

# oekotoxzentrum news

**30. Ausgabe Mai 2025**

Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie



Warum verschwanden  
die Forellen im Ruisseau  
des Marais? S. 3

Früherkennung für Abwasser-  
reinigungsanlagen S. 4

Regenwürmer meiden  
Reifenabrieb S. 6

Bewertung der Wasserqualität  
im Genfersee S. 8

Oekotoxzentrum an der  
EPFL – im Gespräch mit  
Christof Holliger S. 9

# Fische weiterhin unter Druck



**Dr. Etienne Vermeirssen, Stellvertretender Leiter des Oekotoxenzentrums**

In dieser Ausgabe stellen wir gleich zwei Projekte vor, die sich direkt mit dem Thema Fischtoxizität befassen: dem ungeklärten Rückgang der Fischbestände im Fluss Marais im Kanton Genf und einer bislang nicht erklärten Fischtoxizität im Genfersee. Doch das sind nicht die einzigen aktuellen Projekte des Oekotoxenzentrums zum Thema Fisch. So haben wir uns vor kurzem mit einem Fischrückgang in der Schüss und mit dem anhaltenden Fischsterben in der Thur beschäftigt. All dies zeigt: Fischpopulationen stehen weiterhin stark unter Druck, auch 25 Jahre nach dem Fischnetz-Projekt.

Die Ursachen für die Probleme bei den Fischen sind oft nicht eindeutig – sie sind wahrscheinlich vielfältig und multifaktoriell. Ein zentraler Fokus bleibt die Belastung der Fische durch Chemikalien. So waren wir überrascht, dass wir 2022 Nagergifte in der Leber von Fischen nachweisen konnten, sogar in Felchen aus den Bodensee. Auch unsere Arbeiten zur Wirkung von Reifenabrieb auf Regenwürmer haben einen klaren Bezug zu Fischen. Denn die Erkenntnis aus dem Jahr 2020, dass das Sterben von Silberlachsen in Kalifornien nach Starkregen auf Abbauprodukte von Chemikalien aus Autoreifen zurückzuführen ist, war der Auslöser für zahlreiche Forschungsprojekte zu diesem Thema – und erweiterte das Spektrum der bekannten Belastungen auf Fische.

Die vielfältige Fischthematik, mit der wir uns am Oekotoxenzentrum befassen, versetzt mich immer wieder an den Anfang meiner Doktorarbeit zurück, als ich über Pheromone bei Fischen forschte. Das Labor in England, an dem ich beschäftigt war, publizierte damals gerade die ersten Studien, die einen Zusammenhang zwischen der Anwesenheit von Östrogenen im Abwasser und einer Verweiblichung bei männlichen Fischen zeigten. Diese Beobachtungen wurden später weltweit bestätigt und trugen, gemeinsam mit Erkenntnissen zu endokrin wirksamen Substanzen, dazu bei, dass problematische Stoffe wie Nonylphenol und Bisphenol A verboten wurden. Das Hormon-Fisch-Thema war auch ein treibender Faktor für milliardenschwere Investitionen in den Ausbau von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) in der Schweiz. Das Interesse an hormonell aktiven Substanzen in unseren Gewässern ist weiterhin hoch – auch bei jungen Menschen. So unterstützen wir in diesem Jahr gleich drei Maturaarbeiten zu diesem Thema.

Im Bereich hormonwirksame Substanzen arbeiten wir am Oekotoxenzentrum weiterhin an vielfältigen Projekten. Neben dem Einsatz von Biotests zur Erfassung hormoneller Effekte im Genfersee und im Ruisseau des Marais erforschen wir gemeinsam mit der EPFL Alternativen zu Bisphenol A – etwa für Thermopapier in Kassenzetteln oder in Epoxidharzen. Darüber hinaus sind wir seit Langem in die internationale Standardisie-

rung von Biotests zum Nachweis hormoneller Wirkungen involviert. Aktuell liegt unser Fokus auf der Validierung solcher Tests, um sie künftig in die EU-Wasserrahmenrichtlinie integrieren zu können. Zwar liegt noch viel Arbeit vor uns, doch wichtige Fortschritte sind erkennbar: Mit dem ARA-Ausbau wurden bereits effektive Lösungen zur Entfernung von Mikroverunreinigungen umgesetzt, die auch die Entfernung von hormonwirksamen Substanzen stark verbessern. Zudem besteht ein grosses Interesse daran, problematische Chemikalien durch weniger bedenkliche Alternativen zu ersetzen und diese systematisch zu testen.

Meine Schlussworte richten sich an Christof Holliger, der nach vielen Jahren wertvoller Arbeit als wichtige Stütze des Oekotoxenzentrums – fast von Anfang an – in den Ruhestand gegangen ist. Christof, heel hartelijk bedankt für deine unzähligen wertvollen Inputs!

**Titelbild:** Im Ruisseau des Marais ist die Zahl der Bachforellen stark zurückgegangen. Um die Ursachen für den Rückgang zu erforschen, werden einige Jungforellen für weitere Untersuchungen abgefischt (Foto: Oekotoxenzentrum).

# Warum verschwanden die Forellen im Ruisseau des Marais?

**Im Ruisseau des Marais im Kanton Genf ist die Zahl der Bachforellen massiv eingebrochen. Das Oekotoxzentrum ist den Ursachen mit einer Vielzahl von ökotoxikologischen Wasser- und Sedimenttests und Biomarkern auf den Grund gegangen.**

Seit den 1980er Jahren wird in der Schweiz ein Rückgang der Fischpopulationen beobachtet – in manchen Regionen um bis zu 60 %. Zwar wurde die klassische Gewässerbelastung mit fischtoxischen Substanzen wie Ammonium und Nitrat durch den Ausbau der Abwasserreinigungsanlagen reduziert. Dennoch nehmen Fischkrankheiten zu, und Mikroverunreinigungen aus diffusen Quellen wie Landwirtschaft, Strassen oder Baustellen stellen neue Herausforderungen dar.

Ein besonders ausgeprägtes Beispiel liefert der Ruisseau des Marais, ein kleiner Bach im Kanton Genf. Dort wurde im Oktober 2022 nur noch eine einzige Bachforelle entdeckt – trotz Fischbesatz im Frühjahr. Zum Vergleich: 2016 waren hier noch 42 Bachforellen und 14 Elritzen gezählt worden.

## **Ganzheitliche Gewässerbewertung durch biologische Tests**

Um den Ursachen für diesen drastischen Rückgang auf den Grund zu gehen, hat das Oekotoxzentrum im Auftrag des Wasseramts des Kantons Genf eine umfassende Untersuchung durchgeführt. Dabei kam eine Vielzahl ökotoxikologischer Methoden zum Einsatz – von Biotests mit Wasser- und Sedimentproben über Biomarker bis hin zu Untersuchungen der ökologischen Gewässerqualität anhand von Oligochaeten-Gemeinschaften.

«Diese «umweltdetektivischen» Methoden erlauben es uns, die biologische Wirkung einer Belastung auf Fische und Organismen in ihrer Nahrungskette direkt nachzuweisen», erklärt Co-Projektleiterin Anne-Sophie Voisin. Besonders wichtig: Auch Sedimentproben wurden untersucht – ein entscheidender Schritt für die ganzheitliche Bewertung der Gewässerqualität. Ausser dem Ruisseau des Marais wurden zwei Vergleichsstandorte berücksichtigt: nämlich die Drize, wo die Forellenpopulation stabil blieb, und ein Ort unterhalb des Zusammenflusses der beiden Bäche.

## **Sedimente tragen zu toxischen Wirkungen bei**

«Aus ökotoxikologischer Sicht stufen wir die Gewässerqualität an allen drei Standorten als gut bis mittel ein», fasst Anne-Sophie Voisin zusammen. Dennoch zeigten mehrere Tests Effekte oberhalb ihrer Wirkschwellen. Die Sedimente aus dem Ruisseau des Marais führten in Tests mit Zuckmücken zu einer hohen Mortalität und beeinträchtigten auch die Oligochaeten-Gemeinschaften. Eine Vergleichsprobe aus der Drize war ebenfalls nicht unbelastet und führte zu einer hohen Sterblichkeit bei Muschelkrebse. «Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Verstopfung des Bachbetts im Ruisseau des Marais durch Feinsedimente, die die Fortpflanzung der Forellen behindert», so Anne-Sophie Voisin.

Auch die Wasserproben waren belastet. Obwohl die chemische Analyse keinen einzelnen Schadstoff über einem kritischen Grenzwert fand, war das Mischungsrisiko im Ruisseau des Marais höher als an den beiden anderen Standorten. Zellkulturtests wiesen an allen drei Standorten auf Fremdstoffe und oxidativen Stress hin. Die Proben aus dem Ruisseau des Marais hemmten zudem das Algenwachstum.

Die wenigen verbliebenen Bachforellen im Ruisseau des Marais waren alle von der Proliferativen Nierenkrankheit (PKD) befallen. Diese hängt stark von der Wassertemperatur ab, kann aber durch eine schlechte Wasserqualität verschlimmert werden. Zusätzlich deuten Biomarker-Analysen bei

den Forellen aus dem Ruisseau des Marais auf eine Belastung mit Metallen sowie auf Unterschiede im Schilddrüsensystem und Lipidstoffwechsel hin.

## **Kombination von Faktoren wahrscheinlich**

Keine einzelne Ursache erklärt den massiven Rückgang der Bachforellen im Ruisseau des Marais vollständig. Wahrscheinlich ist eine Kombination von Faktoren verantwortlich:

- schlechtere Sedimentqualität und Verstopfung durch Feinsedimente;
- Wasserqualität, die in biologischen Tests auf Belastungen hindeutet;
- Auftreten der PKD, möglicherweise verstärkt durch Wasserbelastung.

«Die Studie zeigt, wie wichtig es für eine ganzheitliche Gewässerbewertung ist, chemische Analytik mit Biotests und Biomarkern zu kombinieren», sagt Anne-Sophie Voisin. «Biologische Tests können auch dann Hinweise liefern, wenn die chemische Analytik kein Risiko anzeigt oder nicht empfindlich genug ist.»

Mehr Informationen: Voisin, A.-S., Kienle, C., et al. (2024). Évaluation écotoxicologique de la qualité de l'eau et du sédiment du ruisseau des Marais, de la Drize et de leur confluence. [www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte](http://www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte)

Kontakt: Cornelia Kienle  
[cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch](mailto:cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch),  
Anne-Sophie Voisin  
[annesophie.voisin1@gmail.com](mailto:annesophie.voisin1@gmail.com)



Das Abfischen von Jungforellen macht es möglich, die Tiere genauer zu untersuchen.

# Früherkennung für Abwasserreinigungsanlagen

**Eine Kombination aus biologischem und chemischem Onlinemonitoring wurde als Frühwarnsystem auf einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage getestet. Das System ist in der Lage, Spitzenbelastungen durch Mikroverunreinigungen im gereinigten Abwasser zu erfassen und toxische Schadstoffe in Echtzeit zu erkennen. So kann es zur Verbesserung im Abwassermanagement beitragen.**

Die Qualität von Oberflächengewässern steht unter vielfältigem Druck, da wir immer mehr Chemikalien verwenden, die auf unterschiedlichen Wegen in Gewässer gelangen. Umso wichtiger ist die Rolle der Abwasserreinigungsanlagen (ARA), in denen die meisten Abwasserströme vor der Einleitung in die Gewässer aufbereitet werden. Durch den Ausbau vieler ARA mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe gelang eine entscheidende Verbesserung bei der Entfernung von Mikroverunreinigungen. Dennoch muss die Qualität des Abwassers stets überprüft werden, um beispielsweise Störfälle bei Industrieinleitungen zu erkennen und schnellstmöglich reagieren zu können.

Traditionelle Überwachungsmethoden mit Stich- oder Sammelproben stossen an ihre Grenzen, wenn es darum geht, kurzfristige Konzentrationsspitzen zu erfassen oder

zeitnah auf potenziell kritische Substanzen zu reagieren. Besonders bei industriellen Einleitungen kann sich die Zusammensetzung des Abwassers sehr kurzfristig ändern. Durch Anpassungen in den Produkten oder Prozessen entstehen immer neue Abfall- und Nebenprodukte. Ausserdem können extreme Wetterereignisse, wie zum Beispiel starke Regenfälle, die Kanalisation und die ARA überlasten. Auch Temperaturschwankungen beeinflussen die Reinigungsleistung. All dies kann dazu führen, dass die Qualität des gereinigten Abwassers nicht mehr gewährleistet ist.

Eine mögliche Lösung bieten biologische Frühwarnsysteme – man spricht hier auch von Online-Biomonitoring. Diese Systeme setzen Wasserorganismen ein, um die biologische Wirkung von Substanzen im Abwasser kontinuierlich und in Echtzeit zu überwachen. Werden solche Methoden mit einer kontinuierlichen chemischen Analyse gekoppelt, so ermöglicht dies eine ganzheitliche Bewertung der Wasserqualität und der potenziellen toxischen Effekte von Mikroverunreinigungen.

## **Batterie aus biologischen Frühwarnsystemen**

In biologischen Frühwarnsystemen reagieren Testorganismen auf Belastungen im untersuchten Wasser mit messbaren Veränderungen in einem Stoffwechselprozess oder dem Verhalten. Überschreitet diese Ände-

rung, die laufend überwacht wird, einen Schwellenwert, wird ein Alarm ausgelöst. Als Sensoren werden verschiedene Organismen wie Bakterien, Algen, Kleinkrebse oder Fische eingesetzt, die stellvertretend für die Organismen im Ökosystem stehen. Als Messparameter eignen sich beispielsweise die Photosyntheseaktivität von Algen oder das Schwimmverhalten und die Atmung von Krebstieren und Fischen, die durch Schadstoffe beeinflusst werden können.

Da alle Organismen unterschiedlich auf Mikroverunreinigungen reagieren, gibt es keinen einzelnen Testorganismus, der alle Schadstoffe zuverlässig detektiert. Ideal ist daher eine Batterie aus verschiedenen Systemen, die sich gegenseitig ergänzen. Das Forschungsteam um Ali Kizgin, der dieses Thema in seiner Doktorarbeit untersucht hat, wählte drei Testsysteme aus, die verschiedene Ernährungsebenen abdecken: Zum einen eine einzellige Grünalge, bei der die Photosyntheseaktivität durch die kontinuierliche Messung der Fluoreszenz betrachtet wird. Zum anderen zwei Süsswasserkrebse, nämlich Wasserflöhe und Bachflohkrebse, bei denen das Schwimmverhalten und die Aktivität durch Kameras und Bewegungssensoren überwacht werden. Am Projekt war neben dem Oekotoxzentrum auch die Fachhochschule Nordwestschweiz beteiligt, ausserdem die Abteilungen Umweltchemie und Verfahrenstechnik der Eawag.

## **Kombination mit chemischer Online-Analytik**

«Wenn man die Biomonitore mit einer hochauflösenden chemischen Analytik kombiniert, so wird es möglich, biologische Alarme zu bestätigen und herauszufinden, welche Substanz für die gemessene Reaktion verantwortlich war», erklärt Ali Kizgin. «Wir waren in einer idealen Situation, da die Eawag gerade das MS2field entwickelt hatte – eine der ersten mobilen Messplattformen, die es erlaubt, Mikroverunreinigungen in umweltrelevanten Konzentrationen im Feld kontinuierlich und zeitlich hochaufgelöst zu messen. Das System arbeitet mit Hochleistungsflüssigkeitschromatographie gekoppelt mit hochauflösender Massenspektrometrie (LC-HRMS/MS) und kann sowohl bekannte als auch unbekannte Verunreinigungen nachweisen».



Gereinigtes Abwasser kann durch ein Online-Monitoring mit Organismen kontinuierlich überwacht werden.

Es ist jedoch nicht einfach, das Auftreten chemischer Stoffe mit Verhaltensreaktionen zu verknüpfen, da auch andere Umweltfaktoren zu falsch positiven Alarmen führen können. Daher wurden parallel dazu im Abwasser physikalisch-chemische Parameter wie Nitrit, Nitrat und Ammoniak sowie abiotische Faktoren wie Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit überwacht. Die Kombination aus biologischen und chemischen Frühwarnsystemen wurde über fünf Wochen auf einer kommunalen Kläranlage im Kanton St. Gallen, die Abwasser von fast 40'000 Einwohnern reinigt, einem Härtegrad unterzogen. Kommunale Kläranlagen sind eine wichtige Quelle von Mikroverunreinigungen aus häuslichen, industriellen und landwirtschaftlichen Quellen. Der Eintrag dieser Schadstoffe kann, je nach Quelle, sehr dynamisch sein, was die Überwachung von Konzentrationsschwankungen mit herkömmlichen Kontrollen erschwert.

### Toxische Ereignisse werden überprüft

«Im Versuchsverlauf haben uns die biologischen Frühwarnsysteme tatsächlich mehrmals einen Alarm angegeben», berichtet Ali Kizgin. Die Systeme mit den Wasserflöhen und den Bachflohkrebsen reagierten dabei empfindlicher als das System mit Grünalgen. Bei den Algen wurden keine signifikanten Abweichungen festgestellt, was bedeutet, dass keine Toxizität durch Herbizide vorlag – diejenige Stoffgruppe, auf die dieser Test hauptsächlich reagiert. «Das hat uns nicht überrascht», erklärt Ali Kizgin. «Wir haben den Versuch im Winter durchgeführt, und in dieser Zeit werden in der Landwirtschaft und im häuslichen Umfeld kaum Herbizide eingesetzt.»

«Wenn ein Alarm ausgelöst wurde, haben wir beurteilt, ob die nachgewiesenen Mikroverunreinigungen in Konzentrationen vorlagen, die hoch genug waren, um toxisch zu wirken», sagt Kizgin. «War dies der Fall, haben wir zusätzliche Experimente im Labor durchgeführt, um zu überprüfen, ob eine bestimmte Chemikalie für die biologische Reaktion verantwortlich war.»

### Bachflohkrebs am empfindlichsten

Im System mit den Bachflohkrebsen wurden während der Versuchsdauer gleich zwei signifikante Alarme ausgelöst. Beim ersten Alarm waren die Tiere nach einem



Die so erhaltenen Daten machen es möglich, schnell auf akute Belastungen zu reagieren

starken Regen plötzlich deutlich aktiver als zuvor. Das chemische Monitoring konnte aber keine relevanten toxischen Substanzen nachweisen. Da die Wassertemperatur durch das Regenereignis gleichzeitig um zwei Grad von 18,5°C auf 16,5°C sank, beeinflusste dies wahrscheinlich das Verhalten der Flohkrebsen.

Beim zweiten Alarm konnte mit Hilfe des MS2field das Insektizid Carbofuran nachgewiesen werden, ein in der Schweiz verbotenes Pestizid. Es wurde in einer Konzentration von 1,4 µg/L gemessen, einem Wert, der nahe an der Schwelle liegt, bei der der Stoff für 50 % der wirbellosen Wassertiere toxisch wirkt. Weitere Laborversuche bestätigten, dass Carbofuran mit hoher Wahrscheinlichkeit die Ursache für den beobachteten Alarm war. «Woher das Insektizid stammt, konnten wir nicht nachvollziehen», sagt Ali Kizgin. «Wir gehen davon aus, dass es unsachgemäss entsorgt wurde.»

### Ein wertvoller Ansatz für das Abwassermanagement

Die Studie zeigt, dass die Kombination von biologischem Onlinemonitoring mit hochauflösender chemischer Überwachung ein wertvoller Ansatz ist, um Spitzenbelastun-

gen durch Mikroverunreinigungen in Kläranlagen zu erkennen. Sie ermöglicht die Erkennung von toxischen Schadstoffen in Echtzeit und trägt so zur Verbesserung des Abwassermanagements bei. «Nachdem wir die Methode erfolgreich im kommunalen Abwasser getestet haben, ist sie nun bereit für den Einsatz auf einer industriellen Abwasserreinigungsanlage», sagt Ali Kizgin. «Damit lassen sich auch Schadstoffe identifizieren, die in komplexen Industrieabwässern vorkommen und mit Standardüberwachungsmethoden nicht erfasst werden können.»

Mehr Informationen: Kizgin, A., Schmidt, D., Bosshard, J., Singer, H., Hollender, J., Morgenroth, E., Kienle, C., Langer, M. (2024). Integrating biological early warning systems with high-resolution online chemical monitoring in wastewater treatment plants. *Environmental Science and Technology*, 58(52), 23148-23159. doi.org/10.1021/acs.est.4c07316

Kontakt: Miriam Langer  
miriam.langer@fhnw.ch,  
Cornelia Kienle  
cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch

# Regenwürmer meiden Reifenabrieb

**Reifenabrieb gelangt von der Strasse in die angrenzenden Böden und wirkt auf die dort lebenden Bodenorganismen. Eine neue Studie zeigt, dass Regenwürmer Böden meiden, der stärker mit Reifenpartikeln belastet ist. Die Partikel hatten aber keine negativen Effekte auf das Überleben und die Fortpflanzung der Tiere.**

Autoreifen nutzen sich während der Fahrt ab, was nicht nur die Lebensdauer der Reifen verringert, sondern auch zur Bildung von Reifenabrieb führt. Die so gebildeten kleinen Partikel enthalten Gummi, Mineralien, Bitumen und zahlreiche Chemikalien, die teils von den Reifen selbst und teils von der Strassenoberfläche stammen. Jahr für Jahr wird mehr Reifenabrieb gebildet – Schätzungen zufolge sind es jährlich mehr als 3 Millionen Tonnen, die weltweit freigesetzt werden.

## **Reifenabrieb gelangt von der Strasse in angrenzende Böden**

Der Grossteil der entstandenen Partikel wird nahe der Fahrbahn abgelagert, von wo sie in die angrenzenden Böden und teilweise in Gewässer gelangen. Man geht davon aus, dass ungefähr 70 % der Kunststoffteilchen an den Strassenrändern und in den benachbarten Böden bleiben. Die Konzentration der Partikel ist dabei direkt neben der Strasse am höchsten und nimmt mit zunehmender Entfernung ab. Ein kleiner Teil des Reifenabriebs kann jedoch mit der Luft auch in weiter entfernte Gebiete verfrachtet werden.

Reifengummi enthält zahlreiche chemische Zusätze wie Vulkanisiermittel, Antioxidantien, Ozonschutzmittel, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Schwermetalle, die für Haltbarkeit, Flexibilität und Schutz der Reifen sorgen. Es ist bekannt, dass einige dieser Chemikalien schädlich für Wassertiere sein können: So ist zum Beispiel das Oxidationsprodukt einer Reifenchemikalie, 6PPD-Chinon, hochgiftig für Silberlachs und hat in einigen Gewässern Nordamerikas bereits zu einem Sterben der betroffenen Lachse geführt. Die Wirkung scheint jedoch artspezifisch zu sein, da verwandte Arten oder Krebstiere weniger oder gar nicht betroffen sind.

## **Stoffe mit potenziell östrogenem, gentoxischem und bakterientoxischem Wirkung**

Gleichzeitig ist die Toxizität vieler anderer Reifeninhaltsstoffe und ihrer Umwandlungsprodukte noch nicht vollständig geklärt. Eine Studie des Oekotoxizentrum hat gezeigt, dass Reifen Stoffe enthalten, die potenziell östrogen, gentoxisch und bakterientoxisch wirken und in die Umwelt abgegeben werden können. Einige Chemikalien aus Reifen könnten sich in der Nahrungskette anreichern, was über den Fischverzehr auch Folgen für fischfressende Tiere oder Menschen hätte.

Weil der Reifenabrieb zunächst in Böden gelangt, sind ihm die dort lebenden Tiere wie Regenwürmer und Nematoden durch ihre Lebensweise – nämlich das Durchwühlen und Fressen von Boden – besonders stark ausgesetzt. Daher hat das Oekotoxizentrum zusammen mit der EPFL und der Eawag untersucht, inwieweit sich Chemikalien aus Reifenabrieb in Regenwürmern anreichern, einer Schlüsselart im Ökosystem. «Ausserdem wollten wir wissen, ob diese Partikel das Verhalten, Überleben, Wachstum und die Fortpflanzung der Tiere beeinflussen», sagt EPFL-Forscher Thibault Masset, der die Studie durchgeführt hat.

## **Modellpartikel aus Reifenprofilen**

«Für die Modellpartikel wurde die oberste Schicht von Reifenprofilen verschiedener Hersteller bei extrem niedrigen Temperaturen zu Partikeln zermahlen», erklärt er. «Die Partikel wurden anschliessend mit natürlichem Boden vermischt, um zwei verschiedene Belastungen zu erreichen: gering kontaminierten Boden (0,05 % Reifenpartikel), der für Boden steht, der weiter von Strassen entfernt ist. Und stark kontaminierten Boden (5 % Reifenpartikel), der Boden in der Nähe von Strassenrändern repräsentiert.» Ein zusätzlicher Boden wurde mit dem Auswaschwasser von Reifenpartikeln behandelt, ohne selbst Partikel zu enthalten. So sollte eine Belastung mit den aus Reifen gelösten Chemikalien simuliert werden. Die Regenwürmer wurden drei Wochen lang im mit Reifenabrieb versetzten Boden gehalten und anschliessend genauer untersucht.

## **Aufnahme von Chemikalien in Regenwürmer**

«Wir haben die Bodenproben und die Regenwürmer chemisch analysiert», erzählt Thibault Masset. «Dabei haben wir festgestellt, dass der Boden mit 5 % Reifenpartikeln wie erwartet die Reifenchemikalien in höheren Konzentrationen enthielt als der Boden mit 0,05 % Reifenanteil.» Die meisten Reifenchemikalien aus den stärker belasteten Böden konnten anschliessend auch im Wurmgewebe nachgewiesen werden. Die Regenwürmer nahmen die Stoffe durch das Fressen des Bodens auf. Auch der Kontakt mit dem Boden mit 0,05 % Reifenpartikeln oder mit dem Reifenextrakt führte dazu, dass einige Reifenchemikalien in den Würmern in erhöhten Konzentrationen vorlagen. Dies zeigt, dass auch bei einer kleineren Partikelkonzentration Chemikalien aus den Reifen in Organismen gelangen.

«Es hat uns interessiert, wie schnell die Würmer diese Chemikalien aufnehmen und wieder ausscheiden», erklärt Thibault Masset. Die Tiere nahmen die meisten Stoffe rasch auf, schieden sie aber ebenso schnell wieder aus, wenn sie auf einen sauberen Boden umgesetzt wurden. Die unpolaren PAK verblieben länger im Wurmkörper. «Die Stoffe reichertem sich im Wurmkörper nur wenig an», sagt Thibault Masset. «Dies galt auch für die PAK oder für 6-PPD-Chinon, wo wir aufgrund der chemischen Eigenschaften eine Anreicherung erwartet hatten.» Dies kann bedeuten, dass die Stoffe im Wurmkörper sehr effizient umgewandelt oder ausgeschieden werden. Eine andere Möglichkeit ist, dass die Chemikalien so stark an die Partikel gebunden sind, dass sie im Porenwasser oder der Verdauungsflüssigkeit der Würmer nur schwer abgelöst werden und daher nur wenig bioverfügbar sind. «Obwohl die Zinkkonzentration im Boden durch das Reifenmaterial stark anstieg, reichertem die Würmer in ihrem Körper kein Zink an», sagt Thibault Masset. «Dies vermutlich, weil die Würmer die Fähigkeit haben, die Zinkkonzentration in ihrem Körper selbst zu regulieren. Geringe Mengen an Zink sind für die Regenwürmer lebenswichtig, hohe Konzentrationen jedoch schädlich.»



Regenwürmer lassen sich einsetzen, um die Toxizität von Reifenpartikeln auf Bodentiere zu untersuchen.

### **Vermeidung aber kein negativer Effekt auf Fortpflanzung**

Mit einem Vermeidungstest wurde analysiert, ob die Tiere dem belasteten Boden aktiv ausweichen, wenn sie eine Wahl haben. Dazu wurden die Regenwürmer für zwei Tage in einem Versuchsgefäss gehalten, das auf der einen Seite belasteten und auf der anderen sauberen Boden enthielt, und anschliessend untersucht, in welche Gefässhälfte sich die Würmer bewegten. Die Würmer wichen bei höheren Reifenkonzentrationen dem belasteten Boden stark aus, bei geringeren Reifenkonzentrationen wurde kein Effekt beobachtet. «Bei höheren Reifenpartikelkonzentrationen erwarten wir also negative Effekte auf Regenwürmer und der Boden ist womöglich nicht mehr als Lebensraum für die Tiere geeignet», so Masset. Der Boden, der mit 5 % Reifenpartikeln versetzt wurde, roch ausserdem stark nach Reifenchemika-

lien, was darauf hindeutet, dass die Reifen flüchtige Stoffe freisetzen. Es könnte sein, dass die Würmer den kontaminierten Boden meiden, weil einige Reifenchemikalien bioverfügbar sind und auf die Würmer abtossend oder giftig wirken. Alternativ könnte das Vermeidungsverhalten eine Folge der veränderten Bodenstruktur durch die Zugabe der Kunststoffpartikel sein.

«Wir haben auch untersucht, wie sich die Reifenpartikel auf das Überleben und die Fortpflanzung von erwachsenen Regenwürmern auswirken», berichtet Thibault Masset. «Hier konnten wir keine signifikanten Effekte beobachten.» Die Würmer hatten mit zunehmender Reifenkonzentration ein wenig mehr Nachkommen als die Kontrollwürmer (der Effekt war nicht signifikant), gleichzeitig waren jedoch die Jungwürmer zunehmend leichter. «Es könnte sein, dass biologischer Stress bei den Wür-

mern zu mehr Nachkommen führt», erklärt Thibault Masset, «durch die höheren Energiekosten sind die Jungtiere allerdings kleiner. Oder die Jungtiere werden durch die Reifenpartikel direkt beeinträchtigt.» Es brauche weitere Untersuchungen, um mehr über mögliche längerfristige Folgen für zukünftige Generationen oder das Ökosystem zu erfahren.

**Mehr Informationen:** Masset, T., Breider, F., Renaud, M., Müller, J., Bergmann, A., Vermeirssen, E., Dufey, W., Schirmer, K. und Ferrari, B. J. D. (2025). Effects of tire particles on earthworm (*Eisenia andrei*) fitness and bioaccumulation of tire-related chemicals. *Environmental Pollution*, 368, 125780

**Kontakt:** Benoît Ferrari  
benoit.ferrari@centrecotox.ch,  
Thibault Masset  
thibault.masset@epfl.ch

# Bewertung der Wasserqualität im Genfersee

**Biotests sind auch in Seen eine wichtige Ergänzung zur chemischen Analytik, wenn die Gewässerqualität bestimmt werden soll. Der Einsatz von zahlreichen Biotests im Genfersee zeigt, dass Tests mit Fischembryonen besonders empfindlich reagieren. Reportergerentests lieferten ebenfalls wertvolle Hinweise auf die Gewässerbelastung.**

Effektbasierte Methoden werden immer häufiger zur Gewässerbewertung eingesetzt, da sie die chemische Analytik ergänzen und wichtige zusätzliche Informationen liefern: So erkennen sie die Toxizität unbekannter Stoffe und Stoffgemische und geben Informationen über mögliche Wirkungen auf Organismen im Ökosystem. Das Oekotoxzentrum hat eine Batterie von praxistauglichen Biotests zur Beurteilung der Gewässerqualität vorgeschlagen und diese bereits an zahlreichen Fließgewässern angewendet. «Bis jetzt gab es allerdings kaum Daten zur Anwendung solcher Testsysteme in Seen», erläutert Projektleiterin Cornelia Kienle. «Deswegen wollten wir herausfinden, ob sich die vorgeschlagenen Tests auch zur Bewertung des Genfersees eignen.»

Dazu untersuchten die Forschenden 2022 drei Standorte, die unterschiedlich stark chemisch belastet sind: Nämlich die Bucht von Vidy, in die eine Abwasserreinigungs-

anlage (ARA) einleitet, das Dranse-Delta, ein beliebtes Naturschutzgebiet zwischen Industrieanlagen und ARA, und eine Probenahmestelle in der Seemitte. Projektpartner war die CIPEL, die internationale Kommission zum Schutz des Genfersees.

## **Biotests ergänzen sich gegenseitig**

Die Wasserproben der Standorte wurden mit zahlreichen Biotests untersucht: Neben Reportergerentests mit menschlichen Zelllinien (CALUX® Panel), die die **Zellreaktion auf Fremdstoffe, Zelltoxizität, oxidativen Stress und hormonelle Wirkungen** erfassen, kam auch der Ames-Fluktuationsstest zur **Beurteilung von Mutagenität** zum Einsatz. Ein kombinierter Algentest diente dem Nachweis der **Algentoxizität**. Darüber hinaus wurden **Toxizitätstests an Muschelkrebse, Wasserflöhe und Fische** durchgeführt – bei den Fischen sowohl mit einer Kiemenzelllinie als auch mit dem Fischembryo-Toxizitätstest. Um das potenzielle Risiko für Wasserorganismen zu bewerten, wurden die Effekte in den Biotests mit testspezifischen Schwellenwerten verglichen. Diese geben an, welche Reaktion im Test noch akzeptabel ist und ab wann Effekte auf Organismen in der Umwelt nicht mehr ausgeschlossen werden können.

## **Hohe Toxizität im Fischembryotest**

Bei drei der Tests wurden die definierten Schwellenwerte überschritten – an jedem untersuchten Standort mindestens einmal.

In der Bucht von Vidy zeigten die Reportergerentests erhöhte Werte für oxidativen Stress und östrogene Aktivität. Die Proben vom Dranse-Delta und der Seemitte führten zum Tod von bis zu 50 % der Fischembryonen. «Wir waren überrascht, da wir besonders bei der Probe von der Seemitte keine Effekte erwartet hatten», sagt Cornelia Kienle. «Deshalb haben wir im Folgejahr nochmals alle drei Standorte untersucht». Die starke Toxizität von 2022 liess sich jedoch nicht bestätigen: Die Forschenden fanden 2023 deutlich geringere Effekte auf die Sterblichkeit der Embryonen, dafür beobachteten sie in der Bucht von Vidy Effekte auf die Entwicklung der Tiere.

## **Chemische Analytik erklärt nur einen Teil der Toxizität**

Um mögliche Ursachen für die toxischen Effekte zu finden, verglichen die Forschenden die ökotoxikologischen Risiken aus den Biotests mit den Daten aus den chemischen Analysen. Für die Pflanzen und die Wirbellosen stimmten diese beiden Ansätze gut überein und ergaben jeweils kein Risiko. Bei den Wirbeltieren war dies nicht immer so: Zwar wurde 2023 in der Bucht von Vidy Ibuprofen in Konzentrationen oberhalb des chronischen Qualitätskriteriums nachgewiesen – und trug vermutlich zu den toxischen Effekten im Fischembryotest bei. Die ausgeprägte Toxizität im Fischembryotest von 2022 liess sich jedoch nicht durch den Nachweis toxischer Stoffe in den chemischen Analysen erklären. Es ist möglich, dass andere, nicht gemessene Verbindungen für diese verantwortlich waren.

«Die Resultate aus dem Genfersee stimmen gut mit unseren Daten aus Fließgewässern überein», sagt Cornelia Kienle. «Auch dort hat der Fischembryotest am empfindlichsten reagiert.» Sie betont jedoch, dass es immer noch notwendig sei, mehr Informationen zu den eingesetzten Biotests und ihrer genauen Aussagekraft zu sammeln.

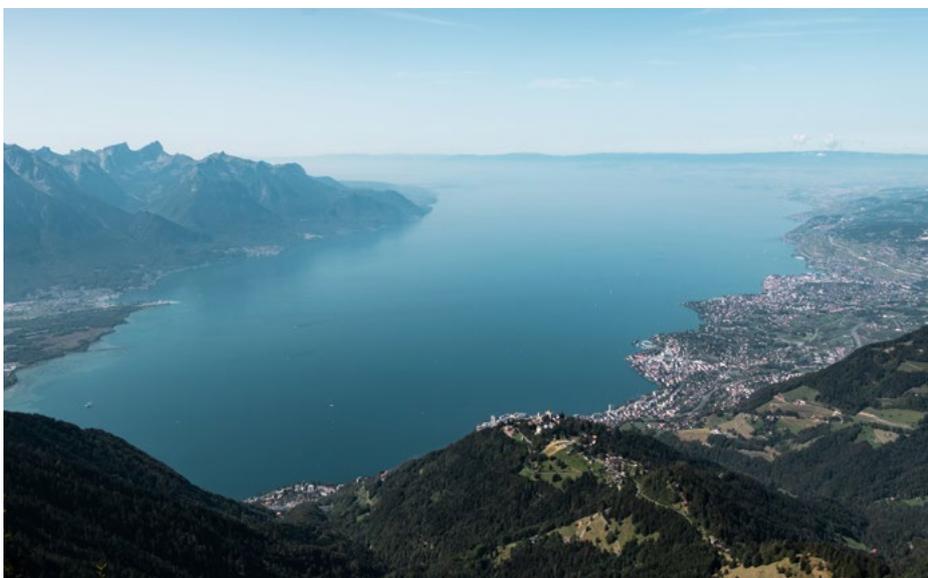
## **Mehr Informationen:**

Wissenschaftsbericht CIPEL 2024

<https://www.cipel.org/wp-content/uploads/2024/11/rapport-scientifique-2024.pdf>

Kontakt: Cornelia Kienle

[cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch](mailto:cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch)



Ökotoxikologische Tests eignen sich auch zur Bewertung der Qualität von Seen wie hier dem Genfersee.

# Oekotoxzentrum an der EPFL – im Gespräch mit Christof Holliger



Foto: Alain Herzog, EPFL

**Christof Holliger, Professor für Umweltbiotechnologie an der EPFL, hat das Oekotoxzentrum seit dessen Gründung 2008 eng begleitet, zunächst als Teil der Geschäftsleitung und des strategischen Leitungsgremiums und später als Vertreter der EPFL im Gastinstitutsrat. Ende Februar 2025 ging er in den Ruhestand. Hier schaut er zurück.**

**Du hast das Oekotoxzentrum als Vertreter der EPFL und der Romandie über lange Zeit eng begleitet. Kannst du etwas zur Geschichte des Oekotoxzentrums an der EPFL erzählen? Warum EPFL, was war der Anknüpfungspunkt?**

Ich war nicht ganz von Anfang an dabei. In der Phase vor der Eröffnung des Oekotoxzentrums war vor allem Kristin Becker van Slooten an der Planung beteiligt, die selbst Forschung in Bodenökotoxikologie gemacht hat. Das war auch der Anknüpfungspunkt: Das Oekotoxzentrum sollte in den ETH-Bereich integriert werden mit aquatischer Ökotoxikologie an der Eawag und eben Bodenökotoxikologie an der EPFL. Aus persönlichen Gründen hat Kristin Becker dann eine neue Stelle an der EPFL angetreten und ich habe sie als Vertreter der EPFL in der Endphase der Vorbereitung des Zent-

rums und danach ersetzt. So habe ich am Oekotoxzentrum die EPFL vertreten, von seiner Eröffnung im Januar 2008 bis und mit Februar 2025. Meine Kollegin Tamar Kohn hat nun meine Rolle übernommen.

**Warum ist das Oekotoxzentrum für die EPFL wichtig? Warum ist es wichtig, dass es auch in der Romandie einen Oekotoxzentrum-Standort gibt?**

Auch wenn es an der EPFL keine Gruppe mehr gibt, die ökotoxikologische Forschung betreibt, war es ein guter Entscheid, das Oekotoxzentrum an beiden Standorten zu integrieren. Mit Benoît Ferrari kam ein Gruppenleiter nach Lausanne, der die Sedi-ment- und Bodenökotoxikologie vorantrieb und nach Inge Werner Direktor des Oekotoxzentrums wurde. Das intensivierte den Austausch zwischen den beiden Standorten und unterstrich die Unabhängigkeit des Oekotoxzentrums von den beiden Gastinstituten Eawag und EPFL. Und der Standort in Lausanne machte es für Partner aus der Romandie viel einfacher, sich an Forschungsprojekten zu beteiligen. Dass das Oekotoxzentrum dort im nächsten Jahr neue Büros und Labore bekommen wird, unterstreicht, dass es der EPFL wichtig ist, dass sie gute Arbeitsbedingungen zur Verfügung stellt.

**Was waren die grössten Herausforderungen? Wie hat sich die Ausgangslage seit der Gründung des Oekotoxzentrums weiterentwickelt?**

Die grösste Herausforderung war es, alle unsere Partner, also Bundesämter, Kantone und andere, zu überzeugen, dass das Oekotoxzentrum eine unabhängige Institution ist, und dass die Eawag und EPFL keinen nennenswerten Einfluss darauf nehmen, an welchen Projekten gearbeitet wird. Die aktuelle Struktur, bei der die Vertreter der Gastinstitute Eawag und EPFL nicht mehr Teil der Direktion sind, macht das nun, denke ich, genügend deutlich.

**Was sind deine persönlichen Highlights aus deiner Zeit mit dem Oekotoxzentrum?**

Mein persönliches Highlight war die Feier zum 10-jährigen Jubiläum 2018 in Bern. Dieser Anlass hat deutlich gezeigt, wie gut das Oekotoxzentrum aufgestellt ist. Sonst bin ich einfach froh, dass wir, die Vertreter der Gastinstitute, so gut zusammenarbeiten konnten. Und ich bin vor allem zufrieden, dass das Oekotoxzentrum ein so tolles Team hat, das hervorragende Arbeit leistet.

**Welche Themen und Herausforderungen werden deiner Meinung nach in Zukunft besonders wichtig sein?**

Ich bin kein Experte in Ökotoxikologie, aber ich glaube, dass das richtige Einschätzen von Stoffgemischen eine der grössten Herausforderungen ist. Heutzutage liest man überall von PFAS und Mikroplastik, aber auch diese aktuellen Umweltbelastungen sind nur ein Teil eines Ganzen, das auf die Umwelt, inklusive des Menschen, einwirkt und schädlich sein kann. Eine ganzheitliche Herangehensweise halte ich deshalb für besonders wichtig.

**Was sind deine Wünsche für das Oekotoxzentrum?**

Ich wünsche mir, dass das Oekotoxzentrum eines Tages eine genügend hohe Grundfinanzierung erhält, die es erlaubt, wirklich alle Themenbereiche, die es abdecken sollte, zufriedenstellend zu bearbeiten. Bis jetzt war das in den siebzehn Jahren des Bestehens des Oekotoxzentrums leider nicht möglich.

# Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum



## Ökotoxizität von munitionsbelasteten Böden

In militärisch genutzten Gebieten kann der Boden mit Munition und Sprengstoffen belastet sein, was zu Altlasten mit potenziellen Auswirkungen auf die Umwelt führt. Die momentan gültigen Vorschriften für belastete Böden decken nur einen Bruchteil der Schadstoffe aus Munition ab und berücksichtigen nicht, dass diese häufig in komplexen Mischungen vorliegen. Daher charakterisiert das Oekotoxzentrum in einem neuen Projekt die wichtigsten Schadstoffe in munitionsbelasteten Böden und bestimmt ihre Ökotoxizität. So kann das Risiko für verschiedene Bodennutzungen ermittelt werden und es lassen sich Schutz- und Sanierungsziele festlegen.

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



## Dialogtag des Oekotoxentrums 2025

Wir laden Sie in diesem Jahr wieder zu einem Dialogtag des Oekotoxentrums ein, nämlich am **Dienstag, den 26. August 2025 von 9.30 – 13.30 Uhr in Bern** (zweisprachig Deutsch/Französisch mit Simultanübersetzung).

An diesem Tag können Sie mehr über unsere aktuellen Projekte zur Anwendung von Biotests und zur Risikobewertung von Gewässern, Sedimenten und Böden erfahren. Bitte reservieren Sie sich das Datum, die Einladung mit dem detaillierten Programm finden Sie demnächst auf unserer Webseite.

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



## Weiterbildungskurse des Oekotoxentrums

Am **30. September 2025** organisieren wir einen Weiterbildungskurs zum Thema **One Health – Zusammenhang zwischen der Gesundheit von Mensch und Tier und dem Zustand der Umwelt in Regulation und Vollzug** auf Deutsch (und Französisch) in Dübendorf. Im Kurs stellen wir politische Treiber für die Umsetzung des «One Health»-Ansatzes vor, wie zum Beispiel die gesetzlichen Rahmenbedingungen und die Richtlinien in der Schweiz, der EU und den USA, insbesondere in den Bereichen Lebensmittelsicherheit, Tiergesundheit und Umweltschutz. Wir präsentieren Fallstudien, diskutieren die wissenschaftlichen Herausforderungen bei der Umsetzung und stellen neue Ansätze zur Risikobewertung biologischer und chemischer Stressoren vor.

Am **17. und 18. November 2025** findet wieder unser Einführungskurs **Introduction à l'écotoxicologie** auf Französisch in Lausanne statt. Der Kurs vermittelt die Grundlagen der Ökotoxikologie, von der Herkunft und dem Schicksal von Schadstoffen in der Umwelt bis hin zur Risikobewertung. Es werden die notwendigen Konzepte (Gesetzgebung, Herleitung von Qualitätskriterien) und Methoden (Biotests, Biomarker, Bioindikatoren) für die ökotoxikologische Bewertung von Wasser, Sediment und Boden vorgestellt. Zur Veranschaulichung dienen Übungen und Fallstudien.

Am **4. Dezember 2025** beteiligen wir uns an der Organisation des PEAK-Kurses **Emissionen von Reifenpartikeln und Auswirkungen auf die Umwelt** in Dübendorf, der auf Deutsch und Französisch durchgeführt wird. Reifenabrieb ist ein wichtiger Schadstoff, der regelmässig im Boden, im Wasser und im Sediment vorkommt und nur schwer abbaubar ist. Der Kurs gibt einen Überblick über den Stand des Wissens zum Schicksal, dem Verhalten und den Auswirkungen von Reifenpartikeln. Ausserdem werden Ansätze vorgestellt, wie man ihre Auswirkungen auf die Umwelt verringern kann.

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



### Ersatz von Torf in künstlichen Böden und Sedimenten

Die Toxizität von Chemikalien für Boden- und Sedimentorganismen wird stark durch die Eigenschaften des Bodens oder Sediments beeinflusst, dem die Organismen ausgesetzt sind. Daher verwenden die unter OECD standardisierten Biotests zur Prüfung der Chemikaliengtoxizität künstliche Böden oder Sedimente mit einer genau definierten Zusammensetzung. Diese Testsubstrate enthalten stets Torf als Quelle für organisches Material.

Da es in Europa immer weniger Torfgebiete gibt und die meisten in einem schlechten ökologischen Zustand sind, soll der Torfabbau in Zukunft eingeschränkt werden. Um weiterhin Chemikalien gemäss den OECD-Richtlinien prüfen zu können, ist die Entwicklung einer Torfalternative als organischer Bestandteil in künstlichen Böden und Sedimenten notwendig. Im ersten Schritt zur Erreichung dieses Ziels erarbeitet das Oekotoxzentrum gemeinsam mit internationalen Expertinnen und Experten eine detaillierte Literaturübersicht, um mögliche Torfalternativen für OECD-Tests zur Ermittlung der Boden- und Sedimenttoxizität zu ermitteln.

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

### Standardisierung für Sedimenttest mit Bachflohkrebsen

Chemikalien, die sich in Sedimenten anreichern können, müssen im Rahmen der Zulassung auf ihre Toxizität für Sedimentorganismen geprüft werden. Derzeit gibt es nur wenige OECD-Richtlinien für die Prüfung von sedimentgebundenen Chemikalien: Meist wird dafür ein Test mit Zuckmückenlarven eingesetzt (Test No. 218: Sediment-Water Chironomid Toxicity Using Spiked Sediment). Für eine detaillierte Risikobewertung sind zusätzliche Testmethoden mit empfindlicheren Arten wie Amphipoden erforderlich.

Eine OECD-Richtlinie für Amphipoden wird derzeit mit einem Ringversuch validiert. Die Richtlinie konzentriert sich auf den nordamerikanischen Flohkrebs *Hyalella azteca*, lässt es aber auch zu, andere Arten zu verwenden. Das Oekotoxzentrum arbeitet daher mit an der OECD-Standardisierung des Sedimenttoxizitätstests mit dem einheimischen Bachflohkrebs *Gammarus* sp.

Kontakt: Carmen Casado, [carmen.casado@centreecotox.ch](mailto:carmen.casado@centreecotox.ch)



### Qualitätskriterien am Oekotoxzentrum – neue Werte und Substanzen, neue Gesamtliste

Müssen Sie Umweltkonzentrationen von Chemikalien bewerten? Das Oekotoxzentrum führt eine umfangreiche Datenbank mit Umweltqualitätskriterien (UQK) und anderen ökotoxikologischen Schwellenwerten, die wir die nun um neue Informationen erweitert haben.

Wir haben ein **neues UQK** für das Insektizid Tefluthrin erarbeitet, das zur Gruppe der Pyrethroide gehört: Das Datendossier finden Sie auf unserer Webseite. Dort stellen wir auch *ad hoc* UQK zur Verfügung, die wir auf Basis der Zulassungsdaten bestimmt haben. Ausserdem UQK, die von anderen Ländern oder Institutionen hergeleitet wurden und die wir zur Bewertung von Gewässerproben vorschlagen – die Gesamttabelle aller verfügbaren UQK haben wir für Sie aktualisiert. Bei einigen Stoffen gibt es Änderungen, andere haben wir neu in die Liste aufgenommen. Darunter sind **zusätzliche ad hoc UQK**, Qualitätskriterien für Metalle und zusätzliche Qualitätskriterien für Antibiotika.

Die **Qualitätskriterien für Metalle** stammen aus der Schweizer Gewässerschutzverordnung und wurden noch nicht mit dem heute verwendeten Verfahren für die Herleitung von UQK hergeleitet. Sie sind zu verwenden wie akute UQK, da die Konzentrationen zu keinem Zeitpunkt überschritten werden sollten.

Die **zusätzlichen Qualitätskriterien für Antibiotika** unterscheiden sich von herkömmlichen UQK, da nicht der Schutz des Ökosystems im Mittelpunkt steht, sondern die Vermeidung einer Selektion von Antibiotikaresistenzen bei Umweltbakterien. Resistente Bakterien sollen keinen Überlebensvorteil haben, da sich die Resistenzen sonst weiter ausbreiten könnten. Diese Qualitätskriterien haben in der Schweiz keine rechtliche Bedeutung. Wenn Sie aber Antibiotika-Konzentrationen messen, die diese Werte überschreiten, hören wir gerne von Ihnen, da wir dieses Thema wissenschaftlich verfolgen.

Kontakt: Gianna Ferrari, [gianna.ferrari@oekotoxzentrum.ch](mailto:gianna.ferrari@oekotoxzentrum.ch)

**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.**

## **Fast ein Viertel aller Süsswassertiere vom Aussterben bedroht**

Rund ein Viertel der Süsswassertiere weltweit ist vom Aussterben bedroht. Dies zeigt eine neue Analyse für die IUCN Rote Liste der bedrohten Arten, die 23'496 Arten von Kriebtieren, Fischen und Libellen berücksichtigt. Die grössten Bedrohungen sind Umweltverschmutzung, Habitatveränderungen, Landwirtschaft, invasive Arten sowie Überfischung. Die Studie zeigt, dass die aktuelle Schutzpriorisierung, die sich meist auf Landwirbeltiere oder auf abiotische Faktoren wie Stickstoffbelastung oder Wasserstress stützt, nicht ausreicht, um den Schutz von Süsswasserarten sicherzustellen. Besonders abiotische Faktoren schneiden als Indikatoren für den Schutzbedarf sehr schlecht ab.

Sayer, C.A. et al. (2025) One-quarter of freshwater fauna threatened with extinction. *Nature* 638, 138–145 <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08375-z>

## **Plastik schädigt Organe und Nervensystem von Seevögeln**

Die Aufnahme von Plastik durch Seevögel hat tiefgreifende Auswirkungen auf die Gesundheit der Tiere – weit über ihren Verdauungstrakt hinaus. Eine neue Studie zeigt, dass junge Seevögel, die stark mit Plastik belastet sind, Veränderungen in Hunderten von Proteinen aufweisen. Diese sogenannten proteomischen Signaturen deuten auf einen Zellerfall sowie Funktionsstörungen von Magen, Leber und Nieren hin. Besonders alarmierend ist, dass die Forschenden Hinweise auf Nervenschädigungen fanden. Klassische Gesundheitsindikatoren wie das Körpergewicht erfassten solche Schäden nicht, was auf eine systemische Belastung hinweist, die bisher unterschätzt wurde.

de Jersey, A.M. et al. (2025) Seabirds in crisis: Plastic ingestion induces proteomic signatures of multiorgan failure and neurodegeneration. *Science Advances* Mar 14;11(11):eads0834. doi: 10.1126/sciadv.ads0834

## **Globale Bedrohung durch Trifluoessigsäure**

Die Konzentrationen von Trifluoessigsäure (TFA) steigen weltweit rasant: in Regenwasser, Böden, Pflanzen, Lebensmitteln und sogar im Trinkwasser. TFA ist ein besonders langlebiges Abbauprodukt zahlreicher fluorhaltiger Chemikalien, darunter Kühlmittel, Pestizide

und Arzneimittel. Die Substanz ist extrem mobil und biologisch kaum abbaubar, was zu einer irreversiblen Anreicherung führt, so dass TFA inzwischen in deutlich höheren Konzentrationen auftritt als andere PFAS-Verbindungen. Erste Hinweise auf eine Leber- und Reproduktionstoxizität sowie mögliche Auswirkungen auf Ökosysteme, insbesondere durch Bioakkumulation in Pflanzen, geben Anlass zur Sorge. Aufgrund der globalen Verbreitung und potenziell weitreichenden Auswirkungen stellt TFA eine Bedrohung für die planetaren Belastungsgrenzen dar. Die Forschenden fordern verbindliche Massnahmen zur Verringerung der Emissionen.

Arp, H.P.H., et al. (2024) The Global Threat from the Irreversible Accumulation of Trifluoroacetic Acid (TFA). *Environ. Sci. Technol.* 58, 45, 19925–19935

## **Pestizide schädigen Nichtzielorganismen: neuer Reviewartikel**

Pestizide wirken nicht nur auf Zielorganismen, sondern beeinträchtigen auch zahlreiche andere Arten – von Pflanzen über Insekten bis hin zu Amphibien und Mikroorganismen. Eine umfassende Analyse von über 20'000 Einzeldaten aus 1'705 Studien zeigt, dass Pestizide das Wachstum, die Fortpflanzung und das Verhalten von Nichtzielorganismen sowohl in Wasser- als auch in Boden-Ökosystemen negativ beeinflussen. Diese Effekte sind in gemässigten Zonen ausgeprägter als in tropischen Regionen, treten aber überall auf – auch unter realistischen Expositionsbedingungen. Die Ergebnisse werfen Fragen zur Nachhaltigkeit des aktuellen Pestizideinsatzes auf und unterstreichen den Bedarf nach einer verbesserten Risikobewertung.

Wan, N.F. et al. (2025) Pesticides have negative effects on non-target organisms. *Nature Communications* 16, 1360. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56732-x>

## **Schon geringe Mengen Pestizide verändern Verhalten und Entwicklung von Insekten**

Eine neue Studie zeigt, dass viele Pestizide bereits in sehr kleinen, umweltrelevanten Mengen das Verhalten, die Entwicklung und die Fortpflanzung von Insekten beeinträchtigen können. In Labortests mit über 1'000 Wirkstoffen verursachten 57 % davon bei Fruchtfliegenlarven auffällige Verhaltensänderungen, oft verbunden mit einer geringeren Überlebensrate. Auch Veränderungen im Stoffwechsel und in der Eiablage wurden beobachtet. Die Effekte verstärken sich bei höheren Temperaturen und treten auch bei anderen Arten wie Mücken und Schmetterlingen auf. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass subletale Pestizidbelastungen mitverantwortlich für den weltweiten Rückgang von Insektenpopulationen sein könnten.

Gandara, L. et al. (2024) Pervasive sublethal effects of agrochemicals on insects at environmentally relevant concentrations. *Science* 386,446-453. DOI:10.1126/science.ado0251

### **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.centrecotox.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; Alain Herzog, EPFL (S. 7, 9), Adobe Stock (S. 8, 10, 11)

**Erscheinungsweise:** zweimal jährlich

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

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