

# oekotoxzentrum news

**22. Ausgabe Mai 2021**

Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie



Mikroplastik  
in der Umwelt S. 3

Online-Biomonitoring  
von ARA Abwasser S. 6

Schädigen Pflanzenschutzmittel  
unsere Fische? S. 8

# Kreativität und Prävention

## ... die besten Partner für eine gesunde und nachhaltige Umwelt



Dr. Benoît Ferrari,  
Leiter des Oekotoxenzentrums *ad interim*

Welche Zukunft wollen wir unseren Kindern hinterlassen? Bei der Beantwortung dieser Frage sollten wir gesellschaftliche, ökologische und auch gesundheitliche Aspekte berücksichtigen. Wollen wir weiterhin unser Lebenskapital und unseren Lebensraum verbrauchen oder wollen wir uns neu erfinden, um anders und nachhaltiger zu handeln? Seien wir optimistisch! Oft wird aus dem Zwang, der durch Probleme und schwierige Situationen entsteht, die notwendige Kreativität geschaffen, um diesen zu begegnen.

Um uns herum gibt es immer mehr Initiativen, um besser mit weniger auszukommen. Um zu den einfachen Dingen zurückzukehren und so Beziehungen und Solidarität zu schaffen. Um verantwortungsvoller zu produzieren und zu konsumieren und dabei Mensch und Natur zu respektieren. In der Ökotoxikologie zeigt sich diese Kreativität in der Entwicklung innovativer Methoden zur Abschätzung des Umweltrisikos von Chemikalien (z. B. Pestizide, PFAS) oder Materialien (z. B. Kunststoffe) sowie in der Entwicklung neuer Werkzeuge (z. B. Online-Biomonitoring, Biomarker), um diesen Risiken besser vorzubeugen oder bestehende Umweltbelastungen besser zu bewerten.

Wenn wir über Umweltrisiken reden, dürfen wir aber die Prävention nicht vergessen. Auch heute noch ist Prävention der effektivste und kostengünstigste Weg, um langfristig gesunde Ökosysteme zu gewährleisten. Denn oft ist es zielführender, Probleme an der Quelle anzugehen, statt kostspielige «End-of-Pipe»-Massnahmen zu ergreifen. In dieser Gesundheitskrise zum Beispiel tragen wir Masken als vorbeugende Massnahme, um andere Menschen zu schützen. So können wir die Verbreitung des Coronavirus verringern, falls wir selbst infiziert sind, ohne es zu wissen.

Dieselben Masken, die meist aus Kunststoff bestehen, führen allerdings auch zu Abfall. So können sie erheblich zur Plastikverschmutzung in der Umwelt beitragen, wenn sie nicht ordnungsgemäss entsorgt werden. Das Thema Plastikabfall stellt eine neue Herausforderung für die Ökotoxikologie dar. Alle Initiativen mit dem Ziel, die Umweltbelastung durch Plastik zu verhindern oder zu reduzieren und den Behörden zu helfen, wirksame Massnahmen zu ergreifen, tragen dazu bei, den Druck auf die Ökosysteme zu verringern. Diese Initiativen können auf verschiedenen Ebenen umgesetzt werden, also bei der Produktentwicklung, bei der Verbesserung des Recyclings, beim Abfallmanagement, bei der Reduzierung des Einsatzes gefährlicher Chemikalien oder bei

der Sanierung von Verkehr und Industrie. Ein wichtiger Hebel sind auch die grossen politischen Aktionspläne, die alle Akteure in Gesellschaft und Wirtschaft auf ein nachhaltiges Modell verpflichten.

Tauchen Sie ein in die neue Ausgabe der Oekotoxzentrum News, die verschiedene Aspekte aus diesem Editorial anspricht. Zum Schluss möchte ich Sie noch darüber informieren, dass gerade die Leistungen des Oekotoxenzentrums in den letzten fünf Jahren evaluiert wurden. Wir freuen uns, dass die Evaluation zum Schluss kommt, dass sich das Zentrum weiterhin als Exzellenzzentrum für angewandte Ökotoxikologie etabliert und nationale und internationale Anerkennung für seine hochwertigen Dienstleistungen erhält. Wir bedanken uns bei allen, die zu diesem Erfolg beigetragen haben.

Und nun wünsche ich Ihnen eine gute Lektüre!

Titelbild: Danina Schmidt setzt Wasserflöhe als Biomonitorie ein, um die Qualität des gereinigten Abwassers auf einer Kläranlage zu überwachen.

Foto: Anke Schäfer, Oekotoxzentrum



# Mikroplastik in der Umwelt

**Überall findet sich Plastik – in Gewässern, in Böden und auch in Lebensmitteln. Doch über die Wirkung der Partikel auf Ökosysteme und den Menschen ist noch zu wenig bekannt. Deshalb bleibt auch die Risikobewertung der Stoffe schwierig. Über den aktuellen Stand des Wissens informierte das Oekotoxzentrum in einem Online-Kurs im Januar.**

Plastik ist ein wertvoller Werkstoff und hat seit seiner Entwicklung vor mehr als 100 Jahren einen weltweiten Siegeszug ohnegleichen angetreten: Jährlich werden mehr als 350 Millionen Tonnen Plastik produziert, und die Produktion von Plastik hat sich in den letzten 50 Jahren verzehnfacht. Ein Teil dieser Kunststoffe gelangt ungewollt oder durch Nachlässigkeit in Gewässer und Böden, wo er sehr langsam in kleinere Teilchen zerfällt. Dies führt dazu, dass inzwischen in allen Umweltbereichen, in Lebewesen und in Lebensmitteln in zunehmenden Mengen kleine Plastikpartikel, sogenanntes Mikroplastik, gefunden wird.

Kunststoffpartikel können giftige Zusatzstoffe enthalten und auch organische Schadstoffe adsorbieren. Wenn kleine Plastikteilchen von Lebewesen aufgenommen werden, stellen sie für diese eine potentielle Gefahr dar. Doch wie genau wirken die Partikel auf Ökosysteme und die menschliche Gesundheit? Wie kann ihr Risiko abgeschätzt werden und wie lassen sich die Stoffe vermeiden? Diesen Fragen widmete sich das Oekotoxzentrum im Januar in einem zweitägigen Weiterbildungskurs – dem ersten Oekotoxzentrum-Kurs, der ausschliesslich online durchgeführt wurde. Der Kurs wurde gemeinsam mit dem Schweizerischen Zentrum für angewandte Humantoxikologie (SCAHT) organisiert, um die Effekte auf Mensch und Umwelt möglichst systemübergreifend zu beschreiben.

## Was genau ist Mikroplastik?

Als Mikroplastik bezeichnet man Plastikpartikel mit einer Grösse kleiner 5 mm – sind sie kleiner als 100 nm, so spricht man von Nanoplastik. Mikroplastikpartikel können als Kugeln, Fragmente oder Fasern vorliegen. Sie entstehen entweder aus dem langsamen Zerfall oder Abrieb von grösseren Plastikgegenständen oder werden bereits als kleine Partikel produziert. In der Umwelt dominieren Partikel aus dem Strassenverkehr, aus Verpackungen, Sportplätzen und Baustellen. Kleinere Mengen an Mikroplastik aus Synthetikbekleidung, Reinigungsmitteln und Kosmetika werden über die Kläranlagen in Gewässern eingetragen, während Plastik aus der Landwirtschaft direkt in den Boden gelangt. In der Umwelt baut sich Plastik nur sehr langsam ab.

## Charakterisierung und Nachweis in der Umwelt

Der Nachweis von Mikroplastik in der Umwelt ist aufwändig. Zum materialspezifischen Nachweis von einzelnen Partikeln wird meist FT-IR (Fourier-Transformations-Infrarotspektrometrie) oder RAMAN-Spektroskopie eingesetzt, bei denen die Teilchen auf Basis der Lichtemission nachgewiesen werden. Für eine grössenspezifische Messung der Partikelzahl ist dabei eine umfangreiche Aufreinigung der Proben notwendig. Zunächst muss alles organische Material entfernt und die Proben auf einen Filter aufgebracht werden. Dies stellt besonders für komplexe Matrices wie Erde, Klärschlamm oder Sediment eine erste Herausforderung dar. Um die Anzahl der Mikroplastikpartikel zu bestimmen, sind verschiedene mikroskopische Methoden geeignet, wie zum Beispiel «Infrared laser chemical imaging», Durchflusszytometrie oder Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS). Dabei werden jedoch keine genaueren Informationen über das Plastikmaterial erhalten. Obwohl verschiedene Analysemethoden zur Verfügung stehen, gibt es bis jetzt noch keine standardisierte Methode zur Messung von Mikroplastik. Auch werden, je nach Forschungsziel, unterschiedliche Methoden verwendet. Da die Probenahmetechnik und die Messmethode die Ergebnisse stark beeinflussen, können Daten aus verschiedenen Versuchen nur begrenzt verglichen werden.



Mikroplastik ist inzwischen überall in unserer Umwelt zu finden.

## Ökotoxikologische Effekte

Mikroplastik wurde schon in allen Umweltkompartimenten nachgewiesen (Flüsse, Seen und Meere, Grundwasser, Boden und Sedimente, Luft), auch in abgelegenen Gebieten. Im Wasser werden grössere Partikel von Fischlarven und Krebstierchen aufgenommen, kleinere von Zooplankton. Die Interaktion und auch die Wirkung auf den Organismus hängen von zahlreichen Faktoren ab wie der Grösse, der Form und der Konzentration der Partikel, dem Material, und auch der Organismenart, ihrem Ernährungstyp und Entwicklungsstadium. Es ist schwierig, die Resultate zur Toxizität der Partikel, die meist in Laborexperimenten bestimmt werden, auf das Freiland zu übertragen. Zum einen werden Laborexperimente oft mit sehr hohen Konzentrationen durchgeführt. Während in den Tests meist kugelförmige Standardpartikel verwendet werden, dominieren in der Umwelt Fasern und Bruchstücke. Ausserdem wird Mikroplastik in der Umwelt weiter verändert, zum Beispiel durch die Besiedlung mit Biofilmen.

Mikroplastikpartikel können auf Organismen verschiedene Effekte haben: Bekannt sind etwa Funktionsstörungen (z.B. Instabilität des Köchers von Köcherfliegenlarven), Mangelernährung, Entzündungen und Entwicklungsstörungen. Modell-Mikroplastikpartikel sind auch in der Lage, die Gemeinschaftsstruktur von aquatischen Biofilmen und den Fortpflanzungserfolg von darauf lebenden Süsswasserschnecken zu beeinflussen. Im Boden kann Mikroplastik die Bodeneigenschaften verändern und Pflanzen und Bodenlebewesen beeinträchtigen. Neben der Bodenstruktur können sich die Aktivitäten von Bodenenzymen und bakteriellen Lebensgemeinschaften dabei ändern, ebenso wie der Keimerfolg, das Wachstum und die Biomasse von Pflanzen, die Biomasse von Regenwürmern und das Darmmikrobiom von Springschwänzen.

## Effekte auf den Menschen

Der Nachweis von Mikroplastik in Lebensmitteln wie Mineralwasser, Honig, Bier, Meeresfrüchten und Salz hat zu weitverbreiteter Besorgnis geführt. Auch im Darm wurden die Stoffe bereits nach-



Der Weiterbildungskurs zu Mikroplastik in der Umwelt im Januar 2021 war der erste Onlinekurs des Oekotoxentrums.

gewiesen. Grundsätzlich können Mikroplastikpartikel den Körper auf physikalische, chemische und biologische Art schädigen. Doch ist derzeit unklar, ob Mikroplastikpartikel vom Körper aufgenommen werden, da dafür mehrere Barrieren zu überwinden sind. Laut der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) können Partikel mit einer Grösse  $< 1,5 \mu\text{m}$  prinzipiell die Darmwand passieren und ins Blut übergehen. Andere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass diese kleinen Partikel in der Darmwand stecken bleiben und von dort direkt wieder ausgeschieden werden. Es gibt keine Daten zur Toxizität von Mikroplastikpartikeln auf den Menschen, nur Daten aus Tierstudien und Zellkulturen. Diese zeigen eine mögliche Zelltoxizität, Entzündungsreaktionen und Effekte auf das Wachstum, allerdings nur bei sehr hohen Konzentrationen, die deutlich über den derzeit gemessenen Umweltkonzentrationen liegen. Das menschliche Verdauungssystem ist nicht in der Lage, Mikroplastikpartikel nach dem Verschlucken zu zersetzen. Es scheint also, dass Mikroplastikpartikel kaum in Zellen aufgenommen werden und auch keine allzu hohe Toxizität haben. Doch zu einer abschliessenden Bewertung gibt es noch zu wenige Daten.

## Risikobewertung von Mikroplastik

Das Risiko von Mikro- und Nanoplastikpartikeln auf die Gesundheit von Organismen wird abgeschätzt, indem die Umweltkonzentration mit der Konzentration verglichen wird, die gerade noch keinen Effekt auf Organismen hat. Daher haben Wissenschaftler diese Umweltkonzentrationen mit den Konzentrationen verglichen, die tatsächlich eine ökotoxikologische Wirkung hatten: Der Vergleich zeigte, dass sich die Konzentrationsbereiche nur wenig überlappen. Ein Umweltrisiko scheint daher momentan unwahrscheinlich. Auch das Risiko für den Menschen wird als derzeit unkritisch angesehen. Die Resultate sind allerdings mit Vorsicht zu betrachten, da sich das Umweltmaterial vom getesteten Mikroplastik unterscheidet.

## Massnahmen zur Mikroplastikvermeidung an der Quelle und zur Entfernung aus der Umwelt

Abwasserreinigungsanlagen (ARA) können einen grossen Teil des Mikroplastiks zurückhalten, das ins Abwasser gelangt (rund 90 %). Trotzdem tragen beispielsweise die ARA im Kanton Zürich pro Tag noch 30 Milliarden Teilchen oder 600g Mikroplastik in die Gewässer ein. Im Einzugsgebiet des Greifensees sind die Mikroplastikeinträge überall nachweisbar. Das Mikroplastik wird dort im Seesediment eingelagert, macht aber im Vergleich zu den natürlichen Sedimentpartikeln zur Zeit einen sehr geringen Teil aus. Durch den Einbau einer Membranfiltrationsanlage auf ARA könnten noch mehr Partikel zurückgehalten werden, doch dies wäre unverhältnismässig teuer. Massnahmen an der Quelle sind daher zielführender als solche *end of pipe*-Massnahmen.

In einigen Bereichen eignen sich biologisch abbaubare Polymere als Alternative zu den üblichen Kunststoffen: So hat zum Beispiel PBAT (Poly(Butylene Adipate-co-Terephthalate) das Potential für den Einsatz als Mulchfolie in der Landwirtschaft. Die Anwendung von abbaubaren Kunststoffen muss allerdings von Fall zu Fall unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus evaluiert werden. Sinnvoll ist ein Einsatz dann, wenn ein zusätzlicher Nutzen generiert wird (z.B. als Kompostbeutel), die Abtrennung von anderem Biomüll erschwert ist (z.B. Etiketten von Bananen) oder Plastik in der



Umwelt zurückbleiben kann (z.B. Mulchfolien oder Fischereinetze). Bioabbaubare Polymere sind also nicht als genereller Ersatz für nicht biologisch abbaubare Kunststoffe geeignet, sondern nur komplementär zum existierenden Konzept von *Reduce, Reuse, Recycle*.

Mikroplastik ist auch in verschiedenen Kosmetikprodukten enthalten. Man unterscheidet hier zwischen *Rinse-off*-Produkten, die abgespült werden und so ins Abwasser gelangen und *Leave-on*-Produkten, die hauptsächlich über das Abschminken als fester Abfall entsorgt werden. Durch eine Eigeninitiative der Europäischen Kosmetikindustrie konnten bereits 97 % des Mikroplastik aus *Rinse-off*-Produkten entfernt werden. Bei *Leave-on*-Produkten, die einen kleineren Anteil ausmachen, ist ein Ersatz schwieriger.

### Risikokommunikation und politische Massnahmen

Bei der Risikokommunikation ist es wichtig zu berücksichtigen, dass sich die Risikowahrnehmung von Experten und Nicht-Experten stark unterscheiden kann. Insgesamt hat die sozialwissenschaftliche Forschung zu Mikroplastik stark zugenommen, und rund 90 % der Europäer sorgen sich um den Effekt von Plastik auf die Umwelt.

Die EU hat auf diese Besorgnis reagiert und mit ihrer Kunststoffstrategie (2018) und dem Neuen Aktionsplan (2020) bereits Massnahmen zur Verringerung von Mikroplastik an der Quelle initiiert. So wird sie voraussichtlich 2021 oder 2022 im Rahmen der REACH-Verordnung eine Beschränkungsregelung für absichtlich verwendetes Mikroplastik erlassen – und zwar in Anwendungen mit relevanten Umwelteinträgen. Die Beschränkungen sollen schrittweise über einen Zeitraum von sechs Jahren in Kraft treten. Sie betreffen zum Beispiel Einstreumaterial für Kunstrasenplätze, einige landwirtschaftliche Produkte wie Dünger mit kontrollierter Freisetzung oder Antiklumpmittel, verschiedene Kosmetikzusätze, verkapselte Duftstoffe in Wasch- und Reinigungsmitteln und verschiedene andere Anwendungen. Es wird erwartet, dass die Beschränkung für Mikroplastik die Einträge in die Umwelt in 20 Jahren um rund 500 000 Tonnen oder 90 % reduzieren wird. Wenn die Regelung in Kraft tritt, wird die Schweiz sie prüfen und eine entsprechende Beschränkungsregelung im Rahmen einer Revision der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung vorbereiten.

Ausserdem gilt in der EU ab dem 4. Juli 2021 ein Verbot für das Inverkehrbringen von oxo-abbaubaren Kunststoffen. In diesen Kunststoffen führen metall-organische Zusätze zur schnelleren Bildung von Plastikfragmenten (vor allen in Einwegverpackungen



Mikroplastikpartikel kommen in der Umwelt in verschiedensten Formen und Materialien vor.

und landwirtschaftlichen Folien), und so auch zu einem verstärkten Umwelteintrag von Mikroplastik. Die Schweiz hat einen Regelungsentwurf für ein Verbot des Inverkehrbringens von oxo-abbaubaren Kunststoffen in die Vernehmlassung geschickt. Die Regelung soll im Herbst 2021 vom Bundesrat verabschiedet werden.

Es gibt immer noch viele offene Fragen zur Gefährlichkeit und dem Risiko durch Mikroplastik in der Umwelt, doch es ist klar, dass uns dieses weiter begleiten wird. Im Sinne des Vorsorgeprinzips soll mit den geplanten politischen Massnahmen nicht nur die Verwendung, sondern auch der Eintrag von Mikroplastik stark eingeschränkt werden – so können die Risiken für schädliche Effekte auf Organismen und den Menschen verringert werden.

Kontakt: Alexandra Kroll, [alexandra.kroll@oekotoxzentrum.ch](mailto:alexandra.kroll@oekotoxzentrum.ch),  
Lothar Aicher, [lothar.aicher@scaht.org](mailto:lothar.aicher@scaht.org)

# Online-Biomonitoring von ARA Abwasser

**Gereinigtes Abwasser kann durch ein Online-Monitoring mit Organismen kontinuierlich überwacht werden. Das gibt Kläranlagenbetreibern und einleitenden Industriebetrieben die Möglichkeit, schnell auf akute Belastungen zu reagieren.**

Die Schweizerische Gewässerschutzverordnung legt fest, dass Stoffe, die Gewässer durch menschliche Aktivitäten belasten, keine nachteiligen Einwirkungen auf die dort lebenden Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen oder auf die Nutzung der Gewässer haben dürfen. Auch Abwasserreinigungsanlagen (ARA) tragen Mikroverunreinigungen aus kommunalen oder industriellen Quellen in Oberflächengewässer ein. Daher wird das gereinigte Abwasser vor seiner Einleitung ins Gewässer auf problematische Verbindungen überprüft. Dazu werden meist zeitlich begrenzte Proben genommen und mit chemischer Analyse (und teilweise Biotests) im Labor überwacht und zeitaufwändig ausgewertet.

Die Zusammensetzung von Abwasser kann sich jedoch sehr kurzfristig ändern: Das ist besonders bei industriellen Einleitungen der Fall. Manche Unternehmen ändern nämlich häufig ihre Produktpalette und Produktionsprozesse, wodurch immer neue Abfall- und Nebenprodukte entstehen. Online-Biomonitoring-Systeme, die lebende Organismen verwenden, können die Qualität des geklärten Abwassers kontinuierlich in Echtzeit überwachen. Das auch, wenn die belastenden Stoffe unbekannt sind. «Die Verhaltensänderungen, die wir verwenden, reagieren sehr schnell und sensitiv auf eine Schadstoffbelastung», sagt Miriam Langer von der Fachhochschule Nordwestschweiz und der Eawag, die das Projekt zusammen mit Cornelia Kienle vom Oekotoxzentrum leitet. «Deshalb möchten wir sie als Frühwarnsysteme einsetzen.» Solche Systeme erlauben es den Kläranlagenbetreibern und einleitenden Betrieben, schnell auf akute Belastungen des Abwassers zu reagieren und die Belastung direkt an der Quelle zu verringern.

## **Sandoz-Unfall als Trigger für Online-Biomonitoring**

Das Potential von Online-Biomonitoring-Systemen als Frühwarnsysteme für Gewässer ist schon länger bekannt. Bei Verschmutzungen ist es wichtig, rasch reagieren zu können, um eine durchgehend hohe Wasserqualität zu gewährleisten und Unfälle zu verhindern. So wurde nach der Umweltkatastrophe von Sandoz im Jahr 1986, bei der nach einem Brand unter anderem 30 Tonnen Pestizide in den Rhein gelangten, die Entwicklung von biologischen Frühwarnsystemen stark gefördert. Aktuell werden Online-Biomonitoring-Systeme vor allem zur Überwachung von Trinkwasser und Oberflächengewässern eingesetzt. Zur Anwendung der Systeme auf ARA gibt es noch wenig Erfahrung. Deshalb hat das Oekotoxzentrum zusammen mit der Fachhochschule Nordwestschweiz und der Eawag ein Projekt initiiert, um geeignete Systeme zur Überwachung von gereinigtem Abwasser zu etablieren.

## **Auswahl der Testsysteme**

Online-Biomonitoring-Systeme bestehen aus drei Komponenten: i) dem Testorganismus, der auf das untersuchte Wasser mit Veränderungen z.B. der Photosynthese oder des Verhaltens reagiert, ii) dem automatischen Detektionssystem, das die Reaktion des



Danina Schmidt und Ali Kizgin setzen Algen, Wasserflöhe und Bachflohkrebse als Biomonitor ein, um die Qualität des gereinigten Abwassers auf einer Kläranlage zu überwachen.

Organismus überwacht und iii) dem Alarmsystem, das ein Signal auslöst, wenn der normale Schwellenwert des Organismus überschritten wird. Als Sensor werden verschiedene Organismen wie Bakterien, Algen, Kleinkrebse oder Fische eingesetzt. Sie stellenvertretend für Organismen im Ökosystem - Veränderungen in der Wasserqualität erfassen. Messparameter sind beispielsweise die Leuchtkraft, die Fluoreszenz, das Schwimmverhalten und die Atmung. All diese Parameter können durch Schadstoffe beeinträchtigt werden.

Ein geeigneter Sensor-Organismus für Abwasser muss mehrere Voraussetzungen erfüllen: Einerseits muss er empfindlich auf die Stoffe reagieren, die nachgewiesen werden sollen. Andererseits sollte er möglichst tolerant gegenüber der sonstigen Abwasserzusammensetzung sein: Abwasser enthält nämlich wesentlich komplexere Inhaltsstoffe als Trinkwasser oder Flusswasser und fordert daher die Nachweissysteme heraus. Da alle Organismen

unterschiedlich auf potentielle Mikroverunreinigungen reagieren, gibt es nicht einen einzigen Online-Biomonitor, der für alle Stoffe geeignet ist. Ideal ist eine Batterie aus verschiedenen-Systemen, die sich gegenseitig ergänzen. Die Forschenden haben hier drei Testsysteme ausgewählt, die verschiedene Ernährungsebenen abdecken: Zum einen die einzellige Grünalge *Chlorella vulgaris*, bei der die Photosyntheseaktivität betrachtet wird. Zum anderen zwei Süßwasserkrebse, nämlich den Wasserfloh *Daphnia magna* und den Bachflohkrebs *Gammarus pulex*. Bei diesen werden verschiedene Verhaltensparameter überwacht (mehr Details zu den Testsystemen, siehe Kasten).

### Prüfung auf der Pilot-ARA

«Zuerst haben wir geprüft, ob die Organismen im Abwasser gut überleben und ob die Testsysteme genügend sensitiv sind, um auf Verunreinigungen zu reagieren», erzählt Ali Kizgin vom Oekotoxzentrum, der dieses Thema in seiner Doktorarbeit erforscht. Dazu wurden die Biomonitore in der Pilotkläranlage der Eawag installiert. «Eine Schwierigkeit war, dass das gereinigte Abwasser keine groben Partikel enthalten darf, die die kontinuierlichen Messungen beeinträchtigen könnten», sagt Ali Kizgin. Daher musste zunächst ein Membranfilter integriert werden, um eine hohe Belastung durch Schwebstoffe und Mikroorganismen im Abwasser zu verhindern. Um das Potenzial der Systeme für die Online-Überwachung zu evaluieren, setzten die Forschenden dem geklärten Abwasser verschiedene Stoffe wie Natriumchlorid, Diuron, Chlorpyrifos, Zinkchlorid oder Sertralin zu: Dies in Konzentrationen, die die gemessenen Parameter beeinträchtigen, jedoch



Das gereinigte Abwasser in Kläranlagen sollte von einwandfreier Qualität sein.

möglichst keine Auswirkungen auf das Überleben der Organismen hatten. Die Ergebnisse waren vielversprechend: Die Organismen reagierten mit messbaren Veränderungen auf die Stoffe und hatten auch mit der Kombination aus Abwasser und Schadstoffen kein Problem.

### Erfolgreiche Anwendung auch im Grossmasstab

Im nächsten Schritt setzten die Forschenden das System auf einer mittelgrossen ARA in der Region ein. «Eine Herausforderung war es, dass wir zunächst einen mobilen Membranfilter bauen lassen mussten, den wir auf die Anlage mitnehmen konnten», erinnert sich Ali Kizgin. Doch dann sei der weitere Betrieb bei dem sechswöchigen Einsatz weitgehend unproblematisch gewesen. Ein Glückfall war die Zusammenarbeit mit der Eawag, die sich mit ihrer neuen MS<sup>2</sup>field-Plattform an dem Versuch beteiligte. MS<sup>2</sup>field ist eine der ersten mobilen Messstationen, die die kontinuierliche und zeitlich hochaufgelöste chemische Messung von Mikroverunreinigungen im Feld erlaubt. Die detaillierte Auswertung der Daten steht noch aus. Es wurden jedoch mehrere pharmazeutische Substanzen in erhöhten Konzentrationen in Zeiträumen gemessen, in denen auch Veränderungen im Verhaltensmuster der Tiere festgestellt wurden.

Als nächstes soll bestätigt werden, welche der identifizierten Substanzen durch die Biomonitore nachgewiesen werden können und wie hoch deren Empfindlichkeit ist. Ausserdem ist geplant, die Testsysteme auf weiteren ARA einzusetzen. «So wollen wir eine fundierte Basis schaffen, um die Online-Biomonitore als ergänzende Kontrollstufe des Abwassers zu etablieren», sagt Miriam Langer.

Video zum Testsystem: [www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/news/fruehwarnsysteme-mit-potenzial-video/](http://www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/news/fruehwarnsysteme-mit-potenzial-video/)

Kontakt: Cornelia Kienle, [cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch](mailto:cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch); Miriam Langer, [miriam.langer@fhnw.ch](mailto:miriam.langer@fhnw.ch)

### Die verwendeten Online-Biomonitore

Die einzellige **Grünalge** *Chlorella vulgaris* reagiert mit einer veränderten Photosyntheseaktivität auf Schadstoffe. Diese wird im Gerät durch Fluoreszenzmessungen überwacht. Die Algen werden in einem integrierten Fermenter kultiviert und für die Messung automatisch entnommen. Das Gerät vergleicht die Wirkung der Wasserprobe auf die Algen mit der Wirkung von Referenzwasser.

Beim Biomonitor mit **Wasserflöhen** wird das Abwasser kontinuierlich durch Messkammern geleitet, in denen sich die Tierchen befinden. In den Kammern wird das Schwimmverhalten der Tiere mit einer Videokamera gefilmt. Die Schwimmbahnen werden aufgezeichnet und dienen zur Berechnung verschiedener Parameter wie zum Beispiel der Schwimmhöhe oder der Schwimgeschwindigkeit.

Für die Überwachung mit Hilfe von **Bachflohkrebsen** werden die Tiere in Sensorkammern gegeben, die kontinuierlich von Abwasser durchflossen werden. Ein Elektrodenpaar erzeugt eine Wechsellspannung, während ein zweites Paar die Veränderungen des elektrischen Feldes misst, die durch die Bewegungen der Tiere erzeugt werden. Die normale Aktivität der Tiere kann dabei plötzlich zunehmen (Flucht) oder abnehmen (starke Beeinträchtigung durch Testsubstanz, bis hin zu Tod).



# Schädigen Pflanzenschutzmittel unsere Fische?

**Umweltrelevante Mischungen von Pflanzenschutzmitteln beeinflussen den Energiehaushalt von Fischen, mit möglichen Folgen für ihr längerfristiges Überleben. Diese Wirkung wird durch höhere Wassertemperaturen und Krankheiten beeinflusst. Ein Nachweis der komplexen Wirkung mit spezifischen Biomarkern ist vielversprechend.**

Die Fischfauna in den Schweizer Bächen ist stark zurückgegangen: So stehen inzwischen die meisten Fischarten der Schweiz auf der Roten Liste. Besonders die Zahl der Bachforellen – dem Leitfisch der Schweiz – hat in den letzten Jahren abgenommen. Mitverantwortlich dafür könnte auch die Belastung mit Pflanzenschutzmitteln (PSM) sein. Denn chemische Analysen haben gezeigt, dass kleine und mittlere Fließgewässer in landwirtschaftlich genutzten Gebieten bedenkliche Mengen an PSM enthalten. Die Stoffe treten dort in Konzentrationen auf, die ein Risiko für Fische darstellen und liegen meist als Gemische vor, die häufig giftiger sind als die Einzelstoffe. Die Fische sind ausserdem zusätzlichen Stressoren ausgesetzt wie einer erhöhten Wassertemperatur durch die Klimaerwärmung, Lebensraumveränderungen und Krankheiten. Forschende des Oekotoxizentrums und der Universität Bern haben die komplexen Wechselwirkungen untersucht und erste Methoden erarbeitet, um die PSM-Belastung von Bachforellen nachzuweisen.

## Dreifacher Stress für Bachforellen

Dazu wurden juvenile Bachforellen im Laborexperiment 14 Tage lang einer umweltrelevanten Mischung von 5 PSM ausgesetzt, die aus zwei Fungiziden (Fluopyrim und Epoxiconazol), zwei Insektiziden (Chlorpyrifos und Lambda-Cyhalothrin) und einem Herbizid (Diuron) bestand. Diese Stoffe waren ausgewählt worden, da sie in Schweizer Gewässern vielfach gefunden werden und Informationen vorliegen, dass sie für Fische ein Risiko darstellen – die Anwendung von Diuron und Chlorpyrifos als PSM wird ab Juni 2021 verboten sein. Dabei wurden zwei PSM-Konzentrationen betrachtet: einmal tatsächlich in Schweizer Gewässern gemessene Umweltkonzentrationen und einmal 5-fach höhere Konzentrationen. So sollten hypothetische Spitzenbelastungen nachgestellt werden.

Um den Einfluss der Wassertemperatur zu untersuchen, führten die Forschenden das Experiment bei zwei verschiedenen Wassertemperaturen durch, die im Frühjahr beziehungsweise Frühsommer für das Schweizer Mittelland typisch sind: nämlich 12°C und 15°C. Direkt nach dem Ende der PSM-Belastung wurde die Hälfte der Fische mit Parasiten infiziert, die für eine häufige Nierenerkrankung (Proliferative Kidney Disease, PKD) verantwortlich sind. So sollte die Empfänglichkeit der Fische für diese Krankheit erfasst werden. «Im Vergleich zur Freilandsituation haben wir für diesen Versuch bewusst milde Belastungen ausgewählt, um keine Mortalität auszulösen und subletale Effekte zu untersuchen», erläutert Anne-Sophie Voisin vom Oekotoxizentrum. Die Reaktion der Fische wurde anhand von verschiedenen biologischen Parametern analysiert.

## Direkte und langfristige Wirkung auf den Energiestatus der Fische

Die Belastung mit den PSM hatte sowohl direkt als auch längerfristig signifikante Wirkungen auf die Bachforellen. Die Sterblichkeit der Fische war zwar jeweils genauso gering wie bei der Kontrollgruppe. Es kam jedoch zu subtileren Effekten, die auf längere Sicht die Vitalität der Fische beeinflussen können. So war bei 12°C am Ende der Belastung der Leber-Somatische Index in PSM-belasteten

Fischen im Vergleich zu den Kontrollfischen signifikant niedriger: Dieser Index beschreibt das Verhältnis zwischen Lebergewicht und Gesamtgewicht. «Die Leber ist bei Fischen ein Speicherorgan für Energiereserven», erklärt Helmut Segner von der Universität Bern. «Der niedrigere Index bei den PSM-belasteten Fische deutet also darauf hin, dass die Tiere ihre Energiereserven verstärkt für die Bewältigung der PSM-Belastung verbrauchten». Ausserdem war der Konditionsfaktor (das Verhältnis zwischen Fischlänge und -gewicht) in Fischen, die bei 15°C mit der höheren PSM-Konzentration belastet wurden, niedriger als bei der Kontrollgruppe – der Konditionsfaktor steht ebenfalls im Zusammenhang mit dem Energiehaushalt der Fische. Auch dieser Effekt war direkt am Ende der Belastung sichtbar.

Bei den Fischen, die bei einer Temperatur von 15°C gehalten wurden, beeinflusste die PSM-Belastung die Tiere längerfristig. So war bei diesen Forellen der basale Sauerstoffverbrauch für die Schwimmaktivität 2 Monate nach der PSM-Belastung signifikant niedriger als bei unbelasteten Forellen, die ebenfalls bei 15°C gehalten wurden. Das lässt sich vermutlich dadurch erklären, dass die Fische einen Teil ihres Energiebudgets zur Bewältigung der PSM-Belastung einsetzten mussten, so dass weniger Energie für die Schwimmaktivität vorhanden war. «Auch dies zeigt,



Die Bachforelle ist der Leitfisch der Schweiz.





Besonders Jungtiere reagieren empfindlich auf eine Belastung mit Pflanzenschutzmitteln.

dass sich die PSM-Belastung trotz einer anschliessenden Erholungsphase längerfristig auf den Energiehaushalt der Tiere auswirken kann», erläutert Helmut Segner. Bei verschiedenen biologischen Parametern gab es ausserdem Wechselwirkungen zwischen den drei Stressoren.

#### **Genaktivierung zeigt PSM-Effekte**

Doch wie lassen sich die äusserst komplexen Wirkungen von PSM auf Fische im Feld nachweisen? Ein erfolgversprechender Ansatz ist die Untersuchung mit Hilfe von Biomarkern. Als Biomarker dienen zum Beispiel Gene, die in den Zellen für Schutzmechanismen gegenüber Umweltstress verantwortlich sind. Die Aktivierung dieser Gene steht am Anfang einer längeren Wirkungskette der Stressantwort. Gemessen wird die Genaktivierung über die Bildung von Boten-RNA (mRNA), die den ersten Schritt auf dem Weg vom Gen zum Protein darstellt. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass die Analyse der Genexpression von ausgewählten Biomarkergenen effektiv zur Bewertung der Wasserqualität verwendet werden kann.

Als Biomarker wurden insgesamt 22 Gene ausgewählt, die auf spezifische Wirkmechanismen von Pestiziden ansprechen oder bei Temperaturstress eine Rolle spielen: Die Expression dieser Gene wurde jeweils in der Leber und/oder im Gehirn gemessen. Dabei reagierten insgesamt sechs Biomarker im Gehirn signifikant auf die PSM-Exposition, jedoch keiner der Biomarker in der

Leber – dort reagierten dafür 12 Gene auf die höhere Temperatur. Interessanterweise wurden die meisten signifikanten Effekte auf die Biomarker durch die niedriger dosierte und nicht durch die höher dosierte PSM-Mischung hervorgerufen. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass bei höheren Konzentrationen entweder andere zelluläre Abwehrmechanismen aktiviert wurden oder bereits Zellschädigungen auftraten, so dass die Abwehrreaktionen nicht mehr initiiert werden konnten. Dies ist besonders relevant, da die niedriger dosierten PSM-Konzentrationen tatsächlichen Messwerten im Gewässer entsprechen und daher die typischere Umweltsituation widerspiegeln.

Es ist nicht einfach, geeignete Biomarker zu finden, da die Expression vieler Stressantwortgene nach der Belastung nur kurzfristig erhöht ist, bis andere Schutzmechanismen der Tiere in Gang gesetzt werden. Die Expression der hier reagierenden Biomarkergene war längerfristig erhöht, so dass sie gut geeignet für Freilanduntersuchungen scheinen. «Im Moment sind wir daran, weitere Biomarker zu identifizieren und ein robustes Biomarkerset für das Monitoring zu entwickeln», sagt Anne-Sophie Voisin vom Oekotoxzentrum. «Dieses möchten wir anschliessend im Freiland einsetzen.»

#### **Wichtige Forellen-Fitness**

PSM haben direkte und langfristige Auswirkungen auf den Energiestatus von Bachforellen. Die Belastung der Fische mit PSM bewirkte subletale Effekte, die in Wech-

selwirkung mit anderen Stressoren wie der erhöhten Wassertemperatur und der Parasiteninfektion die allgemeine Fitness der Tiere beeinträchtigen können. Es scheint, dass die PSM-Exposition insgesamt für die Fische energetisch aufwändig war. Dies könnte unter anderem die Überlebenschancen der Fische verringern, da im Freiland die angesammelten Energiereserven massgeblich das Überleben von Jungfischen im Winter beeinflussen. Freilanduntersuchungen deuten darauf hin, dass die Überlebensraten im Winter ein kritischer Faktor für den Forellenbestand in einem Gewässer sein können. Dabei sind besonders zwei Aspekte wichtig: Zum einen traten die Effekte bei milden Versuchsbedingungen bezüglich Wassertemperatur und Parasitendichte auf. «Im Freiland können die Temperaturen viel höher ausfallen und auch die Krankheitserreger sind über einen längeren Zeitraum präsent», sagt Anne-Sophie Voisin. «Gerade die Mittellandgewässer können im Sommer noch deutlich wärmer als 15°C werden, so dass wir den Effekt der Temperatur in Zukunft noch genauer studieren wollen». Zum anderen traten manche Effekte erst lange nach der PSM-Belastung auf. Das deutet an, dass die Belastung mit PSM – obwohl Expositionen oft pulsartig erfolgen – zu längerfristigen Wirkungen führen kann.

#### **Kontakt:**

Anne-Sophie Voisin,  
anne-sophie.voisin@oekotoxzentrum.ch;  
Helmut Segner,  
helmut.segner@vetsuisse.unibe.ch

# Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum



## Zuckmücken messen Schwebstoffqualität

2019 wurde auf dem Genfersee die interdisziplinäre Versuchsplattform LÉXPLORE installiert. Das Oekotoxzentrum sammelt dort über mehrere Monate hinweg Schwebstoffe und untersucht anschliessend im Labor, welchen Effekt die Schwebstoffqualität in den verschiedenen Jahreszeiten auf Zuckmückenlarven hat. Dazu wird zum einen die Belastung der Schwebstoffe mit Metallen und organischen Schadstoffen bestimmt. Zum anderen wird die Bioakkumulation der Stoffe in den Larven gemessen und das Expressionsniveau von Biomarker-Genen betrachtet. So soll ein System entwickelt werden, um die Umweltbelastung im Feld mit Hilfe von Biomarkern in Zuckmücken zu beurteilen.

Kontakt: Rébecca Beauvais, [rebecca.beauvais@centrecotox.ch](mailto:rebecca.beauvais@centrecotox.ch)



## Rolle der Estrogene von Nutztieren

Das Vorkommen von hormonaktiven Stoffen in Gewässern macht weltweit Sorgen. Auch die Landwirtschaft kann durch die Haltung von Nutztieren zum Eintrag von Estrogenen in die Umwelt beitragen. Eine gemeinsame Studie von Agroscope und dem Oekotoxzentrum gibt hier fürs Erste Entwarnung: Das beteiligte Forschungsteam konnte nämlich zeigen, dass die Stoffe zwar über die Gülle auf die Felder gelangen, dort aber durch die Filterwirkung der Böden effizient zurückgehalten werden. Nur ein sehr kleiner Teil der eingetragenen Estrogene im Einzugsgebiet des Baldeggersees gelangte in die Gewässer. Dort wurden nie länger als einen Tag lang potentiell kritische Konzentrationen erreicht. Wenn Fliessgewässer zusätzlich zur Landwirtschaft auch von Kläranlagenabwasser beeinflusst wurden, stammten die Estrogene selbst bei einer hohen Nutztierdichte überwiegend vom Menschen. Daraus schliessen die Forschenden, dass die Östrogenbelastung aus landwirtschaftlichen Quellen für die Gewässer weniger problematisch ist.

Mehr Informationen: Rechsteiner, D., Wettstein, F.E., Vermeirssen, E.L.M., Hollender, J., Bucheli, T.D. (2021) Estrogene von Nutztieren: Matchentscheidend oder kaum relevant für die Gewässerbelastung? *Aqua & Gas* 4, 40-46



## PFAS in Schweizer Sedimenten

Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) sind in der Umwelt sehr stabil und werden daher nahezu überall nachgewiesen. Eine neue Studie untersucht das Vorkommen von PFAS in Schweizer Sedimenten. Sie zeigt, dass sich die Analyse von Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) als Indikatorsubstanz für das Vorkommen von PFAS eignet. Ausserdem werden Sediment-Qualitätskriterien für PFOS in Sedimenten bestimmt. Dabei handelt es sich allerdings um vorläufige Werte, da noch zu wenig Toxizitätsdaten zur Verfügung stehen.

Casado-Martinez, C., Pascariello, S., Polesello, S., Valsecchi, S., Babut, M., Ferrari, B.J.D. (2021) Sediment quality assessment framework for per- and polyfluoroalkyl substances: results from a preparatory study and regulatory implication. *Integrated Environmental Assessment and Management* <https://doi.org/10.1002/ieam.4412>

## SETAC GLB Konferenz 2021 geht online!

Seit 2020 ist Marion Junghans, Gruppenleiterin am Oekotoxzentrum, Präsidentin des German Language Branch der Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC GLB). Die Jahrestagung des SETAC GLB findet 2021 am 7. und 8. September statt – und zwar in diesem Jahr ausschliesslich virtuell. Ein wesentliches Ziel der Tagung ist es, einen Überblick über die aktuelle Forschung in der Ökotoxikologie und der Umweltchemie im deutschsprachigen Raum zu geben und den Austausch zu fördern. Junge Nachwuchsforschende sollen sich besonders ermutigt fühlen, ihre Forschungsergebnisse vorzustellen.

[www.setac-glb.de/tagung-2021.html](http://www.setac-glb.de/tagung-2021.html)





### **Richtlinien für die Anwendung von eDNA bei der biologischen Bewertung der Gewässerqualität**

Für das Biomonitoring der Gewässerqualität werden Verfahren immer wichtiger, die auf der Analyse von Umwelt-DNA oder anderen genetischen Methoden basieren. Eine neue Publikation des Bundesamts für Umwelt (BAFU) gibt Richtlinien zur Anwendung von eDNA Methoden bei der biologischen Gewässerbewertung. Auch das Oekotoxzentrum arbeitet daran, genetische Methoden zur Überwachung der Qualität von Oberflächengewässern zu etablieren. So entwickelt es Methoden zur genetischen Bestimmung von Oligochaeten und Zuckmückenlarven, um die biologische Qualität von Fluss- und Seesedimenten zu bestimmen. Die genetischen Oligochaeten-Indizes, die das Oekotoxzentrum entwickelt hat, haben bereits Eingang in den Bericht des BAFU gefunden.

Pawlowski J., Apothéloz-Perret-Gentil L., Mächler E. & Altermatt F. 2020. Anwendung von eDNA-Methoden in biologischen Untersuchungen und bei der biologischen Bewertung von aquatischen Ökosystemen. Richtlinien. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2010.



### **Neue Projekte zur Bewertung der Gewässerqualität**

Das Oekotoxzentrum hat mehrere neue Projekte lanciert, um die Bewertung der Gewässerqualität zu verbessern. Darin werden einerseits molekulare Biomarker in Bachforellen eingesetzt, um die Belastung von Jungforellen in Bächen in landwirtschaftlichen Gebieten zu bewerten. Andererseits analysieren die Forschenden die Gewässerqualität an diesen Standorten (und anderen Standorten mit urbaner oder gemischter Belastung) mit einer umfangreichen Biotestbatterie aus Wasser- und Sedimenttests. Zum Vergleich werden die Methoden auch an möglichst unbelasteten Referenzstellen eingesetzt. Die Projekte ermöglichen es, einen Gesamtüberblick über den Zustand der Gewässerqualität an den ausgewählten Probenahmestellen zu erhalten. Ziel ist es, ideale Testbatterien für Wasser und Sedimente vorzuschlagen, die spezifisch für die Belastungsquellen in der Schweiz sind.

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



### **Weiterbildung am Oekotoxzentrum**

Am 29. Oktober 2021 organisiert das Oekotoxzentrum den Kurs **Biomarker zur Messung von Schadstoffeinflüssen auf aquatische Organismen**, der auf Deutsch in Dübendorf (und gleichzeitig online) stattfindet. Biomarker ermöglichen es, die Einflüsse von Schadstoffen und anderen Stressoren auf einen Organismus zu messen. Sie können im Umweltmonitoring wichtige Informationen zur Diagnose der Umweltqualität liefern. Der Kurs soll einen Überblick über die derzeit verfügbaren Biomarker geben, die Möglichkeiten für ihre Anwendungen aufzeigen und einen Ausblick auf die zukünftigen Entwicklungen auf diesem Gebiet geben. Der Kurs ist zur Anerkennung als Weiterbildungsveranstaltung für das Fachpersonal für Tierversuche angemeldet.

Am 15./16. November 2021 bietet das Oekotoxzentrum wieder seinen Einführungskurs **Introduction à l'écotoxicologie** – diesmal auf Französisch in Lausanne. Darin wird auf den Einfluss von Schadstoffen auf aquatische und terrestrische Ökosysteme eingegangen und es werden Testsysteme vorgestellt, um diese Wirkung zu messen. Ausserdem stehen das Verhalten von Schadstoffen in der Umwelt, die Risikoabschätzung von Umweltchemikalien und die dazugehörige Gesetzgebung auf dem Programm. In einem praktischen Teil gewinnen die Teilnehmenden einen Einblick in ein ökotoxikologisches Labor mit ausgewählten Sediment- und Bodentests.

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



**In dieser Rubrik informiert das Oekotoxzentrum über interessante internationale Neuigkeiten aus der Ökotoxikologie in den Bereichen Forschung und Regulatik. 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.**

## **Giftigere Pestizide bedrohen wirbellose Wassertiere und Bestäuber**

Eine neue Studie zeigt, dass die potentiellen ökotoxikologischen Schäden durch Pestizide oft unterschätzt werden. Der Grund dafür ist, dass viele Pestizide zwar inzwischen in geringeren Mengen ausgebracht werden als früher, dafür aber wesentlich toxischer sind. So wurden in den letzten Jahrzehnten weniger klassische Pestizide wie Organophosphate oder Carbamate eingesetzt, aber Neonicotinoide und Pyrethroide, die äusserst giftig sind. Der Trend gefährdet vor allem wirbellose Wassertiere, Pflanzen und Bestäuber, die auf diese Stoffe besonders sensibel reagieren. Für die Studie analysierten die Forschenden langjährige Anwendungsdaten aus den USA, wo diese Daten im Gegensatz zu Europa öffentlich zugänglich sind.

Schulz, R. et al. (2021) Applied pesticide toxicity shifts toward plants and invertebrates. *Science* 372, 81-84.

## **Biomarker zeigen Toxizität von Fungizid auf Honigbienen**

Neue Forschungsergebnisse zeigen, dass das regelmässig in der Landwirtschaft verwendete Fungizid Amistar Xtra – die enthaltenen Wirkstoffe sind Azoxystrobin und Cyproconazol - in typischen Anwendungskonzentrationen Honigbienen beeinträchtigen kann. Die Forschenden verwendeten in ihrem Projekt Biomarker, um subletale Veränderungen in Honigbienen zu finden. Sie setzten ein Set von verschiedenen Biomarkern ein, die Hinweise auf Neurotoxizität, Gentoxizität, Stoffwechseleränderungen und Auswirkungen auf das Immunsystem geben, und berechneten daraus einen Index, der die kombinierte Wirkung auf die Biomarker bewertet. Sie konnten zeigen, dass der toxische Biomarkerindex mit zunehmenden Konzentrationen von Amistar Xtra anstieg und der Stoff die Expression des Enzyms Acetylcholinesterase hemmte, was auf eine neurotoxische Wirkung auf die Honigbienen hindeutet.

Caliani, I. et al. (2021) Multi-biomarker approach and IBR index to evaluate the effects of different contaminants on the ecotoxicological status of *Apis mellifera*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208, 111486

## **Gift aus Autoreifen verantwortlich für Lachssterben**

Silberlachse in Nordamerika müssen aus dem Pazifik zunächst in Süssgewässer wandern, bevor sie sich vermehren können. Doch viele Lachse sterben, bevor sie ihr Ziel erreichen, besonders in dicht besiedelten Gebieten nach Regenfällen. Ein Forscherteam der Universität Washington hat nun herausgefunden, welche Substanz für das Fischsterben verantwortlich ist: Es handelt sich um 6PPD-Chinon, ein Reaktionsprodukt des gängigen Reifen-Zusatzes 6PPD, der der Langlebigkeit der Reifen dient. 6PPD-Chinon bildet sich aus 6PPD, wenn dieses aggressive, sauerstoffhaltige Verbindungen wie Ozon abfängt, das aus Autoabgasen entsteht. Die Forschenden konnten 6PPD-Chinon aus Reifenabrieb auslösen und zeigen, dass der Stoff bereits in minimalen Konzentrationen junge Lachse tötet. Tian, Z. et al (2020) A ubiquitous tire rubber-derived chemical induces acute mortality in coho salmon. *Science* 371, 185-189.

## **Populationen von Süsswasserfischen weltweit bedroht**

Süswasserfische stehen weltweit unter Druck, ein Drittel der globalen Populationen ist sogar vom Aussterben bedroht – dies zeigt ein neuer Bericht von 16 Naturschutzorganisationen. Die Populationen der wandernden Süswasserfische sind seit 1970 um 76 % gesunken, und grosse Fische mit einem Gewicht von mehr als 30 kg wurden in den meisten Flüssen fast ausgerottet. Die weltweite Population der Megafische ist um 94 % gesunken, und 16 Arten von Süswasserfischen wurden im letzten Jahr für ausgestorben erklärt. Die Ursachen für den Rückgang sind vielfältig: Eine Rolle spielen die Umweltverschmutzung, Überfischung und zerstörerische Fischereipraktiken, die Einführung von invasiven Fischarten, der Klimawandel und die Störung von Flussökosystemen.

Zum Bericht «The World's forgotten fishes»: [https://wwf.panda.org/discover/our\\_focus/freshwater\\_practice/the\\_world\\_s\\_forgotten\\_fishes](https://wwf.panda.org/discover/our_focus/freshwater_practice/the_world_s_forgotten_fishes)

## **Hohe Mikroplastikkonzentrationen in der Tiefsee**

In Tiefseesedimenten der Antarktis und des südlichen Ozeans wurden höhere Mikroplastikkonzentrationen gefunden als in weniger abgelegenen Gebieten. Die deutet darauf hin, dass sich Mikroplastik in der Tiefsee in diesen Gebieten wesentlich stärker ansammelt, als das bisher angenommen wurde. Mikroplastikpartikel wurden in 93 % der untersuchten Sedimente nachgewiesen. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass 93 % der Sedimentbewohner in der Antarktis Mikroplastikpartikel enthalten; diese wurden auch in Pinguinkot gefunden. Es scheint also, dass Mikroplastik dort in die Nahrungskette aufgenommen und über die verschiedenen Ernährungsebenen weitergegeben wird.

Cunningham, E.M. et al. (2020) High Abundances of Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments: Evidence from Antarctica and the Southern Ocean. *Environmental Science & Technology* 54, 13661–13671

### **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, Carlos Miguel Forero (S. 3), Chesapeake Bay Program (S. 5), Andreas Hartl (S. 8), Universität Bern (S. 9), Thomas Bucheli, Agroscope (S. 10), Shutterstock (S. 10), Fotolia (S. 11)

**Erscheinungsweise:** zweimal jährlich

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

**Druck:** Mattenbach AG, Winterthur

**Gedruckt:** auf Recyclingpapier

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