

# oekotoxzentrum news

18. Ausgabe Mai 2019

Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie



Hohe Mischungsrisiken durch Pflanzenschutzmittel .....	3
Biotests und Standardisierung für das Schweizer Umweltmonitoring .....	6
Oligochaeten zeigen Einfluss des ARA-Auslaufs auf Flusssedimente .....	8
Schützen Umweltqualitätskriterien vor der Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen? .....	9
Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum .....	10
Ökotoxikologie anderswo .....	12

## Editorial

# Ein Blick in die Zukunft



Dr. Inge Werner,  
Leiterin des Oekotoxenzentrums

Pestizide sind ein heisses Thema. Zu Recht, denn die neueste Monitoringstudie im Rahmen des NAWA SPEZ Programms zeigt zum wiederholten Mal, dass viele davon in Fliessgewässer eingetragen werden (S. 3). Im Mittel kamen dort 35 Stoffe gleichzeitig vor. Leider können wir die Wirkung solcher komplexen Mischungen auf Umweltorganismen nur grob abschätzen, denn experimentelle Daten gibt es kaum. Ebenso fehlt uns das Wissen, wie Temperaturschwankungen und Krankheitserreger die Sensitivität gegenüber Schadstoffen verändern. Weitere Unbekannte sind die Auswirkungen auf die Wechselwirkungen innerhalb einer Population oder zwischen verschiedenen Arten. Wenn es an Wissen fehlt, sollte die Vorsicht überwiegen. Denn die Artenvielfalt in der Umwelt ist – wenn erst verarmt – nur schwer oder gar nicht wiederherstellbar. Wir sollten uns also eingestehen, dass wir vieles noch nicht verstehen und deshalb besonders vorsichtig mit unserer Umwelt umgehen. Wenn es um Massnahmen zur Reduktion von Pestiziden und anderen Schadstoffen und die damit verbundenen Kosten geht, kommt jedoch immer wieder

die Frage nach der «Überprotektivität» auf. Sollen wir wirklich so viel Geld ausgeben, wenn wir nur das Risiko – also die Möglichkeit, dass negative Effekte auftreten – kennen? Andererseits sind wir mit unseren Methoden zur Risikobewertung von Pestiziden vielleicht sogar «unterprotektiv», wie gerade detailliert ausgeführt im Artikel von Schäfer et al. (S. 12). Dass es im Bereich der Risikobewertung noch viel zu tun gibt, zeigt auch unser Artikel zur Risikobewertung von Antibiotika (S. 9), in die bisher die Resistenzbildung nicht einbezogen wurde.

Ich denke, dass wir in Zukunft wegkommen von der einseitigen Risikobewertung auf Basis von chemischen Analysedaten und stattdessen Monitoringmethoden verwenden, mit denen wir die Effekte von Schadstoffen auf Wasserorganismen möglichst vor Ort messen können. Gemeinschaftsindizes wie der Makroinvertebratenindex, der auf Pestizide ausgerichtete SPEAR-Index und der Oligochaetenindex (S. 8) liefern uns sehr gute Feldinformationen über die Gewässerqualität, werden jedoch auch durch andere Stressoren beeinflusst. So ist es schwierig, den «Schuldigen» zu identifizieren und entsprechende Massnahmen zu ergreifen. Wir brauchen also zusätzliche Methoden, die Rückschlüsse auf die Art der Stressoren zulassen.

Molekulare Methoden haben hier viel zu bieten, und die benötigte Technik entwickelt sich rasant. Im Eawag PEAK-Kurs «eDNA und Metabarcoding» wurden gerade neue Methoden für die Erfassung der Artenvielfalt in Gewässern vorgestellt. Schon gibt

es kleine Taschen-Sequenzierer zur Identifizierung von Arten auf DNA-Basis, auch solchen, die morphologisch nicht oder nur schwer bestimmt werden können. Schadstoffspezifische Effekte können mit Hilfe von Biomarker-Messungen auf Ebene der Genexpression, aber auch anhand der gebildeten Proteine oder Metaboliten erfasst werden. Noch sind diese Methoden in den Kinderschuhen, aber sie bergen sehr grosses Potential für die Zukunft.

Zum Schluss muss ich mich von Ihnen, liebe Leser, leider verabschieden. Im Herbst wird Dr. Benoît Ferrari (der Leiter der Gruppe Sediment- und Bodenökotoxikologie am Oekotoxzentrum in Lausanne) die Leitung des Oekotoxenzentrums *ad interim* übernehmen. Auf den Abschiedsapéro müssen Sie aber noch ein wenig warten: Bis August 2021 werde ich in Teilzeit weiter beim Oekotoxzentrum arbeiten. Die Zusammenarbeit mit vielen von Ihnen während der letzten 9 Jahre war für mich bereichernd. Das Fachwissen und Engagement der Kollegen von den kantonalen Umweltämtern, privaten Unternehmen, Bundesämtern und aus der Forschung hat mich immer wieder tief beeindruckt. Es war und ist ein Privileg, zusammen mit Ihnen für den Schutz der Umwelt zu arbeiten.

Mit freundlichen Grüssen



# Hohe Mischungsrisiken durch Pflanzenschutzmittel

**Die Anwendung von organischen Pflanzenschutzmitteln führt zu hohen ökotoxikologischen Risiken für Pflanzen, Wirbellose und Wirbeltiere – dies hat eine umfassende Studie in fünf kleinen Gewässern bestätigt. Die Ergebnisse aus Biotests und Bioindikatoren erhärten die chemischen Analyseergebnisse.**

Eine umfassende Monitoringstudie von 2015 hatte gezeigt, dass kleine Schweizer Bäche in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten stark mit Pflanzenschutzmitteln (PSM) belastet sind. Das ökotoxikologische Risiko für Pflanzen, Wirbellose und Wirbeltiere war hoch. Eine neue Studie sollte zeigen, ob die Ergebnisse repräsentativ auch für andere Standorte und Jahre sind. Wie die Vorgängerstudie wurde die Studie vom Oekotoxzentrum zusammen mit der Eawag, VSA, Aquaplus und fünf Kantonen (BE, BL, FR, SH und TG) im Rahmen der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität Spezialuntersuchungen (NAWA SPEZ) im Auftrag des Bundesamts für Umwelt durchgeführt.

## Zwei bekannte, drei neue Fliessgewässer

Untersucht wurden fünf kleine Schweizer Fliessgewässer in verschiedenen stark landwirtschaftlich genutzten Regionen von Anfang März bis Ende Oktober: nämlich der Chrümmli bach (BE), der Weierbach (BL), Le Bainoz (FR), der Hoobach (SH) und der Eschelischbach (TG). Die Bäche decken ein breites Spektrum an angebauten Kulturen ab: Neben Ackerbau waren auch die PSM-intensiveren Spezialkulturen Obst und Beeren (TG), Reben (SH) und Gemüse (BL) vertreten. «Den Eschelischbach und den Weierbach hatten wir schon in der Vorgängerstudie untersucht, so dass wir die Ergebnisse vergleichen konnten», so Marion Junghans vom Oekotoxzentrum.

Insgesamt analysierten die Eawag-Mitarbeitenden der Abteilung Umweltchemie 217 synthetisch-organische PSM chemisch und wiesen davon in den Proben 145 PSM nach. An jedem Standort wurden so zwischen 71 und 89 PSM gefunden, durchschnittlich 35 Stoffe pro Probe. An vier Standorten waren die Herbizide die dominante Stoffgruppe. Mehrere Einzelstoffe überschritten länger und an mehreren Standorten ihr Umweltqualitätskriterium (siehe Kasten). Über alle Standorte lag Metazachlor am längsten in kritischen Konzentrationen vor (13 Zweiwochen-Zeiträume), gefolgt von Thiacloprid (9), Azoxystrobin (8), Chlorpyrifos (7), Dimethachlor (6), Metribuzin (5) und Dimethenamid (5). Diese sieben Wirkstoffe waren für 55% der insgesamt 96 Überschreitungen verantwortlich. «Es reicht allerdings nicht, sich auf diese wenigen Stoffe zu fokussieren», warnt Marion Junghans. Zum einen sei die zeitliche

Variabilität der Belastungen sehr hoch, zum anderen könne eine Vermeidung dieser Stoffe zur Verwendung anderer Ersatzstoffe führen.

## Langfristig hohes Mischungsrisiko für Wasserorganismen

Marion Junghans und Miriam Langer vom Oekotoxzentrum bestimmten die akuten und chronischen Risiken der gemessenen PSM-Mischungen auf Pflanzen, Wirbellose und Wirbeltiere (siehe Abbildung und Kasten). In allen untersuchten Gewässern fanden die Forscherinnen ein hohes chronisches Mischungsrisiko für mindestens eine Organismengruppe während 24 bis 26 der untersuchten 30 Wochen. Im **Eschelischbach** bestand wie schon 2015 ein sehr hohes Risiko für Wirbellose: Während 6 Zweiwochen-Zeiträumen war das chronische Mischungsrisiko im roten Bereich, also mehr als 10fach über der Schwelle, ab der negative Auswirkungen auf die Wasserlebewesen nicht mehr ausgeschlossen werden können. Auch für Pflanzen war das Risiko langfristig hoch. Im **Weierbach** war es für die Pflanzen am höchsten. Während 5 Zweiwochen-Zeiträumen war das chronische Mischungsrisiko im roten Bereich. Die Wasserqualität im Weierbach hatte sich allerdings im Vergleich zu 2015 verbessert, besonders für die Wirbellosen. Der **Chrümmli bach** lag für alle Organismengruppen mindestens für zwei Wochen im roten Bereich. In **Le Bainoz** und im **Hoobach** bestand fast über den gesamten Untersuchungszeitraum ein Risiko für mindestens eine Organismengruppe, allerdings war dieses geringer als an den anderen untersuchten Stellen.

An allen fünf Standorten war das chronische Mischungsrisiko für mindestens eine der drei Organismengruppen so hoch, dass die Wasserqualität als unbefriedigend bis schlecht eingestuft wurde. Das Mischungsrisiko für akute Effekte war zwar an allen Standorten geringer als für chronische Effekte, aber immer noch bedenklich. «Die Messungen von 2017 bestätigen die Ergebnisse von 2015», sagt Marion Junghans. «Erneut deuten die hohen und lang andauernden chronischen Mischungsrisiken darauf hin, dass die Wasserorganismen keine Zeit zur Erholung haben».



### **Biotests und Bioindikatoren liefern zusätzliche Informationen**

Um die chemischen Analysen zu ergänzen, untersuchten Marion Junghans und Miriam Langer die Proben in einem Biotest mit einzelligen Grünalgen. Die ursprünglichen Wasserproben wurden dafür extrahiert und aufkonzentriert. Mit dem Algentest kann man das Mischungsrisiko organischer Stoffe für Grünalgen direkt bestimmen. Insbesondere schauten die Forscherinnen, ob die Gewässerproben die Photosynthese oder das Wachstum der Algen hemmten. So konnten sie nicht nur das Risiko der Photosynthese-hemmenden Substanzen abschätzen, sondern auch jenes von Stoffen mit einem anderen Wirkmechanismus. Wenn nicht alle Chemikalien mit algentoxischer Wirkung analytisch bestimmt worden sind, zeigt der Algentest ein höheres Risiko an als eine Risikoanalyse, die auf chemisch-analytischen Ergebnissen aufbaut.

Die Wissenschaftlerinnen fanden mit dem Algentest an allen Standorten fast über die gesamte Untersuchungsdauer ein chronisches Mischungsrisiko: Dafür waren vor allem Stoffe verantwortlich, die das Algenwachstum hemmen. Die aus den analytischen Ergebnissen berechneten Risiken für Wasserpflanzen stimmten meist gut mit den Ergebnissen des Algentests überein. Allgemein zeigte der Algentest jedoch etwas höhere Risiken an (siehe Kästen) als die Analytik-basierte Mischungsbewertung. «Dafür könnten unbekannte algentoxische Stoffe wie Transformationsprodukte verantwortlich sein oder auch PSM unterhalb des analytischen Detektionslimits», erklärt Marion Junghans. Unterschätzt wurde das Risiko mit dem Algentest nur in wenigen Fällen, nämlich dann wenn PSM wie Nicosulfuron oder Azoxystrobin die Mischung dominierten. Diese Stoffe wirken auf Grünalgen weniger stark als auf andere Wasserpflanzen.

### **Berechnung des Mischungsrisikos für PSM**

Wenn man die gemessenen Umweltkonzentrationen (MEC) von Stoffen mit den Daten zu ihrer Ökotoxizität vergleicht, lässt sich die Wasserqualität von Oberflächengewässern bewerten. Dazu werden aus den ökotoxikologischen Effektdaten Umweltqualitätskriterien (UQK) abgeleitet, also Konzentrationen, oberhalb derer empfindliche Organismen in ihrer Gesundheit, Fortpflanzung und Entwicklung beeinträchtigt werden können. Das Verhältnis aus MEC und UQK ist der Risikoquotient (RQ). Wenn die MEC höher als das UQK ist, so ist der Risikoquotient  $RQ > 1$ , was bedeutet, dass ein Risiko besteht und eine Beeinträchtigung von Gewässerorganismen nicht ausgeschlossen werden kann. Man unterscheidet zwischen akuten Qualitätskriterien, die vor dem Auftreten kurzfristiger Effekte und chronischen Qualitätskriterien, die vor längerfristigen Effekten schützen sollen. Entsprechend werden akute und chronische Risikoquotienten

berechnet. Zur Berechnung des Mischungsrisikos werden die RQ der quantifizierten Einzelsubstanzen addiert.

$$RQ_{\text{mix}} = \sum_i^n RQ_i = \sum_i^n \frac{MEC_i}{UQK_i}$$

Da PSM häufig toxisch für eine bestimmte Organismengruppe (Pflanzen, wirbellose Tiere oder Fische) sind, werden für jede Organismengruppe nur die RQ jener Substanzen addiert, für welche die Gruppe eine hohe Empfindlichkeit aufweist. Das Mischungsrisiko für Pflanzen, Wirbellose und Fische wird so getrennt berechnet. Das Gesamtrisiko für das Gewässer entspricht dem Risiko der am stärksten betroffenen Organismengruppe. Während Herbizide hauptsächlich ein Risiko für Pflanzen darstellen und Insektizide hauptsächlich für Invertebraten, können Fungizide alle drei Organismengruppen beeinträchtigen.



In den NAWA SPEZ Untersuchungen wurde auch der SPEAR-Index für Pestizide eingesetzt, der den Anteil PSM-empfindlicher Arten unter den Wirbellosen des Gewässers beschreibt – er erlaubt vor allen Aussagen über Insektizide und Fungizide. Gemäss dem SPEAR war die Wasserqualität an allen Probenahmestellen deutlich schlechter als an den unbelasteten Referenzstellen. Der Vergleich zwischen den Risiken für Wasserpflanzen und Wirbelosengemeinschaften, die auf der Basis von chemisch-analytischen Messungen und denen, die auf der Basis von biologischen Wirkungen bestimmt wurden zeigt, dass es sinnvoll ist chemisches Monitoring mit integrativen Biotests zu ergänzen: Beide Ansätze stimmten darin überein, dass die untersuchten Fliessgewässer durch PSM einem hohen Risiko ausgesetzt sind.

**Mehr Informationen:**

Junghans, M., Langer, M., Baumgartner, C., Vermeirssen, E., Werner, I. (2019) Ökotoxikologische Untersuchungen: Risiken von PSM bestätigt. *Aqua & Gas* 4, 26–34; Spycher, S., Teichler, R., Daouk, S., Doppler, T., Vonwyl, E., Junghans, M., Longrée, P., Kunz, M., Stamm, C., Singer, H. (2019). Anhaltend hohe PSM-Belastung in Bächen, *Aqua & Gas* 4, 14–25

**Kontakt:**

Marion Junghans, marion.junghans@oekotoxzentrum.ch,  
Miriam Langer, miriam.langer@fhnw.ch

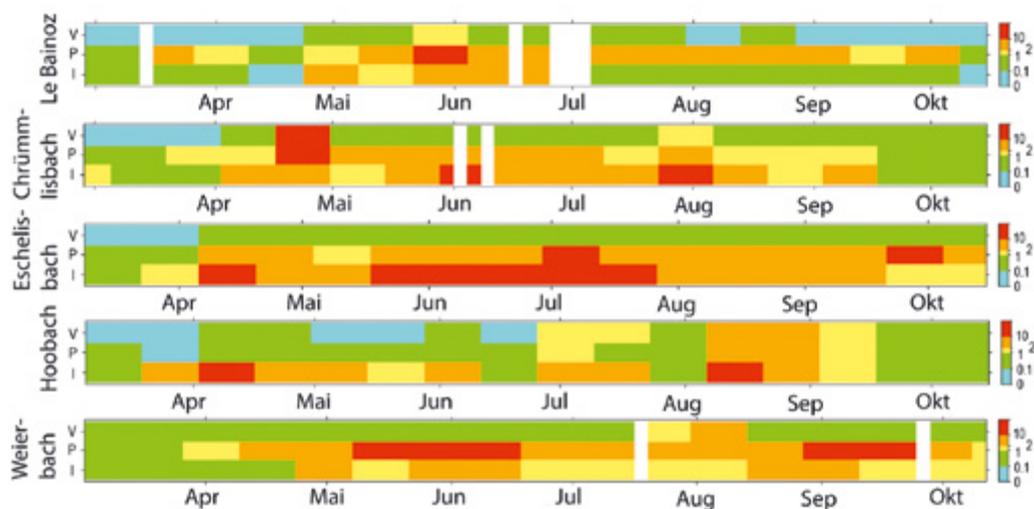


Abbildung: Chronisches Mischungsrisiko an den Probenahmestellen von NAWA SPEZ 2017. Vertikal sind die Organismengruppen dargestellt: V = Wirbeltiere [Fische], P = Pflanzen, I = Wirbellose. Weisse Abschnitte: keine Proben. Die Farben zeigen die Höhe des Risikoquotienten (RQ) für die jeweilige Organismengruppe und Zeitraum an. Blau RQ < 0.1, grün: RQ 0.1–1, gelb: RQ 1–2, orange: RQ 2–10, rot: RQ > 10.



# Biotests und Standardisierung für das Schweizer Umweltmonitoring

**Für die Bewertung abwasserbelasteter Gewässer in der Schweiz steht ein Grob beurteilungskonzept bereit. Auch bei der Standardisierung der einzelnen Arbeitsschritte wurden entscheidende Fortschritte gemacht.**

Pflegeprodukte, Pflanzenschutz- und Arzneimittel – viele menschengemachte Stoffe, die für uns nützlich sind, gelangen in die Gewässer und bringen dort das Ökosystem aus dem Gleichgewicht. Die Gewässerüberwachung hilft dabei, besonders problematische Orte zu entdecken und deren Zustand zu verbessern. Dafür setzen Behörden als Ergänzung zur chemischen Wasseranalytik immer häufiger auf Biotests: Diese sind besonders zur Beurteilung von biologisch aktiven Stoffen und von Stoffgemischen nützlich. Doch nur standardisierte Biotests lassen sich regulatorisch verankern. Das Oekotoxzentrum hat ein Konzept für die Bewertung der Gewässerqualität entwickelt und Standardisierungsverfahren vorangetrieben. Ziel ist es, den kantonalen Gewässerschutzfachstellen und privaten Labors nützliche und praxistaugliche Werkzeuge in die Hand zu geben.

## Konzept zur Grob beurteilung der Gewässerqualität

Im Rahmen des Modul-Stufen-Konzepts hat das Oekotoxzentrum ein Konzept zur Grob beurteilung von abwasserbelasteten Fließgewässern mit ökotoxikologischen Biotests erarbeitet [1]. «Wir haben besonderen Wert darauf gelegt, dass die vorgeschlagenen Tests kostengünstig und einfach durchführbar und interpretierbar sind», sagt Projektleiterin Cornelia Kienle. Gemäss dem Konzept wird das gereinigte Abwasser nach der Behandlung in der Abwasserreinigungsanlage (ARA) mit Biotests untersucht. Aus der gemessenen Belastung kann dann auf die Situation im ableitenden Fließgewässer extrapoliert werden.

Im Konzept werden zwei Biotests angewendet, die sich gegenseitig ergänzen: Der kombinierte Algentest mit einzelligen Grünalgen weist Stoffe nach, die die Photosynthese und das Wachstum von Pflanzen und Grünalgen hemmen. Er ist besonders für den Nachweis von Herbiziden geeignet, die in Schweizer Oberflächengewässern regelmässig in umweltrelevanten Konzentrationen nachgewiesen werden. Der Hefezell-Östrogentest (Yeast Estrogen Screen, YES) verwendet genmanipulierte Hefezellen, die östrogen-aktive Stoffe nachweisen. Diese Stoffe können die Vermehrung von Fischen und Wirbellosen stören, indem sie ihr Hormonsystem beeinflussen. Mit beiden Biotests kann auch die Reinigungsleistung der ARA beurteilt werden.

## Gefragte Standardisierung

Die beiden Biotests waren noch nicht standardisiert, als das Konzept erarbeitet wurde. «Bei den Kantonen ist das Interesse gross, standardisierte Biotests zu verwenden», erklärt Etienne Vermeirssen. Die langwierige Standardisierung von Testverfahren erscheint zunächst als Hindernis für die Anwendung innovativer Methoden, bietet jedoch zahlreiche Vorteile: Sie zeigt nämlich die Zuverlässigkeit und Belastbarkeit der Messdaten und macht diese gerichts-fest. Ausserdem gibt die Standardisierung die Sicherheit, dass die Tests für ihren Verwendungszweck optimal angepasst wurden, und die Anwender vermeiden überflüssige Arbeit bei der Optimierung der Verfahren. Das Oekotoxzentrum engagiert sich für die Standardisierung von Biotests durch seine Mitarbeit in mehreren Arbeitskreisen der

beteiligten Organisationen SNV, DIN und ISO (siehe Kasten).

## Standardisierung in der Gewässerbeurteilung

Wenn Biotests für den Nachweis von Östrogenen und algenhemmenden Stoffe eingesetzt werden sollen, gibt es verschiedene Elemente, die möglichst alle standardisiert sein sollten:

- Probenahme
- Festphasenanreicherung
- Eigentlicher Biotest
- Auswertung (BEQ)
- Vergleich mit Grenzwerten/Triggerwerten

Für die **Probenahme** existieren mehrere ISO-Standards [2,3,4]. Sie beschreiben, worauf bei der Entnahme und Lagerung von Wasserproben geachtet werden muss, damit die Resultate der Analyse reproduzierbar und aussagekräftig sind.

Für die genannten Biotests ist eine **Festphasenanreicherung** (solid phase extraction = SPE) notwendig, um die Wasserproben ausreichend zu konzentrieren und so den Nachweis der darin enthaltenen Schadstoffe möglich zu machen. Dazu werden die Wasserproben über Säulen gespült, an denen die organischen Schadstoffe haften bleiben. Die Stoffe werden anschliessend mit einem Lösungsmittel abgelöst und für die weiteren Analysen verwendet. «Die von uns verwendete SPE-Methode haben wir gerade für die Rückgewinnung von zahlreichen Verbindungen validiert», sagt Etienne Vermeirssen [5].



Vor kurzem konnte das Oekotoxzentrum bei der Standardisierung der **Biotests** entscheidende Fortschritte erreichen: Gleich drei Tests für den Nachweis von Östrogenen in Wasserproben wurden endlich standardisiert. Zwei davon sind Varianten des Hefezell-Östrogentests. Der L-YES fügt das Enzym Lyticase hinzu und ist dadurch empfindlicher und schneller als der klassische YES [6]. Der A-YES verwendet einen alternativen Hefestamm, der unempfindlich gegen hohe Salzkonzentrationen ist [7]. Als dritter im Bunde wurde ein Test mit einer menschlichen Zelllinie standardisiert, wie sie zum Beispiel im ER-Calux eingesetzt wird [8]. Für den kombinierten Algentest bereitet das Oekotoxzentrum derzeit einen neuen Projektvorschlag für eine ISO-Abstimmung vor. Dieser dient als Grundlage für das Standardisierungsverfahren.

Eine **Auswertung** der Biotestresultate erfolgt, indem die Wirkung der Substanzmischung im Probenextrakt mit der Wirkung einer Referenzsubstanz verglichen wird. Dazu werden Konzentrationswirkungskurven sowohl für die Referenz als auch die Probe erstellt. Wenn die Kurven unterschiedliche Maximalwerte und Steigungen zeigen, ist eine einheitliche Auswertung schwierig. Daher erarbeitet das Oekotoxzentrum zusammen mit der BfG in Koblenz einen ISO-Standard dafür. Dieser soll bis 2020 fertig sein.

Zur Bewertung werden die Biotestergebnisse schliesslich mit **Triggerwerten** verglichen: Effektbasierte Triggerwerte (EBT) geben an, wieviel Effekt im Biotest akzeptabel oder inakzeptabel ist. Als EBT kann zum Beispiel das chronische Umweltqualitätskriterium (UQK, effektbasierter Grenzwert) oder der EQS (environmental

quality standard, Grenzwert der EU) für die Referenzsubstanz des Biotests verwendet werden. Um die Wirkung von Stoffen mit demselben Wirkmechanismus vergleichen zu können, kann ihre Aktivität nämlich als diejenige Konzentration einer Referenzsubstanz ausgedrückt werden, die ebenso potent wirkt wie die unbekannte Mischung: «Wenn diese biologische Äquivalenzkonzentration grösser ist als das chronische UQK für die Referenzsubstanz, ist die Wasserqualität ungenügend», erklärt Etienne Vermeirssen.

#### Literatur

- 1) Kienle, C., Vermeirssen, E., Kunz, P., Werner, I. (2018) Grobbeurteilung der Wasserqualität mit Biotests: Ökotoxikologische Biotests zur Beurteilung von abwasserbelasteten Fließgewässern. *Aqua & Gas* 4, 40–48
- 2) International Standard ISO 5667-6 Water quality Sampling Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams
- 3) International Standard ISO 5667-14 Water quality Sampling Part 14: Guidance on quality assurance and quality control of environmental water sampling and handling
- 4) International Standard ISO 5667-16:1998 Water quality Sampling Part 16: Guidance on biotesting of samples
- 5) Simon, E., Schifferli, A., Bucher, T., B., Olbrich, D., Werner, I., Vermeirssen E.L.M. (2019) Solid-phase extraction of estrogens and herbicides from environmental waters for bioassay analysis – effects of sample volume on recoveries. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 411, 2057-2069
- 6) International Standard ISO/DIS 19040-1 Water quality Determination of the estrogenic potential of water and waste water Part 1: Yeast estrogen screen (*Saccharomyces cerevisiae*)
- 7) International Standard ISO/DIS 19040-2 Water quality Determination of the estrogenic potential of water and waste water Part 2: Yeast estrogen screen (A-YES, *Arxula adenivorans*)
- 8) International Standard ISO/DIS 19040-3 Water quality Determination of the estrogenic potential of water and waste water Part 3: In vitro human cell-based reporter gene assay

#### Kontakt:

Etienne Vermeirssen, [etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch](mailto:etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch)

### Standardisierung – wie funktioniert das eigentlich?

In Europa werden Biotests für die Umweltüberwachung hauptsächlich von der Internationalen Organisation für Normung (ISO), dem europäischen Komitee für Normung (CEN) und den nationalen Normungsinstituten wie der Schweizerischen Normen-Vereinigung (SNV) oder dem Deutschen Institut für Normung (DIN) normiert. Biotests für die Chemikalienprüfung im Rahmen der Zulassung, die teils auch für die Umweltüberwachung interessant sein können, werden von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) standardisiert. Zentral für alle Standardisierungsverfahren ist es, dass die Reproduzierbarkeit und Übertragbarkeit eines Tests bewiesen wird. Dafür werden in Ringversuchen identische Proben in zahlreichen Labors gemessen, die Analyseergebnisse verglichen und anschließend statistisch ausgewertet. Das Oekotoxzentrum hat sich an zahlreichen Ringversuchen beteiligt.



## Oligochaeten zeigen Einfluss des ARA-Auslaufs auf Flusssedimente

**Die biologische Qualität von zwei Schweizer Flusssedimenten ist flussabwärts von Abwasserreinigungsanlagen deutlich schlechter als flussaufwärts. Dies konnten Wissenschaftler des Oekotoxenzentrums mit Hilfe der dort lebenden Oligochaetengemeinschaften zeigen.**

Menschliche Aktivitäten können Fließgewässer auf verschiedene Arten beeinträchtigen: Sie kontaminieren Oberflächenwasser und Grundwasser, behindern den Wasseraustausch und reduzieren die Lebensraumvielfalt. Das Flussbett besteht aus grobem Oberflächensediment und dem darunterliegenden wasserdurchströmten Sediment, der sogenannten hyporheischen Zone. Es bildet einen wichtigen Lebensraum und wirkt als biologischer, chemischer und physikalischer Filter für das durchströmende Wasser. Der aktive Wasseraustausch versorgt dabei die gesamte Region mit Sauerstoff und stimuliert damit den Abbau von organischen Stoffen. Ausserdem verbessert der Austausch mit sauberem Grundwasser die Qualität des Sediment- und Flusswassers. Der Wassertransport durch das Sediment und die spezifische Qualität der porösen Matrix werden bis jetzt bei der Überwachung der Gewässerqualität jedoch nicht erfasst.

### Oligochaeten bestimmen Qualität und Funktion von Flusssedimenten

Die häufigsten Lebewesen im durchströmten Sediment sind Ringelwürmer aus der Gruppe der Oligochaeten. Die Verschmutzungstoleranz der einzelnen Arten ist sehr unterschiedlich und es gibt charakteristische Arten für Oberflächensedimente oder Grundwasser. Daher kann die Zusammensetzung der dort lebenden Oligochaeten wichtige Informationen über den hydrologischen und ökologischen Zustand eines Gewässers liefern – zum Beispiel mit der Oligochaete Functional Traits (FTR) Methode: Diese charakterisiert Oligochaetengemeinschaften im Sediment und bewertet so die Sedimentqualität und die Dynamik des Wasseraustauschs zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser.

Wissenschaftler vom Oekotoxenzentrum setzten die FTR-Methode im März und September an zwei bekannten Standorten – Hochdorf und Buttisholz – im Kanton Luzern ein, um den Einfluss von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) auf die Sedimentqualität zu untersuchen. An beiden Standorten zeigten die Oligochaetengemeinschaften stromaufwärts der ARA eine bessere Sedimentqualität als stromabwärts. Der Anteil der empfindlichen Oligochaeten war stromaufwärts höher und der Anteil der resistenten Oligochaeten niedriger als stromabwärts. Diese Unterschiede waren im

September stärker ausgeprägt als im März. Die Ergebnisse weisen ausserdem darauf hin, dass die Kapazität zur Selbstreinigung stromabwärts geringer war als stromaufwärts, und dass dort im September das Grundwasser durch das Oberflächenwasser belastet werden könnte.

### Empfindlicher als andere Bioindizes

Die FTR-Methode ist ein wertvolles Werkzeug für Monitoringprogramme, da sie Veränderungen aufdecken kann, die von anderen biologischen Indizes nicht erkannt werden. So wurden beide Standorte in einer früheren Studie mit dem IBCH-Makroinvertebratenindex untersucht (dieser wird Schweizer Monitoringprogrammen sehr häufig eingesetzt), der aber keine Auswirkungen des ARA-Abflusses anzeigte. Die FTR-Methode dagegen konnte die Auswirkungen von Schadstoffeinträgen aus ARA auf die Sedimentqualität nachweisen.

«Für die sinnvolle Anwendung der Methode muss man die Oligochaeten auf Art- oder Gattungsebene bestimmen, denn die Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffen ist artspezifisch», sagt Régis Vivien. Doch er betont, dass die Bestimmung von Oligochaeten nicht schwieriger sei als die Bestimmung von Kieselalgen, die routinemässig zur Überwachung der Wasserqualität von Fließgewässern eingesetzt werden. Ausserdem ist er zuversichtlich, dass es bald möglich sein wird, Oligochaeten genetisch durch den Einsatz von DNA-Barcoding- und Hochdurchsatz-Sequenzierungs-Methoden zu bestimmen.

### Mehr Informationen:

Vivien, R., Lafont, M., Werner, I., Laluc, M., Ferrari, B.J.D. (2019) Assessment of the effects of wastewater treatment plant effluents on receiving streams using oligochaete communities of the porous matrix. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosystems* 420, 18

### Kontakt:

Régis Vivien, [regis.vivien@centreecotox.ch](mailto:regis.vivien@centreecotox.ch);  
Benoît Ferrari [benoit.ferrari@centreecotox.ch](mailto:benoit.ferrari@centreecotox.ch)



# Schützen Umweltqualitätskriterien vor der Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen?

**Durch die Umweltbelastung mit Antibiotika können sich vermehrt Resistenzen gegen diese Stoffe bilden. Die Vermeidung von Antibiotikaresistenzen wird bei der Herleitung von Umweltqualitätskriterien (UQK) jedoch nicht berücksichtigt. Das Oekotoxzentrum hat für acht Stoffe untersucht, ob die verfügbaren UQK auch vor der Entstehung von Antibiotikaresistenzen im Gewässer schützen.**

Um die Toxizität von Chemikalienmischungen in der Umwelt bewerten zu können, muss man zunächst die individuelle Giftigkeit der Stoffe kennen. Daher hat das Oekotoxzentrum für zahlreiche Stoffe effektbasierte Grenzwerte abgeleitet, die Umweltqualitätskriterien (UQK, [www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/](http://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/)). Oberhalb dieser Konzentrationsschwellen können negative Wirkungen auf Gewässerorganismen nicht ausgeschlossen werden. Unter den Stoffen sind auch einige Antibiotika, die in der Umwelt zur Bildung und Verbreitung von Antibiotikaresistenzen beitragen können. Diese Wirkung wird jedoch bei der Herleitung der UQK nicht berücksichtigt. Das Oekotoxzentrum hat daher untersucht, ob die UQK niedrig genug sind, um auch vor der Bildung und Verbreitung von Antibiotikaresistenzen schützen.

## Antibiotika fördern resistente Bakterien

Antibiotisch wirksame Substanzen und Resistenzmechanismen kommen in der Umwelt natürlich vor – menschgemachte Emissionen von Antibiotika können aber zu einem erhöhten Auftreten führen. In Gewässer gelangen Antibiotika vor allem über Kläranlagen und Austräge aus der Landwirtschaft. Schon relativ tiefe Konzentrationen können die Selektion von antibiotikaresistenten Bakterien und die Weitergabe von Antibiotikaresistenzgenen begünstigen und so zur Verbreitung von antibiotikaresistenten Bakterien beitragen. Bakterien geben solche Resistenzen nicht nur durch Vererbung, sondern auch durch Gentransfer an andere Stämme oder Arten weiter.

Das Oekotoxzentrum hat untersucht, ob die UQK für 7 Antibiotika, die es abgeleitet hat, auch vor der Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen schützen: und zwar für Azithromycin, Ciprofloxacin, Clarithromycin, Erythromycin, Sulfamethoxazol, Sulfamethazin und Trimethoprim. Ausserdem wurde der Stoff Triclosan betrachtet, ein Biozid, das in Arztpraxen und Spitälern als Desinfektionsmittel eingesetzt wird.

## Selektionsdruck ab welcher Konzentration?

Die UQK für die Antibiotika und für Triclosan hat das Oekotoxzentrum nach dem technischen Leitfaden der Europäischen Kommission hergeleitet. Dafür beurteilte es chronische und akute Toxizitätsdaten für Wasserorganismen von drei Ernährungsebenen. Die tiefste

Antibiotikumkonzentration, von der ein Selektionsdruck auf Bakterien ausgeht (MSC), ist für die meisten Stoffe nicht bekannt und wurde daher nach verschiedenen Methoden aus den minimalen Hemmkonzentrationen hergeleitet oder aus Konzentrationen, bei denen noch keine Wachstumshemmung beobachtet wird.

Für fünf der acht untersuchten Stoffe lagen die UQK tiefer als die MSC-Werte, so dass sie wohl auch vor der Verbreitung von Antibiotikaresistenzen schützen. Für die übrigen Stoffe sieht es weniger günstig aus: So liegen bei Trimethoprim die MSC bis zu 2'000 Mal tiefer als die UQK. Für solche Antibiotika wird in der EU bereits diskutiert, die Herleitung von UQK unter Umständen anzupassen. Konkret könnte das heissen, die UQK wie gewohnt herzuleiten aber zusätzlich experimentelle oder hergeleitete MSC zu berücksichtigen, um dann den tieferen Wert als Grenzwert zu verwenden. Ein anderer Vorschlag ist, bakterielle Resistenzbildung als Effektdaten in die Herleitung von UQK aufzunehmen. Das bedeutet eine Ausweitung der sonst in der Ökotoxikologie verwendeten Schutzziele. Antibiotikaresistenzen in der Umwelt stellen nämlich nicht zwingend ein Problem für die dort lebenden Organismen dar, sondern für die Behandlung von Infektionskrankheiten und damit indirekt für die menschliche Gesundheit.

## Mehr Informationen

Ferrari, G., Junghans, M., Korkaric, M., Werner, I. (2019) Antibiotikaresistenzbildung in der Umwelt. Herleitung von Umweltqualitätskriterien für Antibiotika unter Berücksichtigung von Resistenzbildung. Aqua & Gas 6

## Kontakt:

Marion Junghans, [marion.junghans@oekotoxzentrum.ch](mailto:marion.junghans@oekotoxzentrum.ch)

# Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum



## Weniger Unsicherheit für Sedimentkontakttests

Sedimentkontakttests sind nützlich, um die Toxizität von Schadstoffen in Sedimenten zu bewerten. Die natürlichen Sedimenteigenschaften variieren jedoch stark, was die Interpretation der Resultate erschwert. Das Oekotoxzentrum arbeitet an einem internationalen Projekt mit, um die Unsicherheit in der Interpretation der Resultate zu verringern. Dazu werden neun verschiedene Sedimentkontakttests auf mehr als 30 verschiedene Sedimente angewendet, um die Variabilität zu untersuchen, die durch die unterschiedlichen Sedimenteigenschaften entsteht.

### Kontakt:

Carmen Casado-Martinez, [carmen.casado@centreecotox.ch](mailto:carmen.casado@centreecotox.ch);  
Benoît Ferrari, [benoit.ferrari@centreecotox.ch](mailto:benoit.ferrari@centreecotox.ch)



## Lehrvideo zum kombinierten Algentest

Herbizide sind eine wichtige Gruppe von Mikroverunreinigungen und werden in der Schweiz regelmässig in Gewässern nachgewiesen. Die Stoffe werden als Pflanzenschutzmittel oder Biozide eingesetzt und können Algen in Gewässern schädigen. Da Algen an der Basis der Nahrungskette stehen, wird so das ganze Ökosystem beeinträchtigt.

Für den integrierten Nachweis von Herbiziden in Gewässern werden Algen in Biotests eingesetzt. Dabei bestimmen die etablierten OECD- und ISO-Tests das Algenwachstum nach Kontakt mit der nativen Wasserprobe. Im Gegensatz dazu misst der kombinierte Algentest in konzentrierten Proben auch die Photosynthesehemmung als pflanzenspezifischen Wirkmechanismus. Er liefert deutlich schneller Resultate. Die Durchführung des Tests in Mikrotiterplatten ist zudem günstig und platzsparend. Mehr Details zur Testdurchführung finden Sie im Lehrvideo.

[www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/news/lehrvideo-zum-kombinierten-algentest/](http://www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/news/lehrvideo-zum-kombinierten-algentest/)

## Umfangreiche Europäische ARA-Studie

Das Oekotoxzentrum beteiligt sich an einem grossen internationalen Projekt mit dem Ziel, mehr Wissen über den Zusammenhang zwischen den Behandlungsverfahren in Abwasserreinigungsanlagen (ARA), den Eigenschaften des Einzugsgebiets und der Qualität des geklärten Abwassers zu erhalten. Dazu werden Wasserproben aus 60 ARA in ganz Europa genommen, mit Hilfe von grossvolumiger mehrphasiger Festphasenextraktion konzentriert und anschliessend mit einem breiten LC-MS/MS-Screening und einer Reihe von Biotests analysiert. In der Schweiz sind dies Proben aus 6 ARA in den Kantonen Aargau, Thurgau und Zürich. Das Projekt wird vom NORMAN-Netzwerk getragen und vom UFZ Leipzig koordiniert. Die Ergebnisse sollen die Modellierung der Ökotoxizität, die Risikobewertung und die Stoffpriorisierung in Monitoringprogrammen verbessern.

## Marion Junghans ist neu Gruppenleiterin



Seit Januar 2019 leitet Marion Junghans die Gruppe Risikobewertung am Oekotoxzentrum. Die Gruppe bestimmt das Umweltrisiko von Chemikalien und entwickelt Konzepte zur Bewertung der Umweltqualität, so auch zur Bewertung von Chemikalienmischungen. Wir gratulieren Marion zu ihrer Beförderung!



### Umwelt-DNA-Tag am 3. Juni 2019 in Genf

Schnell und kostengünstig alle Organismenarten in einer Wasser- oder Sedimentprobe bestimmen und so die Umweltqualität bewerten: Das versprechen Untersuchungen mit Umwelt-DNA (eDNA), die in Zukunft die Gewässerbewertung mit Bioindikatoren revolutionieren könnten. Am Montag, den 3. Juni 2019 (9–17 Uhr) findet daher an der Universität Genf der Umwelt-DNA-Tag statt (auf Französisch) – auch das Oekotoxzentrum ist an der Organisation beteiligt. Dort erfahren Sie mehr über die Bestimmung von genetischen Indizes, über Feldstudien zum Einsatz von eDNA in Biomonitoring-Kampagnen und (inter)nationale wissenschaftliche Fortschritte. Ausserdem werden die Ergebnisse des französisch-schweizerischen Interreg-Projekts «Cross-border SYNERGY for Biomonitoring and Preservation of AQUATIC Ecosystems» (SYNAQUA) präsentiert, an dem das Oekotoxzentrum beteiligt ist.

[www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/weiterbildungsangebot/](http://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/weiterbildungsangebot/)



### Neu am Oekotoxzentrum

Wir begrüßen unsere neuen Mitarbeiterinnen Anne-Sophie Voisin und Alexandra Kroll.

Seit März 2019 verstärkt **Anne-Sophie Voisin** das Biotestteam im Bereich Aquatische Ökotoxikologie. Im Fokus ihrer Arbeit steht die Entwicklung und Nutzung von molekularen Biomarkern, um routinemässig die Wasserqualität zu überwachen. Dabei arbeitet sie eng mit Prof. Kristin Schirmer von der Abteilung Umwelttoxikologie der Eawag und Prof. Helmut Segner von der Universität Bern zusammen. Anne-Sophie hat an der Universität Namur in Belgien Biologie studiert und dort anschliessend über molekulare Wirkmechanismen von hormonaktiven Stoffen in Fischen promoviert.

Seit April 2019 arbeitet **Alexandra Kroll** am Oekotoxzentrum im Bereich Risikobewertung. Alexandra hat in Heidelberg und Landau (D) Biologie und Umweltwissenschaften studiert und an der Universität Münster über den Einfluss von Nanopartikeln auf menschliche Zellen promoviert. Danach untersuchte sie an der Eawag als Postdoc und SNF Ambizione Fellow Biofilme in Oberflächengewässern und den Effekt von Nanopartikeln und Pestiziden. Anschliessend sammelte sie bei einer Consultingfirma Erfahrungen in der Zulassung und Risikobewertung von Pflanzenschutzmitteln.



### Weiterbildungskurs: Bewertung der ökotoxikologischen Sedimentqualität

Am 14. und 15. November 2019 führt das Oekotoxzentrum in Lausanne einen Kurs zum Thema «Bewertung der ökotoxikologischen Sedimentqualität» durch (auf Französisch). Ziel des Kurses ist es, die notwendigen Kenntnisse zu vermitteln, um die Qualität von Sedimenten anhand ihrer ökotoxikologischen Eigenschaften zu beurteilen. Nach einer Einführung zu Sedimenten werden verschiedene Werkzeuge zur Sedimentcharakterisierung vorgestellt: Probenahme, physikalisch-chemische Eigenschaften, chemische Qualitätskriterien, Toxizitätstests und biologische Indizes.

[www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/weiterbildungsangebot/](http://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/weiterbildungsangebot/)



### Infoblatt Quecksilber

Quecksilber ist ein hochgiftiges Schwermetall, das natürlich in der Umwelt vorkommt, aber auch durch Menschen freigesetzt wird. Vor allem durch die Anreicherung in Fischen und Schalentieren stellt es auch für Menschen ein gesundheitliches Risiko dar. Quecksilber wird grossräumig transportiert und ist ein globales Problem. Daher trat 2017 die Minamata Konvention zum Schutz von Mensch und Umwelt vor den negativen Auswirkungen von Quecksilber in Kraft. Ein neues Infoblatt informiert über das Vorkommen von Quecksilber, seine Toxizität und die rechtliche Situation.

[www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/infoblaetter/](http://www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/infoblaetter/)

# Ökotoxikologie anderswo

In dieser Rubrik informiert das Oekotoxzentrum über interessante internationale Neuigkeiten aus der Ökotoxikologie in den Bereichen Forschung und Regulatorik. Die Auswahl von Beiträgen erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Inhalte in den einzelnen Beiträgen spiegeln nicht in jedem Fall die Standpunkte des Oekotoxzentrums wider.

## Hochdurchsatzmethoden für das Umweltmonitoring

Amerikanische Wissenschaftler haben Wasserproben aus 38 Fließgewässern mit Hochdurchsatzmethoden untersucht, die insgesamt 69 verschiedene biologische Effekte erfassten. Die Ergebnisse wurden mit denen der chemischen Analyse von über 700 Stoffen verglichen. Insgesamt konnten die Forscher 11 verschiedene Wirkmechanismen nachweisen. Am häufigsten waren dies eine erhöhte Aktivität des Pregnan-X-Rezeptors und des Ah-Rezeptors, die beide an der Metabolisierung von Schadstoffen, insbesondere Steroidhormonen und Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen, beteiligt sind. Die analysierten Chemikalien konnten die gefundenen Effekte jedoch nur unvollständig erklären. Die Ergebnisse zeigen den Nutzen von Biotests zum Nachweis von Effekten, die nicht allein durch chemische Analysen ermittelt werden können.

Blackwell, B.R., Ankley, G.T., Bradley, P.M., Houck, K.A., Makarov, S.S., Medvedev, A.V., Swintek, J., Villeneuve, D.L. (2019) Potential Toxicity of Complex Mixtures in Surface Waters from a Nationwide Survey of United States Streams: Identifying in Vitro Bioactivities and Causative Chemicals. *Environ. Sci. Technol.*, 53, 973–983

## Warum gibt es immer weniger Insekten?

Bis zu 40% der Insektenarten weltweit sind vom Aussterben bedroht. Eine neue Studie fasst 73 Berichte über einen lokalen Insektenrückgang zusammen und bewertet systematisch die Ursachen. An Land sind hauptsächlich Schmetterlinge, Hautflügler und Mistkäfer gefährdet. Im Wasser haben Libellen, Steinfliegen, Köcherfliegen und Eintagsfliegen bereits einen grossen Teil der Arten verloren. Eine Hauptursache des Artenrückgangs sehen die Autoren im Verlust von Lebensräumen durch die intensive Landwirtschaft und Urbanisierung. Ausserdem trage die Belastung durch Pestizide und Düngemittel, Krankheitserreger und invasive Arten sowie der Klimawandel dazu bei.

Sanchez-Bayo, F., Wyckhyis, K.A.G. (2019) Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27

## Nanoplastik stört Abwehrmechanismus von Wassertieren

Nanoplastik ist für Meeresbewohner schädlicher als Mikroplastik, zeigt eine neue Studie. Labortests demonstrieren, dass Nanoplastik in Rädertierchen Zellmembranen schädigen kann, wodurch die natürliche Abwehr der Tiere gegen Giftstoffe gestört wird. Rädertierchen, die Nanopartikeln aus Polystyrol ausgesetzt waren, reagierten deutlich empfindlicher auf persistente organische Schadstoffe (POPs) als unbelastete Kontrolltiere.

Jeong, C.-B., Kang, H.-M., Lee, Y.H., Kim, M.-S., Lee, J.-S., Seo, J.S., Wang, M., Lee, J.-S. (2018) Nanoplastic Ingestion Enhances Toxicity of Persistent Organic Pollutants (POPs) in the Monogonont Rotifer *Brachionus koreanus* via Multixenobiotic Resistance (MXR) Disruption. *Environ. Sci. Technol.* 52, 11411–11418.

## Empfehlungen für eine ganzheitliche Risikobewertung von Pestiziden

Der zunehmende Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) hat zur Abnahme von zahlreichen Nichtzielorganismen wie Vögel, Insekten oder Wasserorganismen beigetragen. Daher fordern Wissenschaftler Verbesserungen bei der Risikobewertung von PSM im Rahmen ihrer Zulassung. Vorgeschlagen werden unter anderen eine Kosten-Nutzen-Analyse der PSM, neue Versicherungsmethoden, die Bauern gegen Ernteausfälle schützen, eine provisorische Zulassung und die Integration der Risikobewertung von PSM in ein übergeordnetes umweltpolitisches Konzept.

Schäfer, R.B., Liess, M., Altenburger, R., Filser, J., Hollert, H., Ross-Nickoll, M., Schäffer, A., Scheringer, M., (2019) Future pesticide risk assessment: narrowing the gap between intention and reality. *Env. Sci. Eur.* 31:21

## Wegweisender Chemikalienbericht des UNEP

Das Umweltprogramm der UN hat einen wegweisenden Bericht zum Umgang mit Chemikalien veröffentlicht. Dieser zeigt, dass unser Umgang mit Chemikalien alarmierende Folgen hat. Trotz vieler Initiativen zur Lösung des Problems steigen die Kosten der Umweltverschmutzung durch Chemikalien weiter an. Zur Bekämpfung der Belastung seien dringend Massnahmen erforderlich. Der finanzielle Nutzen solcher Massnahmen wird jährlich auf mehr als zehn Milliarden Dollar geschätzt.

[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27651/GCOII\\_synth.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27651/GCOII_synth.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## Landwirtschaft schadet Wasserorganismen mehr als Abwässer

Verunreinigungen aus der Landwirtschaft beeinträchtigen die Artenvielfalt von Kleinstlebewesen in Gewässern – dies zeigt eine neue Studie. Je intensiver der Ackerbau, desto weniger empfindliche Arten sind zu finden. Im Vergleich dazu haben geklärte Abwässer einen wesentlich kleineren Einfluss.

Burdon, F. J.; Munz, N. A.; Reyes, M.; Focks, A.; Joss, A.; Räsänen, K.; Allematt, F.; Eggen, R. I. L.; Stamm, C. (2019) Agriculture versus wastewater pollution as drivers of macroinvertebrate community structure in streams, *Science of the Total Environment*, 659, 1256–1265

### Impressum

**Herausgeber:** Oekotoxzentrum

Eawag

Überlandstrasse 133

8600 Dübendorf

Schweiz

Tel. +41 58 765 5562

Fax +41 58 765 5863

[www.oekotoxzentrum.ch](http://www.oekotoxzentrum.ch)

EPFL-ENAC-IIE-GE

Station 2

1015 Lausanne

Schweiz

Tel. +41 21 693 6258

Fax +41 21 693 8035

[www.centrecotox.ch](http://www.centrecotox.ch)

**Redaktion und nicht gezeichnete Texte:** Anke Schäfer, Oekotoxzentrum

**Copyright:** Nachdruck möglich nach Absprache mit der Redaktion

**Copyright der Fotos:** Oekotoxzentrum; Andri Bryner, Eawag (Titel);

Esther Michel (S. 3); Adobe Stock (S. 9, 11), Alain Herzog, EPFL (S. 10)

**Erscheinungsweise:** zweimal jährlich

**Gestaltungskonzept, Satz und Layout:** visu' AG identity, Bern

**Druck:** Mattenbach AG, Winterthur

**Gedruckt:** auf Recyclingpapier

**Abonnement und Adressänderung:** Neuabonnentinnen und Neuabonnenten willkommen, [info@oekotoxzentrum.ch](mailto:info@oekotoxzentrum.ch)