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.039>
76. Öko-Institut (2012): „Untersuchung der Einsatzmengen von schwer abbaubaren organischen Inhaltsstoffen in Wasch- und Reinigungsmitteln im Vergleich zum Einsatz dieser Stoffe in anderen Branchen im Hinblick auf den Nutzen einer Substitution“. FKZ: 3709 65 430. http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3709_65_430_wasch_und_reinigungsmittel_bf.pdf
77. <http://www.forum-waschen.de>
78. Statistisches Bundesamt (2013): Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung, Öffentliche Abwasserbehandlung und -entsorgung. Fachserie 19, Reihe 2.1.2. <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/AbwasserOeffentlich2190212139004.pdf>
79. Statistisches Bundesamt (2013): Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Strukturdaten zur Wasserwirtschaft, Fachserie 19, Reihe 2.1.3. (Link s. vorige Fußnote)
80. Statistisches Bundesamt (2013): Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung, Öffentliche Abwasserbehandlung und -entsorgung. Fachserie 19, Reihe 2.1.2. (Link s. vorige Fußnote)
81. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg Stuttgart; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2014): Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg; Karlsruhe, Spurenstoffinventar der Fließgewässer in Baden-Württemberg. <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/243039>
82. Das deutschlandweite Kläranlagenmonitoring für prioritäre Stoffe wird finanziert durch die Bundesländer und fachlich begleitet/koordiniert durch UBA. Ergebnisse werden 2018/2019 erwartet.

83. UBA (Hrsg.) (2015): Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern. Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge. Position. Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/organische-mikroverunreinigungen-in-gewaessern>
84. UBA (2015): Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern – Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge. (siehe vorige Fußnote)
85. Hillenbrand et al. (2016): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer: Phase 2 (UBA –Texte 60/2016). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/massnahmen-zur-verminderung-des-eintrages-von-1>
86. KIT: Qualitative Untersuchungen von Mischwasserentlastungen in Bayern. https://iswww.iwg.kit.edu/607_2056.php
87. Wicke, D.; Matzinger, A.; Rouault, P. (2015): Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins. Hg. v. Kompetenzzentrum Wasser Berlin. Abschlussbericht, http://www.kompetenz-wasser.de/wp-content/uploads/2017/11/abschlussbericht_ogre_final_rev2.pdf
88. Adamczak, K., Lyko, S., Nafo, I., Evenblij, H., Cornelissen, E., Igos, E., Klepizewski, K., Venditti, S., Kovalova, L., McArdell, C., Helwig, K., Pahl, O., Barraud, O., Casellas, M., Dagot, C., Maftah, C., Ploy, M.-C., Stalder, T. and PILLS (2012): Pharmazeutische Rückstände in der aquatischen Umwelt – eine Herausforderung für die Zukunft – Erkenntnisse und Aktivitäten des Europäischen Kooperationsprojektes PILLS. <http://www.pills-project.eu/content/136/documents/PillsBrochure-de.pdf>
89. Seidel, U., Ante, S., Börgers, A., Herbst, H., Matheja, A., Remmler, F., Sayder, B. and Türk, J. (2013): Analyse der Eliminationsmöglichkeiten von Arzneimitteln in den Krankenhäusern in NRW (TP 3), Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKULNV), AZ IV-7 – 042 600 001C, Vergabenummer 08/0581. https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/forschung/wasser/klaeranlage_abwasser/131231_Abschlussbericht%20TP%203_Final_lang.pdf
90. Pinnekamp, J., Palmowski, L. und Kümmerer, K. (Hrsg.) (2015): Abwasser aus Einrichtungen des Gesundheitswesens – Charakterisierung, Technologien, Kommunikation und Konzepte, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen (Untersuchte Einrichtungen: allgemeines Krankenhaus mit Kliniken mit orthopädischem, chirurgischem und onkologischem Schwerpunkt, einer psychiatrischen Fachklinik und einem Pflege- und Betreuungsheim)
91. Pinnekamp, Palmowski et al. (2015) (siehe Fußnote oben)
92. <http://www.no-pills.eu/>
93. http://www.riskwa.de/de_1282.html
94. Kompetenzzentrum Spurenstoffe BW. <http://www.koms-bw.de/>
Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW. <http://www.masterplan-wasser.nrw.de/das-kompetenzzentrum/>
95. HazBREF: <http://www.syke.fi/projects/hazbref>
96. Für den Ressortforschungsplan 2017 ist ein Vorhaben zu Substitutionsmöglichkeiten von PFOS in Galvanikbetrieben sowie ein Vorhaben zur Minderung der Einträge von Mikroverunreinigungen aus Abwasser von CP-Behandlungsanlagen für gefährliche Abfälle in Gewässer eingestellt.
97. EU-Basis-VO für die ökologische Produktion VO Nr. 834/2007 und DurchführungsVO Nr. 889/2008
98. Statistisches Bundesamt (2017): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht 2016, S. 14. https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/IndikatorenPDF_0230001.pdf?__blob=publicationFile
99. Klärschlammverordnung vom 15. April 1992 (BGBl. I S. 912), zuletzt geändert durch Artikel 74 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474). Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung, Bundestagsdrucksache 18/12495 vom 24. Mai 2017.
100. UBA (2014): Abfälle im Haushalt, Vermeiden, Trennen, Verwerten. Ratgeber. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/uba_abfall_web.pdf
101. Arzneimittel-Entsorgung richtig gemacht! <http://www.arzneimittelentsorgung.de/>
102. Hillenbrand et al. (2016): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer – Phase 2. UBA-Texte 60/2016, S. 24 bzw. 158ff. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/mikroschadstoffen_in_die_gewasser-phase_2.pdf
103. Details siehe Hillenbrand et al. (2016): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer – Phase 2. UBA-Texte 60/2016, S. 176ff. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/mikroschadstoffen_in_die_gewasser-phase_2.pdf
104. Ergebnisprotokoll der 80. Umweltministerkonferenz am 7. Juni 2013 in Oberhof, TOP 18, Nr. 3. https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/Gesamt_UMK.pdf
105. Bundesrat, Drucksache 627/15 (Beschluss), S.16 (Anlage: B EntschlieÙung 3). [https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2015/0601-0700/627-15\(B\).pdf?__blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2015/0601-0700/627-15(B).pdf?__blob=publicationFile&v=1)
106. Möckel et al. (2015): Einführung einer Abgabe auf Pflanzenschutzmittel in Deutschland. ISBN 978-3-428-14800-4; Handout unter: https://www.ufz.de/export/data/global/86986_Zusammenfassung_Gutachten.pdf
107. Gawel et al. (2017): Arzneimittelabgabe – Inpflichtnahme des Arzneimittelsektors für Maßnahmen zur Reduktion von Mikroschadstoffen in Gewässern, UBA-Texte 115/2017, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/arzneimittelabgabe-inpflichtnahme-des-arz>
108. Gawel et al. (2014): Reform der Abwasserabgabe: Optionen, Szenarien und Auswirkungen einer fortzuentwickelnden Regelung. UBA Texte, 55/2014. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_55_2014_reform_der_abwasserabgabe.pdf
109. Gawel et al. (2015): Mikroverunreinigungen und Abwasserabgabe, UBA-Texte 26/2015. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_26_2015_mikroverunreinigungen_und_abwasserabgabe_1.pdf



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/user/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/