

Spurenstoffe in Gewässern

Wo kommen sie her und wie wirken sie sich aus? Eine kleine Einführung

Inhalt

1. Was sind Spurenstoffe?	1
2. Spurenstoffe und die Wasserrahmenrichtlinie	1
3. Wie gelangen Spurenstoffe in unsere Umwelt?...2	
4. Ökologische Auswirkungen	2
5. Was kann ich tun?.....	4
Anhang.....	5

1. Was sind Spurenstoffe?

Bis zu 70.000 Chemikalien kommen heutzutage europaweit täglich zum Einsatz. Ein großer Teil davon findet seinen Weg in unsere Umwelt und den Wasserkreislauf (Loos et al. 2009; Brack et al. 2017). Aber erst als vermehrt Pflanzenschutzmittel im Grundwasser nachgewiesen wurden, rückten Verunreinigungen mit sogenannten Spurenstoffen (auch als Mikroschadstoffe oder Mikroverunreinigungen bezeichnet) verstärkt in den Fokus der Öffentlichkeit. Doch was sind Spurenstoffe eigentlich?

Zu den Spurenstoffen zählen zahlreiche verschiedene synthetische Stoffe mit unterschiedlichsten chemischen Eigenschaften. Einzelne dieser Stoffe kommen zwar nur in sehr niedrigen Konzentrationen (μg - ng/L) im Wasser vor, sie können aber bereits in diesen geringsten Mengen negative Auswirkungen auf die im Wasser lebenden Organismen haben (LUBW 2010).

Da Spurenstoffe nie einzeln, sondern in komplexen Gemischen im Gewässer auftreten, können sie sich gegenseitig beeinflussen und in ihrer Wirkung sogar verstärken. Langlebige Spurenstoffe reichern sich zudem in der Nahrungskette an und ziehen dadurch erst langfristig negative Wirkungen in der Umwelt nach sich.

Nach Triebkorn (2008) zählt man zu Mikroschadstoffen z.B. Pflanzenschutzmittel, Arzneimittel/östrogene und phytoöstrogene Stoffe, Industriechemikalien, Komplexbildner, perfluorierte Kohlenwasserstoffe, Metalle/Schwermetalle und Flammschutzmittel.

Produkte, deren Inhaltsstoffe später als Spurenstoffe in Gewässern nachweisbar sind, sind z.B. Schmerzmittel, die den Wirkstoff Diclofenac enthalten, Imprägniermittel, die per- oder polyfluorierte Chemikalien enthalten, Süßstoffe mit chlorierten Zuckern (z. B. Sucralose), Antidepressiva, hormonelle Verhütungsmittel, Deosprays, viele Wasch- und Putzmittel, Fahrradkettenöle, Skiwachs, Spülmaschinentabs und Vieles mehr.

2. Spurenstoffe und die Wasserrahmenrichtlinie

Nach der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union (EU-WRRRL) (EU-Richtlinie 2000/60/EG) sollen die Gewässer in den Mitgliedsländern bis spätestens 2027 einen „guten ökologischen und chemischen Zustand“ erreichen. Derzeit läuft bis 2021 der 2. Bewirtschaftungszyklus. Für die Beurteilung des ökologischen Zustands sind die Gehalte an relevanten Schadstoffen mit entscheidend (vgl. Spurenstoffbericht Baden-Württemberg 2012). EU-weit wurden 33 prioritäre Stoffe und Stoffgruppen gelistet, von denen 14 als „gefährlich“ eingestuft sind. Für diese Stoffe und Stoffgruppen wurden Umweltqualitätsnormen (UQN), d.h. Grenzkonzentrationen für einen guten Zustand im Gewässer, für einige Stoffe auch in Biota (meist Fische) und im Sediment, festgelegt (EU-Richtlinie 2008/105/EG). Im Jahr 2013 hat die EU einige dieser UQN-Werte verschärft, 12 weitere prioritäre Stoffe und Stoffgruppen festgelegt und eine Beobachtungsliste für 12 weitere umweltrelevante Spurenstoffe erstellt, in der nun erstmals auch Arzneimittel-Wirkstoffe genannt sind (EU-Richtlinie 2013/39/EU). Zur Umsetzung der EU-Richtlinien in Deutschland finden sich umfangreiche Informationen auf der [Homepage des Umweltbundesamtes](#) (UBA).

3. Wie gelangen Spurenstoffe in unsere Umwelt?

Viele Spurenstoffe gelangen über das Abwasser in die Kläranlagen und von dort in unsere Bäche, Flüsse und Seen. Teilweise sind sie sogar im Grundwasser oder im Trinkwasser nachweisbar. Der „Stoff-Cocktail“ besteht dabei aus vielen verschiedenen Bestandteilen: menschliche Ausscheidungen, Hormone, Inhaltsstoffe von Arzneimitteln, Wasch- und Putzmitteln, Röntgenkontrastmittel sowie Zusatzstoffe in Körperpflege- und Reinigungsmitteln.

Neben dieser punktförmigen Einleitung von Spurenstoffen gibt es diffuse Eintragungswege

in die Umwelt. Hier sind landwirtschaftlich genutzte Flächen zu nennen, aber auch undichte Kanäle sowie Regenüberläufe, die Abwasser bei starken Regenfällen ungeklärt in die Gewässer entlassen. Darunter fallen auch Einträge aus dem Straßenverkehr (z. B. Reifenabrieb) oder der direkten atmosphärischen Deposition in die Oberflächengewässer.

Wie oben erwähnt, gelangen Spurenstoffe zu großen Teilen über Kläranlagenabläufe in unsere Gewässer. Sie sind zum einen im Wasser gelöst, lagern sich aber auch in den Sedimenten ab, reichern sich dort an und bleiben so für lange Zeit erhalten (Hilp 2006; Vincze 2014).

Die bereits erwähnten Hormonpräparate ebenso wie Industriechemikalien, die z. B. als Weichmacher in Plastik Verwendung finden, Inhaltsstoffe von Reinigungsmitteln oder auch von Pestiziden können eine hormonelle Wirkung auf Organismen haben (Burkhardt-Holm & Studer 2000).

Auch Arzneimittel finden sich aufgrund ganz bestimmter Eigenschaften in Gewässern wieder: Sie müssen in geringsten Konzentrationen sehr spezifisch wirken und meist chemisch so stabil sein, dass sie im Körper an ihren Wirkungsort gelangen. Das führt dazu, dass oft noch wirksame Arzneimittelreste vom Körper wieder ausgeschieden werden und über das Abwasser zur Kläranlage gelangen. Herkömmlich ausgestattete Kläranlagen sind aber nicht in der Lage, diese Stoffe in nennenswertem Umfang zu eliminieren, und so setzt sich deren Weg über den Kläranlagenablauf in Bäche, Flüsse und Seen fort. Ein Beispiel hierfür ist der Arzneimittelwirkstoff Diclofenac, der als Schmerzmittel auch in vielen nicht verschreibungspflichtigen Medikamenten zu finden ist (Triebskorn et al. 2004).

4. Ökologische Auswirkungen

Spurenstoffe können schon in geringsten Konzentrationen schädliche Auswirkungen auf die ihnen ausgesetzten Lebewesen haben. Besonders betroffen sind z.B. aquatische Organis-

men, wie Fische, Flohkrebse und Insektenlarven.

Auch im Substrat lebende und substratfressende Organismen, wie z.B. Flohkrebse, kommen über das Sediment mit Spurenstoffen direkt in Kontakt und können diese in ihren Körpern anreichern. Über die Nahrungsketten gelangen die Stoffe dann in andere Tiere (Hilp 2006; Vincze 2014).

Wirkung auf die Fortpflanzung

Hormonartig wirkende Stoffe, wie Ethinylestradiol, ein Wirkstoff aus der Anti-Babypille, kommen über menschliche Ausscheidungen mit dem Abwasser in die Umwelt. Im Gewässer angelangt, können sie in den Hormonhaushalt von weiblichen und männlichen Fischen eingreifen. Zum Beispiel bilden männliche Forellen, die solchen Spurenstoffen ausgesetzt sind, Vitellogenin, eine Vorstufe des Eidotterproteins, das normalerweise nur bei weiblichen Fischen vorkommt. Das kann die Reifung von Samenzellen unterbinden, zu zweigeschlechtlichen Tieren oder sogar zur Verweiblichung männlicher Fische führen.



Abb. 1:
Mischgonade
von einem Fisch

Nicht nur bei Fischen, sondern auch bei wirbellosen Gewässerorganismen, wie Flohkrebse, können sie die Fortpflanzung negativ beeinflussen (Peschke et al. 2016; Triebkorn 2017).

Anreicherung in Organen und Gewebe

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC), die in Outdoorbekleidung, Fahrradkettensprays oder teflonhaltigen Küchenutensilien vorkommen, sind beispielsweise nicht nur in

Gewässern und der Luft nachweisbar, sondern auch in Gewebe und Organen von Organismen. PFC sind sehr stabil und reichern sich in der Umwelt sowie der Nahrungskette an. Selbst in entlegenen Gegenden, wie der Arktis und der Antarktis, lassen sie sich in Robben und Eisbären nachweisen (Ahrens et al. 2009). Besonders bedenklich ist aber, dass Wissenschaftler PFCs auch bereits in Menschen (Blut und Muttermilch) gefunden haben (Umweltbundesamt 2009). Auch der Pflanzenvernichter Glyphosat ist mittlerweile fast global nachweisbar und wurde schon im Urin des Menschen gefunden (Umweltbundesamt 2016).

Organschäden

Untersuchungen an der Universität Tübingen zeigten, dass beispielsweise Diclofenac bei umweltrelevanten Konzentrationen lebensnotwendige Organe wie die Kiemen, die Nieren und die Leber von Fischen schädigt (Triebkorn et al. 2004).

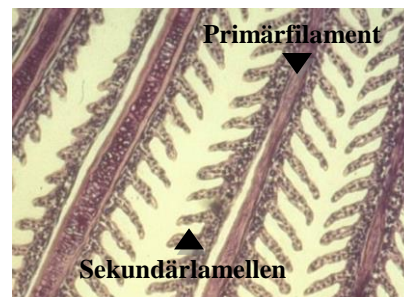


Abb. 2:
Kontrollzustand,
Kieme mit
intakten
Sekundär-
lamellen

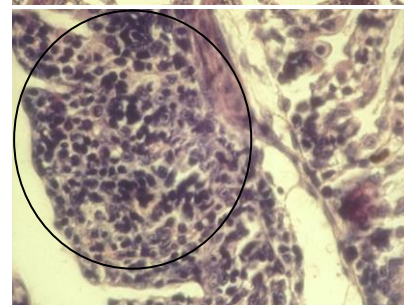


Abb. 3:
Fusion der
Sekundär-
lamellen

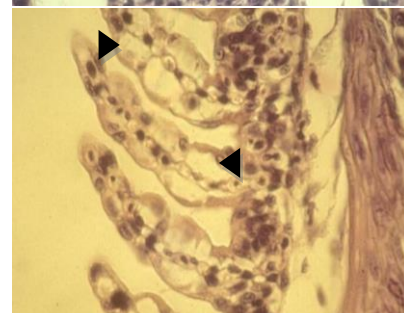


Abb. 4:
Epithellif-
ting- Ablö-
sen der
äußeren
Zellschicht

Rückgang der Artenvielfalt

In Kleingewässern konnte ein Artenverlust beobachtet werden, bei dem es von 1950 bis 2010 zu deutlichen Diversitätsverlusten der Makrophyten-Gemeinschaft kam (Steffen et al. 2013, 2014). Außerdem wurde in den Gewässern von landwirtschaftlich geprägten Regionen in Europa, u.a. Deutschland, ein deutlicher Rückgang an empfindlichen aquatischen Wirbellosen verzeichnet (Beketov et al. 2013). Der Eintrag von Pflanzenschutzmitteln spielt hierbei offensichtlich eine Rolle. So konnten Untersuchungen von Liess & von der Ohe (2005) sowie Beketov et al. (2013) zeigen, dass der starke Rückgang an empfindlichen aquatischen Arten der Wirbellosen in Kleingewässern landwirtschaftlich geprägter Regionen eindeutig mit der Pflanzenschutzmittelbelastung des Gewässers in Zusammenhang gebracht werden kann. Spurenstoffeinträge und auch die Gewässerstruktur, die den guten ökologischen Zustand der Gewässer verhindern, können eine wesentliche Ursache für den Artenrückgang in Gewässern darstellen (Drucksache 18/12884, Bundesregierung). Der Rückgang von Nährtieren, wie Insekten und aquatischen Insektenlarven, wirkt sich auf die gesamte Nahrungskette aus und kann so auch bei Vögeln, Amphibien, Reptilien, Fischen, Fledermäusen und anderen Kleinsäugetern zum Rückgang der Individuen- und Artenzahl führen.

5. Was kann ich tun?

1. Den Eintrag vermindern und vermeiden

- Arzneimittel nur bedarfsgerecht verwenden. Alle Rückstände, auch flüssige, gehören zur Verbrennung in den Restmüll! ¹
- Beim Kauf von Textilien, Schuhen, Rucksäcken und Zelten auf [PFC²-Freiheit](#) achten.

¹ Ausnahmen in Baden-Württemberg: Landkreis Emmendingen und der Ortenaukreis. Hier müssen Arzneimittel über die kommunale Schadstoffsammlung entsorgt werden.
www.arzneimittელentsorgung.de

² Per- und polyfluorierte Chemikalien

- Wasser- und fettabweisende Kleidung nur sparsam Waschen und PFC-frei imprägnieren.
- Outdoorbekleidung länger nutzen.
- Mit Wasch- und Putzmitteln sparsam umgehen. Umweltfreundliche Mittel (z.B. [Ecolabel](#), [Blauer Engel](#)) bevorzugen.
- Abfall jeglicher Art wieder mitnehmen - nicht in der Natur zurücklassen!
- Kein Gebrauch von PFC-haltigem Fahrradkettenspray und Skiwachs.
- Den Gebrauch von Bioziden auf Grünflächen vermeiden. Es gibt umweltschonende [Alternativen](#).
- Ökologische Landwirtschaft unterstützen - Bioprodukte kaufen.
- Beim Kauf von Kosmetika [Natur-/Bioprodukte](#) bevorzugen.
- [Produkte](#) (Geschirrspülmittel, Frostschutzmittel) ohne Benzotriazol verwenden.
- Die Nutzung von Kochgeschirr mit Antihaftbeschichtung vermeiden. Die eingesetzten fluorierten Chemikalien, wie z.B. Teflon, können sich mit der Zeit lösen und gelangen ins Abwasser.

Bei allem gilt:

So viel wie nötig, so wenig wie möglich!

2. Bessere Abwasserreinigung fordern und unterstützen

Mittels zusätzlicher Reinigungsstufen der Kläranlagen (z. B. auf der Basis von Aktivkohle oder Ozonierung) können mehr als 80% der Spurenstoffe aus dem Abwasser entnommen werden und bleiben damit den Gewässern erspart (Triebskorn, 2017).

Stuttgart 06.02.2018

gez. M. Sc. Teresa Carl, Dr. Wilhelm Schloz

info@lnv-bw.de, www.lnv-bw.de

Fotos: Prof. Dr. Triebkorn, Universität Tübingen

Anhang

Für weiterführende Informationen und hilfreiche Links besuchen Sie uns auf unserer Internetseite unter: www.lnv-bw/spurenstoffe.de

Literaturverzeichnis

Abegglen, C., Siegrist, H. (2012): Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser: Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen. *Umwelt Wissen*, Bundesamt für Umwelt

Ahrens, L.; Siebert, U., Ebinghaus, R. (2009): Rekonstruktion der Belastung der Deutschen Bucht mit polyfluorierten organischen Substanzen anhand von Robbengewebeproben. *Mitteilungen der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie der Gesellschaft Deutscher Chemiker* (1) 2-5

Beketov, M. A., B. J. Kefford, R. B. Schäfer and M. Liess (2013): „Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates.“ *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110(27): 11039-11043.

Brack, W., Ait-Aissa, S., Burgess, R.M., Busch, W., Creusot, N., Di Paolo, C., Escher, B.I., Mark Hewitt, L., Hilscherova, K., Hollender, J., Hollert, H., Jonker, W., Kool, J., Lamoree, M., Muschket, M., Neumann, S., Roszkowski, P., Ruttkies, C., Schollee, J., Schymanski, E.L., Schulze, T., Seiler, T.B., Tindall, A.J., De Aragão Umbezeiro, G., Vrana, B., Krauss, M. (2016): Effect-directed analysis supporting monitoring of aquatic environments – An in-depth overview. *Science of the Total Environment* 544, 1073–1118.

Burkhardt-Holm, P. & Studer, C. (2000): Hormonaktive Stoffe im Abwasser: Sind Fische und andere wasserlebende Tiere betroffen? *Gas -Wasser- Abwasser*, 7/2000, 504-509

Deutscher Bundestag, 18. Wahlperiode, Drucksache 18/12884 (2017): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Harald Ebner, Steffi Lemke, Peter Meiwald, weitere Abgeordnete und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Artenverluste in Kleingewässern in Deutschland- Situation, Ursache und Gegenmaßnahmen

EU-Richtlinie 2000/60/EG vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EU-WRRL).

EU-Richtlinie 2008/105/EG vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG.

EU-Richtlinie 2013/39/EU vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik.

Hilp, M. (2006): Ökologie: Arzneimittelbelastung in der Umwelt. Pharmazeutische Zeitung online, Ausgabe 47/2006. Online verfügbar unter <http://www.pharmazeutische-zeitung.de/index.php?id=2280> , zuletzt geprüft am 02.12.17.

KOMS- BW (2017): Kompetenzzentrum Spurenstoffe BW. Online unter http://www.koms-bw.de/technologien/adsorptive_verfahren/, zuletzt überprüft am 19.12.17.

LfU Bayern (2016): Spurenstoffe im Wasser. *UmweltWissen: Schadstoffe*.

Liess, M., C. P. von der Ohe (2005): Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24(4): 954-965.

Loos, R., Gawlik, BM, Locoro, G, Rimaviciute, E, Contini, S, Bidoglio, G (2009): EU-wide survey of polar organic persistent pollutants in European river waters. *Environmental Pollution* 157 (2) 561-568

LUBW (2010): Die Schussen - Bilanz der Belastung eines Bodenseezuflusses. Entwicklung, gegenwärtiger Zustand und Zukunftsperspektiven für die Schussen aus wasserwirtschaftlicher Sicht.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2012): Anthropogene Spurenstoffe im Gewässer – Spurenstoffbericht Baden-Württemberg 2012., S. 1-29 + 5 Anhänge. Online erreichbar unter: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Anthropogene_Spurenstoffe_im_Gewaesser_-_Spurenstoffbericht_Baden-Wuerttemberg_2012.pdf

Peschke K, Burmester J, Hermann M, Köhler H-R, Reitter K, Scheurer M, Wurm K, Triebkorn R (2016): Reaktionen von Flohkrebse und Makrozoobenthos auf die Nachrüstung einer Kläranlage mit einer Pulveraktivkohlestufe. *gwf - Wasser/Abwasser* 157(4): 370-379.

Steffen K, Becker T, Herr W, Leuschner C (2013): Diversity loss in the macrophyte vegetation of northwest german streams and rivers between the 1950s and 2010. *Hydrobiologia* (713/1) 1-17.

Steffen K, Becker T, Herr W, Leuschner C. (2014) Diversity loss and floristic change in the vegetation of running waters since 1950. *Natur und Landschaft*, 9/19, 405-409.

Triebkorn R, Casper H, Heyd A, Eikemper R, Köhler H-R, Schwaiger J (2004): Toxic effects of the non-steroidal anti-inflammatory drug diclofenac. Part II: Cytological effects in liver, kidney, gills and gut of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Toxicology*. 68(2): 151-166. Online erreichbar unter: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2004.03.015>

Triebkorn, R. (2008): Literaturstudie zu Mikroverunreinigungen und deren Effekte auf Gewässerbiozönosen im Bodensee-Einzugsgebiet: Nährstoff- und Schadstoffgehalte, ökotoxikologische und fischereibiologische Untersuchungen in den Fließgewässersystemen Argen, Schussen und Seefelder Aach.

Triebkorn R (Hrsg., 2017): Weitergehende Abwasserreinigung. ISBN 978-3-946552-11-6; Online erreichbar unter: <http://hdl.handle.net/10900/74316>. Zuletzt geprüft am 12.11.17

UBA, Umweltbundesamt (2009): Per- und polyfluorierte Chemikalien. Einträge vermeiden- Umwelt schützen.

UBA (2014): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer (85/2014).

UBA (2015): Arzneimittel. Online erreichbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien> Zuletzt geprüft am 12.11.17

UBA (2016): Glyphosat- Gehalt in Urinproben der Umweltprobenbank im zeitlichen Verlauf (2001 bis 2015). *Für Mensch und Umwelt*, Stand: 21.01.2016.

Vincze, K.; Graf, K.; Scheil, V.; Köhler, H.- R.; Triebkorn, R. (2014): Embryotoxic and proteotoxic effects of water and sediment from the Neckar River (Southern Germany) to zebrafish (*Danio rerio*) embryos. *Environmental Science Europa* 2014, 26:3.