

# oekotoxzentrum news

26. Ausgabe Mai 2023

Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie



Übersicht

Monitoringprojekt S. 3

Beurteilung der Wasserqualität  
mit einer Biotestbatterie S. 4

Beurteilung der Sedimentqualität  
mit einer Biotestbatterie S. 6

Gewässerbeurteilung mit  
Biomarkern in Bachforellen S. 7

Strengere Kontrolle von  
Gewässern in der EU S. 9

# Biotests – einfach unverzichtbar



Dr. Benoît Ferrari,  
Leiter des Oekotoxenzentrums

Noch gibt es wenige Daten darüber, wie sich Chemikalien in Mischungen verhalten und welche kombinierten Effekte sie haben. Das ist problematisch, da sich die Stoffe im Abwasser und in Ökosystemen ansammeln und so auf die Biodiversität, das Funktionieren der Ökosysteme, die Ökosystemleistungen und die menschliche Gesundheit einwirken. Dieser Effekt kann durch bereits bestehende Belastungen, etwa durch den Klimawandel, noch verstärkt werden.

Wenn wir die aktuelle Situation verbessern und in Zukunft unangenehme Überraschungen vermeiden möchten, brauchen wir Methoden, mit denen wir die Gefahren und Risiken von Chemikalien besser kennen und vorhersagen können. Ausserdem sollten diese Methoden in der Lage sein, komplexe «Cocktails» wie Abwässer und Abfälle zu bewerten, die Gesundheit von Ökosystemen zu beurteilen und die Ursachen von Belastungen zu erforschen: Nur so sehen wir, welche gezielten oder weiterreichenden Massnahmen notwendig sind. Die Methoden der Ökotoxikologie – also *In-vitro*- und *In-vivo*-Biotests und Biomarker – basieren auf biologischen Effekten und erfüllen alle Anforderungen dieser Checkliste. Sie werden bereits häufig für die Risikobewertung von Stoffen eingesetzt (zum Beispiel unter REACH und bei der Bestimmung von Umweltqualitätskriterien) und sind in der

Schweiz seit einigen Jahren – in Deutschland bereits seit über 40 Jahren – für die Bewertung von Einleitungen anerkannt (vgl. Wasserhaushaltsgesetz). In einem gerade erschienenen technischen Bericht der EU wird vorgeschlagen, ökotoxikologische Methoden auch für das Monitoring von Gewässern im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie einzusetzen.

Ein Beispiel: Vor einigen Jahren startete das Bundesamt für Umwelt die «Strategie MicroPoll». Dieses gross angelegte Projekt zeigte in Pilotversuchen, dass mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe in Abwasserreinigungsanlagen (ARA) ein breites Spektrum an Stoffen aus dem Abwasser entfernt und so die Wasserqualität deutlich verbessert werden kann. Das Projekt machte aber auch deutlich, wie nützlich Biotests sind, um die Toxizität von Abwässern zu messen, da sie die Gesamtwirkung von komplexen Mischungen berücksichtigen. 2016 trat in der Schweiz das neue Gewässerschutzgesetz in Kraft, das vorsieht, zahlreiche ausgewählte ARA mit einer zusätzlichen Behandlungsstufe auszustatten. Dies können beispielsweise eine Aktivkohlebehandlung oder Ozonung sein. Einige Abwässer eignen sich jedoch nicht für die Behandlung mit Ozon. Biotests werden hier vom Verband der Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) ebenfalls dringend empfohlen, um vor der Aufrüstung einer ARA zu prüfen, ob ein spezifisches Abwasser für eine solche Behandlung geeignet ist.

Als Ökotoxikologe ist es meine Aufgabe, die Stakeholder von der Nützlichkeit von ökotoxikologischen Methoden zu überzeugen. Dafür führt das Oekotoxzentrum Pilotstudien durch, die zeigen, dass ökotoxikologische Methoden chemische Analysen und Bioindikatoren ergänzen. Dafür trägt das Oekotoxzentrum zur Standardisierung der Methoden und der Interpretation der Ergebnisse bei, was es einfacher macht, ökotoxikologische Methoden in Monitoringprogramme zu integrieren. Dafür entwickelt das Oekotoxzentrum neue Methoden, die den Bedürfnissen von Managern und Entscheidungsträgern gerecht werden. In dieser Ausgabe der Oekotoxzentrum News erfahren Sie mehr über ein umfangreiches Projekt, in dem chemische und ökotoxikologische Methoden zur Überwachung von Oberflächengewässern eingesetzt und miteinander verglichen wurden.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre!

Titelbild: Zur Beurteilung der Gewässerqualität analysieren Anne-Sophie Voisin und Melanie Fasel im Leber- und Gehirngewebe von Bachforellen die Aktivität von Genen, die spezifisch auf Schadstoffe reagieren.  
Foto: Rébecca Beauvais, Oekotoxzentrum

# Biotests und Biomarker zur Beurteilung der Wasser- und Sedimentqualität

**Das Oekotoxzentrum hat zahlreiche Biotests und Biomarker eingesetzt, um die Gewässerqualität an 17 Standorten zu untersuchen. Die ökotoxikologischen Risiken wurden auf Basis der Biotests bestimmt und mit den Risiken verglichen, die auf Basis chemischer Messungen ermittelt wurden. Basierend auf den Ergebnissen schlägt das Zentrum geeignete Methoden für den Routineeinsatz vor.**

Effekt-basierte Methoden wie Biotests und Biomarker werden für die Bewertung der Umweltqualität immer wichtiger. Sie messen integrativ die Wirkung aller Substanzen in einer Umweltprobe und erfassen so auch unbekannte oder nicht gemessene Stoffe. Ausserdem stellen sie eine wichtige Brücke zwischen den vorhandenen Chemikalien und ihren Effekten auf Organismen in der Umwelt dar. Manche Stoffklassen können sie zudem in geringeren Konzentrationen nachweisen als die chemische Analytik. So sind sie eine wichtige Ergänzung zu chemisch-analytischen Messungen.

## Biotestbatterie mit verschiedenen Organismen und Wirkmechanismen

Ökotoxikologische Biotests setzen lebende Zellen, Organismen oder Lebensgemeinschaften von Organismen ein, um zu messen, wie diese auf chemische Stoffe in Umweltproben reagieren. Neben der Sterblichkeit können auch die Entwicklung, das Wachstum oder die Fortpflanzung beeinträchtigt sein. Weil kein einzelner Biotest existiert, der alle möglichen Effekte auf verschiedene Organismen nachweisen kann, ist es sinnvoll, mehrere Tests in einer «Biotestbatterie» zu kombinieren. So werden sowohl verschiedene Wirkweisen von Schadstoffen als auch Wirkungen auf verschiedene Organismengruppen erfasst.

Viele Biotests sind bereits standardisiert. Im Gegensatz dazu ist die Verwendung von Biomarkern noch weniger etabliert, aber eine vielversprechende Methode. Biomarker sind quantifizierbare biologische Reaktionen auf Umweltstress und können auf verschiedenen Ebenen wie zum Beispiel der Genexpression gemessen werden. Sie machen es möglich, viele mögliche Wirkungen etwa auf das Nervensystem oder das Immunsystem zu messen, für die es noch keine Biotests gibt.

Übersicht über die beprobten Standorte und die Arten der Probenahme.



		Gewässer	Wasser	Sediment	Fische	
Landnutzung	Extensiv	Aubonne	X		X	
		Glariseggerbach	X	X	X	
		Hemishoferbach	X	X	X	
		Lochgraben	X	X	X	
		Möhlinbach	X	X	X	
	Landwirtschaft	Le Bainoz			X	
		Beggingerbach	X			X
		Le Combagnou	X			X
		Chrümlisbach	X		X	X
		Eschelisbach	X		X	X
	Landwirtschaft und Urban	Ruisseau de Collonges			X	
		Ruisseau de Gi	X		X	X
		Boiron de Morges	X		X	
		Furtbach	X		X	
		Glatt	X			
		Landgrabe	X		X	
		Urtenen	X		X	

## Grosses Monitoringprojekt

Das Oekotoxzentrum hat sich in drei Projekten dafür engagiert, die Bewertung der Gewässerqualität mit effekt-basierten Methoden zu verbessern. Am Ende soll ein praxistaugliches Verfahren für das Routine-Monitoring der Wasser- und Sedimentqualität mit effekt-basierten Methoden zur Verfügung stehen, das die chemische Analytik ergänzt. Denn eine Gewässerüberwachung, die rein auf chemischen Methoden basiert, kann Lücken aufweisen, da nicht alle relevanten Schadstoffe bekannt sind oder analysiert werden können.

Daher hat das Oekotoxzentrum im Mai und Juni 2021 Wasser- und/oder Sedimentproben von 17 Probenahmestellen im Schweizer Mittelland (siehe Abbildung) mit einer umfangreichen Batterie von meist standardisierten Biotests untersucht. Die meisten

Probenahmestellen sind Standorte der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA. Ein Teil der Standorte wird landwirtschaftlich genutzt, ein Teil landwirtschaftlich und urban, und ein Teil extensiv mit einem hohen Anteil an Wald oder unproduktiven Flächen, die als eher unbelastet gelten. Biomarker wurden in jungen Bachforellen an Standorten mit extensiver und mit landwirtschaftlicher Landnutzung analysiert. Das ökotoxikologische Risiko auf Basis der Biotests und Biomarker wurde mit dem Risiko auf Basis chemischer Messungen verglichen. Die Ergebnisse der Untersuchungen finden Sie in den folgenden Artikeln.

Mehr Informationen: Kienle, C. et al. (2023) Ökotoxikologische Biotests und -marker. Biologische effektbasierte Methoden zur Beurteilung der Wasser- und Sedimentqualität. Aqua & Gas, 103(4), 18–22

# Beurteilung der Wasserqualität mit einer Biotestbatterie

**Eine umfangreiche Studie zur Bestimmung der Wasserqualität in der Schweiz zeigt, dass sich chemische Messungen und Biotests gegenseitig ergänzen. Während Risiken für Fische empfindlicher mit Biotests nachgewiesen wurden, war bei den Risiken für Wirbellose durch Pyrethroid-Insektizide die chemische Analytik die empfindlichere Methode. Das Oekotoxzentrum schlägt eine Biotestbatterie für Routineuntersuchungen vor.**

Seit Jahren bemühen sich Forschende und Behördenmitglieder, ökotoxikologische Methoden in die Routinebewertung der Wasserqualität zu integrieren. Denn diese ergänzen die chemische Analytik und geben wichtige Hinweise auf schädliche Effekte auf Organismen. Zur Bewertung von Wasserproben können Biotests mit einzelligen Organismen oder Zelllinien (*in vitro*) und Biotests mit mehrzelligen Organismen (*in vivo*) eingesetzt werden. *In-vitro*-Biotests reagieren oft spezifisch auf bestimmte Stoffgruppen wie zum Beispiel Herbizide oder hormonaktive Stoffe. Sie erlauben ein kosten- und zeiteffizientes Screening, um das Risiko dieser Stoffgruppen für Umweltorganismen abzuschätzen. Dahingegen reagieren die Testorganismen in *in-vivo*-Biotests auf alle Stoffe in einer Wasserprobe, auf die sie empfindlich sind, jedoch sind häufig keine Rückschlüsse auf die verursachenden Stoffe möglich.

## Studie im Schweizer Mittelland

Da ein einzelner Biotest niemals alle möglichen Effekte auf alle Organismen erfassen kann, ist es sinnvoll, mehrere Tests in einer «Biotestbatterie» zu kombinieren. Das Oekotoxzentrum hat im Mai/Juni 2021 Wasserproben aus 15 Gewässern des Schweizer Mittellandes mit einer umfassenden Biotestbatterie untersucht (siehe S. 3). Insgesamt setzten die Forschenden 14 Biotests ein, die zahlreiche Schadstoffeffekte abdecken (siehe Tabelle). «Die meisten dieser Tests sind standardisiert und vieles sind Kurzzeittests, was sie sehr praxistauglich macht», erläutert Projektleiterin Cornelia Kienle. Parallel dazu wurden die Proben von den kantonalen Gewässerschutzlaboren auf bis zu 206 organische Stoffe analysiert – darunter 114 Pflanzenschutzmittel und 30 Arzneimittel – ebenso wie zahlreiche Metalle und abiotische Parameter.

Um alle gemessenen Effekte in den Biotests zu berücksichtigen, wurden die biologischen Risikoquotienten aller Biotests für jeden Standort aufsummiert (siehe Kasten). «Wir haben zwischen den untersuchten Landnutzungstypen deutliche Unterschiede gesehen», sagt Cornelia Kienle. «Am stärksten war das Risiko für die Standorte mit landwirtschaftlicher und urbaner Nutzung, dann folgten die Standorte mit landwirtschaftlicher und schliesslich die mit extensiver Nutzung.» Die meisten toxischen Effekte gab es beim PXR-CALUX®, dem Fisch-Embryo-Toxizitätstest, dem Test mit Fischzelllinien und dem kombinierten Algentest (Wachstumshemmung). Die chemische Analytik zeigte Risiken an allen drei Standorttypen auf, für die vor allem Insektizide aus der Gruppe der Pyrethroide wie Cypermethrin, Deltamethrin, lambda-Cyhalothrin und Permethrin verantwortlich waren. Überschreitungen von Umweltqualitätskriterien gab es ausserdem für die Insektizide Chlorpyrifos, Fenvalerat, Thiacloprid, Fipronil und Fenoxycarb, für die Herbizide Metazachlor und Propyzamid und für das Schmerzmittel Diclofenac.



Das Wachstum der Algen auf der Mikrotiterplatte wird im Photometer gemessen.

## Hohe Risiken für Wirbellose durch Pyrethroide

Doch wie vergleichen sich nun die Risiken, die auf Basis von Biotests bestimmt werden, mit denen, die auf chemischen Messungen beruhen? An den **extensiv genutzten Standorten** gab weder der biologische noch der chemische Risikoquotient ein Risiko für Pflanzen an. Die chemischen Messungen wiesen auf ein Risiko für Wirbellose hin, für das vor allem die hochgiftigen Pyrethroide verantwortlich waren. «In den Biotests haben wir jedoch keine Effekte auf Wirbellose gesehen», sagt Cornelia Kienle. «Dies liegt daran, dass in den Tests Wasserflöhe verwendet wurden, die nicht so empfindlich auf diese Stoffe reagieren.» Am empfindlichsten wären Amphipoden, für die es aber noch keine standardisierten Biotests gibt. Bei den Risiken für Fische war es umgekehrt: Obwohl die chemischen Messungen nicht auf ein Risiko für Wirbeltiere hindeuten, wurden Effekte auf Fischembryonen beobachtet. Die dafür verantwortlichen Stoffe waren wahrscheinlich durch die chemische Analytik nicht erfasst worden.

Bei den **landwirtschaftlich genutzten Standorten** wiesen die chemischen Messungen auf ein Risiko für Pflanzen und Algen hin, das durch den kombinierten Algentest bestätigt wurde. Bei den Wirbellosen zeigte sich ein ähnliches Bild wie bei den extensiv genutzten Standorten: Auch hier wurde chemisch ein Risiko durch Pyrethroide nachgewiesen, das die Biotests mit den Wasserflöhen nicht bestätigten. Und obwohl auf Basis der chemischen Messungen kein Risiko für Wirbeltiere gefunden wurde, wurden Effekte im Fischembryotest und im Fischzelllinentest nachgewiesen.

Bei den **landwirtschaftlich und urban genutzten Standorten** zeigte die chemische Analytik ein ökotoxikologisches Risiko für alle Organismen an. Während die Effekte auf Pflanzen und Wirbeltiere durch die Biotests bestätigt wurden, zeigte sich erneut kein Effekt auf Wirbellose im Wasserflohtest.

### Vorschlag für Biotestbatterie

Basierend auf dieser Messkampagne schlägt das Oekotoxzentrum folgende Biotests für das Monitoring von Oberflächengewässern vor:

- Zwei bis vier **Reportergentests** (CALUX® Panel) z. B. für oxidativen Stress, östrogene Aktivität und Schadstoffmetabolismus
- Den **kombinierten Algentest** für ein Screening auf Herbizid Effekte. Die Resultate zeigen eine gute Übereinstimmung mit der chemischen Analytik.
- Den **Fischzellinientest und / oder Fischembryo-Toxizitätstest** mit Zebraabräblingen über 120 Stunden. Diese Biotests zeigen Risiken an, die durch die chemischen Messungen bisher übersehen werden.
- Einen **Test mit Wirbellosen**, am besten Krebstieren, da diese in vielen Fällen dem höchsten Risiko ausgesetzt sind. Hierfür kann zum Beispiel der Fortpflanzungstest mit Wasserflöhen verwendet werden, die unter anderem empfindlich auf viele Insektizide reagieren. Für Pyrethroid-Insektizide wären Amphipoden die empfindlichste Gruppe, allerdings gibt es für diese noch keinen standardisierten Biotest. Daher sollten Pyrethroide weiterhin mit der chemischen Analytik erfasst werden.

Abhängig von der spezifischen Fragestellung kann die Testbatterie mit zusätzlichen CALUX®-Tests auf z. B. weitere Hormonwirkungen, die Aktivität von polyfluorierten Alkylverbindungen (PFAS) oder polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) und einem Test auf Gentoxizität erweitert werden. «Das ist vor allem dann sinnvoll, wenn es Hinweise auf das Vorhandensein von solchen Stoffen gibt», sagt Cornelia Kienle.

### Bestimmung von ökotoxikologischen Risiken

Das Risiko für Gewässerorganismen kann entweder auf Basis von Biotests oder von chemisch-analytischen Messungen bestimmt werden.

Um das Risiko **auf Basis von Biotests** zu beschreiben, wird der **biologische Risikoquotient  $RQ_{bio}$**  berechnet. Dabei handelt es sich um das Verhältnis aus dem gemessenen Wert im Biotest und dem jeweiligen effektbasierten Schwellenwert. Dies ist ein spezifischer Wert für jeden Test, unterhalb dessen schädliche Auswirkungen auf Organismen bezüglich des im Test untersuchten Effekts unwahrscheinlich sind. Die  $RQ_{bio}$  werden an jedem Standort für alle Biotests aufsummiert, entweder für Algen, Wirbellose und Fische separat oder für alle Organismen zusammen.

Um das chronische Risiko **auf Basis von chemisch-analytischen Messungen** zu bestimmen, wird der **chemische Risikoquotient  $RQ_{chem}$**  berechnet. Dazu wird die gemessene Konzentration für jede Substanz durch ihr chronisches Umweltqualitätskriterium UQK geteilt. Das UQK ist ein Konzentrationswert, der auf Basis von Daten zur Ökotoxizität einer Substanz bestimmt wird und unterhalb dessen keine toxischen Effekte auf Organismen erwartet werden. Die  $RQ_{chem}$  werden an jedem Standort für alle nachgewiesenen Substanzen aufsummiert, entweder für Pflanzen, Wirbellose und Fische separat oder für alle Organismen zusammen.

Mehr Informationen: Kienle, C., Bramaz, N., Schifferli, A., Olbrich, D., Werner, I., Vermeirssen, E. (2023) Beurteilung der Wasserqualität mit einer Biotestbatterie. *Aqua & Gas* 103(4), 24–33

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

### Angewendete Biotests im Monitoringprojekt

Wirkung	Mechanismus	Test
Zelltoxizität	Schädigung von Zellbestandteilen wie Membranen, Zellkern und Lysosomen	Cytotox-CALUX® (menschliche Zelllinie)
		Test mit Kiemenzellen von Regenbogenforellen (RTgill-W1)
Oxidativer Stress	Zellreaktion auf oxidativen Stress	Nrf2-CALUX®
Schadstoffmetabolismus	Aktivierung der Zellantwort auf verschiedene Fremdstoffe, Wahrnehmung von Fremdstoffen	PAH-CALUX® DR (Dioxin Rezeptor)-CALUX® PFAS-CALUX® PXR-CALUX® (Pregnane X Rezeptor)
Hormonelle Wirkung	Östrogenität Anti-Androgenität	ER-CALUX® Anti-AR-CALUX®
Gentoxizität	Mutagenität	Ames-Fluktuations-Test
Pflanzenwachstum	Herbizide Wirkung	Kombinierter Grünalgentest
Fortpflanzung, Überleben	Nicht spezifisch, Zooplankton	Wasserflohtest Muschelkrebstest
Frühentwicklung, Überleben	Nicht spezifisch, Fisch	Fisch-Embryo-Akut-Toxizität (FET)-Test

# Beurteilung der Sedimentqualität mit einer Biotestbatterie

**Das Oekotoxzentrum schlägt eine Batterie aus drei Biotests vor, um die Qualität von Sedimenten zu bestimmen und die chemische Analytik zu ergänzen. Der Test mit Muschelkreb- sen reagiert besonders empfindlich und ist als Screeningmethode für bio- logische Wirkungen geeignet.**

Sedimente sind ein ökologisch wichtiger Teil der Oberflächengewässer und werden daher auch in der Schweizer Gewässerschutzverordnung berücksichtigt. Obwohl einige Kantone die Sedimentqualität regelmässig überwachen, gibt es hier kein schweizweites Programm. Um die Aktivitäten zu harmonisieren hat das Oekotoxzentrum 2021 eine Strategie zur Überwachung der Sedimentqualität in der Schweiz vorgeschlagen.

Die erste Stufe des Konzepts sieht vor, zahlreiche organische und anorganische Stoffe chemisch zu analysieren und die gemessenen Konzentrationen mit den jeweiligen Sediment-Qualitätskriterien zu vergleichen. Die Sediment-Qualitätskriterien sind Konzentrationen, oberhalb derer ein Risiko für Sedimentorganismen nicht ausgeschlossen werden kann. Werden die Qualitätskriterien überschritten, so sollen als zweite Stufe ergänzende Untersuchungen durchgeführt werden, um die Wirkung der Schadstoffe in Biotests oder die Wirkung auf Lebensgemeinschaften im Sediment zu bestimmen.

Bevor jedoch Biotests in der Routineüberwachung von Sedimenten eingesetzt werden können, muss ihre Empfindlichkeit und Anwendbarkeit systematisch evaluiert werden.

## **Biotestbatterie deckt verschiedene Sedimentorganismen ab**

Daher hat das Oekotoxzentrum die Sedimentqualität an 13 Standorten im Schweizer Mittelland (10 davon Standorte der nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA; siehe Seite 3) mit einer Batterie von drei standardisierten Biotests untersucht. Diese repräsentieren wichtige Organismengruppen im Sediment und decken verschiedene Ernährungsformen und Expositionen ab. Der **Muschelkrebs** lebt auf Sediment und ist ein Primärkonsument. Der **Nematode** lebt im Sediment und repräsentiert die Meiofauna. Die **Zuckmücken** haben sedimentlebende Larven, die sich von Detritus auf der Sedimentoberfläche ernähren. «Als Endpunkte für chronische Wirkungen haben wir Parameter betrachtet, die wichtig für das Funktionieren von Wasserökosystemen sind», erklärt Projektleiterin Carmen Casado-Martinez, «so wie Wachstum, Schlupf oder Vermehrung.»

Um einen Überblick über die chemische Belastung zu erhalten, wurden an den Standorten zahlreiche Metalle und organische Mikroverunreinigungen wie Pestizide,

polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polyzyklische Biphenyle (PCB), Flammschutzmittel, UV-Filter und Duftstoffe analysiert. Die Forschenden berechneten das ökotoxikologische Risiko auf Basis der Biotests und verglichen es mit dem Risiko, das auf Basis der chemischen Analytik berechnet wurde (ähnliche Methodik wie im Kasten auf S. 5 beschrieben).

## **Effekte in Biotests ergänzen chemische Analytik**

An 12 von 13 Standorten wurden toxische Effekte mit mindestens einem Biotest festgestellt. Dabei wurden an Standorten mit landwirtschaftlicher oder landwirtschaftlicher und urbaner Nutzung häufigere und grössere Effekte gefunden als an Standorten mit extensiver Nutzung. «Die Risikobewertung aufgrund der chemischen Analysen hat diese Einschätzung bestätigt», sagt Carmen Casado-Martinez. Die Qualitätskriterien für PAK und PCB wurden an vielen Standorten überschritten. Das Risiko durch Pestizide war an den landwirtschaftlichen und den landwirtschaftlich und urban genutzten Standorten höher als an den extensiv genutzten Standorten. Am häufigsten wurden die Qualitätskriterien dabei durch das Insektizid Chlorpyrifos überschritten. Auch einige Pyrethroide, das Insektizid Methoxychlor und das Neonicotinoid Thiachloprid stellten ein Problem dar. «Die Qualitätskriterien für viele Stoffe sind jedoch noch mit Unsicherheiten behaftet, weil es zu wenig ökotoxikologische Daten gibt», räumt Carmen Casado-Martinez ein. «Die Qualitätskriterien sollten für ein Screening verwendet und durch biologische Untersuchungen ergänzt werden.» Das Risiko durch Metalle war an den landwirtschaftlich und urban genutzten Standorten am höchsten.

## **Muschelkrebstest reagiert besonders empfindlich**

Am empfindlichsten reagierte der Biotest mit den **Muschelkrebsen**: Hier wurde in rund drei Viertel der Proben das Wachstum der Tiere verringert und in dreien die Sterblichkeit erhöht. An den Standorten mit erhöhter Sterblichkeit war auch das ökotoxikologische Risiko aufgrund der chemisch nachgewiesenen Schadstoffe an höchsten. «Der Schwellenwert für Wachstumstoxizität wurde sehr häufig überschritten, so dass dieser Wert mit mehr Messdaten überprüft und gegebenenfalls angepasst werden sollte», sagt Carmen



Die Belastung von Sedimenten kann die Gewässerqualität beeinträchtigen.

Casado-Martinez. Frankreich, Italien und Belgien empfehlen den Muschelkrebstest bereits in Programmen zur Bewertung von Sedimenten, so dass bald mehr Messdaten zur Verfügung stehen sollten.

Der Test mit den **Zuckmückenlarven** wies Effekte an einem landwirtschaftlich genutzten und einem landwirtschaftlich und urban genutzten Standort nach. Zuckmücken werden häufig bei der regulatorischen Bewertung von Pflanzenschutzmitteln und kontaminierten Sedimenten verwendet. «Unser Projekt hat gezeigt, dass der Biotest mit Zuckmücken den Test mit Muschelkrebsen gut ergänzt», sagt Carmen Casado-Martinez.

Im Biotest mit **Nematoden** wurde keines der untersuchten Sedimente als toxisch eingestuft, obwohl Wachstum und Vermehrung

der Tiere im Vergleich zu den Kontrollen deutlich verringert wurden. Frühere Studien haben gezeigt, dass dieser Test toxische Effekte an Standorten mit verschiedenen Belastungen anzeigt.

Werden Sediment-Qualitätskriterien überschritten, so sollten laut Bewertungskonzept des Oekotoxizentrums zusätzliche Untersuchungen mit biologischen Systemen durchgeführt werden. Hier überschritt an fast allen Standorten mindestens ein Stoff das Qualitätskriterium. An den landwirtschaftlich genutzten Standorten, an denen die traditionell in Sedimenten analysierten Schadstoffe wie PAK, PCB oder Metalle nur selten die Qualitätskriterien überschritten, fanden die Forschenden in den Biotests dennoch eine schlechte Sedimentqualität. Daher könnten Biotests mit Muschelkrebsen als Screening-Methode

dazu beitragen, belastete Standorte für weitere Untersuchungen zu priorisieren. Diese können beispielsweise chemische Analysen von Stoffgruppen sein, die nicht routinemässig überwacht werden (z. B. Pestizide), oder zusätzliche biologische Methoden.

**Mehr Informationen:** Casado-Martinez, M.C., Beauvais, R., Ferrari, B., Cirelli, S., Schaad, E.J., Chiaia-Hernandez, A., Höss, S., Loizeau, J.-L. (2023) *Évaluation de la qualité des sédiments. Projet pilote d'application d'une batterie de bioessais à l'échelle nationale.* Aqua & Gas 103(4), 34–41

**Kontakt:** Carmen Casado-Martinez  
carmen.casado@centreecotox.ch

## Beurteilung der Gewässerqualität mit Biomarkern in Bachforellen

**Biomarker weisen Effekte von Schadstoffen auf Wildtiere frühzeitig und empfindlich nach und ergänzen chemische Messungen. Weitere Untersuchungen zur natürlichen Variabilität der Methode sind notwendig.**

Methoden, die biologische Effekte messen, sind wichtig zur Beurteilung der Gewässerqualität. Sie stellen nämlich eine Verbindung zwischen den Schadstoffmischungen in der Umwelt und ihrer Wirkung auf Wasserorganismen dar. Neben Biotests spielen hier Biomarker eine wichtige Rolle, also quantifizierbare biologische Reaktionen auf Umweltstress. Biomarker ermöglichen es, ein grosses Spektrum an Wirkungen zu messen wie zum Beispiel Neurotoxizität oder Immuntoxizität, die teilweise noch nicht durch Biotests abgedeckt sind. Hier wurden Biomarker in wildlebenden Fischen betrachtet: Sie spiegeln den Gesundheits-

zustand der Tiere wider und weisen auf die Art der Stressfaktoren hin, denen die Tiere ausgesetzt sind.

Als erste Reaktion einer Zelle nach einer Belastung durch Schadstoffe verändert sich ihre Genexpression. Veränderungen in der Genexpression können als molekulare Biomarker dienen, um Effekte empfindlich und frühzeitig zu erkennen. Bei Fischen reagieren die frühen Lebensformen besonders empfindlich, diese leben zudem im Frühling und Frühsommer, also zur gleichen Zeit, in der auch Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden.

**Fast 100 Biomarker in Leber und Gehirn**  
«Wir haben in diesem Projekt 96 Biomarker in Bachforellen ausgewählt mit dem Ziel, Effekte von Schadstoffen – besonders Pflanzenschutzmitteln – zu erkennen», sagt Projektleiterin Anne-Sophie Voisin. Die

Biomarker decken viele biologische Prozesse ab wie die Umwandlung von Schadstoffen, oxidativen Stress durch reaktive Sauerstoffformen, Effekte auf das Immun- und das Nervensystem, Effekte auf das Hormongleichgewicht oder allgemein Effekte auf Zellen. Die Biomarker wurden auf Bachforellen aus 10 Flüssen im Schweizer Mittelland angewendet – nämlich 5 Standorten mit landwirtschaftlicher Nutzung und 5 mit extensiver Nutzung (siehe S. 3). «Die Fischereiaufseher der Kantone haben für uns in diesen Gewässern Jungfische gefangen», erklärt Anne-Sophie Voisin. «Von diesen Fischen haben wir Leber und Gehirn seziiert, die RNA extrahiert und diese anschliessend nachgewiesen.» Während in der Leber toxische Substanzen verstoffwechselt und umgewandelt werden, zeigen sich im Gehirn neurotoxische Effekte. Parallel dazu wurden in den Wasserproben zahlreiche Schadstoffe chemisch analysiert.



Die Bachforellen für die Untersuchungen wurden mit Hilfe von Mitarbeitern der kantonalen Fischereiaufsicht gefangen. Im Bild Stefan Eglauf und Roman Niedermann von der Fischereiaufsicht Thurgau beim Elektrofischen im Eschelisbach.

### Teils gute Übereinstimmung mit chemischen Analysen

«Besonders viele Effekte auf die Genexpression haben wir an den landwirtschaftlichen Standorten gefunden, aber auch an den extensiv genutzten Standorten», berichtet Projektleiterin Anne-Sophie Voisin. «Das waren zum Beispiel Effekte auf die Biotransformation, das Immunsystem, das Nervensystem oder den Lipidstoffwechsel und Reaktionen auf oxidativen Stress.» Die chemische Analyse ergab an nur einem Standort ein hohes chronisches Risiko für Wirbeltiere, und zwar aufgrund der hohen Konzentration des Pyrethroid-Insektizids Deltamethrin. An diesem Standort zeigten die Biomarker Effekte auf das Hormonsystem und den Lipidstoffwechsel und eine mögliche Reifverzögerung an, so dass hier die chemische Analytik und die Biomarker-Resultate übereinstimmten.

«Wir haben aber auch an anderen Standorten Effekte gefunden, an denen die chemische Analyse nicht auf ein Risiko für Wirbeltiere hinwies», sagt Anne-Sophie Voisin. An drei dieser Standorte wurden Insektizide in Konzentrationen nachgewiesen, die chronische Effekte auf Wirbellose erwarten liessen. Effekte auf Wirbellose können natürlich auch direkt oder indirekt Auswirkungen auf

die Fische nach sich ziehen. An mehreren Standorten wurde zudem eine erhöhte Konzentration an Kupfer gefunden, an je einem Standort auch zu viel Zink oder Nitrat. Teilweise gab es eine gute Übereinstimmung der chemischen Analyse mit den Biomarker-Resultaten, teilweise nicht.

### Referenzwerte müssen bestimmt werden

Die Analyse von Biomarkern in Wildorganismen bringt einen Mehrwert zur chemischen Analyse. Die Tiere sind nämlich allen Umweltbedingungen und -faktoren ausgesetzt. «Wenn wir verschiedene Ansätze kombinieren – zum Beispiel chemische Analyse und Biomarker – erhöht das die Wahrscheinlichkeit dafür, ökotoxikologische Risiken zu erkennen», sagt Anne-Sophie Voisin. Die Biomarker-Methode ist geeignet für einen Einsatz in der Routineüberwachung von Gewässern und hat ein Potential dazu, «Hot Spots» und relevante Stressfaktoren zu identifizieren. Es braucht jedoch noch weitere Entwicklungsarbeit.

«Ein Problem ist, dass es noch keine Referenzwerte für Biomarker gibt, die angeben, ab welcher Schwelle ein Effekt als toxisch gilt», räumt Anne-Sophie Voisin ein. «Die extensiv genutzten Standorte waren auch mit Metallen und Pestiziden belastet und

daher nicht zur Bestimmung von Referenzwerten geeignet.» Referenzwerte sind notwendig, um Unterschiede in der Genexpression, die tatsächlich aus Stress resultieren, von solchen zu trennen, die auf natürlichen Variationen im Lebensstadium, genetischen Faktoren oder abiotischen Faktoren beruhen. Dafür müsste man Biomarker und Störfaktoren an vielen Standorten analysieren und die Resultate vergleichen. «Wenn dieser Schritt erreicht ist, kann das volle Potential von Biomarkern ausgeschöpft werden», so Voisin.

Mehr Informationen: Voisin, A.-S., Fasel, M., Beauvais, R., Kienle, C., Ferrari, B., Werner, I. (2023) Biomarqueurs moléculaires.

Application pour la surveillance de la qualité de l'eau avec la truite de rivière.

Aqua & Gas 103(4), 42–48

Kontakt: Anne-Sophie Voisin

anne-sophie.voisin@oekotoxzentrum.ch



# Strengere Kontrolle von Oberflächengewässern in der EU

## In der EU sollen zusätzliche und strengere Grenzwerte für zahlreiche Substanzen in Oberflächengewässern gelten. Ausserdem werden Summengrenzwerte für Pestizide und PFAS vorgeschlagen sowie Grenzwerte für PFAS in Fischen.

Die Europäische Kommission möchte die Liste der Wasserschadstoffe aktualisieren, die in Oberflächengewässern und Grundwasser strenger kontrolliert werden müssen – dies auf Grundlage der aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse. Daher hat sie einen Vorschlag zur Anpassung der EU-Wasserrahmenrichtlinie veröffentlicht.

### Liste der prioritären Substanzen wird erweitert

25 Stoffe bzw. Stoffgruppen, deren problematische Auswirkungen auf die Natur und die menschliche Gesundheit gut dokumentiert sind, werden neu in die Liste der prioritären Substanzen aufgenommen, für die EU-weite Umweltqualitätsnormen (EQS, environmental quality standards) gelten. Dazu gehören

- **Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS)**, eine grosse Gruppe von «ewigen Chemikalien», die unter anderem in Kochgeschirr, Bekleidung und Möbeln, Löschschaum und Körperpflegemitteln verwendet werden,
- zahlreiche **Pestizide** wie Glyphosat, die Pyrethroide Bifenthrin, Deltamethrin, Esfenvalerat und Permethrin, die Neonicotinoide Acetamiprid, Clothianidin, Imidacloprid (bereits in der Schweizerischen Gewässerschutzverordnung GSchV geregelt), Thiocloprid (bereits in der GSchV) und Thiamethoxam (bereits in der GSchV), das Herbizid Nicosulfuron (bereits in der GSchV), Triclosan sowie Pestizid-Transformationsprodukte,
- **Bisphenol A**, ein Weichmacher und Bestandteil von Kunststoffverpackungen,
- die **Hormone** 17-Alpha-Ethinylestradiol (EE2, synthetisch) und Beta-Estradiol (E2, natürlich), die Antibiotika Azithromycin und Clarithromycin (beide schon in der GSchV) und die **Schmerzmittel** Diclofenac (bereits in der GSchV) und Ibuprofen.

Gleichzeitig wurden 4 Stoffe, die keine EU-weite Bedrohung mehr darstellen, von der Liste der prioritären Substanzen entfernt. Neu enthält diese 66 Stoffe bzw. Stoffgruppen. Das Oekotoxzentrum hat sich an der Erarbeitung der neuen EQS beteiligt.

Darüber hinaus werden die EQS für 16 Schadstoffe, die bereits unter die Vorschriften fallen, darunter Schwermetalle und Industriechemikalien, aktualisiert (meist verschärft). Verschärft wurden unter anderem die Normen für Chlorpyrifos und Diuron, die auch in der Gewässerschutzverordnung geregelt sind. Für Grundwasser gibt es neue Anforderungswerte für nicht-relevante Metaboliten von Pestiziden. Dabei wird neu auch die Verfügbarkeit von Daten zur Toxizität mitberücksichtigt.

### Neue Summengrenzwerte für Pestizide und PFAS

In den neuen Vorschriften werden ausserdem die kumulativen oder kombinierten Auswirkungen von Stoffgemischen anerkannt und so der Fokus erweitert, der zurzeit noch auf einzelnen Stoffen

liegt. So wird eine Summenanforderung für die Gruppe der PFAS vorgeschlagen, die sich auf ihre relative Toxizität in Bezug auf die Referenzsubstanz Perfluoroktansäure (PFOA) bezieht. Der neue EQS gilt für die Summe von 24 PFAS. Ebenfalls wird eine Summenanforderung für Pestizide und deren relevante Metabolite vorgeschlagen: Diese Stoffe sollen eine Konzentrationssumme von 0.5 µg/L nicht überschreiten.

Die Wasserrahmenrichtlinie selbst soll schneller an neue Erkenntnisse angepasst werden können. Dazu soll die Erarbeitung der EQS neu von der Europäischen Chemikalienagentur ECHA geleitet werden. In Zukunft soll weiterhin die Liste der prioritären Substanzen nicht mehr von allen Mitgliedsstaaten verabschiedet werden müssen. Die vorgeschlagenen Anpassungen in der Wasserrahmenrichtlinie könnten Mitte 2024 in Kraft treten.

Unabhängig davon hat die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA für vier PFAS neue Rückstandshöchstgehalte in Lebensmitteln erarbeitet – dies auch für wildgefangene Fische, die für den Verzehr bestimmt sind. Es gelten unterschiedliche Höchstwerte je nach Stoff, aber auch je nach Fischart und Zielgruppe. Für den Verzehr durch Babys und Kleinkinder gibt es die strengsten Anforderungen.

Mehr Informationen zu den Anpassungen in der Wasserrahmenrichtlinie: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP\\_22\\_6278](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_22_6278)

Mehr Informationen zu den neuen Höchstgehalten der EFSA für PFAS in Fischen: [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/11659-Food-safety-maximum-levels-of-perfluorooctane-sulfonic-acid-and-perfluorooctanoic-acid-in-food\\_en](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/11659-Food-safety-maximum-levels-of-perfluorooctane-sulfonic-acid-and-perfluorooctanoic-acid-in-food_en).

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



Nur wenn Gewässer in Zukunft weniger belastet werden, können die Ziele der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie – nämlich der gute Zustand von Oberflächengewässern und Grundwasser – erreicht werden.

# Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum



## Das Oekotoxzentrum besucht den Kanton Waadt

Mit massgeschneiderten Kursen gibt das Oekotoxzentrum seine Expertise an Kantone weiter, die dies wünschen: So hat es im Januar 2023 bei der Direction générale de l'environnement des Kantons Waadt zahlreichen Fachleuten anhand von Fallbeispielen gezeigt, wie sich Biotests einsetzen lassen, um die Qualität von Oberflächengewässern, Sedimenten und Böden zu beurteilen. In den anschliessenden Diskussionen wurden Fragen beantwortet und Möglichkeiten für gemeinsame Projekte besprochen. Wenn Sie an ähnlichen Kursen interessiert sind, zögern Sie nicht, uns zu kontaktieren.

Kontakt: Benoît Ferrari, benoit.ferrari@centreecotox.ch



## Oekotoxzentrum geht dem Fischrückgang in der Schüss auf den Grund

Die Schüss ist eines der Leuchtturm-Gewässer im Kanton Bern. Im sommerkühlen, produktiven Juragewässer konnte sich im Gegensatz zu den meisten Mittellandgewässern ein überdurchschnittlicher Bachforellenbestand halten. Nun gibt es besorgniserregende Signale: Der Laichfischfang vom Herbst 2022 war so schlecht wie nie in den letzten 25 Jahren. Und nach einem Vergiftungsereignis mit Fischsterben im Jahr 2019 erholt sich der Fischbestand unterhalb der ARA Villeret nicht erwartungsgemäss. Auch die Anzahl der Kleintiere und der Bewuchs mit Biofilmen am Gewässerboden sind stark zurückgegangen. Eine Ursache dafür könnte die ungenügende Reinigungsleistung der ARA sein. Diese führte in den vergangenen Jahren zeitweise zu hohen Belastungen des Abflusses mit Ammonium und Nitrit, die für Fische und Organismen am Gewässerboden wie zum Beispiel Bachflohkrebse toxisch sein können.

Um die Belastung der Schüss abschätzen zu können, untersucht das Oekotoxzentrum derzeit im Auftrag des Fischereinspektorats des Kantons Bern Wasser und Sediment von oberhalb und unterhalb der ARA mit verschiedenen ökotoxikologischen Testsystemen. Dies soll dabei helfen, eine mögliche Toxizität für Fische und auch für deren Nahrungsquellen wie Kleintiere zu ermitteln.

Kontakt: Sibylle Maletz, sibylle.maletz@oekotoxzentrum.ch



## Neue Berichte zur Bestimmung von ökotoxikologischen Referenzwerten für Böden

Im Rahmen des Aktionsplans Pflanzenschutzmittel (PSM) des Bundes wird derzeit ein Langzeitmonitoring für PSM-Rückstände in Böden entwickelt. Um diese Rückstände zu bewerten, braucht es Referenzwerte, die ihr ökotoxikologisches Risiko berücksichtigen – die Bestimmung solcher Werte ist allerdings sehr komplex und die Methodik noch ungenügend etabliert. In zwei neuen Berichten gibt das Oekotoxzentrum einen Überblick über mögliche Methoden, die zur Bestimmung von risikobasierenden Referenzwerten für PSM in Böden zur Verfügung stehen, und empfiehlt ein geeignetes Vorgehen für die Bestimmung solcher Referenzwerte für PSM-Rückstände auf Anbauflächen.

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



### Dialogtag des Oekotoxentrums

Am Donnerstag, den 31. August 2023 laden wir Sie nach Solothurn zum Dialogtag des Oekotoxentrums ein (zweisprachig Deutsch/Französisch mit Simultanübersetzung).

Die zunehmende Zahl an Chemikalien in Gewässern, Sedimenten und Böden macht es immer wichtiger, ihr Risiko zu bewerten und ihre Folgen für die Qualität der Ökosysteme zu verstehen. Um dies zu erreichen eignen sich besonders gut Methoden zur ökotoxikologischen Risikobewertung und effektbasierte Methoden aus dem Bereich der Ökotoxikologie – also *In-vitro*- und *In-vivo*-Biotests und Biomarker. Das Oekotoxzentrum arbeitet daran, diese Methoden für eine Anwendung in der Praxis zu erproben und weiterzuentwickeln und so die Bedürfnisse der Schweiz in angewandter Ökotoxikologie zu erfüllen. An seinem Dialogtag informiert Sie das Oekotoxzentrum zunächst morgens über aktuelle Projekte. Am Nachmittag gibt es Diskussionsplattformen, um sich mit anderen Fachpersonen zu aktuellen Themen auszutauschen. Wir freuen uns darauf, Sie in Solothurn zu begrüßen. Reservieren Sie sich den 31. August 2023, mehr Informationen finden Sie demnächst auf unserer Webseite.

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

### Aktivitäten zum Thema Risikokommunikation

Das Oekotoxzentrum bewertet Chemikalien auf der Basis von ökotoxikologischen Daten und schätzt das Umweltisiko ab, das von den Stoffen ausgeht. Doch für den Dialog mit der Politik und der Gesellschaft ist es nicht nur wichtig, Risiken zu bewerten, sondern auch diese Risiken zu kommunizieren. Nur so lassen sich Risikobewusstsein und -verständnis schaffen. Ein Ziel ist es, die Risikowahrnehmung zu verbessern, da häufig ein grosser Unterschied zwischen Wissenschaft und Bevölkerung besteht. Besonders Personen aus der Verwaltung, von Verbänden, Organisationen und Medien sind hier regelmässig gefordert. Im November 2022 hat das Oekotoxzentrum daher rund 20 Fachleute mit unterschiedlichem Hintergrund zusammengebracht, um sich über die Erfahrungen und Herausforderungen in diesem Bereich auszutauschen. Momentan bereitet das Oekotoxzentrum Folgeveranstaltungen auf Deutsch und Französisch zur Risikokommunikation über PFAS vor.

Kontakt: Alexandra Kroll, [alexandra.kroll@oekotoxzentrum.ch](mailto:alexandra.kroll@oekotoxzentrum.ch)

### SETAC GLB Tagung 2023 in Muttenz

Das Oekotoxzentrum beteiligt sich an der Organisation der gemeinsamen Jahrestagung der SETAC GLB und der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie, die vom 11.–13. September 2023 in Muttenz stattfindet. Die Tagung steht unter dem Motto «Gemeinsam gegen die globale Umweltverschmutzung: Bildung und Forschung für saubere Lösungen».

Welche Auswirkungen haben verschiedene Chemikalien auf Menschen, Organismen und ganze Ökosysteme? Zur Beantwortung dieser Frage müssen geeignete Methoden entwickelt, optimiert und angewendet werden und Risiken bewertet werden, um Schäden zu vermeiden oder zu beheben. Um dies zu ermöglichen, müssen angewandte Lösungen in Zusammenarbeit mit allen Beteiligten entwickelt werden. In diesem Sinne steht die Tagung im Zeichen der Gemeinsamkeit: Wir wollen die Vernetzung und Ausbildung von Experten fördern, um nachhaltige Lösungen gegen die globale Umweltverschmutzung unserer Zukunft zu finden.

[www.setac-glb.de](http://www.setac-glb.de)



### Auswahl von Bioindikatoren zum Schutz der Bodenfruchtbarkeit

Im Rahmen des Aktionsplans Pflanzenschutzmittel wählt das Oekotoxzentrum derzeit geeignete Bioindikatoren aus, um die Qualität von Landwirtschaftsböden zu bewerten. Dafür hat es zunächst die wichtigsten Organismen identifiziert, die einen Einfluss auf die Ökosystemfunktionen des Bodens haben und so die Bodenfruchtbarkeit beeinflussen: Mehr Informationen dazu finden Sie auf unserer Webseite in einem neuen Bericht.

Um die Bedeutung der verschiedenen Ökosystemfunktionen für die Bodenfruchtbarkeit zu bewerten, werden auch verschiedene Stakeholder aus der Landwirtschaft befragt und tragen so zur Priorisierung der Bodenorganismen bei. Für die am höchsten priorisierten Bodenorganismen wählt das Oekotoxzentrum zusammen mit internationalen Experten biologische Indikatormethoden aus. Dabei kann es sich sowohl um Labortests mit Feldproben als auch um strukturelle und funktionelle Feldmessungen handeln. Die ausgewählten Bioindikatoren werden in Pilotstudien untersucht, um ihre Empfindlichkeit gegenüber Pflanzenschutzmitteln zu testen und ihre praktische Anwendbarkeit zu bewerten.

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

Kontakt: Mathieu Renaud, [mathieu.renaud@centreecotox.ch](mailto:mathieu.renaud@centreecotox.ch)

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

## **Mikroplastik schädigt Darmmikrobiom von Meeresvögeln**

Mikroplastik verunreinigt Ökosysteme weltweit und kann von Organismen aufgenommen werden. Eine neue Studie macht deutlich, dass auch kleine Konzentrationen an Mikroplastik, wie sie in der Umwelt gefunden werden, die Darmflora von Vögeln schädigen können. Dies zeigen Forschende an zwei Arten von wildlebenden Meeresvögeln, die chronisch Mikroplastik aufnehmen: Die aufgenommene Menge an Mikroplastik im Darm korrelierte bei ihnen signifikant mit der mikrobiellen Vielfalt und Zusammensetzung des Darmmikrobioms. Je mehr Mikroplastik sich im Darm der Tiere befand, desto weniger «gute» Mikroben gab es und desto mehr Krankheitserreger und antibiotikaresistente oder kunststoffabbauende Mikroben.

Fackelmann, G. et al. (2023) Current levels of microplastic pollution impact wild seabird gut microbiomes. *Nat. Ecol. Evol.*  
<https://doi.org/10.1038/s41559-023-02013-z>

## **Wirkungen von Nanoplastik auf Umwelt und Mensch**

Ein neuer EU-Bericht stellt den aktuellen Stand des Wissens zu Nanoplastik vor und beschreibt dessen Erkennung, Bewertung und Überwachung, die Auswirkungen auf die Umwelt, die Ökotoxizität sowie die möglichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Die Analyse von Nanoplastik bleibt eine Herausforderung, doch es ist klar, dass die Partikel in der Umwelt vorkommen. Durch ihre geringe Grösse sind sie in der Lage, biologische Membranen zu überwinden und in Blut und Gehirn zu gelangen. Auch wenn noch wenig über die Effekte von Nanoplastik bekannt ist, wurden bereits verschiedene Wirkungen auf unterschiedliche Arten beschrieben. Wechselwirkungen mit anderen organischen Stoffen in der Umwelt führen zu einer Beschichtung der Partikel, die ihre Eigenschaften und ihre Toxizität verändern kann.

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a9088790-ace5-11ed-8912-01aa75ed71a1>

## **Düngemittel und Pestizide verringern die Bestäubung durch Bienen**

Forschende haben herausgefunden, dass Bestäuber seltener auf Blumen landen, die mit Düngemitteln oder Pestiziden besprüht wurden. Dies deshalb, weil die Stoffe das natürliche elektrische

Feld einer Pflanze verändern. Bienen und andere Bestäuber können diese Veränderungen im elektrischen Feld rund um die Blüte erkennen. Obwohl sich Bienen bei der Suche nach Nektar und Pollen in der Regel auf ihren Seh- und Geruchssinn verlassen, sind sie auch auf elektrische Signale angewiesen. Diese werden von Ionen erzeugt, die sich durch die Pflanzenzellen bewegen. Anhand der elektrischen Signale bestimmen die Bienen, welche Blüten es wert sind, angefliegen zu werden. Pestizide und Düngemittel lösen jedoch eine Stressreaktion in der Pflanze aus, die diese unsichtbaren elektrischen Signale verändert.

Hunting, E.R. et al. (2023) Synthetic fertilizers alter floral biophysical cues and bumblebee foraging behavior, *PNAS Nexus* 1 (8)  
<https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgac230>

## **Süsswasserfische in den USA mit PFAS belastet**

Eine neue Studie zeigt, dass Süsswasserfische in den USA hohe Mengen an giftigen per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) enthalten. Diese extrem langlebigen Stoffe werden in zahlreichen Alltagsprodukten eingesetzt. Die Forscher werteten PFAS-Daten aus über 500 Fischen aus, die durchschnittlich 9,5 ppb PFAS – in den Grossen Seen 11,8 ppb PFAS – enthielten. Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) war mit durchschnittlich 74 % der Gesamtmenge das am häufigsten gefundene PFAS. Die PFAS-Konzentrationen in Schweizer Fischen bewegen sich im gleichen Grössenbereich. In der EU haben Deutschland, Dänemark, Schweden, Norwegen und die Niederlande vorgeschlagen, die Verwendung der gesamten Stoffgruppe zu verbieten.

Barbo, N. et al. (2023) Locally caught freshwater fish across the United States are likely a significant source of exposure to PFOS and other perfluorinated compounds. *Env. Res.* 220, 1 March 2023, 115165

## **Ökosystemleistungen brauchen Biodiversität**

Die Natur erbringt unverzichtbare Leistungen von hohem ökologischem, wirtschaftlichem und gesellschaftlichem Wert – sogenannte Ökosystemleistungen. Eine neue Studie zeigt, dass für Ökosystemleistungen auf Grünlandflächen sowohl die kleinräumige Pflanzenvielfalt auf einer Parzelle als auch die grossräumige Pflanzenvielfalt in der Umgebung der Parzelle eine wichtige Rolle spielen. Die Pflanzenvielfalt in der Umgebung fördert dabei die Ökosystemleistungen sowohl direkt durch das Einwandern von Organismen als auch indirekt durch den Erhalt der Pflanzenvielfalt auf der Parzelle. Die Studie zeigt, welche Ökosystemleistungen am stärksten von der Biodiversität abhängen und auf welchen Ebenen die Biodiversität diese Leistungen beeinflusst. Diese Informationen helfen für das Management der Biodiversität in Agrarlandschaften. Le Provost, G. et al. (2023) The supply of multiple ecosystem services requires biodiversity across spatial scales. *Nat. Ecol. Evol.* 7, 236–249

### **Impressum**

**Herausgeber:** Oekotoxzentrum

Eawag  
Überlandstrasse 133  
8600 Dübendorf  
Schweiz  
Tel. +41 58 765 5562  
Fax +41 58 765 5863  
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

**Redaktion:** Anke Schäfer, Oekotoxzentrum

**Copyright:** © Die Texte und die nicht anders markierten Fotos unterliegen der Creative-Commons-Lizenz «Namensnennung 4.0 International». Sie dürfen unter Angabe der Quelle frei vervielfältigt, verbreitet und verändert werden. Weitere Informationen zur Lizenz finden Sie unter <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

**Fotos:** Oekotoxzentrum, Bundesamt für Landestopographie (S. 3), Daniel Bernet, Kanton Bern (S. 10), Pixabay (S. 11)

**Erscheinungsweise:** zweimal jährlich

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

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