

**Strategie Mikroverunreinigungen
Integrale Bewertung
von Mikroverunreinigungen und
Maßnahmen zur Reduzierung von
Einträgen aus Siedlungs- und
Industrieabwässern**



Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Bericht 203



Impressum

Herausgeberin:

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Koblenz
Postfach 20 02 53, D 56002 Koblenz
Telefon +49-(0)261-94252-0, Fax +49-(0)261-94252-52
E-mail: sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

© IKSr-CIPR-ICBR 2012
ISBN-Nr.: 3-941994-30-1

Strategie Mikroverunreinigungen

Integrale Bewertung von Mikroverunreinigungen und Maßnahmen zur Reduzierung von Einträgen aus Siedlungs- und Industrieabwässern

1. Einleitung

1. Im Rahmen der 14. Rheinministerkonferenz am 18. Oktober 2007 wurde die IKSР unter anderem beauftragt, eine gemeinsame und umfassende Strategie zur Verringerung und Vermeidung der Einträge von Mikroverunreinigungen aus der Siedlungsentwässerung und aus anderen (diffusen) Quellen in den Rhein und seine Nebengewässer durch Verbesserung der Kenntnisse zu Emissionen, ökotoxikologischem Verhalten in der Natur und zu geeigneten Aufbereitungsmethoden auszuarbeiten.

2. In ihrer Plenarsitzung im Juli 2010 in Mainz hat die IKSР als erstes Arbeitsergebnis den Bericht „Strategie Mikroverunreinigungen – Strategie für die Siedlungs- und Industrieabwässer“¹ vorgelegt. Die Strategie ist darauf ausgerichtet, die Probleme und Wissenslücken darzustellen und Maßnahmenempfehlungen zur Verbesserung der Situation vorzuschlagen. Sie setzt sich zum Ziel, dass:

„Stoffe im Rheinwasser weder für sich genommen, noch in Wechselwirkung mit einander nachteilige Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen haben dürfen und die Wasserqualität derart sein muss, dass die Trinkwassergewinnung mit einfachen, natürlichen Aufbereitungsmethoden möglich ist.

Dies bedeutet Vermeidung von Verunreinigungen durch Verringerung der Einleitung, Emissionen und Verluste von Mikroverunreinigungen mit nachteiligen Auswirkungen, mit dem Ziel, Konzentrationen in der Nähe der Hintergrundwerte natürlich vorkommender Stoffe zu erreichen und, bei synthetischen Stoffen, Konzentrationen in der Nähe von Null zu erreichen.“

3. In Abwässern finden sich heute unterschiedlichste Stoffe, beispielsweise Rückstände von Haushaltschemikalien, Körperpflegeprodukten und Arzneimitteln, die in konventionellen mechanisch-biologischen Abwasserreinigungsanlagen nicht ausreichend abgebaut oder zurückgehalten werden. Durch moderne Analytik ist eine Vielzahl von Stoffen als Mikroverunreinigungen in den Gewässern nachweisbar. Eine umwelttoxikologische Bewertung ist für Einzelstoffe teilweise, für die Summe der Einzelstoffe nicht möglich. Manche Mikroverunreinigungen können nachteilige Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaft im Rhein oder die Gewinnung von Trinkwasser bzw. die Trinkwasserqualität haben.

4. Aus der großen Vielfalt möglicher Stoffe wurden 10 Stoffgruppen aufgrund von Expertenurteilen ausgewählt², für die anhand von Indikatorsubstanzen die Verbrauchs- und Anwendungsmengen, die Eintragspfade in die Gewässer, Messdaten aus Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser, Qualitätskriterien sowie Vorschläge für Qualitätskriterien und potenzielle Maßnahmen analysiert und in Auswertungsberichten³

¹ IKSР 2010 - Strategie für Siedlungs- und Industrieabwässer, [IKSР-Bericht Nr. 181](#).

² Röntgenkontrastmittel, Humanarzneimittel, Tierarzneimittel, Biozide/Antioxidantien, Pestizide, Industriechemikalien, Komplexbildner, Östrogene, Reinigungs- und Geschirrspülmittel, Körperpflegeprodukte/Duftstoffe

³ Zurzeit sind folgende Auswertungsberichte auf der öffentlichen IKSР-Website (www.iksr.org) publiziert worden:

IKSР 2010 - Auswertungsbericht Humanarzneimittel, [IKSР-Fachbericht Nr. 182](#)

IKSР 2010 - Auswertungsbericht Biozide und Korrosionsschutzmitteln, [IKSР-Fachbericht Nr. 183](#)

zusammen gefasst wurden. Auf Grundlage dieser Daten wurden für jede Stoffgruppe die möglichen Maßnahmen zur Reduzierung der Einträge in die Gewässer aus dem gesamten Spektrum von Maßnahmen an der Quelle (z.B. Zulassung von Stoffen, Einschränkung der Anwendung) bis hin zu technischen Maßnahmen an zentralen Kläranlagen dargestellt.

5. Im vorliegenden Synthesebericht werden die möglichen Maßnahmen der Auswertungsberichte auf Synergie-Effekte geprüft. Es handelt sich also um Maßnahmen, die auf mehrere Stoffgruppen wirken. Auf dieser Grundlage werden Empfehlungen für Maßnahmen zur Vermeidung und Reduzierung der Belastung der aquatischen Umwelt und des Trinkwassers durch verschiedene (trink-)wasserrelevante Stoffe vorgeschlagen.

6. Ergänzend soll eine Strategie zur Vermeidung und Verringerung von Mikroverunreinigungen aus sogenannten diffusen Quellen ausgearbeitet werden, die mit der Strategie für kommunale und industrielle Abwässer vergleichbar ist. Dabei werden auch Stoffe betrachtet, die teilweise über das Abwasser von kommunalen Kläranlagen und teilweise über andere Eintragspfade in Gewässer eingetragen werden.

2. Relevanz der Stoffe

7. Der Rhein ist einer der am intensivsten genutzten Flüsse der Erde. In seinem Einzugsgebiet leben etwa 58 Millionen Menschen. Die mittlere Bevölkerungsdichte liegt bei ca. 290 Einwohner/km². Bemerkenswert ist die hohe Bevölkerungsdichte am Niederrhein mit 680 Einwohner/km². Etwa 96% aller Einwohner im Rheineinzugsgebiet sind an eine Kläranlage angeschlossen, in der Abwässer aus kommunalen Bereichen aufbereitet werden. Damit liefern die Kläranlagen einen erheblichen Beitrag zum Abfluss des Rheins. Der Anteil von biologisch gereinigtem Abwasser kann in Niedrigwasserperioden bis zu 20 % und mehr ausmachen. Insbesondere in dicht besiedelten Regionen an den Zuflüssen des Rheins kann der Abwasseranteil aus der Kläranlage im Gewässer hoch sein. Des Weiteren werden infolge des Klimawandels die Rheinabflüsse im Winter zu- und im Sommer abnehmen ⁴ (was im Sommer den Anteil des Abwassers aus kommunalen Einleitungen erhöhen wird), somit wird eine Tendenz fortgesetzt, die sich bereits im letzten Jahrhundert abgezeichnet hat.

8. Im Rheineinzugsgebiet befindet sich ein erheblicher Teil der weltweiten chemischen Industrie, wobei viele Industriebetriebe über eine betriebseigene Kläranlage verfügen. Weitere Nutzungen im Rheineinzugsgebiet umfassen Braunkohletagebau, Wasserentnahmen zu Kühlzwecken, zur Wasserkraftnutzung, zur Bewässerung der Landwirtschaft und zur Trinkwasseraufbereitung für 30 Millionen Menschen. Außerdem wird der Rhein als wichtige Schifffahrtsstraße genutzt.

9. Der erhebliche Nutzungsdruck führte zu einer starken Verunreinigung des Rheins. Über internationale Übereinkommen z.B. im Rahmen der IKSr konnten in den letzten Jahrzehnten die chemische Wasserqualität wie auch der biologische Zustand des Rheins deutlich verbessert werden. Heute stellen unter Anderem die Mikroverunreinigungen eine Herausforderung an den Gewässerschutz dar. In den derzeitigen Kläranlagen werden viele Mikroverunreinigungen nicht oder nur teilweise aus dem Abwasser entfernt und gelangen so in die Gewässer.

10. In Verbindung mit Mikroverunreinigungen können folgende Aussagen in Bezug auf die Wasserqualität (Ist-Zustand) gemacht werden

IKSR 2011 - Auswertungsbericht Östrogene, [IKSR-Fachbericht Nr. 186](#)

IKSR 2011 - Auswertungsbericht Röntgenkontrastmittel, [IKSR-Fachbericht Nr. 187](#)

IKSR 2011 - Auswertungsbericht Duftstoffe, [IKSR-Fachbericht Nr. 194](#)

IKSR 2012 - Auswertungsbericht Komplexbildner, [IKSR Fachbericht Nr. 196](#)

IKSR 2013 - Auswertungsbericht Industriechemikalien, IKSr Fachbericht Nr. 201

⁴ Szenarienstudie für das Abflussregime des Rheins, [IKSR-Bericht Nr. 188](#)

- a. Im Rhein und insbesondere in den Nebenflüssen mit hohem Abwasseranteil finden sich häufig bestimmte Vertreter aus den Stoffgruppen der
 - o Humanarzneimittelwirkstoffe
 - o Biozide
 - o Korrosionsschutzmittel
 - o jodierten Röntgenkontrastmittel
 - o Östrogene
 - o Komplexbildner
 - o weitere Industriechemikalien wie Flammschutzmittel und perfluorierte Tenside
 - b. Zusätzlich gilt für Stoffe, die schlecht abgebaut werden, dass die Konzentrationen im Unterlauf des Rheins (Deltarhein) vergleichsweise hoch sind. Beispiele dafür sind bestimmte Vertreter aus den Stoffgruppen der:
 - o Humanarzneimittelwirkstoffe,
 - o Korrosionsschutzmittel
 - o jodierten Röntgenkontrastmittel
 - o Komplexbildner mit Ausnahme von DTPA (Diethylentriaminpentaessigsäure)
 - o weitere Industriechemikalien wie perfluorierte Tenside.
11. Die Befunde für die einzelnen Stoffgruppen stellen sich wie folgt dar:
- a. Arzneimittelwirkstoffe werden verbreitet im Rheineinzugsgebiet nachgewiesen. Die höchsten Konzentrationen werden im Unterlauf des Rheins und in Zuflüssen mit einem hohen Anteil an kommunalem Abwasser nachgewiesen. Die höchsten Einzelmesswerte liegen über den Vorschlägen für Umweltqualitätsnormen⁵. Derzeit bestehen keine verbindlichen UQN. Arzneimittelwirkstoffe werden im Rohwasser von Trinkwassergewinnungsanlagen und teilweise im Trinkwasser gefunden, insbesondere wenn dieses aus Uferfiltrat gewonnen wird.
 - b. Biozide und Korrosionsschutzmittel werden im Rheineinzugsgebiet in stark schwankenden Konzentrationen nachgewiesen. Biozidkonzentrationen können in der Größenordnung von ökotoxikologisch relevanten Werten liegen. Verbindliche WRRL-UQN sind nicht vorhanden. Für Biozide und Korrosionsschutzmittel wurden eine teilweise ungenügende Datenlage und komplexe Eintragsmuster festgestellt.
 - c. Für Östrogene liegen nur wenige Messdaten aus dem Hauptstrom des Rheins vor. Im Rhein und in den großen Nebenflüssen liegen die Messwerte durchgehend unter der Nachweisgrenze von weniger als 1 ng/l, in anderen Nebenflüssen im Bereich einiger ng/l. Der Schwellenwert für das Auftreten von endokrinen Wirkungen liegt jedoch noch darunter.⁶ Die derzeitigen UQN-Vorschläge für Östrogene⁵ liegen unterhalb der möglichen analytischen Bestimmungsgrenzen.
 - d. Röntgenkontrastmittel (RKM) werden als biologisch inaktive Substanzen entwickelt. Aufgrund ihrer Polarität und Stabilität werden sie teilweise im Trinkwasser nachgewiesen. Es liegen keine ökotoxikologisch relevanten Daten vor, um UQN abzuleiten. Im Unterlauf des Rheins sowie in Nebengewässern, die für die Trinkwassergewinnung genutzt werden, werden Konzentrationen

⁵ European Commission 2012; Proposal for a „DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLEMENT AND OF THE COUNCIL“ amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy (http://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/pdf/com_2011_876.pdf)

⁶ European Commission 2002: Study on the scientific evaluation of 12 substances in the context of endocrine disrupter priority list of actions; report: UC 6052. Johnson I und P Harvey (2002).

von RKM einschließlich ihrer Transformationsprodukte gefunden, die IAWR⁷- und GOW-Werte (in diesem Fall allgemeine Vorsorgewerte für die Trinkwassergewinnung; spezifische GOW-Werte⁸ von RKM sind derzeit nicht vorhanden) überschreiten.

- e. Komplexbildner sind aus Sicht der Trinkwasserversorgung auffällig, da sie mit herkömmlichen Aufbereitungsverfahren nicht entfernt werden können. Die Gesamtemissionen an EDTA in das Rheineinzugsgebiet wurden in den letzten beiden Jahrzehnten erheblich reduziert. In den letzten Jahren wurden im Rhein und in den großen Nebenflüssen noch Konzentrationen von mehreren µg/l gemessen, die Konzentrationen nehmen im Längsverlauf des Rheins zu, wobei der IAWR-Wert für Komplexbildner von 5 µg/l öfters überschritten wurde. Die aus toxikologischer Sicht bei lebenslanger Exposition duldbaren Konzentrationen im Trinkwasser und die ökotoxikologischen Wirkungsschwellen liegen um ein Vielfaches über den gemessenen EDTA-Konzentrationen.
- f. Die synthetischen Duftstoffe HHCB (Galaxolid) und AHTN (Tonalid) die stark fettlöslich, biologisch schlecht abbaubar sind und stark bioakkumulieren, kommen im Rhein vor, liegen jedoch unter den Werten, bei denen nachteilige Auswirkungen auf aquatische Organismen erwartet werden. Auch der IAWR-Wert von 1 µg/l wird nicht überschritten. Für beide Stoffe liegen keine Umweltqualitätsnormen vor.
- g. Zu den Industriechemikalien wurde folgendes festgestellt:
 - (i) Diglyme überschreitet im Hauptstrom des Rheins den massgeblichen Zielwert der IAWR von 1,0 µg/l bei zeitlich begrenzten Spitzenbelastungen infolge einzelner Ereignisse bei Betrieben.
 - (ii) Für die Substanzen TCEP, TCPP liegt ein Zielwert der IAWR von 0,1 µg/l vor, der im Hauptstrom Rhein überschritten wird. Auch in einigen Nebenflüssen des Rheins werden für TCPP Überschreitungen des IAWR-Wertes festgestellt. Eine Überschreitung von PNEC-Werten wurde nicht festgestellt. Für diese Stoffgruppe existieren noch keine rechtlich verbindlichen UQN.
 - (iii) Beim perfluorierten Tensid PFOS überschreiten die entlang des Rheins und in seinen Nebenflüssen gemessenen Konzentrationen den Vorschlag der EU-Kommission für eine Jahresdurchschnitts-UQN in vielen Fällen um ein Vielfaches. Der IAWR-Wert von 0,1 µg/l wird in einzelnen Fällen überschritten.
 - (iv) Die Flammschutzmittel (TCPP, TCEP und TBEP) und PFOS können in Uferinfiltraten entlang des Hauptstroms des Rheins oder seinen

⁷ Zielwerte für anthropogene naturfremde Stoffe der Internationalen Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet - IAWR (s. Donau -, Maas – en Rijn Memorandum 2008):

- Stoffe mit Auswirkungen auf biologische Systeme: Pro Stoff 0,1 µg/l, es sei denn, dass toxikologische Ergebnisse einen niedrigeren Wert fordern;
- biologisch schwer abbaubare Stoffe ohne bekannte Auswirkungen: pro Stoff 1,0 µg/l,
- synthetische Komplexbildner, pro Stoff 5,0 µg/l.

Oberflächengewässer, die diesen Zielwerten entsprechen, ermöglichen in der Regel die Produktion von Trinkwasser ausschließlich anhand einfacher Aufbereitungstechniken.

⁸ Der GOW gilt als deutscher Vorsorgewert für RKM in Trinkwasser und Trinkwasserressourcen bzw. in Gewässern, aus denen Rohwasser für die Trinkwasserversorgung gewonnen wird. Dabei handelt es sich um einen allgemeinen Vorsorgewert für nachweislich nicht gentoxische Stoffe, bei denen Daten zur oralen Toxizität, zur Immuntoxizität und zum Keimzellen schädigenden Potenzial nicht zu einem niedrigeren Wert als 1 µg/l führen (GOW₄) (vgl. UBA, 2003). Als solcher gilt er auch für Komponenten von Summen gleichzeitig ähnlich wirkender Stoffe.

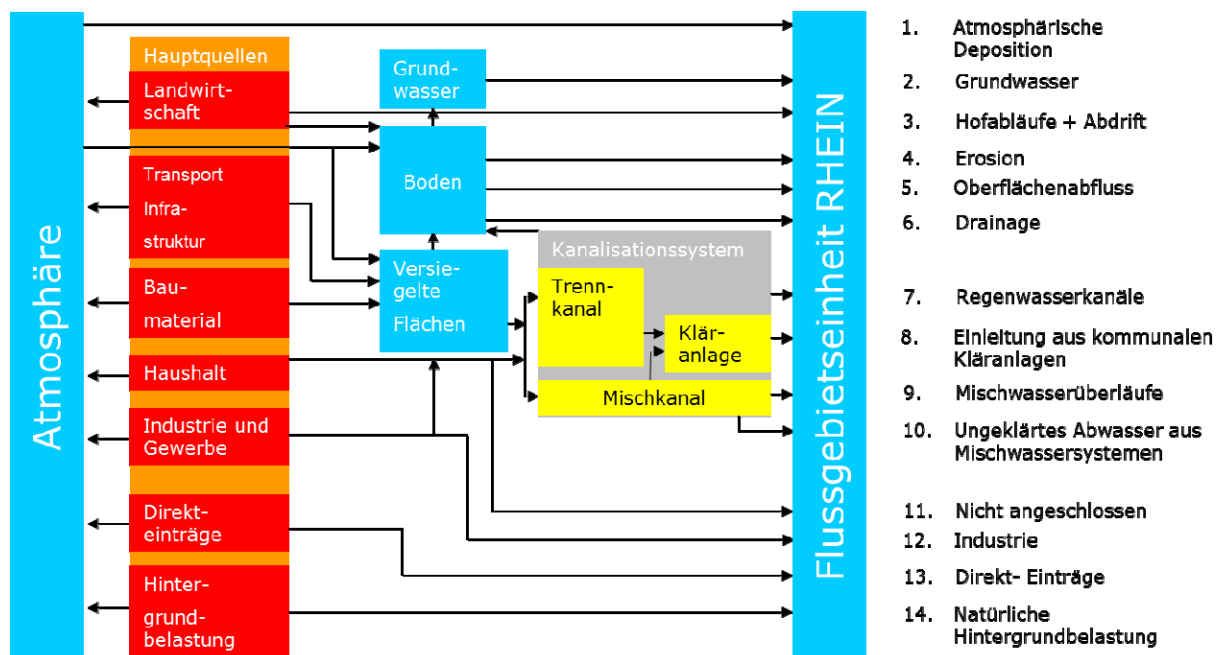
Nebenflüssen nachgewiesen werden. Im Falle von TCPP und TBEP liegen die im Uferinfiltrat gemessenen Werte über den Zielwerten der IAWR.

12. Zusammenfassend kann festgestellt werden:

- a. Die gesammelten Messdaten für die in diesem Bericht betrachteten Mikroverunreinigungen im Rheineinzugsgebiet sind je nach Stoff sowie regional sehr unterschiedlich. Bei den aufgeführten Substanzklassen liegen die höchsten Einzelmesswerte, die im Rheinhauptstrom und den großen Nebenflüssen nachgewiesen wurden, über Vorschlägen für Umweltqualitätsnormen oder Beurteilungskriterien, die nach den Regeln der WRRL abgeleitet wurden.
- b. Für die meisten der behandelten Stoffgruppen oder deren Indikatorstoffe gibt es keine festgelegten Umweltqualitätsnormen auf nationaler oder europäischer Ebene. Die Vorsorgewerte für die Trinkwassergewinnung werden im Unterlauf des Rheins sowie in einigen Nebengewässern teilweise überschritten. Die höchsten Einzelwerte in Oberflächengewässern wurden in Gewässern mit einem hohen Abwasseranteil gefunden. Insbesondere in den (kleineren) Nebengewässern mit einem hohen Abwasseranteil sind daher für bestimmte Stoffe negative ökologische bzw. ökotoxikologische Wirkungen nicht von vornherein auszuschließen.
- c. Vor allem polare, schwer abbaubare Stoffe werden im Rohwasser von Trinkwassergewinnungsanlagen gefunden und teilweise auch im Trinkwasser nachgewiesen. Diese erhöhen u. A. im Niederrhein und im Deltarhein den Aufwand für die Gewinnung von Trinkwasser aus Rheinwasser.

3. Analyse der Eintragspfade und -quellen

13. Ausgehend von den im Rheineinzugsgebiet nachgewiesenen Konzentrationen werden nachstehend die Hauptquellen der Stoffgruppen über eine Analyse der Eintragspfade dargestellt.



14. Diese Analyse (hinsichtlich Konzentrationen und Frachten) zeigt, dass für viele der betrachteten Stoffe das gereinigte kommunale Abwasser (Emissionspfad 8) der relevante maßgebliche Eintragspfad ist und dass Haushalte sowie Industrie und Gewerbe die wichtigsten Quellen darstellen. Für Komplexbildner gilt, dass außer diesem Emissionspfad auch direkte Einleitungen aus der Industrie (Emissionspfad 12) von Bedeutung sind. Hinsichtlich der Biozide (Mecoprop) und einiger Östrogene kann die Landwirtschaft eine relevante Quelle sein.

4. Integrale Bewertung aller Maßnahmen

15. Es kann zwischen folgenden, in den Auswertungsberichten beschriebenen Maßnahmentypen (Für Details zu den Abschnitten a. bis c. siehe Anlage) unterschieden werden:

- a. **Maßnahmen an der Quelle** (Zulassung, Einschränkung der Anwendung von Stoffen Produktionsprozesse, Vorschriften zur Entsorgung);
- b. **Dezentrale Maßnahmen** (Behandlung von Abwasserteilströmen bei Betrieben);
- c. **Zentrale Maßnahmen in kommunalen Kläranlagen** (Anwendung fortschrittlicher Verfahren zur Eliminierung von Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser);
- d. **Anpassung von Monitoring- und Bewertungssystemen** (Ergänzung von Überwachungskonzepten und Messprogrammen, Berücksichtigung neuer Stoffe bei der Beurteilung des ökologischen Zustands der Gewässer, Ableitung von Qualitätskriterien);
- e. **Informationen der Öffentlichkeit** (über Umwelt- und Trinkwasserrelevanz und empfohlene Änderungen der Anwendung und der Entsorgung der Stoffe).

16. Die Reduzierungsmaßnahmen wurden anhand der Analyse der Eintragspfade ausgehend von den Immissionen beurteilt, wobei eine Abwägung der Maßnahmentypen mit berücksichtigt wurde.

Maßnahmen an der Quelle

17. Eine ausführlichere Beurteilung möglicher Auswirkungen der untersuchten Stoffe auf die Umwelt und deren Betrachtung bei der Zulassung kann längerfristig zu einer Verringerung der Belastung der Gewässer durch Mikroverunreinigungen beitragen.

18. Maßnahmen an der Quelle sind insbesondere bei der Produktion in der Industrie und der Anwendung der Produkte in Industrie, Gewerbe und Haushalten sinnvoll, führen jedoch kurzfristig nur bei einer eingeschränkten Anzahl Stoffe zu einer deutlichen Reduzierung der Emissionen.

Dezentrale Maßnahmen

19. Dezentrale Maßnahmen können dann sinnvoll sein, wenn einzelne Betriebe für einen erheblichen Anteil bestimmter Mikroverunreinigungen im Gewässer verantwortlich sind, auch dann, wenn diese Stoffe über eine Kläranlage eingeleitet werden, dort aber nicht oder nur unzureichend eliminiert werden.

Zentrale Maßnahmen

20. Zentrale Maßnahmen in der Form der Anwendung weiterführender Reinigungsverfahren (z.B. Ozonung, Aktivkohlebehandlung) bei der Eliminierung von Mikroverunreinigungen können den Wirkungsgrad von Kläranlagen in Bezug auf ein breites Spektrum von Stoffen erheblich verbessern. Die Verringerung der Konzentrationen von Mikroverunreinigungen im Oberflächengewässer ist dort am größten, wo der (biologisch gereinigte) Kläranlagenausfluss einen erheblichen Anteil im aufnehmenden Gewässer darstellt.

Monitorings- und Bewertungssysteme

21. Für viele Mikroverunreinigungen liegen für das Rheineinzugsgebiet umfangreiche Messdaten aus den Monitoringprogrammen der IKSr, IAWR und der Anliegerstaaten vor.

22. Der Umfang der gesammelten Daten ist je nach Stoff und regional sehr unterschiedlich. Eine quantitative Abschätzung der Relevanz der einzelnen Eintragspfade (siehe Kapitel 3) war daher nur teilweise, und insbesondere bei den Bioziden und den Korrosionsschutzmitteln nicht möglich.

Information der Öffentlichkeit

23. Für die Vermeidung oder Verringerung möglicher Einträge von Mikroverunreinigungen in Gewässer soll die breite Öffentlichkeit über, (i) die Umwelt- und Trinkwasserrelevanz der Verbraucherprodukte, (ii) die fachgerechte Anwendung der Produkte, (iii) die Möglichkeiten zur umweltfreundlichen Entsorgung oder Sammlung, (iv) über umweltfreundliche Alternativen und (v) über Umweltgütesiegel informiert werden.

24. Für das gleiche Ziel soll die Fachöffentlichkeit über die (i) Möglichkeiten zur Wertstoffrückgewinnung, (ii) die umweltfreundliche Entsorgung von Abfällen, die Mikroverunreinigungen enthalten und über (iii) existierende Umwelt-Gütesiegel informiert werden.

5. Schlussfolgerungen

25. Obwohl der Umfang der gesammelten Messdaten für die in diesem Bericht betrachteten Mikroverunreinigungen im Rheineinzugsgebiet je nach Stoff sowie regional sehr unterschiedlich ist, können dennoch die nachfolgenden Schlüsse gezogen werden.

26. Stoffe aus allen bearbeiteten Stoffgruppen kommen im Rheinwasser vor und werden sowohl im Hauptstrom, als auch in den Nebenflüssen in messbaren Konzentrationen nachgewiesen. Im Unterlauf des Rheins oder in Gewässern mit hohem Anteil an gereinigtem Abwasser werden verhältnismäßig hohe Konzentrationen nachgewiesen. Das gilt insbesondere für die Stoffgruppen Humanarzneimittel, Biozide sowie Korrosionsschutzmittel und Röntgenkontrastmittel.

27. Für die meisten der behandelten Stoffgruppen oder deren Indikatorstoffe gibt es keine festgelegten Umweltqualitätsnormen auf nationaler oder europäischer Ebene oder auf Ebene des Rheineinzugsgebietes.

28. Vor allem polare, schwer abbaubare Stoffe werden im Rohwasser von Trinkwassergewinnungsanlagen gefunden und teilweise auch im Trinkwasser nachgewiesen.

29. Abwasser aus dem Kläranlagenablauf stellt den wichtigsten Eintragspfad für Mikroverunreinigungen in die Oberflächengewässer dar. Abwasser aus Haushalten, Betrieben und von versiegelten Flächen in Stadtgebieten abfließendes Niederschlagswasser gelangt über die kommunale Kanalisation in die Kläranlagen.

30. Im Hinblick auf die Zielsetzung der Strategie Mikroverunreinigungen sollen die Emissionen der Mikroverunreinigungen in die Gewässer insgesamt verringert werden.

31. Einträge könnten mit dem folgenden Spektrum an Maßnahmen reduziert werden:

- a. Maßnahmen an der Quelle können insbesondere bei der Produktion in der Industrie und der Nutzung der Produkte in Betrieben und Haushalten sinnvoll sein. Sie können zu einer deutlichen Reduzierung der Emissionen führen, sind jedoch nur bei einer eingeschränkten Anzahl von Mikroverunreinigungen anwendbar.
- b. Dezentrale Maßnahmen bei Betrieben können die Einleitungen problematischer Stoffe durch optimierte Prozessführung und Einsatz

- geeigneter Verfahren zur Behandlung von Abwasserteilströmen oder einzuleitenden Abwassers weiter reduzieren.
- c. Zentrale Maßnahmen bei kommunalen Kläranlagen in Form weiterführender Reinigungsverfahren (z.B. Ozonung, Aktivkohlefiltration) können ein breites Spektrum von Mikroverunreinigungen eliminieren, wobei die Eliminationsleistung pro Stoff bzw. Stoffgruppe unterschiedlich ausfallen kann.
 - d. Gezielte Information der breiten Öffentlichkeit und der Fachöffentlichkeit, zum Beispiel über die Umwelt- und Trinkwasserrelevanz der Verbraucherprodukte oder über Möglichkeiten zur Wertstoffrückgewinnung können zur Vermeidung oder Verringerung möglicher Einträge von Mikroverunreinigungen in Gewässer beitragen.
32. Durch periodische Aktualisierung/Überprüfung bestehender Messprogramme sollen vorhandene Wissenslücken über das Vorkommen der betreffenden Stoffe in den Gewässern geschlossen werden.
33. Die Kenntnisse zu den Emissionspfaden sollen durch Stoffbilanzen und Modellabschätzungen erweitert werden.
34. Auf der Grundlage der vorliegenden Schlussfolgerungen wird die IKSR Empfehlungen für Maßnahmen ausarbeiten.

Mögliche Maßnahmen

Die in Kapitel 4 erwähnten Maßnahmentypen a. bis c. werden im Folgenden detaillierter dargestellt.

a. Maßnahmen an der Quelle (Zulassung, Einschränkung der Anwendung von Stoffen, Produktionsprozesse, Vorschriften zur Entsorgung):

Bei der Zulassung von Stoffen für das Inverkehrbringen kann eine umfangreichere Beurteilung der Auswirkungen auf die Umwelt in Betracht gezogen werden. Darüber hinaus sind Entwicklung, Test und Anwendung von Ersatzstoffen mit biologisch besser abbaubaren Wirkstoffen relevant.

Spezifische Maßnahmen an der Quelle:

- Humanarzneimittel: Ausgabe kleinerer Verpackungen und verbesserte Sammlung von Arzneimittelresten;
- Röntgenkontrastmittel: Sammlung von Urin und Einrichtung zentraler Sammelpunkte für die weitere Behandlung des Urins;
- Duftstoffe: Mehr Verbraucherprodukte wie Waschmittel und Kosmetika mit Umweltgütesiegeln versehen, die die Anwendung umweltschädlicher Duftstoffe ausschließen.
- Nonylphenol: Importverbote für Produkte mit problematischen Inhaltsstoffen (z.B. NPOE-haltige Textilien), über Anwendungseinschränkungen oder Ersatz durch umweltverträglichere Stoffe.

b. Dezentrale Maßnahmen in Produktions- und Verarbeitungsbetrieben (Optimierung der Produktionsverfahren, Abwasserbehandlung, entweder in Teilströmen oder nicht):

Die Minimierung der Stoffemissionen ist möglich durch:

- Optimierung des Produktionsprozesses;
- Fortschreibung und Anwendung des Standes der Technik / der besten verfügbaren Technik (BAT, BEP);
- Verwendung von umweltfreundlicheren Rezepturen;
- Ersatz problematischer Stoffe durch umweltfreundlichere Alternativen;
- Behandlung des Abwassers, ggf. in Teilströmen;
- Weiterentwicklung geeigneter Abwasserbehandlungsverfahren.

Spezifische dezentrale Maßnahmen:

- Von besonderem Interesse im Krankenhausabwasser sind die Röntgenkontrastmittel (RKM), da diese fast ausschließlich in Krankenhäusern und Röntgeninstituten abgegeben und von den Patienten in der Regel innerhalb von 24 Stunden wieder ausgeschieden werden.

Mögliche Maßnahmen zur Minimierung des Eintrags von RKM sind die separate Sammlung des Urins und anschließende zentrale Weiterbehandlung,

Verbrennung oder Entsorgung mit dem Müll. Grundsätzlich können diese Maßnahmen auch für Arzneimittel gelten.

In Einzelfällen kann auch die Behandlung des Sanitärabwassers (insgesamt oder nur Teilströme aus einzelnen Abteilungen) eine geeignete Maßnahme sein.

- Östrogene: Aufbereitung der Teilströme des Betriebsabwassers mit hohen Östrogen-Konzentrationen oder bei der Gülle-Verarbeitung.
- Komplexbildner: Anwendung (fortschrittlicher) Verfahren zur Eliminierung schwer abbaubarer Komplexbildner. Ob und mit welcher Methode Abwasser zielführend behandelt werden kann, ist von pH-Wert, Temperatur, Konzentrationen und anderen im Abwasser enthaltenen Stoffen abhängig.

- c. **Zentrale – ergänzende – Maßnahmen in Kläranlagen** stellen im Prinzip eine Möglichkeit dar, um Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser zu reduzieren.

Aus Untersuchungen und ersten Erfahrungen in Kläranlagen ergibt sich, dass ein breites Spektrum an Mikroverunreinigungen durch Adsorption an Aktivkohle oder Ozonung im Kläranlagenablauf reduziert werden kann. Der dabei erreichte Eliminationsgrad ist stoffabhängig. Für Arzneimittel, Biozide, Östrogene, Duftstoffe und Flammverzögerer wird eine erhebliche Verbesserung der Eliminationsleistung erreicht. Eine Reihe von Stoffen, wie Röntgenkontrastmittel oder gewisse Arzneimittel und Komplexbildner werden aber auch mit diesen Aufbereitungsmethoden nicht oder nur in sehr eingeschränktem Umfang zurückgehalten.