

## Relevanz chemischer Stoffe in der Wasserwiederverwendung

### Einführung

Das kommunale Abwasser in Deutschland setzt sich i.d.R. aus rund 70 % häuslichem Abwasser und 30 % gewerblichen und industriellen Indirekteinleitern zusammen (Seis et al., 2016). Während häusliches Abwasser üblicher Weise eine gleichbleibende Zusammensetzung aufweist, bestimmen im Hinblick auf eine Wiederverwendung die industriellen Direkteinleiter maßgeblich die stoffliche Zusammensetzung des behandelten Abwassers. Abwässer enthalten daher eine Reihe von chemischen Bestandteilen, die im Falle einer Wasserwiederverwendung in unterschiedlichen Anwendungsfeldern minimiert bzw. entfernt werden müssen, oder die evtl. von Nutzen für die folgende Anwendung sein können. In Bezug auf das Risikomanagement sind die wichtigsten Gefahren für die Umwelt eine Versalzung (meist agrarwissenschaftlich negative Auswirkungen), Toxizität und Nährstoffungleichgewicht. Aus technischer Sicht können weitere Parameter hinzukommen, wie z.B. Trübung oder Färbung.

Häusliches Abwasser ist durch den hohen Anteil an Organik und Makronährstoffen charakterisiert. Entsprechend dienen die per Abwasserverordnung (AbwV) festgelegten Grenzwerte an der Einleitestelle (CSB, BSB<sub>5</sub>, Gesamt-Stickstoff, Gesamt-Phosphor, abfiltrierbare Stoffe) dem Schutz der Gewässer (Sprenger et al., 2017). Je nach der Art einer Wasserwiederverwendung sind daher basierend auf einer Risikobewertung weitere physikochemische und mikrobiologische Parameter festzulegen, einschließlich Anforderungen an die Entfernung von Pathogenen, der Organik, Nährstoffe, Salze und Schwermetalle (JRC, 2017).

### Relevante chemische Stoffe bei der Wasserwiederverwendung

#### Organik

Organische Wasserinhaltsstoffe werden mit den Summenparametern chemischer und biochemischer Sauerstoffbedarf (CSB und BSB) oder gelöster und gesamter organischer Kohlenstoff (DOC und TOC) erfasst. Gelöste organische Substanzen können als Nährstoff für Mikroorganismen dienen und zu Biofouling führen. Biofouling verursacht insbesondere bei industriellen Anwendungen gravierende Probleme, z.B. in Kühlwassersystemen, Rohrleitungen, Wärmetauschern, etc. Organische Wasserinhaltsstoffe sind häufig die Ursache für die Färbung eines Wassers und können bei technischen Maßnahmen zur Desinfektion durch Verringerung der Desinfektionswirkung oder das Bilden von unerwünschten Nebenprodukten stören, wie z.B. halogenierten Kohlenwasserstoffen bei einer Desinfektion mittels Chlor.

Bei der Nutzung von recyceltem Wasser zur Bewässerung sind Wechselwirkungen zwischen den Wasserinhaltsstoffen und den Kompartimenten Boden, Grundwasser und Pflanze zu berücksichtigen. Eine Zunahme des Gehalts an organischen Substanzen im Boden kann die Wasserspeicherkapazität des Bodens erhöhen, was einen positiven Effekt für die landwirtschaftliche Nutzung darstellt. Jedoch kann unter bestimmten Umständen die hydraulische Durchlässigkeit der Böden beeinflusst werden, z.B. besteht die Gefahr einer Kolmation (Verstopfung der Bodenporen) oder Quellung, je nach Zusammensetzung und Beschaffenheit des Bodens.



Abb. 1: Abwasserbehandlung von kommunalen und industriellen Abwässern (© DECHEMA)

#### Nährstoffe

Bei der Wasserwiederverwendung gibt es Anwendungen, die nicht unbedingt eine Nährstoffelimination benötigen, wie z.B. landwirtschaftliche Bewässerung, die durch die Nährstoffe unterstützt wird. Stickstoff und Phosphor sind Pflanzennährstoffe, die als Düngemittel in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Der Gehalt an Nitrat im Regenwasser muss bei der Düngungsempfehlung und somit bei der Stickstoffdüngung im Zusammenhang mit den Bewässerungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Höhere Nitratkonzentrationen haben eine düngende Wirkung. Sie stellen für das Düngungsregime sogar einen kostensparenden Effekt dar (Pfleger, 2010).

Eine unausgewogene Nährstoffversorgung kann jedoch zu Mängeln und Toxizitäten bei den Pflanzen führen. Makronährstoffe wie Stickstoff, Phosphor und Kalium in Recyclingwasser können höher sein als der Bedarf der Pflanze oder nicht optimal für die Pflanze bereitgestellt werden. Nährstoffüberschüsse können bei zu intensiver Bewässerung zu einer Beeinträchtigung des Grundwassers und zur Eutrophierung der Oberflächengewässer führen.

Für eine Wiederverwendung in der Industrie, aber auch bei Lagerung und Transport von Wasser, sind Nährstoffe eher problematisch – anorganische Nährstoffe wie z.B. Ammonium, Nitrat, Sulfat und Phosphat können das Wachstum der mikrobiellen Populationen fördern und zu Biofouling führen. Der Nährstoffgehalt eines Wassers (inklusive organischer Nährstoffe) ist auch bei einer Grundwasseranreicherung zu berücksichtigen. Hohe organische Belastungen können aufgrund eines intensiven Biofilmwachstums zu Kolmation im Boden und durch Milieuveränderung zur Mobilisierung von im Boden gebundenen Schwermetallen führen.

#### Salze

Ein Nachteil jeglicher Wasserwiederverwendung ist die potentielle Anreicherung von Salzen im lokalen Wasserkreislauf, da gelöste Ionen bei der konventionellen Abwasserbehandlung nicht entfernt werden. Dabei besteht hauptsächlich ein Gefährdungspotential für die Schutzgüter Boden und Pflanze (in Abhängigkeit von der pflanzen-

spezifischen Salzverträglichkeit/Salztoleranz). Bei zu hohem Salzgehalt kann die Wasseraufnahme in die Pflanzen erschwert werden und bestimmte Ionen (wie Chlorid, Bor, Natrium etc.) können zu verminderten Ernteerträgen führen. Bei einem hohen Natriumgehalt im Boden kommt es zur so genannten Sodizität, was zur Zerstörung des Bodengefüges führt. Aus technischer Sicht ist eine hohe Salzkonzentration häufig unerwünscht, da sie an Grenzflächen zu Ausfällungen und Krustenbildung sowie Korrosion führen kann.

## Schwermetalle

Schwermetalle werden bei einer konventionellen biologischen Abwasserbehandlung sehr effizient entfernt, können aber bei problematischen Indirekteinleitern zu einem Gefährdungspotential führen. Restgehalte von Schwermetallen können sich in Oberböden und/oder in Kulturpflanzen anreichern.

Tab. 1: Wichtigkeit chemischer Inhaltsstoffe für unterschiedliche Wasserwiederverwendungspraktiken

Landwirtschaftliche Bewässerung	Urbane Nutzungen/ Landschaftsbewässerungen	Grundwasseranreicherung	Industrielle Wiederverwendung
<b>a. Nahrungsmittel für Rohverzehr</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●	<b>a. ohne Zugangsbeschränkung</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●	<b>a. via direkter Injektion</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●	<b>a. Prozesswasser</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●
<b>b. Nahrungsmittel, Verzehr nach Abkochen</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●	<b>b. mit Zugangsbeschränkung</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●	<b>b. via Anreicherungsbecken</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●	<b>b. Kühlwasser</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●
<b>c. Futtermittel</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●	<b>c. Toilettenspülung</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●		<b>c. Kesselspeisewasser</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●
<b>d. Energiepflanzen/nachwachsende Rohstoffe</b> Organik ● Nährstoffe ● Salze ● Schwermetalle ●			

(●) = relevant; positiver Effekt (●) = relevant; negativer Effekt (●) = nicht relevant

### Literaturverzeichnis:

JRC-Bericht 2017: Alcalde-Sanz and Gawlik: Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge. Towards a legal instrument on water reuse at EU level.

Pflegler 2010. Bewässerungswasserqualität Hygienische und chemische Belange. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. Themenblatt-Nr.: 52.06

Sprenger et al., 2017. Wissenschaftliche Studie als Argumentationsbasis zur Betroffenheit relevanter Schutzgüter, insbesondere zu Grundwasser und Boden „Water Reuse“ (Wiederverwendung von Wasser). Projekt-Nr. G 2.16. Kompetenzzentrum Wasser Berlin.

Seis et al., 2016. Rahmenbedingungen für die umweltgerechte Nutzung von behandeltem Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung. Umweltbundesamt (Hrg.). Texte 34/2016. ISSN 1862-4804

### Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes (TU München), Dr. Christina Jungfer (DECHEMA e.V.), Barbara Zimmermann (IWW)

### 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.



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium für Bildung und Forschung