

# oekotoxzentrum news

16. Ausgabe Mai 2018

Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie | Eawag-EPFL



Forellen messen den Einfluss von Schadstoffen .....	3
Zuckmücken als PCB-Finder .....	6
Bodentiere mögens feucht .....	7
Dünnschichtchromatographie und Biotests kombiniert .....	8
Verschiedene Ansätze zur Bewertung der Wasserqualität mit Biotests .....	9
Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum .....	10
Ökotoxikologie anderswo .....	12

Titelbild: Alan Bergmann positioniert eine Dünnschichtplatte, um eine mit Biotests sichtbar gemachte Bande auszuschneiden und auf ihre chemische Struktur zu untersuchen. Mehr Informationen zum Projekt finden Sie auf Seite 8.

Foto: Anke Schäfer, Oekotoxzentrum

## Editorial

# Zwischen ToxCast und Feldmethoden



Dr. Inge Werner,  
Leiterin des Oekotoxzentrums

Die Methoden der Ökotoxikologie sind noch lange nicht vollständig. Das liegt mit daran, dass die Ökotoxikologie eine junge Wissenschaft ist und das Interesse an ihr erst in der Mitte des 20. Jahrhunderts begann. Seitdem haben der rasante Anstieg der chemischen Industrie und der Verwendung von Chemikalien in unserem täglichen Leben und die Zunahme der Weltbevölkerung den Druck auf Umweltorganismen enorm verstärkt. Viele Chemikalien gab es vor 50 Jahren noch nicht, oder sie waren gerade erst auf den Markt gekommen, wie z.B. der aktive Wirkstoff der Antibaby-Pille, Ethinylöstradiol, der eine östrogene Wirkung auf Organismen hat.

Die ersten ökotoxikologischen Testmethoden reichten meist nicht aus, um solche spezifischen, subletalen Wirkungen zu messen. Ausser der Östrogenität gibt es noch viele andere Wege, wie Chemikalien im Organismus wirken können. Was und wie müssen wir also messen, wenn wir die Wasser- oder Sedimentqualität gesamthaft bewerten wollen? – Diese Frage ist immer noch schwierig zu beantworten. Zunächst kommt es darauf

an, mit welcher Art von Verschmutzung wir in einem Gewässer rechnen. Sind es kommunale oder industrielle Abwässer, Regenwasserabfluss aus landwirtschaftlichen oder städtischen Gebieten, Mischwasser aus Regenüberlaufbecken? Die Quelle hat einen grossen Einfluss auf die Zusammensetzung der in die Umwelt eingebrachten Chemikaliengemische und ihre Wirkweisen. Je nach Verschmutzung wird eine Batterie von Biotests zusammengestellt, die die empfindlichsten Organismen und bekannte Wirkmechanismen berücksichtigt. Für einige Wirkmechanismen – wie die Östrogenität – existieren mehrere Messmethoden, für andere – wie die Neurotoxizität oder Immuntoxizität – noch fast keine, die im Umweltmonitoring eingesetzt werden können. So arbeiten wir weiter daran, solche Methoden zu entwickeln (Kombination von Dünnschichtchromatographie und Biotests, S. 8) und für die Risikobewertung einsetzbar zu machen (Triggerwerte, S. 9).

Das Wissen über Wirkmechanismen und die Verknüpfung von zellulären Effekten mit Populationseffekten schreitet dabei dank grossangelegter Forschungsprogramme in den USA und Europa schnell voran. ToxCast, ein Programm der US Environmental Protection Agency, untersucht Tausende von Chemikalien auf ihre biologische Wirkung und stellt diese Daten öffentlich zur Verfügung ([www.epa.gov/chemical-research/toxcast-dashboard](http://www.epa.gov/chemical-research/toxcast-dashboard); [https://comptox.epa.gov/dashboard/chemical\\_lists/toxcast](https://comptox.epa.gov/dashboard/chemical_lists/toxcast)). Die Datenbank für Adverse Outcome Pathways (AOP Wiki, <https://aopwiki.org/>), das Ergebnis internationaler Zusammenar-

beit koordiniert durch die OECD, sammelt Informationen zur Verknüpfung von zellulärer Effekten mit Krankheiten oder populationsrelevanten Endpunkten. Diese Ressourcen werden zukünftig für die Human- und Ökotoxikologie ungeheuer wertvoll sein.

Trotz allem Fortschritt in unserem Verständnis der Wirkung einzelner Chemikalien, kommen Monitoringmethoden, die direkt im Feld eingesetzt werden, der Realität viel näher als Labormethoden: Sie berücksichtigen die Variabilität der Belastung und weitere Stressoren. Es gibt bisher wenige solche Feldmethoden, daher bemühen wir uns am Oekotoxzentrum, diese (weiter) zu entwickeln (Biomarker in Forellen, S. 3, Zuckmückenlarven, S. 6 und Köderstreifen-test, S. 7). Dank solcher Methoden und des verbesserten Wissens über die Verknüpfung von Zell- und Populationseffekten hoffen wir, in Zukunft einen Methodenkatalog zur Verfügung zu haben, der kostengünstig, schnell durchführbar und gut interpretierbar ist.

Mit freundlichen Grüssen



# Forellen messen den Einfluss von Schadstoffen

**Chemikalien in Gewässern haben Effekte auf dort lebende Organismen. Die Aktivierung von Biomarkergenen in Forellen ist ein gutes Mass für solche Effekte unter Freilandbedingungen und kann zur Beurteilung der Gewässerqualität eingesetzt werden.**

Gewässerorganismen sind zahlreichen Schadstoffen ausgesetzt, die ihre Gesundheit und schliesslich das Funktionieren der Gewässer bedrohen. Um die Gewässerqualität zu bewerten, werden bisher meist Wasserproben genommen und chemisch analysiert, manchmal auch mit Biotests im Labor untersucht. Dieses Vorgehen ist aber oft unzureichend: Die chemischen Analysen können nicht alle Schadstoffe und deren Wirkung erfassen. Auch Labor-Biotests sind in ihrer Aussagekraft beschränkt, da die Vielfalt von Schadstoffen, Arten und möglichen Effekten die Bewertung sehr anspruchsvoll macht. Für beide Ansätze gilt, dass auch Zeitpunkt und Dauer der Probenahme einen starken Einfluss auf die Ergebnisse haben. Das, weil sich die Schadstoffkonzentration mit der Zeit ändert. Solche Änderungen und Wechselwirkungen mit anderen Stressoren wie Temperaturstress oder Nahrungsmangel, die im Freiland häufig vorkommen, können im Labor nicht simuliert werden.

Daher stellt die Untersuchung von Schadstoffwirkungen mit Hilfe von Biomarkern in freilebenden Organismen einen äusserst realitätsnahen Ansatz für das Umweltmonitoring dar. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Analyse der Genexpression von ausgewählten Biomarkergenen effektiv zur Bewertung der Wasserqualität verwendet werden kann: Biomarkergene sind solche Gene, die in den Zellen Schutzmechanismen gegenüber Umweltstress regulieren. Die Aktivierung dieser Gene steht am Anfang der komplizierten Wirkungskette und kann auf viele Organismen übertragen werden. Eine solche Stressantwort führt zwar nicht unbedingt zum Tod der Organismen, schädigt sie jedoch langfristig und verringert ihre Belastbarkeit durch andere Einflüsse. Gemessen wird die Genaktivierung über die Bildung von Boten-RNA (mRNA), die den ersten Schritt auf dem Weg vom Gen zum Protein darstellt.

## Ausgewählte Biomarker in Bachforellen

Bis jetzt wurde diese Methode hauptsächlich im Labor eingesetzt. Es gibt nur wenige Untersuchungen, die Tiere in ihrem natürlichen Lebensraum mit Hilfe von Biomarkergenen beurteilen. Das wollte das Oekotoxzentrum ändern: In einer grossen Studie hat es zusammen mit der Eawag den Einfluss von gereinigtem Abwässern auf Bachforellen untersucht. Die Wissenschaftler analysierten die Regulation von Biomarkergenen in Fischen, welche

flussaufwärts und flussabwärts von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) gefangen wurden. Ausserdem wollten sie wissen, ob sich durch diese Methode Verbesserungen der Wasserqualität nach einem ARA-Ausbau oder einer Umleitung des Abwassers nachweisen lassen. Das Bundesamt für Umwelt unterstützte das Projekt finanziell.

Zunächst wählte Stephan Fischer von der Abteilung Umwelttoxikologie der Eawag 20 verschiedene Fischgene aus, die bei Umweltstress aktiviert werden und sich in früheren Projekten bewährt hatten (siehe Tabelle). Einige der Gene sind für die allgemeine Stressantwort verantwortlich, andere für den Abbau von Schadstoffen, die Abwehr von Krankheitserregern oder die Reaktion auf Umwelthormone oder Schwermetallstress. Als Testorganismus entschied sich Stephan Fischer für die Bachforelle, die in der Schweiz weitverbreitet ist. Er untersuchte vier verschiedene Standorte mit einem unterschiedlichen Belastungsprofil: die Steinach (St. Gallen), die Glatt in Herisau (Appenzell-Ausserrhodon), den Ellikerbach in Ellikon an der Thur (Zürich) und die Eulach in Elgg (Zürich).

## Konventionell gereinigtes Abwasser verschlechtert Wasserqualität

An allen Standorten fingen Stephan Fischer und seine Kollegen jeweils 12 bis 14 junge Bachforellen. Anschliessend entnahmen sie ihnen Leber und Niere und analysierten die Aktivierung der gewählten Stressgene über die Menge der gebildeten mRNA. An der **Steinach** hing die allgemeine Stressantwort deutlich vom untersuchten Standort ab: Fast alle Stressgene wurden unterhalb der ARA stärker aktiviert als oberhalb. Gute Beispiele dafür sind das Hitzeschockprotein HSP70, das Fremdstofftransport-Protein ABCB1 und der Tumorsuppressor p53. Auch Enzyme aus dem Schadstoffmetabolismus wie die Monooxygenase Cyp3a und die Glutathion-Transferase GST wurden unterhalb der ARA verstärkt exprimiert, genauso Gene für die Regulation der Immunabwehr. Alle 5 Metallstress-Gene wurden unterhalb der ARA verstärkt abgelesen. Die Regulation des Östrogenrezeptors und des Eidotterproteins Vitellogenin, das bei juvenilen und männlichen Fischen eine verstärkte Belastung hormonaktiver Substanzen anzeigt, waren ebenfalls erhöht.



Die Resultate zeigen deutlich, dass das gewählte Biomarker-Genset in der Bachforelle – keinem klassischen Modellorganismus – in der Lage ist, eine verschlechterte Gewässerqualität nachzuweisen, die durch die Einleitung des Abwassers verursacht wird. Teils konnte mit Hilfe der Biomarker auf die verantwortlichen Stoffgruppen wie Metalle oder hormonähnliche Stoffe geschlossen werden. Eawag-Wissenschaftler, die die Wasserproben chemisch analysierten, bestätigten dieses Ergebnis: Die Konzentration von 57 Mikroverunreinigungen, darunter viele Arzneimittel, Pestizide und 9 Schwermetalle, war unterhalb der ARA im Vergleich zu oberhalb 10- bis 100-mal höher.

Kurz nach der Untersuchung wurde die Abwassereinleitung in die Steinach gestoppt und das gereinigte Abwasser direkt in den Bodensee eingeleitet. Stephan Fischer und Kollegen analysierten ein Jahr später erneut die Genexpression in jungen Bachforellen und stellten eine positive Auswirkung auf die Wasserqualität fest. «Die erhöhte Expression der Stressproteine unterhalb und der ARA war verschwunden. Die Gene wurden jetzt im gleichen Mass exprimiert wie am Standort oberhalb der ARA», freut sich Stephan Fischer. Die chemische Analyse bestätigte, dass die Konzentrationen von Mikroverunreinigungen und Metallen unterhalb der ARA deutlich zurückgegangen waren.

#### Deutliche Effekte an allen Standorten

In **Herisau** erhielten die Wissenschaftler ein vergleichbares Bild wie in der Steinach: Die meisten Gene für die allgemeine Stressantwort, Tumorsuppression, Biotransformation, Metallstress und hormonaktive Effekte wurden unterhalb der ARA stärker exprimiert als oberhalb. Chemische Analysen bestätigten eine signifikant höhere Konzentration von Mangan, Eisen, Nickel Zink und Kobalt unterhalb der ARA als oberhalb. Die Analyse der organischen Mikroverunreinigungen zeigte ebenfalls, dass ein Grossteil der gemessenen Substanzen unterhalb der ARA stark erhöht war.

Kurz nach der ersten Untersuchung wurde die ARA Herisau durch eine zusätzliche Reinigungsstufe mit partikulärer Aktivkohle (PAK) ausgebaut. Aktivkohle bindet organische Stoffe und Schwermetalle und sollte daher die Wasserqualität verbessern. Ein Jahr nach dem Ausbau wurde die Genexpression ein zweites Mal bestimmt. «Wir fanden, dass der Ausbau der ARA einen positiven Einfluss auf die Wasserqualität hatte. Die subletalen Effekte in den Fischen waren fast völlig verschwunden», sagt Stephan Fischer. Die chemische Analyse bestätigte dieses Ergebnis: Die Konzentration der organischen Mikroverunreinigungen und der Schwermetalle unterhalb der ARA lag nach dem ARA Ausbau deutlich tiefer als zuvor.

Bei den anderen untersuchten Standorten, **Ellikon und Elgg**, zeigte sich dasselbe Bild wie in Steinach und Herisau: Die Genexpression der Stressmarker in den Bachforellen lag unterhalb der ARA auf einem deutlich höheren Niveau als oberhalb der ARA. Auch in Ellikon und Elgg war die Konzentration der organischen Mikroverunreinigungen und Schwermetalle unterhalb der ARA höher als oberhalb.

#### Fischzellen als Alternative?

Die Wissenschaftler sind sehr zufrieden damit, wie sich die Biomarkermethode in Feldversuchen bewährt hat. «Wir versuchen allerdings, so wenig Tierversuche einzusetzen wie irgend möglich», erklärt Stephan Fischer. Was also, wenn es möglich wäre, die Biomarker in Fischzellkulturen statt in ganzen Fischen zu untersuchen? Fischzellen sind eine tierfreie, schnelle und weniger aufwändige Alternative für die Methode mit Fischen. Für eine erste Untersuchung benutzte Stephan Fischer Kiemen- und Leberzellkulturen der Regenbogenforelle. «Die Kiemenzellen von Fischen werden schon als Alternativmethode für die Vorhersage der akuten Fischtoxizität im Eawag-Spin-off aQatox-Solutions GmbH eingesetzt – die Methode wurde zudem bei der ISO (International Organization for Standardization) zur Evaluierung eingereicht. Die Leberzellen können ausserdem Schadstoffe transformieren», erklärt Stephan Fischer. Die Wissenschaftler exponierten die Fischzellen im Labor für maximal 24h gegenüber Wasserproben. Diese stammten aus der Steinach oberhalb und unterhalb der ARA, bevor das ARA-Abwasser in den Bodensee umgeleitet wurde. Fast alle Biomarker aus den ganzen Fischen waren auch in den Kiemen- und Leberzellen messbar. Die ersten Ergebnisse der Zellkulturen waren mit den Ergebnissen der ganzen Fische vergleichbar: So wurden die Stressgene in den Zellen, die mit Wasserproben von unterhalb der ARA exponiert wurden, stärker exprimiert als in Zellen, die mit Wasserproben von oberhalb der ARA exponiert wurden. Es braucht aber noch weitere Studien, bis der Test mit Zelllinien routinemässig eingesetzt werden kann. Ein entscheidender Faktor war zum Beispiel die Frische der Wasserproben: Deren längere Lagerung bei  $-20^{\circ}\text{C}$  hatte einen deutlichen Einfluss auf die Ergebnisse der Genexpressionsanalyse.

«Die Genexpressionsanalyse von Biomarkern in Bachforellen ist eine sehr gute Methode, um die Effekte von aufgereinigtem Abwasser in freilebenden Fischen nachzuweisen», sagt Inge Werner. «Unterhalb der ARA haben wir bei den Fischen immer eine erhöhte Stressantwort gesehen. Der wesentliche Vorteil dieser Methode ist, dass sie sich leicht auf andere Arten anpassen lässt und die Bedingungen im Freiland widerspiegelt, was mit Labormethoden nicht möglich ist». Auch konnten die Wissenschaftler durch die Genexpression die Wirkung spezifischer Gruppen von



Chemikalien wie Schwermetalle und hormonaktive Substanzen nachweisen. So wird es möglich, die Gewässerqualität anhand biologischer Indikatoren realitätsnah zu bewerten und zu überwachen. Der Nachteil ist, dass Tiere für die Probenahme getötet werden müssen. Weitere Untersuchungen können zeigen, ob Proben aus Schleim, Schuppen oder Flossen, für die die Tiere nicht getötet werden müssen, ähnlich gute Ergebnisse liefern können. Durch ihre geringe Komplexität könnte die *in vitro* Methode mit Fischzelllinien gut als Früherkennungsmethode eingesetzt werden. «Die Übertragung des Tests auf Zelllinien ist eine tierfreie, schnellere und weniger aufwändige Alternative. Wir wollen diesen Ansatz weiterhin optimieren», sagt Stephan Fischer.

Mehr Informationen im Bericht:

Fischer, S., Fischer, M., Schirmer, K., Werner, I. (2017) Wirkungsorientierte Gewässerüberwachung: Biomonitoring mit Forellen  
[www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte/](http://www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte/)

Kontakt:

Inge Werner, [inge.werner@oekotoxzentrum.ch](mailto:inge.werner@oekotoxzentrum.ch);  
 Stephan Fischer, [stephan.fischer@aquatox-solutions.ch](mailto:stephan.fischer@aquatox-solutions.ch)

## Übersicht der ausgewählten Biomarkergene für die Bachforelle

Zelluläre Funktion	Markergene	Spezifische Funktion
Allgemeine Stressantwort	Hitzeschockprotein 70 (HSP70)	Hitzestress
	ABCB1 (ABC-Transporter B1)	Xenobiotika-Transport
	PXR (Pregnan-X-Rezeptor)	Kernrezeptor, Aktivierung von Entgiftungsenzymen
Zellzyklus/ Karzinogenese	p53 (Tumorsuppressor p53)	Apoptose-Regulierung, DNA-Reparatur, Zellzyklusregulierung
	C-myc (Protoonkogen)	Krebsmarker, Apoptose-Marker
	C-fos (Protoonkogen)	Krebsmarker, Apoptose-Marker
Biotransformation	CYP1A (Cytochrom P450 1A)	Schadstoffmetabolismus
	CYP3A (Cytochrom P450 3A)	Schadstoffmetabolismus
	GST (Glutathion-S-Transferase)	Schadstoffmetabolismus
Immunregulation/ Pathogenabwehr	TNF $\alpha$ (Tumornekrosefaktor-alpha)	Regulierung von Immunzellen, Apoptose, Zellproliferation
	Socs3	Zytokin-Rezeptor
	IL-1beta (Interleukin-1beta)	Zytokin: Entzündungsmediator
Endokrine Wirkung	VTG (Vitellogenin)	Eidotter-Vorläuferprotein
	ER $\alpha$ (Estrogenrezeptoren alpha)	Steroidrezeptor
Metall und oxidativer Stress	MTa (Metallothionin A)	Bindung von Schwermetallen
	MTb (Metallothionein B)	Bindung von Schwermetallen
	Hmox (Hämoxxygenase)	sensitiv gegenüber oxidativen Stress, Hypoxie und Schwermetallen
	Abcc2 (ABC-Transporter C2, MRP2)	Transport von Metall-Glutathion-Komplexen
	Nrf2	Regulation von antioxidativen Signalwegen
Metabolismus	PEPCK (Phosphoenolpyruvat-Carboxykinase)	wichtigste Enzym der Gluconeogenese
Referenzgene	18s; EF1alpha	nicht-regulierte und konstitutiv exprimierte Gene



## Zuckmücken als PCB-Finder

**Zuckmückenlarven wurden verwendet, um die Sanierung einer PCB-Altlast zu begleiten, und zwar sowohl im Feld unter Freilandbedingungen als auch im Labor unter kontrollierten Bedingungen. Die Wasserqualität verbesserte sich wesentlich, doch ein Teil der Belastung blieb.**

Der Lac de Bourget in Savoie ist nicht nur der grösste See Frankreichs, sondern auch einer der Seen Europas, die am stärksten mit polychlorierten Biphenylen (PCB) belastet sind. Ursache dafür ist eine historische Belastung im Zufluss Tillet durch eine Fabrik, die elektrische Transformatoren herstellte. 2008 verboten die lokalen Behörden den Verzehr der im See gefangenen Fische. Diese enthielten nämlich im Muskelgewebe PCB-Konzentrationen, die 10-mal höher waren als in der EU erlaubt. Im Rahmen einer Sanierung wurde das Bett der Tillet 2013/2014 ausgebaggert und teilweise umgeleitet, so dass heute deutlich weniger PCB in den Lac de Bourget gelangen. Ein grosses Forschungsprojekt unter Leitung der Université de Savoie Mont-Blanc wollte verfolgen, wie schnell die Konzentration im Seesediment und den Fischen wieder auf normale Werte zurückgeht – auch das Oekotoxzentrum war beteiligt. PCB konzentrieren sich in Schwebstoffen und Sedimenten und können so Sedimentlebende Organismen beeinträchtigen. Diese erfüllen im See so wichtige ökologische Funktionen wie den Abbau und die Rezyklierung von Nährstoffen und sind eine wichtige Nahrungsgrundlage für Fische, an die sie PCB weitergeben. Besonders geeignet, um die Sedimentqualität zu bewerten, sind Zuckmücken: Diese Insekten verbringen den grössten Teil ihres Lebens als Larven im Wasser im direkten Kontakt mit Sedimenten und Schwebstoffen.

### Zuckmückenlarven im Feld exponiert

Die Wissenschaftler arbeiteten mit zwei verschiedenen Versuchsansätzen: im Feld und im Labor. Im Feldansatz setzten sie Zuck-

mückenlarven in Käfigen im Lac de Bourget 5 bis 7 Tage aus, sowohl direkt auf den Sedimenten als auch in der Wassersäule, wo sie nur den Schwebstoffen ausgesetzt waren, und bestimmten anschliessend den PCB-Gehalt der Tiere. Vor der Sanierung reicherten die Organismen im Mündungsbereich der Tillet die PCB im Vergleich zu Kontrolltieren 1000-fach an. Die PCB-Konzentration in Tieren an einem anderen Standort, der nicht durch die Tillet beeinflusst wurde, war 500-mal niedriger. Die Sedimente dort waren also im Vergleich zum Mündungsbereich nur schwach mit PCB belastet. Die Tiere in Käfigen, die nur Schwebstoffe enthielten, reicherten fast genauso viel PCB an wie Tiere in Käfigen, die Schwebstoffe und Sedimente erhielten. Es scheint also, dass die Zuckmücken PCB hauptsächlich über Schwebstoffe aufnehmen, die durch den Fluss in den Lac de Bourget transportiert werden. Nach der Sanierung reicherten die Zuckmücken im Mündungsbereich 200-mal weniger PCB an als vor der Sanierung, aber immer noch mehr als am Kontrollstandort.

### Spezielle Sammelfallen für Schwebstoffe

In einem zweiten Versuchsansatz wurden Zuckmückenlarven im Labor unter kontrollierten Bedingungen gegenüber gesammelten Schwebstoffen aus dem Lac de Bourget exponiert. Um Schwebstoffe über einen Zeitraum von mehreren Monaten zu sammeln, entwickelten die Wissenschaftler spezielle Fallen. So könnten Belastungen über einen längeren Zeitraum als in den Feldversuchen erfasst werden. «Wir haben Schwebstoffe gesammelt, Sediment entnommen

und anschliessend im Labor chemisch auf PCB analysiert», erklärt Benoît Ferrari vom Oekotoxzentrum. Das System wurde nach der Sanierung der Tillet getestet. Die PCB-Konzentrationen im Mündungsbereich der Tillet war auch nach der Sanierung noch erhöht. Zuckmücken wurden nun im Labor 7 Tage lang gegenüber den gesammelten Schwebstoffen ausgesetzt. Die PCB-Konzentration in diesen Zuckmücken war zwar gegenüber dem Referenz-Standort immer noch 2–6-fach erhöht, aber deutlich geringer als in den Feldversuchen vor der Sanierung. Es ist also zu einer Verbesserung der Wasserqualität gekommen. Die gemessenen Konzentrationen in den Larven, die direkt gegenüber dem Sediment ausgesetzt wurden, zeigen aber auch, dass die Belastung mit PCB für die Zuckmücken immer noch vorhanden und bioverfügbar ist. Die Tiere sind also weiterhin eine PCB-belastete Nahrungsquelle für Fische.

### Mehr Informationen im Bericht:

Ferrari, B.J.D., Cottin, N., Casado-Martinez, C., Naffrechoux, E., 2017. Développement de systèmes in situ et ex-situ d'exposition aux matières en suspension et aux sédiments contaminés aux PCB utilisant la larve de *Chironomus riparius*. [www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte/](http://www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte/)

### Kontakt:

Benoît Ferrari, [benoit.ferrari@centrecotox.ch](mailto:benoit.ferrari@centrecotox.ch);  
Emmanuel Naffrechoux,  
[emmanuel.naffrechoux@univ-smb.fr](mailto:emmanuel.naffrechoux@univ-smb.fr)



## Bodentiere mögens feucht

**Der Köderstreifentest ist eine nützliche Methode, um die Bodenqualität im Feld zu bestimmen. Das Oekotoxzentrum hat den Einfluss der Bodenfeuchte auf das Testergebnis genauer untersucht: Dies erleichtert die Interpretation der Ergebnisse und bringt den Test einen Schritt näher zur Routineanwendung**

Der Köderstreifentest ist ein einfacher funktioneller Test, der die Bodenqualität über die biologische Frassaktivität von Bodenorganismen misst. Dabei wird der Appetit von Wirbellosen wie Regenwürmern, Enchyträen (Bodenwürmern), Springschwänzen und Milben gemeinsam beurteilt. Für den Test werden perforierte Kunststoffstreifen mit einer organischen Ködersubstanz gefüllt, in den Boden gesteckt und der Anteil des verzehrten Materials nach einer gewissen Zeit gemessen. Der Test kann direkt im Feld angewendet werden, um die Wirkung von Schadstoffen zu beurteilen oder die biologische Bodenqualität langfristig zu überwachen. Störungen wie eine chemische Belastung oder eine Verdichtung des Bodens können die Frassaktivität von Bodenorganismen vermindern. Aber auch andere Faktoren wie die Bodenfeuchte beeinflussen die Frassaktivität und erschweren die Interpretation der Ergebnisse. Bis jetzt gibt es allerdings nur wenige Daten dazu.

### Labortest unter kontrollierten Bedingungen

Um die Interpretation des Tests zu verbessern und ihn für Anwender nützlicher zu machen, hat das Oekotoxzentrum systematisch die Beziehung zwischen der Bodenfeuchte und der Frassrate von Springschwänzen, Regenwürmern und Enchyträen untersucht, alles typische Bodentiere. «Um die verschiedenen Arten einzeln beurteilen und die Bedingungen gut kontrollieren zu können, haben wir die Untersuchungen mit einem Standardboden im Labor durchgeführt», erklärt Gilda Dell’Ambrogio. «Die Anzahl der Tiere haben wir auf der Grundlage von Literaturdaten zur Dichte der Arten in ungestörten Ackerböden gewählt.» Die Springschwänze zeigten in Vorversuchen nur sehr wenig Appetit auf die Köderstreifen. Daher verwendeten die Wissenschaftler nur die Regenwürmer und Enchyträen in weiterführenden Versuchen.

### Bodenfeuchte fördert Appetit von Wirbellosen

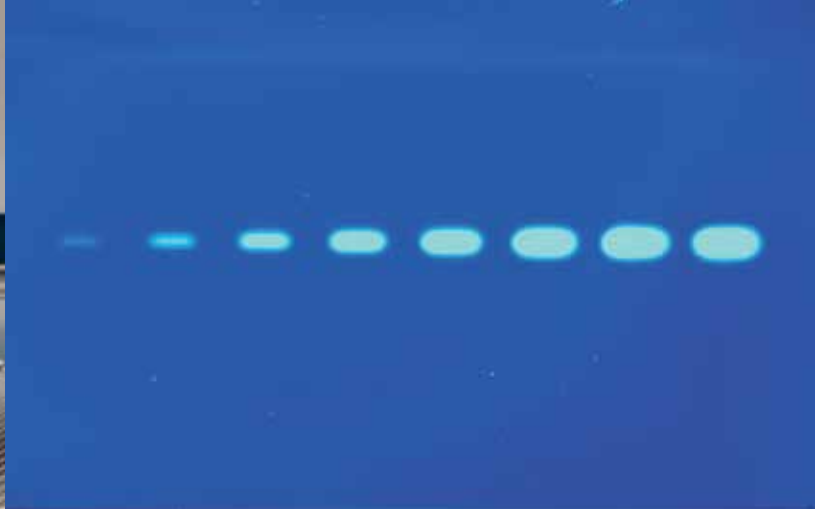
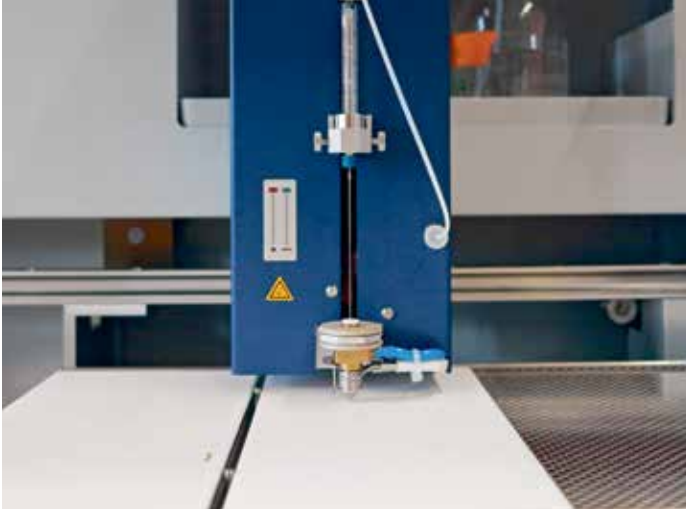
Die Tiere wurden in sandigem Lehmboden mit einem volumetrischen Wassergehalt zwischen 7 und 47% gegeben und mit den Köderstreifen 2 bis 15 Tage inkubiert. Gefässe ohne Bodenorganismen dienten als Kontrolle. Beide Tierarten frassen mit zunehmender Feuchtigkeit mehr Substrat. Ihre Frassaktivität stieg bis zum Erreichen eines Optimums an: Dieses lag bei den Regenwürmern bei 23% des volumetrischen Wassergehalts des Modellbo-

dens und bei den Enchyträen bei 31%. Die Regenwürmer frassen den Köder jeweils schneller als die Enchyträen. Die Zunahme der Frassaktivität mit der Bodenfeuchte bis zum Optimum konnten die Wissenschaftler gut mit einer linearen Regression beschreiben. Sie wies für beide Organismen eine ähnliche Steigung auf. Die optimale Bodenfeuchte lag im Bereich der Feldkapazität eines typischen Feldbodens. Bei noch höherem Feuchtegehalt frassen die Tiere weniger. Dabei reagierten die Enchyträen empfindlicher auf sehr nasse Böden.

Das Oekotoxzentrum hat den Köderstreifentest in der Vergangenheit erfolgreich in Schiessanlagen, Weinbergen und Äckern eingesetzt. Neben dem Einsatz im Feld – der wichtigsten Anwendung der Methode – ist der Köderstreifentest auch eine einfache und effiziente Methode, um die Frassaktivität von Bodenorganismen im Labor zu testen. Mit den erhaltenen Daten konnten die Wissenschaftler ein erstes Modell erarbeiten, das den Einfluss der Bodenfeuchte auf die Frassaktivität beschreibt. Die Verwendung eines solchen Modells kann die Interpretation des Köderstreifentests bei unterschiedlichen Bodenfeuchten im Feld verbessern. «Als nächstes wollen wir den Einfluss der Bodenfeuchte für verschiedene Bodenarten untersuchen», erläutert Gilda Dell’Ambrogio. «Die Bodeneigenschaften beeinflussen nämlich sowohl die Artzusammensetzung und die Anzahl der Bodenorganismen als auch die Bodenfeuchte.»

### Kontakt:

Gilda Dell’Ambrogio, [gilda.dellambrogio@centreecotox.ch](mailto:gilda.dellambrogio@centreecotox.ch);  
Janine Wong, [janine.wong@centreecotox.ch](mailto:janine.wong@centreecotox.ch)



# Dünnschichtchromatographie und Biotests kombiniert

**Die Kombination von chemischer Analytik und Biotests macht es möglich, toxische Stoffe in komplexen Mischungen zu identifizieren. Der Einsatz der Dünnschichtchromatographie beschleunigt die Analyse und erlaubt einen grösseren Probendurchsatz.**

In unserer Umwelt kommen meist komplexe Gemische an Verunreinigungen vor, denen mit einer chemischen Einzelstoffanalyse schwierig beizukommen ist. Zum einen enthalten die Mischungen unbekannte Stoffe, die ohne grossen Aufwand nicht erfasst und identifiziert werden können. Zum anderen ist nicht klar, welche Stoffe überhaupt toxisch sind. Ein vielversprechender und effizienter Ansatz ist es, Hochleistungs-Dünnschichtchromatographie (HPTLC) mit Biotests und hochauflösender Massenspektrometrie zu koppeln: Das Oekotoxzentrum optimiert diese Methode zusammen mit der Eawag und der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, an der die Methode seit 2009 entwickelt wird. Finanziert wird das Projekt vom Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV.

## Problemfall komplexe unbekannte Mischungen

«Bis jetzt gibt es nur wenige praxistaugliche Methoden, um in komplexen Umwelt- und Lebensmittelproben toxische Stoffe zu identifizieren», sagt Projektleiter Alan Bergmann vom Oekotoxzentrum. «Gerade Lebensmittelverpackungen enthalten viele unbekannte Stoffe, die in die Lebensmittel und die Umwelt abgegeben werden können». Im vor kurzem gestarteten Projekt soll die Stoffzusammensetzung realer Proben wie Verpackungsmaterial, Trinkwasser und Gewässerproben charakterisiert werden. Als wichtige toxische Wirkung wurde zum einen die Östrogenität von Stoffen ausgewählt, die in Kunststoffen in Lebensmittelverpackungen und in Gewässern vorkommen. Die Stoffe werden für weitreichende Effekte in Tier und Mensch wie Populationseinbrüche und Fruchtbarkeitsprobleme verantwortlich gemacht. Als weitere wichtige toxische Wirkung für Mensch und Tier wird die Gentoxizität untersucht werden.

## Comeback der Dünnschichtchromatographie

Dünnschichtchromatographie erlebt derzeit ein Comeback, da die Entwicklung von HPTLC die Auflösung und Reproduzierbarkeit dieser einfachen Methode verbessert hat. Die Proben werden zunächst auf eine Dünnschichtplatte aufgebracht und die Einzelstoffe mit Hilfe von HPTLC gemäss ihrer Masse und Polarität aufgetrennt. «Komplexe Proben werden durch diesen Schritt so aufgereinigt, dass keine weitere Probenaufbereitung notwendig

ist», erklärt Alan Bergmann. Als Biotest zum Nachweis östrogenaktiver Stoffe wurde der Hefezell-Östrogentest (YES) für den Einsatz auf Dünnschichtplatten adaptiert: In genetisch veränderten Hefezellen ist das Gen für den menschlichen Östrogenrezeptor mit einem Reporter gen gekoppelt. Bindet eine östrogenaktive Substanz an den Östrogenrezeptor, so wird ein Reporter gen abgelesen und führt zur Bildung des Enzyms  $\beta$ -Galaktosidase, das hier ein nicht fluoreszierendes Substrat zu einem fluoreszierenden Stoff umsetzt. Die Dünnschichtplatten werden nach Auftrennen der Stoffe mit den Hefezellen besprüht. Nach 3 Stunden werden die Platten dann mit dem Substrat besprüht und die Fluoreszenz der Platte gemessen. Diese Messung ist quantitativ. Die bioaktiven Banden werden aus der Platte ausgelöst und die Identität der bioaktiven Stoffe mit hochauflösender Massenspektrometrie (LC-HRMS/MS) aufgeklärt.

## Vielversprechender Ausblick

«Die neue Methode erlaubt es, östrogenaktive Stoffe in nur 3 bis 4 Stunden anstatt 18 Stunden wie im traditionellen Mikrotiterplatten-YES zu messen», betont Alan Bergmann. «Auch die Nachweisgrenze scheint deutlich niedriger zu sein als bei den Mikrotiterplatten». Dadurch können nicht nur extrahierte und aufkonzentrierte Proben, sondern auch unveränderte Proben gemessen werden. «Wir haben 20 Substanzen ausgesucht, deren Verhalten im Test wir zunächst näher untersuchen wollen, darunter so heiss diskutierte Stoffe wie Bisphenol A, Nonylphenol und verschiedene Phthalate», erzählt Alan Bergmann. «Der nächste Schritt ist dann die Untersuchung von Umweltproben und von Extrakten aus Lebensmittelverpackungen wie Konservendosen». Ausserdem soll eine Kombination aus HPTLC und einem Test zur Messung der Gentoxizität etabliert werden: nämlich dem umuC-Test mit genetisch veränderten Bakterien, die eine Reparaturantwort von Zellen sichtbar machen. Hält die Methode, was sie verspricht, so könnte sie auch für Anwender in Routinelabors interessant sein.

## Kontakt:

Alan Bergmann, alanjames.bergmann@oekotoxzentrum.ch





# Verschiedene Ansätze zur Bewertung der Wasserqualität mit Biotests

**Für die regulatorische Bewertung der Wasserqualität mit Biotests sind einheitliche Ansätze notwendig. Diese können nur den EQS der Referenzsubstanz berücksichtigen oder so viele EQS einer Substanzklasse wie möglich einbeziehen.**

Für die regulatorische Wasserbewertung in der Schweiz und der EU wird meist eine gezielte chemische Analyse eingesetzt. Diese kann jedoch weder unbekannte Stoffe erfassen, noch Mischungseffekte der komplexen Umweltcocktails bewerten. Auch wenn die Einzelstoffe unterhalb der Grenzwerte vorkommen, kann die gemeinsame Wirkung vieler niedrigdosierter Chemikalien problematisch sein. Biotests dagegen erfassen den gemeinsamen biologischen Effekt aller Chemikalien mit gleichem Wirkmechanismus. Meist werden zur Untersuchung von Wasserproben *in vitro* Tests mit Einzelzellen oder Zellkulturen eingesetzt oder *in vivo* Tests mit kleinen Organismen wie Algen, Daphnien oder Fischembryos.

## Effektbasierte Triggerwerte zur Bewertung von Biotestresultaten

Um die Anwendung von Biotests zukünftig in der Regulatorik zu ermöglichen, ist es notwendig, die im Biotest gemessenen Effekte anhand von Triggerwerten zu beurteilen, d.h. zu bestimmen, wieviel Effekt akzeptabel oder inakzeptabel ist: Man spricht hier von effektbasierten Triggerwerten (EBT). Eine Möglichkeit ist es, als EBT das chronische Umweltqualitätskriterium (UQK) oder den EQS (environmental quality standard, Grenzwert der EU) für die Referenzsubstanz des Biotests zu verwenden. 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, so ist die Wasserqualität ungenügend», erklärt Etienne Vermeirssen vom Oekotoxzentrum. «Eine Gefährdung von Wasserorganismen kann dann nicht ausgeschlossen werden.» Für den Algentest wird dabei die Aktivität der Wasserprobe mit der Aktivität von Diuron als Referenz verglichen, für Biotests für östrogene Wirkung mit der von  $17\beta$ -Estradiol [1]. Es stünden jedoch für jeden Test mehrere Referenzsubstanzen zur Auswahl, die in der Bewertung zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

## Ein alternativer Ansatz

Jetzt hat eine internationale Gruppe von Wissenschaftlern rund um Beate Escher vom Umweltforschungszentrum Leipzig UFZ (D) eine alternative Methode entwickelt, um solche EBT aus EQS

abzuleiten [2]. Auch das Oekotoxzentrum war beteiligt. Bei diesem Ansatz wird versucht, sich nicht auf eine Referenzsubstanz zu konzentrieren, sondern die chronischen EQS für möglichst viele Stoffe in die Bestimmung der EBT einzubeziehen, um robustere EBT zu erhalten. Die Wissenschaftler prüften verschiedene mathematische Ansätze mit umfangreichen Datensätzen für insgesamt 48 verschiedene Biotests und insgesamt 100 Stoffe, für die EQS oder UQK verfügbar sind. Für 32 der Biotests konnten EBT-Vorschläge abgeleitet werden. Es war möglich, ein einheitliches Modell zu entwickeln. Für solche Biotests, die auf sehr viele verschiedene Stoffe in einer Wasserprobe ansprechen, muss allerdings noch ein zusätzlicher Mischungsfaktor implementiert werden, der vorläufig ist und in weiteren Forschungsarbeiten verfeinert werden wird.

«Für Stoffe mit einer spezifischen Wirkung sind wir schon weit bei der Herleitung von EBT», sagt Etienne Vermeirssen. «Für die Stoffe mit einer unspezifischen Wirkung braucht es noch einige Anpassungen.» Denkbar sei für diese zum Beispiel auch ein Schwellenwert, der von einer definierten Wirkung ausgeht, wie zum Beispiel 20% Mortalität im Daphnientest. Die vorgeschlagenen Methoden zur einheitlichen Ableitung von EBT sind ein wichtiger Schritt, um die Praxistauglichkeit von Biotests zur Bewertung der Wasserqualität zu verbessern. Die endgültige Implementierung in der Routineanwendung steht für beide Ansätze jedoch noch aus.

## Mehr Informationen:

[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] Escher, B. et al. (2018) Effect-based trigger values for *in vitro* and *in vivo* bioassays performed on surface water extracts supporting the environmental quality standards (EQS) of the European Water Framework Directive. *Science of the Total Environment* 628–629, 748–765

## Kontakt:

Etienne Vermeirssen, [etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch](mailto:etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch);  
Beate Escher, [beate.escher@ufz.de](mailto:beate.escher@ufz.de);

# Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum



## Symposium «Umweltmonitoring mit Biotests» am 5./6. Juni 2018

Der Einsatz von Biotests zur Bewertung der Wasserqualität bringt viele Vorteile mit sich und die Akzeptanz der Tests hat sich in den letzten Jahren stark erhöht – nicht zuletzt dank der Arbeit des Oekotoxentrums. Daher lädt das Oekotoxzentrum aus Anlass seines 10-jährigen Jubiläums zu einem Symposium ein zum Thema «Umweltmonitoring mit Biotests». Der Fokus liegt auf der Verwendung und den Chancen von Biotests für das regulatorische Monitoring von Oberflächengewässern und Sedimenten in der Schweiz. Ziel der Veranstaltung ist es, Fachleute aus Umweltämtern, Privatunternehmen und Wissenschaft tiefere praxisrelevante Informationen zu geben. Am 5. Juni (9.00–17.10 Uhr) liegt der Fokus auf dem Wasser, am 6. Juni (9.00–17.10 Uhr) auf den Sedimenten. Beide Tage können auch einzeln besucht werden. Das Symposium findet in Dübendorf auf Deutsch und Französisch statt. Auch Kurzsentschlossene sind willkommen!

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



## Studenten der ZHAW am Oekotoxzentrum

Das Oekotoxzentrum hat im März 2018 23 Studenten der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften eine Einführung in die Ökotoxikologie gegeben. Die angehenden Biotechnologinnen und Biotechnologen erhielten zunächst die theoretischen Grundlagen und anschliessend praktische Einblicke in verschiedene Biotestsysteme im Labor und im Feld.



## Inge Werner im Wissenschaftlichen Beirat der Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG

Anfang 2018 wurde Inge Werner in den Wissenschaftlichen Beirat der Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG in Koblenz (D) berufen, eines wissenschaftlichen Instituts im Rang einer Bundesoberbehörde für Forschung, Begutachtung und Beratung in den Gebieten Hydrologie, Gewässernutzung, Gewässerbeschaffenheit sowie Ökologie und Gewässerschutz. Die BfG ist für Bundeswasserstraßen zuständig und hat in dieser Position eine zentrale Vermittlungs- und Integrationsfunktion. Im Bereich Gewässerschutz ist sie unter anderem für die Entwicklung von ökotoxikologischen Prüfverfahren und die Untersuchung und Bewertung von Baggergut und Baumaterialien verantwortlich.

[www.bafg.de](http://www.bafg.de)



### Mitarbeitende am Oekotoxzentrum

Wir begrüßen mit Janine Wong und Alan Bergmann zwei neue Mitarbeitende. Herzlich willkommen am Oekotoxzentrum! Sophie Campiche wünschen wir bei ihren neuen Aktivitäten viel Erfolg.

**Janine Wong** ist seit Januar 2018 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Oekotoxzentrum in Lausanne für die Bodenökotoxikologie verantwortlich. Janine hat an der Universität Tübingen (D) Biologie studiert. In ihrer Dissertation an der Universität Basel untersuchte sie den Einfluss der Umweltbedingungen und der chemischen Kommunikation auf die Brutpflege von sozialen Insekten. Anschliessend war sie als Reporterin und später Studienleiterin für ökotoxikologische Feldstudien und Bodenökotoxikologie für das Dienstleistungsunternehmen Eurofins (D) tätig.

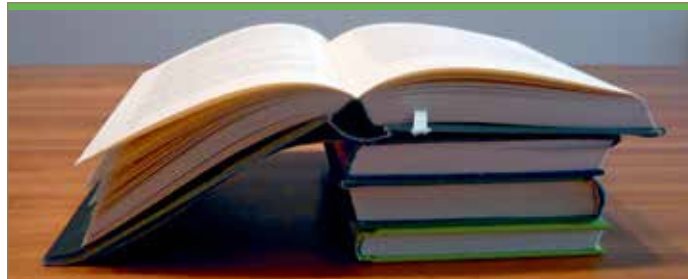
**Alan Bergmann** etabliert und optimiert als Postdoktorand seit Oktober 2017 ein neues System zur Identifizierung von toxischen Stoffen in Lebensmittelverpackungen und Umweltproben. Das System kombiniert eine Stofftrennung durch Dünnschichtchromatographie mit Biotests und Massenspektrometrie (siehe Artikel S. 8). Alan hat an der Western Washington University in Bellingham (USA) Umwelttoxikologie studiert. Seine Doktorarbeit schrieb er an der Oregon State University in Corvallis. Darin untersuchte er die Möglichkeiten von Passivsammlern und verwandten Techniken, um die Komplexität von Schadstoffmischungen aus der Umwelt zu verringern.

**Sophie Campiche** hat das Oekotoxzentrum im November 2017 verlassen und sich selbständig gemacht. Sie bietet mit ihrer Firma EnviBioSoil Beratung und Dienstleistungen in den Bereichen Bodenbiologie und Boden-Ökotoxikologie an. [www.envibiosoil.ch](http://www.envibiosoil.ch)

### Weiterbildungskurs zu Umweltqualitätskriterien

Am 5. September 2018 führt das Oekotoxzentrum in Bern einen Kurs zum Thema «Umweltqualitätskriterien/Critères de qualité environnementale» durch. Dieser Kurs soll neben dem theoretischen Hintergrund vor allem praktische Erfahrung in der Herleitung von Umweltqualitätskriterien für Wasser und Sediment vermitteln. Darüber hinaus wird die Verwendung von Umweltqualitätskriterien im Rahmen der Umweltrisikobewertung behandelt. Der Kurs findet zweisprachig auf Deutsch und Französisch statt.

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



### Neue Publikationen des Oekotoxentrums

Bertin, D., Ferrari, B.J.D., Labadie, P., Sapin, A., Da Silva Avelar, D., Beaudouin, R., Péry, A. Garric, J., Budzinski, H., Babut, M. (2018) **Refining uptake and depuration constants for fluoroalkyl chemicals in *Chironomus riparius* larvae on the basis of experimental results and modelling.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 149, 284–290

Deanovic L.A., Stillway M., Hammock B.G., Fong S., Werner I. (2018). **Tracking pyrethroid toxicity in surface water samples: Exposure dynamics and toxicity identification tools for laboratory tests with *Hyalella azteca* (Amphipoda).** *Environmental Toxicology and Chemistry* 32, 462–472

Escher, B.I. et al. (2018) **Effect-based trigger values for *in vitro* and *in vivo* bioassays performed on surface water extracts supporting the environmental quality standards (EQS) of the European Water Framework Directive.** *Science of the Total Environment*, 628–629, 748–765

Hettwer, K., et al. (2018) **Validation of *Arxula* Yeast Estrogen Screen assay for detection of estrogenic activity in water samples: Results of an international interlaboratory study.** *Science of the Total Environment* 621, 612–625

Junghans, M., Werner, I., Kuhl, R., Zimmer, E., Ashauer, R. (2018) **Beurteilung des Umweltrisikos mit zeitproportionalen Mischproben: Analyse von realen Expositionsprofilen mittels Modellierungen zur zeitabhängigen Ökotoxizität.** *Aqua & Gas* 4, 50–57

Kase, R. et al., (2018) **Screening and risk management solutions for steroidal estrogens in surface and wastewater.** *Trends in Analytical Chemistry* <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.02.013>

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

Könemann, S., Kase, R., et al. (2018) **Effect-based and chemical analytical methods to monitor estrogens under the European Water Framework Directive.** *Trends in Analytical Chemistry* 102, 225–235

Pesce, S., Perceval, O., Bonnineau, C., Casado-Martinez, C., Dabrin, A., Lyautey, E., Naffrechoux, E., Ferrari, B.J.D. (2018) **Looking at biological community level to improve ecotoxicological assessment of freshwater sediments: report on a first French-Swiss workshop.** *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 1, 970–974

Spycher, S., Mangold, S., Doppler, T., Junghans, M., Wittmer, I., Stamm, C., Singer, H. (2018) **Pesticide Risks in Small Streams – How to Get as Close as Possible to the Stress Imposed on Aquatic Organisms.** *Environ. Sci. Technol.*, DOI: 10.1021/acs.est.8b00077

Vivien R., Holzmann M., Werner I., Pawlowski J. Lafont M., Ferrari B.J.D. (2017) **Cytochrome c oxidase barcodes for aquatic oligochaete identification: development of a Swiss reference database.** *PeerJ* 5:e4122; DOI 10.7717/peerj.4122.

Werner, I., Young, T.M. (2018) **Pyrethroid Insecticides – Exposure and Impacts in the Aquatic Environment.** In: Dominick A. DellaSala, and Michael I. Goldstein (eds.) *The Encyclopedia of the Anthropocene*, vol. 5, p. 119–126. Oxford: Elsevier.

# 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.

## Seehunde nehmen Mikroplastik mit ihrer Beute auf

Mikroplastik ist im Meer weitverbreitet und kann von Zooplankton, Fischen und auch grösseren Filtrierern wie Walen unbeabsichtigt aufgenommen werden. Jetzt haben englische Wissenschaftler zum ersten Mal gezeigt, dass Mikroplastikpartikel von Fischen auf marine Raubtiere an der Spitze der Nahrungskette übertragen werden können: In diesem Fall waren das wildgefangene atlantische Makrelen, die die Partikel in ihrem Verdauungstrakt an Kegelrobben weitergaben, denen sie als Nahrung dienten. Dieser Transfer entlang der Nahrungskette ist ein potentiell wichtiger Pfad zur Mikroplastikaufnahme für alle Arten, die ganze Beutetiere verzehren.

Nelms, S.E., Galloway, T.S., Godley, B.J., Jarvis, D.S., Lindeque, P.K. (2018) Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution* DOI:10.1016/j.envpol.2018.02.016

## Risiken von Neonikotinoiden bestätigt

Die weltweit verbreitetsten Pestizide stellen eine ernsthafte Bedrohung für Honigbienen und Wildbienen dar, wie eine neue Studie der European Food Safety Authority (EFSA) feststellt. Die Risikobewerter der EU analysierten mehr als 1500 wissenschaftliche Studien zu den drei am häufigsten eingesetzten Neonikotinoiden Clothianidin, Imidacloprid und Thiamethoxan, deren Verwendung in der EU zurzeit eingeschränkt ist. Sie kamen zu dem Schluss, dass es für alle Feldanwendungen der Stoffe mindestens einen Aspekt gibt, der ein hohes Risiko mit sich bringt. Diese Schlussfolgerung hat zur Entscheidung der EU geführt, die Anwendung der drei Neonikotinoide auf den Feldern zukünftig generell zu verbieten.

<https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/180228>

## Vorhersage von Mischungstoxizität

Chemikalien liegen in der Umwelt meist als Mischungen vor. Dies macht es schwierig, die Toxizität von Umweltproben auf der Basis von Einzelstoffen vorauszusagen. Um die Situation zu verbessern, untersuchte ein internationales Team in einem umfangreichen Ringtest, welche Wirkung 12 verschiedene Schadstoffe einzeln und in unterschiedlichen Mischungen in 19 verschiedenen Biotests hatten. Die Ergebnisse in den meisten Biotests konnten mit Hilfe eines mathematischen Modells für Mischungstoxizität vorhergesagt werden, das eine Konzentrations-Additivität der vorhandenen bioaktiven Stoffe annimmt. Fast alle Biotests waren in der Lage,

die vorhergesagte Wirkung der spezifischen Substanzen gegen einen komplexen Hintergrund von anderen Chemikalien zu messen. Die Resultate unterstützen die Anwendung einer Kombination von chemischen und bioanalytischen Monitoringmethoden, um den gesamten Effekt einer Wasserprobe zu bestimmen.

Altenburger, R. et al (2018) Mixture effects in samples of multiple contaminants – An inter-laboratory study with manifold bioassays. *Environment International* 114, 95–106.

## Verzögerte Toxizität von Pflanzenschutzmitteln auf Insekten

Die Belastung von Insektenlarven mit Pestiziden kann langfristige Auswirkungen haben und auch das Überleben der erwachsenen Tiere stark beeinflussen, wie eine belgische Studie zeigt. Wasserlebende Larven von Kleinlibellen wurden gegenüber dem Pflanzenschutzmittel Esfenvalerat ausgesetzt. Dies beeinträchtigte nicht nur die Entwicklung der Larven, sondern verringerte auch den Paarungserfolg der erwachsenen Libellen stark. Die Exposition während des Larvenstadiums beeinträchtigte die Populationsgrösse der erwachsenen Tiere dreimal stärker als die der Larven. Solche verzögerten Effekte über die Metamorphose hinaus können von den Biotests, die momentan in der Risikobewertung berücksichtigt werden, nicht erfasst werden.

Tüzün, N., Stoks, R., (2017) Carry-Over Effects Across Metamorphosis of a Pesticide on Female Lifetime Fitness Strongly Depend on Egg Hatching Phenology: A Longitudinal Study under Seminatral Conditions. *Environmental Science & Technology* 51, 13949–13956

## Viel weniger Vögel auf dem Land in Frankreich

Die Zahl der Vögel in landwirtschaftlichen Gebieten in Frankreich hat in den letzten 15 Jahren stark abgenommen. Im Durchschnitt sind die Populationen von Arten, die sich auf diesen Lebensraum spezialisiert haben wie die Feldlerche, um ein Drittel zurückgegangen. Manche Arten wie das Rebhuhn wurden fast ganz ausgelöscht. Zu diesem Ergebnis kommen zwei grossangelegte Untersuchungen des Muséum national d'Histoire naturelle und des CNRS. Als Hauptursache sehen die Autoren den starken Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und den dadurch verursachten Insektenrückgang.

<http://www2.cnrs.fr/presse/communiqu/5501.htm>

### Impressum

**Herausgeber:** Oekotoxzentrum

Eawag/EPFL

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; Stephan Fischer (S. 3–5)

**Erscheinungsweise:** zweimal jährlich

**Gestaltungskonzept, Satz und Layout:** visu'1 AG, Bern

**Druck:** Mattenbach AG, Winterthur

**Gedruckt:** auf Recyclingpapier

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