

# oekotoxzentrum news

2. Ausgabe Mai 2011

Schweizerisches Zentrum für angewandte Oekotoxikologie | Eawag-EPFL



Mischungstoxizität – was kann die Forschung und was braucht die Praxis? ____	3
Biotests kontrollieren Entfernung von Mikroverunreinigungen _____	6
Beurteilungskonzept für Mikroverunreinigungen _____	8
Hormonaktive Stoffe in abgepacktem Mineralwasser? _____	10
Köderstreifentest als Unterstützung für den Bodenschutz _____	11
Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum _____	12
Ökotoxikologie anderswo _____	14

## Editorial

# Biotests im Zentrum



Dr. Inge Werner,  
Leiterin des Oekotoxzentrums

Im Namen unseres Teams begrüsse ich Sie herzlich zur zweiten Ausgabe der Oekotoxzentrum News. Zunächst möchte ich mich bei Prof. Rik Eggen bedanken, der im vergangenen Jahr das Oekotoxzentrum als Interimsleiter tatkräftig unterstützt hat. Es ist ihm während dieser Zeit gelungen, die Kapazitäten des Zentrums auszubauen und den Bedürfnissen der Praxis anzupassen, und ich habe im September 2010 ein hochengagiertes, kompetentes und dynamisches Team vorgefunden. Herzlichen Dank, Rik!

Das Thema Mikroverunreinigungen in Oberflächengewässern hat nicht nur in der Schweiz, sondern weltweit Bedeutung. Besonders wichtig ist uns dabei die Wirkung von hormonaktiven Substanzen auf Wasserorganismen. War doch in einem kanadischen See gezeigt worden, dass umweltrelevante Mengen von hormonaktiven Substanzen eine Fischpopulation in wenigen Jahren zum Aussterben bringen können, dass sich diese aber erholen kann, wenn die Zufuhr der Schadstoffe gestoppt wird. Viele dieser Substanzen werden in normalen Kläranlagen nur unvollständig entfernt und gelangen

mit dem Klärabwasser in unsere Oberflächengewässer. Den Nutzen einer zusätzlichen Reinigungsstufe demonstrierte das Oekotoxzentrum zusammen mit zahlreichen Projektpartnern aus Praxis und Wissenschaft. Damit legte es eine Grundlage für die Ausstattung der grössten Schweizer Kläranlagen mit verbesserten Reinigungstechnologien (Seite 6).

Das Oekotoxzentrum und Wissenschaftler der Eawag haben nun ein Konzept zur Bewertung der Gewässerqualität im Bezug auf Mikroverunreinigungen in der Schweiz erarbeitet. Es stützt sich auf die Wirkung relevanter Einzelsubstanzen auf Gewässerorganismen und bringt auch Biotests zum Einsatz (Seite 8). Biotests können hormonaktive Stoffe oft besser nachweisen als die chemische Analytik, da diese Stoffe in extrem geringen Konzentrationen biologisch aktiv sind. So konnte das Oekotoxzentrum mit Biotests auch zeigen, dass Schweizer Mineralwässer keine bedenklichen Mengen an östrogenen Substanzen enthalten (Seite 10). Biotests sind aber auch dort besonders wichtig, wo Chemikalien als komplexe Gemische vorliegen. Zum Beispiel werden bei Regenfällen nicht nur Pestizide in die Gewässer eingetragen, sondern auch Schwermetalle und organische Schadstoffe. Dasselbe gilt für Böden, die Schadstoffe einerseits direkt und andererseits indirekt über Luft und Wasser aufnehmen (Seite 11). Daher arbeitet das Oekotoxzentrum mit nationalen und internationalen Partnern daran, geeignete Biotests zu etablieren und zu standardisieren, damit sie in der Praxis eingesetzt werden können.

Der Herausforderung, wie man die Toxizität und das Umweltrisiko komplexer Chemikaliengemische bewerten kann, ging das Oekotoxzentrum in einem Workshop im November 2010 nach. Über 60 interessierte Fachleute nahmen teil und diskutierten mit. Der Workshop – organisiert mit dem Schweizerischen Zentrum für angewandte Humantoxikologie – zeigte, dass Biotests bei der Beurteilung der Gemischtoxizität eine zentrale Rolle spielen müssen (Seite 3).

Wir möchten Ihnen auch in Zukunft als wichtiger Partner für alle Fragen im Zusammenhang mit Ökotoxikologie zur Verfügung stehen. Dazu arbeiten wir eng mit Fachleuten aus Forschung, Privatwirtschaft und Behörden zusammen. Die Weiterbildung ist uns ebenfalls sehr wichtig, und wir bieten Ihnen in diesem Jahr wieder mehrere Kurse an. Sie finden die Information dazu auf unserer Homepage ([www.oekotoxzentrum.ch](http://www.oekotoxzentrum.ch)), die wir erweitert haben. Sie soll Ihnen damit als noch bessere Informationsquelle für ökotoxikologische Fragestellungen und den Inhalt unserer Arbeit am Oekotoxzentrum dienen (Seite 12).

Freundliche Grüsse



# Mischungstoxizität – was kann die Forschung und was braucht die Praxis?

**Die Beurteilung der Toxizität von Chemikalienmischungen stellt Behörden, Forschung und Industrie vor grosse Herausforderungen. Ein Workshop des Oekotoxizentrums im November 2010 informierte über den Stand der Forschung. Die Teilnehmenden diskutierten die regulatorischen Herausforderungen und formulierten den Handlungsbedarf für die Zukunft.**

In der Umwelt mischen sich Substanzen aus verschiedenen Quellen und wirken auf Organismen und damit das Funktionieren der Ökosysteme ein. Bis jetzt werden ausschliesslich die Effekte der Einzelsubstanzen bewertet und reguliert. Dies ist aber ungenügend, da die Toxizität einer Mischung meist grösser ist als diejenige jeder Einzelsubstanz. Toxische Mischungseffekte können auch dann auftreten, wenn alle Mischungskomponenten in Konzentrationen vorliegen, die alleine unwirksam sind. Das gilt besonders für Stoffe mit einem ähnlichen Wirkmechanismus wie zum Beispiel östrogenähnlich wirkende Substanzen, die in Gewässern aus zahlreichen Quellen wie Arzneimitteln, Kunststoffen oder Industriechemikalien zusammenkommen.

International wird versucht, die Beurteilung von Mischungseffekten zu verbessern – auch das Oekotoxizentrum ist hier aktiv. Sein zweitägiger Workshop zur Beurteilung der Gemischttoxizität im November 2010 richtete sich an interessierte Fachleute aus Industrie, Behörden und Wissenschaft. Ziel war es, den aktuellen Stand der Forschung vorzustellen, die regulatorischen Herausforderungen zu diskutieren und den Handlungsbedarf für die Zukunft aufzuzeigen. Das Oekotoxizentrum organisierte den Workshop zusammen mit dem Schweizerischen Zentrum für angewandte Humantoxikologie, um sich systemübergreifend auszutauschen.

## Konzepte zur Vorhersage der Mischungstoxizität

Die toxische Wirkung von Mischungen ist nach wie vor schwierig zu erfassen. Mit Hilfe chemischer Analytik lassen sich zwar zahlreiche Substanzen nachweisen, doch die Wirkung der Substanzgemische auf die Organismen bleibt unbekannt – diese kann nur mit Biotests erfasst werden. Um die Toxizität von definierten Chemikaliengemischen zu bestimmen, wird meist die Wirkung der Einzelsubstanzen in Biotests gemessen und daraus die Gemischttoxizität mit Modellen berechnet. Die erwartete Toxizität lässt sich basierend auf den Dosis-Wirkungs-Beziehungen der Einzelstoffe vorhersagen. Für Mischungen aus ähnlich wirkenden Stoffen geht man hierbei von einer Konzentrations-Additivität (concentration addition, CA) aus, für Mischungen aus Stoffen mit unähnlicher Wirkweise von einer unabhängigen Wirkung der einzelnen Substanzen (independent action, IA). Reale Mischungen bestehen allerdings meist aus Stoffen, bei denen die Wirkweisen der Einzelstoffe weder strikt ähnlich noch strikt unähnlich sind.

Oft ist es möglich, die Effekte mit Modellen vorherzusagen – z. B. für Mischungen aus östrogen wirkenden Substanzen mit dem CA-Modell oder für Gemische aus unähnlich wirkenden Pestiziden mit dem IA-Modell (siehe Box S. 5). Manchmal sind die Effekte jedoch deutlich grösser als erwartet: dann spricht man von Synergismus. Nicht chemische Stressfaktoren wie Hitze, Hunger oder Infektionen können die Toxizität für die Organismen zusätzlich erhöhen. Für die Beurteilung von definierten Mischungen in der Praxis wurde CA als angemessene «Worst Case-Abschätzung» vorgeschlagen. Zur Anwendung des CA-Konzepts stehen verschiedene Methoden zur Verfügung: ein Beispiel ist der Ansatz mit Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF), der häufig zur Beurteilung von Dioxin-Mischungen eingesetzt wird. Idealerweise sind zur Anwendung dieser Methoden komplette Datensätze nötig. In der Praxis sind die vorhandenen Daten allerdings oft unvollständig – entweder ist die Zusammensetzung der Mischung unbekannt oder es fehlen einzelne Toxizitätsdaten – oder von unterschiedlich guter Qualität.

## Nützliche *in vitro* Tests

Die Mischungswirkung von Stoffen mit einem gemeinsamen Wirkmechanismus kann mit effektbasierten *in vitro*-Tests auch direkt gemessen werden. Dies ist besonders zur Untersuchung komplexer Umweltproben nützlich. Zum Beispiel werden im Hefezell-Östrogenest (YES) oder im ER-Calux Test Substanzen erfasst, die an den menschlichen Östrogenrezeptor binden. Die relative Wirkung dieser Substanzen wird dabei bezogen auf eine Referenzsubstanz, in diesem Fall 17 $\beta$ -Estradiol, als sogenannte Toxizitätsäquivalenzkonzentration (TEQ) oder Estradioläquivalenz-Konzentration (EEQ) angegeben, um ein standardisiertes Mass für die Östrogenität der Probe zu erhalten. Effektbasierte *in vitro*-Tests sind hier eine gute und praktikable Methode, da östrogenähnliche Substanzen schon bei Konzentrationen unter 1 ng/L biologisch wirksam sein können und in diesen Konzentrationen kaum chemisch nachweisbar sind. Sollen in einer Mischung auch die Substanzen identifiziert werden, die für die Toxizität verantwortlich sind, so ist die effektgeleitete Fraktionierung eine geeignete Methode: hier werden Biotests, physikalisch-chemische Fraktionierung und chemische Analytik kombiniert.



### Risikoanalyse von Mischungen

Die Risikoabschätzung ist für Mischungen wesentlich komplexer als für Einzelchemikalien. Es gibt hier zwei Hauptansätze:

- Der «Whole Mixture Approach» zur Risikoanalyse von Mischungen unbekannter Zusammensetzung (z. B. geklärtes Abwasser) oder von komplexen Mischungen mit konstanter Zusammensetzung (z. B. Emissionen eines Dieselmotors). Dieser Ansatz hat den Vorteil, dass mit verhältnismässig wenig Aufwand die Toxizität einer realen Mischung bestimmt werden kann. Der Nachteil ist, dass die Ergebnisse nicht auf andere Mischungen übertragen werden können.
- Der «Component-based Approach» für Mischungen, deren Zusammensetzung analytisch bestimmt werden kann. Dieser Ansatz hat den Vorteil, dass man die Toxizität zahlreicher in der Umwelt vorkommender Mischungen anhand der bekannten Toxizität der Einzelstoffe vorhersagen kann. Der Nachteil ist, dass man sehr viele Informationen über die Zusammensetzung der Mischung sowie über die Toxizität der Einzelstoffe benötigt.

### Regulatorische Herausforderungen

In der Umwelt gibt es eine unendliche Anzahl an möglichen Chemikalienmischungen. Oft fehlen die Toxizitätsdaten, die für die Beurteilung der Chemikalienmischungen notwendig wären, oder sie sind von mangelnder Qualität. Ausserdem sind die vorhandenen Daten und Tests oft schwer interpretierbar. All diese Punkte bringen Unsicherheit mit sich, so dass es in Europa bis jetzt keine Richtlinien zur Beurteilung der Mischungstoxizität gibt.

In den USA wurden bereits 1980 erste Ansätze zur Bewertung von Stoffgemischen gesetzlich verankert – und zwar in CERCLA (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act), einem Gesetz zur Sanierung von Sondermülldeponien. Die Ziele waren hoch gesteckt, wollte man doch die zeitliche Veränderung der Gemischkomposition und alle möglichen toxischen Effekte der Substanzen berücksichtigen. Die Umsetzung dieser hochkomplexen Risikobeurteilung ist bis heute schwierig. Ein Grund ist das mangelnde Verständnis für die Toxizitätsmechanismen der einzelnen Stoffe oder Stoffgemische. In der amerikanischen Pflanzenschutzrichtlinie wird ebenfalls Gemischtoxizität berücksichtigt. Hier werden Pflanzenschutzmittel nach ihrem Wirkmechanismus in Klassen

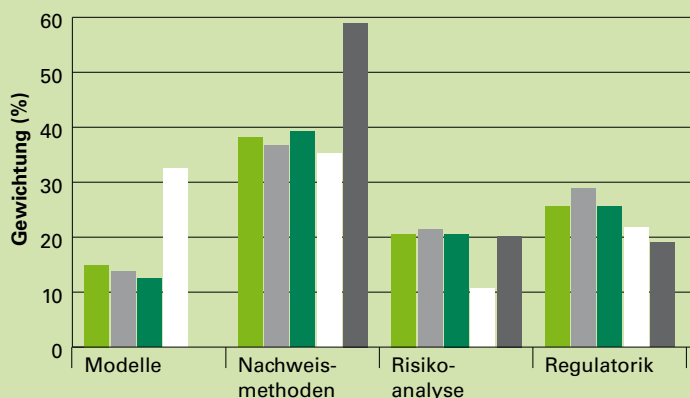
eingeteilt und gemeinsam beurteilt. Allerdings werden Pestizide, die den gleichen toxischen Effekt über verschiedene Mechanismen verursachen, weiterhin separat behandelt.

Europa bemüht sich aktuell, die Gemischtoxizität in der Regulatorik besser zu berücksichtigen. Die Umweltminister der EU-Mitgliedsstaaten haben die Europäische Kommission gebeten, bis 2012 zu beurteilen, ob die existierende Gesetzgebung Gemischtoxizität ausreichend berücksichtigt, und sonst geeignete Änderungen, Richtlinien oder Beurteilungsmethoden vorzuschlagen. In diesem Zusammenhang wurde kürzlich ein Bericht veröffentlicht, der regulatorische Ansätze zur Berücksichtigung der Mischungstoxizität diskutiert ([http://ec.europa.eu/environment/chemicals/pdf/report\\_Mixture%20toxicity.pdf](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/pdf/report_Mixture%20toxicity.pdf)). Auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO), die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und die OECD beschäftigen sich mit der Risikobeurteilung von Chemikalienmischungen. Anders als in den USA, wo der Fokus primär auf der menschlichen Gesundheit liegt, berücksichtigt das Europäische Recht den Schutz von Mensch und Umwelt gleichermaßen.

### Handlungsbedarf in der Praxis

Die Teilnehmenden bemängelten das Fehlen von praxistauglichen Lösungen zur Untersuchung und Bewertung von Mischungen. Die wichtigsten Punkte wurden in intensiven Kleingruppendiskussionen aufgebracht:

- Es ist schwierig, sich für ein **Modell** zur Risikobewertung von Stoffgemischen zu entscheiden, da die zur Verfügung stehenden Konzepte (CA/IA) auf entgegengesetzten Annahmen über die Wirkungsweisen der Einzelstoffe beruhen. Für viele Umweltchemikalien gibt es zu wenig Information über den Wirkmechanismus. Auch fehlen regulatorische Richtlinien, wann welches Modell angewendet werden soll.
- Es ist nicht klar, welche **Biotests** am besten geeignet sind, um die Effekte von Chemikalienmischungen zu beurteilen. Notwendige Informationen zu Aufwand, Ertrag und Nutzen, und zu den Vor- und Nachteilen mischungsrelevanter Nachweismethoden fehlen. Einerseits sollten aus Kostengründen und ethischen Überlegungen *in vitro* Tests zum Nachweis molekularer Effekte bevorzugt werden. Doch es bleibt unsicher, wie sich die Effekte aus Labortests auf ganze Populationen in der Umwelt übertragen lassen



### Mischungstoxizität: Wo sehen Sie noch Handlungsbedarf, Vertiefung oder nicht behandelte Themen?

Teilnehmer-Antworten, aufgeschlüsselt nach beruflichem Hintergrund.

- Alle (n=34)
- Behörden (n=13)
- Industrie (n=10)
- Forschung (n=5)
- Wasserversorgung (n=3)

- Es fehlen die **Richtlinien und praxistauglichen Wegleitungen für die Risikobewertung und Regulatorik** von komplexen Mischungen. Dies macht es schwierig, Massnahmen zum Risikomanagement zu ergreifen. Geeignete praxistaugliche Modelle zur Risikobewertung von Mischungen sollten schon jetzt in der Regulatorik eingesetzt werden, z. B. bei der Gewässerbeurteilung. Die Schweiz sollte möglichst schnell und effizient von bereits bestehenden Richtlinien profitieren, sie prüfen und gegebenenfalls übernehmen. Auch die Ableitung von Grenzwerten sollte Gemischtoxizität berücksichtigen.
- **Behörden und Forschung kommunizieren zu wenig** über die gegenseitigen Bedürfnisse. Während des Workshops wurde klar, dass die Forschenden von den Behörden die Umsetzung ihrer Ergebnisse erwarten, während die Behörden noch auf praxistaugliche Ideen für die konkrete Umsetzung warten. Oder wie ein Behördenvertreter anmerkte «Die Lösungen aus der Forschung zur Beurteilung von Mischungen sind nicht konkret und praktikabel», worauf ein Forschungsvertreter antwortete: «Dann müsst ihr uns aber genau sagen, was ihr denn braucht». Der Wortwechsel zeigt, dass mehr Kommunikation, Transparenz und Wissenstransfer zwischen Forschung und Behörden die Umsetzung der Mischungsbeurteilung in die Praxis deutlich vorantreiben könnte.

Der gesamte Workshop machte deutlich, dass bereits ein breites, wissenschaftlich fundiertes Wissen für die Untersuchung und Beurteilung von Substanzgemischen vorhanden ist. Die Umsetzung in die Praxis gestaltet sich aber als schwierig. Noch fehlt eine umfassende «Gebrauchsanweisung» für Fachleute aus der Praxis, die Hilfestellung zur Untersuchung von Mischungen gibt von der Datenerhebung über die Wahl sinnvoller Testsysteme und bis hin zur Risikobeurteilung von Mischungen. Genau solch eine Anleitung forderte jedoch die Mehrheit der Workshopsteilnehmer in ihrer Schlussforderung: «Entwicklung einer Toolbox zur Messung und Bewertung von Mischungstoxizität – Jetzt!»

Mehr Informationen : Kunz, P.Y., Kienle, C., Aicher, L., Junghans, M., Werner, I. (2011) Mischungstoxizität: Bedürfnisse der Praxis. Erkenntnisse aus einem Workshop über Auswirkungen von Chemikalienmischungen auf Umwelt und Mensch und ihre Beurteilung. gwa/03, 167–177 [www.oekotoxzentrum.ch/ueberuns/news/doc/Mixtox\\_gwa.pdf](http://www.oekotoxzentrum.ch/ueberuns/news/doc/Mixtox_gwa.pdf)

Kontakt: Petra Kunz, [petra.kunz@oekotoxzentrum.ch](mailto:petra.kunz@oekotoxzentrum.ch)

#### Konzentrations-Additivität

$$\frac{c_1}{EC_{x_1}} + \frac{c_2}{EC_{x_2}} = 1$$

##### Idee

Stoffe mit **ähnlichem Wirkmechanismus**, so dass der eine Stoff wie eine Verdünnung des anderen wirkt und ihn in einem gegebenen Verhältnis ersetzen kann.

##### Auswirkung

Jede im Gemisch vorhandene wirksame Komponente trägt zur Mischungstoxizität bei.

#### Unabhängige Wirkung

$$E_{\text{Mischung}} = E_1 + E_2 - (E_1 \times E_2)$$

wenn  $E$  ein Effekt von 0–1 ist

##### Idee

Ein Stoff, der mit **unterschiedlichem Wirkmechanismus** denselben Effekt bewirkt wie ein zweiter in der Mischung, kann nur auf den Anteil der Testpopulation wirken, auf den der andere Stoff keinen Effekt hatte.

##### Auswirkung

Es tragen nur solche Komponenten zur Mischungstoxizität bei, die in einer Konzentration im Gemisch vorliegen, die auch allein appliziert einen Effekt auslösen würde.

Die beiden gängigsten Konzepte zur Vorhersage von Mischungstoxizität. Mathematische Beschreibung für ein Gemisch aus zwei Komponenten.  $c_1$  und  $c_2$  sind die Konzentrationen der Substanzen 1 und 2 in der Mischung, die zusammen einen Effekt von  $x\%$  bewirken.  $EC_{x_1}$  und  $EC_{x_2}$  sind die Konzentrationen, in denen die Komponenten einzeln denselben Effekt  $x\%$  erzielen, den sie gemeinsam als Mischung erzeugen.  $E_1$  bzw.  $E_2$  = Effekt der im Gemisch vorliegenden Konzentrationen des Stoffes 1 bzw. 2, wenn er allein auf den exponierten Organismus einwirkt.



# Biotests kontrollieren Entfernung von Mikroverunreinigungen

**Toxizitätstests auf der Basis von Zelllinien oder ganzen Organismen eignen sich, um die Reinigungsleistung einer Kläranlage in Bezug auf Mikroverunreinigungen zu überprüfen. Damit lassen sich im Routine-Einsatz nicht nur Einzelstoffe, sondern auch Gemische ökotoxikologisch beurteilen, wie eine Untersuchung des Oekotoxizentrums zeigt.**

Ziel einer erfolgreichen Abwasserreinigung ist qualitativ einwandfreies Abwasser. Um die Entfernung schädlicher Inhaltsstoffe zu kontrollieren, wird meist die chemische Analytik herangezogen. Dies, obwohl der Nachweis von Stoffen und ihrer ökotoxikologischen Wirkung mit Hilfe von Biotests zahlreiche Vorteile bringt: So können zum Beispiel toxische Effekte von ganzen Stoffgemischen beurteilt werden, und nicht nur Einzelstoffe wie bei chemischen Analysen. Biotests mit ganzen Organismen erfassen sogar die Wirkung aller Substanzen in einer Wasserprobe – also Chemikalien und Nährstoffe. Zudem lässt sich mit einem einzigen spezifischen Biotest eine ganze Palette von Einzelstoffen mit demselben Wirkmechanismus testen. Im Rahmen des Projekts «Strategie MicroPoll» des Bundesamts für Umwelt hat das Oekotoxizentrum zahlreiche Biotestsysteme auf ihre Eignung bewertet, die Entfernung von Mikroverunreinigungen in Kläranlagen zu verfolgen.

## Zusätzliche Reinigungsstufen im Fokus

Mikroverunreinigungen sind organische Spurenstoffe, die unter anderem in Pflanzenschutzmitteln, Medikamenten, Bioziden, Duftstoffen, Reinigungsmitteln und Farben vorkommen. Ein Teil dieser Substanzen wird in der normalen Abwasserreinigung nur unvollständig entfernt. Daher lassen sich die Stoffe im geklärten Abwasser in Mengen nachweisen, die Effekte auf die Gewässer und deren Organismen haben. Zusätzliche Reinigungsstufen in der Kläranlage reduzieren den Eintrag solcher Mikroverunreinigungen in die Gewässer.

Das Oekotoxizentrum prüfte zusammen mit zahlreichen Projektpartnern zwei dieser Technologien in einer Pilotanlage der ARA Vidy in Lausanne. In einem Fall sollten die Mikroverunreinigungen durch eine Ozonung gefolgt von Sandfiltration entfernt werden, im anderen Fall durch eine Aktivkohlebehandlung gefolgt von Ultrafiltration. Anhand von Biotests wollten die Forschenden messen, ob die Entfernung der Mikroverunreinigungen durch die erweiterte Wasserbehandlung verbessert wird, und ermitteln, ob sich die Tests für die Erfolgskontrolle in Kläranlagen eignen. Die Tests sollten ausserdem nachweisen, ob bei der Ozonung toxische Reaktionsprodukte entstehen.

Die Ökotoxikologen setzten zwei verschiedene Typen von Biotests ein (siehe Tabelle): Die sogenannten *in vitro* Tests basieren auf dem

Nachweis von spezifischen zellulären Mechanismen in Zelllinien oder Einzellern und können daher Chemikalienklassen wie zum Beispiel Östrogene oder Herbizide hochsensitiv nachweisen. Sie zeigen aber nur sehr begrenzt, wie Substanzen auf ganze Organismen wirken. Bei *in vivo* Tests nutzt man ganze Organismen und untersucht die Effekte auf biologische Funktionen wie Wachstum, Sterblichkeit oder Vermehrung. Sie erfassen die Auswirkungen aller Substanzen in einer Abwasserprobe, geben allerdings nur wenige Informationen über die verantwortlichen Substanzklassen.

## Eine Reduktion von bis zu 100 Prozent

An verschiedenen Stellen der Pilotanlage wurden Abwasserproben genommen: im Kläranlagenzulauf, nach der biologischen Reinigungsstufe, nach der Aktivkohlebehandlung mit Ultrafiltration, nach der Ozonung und nach der Ozonung mit nachgeschalteter Filtration. Anschliessend untersuchten die Wissenschaftler die Proben mit den verschiedenen Biotests und chemischer Analytik.

Wie die *in vitro* Tests zeigten, verringerte die biologische Reinigungsstufe die toxische Wirkung des Abwassers. Die Substanzen konnten damit jedoch nicht vollständig entfernt werden: Das Abwasser enthielt unter anderem noch Stoffe mit herbizider sowie hormonähnlicher Wirkung. Die spezifischen *in vitro* Tests zeigten, dass sowohl die Ozonung als auch die Aktivkohlebehandlung über 80 % der verbliebenen Mikroverunreinigungen entfernte. Durch die Kombination von biologischer Reinigung und zusätzlicher Reinigungsstufe liessen sich so insgesamt 84 bis 100 % der vorhandenen Mikroverunreinigungen entfernen. Die chemische Analyse bestätigte dieses Ergebnis. Die toxischen Effekte nahmen nach der Ozonung in fast allen *in vitro* Tests ab, was darauf hindeutet, dass bei der Abwasserreinigung keine schädlichen Umwandlungsprodukte entstanden. Defekte am Erbgut oder genetische Mutationen stellten die Forschenden keine fest.

Bei *in vivo* Tests mit Glanzwürmern zeigten die Versuchstiere nach der Ozonung eine verminderte Biomasse, die nach der Sandfiltration jedoch verschwand. Ursache für die Biomassenreduktion könnten labile Umwandlungsprodukte sein, die negative Auswirkungen auf das Wurmwachstum haben und bei der Ozonung entstehen. Der



Test	Organismus	Nachweisbare Effekte
<b>In vitro Tests</b>		
Hefezell-Östrogentest (YES)	Bäckerhefe ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> )	Östrogene Wirkung durch Bindung an Rezeptoren
Verschiedene Calux-Tests (ER, AR, GR, PR)	Menschliche Zelllinien	Wirkung auf verschiedene Hormonrezeptoren (Östrogen-, Androgen-, Glucocorticoid-, Progesteronrezeptoren)
PPARg1 Calux	Menschliche Zelllinie	Wirkung auf Substanzen, die den Fettstoffwechsel beeinflussen
H295R Steroidgenese Test	Menschliche Zelllinie	Wirkung auf die Bildung von Steroidhormonen
Micronucleus Test	Hamster-Zelllinie	Genotoxizität (Bildung von Micronuclei als Zeichen von DNA Schäden)
UmuC Test	Bakterien ( <i>Salmonella typhimurium</i> )	Genotoxizität
Ames Test	<i>Salmonella typhimurium</i>	Mutagenizität
Kombinierter Algentest	Grünalge ( <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> )	Herbizide Wirkung durch Hemmung der Fotosynthese, Wachstumshemmung (allgemeine Toxizität)
<b>In vivo Tests</b>		
Lumineszenz-Hemmtest	Bakterien ( <i>Vibrio fischeri</i> )	Hemmung der Biolumineszenz
Wachstumstests	Grünalge ( <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> ), Wasserlinse ( <i>Lemna minor</i> )	Wachstumshemmung
Chronischer Vermehrungstest mit Daphnien	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Hemmung der Vermehrung, Erhöhung der Mortalität
Amphipoden-Test	Bachflohkrebs ( <i>Gammarus fossarum</i> )	Reduktion der Fressaktivität, Erhöhung der Mortalität
Glanzwurm-Vermehrungstest	Glanzwurm ( <i>Lumbriculus variegatus</i> )	Hemmung der Vermehrung, Biomassereduktion
Schnecken-Vermehrungstest	Neuseeländische Zwergdeckelschnecke ( <i>Potamopyrgus antipodarum</i> )	Hemmung der Vermehrung, Erhöhung der Mortalität, hormonaktive Wirkung
Fisheetest	Zebrabärbling ( <i>Danio rerio</i> )	Erhöhung der Mortalität
Fish early life stage test (FELST)	Regenbogenforelle ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Reduktion der Schlüpftrate, Erhöhung der Mortalität, Fehlbildungen, Verhaltensstörungen, Hemmung des Wachstums, Vitellogenin-Konzentration

Sandfilter entfernt diese aber aus dem Abwasser. Nach der Ozonung sollte also stets ein zusätzlicher Filtrationsschritt mit biologischer Aktivität eingefügt werden, um das Risiko solcher Umwandlungsprodukte zu reduzieren. Bei den *in vivo* Tests mit Regenbogenforellen nahm die Toxizität durch die Ozonung und die Behandlung mit Aktivkohle und Ultrafiltration ab, was sich in einer geringeren Sterblichkeit, einer höheren Schlupfrate oder einem höheren Gewicht der Fischembryonen im Vergleich zu den im biologisch gereinigten Abwasser gehaltenen Fischen zeigte. Die Ergebnisse der übrigen *in vivo* Tests waren nicht einheitlich. Bei den meisten nahm die Toxizität nach der biologischen Behandlung ab. Allerdings verringerte keine der zusätzlichen Reinigungsstufen die schwache Resttoxizität weiter. Grundsätzlich zeigte sich in den *in vivo* Biotests nach der Ozonung aber kein konsistenter Anstieg der Toxizität, der auf die Bildung stabiler toxischer Transformationsprodukte hindeuten würde.

#### **In vitro Tests eignen sich zur Beurteilung**

Der Vergleich der verwendeten Biotests zeigt, dass es keinen Einzeltest gibt, der sich für die Gesamtbeurteilung der Toxizität einer Abwasserprobe nutzen lässt. Vielmehr muss man stets eine Gruppe von Biotests verwenden. In der Pilotstudie auf der ARA Vidy in

Lausanne erwiesen sich auf zellulären Mechanismen basierende *in vitro* Biotests als vielversprechend und geeigneter als integrative *in vivo* Tests, um die Entfernung von Mikroverunreinigungen und den Erfolg verbesserter Abwasserreinigungstechnologien zu kontrollieren. Dieser Ansatz sollte weiter verfolgt werden: Es ist nun vor allem eine Standardisierung und Zertifizierung der Methoden wichtig, um eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Das Oekotoxzentrum beteiligt sich an einer internationalen Arbeitsgruppe zur Standardisierung einiger Testverfahren und bringt dabei seine praktischen Erfahrungen ein. *In vivo* Tests sind generell schwieriger zu interpretieren, da die ablaufenden biologischen Prozesse komplex sind; auch die Kosten dieser Tests sind deutlich höher. Dennoch sind chronische *in vivo* Tests sinnvoll, um den Effekt auf ganze Organismen zu beurteilen. Noch fehlen allerdings geeignete Tests mit besonders sensitiven Organismen, die mit einem vertretbaren Aufwand routinemässig durchgeführt werden können.

Mehr Details zu diesem Projekt finden Sie bald im Bericht unter [www.oekotoxzentrum.ch](http://www.oekotoxzentrum.ch).

Kontakt: Dr. Cornelia Kienle, [cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch](mailto:cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch)



# Beurteilungskonzept für Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser

**Mikroverunreinigungen in natürlichen Gewässern stehen im Zentrum des Interesses von Politik, Vollzug und Umweltforschung. Zusammen mit der Eawag hat das Oekotoxzentrum ein Konzept entwickelt, um die Gewässerqualität mit Blick auf Mikroverunreinigungen zu beurteilen. Das Konzept beruht auf der Wirkung der Substanzen auf Gewässerorganismen und kann nun durch die Kantone angewendet und überprüft werden.**

In den letzten Jahren wurden organische Spurenstoffe in Schweizer Gewässern immer wieder in Konzentrationen gemessen, die Gewässer und deren Organismen schädigen können. Der Gewässerschutz war herausgefordert, fehlte doch ein Konzept zur Beurteilung und Reduktion der Gewässerbelastung mit diesen Mikroverunreinigungen. Jetzt haben Oekotoxzentrum und Eawag die Lücke geschlossen und ein Konzept zur Bewertung der Gewässerqualität erarbeitet – und zwar im Rahmen des Projektes «Strategie MicroPoll» des Bundesamtes für Umwelt.

## **Vielfältige Mikroverunreinigungen**

Als Mikroverunreinigungen wirken unter anderem Medikamente, Pflanzenschutzmittel, Biozide, Imprägnierungen, Duftstoffe und Farben. Ebenso vielfältig sind die Anwendungsgebiete in Haushalt, Landwirtschaft, Bau und Verkehr. Manche dieser Stoffe werden in den Kläranlagen nicht vollständig entfernt. So gelangen sie mit dem gereinigten kommunalen Abwasser in die Gewässer, was besonders in Gewässern mit hohem Abwasseranteil ein Problem ist. Hier entfalten die Stoffe nämlich unerwünscht dieselben Wirkungen, die an ihrem ursprünglichen Einsatzort erwünscht waren – allerdings auf andere Organismen: gegen Unkraut eingesetzte Pestizide hemmen die Fotosynthese von Algen, neurotoxische Insektizide schädigen das Nervensystem von Wassertieren und hormonaktive Substanzen aus Antibabypillen oder Kunststoffen verringern die Fortpflanzung von Fischen. Daneben können Mikroverunreinigungen die Organismen auch subtiler schädigen, indem sie ihr Verhalten oder Immunsystem beeinflussen.

In der Schweiz verwenden wir jedes Jahr in verschiedensten Anwendungen Tausende von Chemikalien, die in die Gewässer gelangen und die wir nicht alle erfassen können. Doch Messkampagnen haben gezeigt, dass sich die Bandbreite von Mikroverunreinigungen in kommunalem Abwasser schweizweit vergleichen lässt, wenn man von lokal auftretenden Stoffen absieht. Also kann die Wasserqualität anhand einer begrenzten Stoffauswahl beurteilt werden. Die Abteilung Umweltchemie der Eawag hat die Zahl der potentiell gewässerrelevanten Stoffe der Schweiz auf 47 Substanzen reduziert, die repräsentativ für die Belastung von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser sind – dies auf der Basis von Mess- und Toxizitätsdaten. Die Auswahlliste enthält viele Arzneimittel, Biozide und hormonaktive Stoffe, berücksichtigt aber auch andere Stoffklassen wie Industriechemikalien.

## **Ökotoxikologisch basierte Anforderungen an die Gewässerqualität**

Um die Ökotoxizität der Substanzen zu bewerten, hat das Oekotoxzentrum zunächst wirkungsbasierte Qualitätskriterien erarbeitet, also Konzentrationsgrenzen, die für einen Schutz der aquatischen Umwelt nicht überschritten werden sollten. Als Basis dafür dienten akute und chronische Toxizitätsdaten von Algen, wirbellosen Tieren und Fischen. Für die Herleitung der Qualitätskriterien verwendete das Oekotoxzentrum die aktuellen Methoden der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union (EU). Alle vorgeschlagenen Qualitätskriterien sind unter [www.oekotoxzentrum.ch/qualitaetskrite-](http://www.oekotoxzentrum.ch/qualitaetskrite-)

rien zugänglich. Die chronischen Qualitätskriterien – sie entsprechen jährlichen Durchschnittskonzentrationen – sind für ein Monitoring der Gewässerqualität am besten geeignet, da die Mikroverunreinigungen laufend mit gereinigtem Abwasser in die Gewässer gelangen. Mit Hilfe dieser Grenzwerte können Gewässerorganismen vor den Folgen von Langzeitbelastungen geschützt werden. Bis jetzt gelten in der Schweiz für Mikroverunreinigungen noch keine Qualitätskriterien. Ausnahme sind die organischen Pestizide, für die in der Gewässerschutzverordnung als Basis ein einheitlicher Grenzwert von 0.1 µg/L festgesetzt ist, der nicht auf toxischen Wirkungen beruht.

## **Mehrstufiges Beurteilungskonzept**

Im vorgeschlagenen Konzept wird die Gewässerqualität in einem vierstufigen Verfahren beurteilt (siehe Abbildung). Zunächst werden potentiell belastete Gewässer ermittelt, indem der Abwasseranteil abgeschätzt wird. Modellrechnungen für ausgewählte Mikroverunreinigungen und eine orientierende Messkampagne mit Stichproben können dabei helfen, den Gefährdungsgrad der Gewässer zu bestimmen. In einem zweiten Schritt werden die potentiell belasteten Gewässer tiefer gehender untersucht. Beispielsweise wird abgeklärt, ob zusätzlich zu den für die Schweiz typischen Mikroverunreinigungen noch spezifische lokale Belastungen berücksichtigt werden müssen. In Messkampagnen wird dann die Basisbelastung der Gewässer mit Mikroverunreinigungen erfasst – die dazu notwendigen Probenahmekonzepte und chemischen Analysemethoden finden Sie ebenfalls im Beurteilungskonzept.



## Übersicht über das Beurteilungskonzept



In einem dritten Schritt wird die Belastung mit Mikroverunreinigungen ökotoxikologisch bewertet. Die Konzentration der gemessenen Stoffe wird hierzu mit den wirkungsbasierten Qualitätskriterien verglichen. Falls die Umweltkonzentration grösser ist als das zugehörige Qualitätskriterium, ist das Risiko für aquatische Lebensgemeinschaften nicht tolerierbar (siehe Tabelle). Abhängig vom Verhältnis zwischen Umweltkonzentration und Qualitätskriterium kann die Wasserqualität – angelehnt an das Vorgehen im Modulstufenkonzept – in fünf Zustandsklassen eingeteilt werden, die von sehr gut bis schlecht reichen. Ausserdem empfiehlt das Oekotoxzentrum ergänzende Biotests zur integrativen Erfassung von hormonaktiven Wirkungen. In einem letzten Schritt werden schliesslich die Hauptursachen für die Verunreinigungen ermittelt und mögliche Massnahmen zu deren Verminderung vorgeschlagen und beurteilt.

### Wichtige Methode zur Beurteilung der Gewässerqualität

Das vorgeschlagene Beurteilungskonzept erlaubt es, Gewässerabschnitte eindeutig zu identifizieren, die Mikroverunreinigungen in Konzentrationen mit ökotoxikologischem Schädigungspotential enthalten – bei denen also zum Schutz der Ökosysteme eine verbesserte Entfernung in den einleitenden Kläranlagen erreicht werden sollte. Die wissenschaftlich abgestützte Vorgehensweise im Beurteilungskonzept, die mit den Handlungsempfehlungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie vergleichbar ist, kann die Notwendigkeit dieser Massnahmen nachweisen und deren Wirksamkeit überprüfen. Analog zu den Modulen des Modulstufenkonzepts soll das vorliegende Konzept durch die Kantone angewendet und geprüft werden. So wird eine wichtige Basis für die zukünftige Vollzugshilfe zur Beurteilung der Wasserqualität bezüglich Mikroverunreinigungen aus dem kommunalen Abwasser gelegt.

Mehr Details zum Beurteilungskonzept finden Sie unter [www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/doc/Bericht\\_Beurteilungskonzept.pdf](http://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/doc/Bericht_Beurteilungskonzept.pdf)

Kontakt: Robert Kase,  
robert.kase@oekotoxzentrum.ch

### Wirkungsbasierte Beurteilung der chemischen Wasserqualität für Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser angelehnt an das Modul Nährstoffe des Modulstufenkonzepts des BAFU.

Beurteilung <sup>1</sup>	Bedingung/Beschreibung		Einhaltung Qualitätskriterium (CQK)
sehr gut	Die Umweltkonzentration (EC) ist 100 mal kleiner als das Qualitätskriterium (CQK)	$EC < 0.01 \times CQK$	CQK eingehalten
	Die Umweltkonzentration (EC) ist grösser oder gleich einem Hundertstel des Qualitätskriteriums, aber kleiner als ein Zehntel des Qualitätskriteriums (CQK).	$0.01 \times CQK \leq EC < 0.1 \times CQK$	
gut	Die Umweltkonzentration (EC) ist grösser oder gleich einem Zehntel des Qualitätskriteriums, aber kleiner als das Qualitätskriterium (CQK).	$0.1 \times CQK \leq EC < CQK$	
mässig	Die Umweltkonzentration (EC) ist grösser oder gleich dem Qualitätskriterium, aber kleiner als das zweifache Qualitätskriterium (CQK).	$CQK \leq EC < 2 \times CQK$	CQK überschritten (nicht eingehalten)
unbefriedigend	Die Umweltkonzentration (EC) ist grösser oder gleich dem zweifachen Qualitätskriterium, aber kleiner als das zehnfache Qualitätskriterium (CQK).	$2 \times CQK \leq EC < 10 \times CQK$	
schlecht	Die Umweltkonzentration (EC) ist grösser oder gleich dem zehnfachen Qualitätskriterium (CQK).	$EC \geq 10 \times CQK$	

<sup>1</sup> Die Beurteilung bezieht sich nur auf die wirkungsbasierten Qualitätskriterien.



## Hormonaktive Stoffe in abgepacktem Mineralwasser?

**Deutsche und italienische Forscher hatten kürzlich gemeldet, dass abgepacktes Mineralwasser oft mit östrogen wirkenden Substanzen belastet ist. Eine Studie des Oekotoxenzentrums und des Bundesamts für Gesundheit gibt Entwarnung für die Schweiz: In keinem der getesteten Mineralwässer wurden bedenkliche Konzentrationen von östrogenen Substanzen gefunden.**

Menschen brauchen täglich Flüssigkeit, um gesund zu bleiben. Als idealer Durstlöscher bietet sich Mineralwasser an – doch zwei neuere Studien haben seinen Ruf in Misskredit gebracht. Unabhängig voneinander berichteten Forschungsgruppen aus Deutschland und Italien, dass sie in einigen abgefüllten Mineralwässern hohe östrogene Aktivitäten gefunden hatten: dass also Substanzen vorhanden waren, die ähnlich wirken wie das weibliche Sexualhormon Östradiol.

### Beunruhigende Studien

Beide Gruppen von Forschenden hatten mit Biotests untersucht, ob abgepackte Mineralwässer östrogen wirkende Stoffe enthalten. In der deutschen Studie enthielten die meisten Mineralwässer, die in Plastikflaschen aus Polyethylenterephthalat (PET) abgefüllt waren, erhebliche Konzentrationen von östrogenen Substanzen – nämlich durchschnittlich 18 Nanogramm 17-Estradiol-Äquivalente (EEQ) pro Liter. Das heisst, die östrogenen Substanzen im Mineralwasser wirkten so potent wie 18 Nanogramm pro Liter des Hormons Östradiol. Ähnliche Konzentrationen von östrogenen Substanzen findet man sonst in gereinigtem Abwasser. Das Problem beschränkte sich nicht auf die Mineralwässer aus PET-Flaschen: Die Forschenden konnten auch in einem Drittel der Mineralwässer aus Glasflaschen östrogene Substanzen nachweisen. In der italienischen Studie enthielten immerhin zehn Prozent der untersuchten Mineralwässer erhöhte Mengen an Östrogenen.

Keine der beiden Studien gab einen Hinweis, welche Stoffe für die östrogene Aktivität verantwortlich waren. Grundsätzlich ist es möglich dass östrogene Substanzen aus den Getränkeverpackungen (PET-Flaschen, Glasflaschen, Polyethylen-Deckel) freigesetzt wurden. Ebenfalls in Frage kommen Verunreinigungen im Mineralwasser selbst oder dem Pumpsystem der Abfüller sowie Verunreinigungen während der Probenahme.

### Und im Schweizer Mineralwasser?

Auch Fachleute in der Schweiz machten sich Sorgen, ob der Konsum von Mineralwasser – besonders von solchem aus PET-Flaschen – gesundheitlich bedenklich ist. Daher hat das Oekotoxenzentrum im Auftrag des Bundesamts für Gesundheit 31 häufig verkaufte Mineralwässer der Schweiz auf ihre östrogene Aktivität untersucht: und zwar sowohl

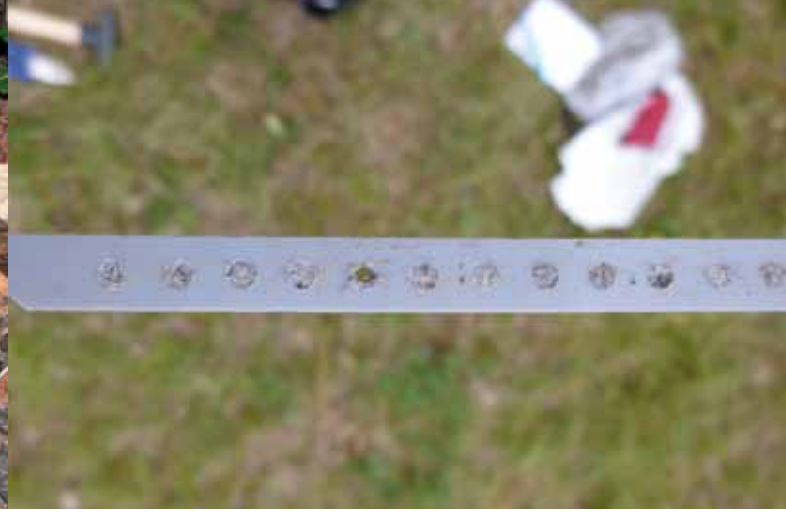
Mineralwässer aus PET-Flaschen als auch Mineralwässer aus Glasflaschen. Die Wasserproben wurden mit dem ER-Calux Test untersucht, der die Bindung östrogen wirkender Substanzen an Östrogenrezeptoren in einer menschlichen Zelllinie nachweist.

In 15 der geprüften Mineralwässer wurden sehr niedrige östrogene Aktivitäten mit einem Mittelwert von 5.1 Picogramm EEQ pro Liter gefunden. Dieser Wert liegt nur wenig oberhalb der Bestimmungsgrenze des ER-Calux von 3.6 Picogramm EEQ pro Liter und damit durchschnittlich 1900- bis 3500-mal tiefer als die in Deutschland und Italien gemessenen Werte. Bei allen übrigen analysierten Mineralwässern und Kontrollproben lagen die östrogenen Aktivitäten unterhalb der Bestimmungsgrenze. Die östrogene Aktivität hing weder vom Flaschenmaterial ab, noch vom Kohlensäuregehalt der Mineralwässer.

Die Konzentrationen an östrogen wirkenden Substanzen, die in dieser Studie in abgefüllten Mineralwässern nachgewiesen wurden, stellen für die Verbraucher in der Schweiz kein Gesundheitsrisiko dar. Natürliche Östrogene sind in anderen Lebensmitteln, beispielsweise in Milch- und Sojaprodukten, Bier und Wein, in deutlich höheren Konzentrationen vorhanden. Die hohen Konzentrationen östrogen Substanzen in deutschen Mineralwässern konnten in neueren Studien ebenfalls nicht erhärtet werden: Zwei aktuelle Studien fanden nur noch Mengen, die mit den Konzentrationen in der Schweiz vergleichbar sind.

Mehr Details finden Sie im Bulletin des Bundesamts für Gesundheit unter [www.bag.admin.ch/dokumentation/publikationen/01435/11505/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/dokumentation/publikationen/01435/11505/index.html?lang=de)

Kontakt: Petra Kunz, [petra.kunz@oekotoxzentrum.ch](mailto:petra.kunz@oekotoxzentrum.ch)



# Köderstreifentest als Unterstützung für den Bodenschutz

**Ökotoxikologische Bodentests sind eine sinnvolle Ergänzung für den Bodenschutz, doch noch fehlen einfache Methoden für die Praxis. Der Köderstreifentest könnte dies ändern - das Oekotoxzentrum berichtet von ersten Erfahrungen.**

Boden ist eine unserer wichtigsten Lebensgrundlagen. Grundlegend für viele Bodenprozesse – auch die Bodenfruchtbarkeit – ist die Gesundheit der Bodenfauna. Die Verschmutzung des Bodens wird heute durch die chemische Analyse von Schadstoffen wie Schwermetallen oder polychlorierten Biphenylen bestimmt. Nur biologische Ökotoxizitätstests können jedoch messen, wie die vorhandenen Schadstoffe auf Bodenorganismen wirken. Darüber hinaus vermitteln diese Tests oft Wissen über Schadstoff-Interaktionen und die Bioverfügbarkeit von Substanzen.

Noch gibt es in der Schweiz keine empfohlenen Biotests, um Bodenproben zu untersuchen. Die zertifizierten Tests mit Zuchttieren wie Regenwürmern oder Springschwänzen sind zeitintensiv und für die Messung von Umweltproben wenig geeignet. Eine sinnvolle Alternative hierzu bietet der funktionale Köderstreifentest, der unspezifisch die Zersetzung organischen Materials misst. Hierzu werden gelochte PVC Streifen mit Ködermaterial in den Boden gesteckt und die Frassaktivität von Bodentieren wie Regenwürmern, Springschwänzen oder Milben bestimmt. Je mehr Tiere vorhanden sind, desto grösser ist die Frassaktivität. Der Test ist einfach und kann die Bodenqualität direkt im Feld überprüfen.

## Schiessanlage auf dem Prüfstand

Das Oekotoxzentrum hat die Anwendung des Köderstreifentests in einer Schiessanlage entlang eines Schwermetallgradienten getestet; Projektpartner war die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

Die Forschenden exponierten Köderstreifen an vier Standorten mit unterschiedlichen Bleibelastungen während 46 Tagen und untersuchten, ob die Frassaktivität der Bodentiere mit der Schwermetallmenge im Boden korrelierte. Ausserdem bestimmten sie zahlreiche Bodenkennwerte wie den pH-Wert oder den Wassergehalt. Obwohl der Boden bis zu 2900 mg Blei/kg Trockensubstanz enthielt, verminderte sich die durchschnittliche Frassaktivität der Bodentiere an keinem der Standorte signifikant. Dafür könnten die kleinen Mengen an gelöstem – und damit bioverfügbarem – Blei verantwortlich sein, die aufgrund der pH-Werte, der Kationenaustauschkapazität und der Bodenart zu erwarten waren, nämlich nur 0.270 mg/kg Trockensubstanz.

Die Frassaktivität der Bodentiere während des Versuchs war anfänglich klein; verantwortlich war wohl der geringe Wassergehalt des Bodens, da es erst am Ende der Versuchsdauer stärker regnete. Wahrscheinlich war ein Teil der Bodenorganismen vor der Austrocknung geflüchtet oder vorübergehend in Ruhestadien übergegangen. Die Frassaktivität der Bodentiere wird nicht nur durch toxische Substanzen, sondern auch durch andere Faktoren beeinflusst. Die Messung der Bodeneigenschaften ist daher notwendig für die Dateninterpretation, um zusätzliche Einflüsse auf die Frassaktivität ausschliessen zu können.

## Zukunft für den Köderstreifentest

Die Studie zeigt, dass hohe Bleibelastungen in Schiessanlagen im Bereich von Sanierungswerten die durchschnittliche Frassaktivität von Bodenorganismen nicht herabsetzen müssen. Obwohl der Köderstreifentest die toxische Wirkung von Schwermetallen nicht eindeutig nachweisen konnte, hält es das Oekotoxzentrum für sinnvoll, den Test zur Überwachung der Bodenqualität zu verwenden. Wenn der Test für Vergleichsmessungen am selben Standort eingesetzt wird, kann man auf die aufwändigen Laboranalysen für die Dateninterpretation verzichten. Der Köderstreifentest liefert viele Daten in kurzer Zeit, ist einfach zu handhaben und kostengünstig. Derzeit untersucht das Oekotoxzentrum den Einfluss von Temperatur und Bodenfeuchtigkeit auf die Frassaktivität und kontrolliert die Bodenproben der Schiessanlage mit einem Vermehrungstest mit Springschwänzen. Ziel ist es, ein detailliertes, einheitliches Versuchsprotokoll für den Köderstreifentest zu erstellen. Noch existiert in der Schweiz kein solches Protokoll, das eine Grundvoraussetzung für den Routineeinsatz des Köderstreifentests im Bodenschutz darstellt.

**Kontakt: Sophie Campiche,**  
[sophie.campiche@oekotoxzentrum.ch](mailto:sophie.campiche@oekotoxzentrum.ch)

# Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum



## Wie beeinflussen Anbaumethoden die Bodengesundheit?

In der Landwirtschaft können je nach Anbaumethode verschiedene Dünge- und Pflanzenschutzmittel angewendet werden. Das Oekotoxzentrum prüft, wie sich die Art des Anbaus auf die biologische Bodenaktivität auswirkt. Mit Hilfe des Köderstreifen-tests (S. 11) untersucht das Oekotoxzentrum, wie sich die Frassaktivität von Bodenorganismen wie Regenwürmern, Fadenwürmern oder Springschwänzen in Feldern ändert, die mit verschiedenen Arten von Düngern und Pflanzenschutzmitteln behandelt werden. Projektpartner sind die Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern und die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

Kontakt: Sophie Campiche,  
sophie.campiche@oekotoxzentrum.ch

## Neu auf unserer Homepage

Wir möchten den Nutzen unserer Homepage für Ihre Arbeit erhöhen. Neu haben Sie über unsere Linkliste [www.oekotoxzentrum.ch/links](http://www.oekotoxzentrum.ch/links) Zugriff auf viele Datenbanken zur Ökotoxizität von Stoffen. Weiterhin können Sie unsere Vorschläge für Qualitätskriterien für zahlreiche organische Spurenstoffe unter [www.oekotoxzentrum.ch/qualitaetskriterien](http://www.oekotoxzentrum.ch/qualitaetskriterien) einsehen. Die Substanztabelle wird regelmässig erweitert und die Werte an aktuelle Entwicklungen angepasst. Möchten Sie über Aktualisierungen auf dieser Seite jeweils informiert werden? Dann melden Sie sich bei Anke Schäfer, [anke.schaefer@oekotoxzentrum.ch](mailto:anke.schaefer@oekotoxzentrum.ch).



## Wie beurteilen die Kantone Sedimentqualität?

Um fundierte Empfehlungen zur Bestimmung der Sedimenttoxizität machen zu können, hat das Oekotoxzentrum alle Kantone befragt, wie sie Sedimente analysieren. Die meisten Kantone führen selbst chemische Analysen der Sedimente durch. Am häufigsten analysieren sie Metalle, polychlorierte Biphenyle (PCBs) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), für die in der Schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens Richt-, Prüf- und Sanierungswerte festgesetzt wurden. Diese Werte verwenden die meisten Kantone auch zur Beurteilung der Sedimentqualität, oft zusammen mit den Zielvorgaben der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR). Beide Gruppen von Grenzwerten basieren allerdings kaum auf ökotoxikologischen Grundlagen, sondern auf geochemischen. Bis jetzt verwenden nur einzelne Kantone biologische Methoden, um den Einfluss kontaminierter Sedimente auf Organismen direkt zu untersuchen. Die Kantone wünschen sich in erster Linie wirkungsbasierte Qualitätskriterien, um die Sedimente *in situ* in Qualitätsklassen einteilen zu können. Sie bemängeln auch die fehlende Harmonisierung bei Probenahme-Strategie und Probenvorbereitung. Das Oekotoxzentrum nimmt sich beider Anliegen an, indem es Methodenempfehlungen für die Sedimentanalyse und -beurteilung in der Schweiz erarbeitet.

Kontakt: Rébecca Flück, [rebecca.flueck@oekotoxzentrum.ch](mailto:rebecca.flueck@oekotoxzentrum.ch)  
Sophie Campiche, [sophie.campiche@oekotoxzentrum.ch](mailto:sophie.campiche@oekotoxzentrum.ch)



### **Erster Schritt zur Zertifizierung eines Biotests für hormonaktive Substanzen**

Hormonaktive Stoffe lassen sich mit chemischer Analytik nur schwer erfassen, da sie zu verschiedenen Stoffklassen gehören und sich in ihrer Wirkung gegenseitig beeinflussen. Trotzdem gibt es noch keinen zertifizierten Biotest zur Bestimmung von hormonähnlicher Wirkung in der Umwelt. Daher hat sich das Oekotoxzentrum an der Gründung eines neuen DIN-Arbeitskreises „Hormonelle Wirkungen/Xenohormone“ beteiligt. Ziel ist es, herauszufinden, welche Biotests sich am besten für die Routinemessung von hormonellen Wirkungen eignen, und die ISO-Zertifizierung dieser Tests voranzutreiben. Zunächst werden die verschiedenen Testsysteme in Ringtests verglichen. Federführend bei diesem Arbeitskreis ist die Bundesanstalt für Gewässerkunde (D).

Kontakt: Petra Kunz, [petra.kunz@oekotoxzentrum.ch](mailto:petra.kunz@oekotoxzentrum.ch)  
Tamas Mengesha, [tamas.mengesha@oekotoxzentrum.ch](mailto:tamas.mengesha@oekotoxzentrum.ch)



### **Einführungskurse in die Ökotoxikologie**

Am 5. und 6. Mai 2011 konnte in einem Einführungskurs in die Ökotoxikologie mehr über das Verhalten von Schadstoffen in der Umwelt und den Einfluss dieser Substanzen auf Ökosysteme gelernt werden. Die Vorstellung geeigneter Testsysteme war ebenso ein Thema wie die Risikoabschätzung von Umweltchemikalien und die dazugehörige Gesetzgebung. In einem praktischen Teil besichtigten die Teilnehmenden ein aquatisches ökotoxikologisches Labor und lernten dort ausgewählte Tests und Testorganismen kennen. In diesem Jahr fand der Kurs auf Deutsch in Dübendorf statt, am 28. und 29. März 2012 wird er wieder auf Französisch in Lausanne durchgeführt.

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



### **Etablieren von innovativen Probenahme- und Testmethoden**

Bevor neue Probenahme- und Testmethoden für Messungen in der Praxis verwendet werden können, muss ihre Verlässlichkeit und Reproduzierbarkeit in grossangelegten Laborvergleichen sichergestellt werden. Zusätzlich zur Mitarbeit an der ISO-Zertifizierung von Biotests für hormonaktive Stoffe (s.o.) beteiligt sich das Oekotoxzentrum an folgenden Ringversuchen:

- Zusammen mit der Universität Queensland (AU), der Griffith Universität (AU) und der Universität von Arizona (USA) vergleicht das Oekotoxzentrum verschiedene Testsysteme, um die Wasserqualität zu bestimmen. Auf dem Prüfstand stehen der Lumineszenz-Hemmtest mit Leuchtbakterien, der kombinierte Algentest mit Grünalgen und der Hefezell-Östrogentest (YES), der östrogene Substanzen nachweist.
- Im Rahmen des Norman-Netzwerks (Network of reference laboratories and related organisations for monitoring and bio-monitoring of emerging environmental pollutants, [www.norman-network.net](http://www.norman-network.net)) wird die Leistung mehrerer passiver Probenahmemethoden verglichen. Das Oekotoxzentrum analysiert Extrakte von verschiedenen Passivsammlern chemisch auf östrogene Substanzen. Passivsammler reichern Umweltschadstoffe in einem zellähnlichen System intern an. Da östrogene Substanzen schon in extrem geringen Konzentrationen biologisch aktiv sind, können sie durch konventionelle chemische Analytik meist nicht detektiert werden.



### **Neuer Weiterbildungskurs zu hormonaktiven Substanzen**

Organische Spurenstoffe aus unzähligen Anwendungen gelangen über kommunale Kläranlagen in Gewässer. Dort können sie die Wasserorganismen schädigen und so die Ökosysteme beeinträchtigen. Ein Weiterbildungskurs des Oekotoxentrums am 29. und 30. September 2011 behandelt die Problematik dieser Mikroverunreinigungen – insbesondere der hormonaktiven Substanzen – in Gewässern. Das Oekotoxzentrum stellt seine Resultate aus mehreren Projekten vor, die es meist in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt bearbeitete (z.B. Strategie MicroPoll). Der weitere Forschungs- und Handlungsbedarf im Bereich Mikroverunreinigungen wird diskutiert. Das detaillierte Programm finden Sie bald im Internet.

[www.oekotoxzentrum.ch/weiterbildung/2011](http://www.oekotoxzentrum.ch/weiterbildung/2011)

# 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.

## Die meisten Plastikarten entlassen östrogene Substanzen

Fast alle Plastikarten geben östrogen wirksame Chemikalien ab – auch Plastik, der kein Bisphenol A enthält. Wissenschaftler testeten 450 typische Plastikprodukte in einem Biotest, in dem 70 % der untersuchten Materialien eine östrogene Wirkung zeigten. Unter simuliertem Umweltstress (Sonneneinstrahlung, Benutzung in der Mikrowelle) gaben sogar 95 % der Plastikarten östrogene Stoffe ab. Die Wissenschaftler halten es aber für möglich, erschwingliche Plastikarten zu formulieren, die keine östrogenen Substanzen freisetzen. Yang C.Z., Yaniger S.I., Jordan V.C., Klein D.J., Bittner G.D. (2011) Most Plastic Products Release Estrogenic Chemicals: A Potential Health Problem That Can Be Solved. *Environ. Health Perspect.* doi:10.1289/ehp.1003220

## U.S. EPA erweitert Testprogramm für hormonaktive Substanzen

Die U.S. Environmental Protection Agency (EPA) hat die Hersteller verpflichtet, 134 Chemikalien auf ihre hormonaktive Wirkung zu testen – dies zusätzlich zu den 67 Substanzen, die bereits getestet werden. Hormonaktive Substanzen wirken auf das menschliche oder tierische Hormonsystem, welches Wachstum, Stoffwechsel und Vermehrung steuert. Die U.S. EPA führt weltweit das umfangreichste Testprogramm für hormonaktive Substanzen durch. In Europa gibt es noch keine zertifizierten Testmethoden; einige wenige Substanzen werden im Rahmen der REACH-Regulierung getestet. [www.epa.gov/endo](http://www.epa.gov/endo)

## Gereinigtes Abwasser stresst Forellen

Die normale Abwasserreinigung in Kläranlagen entfernt manche Schadstoffe nur unvollständig. Neue Forschungsergebnisse zeigen, dass Kläranlagenablauf bei Regenbogenforellen Stress auslöst, der die Gesundheit der Fischpopulationen langfristig schädigen kann. Lebten die Fische im Fluss in purem oder verdünntem Kläranlagenablauf, so erhöhte sich im Blutplasma der Fische die Konzentration von Kortison und Glucose; die Expression von 27 Stressgenen veränderte sich signifikant. Die Fische erhöhten so ihren Energieverbrauch wesentlich – dies kann jedoch ihre Gesundheit, Vermehrung und Immunantwort langfristig beeinträchtigen.

Ings, J.S., Servos, M.R., Vijayan, M.M. (2011) Hepatic Transcriptomics and Protein Expression in Rainbow Trout Exposed to Municipal Wastewater Effluent. *Environ. Sci. Technol.* 45, 2368–2376

## Wasserfloh-Genom: Revolution für Biotests?

Wasserflöhe sind ökologisch wichtige Modellorganismen. Jetzt haben Wissenschaftler das Genom des Wasserfloh *Daphnia pulex*

entschlüsselt und dabei herausgefunden, dass die Daphnien-Gene in Antwort auf Umweltbedingungen sehr variabel exprimiert – also in m-RNA und letztlich in Proteine übersetzt – werden. Es ist demnach möglich, die Expressionsprofile spezifischer Gene zu benutzen, um Umweltschadstoffe schnell und günstig nachzuweisen und Tests an höheren Organismen zu vermeiden. Doch zunächst müssen die Forschenden eine Referenzdatenbank schaffen, die spezifische toxische Effekte mit Genexpressionsprofilen in Verbindung setzt.

Colbourne, J.K., et al. (2011) The Ecoresponsive Genome of *Daphnia pulex*. *Science*, 331, 555-561

## Nanopartikel reichern sich in Nahrungskette an

Nanopartikel werden in immer mehr Produkten angewendet, von Kleidung über Farben und Beschichtungen bis zu Photovoltaik-Anlagen. Über ihre Auswirkungen in der Umwelt ist noch wenig bekannt. Neue Forschungsergebnisse zeigen, dass sich Nanopartikel beim Transfer in höhere Tiere innerhalb der Nahrungskette anreichern können. So war die Konzentration von Gold-Nanopartikeln im Darm von Raupen des Tabakschwärmers 12-mal höher als in den Tabakblättern, die sie frassen. Auch Cadmiumselenid-Quantenpunkte reichern sich in der Nahrungskette an: ihre Konzentration im Wimperntierchen *Tetrahymena thermophila* war 5-mal höher als im Bakterium *Pseudomonas aeruginosa*, das ihm als Nahrung diente.

Judy, J.D., Unrine, J.M., Bertsch, P.M. (2011) Evidence for Biomagnification of Gold Nanoparticles within a Terrestrial Food Chain. *Environ. Sci. Technol.*, 45, 776–781

Werlin, R., Priester, J.H., Mielke, R.E., Krämer, S., Jackson, S., Stoimenov, P.K., Stucky, G.D., Cherr, G.N., Orias, E., Holden, P.A.

(2011) Biomagnification of cadmium selenide quantum dots in a simple experimental microbial food chain. *Nature Nanotechnology*, 6, 65–71

## EuroEcoTox – neues Europäisches Netzwerk zur Reduzierung von Tierversuchen in der Ökotoxikologie

Aus ethischen Überlegungen und Kostengründen ist es wichtig, Alternativen zu Tierversuchen in der Ökotoxikologie finden. Ziel des neuen Europäischen Netzwerkes EUROECOTOX ist es, die Entwicklung und Verwendung von alternativen Testmethoden und Teststrategien in Europa zu fördern. In diesem Netzwerk bringen auch Eawag-Forschende der Abteilung Umwelttoxikologie ihr Wissen ein. Die Erste Europäische Konferenz zur Zukunft alternativer Testmethoden für die ökotoxikologische Risikobewertung wird im Juni 2012 an der Eawag stattfinden.

[www.euroecotox.eu](http://www.euroecotox.eu)

## 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.centreecotox.ch](http://www.centreecotox.ch)

Redaktion und nicht gezeichnete Texte: Anke Schäfer, Oekotoxzentrum

Copyright: Nachdruck möglich nach Absprache mit der Redaktion

Copyright der Fotos: Oekotoxzentrum, Jonas Margot (S.7), Eawag (S. 12)

Erscheinungsweise: zweimal jährlich

Gestaltungskonzept, Satz und Layout: visu' l AG, Zürich

Druck: Mattenbach AG, Winterthur

Gedruckt: auf Recyclingpapier

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