

O.T3.1:

Wasserwirtschaftsstrategie

**zur Vermeidung anthropogener
Verschmutzung in grenzüberschreitenden Einzugsgebieten**

Vorwort

Neben den in diesem EU-Projekt gewonnenen Erkenntnissen basiert die vorliegende Wasserwirtschaftsstrategie vor allem auf den Publikationen „Monitoringprogramm von Pharmazeutika und Abwasserindikatoren in Grund- und Trinkwasser (BMG, 2015)“, „Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern (UBA 2018)“, „Pojavljanje zdravilnih učinkovin in njihovih metabolitov v slovenskih vodah (TRONTELJ et al., 2018)“, „Arzneimittelrückstände in Trinkwasser und Gewässern (TAB-Arbeitsbericht Nr. 183, 2019)“ und „Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji (ARSO, 2020)“. Einzelne Textblöcke wurden teilweise zur Gänze übernommen.

1. Einleitung

Seit mehreren Jahren können nicht zuletzt aufgrund verfeinerter Analysemethoden in zunehmendem Maße Stoffe im Konzentrationsbereich von Mikro- bis Nanogramm pro Liter in Oberflächengewässern und im Grundwasser nachgewiesen werden. Bei diesen sogenannten Mikroverunreinigungen handelt es sich um Spuren von Arzneimitteln, Pflanzenschutzmitteln, Bioziden und anderen Chemikalien, die schon in geringen Konzentrationen nachteilige Wirkungen auf die Umwelt oder auf die menschliche Gesundheit haben können.

Dies lässt sich am Beispiel von Arzneimitteln besonders plakativ darstellen: Seit Menschengedenken werden in der Medizin Arzneimittel eingesetzt, um Krankheiten zu heilen und um das menschliche Wohlbefinden zu verbessern. Arzneimittel werden verwendet, um die Ursachen von Krankheiten zu beheben, Schmerzen und andere Symptome zu lindern, aber auch um Krankheiten vorzubeugen, sie zu diagnostizieren oder um bei gesunden Menschen gewisse physiologische Funktionen zu beeinflussen. Ursprünglich vorwiegend pflanzlichen Ursprungs kommen heutzutage vorwiegend synthetisch hergestellte Arzneimittel zum Einsatz. Mit Medikamenten werden nicht nur Menschen, sondern auch Tiere behandelt. Sie dienen bei Tieren zur Vorsorge und Behandlung von Krankheiten, aber auch zur Abwehr von Parasiten. Wie in der Humanmedizin werden in der Veterinärmedizin erhebliche Mengen an Arzneimitteln eingesetzt.

Die an Menschen und Tiere verabreichten Medikamente verbleiben nur zu einem geringen Teil im jeweiligen Organismus. Ein Großteil der eingenommenen Wirkstoffe wird unverändert (als sogenannte Muttersubstanz) oder in Form von Stoffwechselprodukten (Metaboliten) wieder ausgeschieden. Diese Substanzen gelangen dann auf verschiedenen Wegen in die Umwelt und können dort Nebenwirkungen verursachen. Sie finden ihren Weg in Boden und Gewässer, wo die Wirkstoffe Organismen beeinflussen können. Unter Umständen kommen sie über den Nahrungskreislauf oder das Trinkwasser wieder in den Körper von Menschen und könnten deren Gesundheit beeinträchtigen.

Über die aktuelle Situation von anthropogen verursachten Mikroverunreinigungen im Abwasser, in Boden und der Umwelt, über ihr Verhalten und mögliche Wirkungen auf Mensch und Umwelt sowie über mögliche Maßnahmen zu ihrer Entfernung insbesondere aus dem Abwasser wurden in den letzten Jahrzehnten zahllose wissenschaftliche Artikel veröffentlicht. Auch in den Medien hat das Thema in den letzten Jahren verstärkt Aufmerksamkeit erfahren.

In Österreich und Slowenien werden Vorkommen und Konzentrationen von anthropogen verursachten Mikroverunreinigungen in der Umwelt und insbesondere in Gewässern bislang nicht flächendeckend systematisch überwacht. Stichprobenuntersuchungen und Schätzungen weisen aber auf einen Anstieg von Mikroverunreinigungen in Oberflächengewässern und im Grundwasser hin. Besondere Vorsicht ist von vorneherein bei Substanzen geboten, die

- persistent in der Umwelt sind,
- in Organismen bioakkumulieren oder
- toxisch für Umweltorganismen sind.

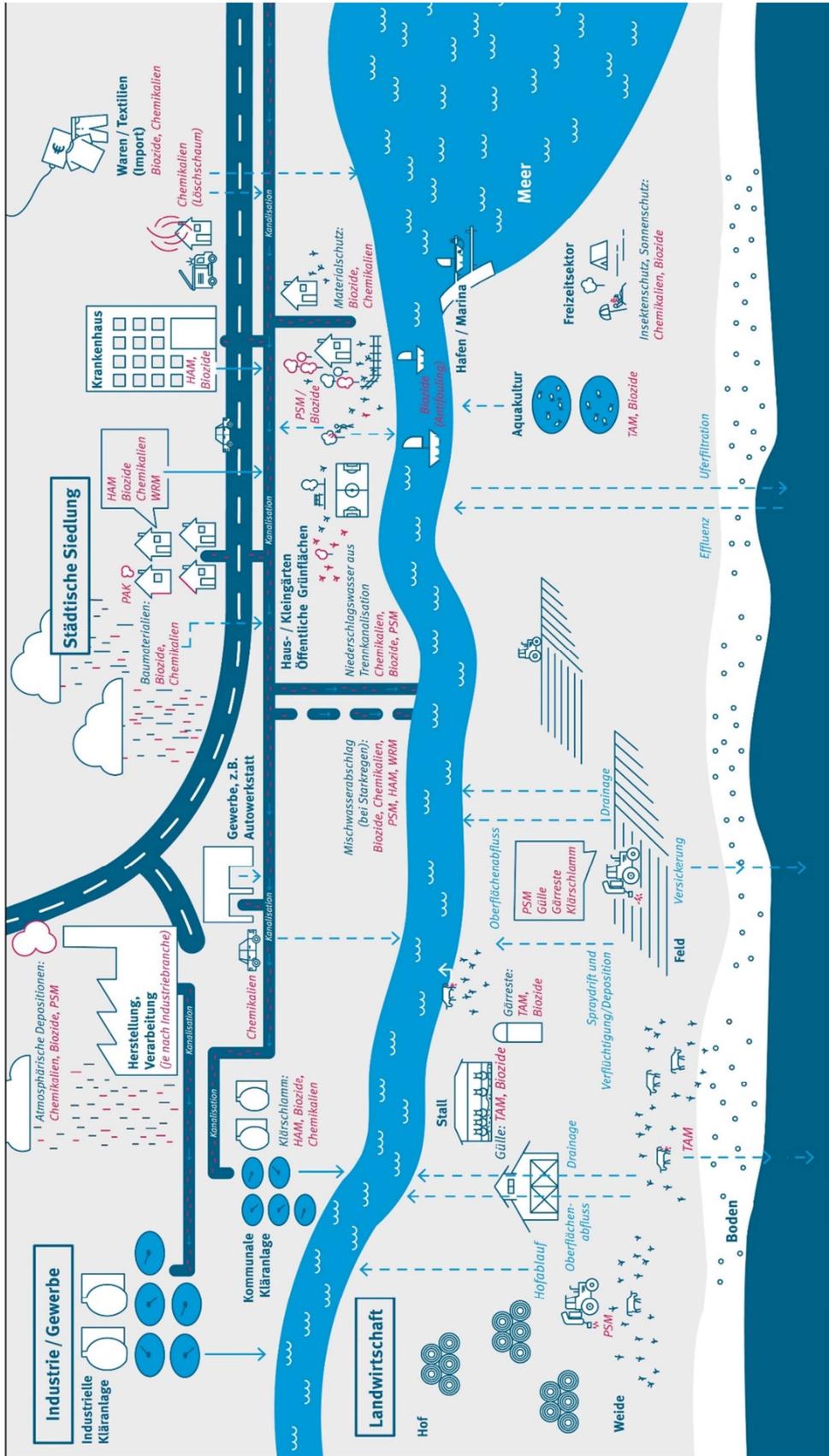
Stoffe, die zugleich alle drei Eigenschaften aufweisen, nennt man PBT-Stoffe, wobei PBT für persistent, bioakkumulierend und toxisch steht. Hier geht man davon aus, dass sie nicht in die Umwelt gelangen sollten. Eine Gesamteinschätzung der negativen Auswirkungen von Mikroverunreinigungen in Trinkwasser und Gewässern auf Umwelt und Gesundheit ist derzeit allerdings schwierig. Ein Grund ist, dass sich die konkreten Effekte nur schwer wissenschaftlich klar nachweisen und auf eine Ursache zurückführen lassen. Die Vielfältigkeit der Wirkstoffe, die niedrigen Wirkschwellen vieler Stoffe in Gewässern, der technisch oft aufwändige Nachweis der Stoffe, das Nichtwissen über die Kombinationswirkungen von Stoffen und ihrer Abbauprodukte („Cocktail effekt“) sowie die Langlebigkeit vieler Stoffe und die Unklarheit von Langzeitwirkungen erschweren die genaue Einschätzung der Folgen.

Auch wenn bei vielen Wirkstoffen in den gemessenen Umweltkonzentrationen eine negative Umweltwirkung nicht besteht oder bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden konnte, stellt sich die Frage, ob nicht schon allein die Möglichkeit und mehr noch der begründete Verdacht einer negativen Umweltwirkung Anlass genug ist, tätig zu werden.

Mikroverunreinigungen, die in die Umwelt gelangt sind, können auf die eine oder andere Weise wieder in einen menschlichen Organismus kommen. Wenn sich solche Rückstände im Trinkwasser befinden, nehmen Menschen sie beim Trinken und Essen mit auf. Ein anderer Weg, den beispielsweise Arzneimittelrückstände nehmen können, geht über Lebensmittel tierischen Ursprungs. Tiere enthalten zuweilen Rückstände, wenn sie mit Medikamenten behandelt wurden oder belastete Futterpflanzen gefressen haben. Auch ein Transfer pharmakologisch wirksamer Stoffe in Lebensmittel nichttierischen Ursprungs kann nicht ausgeschlossen werden. Arzneimittelrückstände tierischen Ursprungs können in Pflanzen akkumulieren, die mit Wirtschaftsdünger, also in erster Linie mit Gülle, behandelt wurden. Man muss daher davon ausgehen, dass Arzneistoffe nicht nur in der Umwelt vorhanden sind, sondern dass sie auch in gewissen Mengen vom Menschen mit dem Trinkwasser oder mit der Nahrung aufgenommen werden.

2. 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 (s. Abb. 1). Häufig angetrieben durch das Niederschlagsgeschehen werden Mikroverunreinigungen punktuell oder flächenmäßig (diffus) in Gewässer eingetragen.



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

AM Humanzweimittel; TAM Tierarzneimittel; PSM Pflanzenschutzmittel; PAK Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe; WRM Wasch- und Reinigungsmittel

Abb. 1: Schematischer Überblick über mögliche Eintragungspfade von Mikroverunreinigungen in die Gewässer (UBA 2018)

Ein wesentlicher punktförmiger Eintragspfad ist die Abwasserableitung. Diese erfolgt 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 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 industrieller Herstellung oder Verarbeitung werden (je nach Branche) 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 sowie die unsachgemäße Entsorgung. Auch aus Produktionsprozessen der Aquakultur werden Stoffe (z. B. Futtermittel, Arzneimittel, Transformationsprodukte, Stoffwechsellendprodukte) eingetragen.

Für eine Quantifizierung der Eintragspfade bedarf es Stoffflussanalysen. Dabei wird deutlich, dass Mikroverunreinigungen 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.

3. Stoffgruppenspezifische Reduzierungsmaßnahmen

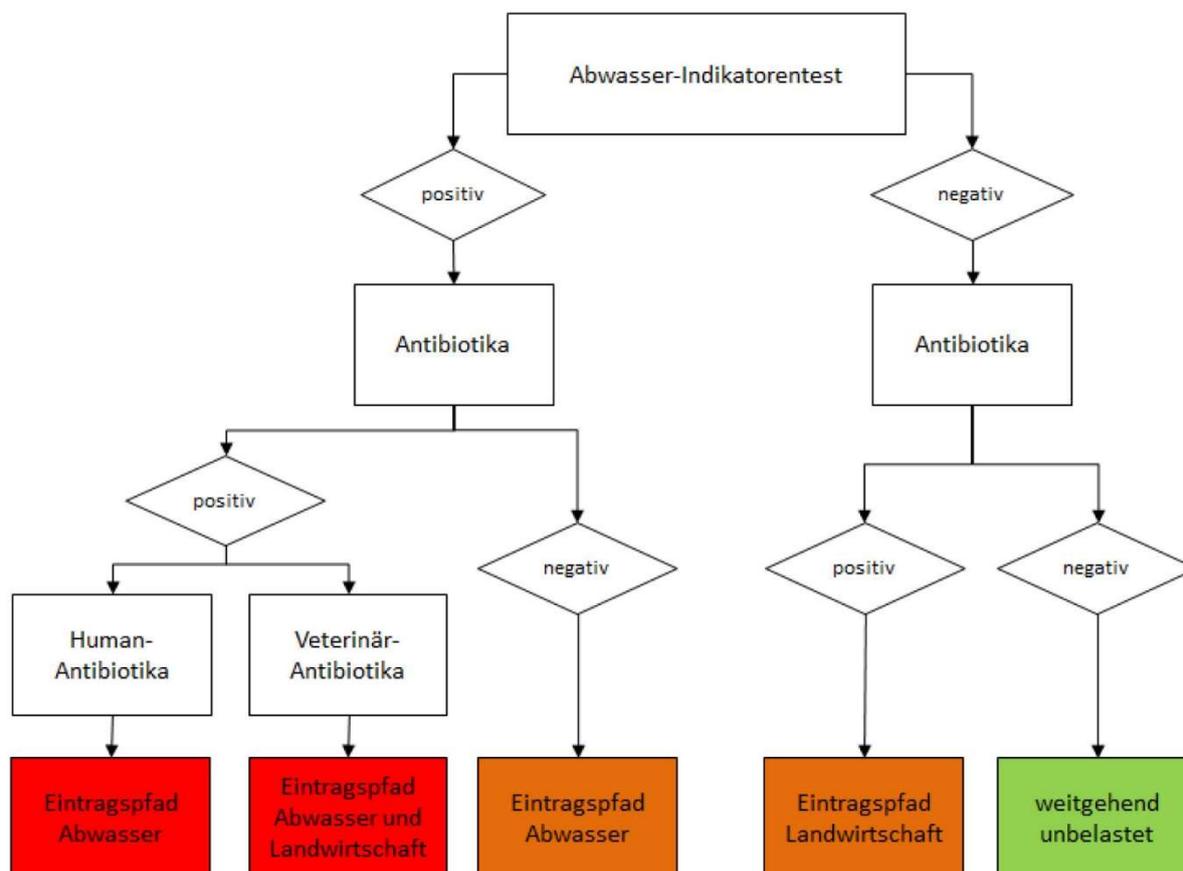


Abb. 2: Abwasser-Indikatorenprozess (BMG 2015)

- Humanarzneimittel

Humanarzneimittelwirkstoffe werden aus Krankenhäusern und Gesundheitseinrichtungen sowie privaten Haushalten über die menschlichen Ausscheidungen in das kommunale Abwassersystem eingetragen. Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch gelangen die unverändert ausgeschiedenen Wirkstoffe sowie die im Körper gebildeten Metaboliten in das Abwasser. Durch Herstellungsprozesse sowie durch unsachgemäße Entsorgung über Waschbecken 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.

Das größte Reduktionspotential für Humanarzneimittel liegt bei Maßnahmen zur Minderung der Einträge über das Abwasser.

- Tierarzneimittel

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. Von dort können die in den tierischen Ausscheidungen enthaltenen Rückstände an Tierarzneimittelwirkstoffen und deren im tierischen Organismus gebildete Metaboliten direkt oder über Oberflächenabfluss in angrenzende Oberflächengewässer gelangen. Wenn sie nicht durch die Bodenbestandteile zurückgehalten werden, können sie bis in das Grundwasser gelangen.

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 werden.

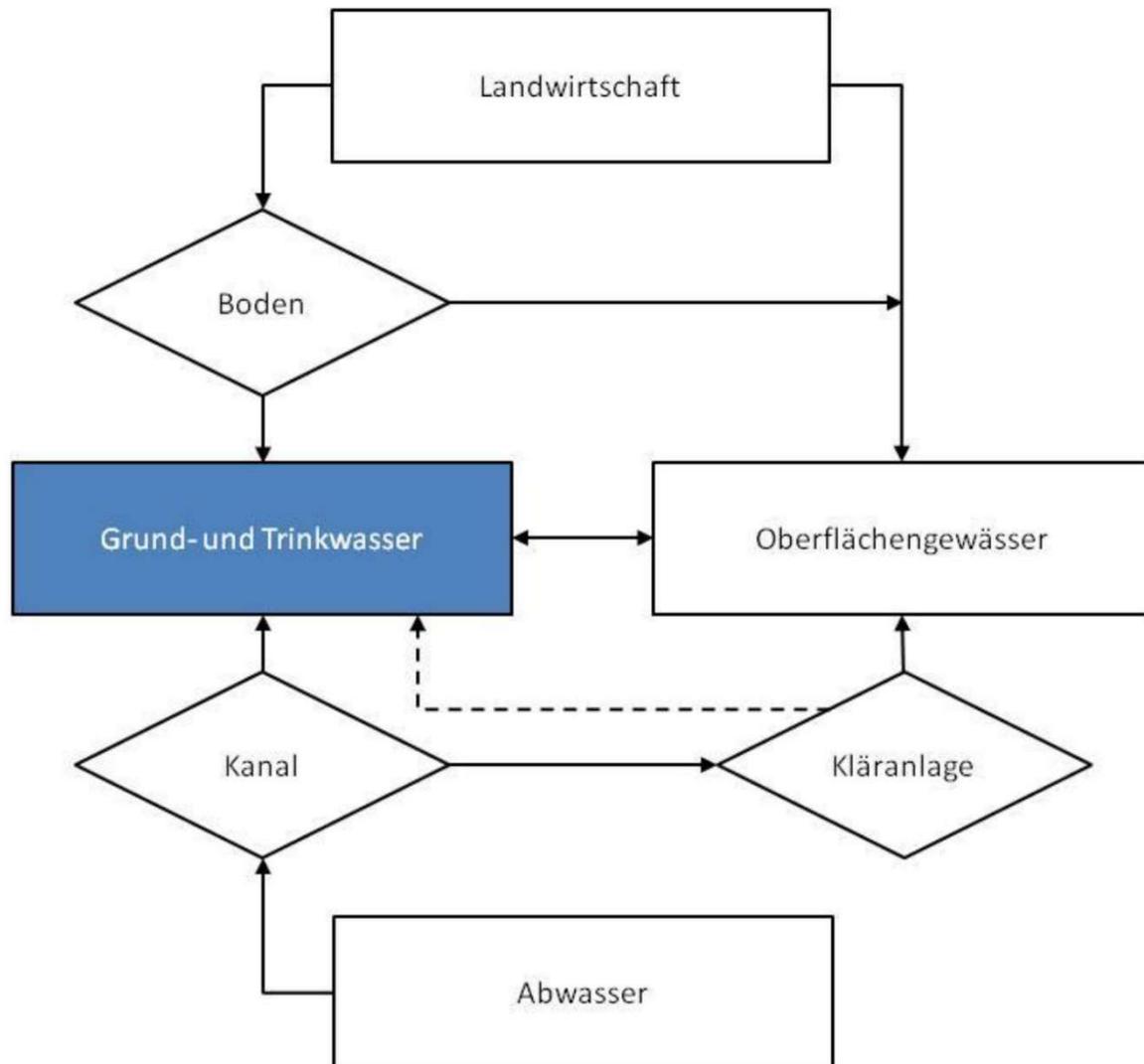


Abb. 3: Eintragungspfade für Tierarzneimittel in Grund- und Trinkwasser

- Pflanzenschutzmittel

In vielen Gewässern finden sich Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (PSM) und deren Metaboliten. Überwachungsprogramme zeigen immer wieder Überschreitungen von Qualitätszielen auf. Besonders kleine Gewässer in der Agrarlandschaft sind Einträgen von PSM ausgesetzt, da diese großflächig und in erheblichen Mengen offen in die Umwelt ausgebracht werden.

Durch die in der Regel im Freien erfolgende Ausbringung können Pflanzenschutzmittel auf sehr unterschiedlichen Wegen in Gewässer eingetragen werden. 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 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.

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. Gewässerbelastungen mit PSM hängen entscheidend von der Gesamtintensität des real praktizierten chemischen Pflanzenschutzes ab.

Erfolgreich wäre der Verzicht auf einen chemisch-synthetischen Pflanzenschutz durch eine verstärkte Förderung und Verbreitung des Ökolandbaus sowie die (Weiter-) Entwicklung nicht-chemischer Bekämpfungsmethoden.

Je besser eintragsmindernde (technische) Maßnahmen etabliert sind und standardisiert umgesetzt werden, umso effektiver reduzieren sie Gewässereinträge. Verbesserte Landschaftsstrukturen und erosionsmindernde Anbautechniken könnten beispielsweise einem Oberflächenabfluss bereits auf der Ackerfläche entgegenwirken. Ergänzend dazu wirken die oben genannten dauerhaft bewachsenen Gewässerrandstreifen. Daneben bedarf es der Entwicklung neuer intelligenter Lösungen im Bereich der Anwendungstechnik, um die Risiken für die Umwelt zu mindern. 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.

- 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. In städtischen Bereichen, in welchen ein Trennkanalisationssystem vorliegt, werden diverse Schutzmittel z. B. aus Gebäudefassaden 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, wer-

den auch Schutzmittel, die an Gebäudefassaden 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.

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.

- Chemikalien im Regelungsbereich von REACH

Die EU-REACH-Verordnung 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. 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.

Wegen der hohen Anzahl an Stoffen und deren unterschiedlichen Verwendungen sind auch die möglichen Expositionswege in Oberflächengewässer sehr vielfältig. 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 Abwasser in kommunale Kläranlagen und Klärschlamm gelangen. Dies sind punktuelle Einträge. Zusätzlich gibt es viele diffuse Eintragsmöglichkeiten. Im urbanen Siedlungsbereich können Chemikalien durch eine Freisetzung aus Gebäuden und Bauprodukten (z. B. Dämmstoffe, Isolieranstriche, Dächer, Kunstrasen), einen Ablauf von Straßen oder Schienen (z. B. Reifenabrieb, Korrosionsschutz), aus Deponien oder Recyclingprozessen (Druckfarben, Farbentwickler, Verpackungen), aber auch aus dem Freizeitaktivitätsbereich (z. B. UV-Filter in Sonnenschutz) 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).

Eine Optimierung der Bewertungsmaßstäbe und Bewertungsgrundlagen kann durch eine Verbesserung der Datenverfügbarkeit und Kommunikation sowie durch eine Erweiterung der REACH-Regelungsinstrumente für Importerzeugnisse erzielt werden. Auch Maßnahmen an der Quelle, beispielsweise durch Nutzung der REACH-Instrumente „Zulassung/Beschränkung“ zur Eintragsreduzierung bzw. durch die Einstufung von PMT-Stoffen (rohwasserkritische Stoffe, die gleichzeitig persistent, im Wasserkreislauf mobil und toxisch sind) als besorgniserregende Stoffe, erscheinen zweckmäßig.

- **Wasch- und Reinigungsmittel, Kosmetika**

Die Produktgruppen der Wasch- und Reinigungsmittel (WRM) sowie der Kosmetika unterliegen keiner besonderen Zulassung. Geregelt ist lediglich die vollständige aerobe biologische Abbaubarkeit von Tensiden, die in privaten und gewerblichen WRM eingesetzt werden dürfen. Bei bestimmungsgemäßer Verwendung gelangen WRM und Kosmetika im Wesentlichen über die Kanalisation in die Kläranlagen. Dennoch ist der Direkteintrag in die Gewässer durch Überlaufen der Mischwasserkanalisation bei Starkregenereignissen nicht zu vernachlässigen.

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). 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.

4. Nachgelagerte/übergreifende Reduzierungsmaßnahmen

4.1 Verbesserte kommunale Abwasserbehandlung durch eine vierte Reinigungsstufe

Kommunale Kläranlagen verfügen üblicherweise über eine mechanische und eine biologische Reinigungsstufe. In der dritten, chemischen Reinigungsstufe werden mit abiotisch chemischen Verfahren der pH-Wert des Wassers eingestellt, Krankheitserreger abgetötet sowie Phosphor, Stickstoff und gegebenenfalls auch Eisen und Mangan gefällt und entnommen. Mikroverunreinigungen werden aber durch eine biologische Aufbereitung und auch die dritte, chemische Reinigungsstufe nur in begrenztem Maße zurückgehalten. Durch eine vierte Reinigungsstufe können sie aber zu einem Großteil eliminiert werden.

Die in der vierten Reinigungsstufe eingesetzten Verfahren werden grundsätzlich nach ihrem Wirkmechanismus in physikalische, oxidative und adsorptive Verfahren unterteilt.

Mit physikalischen Verfahren kann eine sehr hohe Reinigungsleistung erreicht werden. Bei den physikalischen Verfahren wird das Abwasser unter Druck durch eine ultrafeine Membran gepumpt. Ein Teil des Wassers verbleibt vor der Membran und enthält die zurückgehaltenen Stoffe in hoher Konzentration. Dieses Konzentrat muss weiterbehandelt und entsorgt werden. Die physikalischen Verfahren sind jedoch mit sehr hohen Kosten und hohem Energieeinsatz verbunden, weswegen sie in kommunalen Kläranlagen in der Regel nicht zum Einsatz kommen.

Die oxidativen und adsorptiven Verfahren werden hinsichtlich der eingesetzten Betriebsmittel unterschieden: Bei den oxidativen Verfahren kommt als Oxidationsmittel vor allem Ozon zum Einsatz, das gegebenenfalls noch durch UV-Strahlung oder Wasserstoffperoxid ergänzt wird. Bei den adsorptiven Verfahren wird als Betriebsstoff Aktivkohle verwendet, wobei noch zu unterscheiden ist, ob es sich um granuliert Aktivkohle oder Pulveraktivkohle handelt. Welche Verfahrenstechnik im konkreten Fall am besten ist, hängt von den lokalen Bedingungen ab, wie z. B. Zusammensetzung des Abwassers (Gewerbe, Siedlung, Regenwasserüberlauf), Hauptverunreinigungen und lokal vorhandene Anlagenausgestaltung.

Eine vierte Reinigungsstufe mit Ozonung oder Aktivkohle wurde an vielen Versuchsanlagen großtechnisch erprobt und ist anwendungsreif. Erfahrungen existieren aus Deutschland oder der Schweiz, wo an belasteten Gewässern in den nächsten 20 Jahren eine vierte Reinigungsstufe eingebaut werden muss.

Sowohl mit Ozon als auch mit Aktivkohle kann eine Vielzahl von (jeweils unterschiedlichen) Mikroschadstoffen eliminiert werden. Die Höhe der Eliminationsrate je Substanz wird im Wesentlichen durch die Dosierung des eingesetzten Betriebsstoffes (Ozon oder Aktivkohle), die Eigenschaften des Mikroschadstoffs sowie die Zusammensetzung der insgesamt im Abwasser gelösten organischen Stoffe bestimmt. Einige der Substanzen können bereits mit einer vergleichsweise geringen Dosis weitgehend aus dem Abwasser entfernt werden. Bei anderen Substanzen sind erheblich größere Mengen an Betriebsstoffen notwendig, um eine ähnlich hohe Elimination zu erreichen. Zudem führt die vierte Reinigungsstufe auch zu einer Reduktion der mikrobiellen Belastung des Vorfluters.

Grundsätzlich ist die Elimination von Mikroschadstoffen stark von der Zusammensetzung der insgesamt im Abwasser gelösten organischen Stoffe abhängig, sodass an verschiedenen Kläranlagenstandorten deutlich unterschiedliche Dosiermengen notwendig sein können, um die gleichen Eliminationsleistungen zu erreichen. Es bleibt festzuhalten, dass mit beiden Verfahrenstechniken ein breites Spektrum an Mikroschadstoffen reduziert werden kann. Darüber hinaus können einige sekundäre Reinigungseffekte erzielt werden:

- Bei der Anwendung von Aktivkohle wird auch der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) im Kläranlagenablauf abgesenkt. Bei Anwendung von Pulveraktivkohle reduzieren sich bei einer zusätzlichen Zugabe von Fallmitteln (Metallsalzen) auch die Gesamtphosphorwerte im Ablauf.
- Der Einsatz von Ozon bewirkt durch die desinfizierende Eigenschaft des Ozons eine Keimreduzierung im Kläranlagenablauf.
- Zusätzliche positive Reinigungseffekte ergeben sich außerdem durch die notwendige Nachbehandlung sowohl bei Ozonung als auch bei Aktivkohle. Der letzte Schritt in einer vierten Reinigungsstufe ist zumeist ein Sandfilter. Hierdurch werden die Kohlenstoff- und Phosphorkonzentration im Abstrom weiter reduziert.

- Darüber hinaus führt die Anwendung von Aktivkohle oder Ozon zu einer Minderung der Geruchsbelastung sowie zu einer Entfärbung des Abwassers.

Den positiven Wirkungen der vierten Reinigungsstufe stehen ein erhöhter Energieverbrauch, ein hoher Verbrauch an Betriebsmitteln (Aktivkohle), eine Erhöhung des Klärschlammanfalls und die Entsorgungsproblematik des mit Aktivkohle vermischten Klärschlammes gegenüber. Insbesondere beim Einsatz einer Ozonierung ist zudem die Bildung möglicher Umwandlungsprodukte, also von Metaboliten, zu bedenken, die unerwünschte Wirkungen entfalten können.

4.2 Zentrale und dezentrale Niederschlagswasserbehandlung

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.

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

1. Zwischenspeicherung und Behandlung von Mischwasserabschlägen/-überläufen
 - a. in Regenüberlaufbecken, Stauraumkanälen und Regenrückhaltebecken;
 - b. durch Aktivierung von Kanalvolumen oberhalb einer „statischen“ Abflussbegrenzung;
 - c. durch Maßnahmen der Kanalnetzbewirtschaftung zur gezielten Aktivierung von Speichervolumen (z. B. in Regenbecken, Stauraumkanälen und Kanälen).
 - d. Retentionsbodenfilter
 - e. Erhöhung der Mischwasserbehandlung in Kläranlagen
2. Zentrale Behandlung von Niederschlagswasser
 - a. Regenrückhaltebecken und Retentionsbodenfilter
 - b. Sedimentation in Regenklärbecken und Schrägkläranlagen
3. Dezentrale Behandlung von Niederschlagswasser
 - a. Vermeidung von Regenabflüssen durch Entsiegelung, Versickerung und Verdunstung
 - b. 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. Auch der Bau weiterer Anlagen zur Versickerung oder Speicherung und Behandlung von Niederschlagswasser kann dazu beitragen, die Schadstofffrachten zu reduzieren.

4.3 Dezentrale Abwasserbehandlung aus Gesundheitseinrichtungen

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 werden.

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.

4.4 Industrieabwasserbehandlung

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, in denen chemische Hilfsmittel eingesetzt werden, 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.

Mikroverunreinigungen in Industrieabwasser werden weder auf EU-Ebene, noch auf nationaler Ebene unter Verwendung dieses Begriffes geregelt. Ziel muss daher sein, innerhalb des europäischen Prozesses zur Bestimmung von Emissionsminderungsmaßnahmen für Industrieemissionen durch gezieltes Informationsmanagement von Stoffdaten zu Industriechemikalien geeignete Emissionsminderungsmaßnahmen zu erarbeiten. Diese wären dann verpflichtend in der gesamten EU umzusetzen. Durch eine Stärkung der Schnittstellen zwischen REACH, der Wasserrahmenrichtlinie und der Industrieemissionsrichtlinie könnte der Vollzug von Maßnahmen zur Reduktion von Freisetzungen von Mikroverunreinigungen in Betrieben verbessert werden.

4.5 Übergreifende Maßnahmen in der Landwirtschaft

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

1. Ausbau des ökologischen Landbaus
Der ökologische Landbau trägt dazu durch den Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und durch erhebliche Einschränkungen beim Einsatz von Tierarzneimitteln bei. Aufgrund dieser und weiterer positiver Umweltleistungen des Ökolandbaus sollte dessen Ausbau weiter konsequent unterstützt und gefördert werden.
2. 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.
3. 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 werden. 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.
4. Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlämmen
Durch die landwirtschaftliche Nutzung werden die am Schlamm adsorbierten Stoffe inklusive Mikroverunreinigungen in die Umwelt ausgebracht.

4.6 Geordnete Abfall-/Arzneimittelentsorgung

Eine unsachgemäße Abfallentsorgung kann einen potentiellen Eintragspfad für Mikroverunreinigungen in Gewässer darstellen. 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.

5. Überblick der Maßnahmenauswahl und Zusammenfassung

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

Humanarzneimittel

- Weiterentwicklung und Harmonisierung der Risikominderungsmaßnahmen bei der Zulassung

- Forschung zu umweltverträglicheren Wirkstoffen/Applikationsformen
- Zielgruppenspezifische Kommunikation und Aufklärung
- Informationskampagne zur richtigen Entsorgung von Arzneimittelresten
- Monographiesystem für Arzneimittelwirkstoffe
- Forschung zur Ausweitung der Verschreibungspflicht aufgrund von Umweltbelangen

Tierarzneimittel

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

Pflanzenschutzmittel

- 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

- 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

- 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

- 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
- Vierte Reinigungsstufe
- Weitergehende zentrale Behandlung von Niederschlagswasser
- Weitergehende dezentrale Behandlung von Niederschlagswasser
- Weitergehende zentrale Behandlung von Mischwasserabflüssen
- Getrennte Sammlung/Entsorgung von Röntgenkontrastmitteln
- Industrieabwasser
 - Freiwillige Initiativen zum phasing out bestimmter Chemikalien
 - Forschungsvorhaben zur systematischen Untersuchung relevanter Branchen hinsichtlich chemischer Additive zur Weiterentwicklung der Anforderungen

5. Literatur

ABEGGLEN, C. (2009): Eliminating micropollutants: wastewater treatment methods. In: EAWAG News (67e), S. 25–27; Dübendorf

AGENCIJE REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE – ARSO (2020): Kemijsko stanje podzemne vode v Sloveniji; Ljubljana

BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT – BMG (2015): Monitoringprogramm von Pharmazeutika und Abwasserindikatoren in Grund- und Trinkwasser; Wien

BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS – BMNT (2018): Spurenstoffe im Grundwasser; Wien

BUNDESMINISTERIUM FÜR NACHHALTIGKEIT UND TOURISMUS – BMNT (2019): Arzneimittelwirkstoffe und Hormone in Fließgewässern; Wien

HILLENBRAND, T., TETTENBORN, F., MENGER-KRUG, E., MARSCHIEDER-WEIDEMANN, F., FUCHS, S., TOSHOVSKI, S., KITTLAUS, S., METZGER, S., TJOENG, I., WERMTER, P., KERSTING, M., ABEGGLEN, C. (2015): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer; UBA-Texte 86/2014, Dessau-Roßlau

JAMNIK, B., AUERSPERGER, P., URBANC, J., LAH, K. & PRESTOR, J (2009): Ostanki zdravil kot pokazatelj antropogenih vplivov na podzemno vodo Ljubljanskega polja in Ljubljanskega barja; Ljubljana

KLAUER, B. (2019): Arzneimittelrückstände in Trinkwasser und Gewässern; TAB-Arbeitsbericht Nr. 183, Berlin

METZGER, S., ROSLER, A., KAPP, H. (2012): Spurenstoffbericht – Erweiterung des Klarwerks Mannheim um eine Adsorptionsstufe zur Verbesserung der Abwasserreinigung; Hochschule Biberach

REACH: Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (Registration, Evaluation, Authorisation & Restriction of Chemicals)

SOVIČ, N. & LADISLAV KÜČAN, L (2019).: Dodatni parametri v programih spremljanja vodnih virov; Simpozij z mednarodno udeležbo, Portorož

TRONTELJ, J, KLANČAR, A. & ROŠKAR, R. (2018): Pojavljanje zdravilnih učinkovin in njihovih metabolitov v slovenskih vodah; farm vestn 2018; 69

UMWELTBUNDESAMT – UBA (2018): Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern; Dessau-Roßlau