

## Fact Sheet zum WavE-Querschnittsthema „Risikomanagement in der Wasserwiederverwendung“

# Relevanz von Spurenstoffen in der Wasserwiederverwendung

## Einführung

Organische Spurenstoffe anthropogenen Ursprungs treten in der Umwelt in sehr geringen Konzentrationen auf, meist im Bereich Nanogramm (ng/L) bis Mikrogramm (µg/L) pro Liter, wobei die Konzentrationen temporär variieren können. Betrachtet man deren Haupteintragspfade in die Gewässer, so stellen Einleitungen aus Kläranlagen maßgebliche Punktquellen dar (Abb. 1). Die Kontamination von Oberflächengewässern, Grundwasser und Trinkwasser mit Spurenstoffen kann negative Auswirkungen auf Wasser- und Sedimentorganismen, das Ökosystem (ökotoxikologisch) und die menschliche Gesundheit (humantoxikologisch) haben. Die BMBF-Fördermaßnahme RiSKWa hat in den vergangenen Jahren zum Thema Spurenstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf eine Vielzahl an Ergebnissen für die Praxis erarbeitet ([www.bmbf.riskwa.de](http://www.bmbf.riskwa.de)).

## Welche Spurenstoffe sind relevant im Kommunalabwasser?

Zu den Spurenstoffen gehören verschiedenste Stoffgruppen wie z. B. Pharmazeutika und Körperpflegeprodukte, Industrie- und Haushaltschemikalien sowie Flammenschutzmittel, Pestizide und deren Metabolite sowie Transformationsprodukte (TPs). Da man nicht alle Stoffe kennt, bestehen Wissenslücken bezüglich der Wirkungsweise vieler Stoffe, insbesondere auch die der vielen Nebenprodukte sowie Stoffgemische. Daher ist eine generelle Minimierung des Eintrages dieser Chemikalien an den Quellen wünschenswert. Für Einleitungen von Spurenstoffen aus Kläranlagen in Oberflächengewässer müssen Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie für prioritäre Stoffe (2006/11/EG) sowie Umweltqualitätsnormen für Stoffe, die maßgeblich für den chemischen Zustand sind (Richtlinie 2008/105/EG) eingehalten werden.

## Welche sind relevant in der Wasserwiederverwendung?

Die Relevanz von Spurenstoffen in der Wasserwiederverwendung hängt davon ab, in welcher Art und Weise das wiederzuverwendende Wasser genutzt werden soll und welche Anforderungen daraus an die weitergehende Aufbereitung des Recyclingwassers erwachsen. In Abhängigkeit des Expositionsrisikos können hierbei unterschiedliche Aufbereitungsverfahren eingesetzt werden, mit denen ein Großteil der Spurenstoffe eliminiert werden kann. Einheitliche Anforderungen für die Entfernung von Spurenstoffen existieren dafür allerdings bisher nicht. Die Tabelle 1 zeigt die unterschiedlichen Wiederverwendungspraktiken für derart aufbereitete Wässer und gibt eine Einschätzung des zu erwartenden Risikos gemäß öko- oder humantoxikologischer Bewertung. Bei Wasserwiederverwendung in der Industrie spielt die Präsenz von Spurenstoffen eine untergeordnete Rolle, abgesehen von der Lebensmittelindustrie. Bei der Grundwasseranreicherung sind persistente Spurenstoffe relevant, denn grundsätzlich sollte ein Stoffeintrag und eine dadurch negative Beeinträchtigung von Trinkwasserressourcen vermieden werden. Um ein öko- und humantoxikologisches Risiko möglichst gering zu halten, sollte aufbereitetes Wasser zur Wiederverwendung in der Grundwasseranreicherung vom Großteil der persistenten Spurenstoffe befreit sein bzw. erfordert eine Nachaufbereitung, die diese Reststoffe entfernt. In der Landwirtschaft kann aus der Nutzung des Wassers zur Erzeugung von Nahrungsmitteln für den menschlichen Verzehr eine humantoxikologische Bedeutung resultieren. Nach adäquater Aufbereitung für eine urbane Landschaftsbewässerung können öko- oder humantoxikologische Beeinträchtigungen jedoch weitestgehend ausgeschlossen werden. Ein spezielles Beispiel für öko- und humantoxikologische Relevanz ist die Aquakultur, insbesondere aufgrund der exponierten Fische, die für den Verzehr gedacht sind.

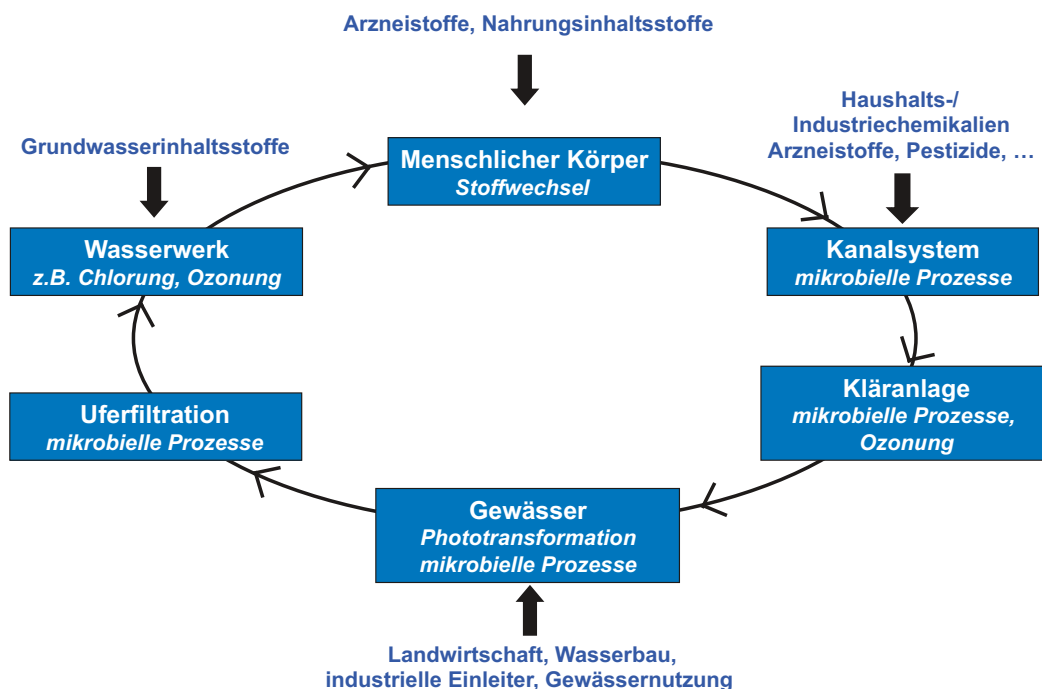


Abb. 1: Spurenstoffe im Wasserkreislauf (Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf: Praxishandbuch (2016))

Tab. 1: Relevanz von Spurenstoffen mit potentiell negativer öko- und humantoxikologischer Wirkung bei typischen Wasserwiederverwendungspraktiken

Landwirtschaftliche Bewässerung	Urbane Nutzungen/ Landschaftsbewässerungen	Grundwasseranreicherung	Industrielle Wiederverwendung
<b>a. Nahrungsmittel für Rohverzehr</b> humantoxikologisch ●● ökotoxikologisch ●	<b>a. ohne Zugangsbeschränkung</b> humantoxikologisch ● ökotoxikologisch ●	<b>a. via direkter Injektion in einen gesättigten Grundwasserleiter</b> humantoxikologisch ● ökotoxikologisch ●	<b>a. Prozesswasser</b> humantoxikologisch ● ökotoxikologisch ●
<b>b. Nahrungsmittel, Verzehr nach Abkochen</b> humantoxikologisch ●● ökotoxikologisch ●	<b>b. mit Zugangsbeschränkung</b> humantoxikologisch ● ökotoxikologisch ●	<b>b. via Anreicherungsbecken mit Perkolat durch Bodenschichten</b> humantoxikologisch ● ökotoxikologisch ●	<b>b. Kühlwasser</b> humantoxikologisch ● ökotoxikologisch ●
<b>c. Futtermittel</b> humantoxikologisch ● ökotoxikologisch ●	<b>c. Toilettenspülung</b> humantoxikologisch ● ökotoxikologisch ●		<b>c. Kesselspeisewasser</b> humantoxikologisch ● ökotoxikologisch ●
<b>d. Energiepflanzen/nachwachsende Rohstoffe</b> humantoxikologisch ● ökotoxikologisch ●			

● = erhöhtes Risiko möglich, abhängig vom Einzelfall  
 ● = Gegenstand laufender Untersuchungen  
 ● = kein erhöhtes Risiko

## Technologien zur Minimierung von Spurenstoffen

Beispiele für Technologien zur Entfernung von Spurenstoffen sind: adsorptive Verfahren (z. B. Aktivkohle als Granulat oder in Pulverform), biologische Verfahren (z. B. Biofiltration), oxidative Verfahren (z. B. Ozonung oder „Advanced Oxidation Processes – AOPs“) und physikalische Verfahren (z. B. Nanofiltration, Umkehrosmose). Im Zuge einer oxidativen Wasseraufbereitung oder Chlordesinfektion können Transformationsprodukte entstehen. Die Effizienz dieser Verfahren lässt sich über sog. Indikatorchemikalien abschätzen, die für diese Verfahren im Rahmen der BMBF-Fördermaßnahme RiSKWa entwickelt wurden (Jekel & Dott, 2013). Eine Kombination unterschiedlicher Verfahren ähnlich wie dem Multiplen Barrieren-Prinzip bei der Trinkwasserversorgung kann das Risiko entsprechend minimieren.

## Überwachung und Monitoring

Die Überwachung sollte bei entsprechendem Expositionsrisiko neben der routinemäßigen chemischen Analytik für Einzelstoffe und Surrogatparametern (wie Trübung, DOC) eine zusätzliche Kontrolle über (öko-/human)toxikologische Testsysteme (Bioassays) (Grummt et al., 2017) enthalten, um insbesondere auch unbekannte Ausgangsstoffe oder Transformationsprodukte und deren Wirkung erfassen zu können. Je nach abgeschätztem Risiko anhand von Wie-

derwendungspraktik, Wasserqualität und Exposition müssen Überwachungsstrategien für die Aufbereitungsziele des zu wiederverwendeten Wassers abgeleitet werden.

## Einträge minimieren

Minimierungsstrategien für Spurenstoffeinträge aus Baustoffen, Haushalten und Industrie, die Vermeidung von unnötigen Arzneimittelgaben in der Humanmedizin sowie die Entwicklung von umweltverträglichen Arzneistoffen sind wirkungsvolle Maßnahmen für den sicheren Betrieb von Wasserwiederverwendungsprozessen. Dies sind Maßnahmen, die auf langfristige Sicht umgesetzt werden müssen.

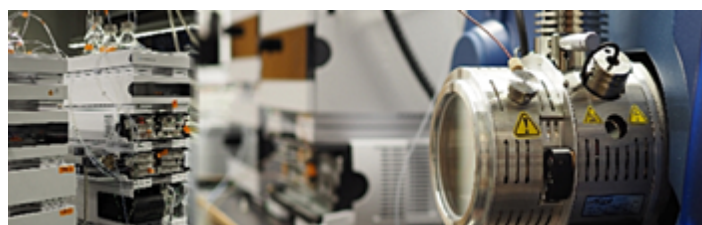


Abb. 2: Spurenstoffanalytik im Rahmen eines regulären Monitorings (© TU München)

### Literaturverzeichnis:

Grummt et al., 2017. RiSKWa-Statuspapier: Methoden zur (öko-)toxikologischen Bewertung von Spurenstoffen im Wasserkreislauf. Ergebnisse des Querschnittsthemas „(Öko-)Toxikologie“. DECHEMA e.V. (Hrsg.)

Jekel und Dott, 2013. Leitfaden: Polare organische Spurenstoffe als Indikatoren im anthropogen beeinflussten Wasserkreislauf. Ergebnisse des Querschnittsthemas „Indikatorsubstanzen“. DECHEMA e.V. (Hrsg.)

Richtlinie 2006/11/EG

Richtlinie 2008/105/EG

Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf : Praxishandbuch / Track, Thomas (Hrsg.). – Frankfurt am Main: DECHEMA e.V., 2016. – ISBN 978-3-89746-189-5

### Autoren:

Dennis Becker (DECHEMA e.V.), Prof. Dr. Martin Jekel (TU Berlin), Dr. Ing. Andreas Nahrstedt (IWW), Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes (TU München)

### Vorsitz WavE-Querschnittsthema „Risikomanagement“:

Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes, TU München, jdrewes@tum.de

### Herausgeber: Wissenschaftliches Begleitvorhaben „TransWavE“ (Förderkennzeichen: 02WAV1400)

Verantwortlich im Sinne des Presserechts: Dr. Christina Jungfer, DECHEMA e.V., christina.jungfer@dechema.de

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

