

oekotoxzentrum news

29. Ausgabe November 2024

Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie



Sedimentqualität
in Schweizer Bächen –
Anwendung der neuen
Bewertungsstrategie S. 3

Toxische Effekte
von Reifenabrieb S. 6

Wie können positive Effekte
durch den ARA-Ausbau
gemessen werden? S. 8

Probenahmekampagnen: ein Schlüssel zum Erfolg



Dr. Benoît Ferrari,
Leiter des Oekotoxentrums

Wie steht es um unsere Umwelt? Die notwendigen Daten zum Umweltzustand lassen sich nur gewinnen, wenn man regelmässig Proben nimmt und diese anschliessend analysiert. Probenahmekampagnen sind unerlässlich, um Messdaten zu generieren, die der Forschung dienen, ökotoxikologische Risiken widerspiegeln, gesetzliche Rahmenbedingungen unterstützen und Schutz- und Sanierungsbemühungen lenken. Sorgfältig durchgeführte Kampagnen ermöglichen es, Analysemethoden und Bewertungskonzepte zu entwickeln und zu validieren und wissenschaftlich fundierte Managementmassnahmen zum Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit umzusetzen.

Ständig gelangen Stoffe wie menschengemachte Chemikalien, Arzneimittel, Körperpflegeprodukte, Mikroplastik und Reifenabrieb in die Umwelt. Probenahmekampagnen sind entscheidend, um die Auswirkungen dieser Schadstoffe zu erkennen und zu verstehen. Sie sind auch wichtig, um Prioritätenlisten für das Monitoring zu erstellen, Quellen und Verläufe einer Belastung zu identifizieren und Gebiete zu bestimmen, in denen dringend regulatorische Massnahmen oder Sanierungen erforderlich sind. Neu auftretende Schadstoffe sind in der Regel noch nicht reguliert. Eine frühzei-

tige Datenerhebung und ökotoxikologische Bewertung bilden jedoch eine Grundlage für die Entwicklung zukünftiger Richtlinien und Risikomanagementstrategien. Das Oekotoxzentrum hat einen Ansatz zur Bewertung der Sedimentqualität entwickelt, der auf einer konsistenten Probenahme beruht und bereits in 18 Bächen der Schweiz validiert wurde (siehe S. 3). Auch die Erfolgskontrolle der Aufrüstung von Abwasserreinigungsanlagen (S. 8) und unser Konzept zur Überwachung landwirtschaftlicher Böden (S. 10) sind stark auf regelmässige und präzise Probenahmen angewiesen.

Die Schadstoffexposition kann durch unterschiedliche Umweltfaktoren von Ökosystem zu Ökosystem stark variieren. Durch Probenahmen unter verschiedenen Bedingungen kann diese Variabilität erfasst und das Expositionsrisiko besser bestimmt werden. Eine genauere Kenntnis dieser Variabilität ist auch für die Kalibrierung von Schwellenwerten für ökotoxikologische Effekte nützlich: So kann besser unterschieden werden, wann eine biologische Reaktion durch Schadstoffe beeinflusst wird und wann sie mit dem Lebensraum selbst zusammenhängt. Dies führt zu einem besseren Verständnis der Auswirkungen von Schadstoffbelastungen auf verschiedene Ökosysteme, von Flüssen, Seen und Feuchtgebieten bis hin zu landwirtschaftlich genutzten Böden und Stadtlandschaften. Die zeitliche Überwachung ermöglicht es

schliesslich, Entwicklungstrends zu erfassen und damit Managemententscheide gezielter zu treffen.

Ich wünsche Ihnen eine gute Lektüre!

Titelbild: Die Qualität der Sedimente spielt eine wichtige Rolle für die Gewässerqualität. Das Oekotoxzentrum hat daher die Sedimentqualität in 18 Bächen der Schweiz bewertet und dabei zum ersten Mal die von ihm entwickelte Bewertungsstrategie angewendet (Foto: Oekotoxzentrum).

Sedimentqualität in Schweizer Bächen – Anwendung der neuen Bewertungsstrategie

Das Oekotoxzentrum hat die Sedimentqualität in 18 Bächen der Schweiz anhand von 20 priorisierten Schadstoffen bewertet. In jedem Bach trat mindestens ein Stoff in Konzentrationen oberhalb der Sediment-Qualitätskriterien auf. Die neue Bewertungsstrategie wurde dabei zum ersten Mal in grösserem Umfang angewendet.

Die Sedimente am Gewässergrund dienen nicht nur als Lebensraum für zahlreiche Organismen, sondern binden auch Schadstoffe, die von dort aus die Organismen direkt oder indirekt schädigen können. Diese Schadstoffe können aber auch wieder freigesetzt werden, wenn Sedimente durch Hochwasser oder Baggerarbeiten mobilisiert werden. Um die Gewässerqualität umfassend zu bewerten, sollte daher immer auch die Qualität der Sedimente berücksichtigt werden.

Für die Qualitätsbewertung der Schweizer Sedimente hat das Oekotoxzentrum eine Strategie entwickelt, die 2022 als Expertenbericht in die Methodensammlung des Modul-Stufen-Konzepts aufgenommen wurde. Kürzlich haben die beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Ergebnisse zur Validierung der Methode publiziert, die sie 2018 in 18 kleinen Fliessgewässern der Schweiz anwendeten.

Unterschiedlich geprägte Standorte

Zunächst hatten die Forschenden insgesamt 20 Schadstoffe oder Schadstoffgruppen priorisiert, die bei einer Untersuchung analysiert werden sollten. «Bei der Auswahl haben wir das Vorkommen der Stoffe berücksichtigt, ihre Gefährlichkeit und das Risiko, das von ihnen ausgeht», erklärt Projektleiterin Carmen Casado-Martinez. Auf der Liste sind zum einen schon lange überwachte Stoffe wie Metalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und polychlorierte Biphenyle (PCB), aber auch andere Schadstoffe wie polybromierte Diphenylether (PBDE), Phthalate, Pestizide, Hormone oder per- und polyfluoroalkylierte Stoffe (PFAS) (siehe Tabelle). «Bei diesen Stoffen wissen wir oft noch nicht, in welchen Konzentrationen sie in unseren Sedimenten vorkommen»,

erklärt Carmen Casado-Martinez. «Daher braucht es hier Kampagnen, um eine Übersicht über die Belastung zu erhalten.»

Die Forschenden haben die Sedimente in 18 Bächen untersucht, die alle aus der NAWA SPEZ Kampagne von 2018 zur Analyse des ökologischen Zustands der Schweizer Bäche stammen und unterschiedliche menschliche Einflüsse abdecken: Die Einzugsgebiete werden an zwei Standorten wenig genutzt (>90 % Wald), an fünf Standorten für die Landwirtschaft und an elf Standorten sowohl für die Landwirtschaft als auch für Siedlungen. In keinem der untersuchten Einzugsgebiete liegen Kläranlagen.

Mindestens eine Substanz pro Standort überschreitet Qualitätskriterium

Insgesamt war die Sedimentqualität der Bäche in den weniger intensiv genutzten Einzugsgebieten deutlich besser als in den für die Landwirtschaft und für Siedlungen genutzten Gebieten. «Wir haben an den einzelnen Standorten unterschiedlich viele Schadstoffe gefunden», erläutert Carmen Casado-Martinez. «Aber alle Standorte hatten eines gemeinsam: Mindestens einer der untersuchten Schadstoffe überschritt jeweils sein Sediment-Qualitätskriterium.»

Die Forschenden hatten im Rahmen der Bewertungsstrategie für alle Stoffe sedimentspezifische Qualitätskriterien (SQK) auf der Grundlage von Toxizitätsdaten

erarbeitet. Diese SQK geben die Konzentration an, ab der schädliche Auswirkungen der Stoffe nicht mehr ausgeschlossen werden können. Überschreitet die Konzentration für einen Stoff in der chemischen Analyse sein SQK, so besteht also ein Risiko für die Organismen. Weil es für einen Teil der Stoffe zu wenig Daten zur Sedimenttoxizität gibt, gelten die SQK für diese als vorläufig, da die Risikobewertung hier mit einer grösseren Unsicherheit verbunden ist.

Häufige Überschreitungen bei PCB und Hormonen, Metallen und PAK

Am häufigsten wurden die SQK bei den PCB und den östrogenen Hormonen überschritten. Nicht weniger als 65 % der Standorte überschritten das SQK für mindestens einen der Indikator-PCB. PCB sind zusammen mit Metallen und PAK die Stoffe, die in Schweizer Sedimenten am häufigsten überwacht werden. Für **Hormone** im Sediment gibt es immer noch zu wenig Messdaten. Die beiden natürlichen Östrogene Estron (E1) und Estradiol (E2) wurden an 18 bzw. 8 Standorten nachgewiesen, das synthetische und besonders potente Östrogen 17 α -Ethinylestradiol (EE2) nie. Da die SQK für die drei Östrogene unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, heisst dies, dass die SQK bei jedem Nachweis bereits überschritten werden. «Die SQK für diese beiden Substanzgruppen sind jedoch nur vorläufig und müssen überarbeitet werden, sobald mehr Daten vorliegen», räumt Carmen Casado-Martinez ein.



Auch die Sedimente im Zapfenbach (SG) wurden untersucht.



Vor der weiteren Untersuchung müssen die Sedimente zunächst auf die gewünschte Korngrösse gesiebt werden.

Von den Stoffen mit endgültigen SQK waren die **Metalle** Kupfer und Zink sowie die **PAK** am problematischsten: Für Zink und Kupfer wurden je an fünf Standorten höhere Konzentrationen als das SQK gemessen. Dagegen überschritten Quecksilber und Blei, deren Verwendung seit Jahren eingeschränkt ist, nie ihr SQK. Die SQK für die PAK wurden an rund 35 % der Standorte überschritten.

Phthalate sind in kleinen Bächen weit verbreitet

Phthalate, die Kunststoffen als Weichmacher zugegeben werden und daher in vielen Alltagsprodukten enthalten sind, wurden in allen Untersuchungsgebieten nachgewiesen. Als Indikator für die Belastung mit Phthalaten wird in der Bewertungsstrategie DEHP vorgeschlagen, da dieser Stoff jeweils am häufigsten auftritt. Phthalate sind jedoch nicht besonders toxisch für Sedimenttiere, so dass das SQK an keinem Standort überschritten wurde. Andere Phthalate, die als Alternativen zu DEHP verwendet werden, lagen in ähnlichen Konzentrationen wie DEHP vor. Bei der Risikobewertung sollten die Phthalate daher als Gruppe berücksichtigt werden, um nicht kumulierte Risiken zu verpassen.

Zu **Antibiotika** in Schweizer Sedimenten gibt es bis jetzt kaum Daten. Daher wurden hier mehrere Antibiotika analysiert, darunter auch Ciprofloxacin, das an 10 Standor-

ten nachgewiesen wurde. Trotz der relativ hohen Konzentrationen an drei Standorten wurde das vorläufige SQK, das auch die Antibiotikaresistenz in Gewässern berücksichtigt, nirgends überschritten.

PFAS sind eine sehr grosse Gruppe von Stoffen mit zahlreichen Anwendungen in Industrie und Haushalt. Unter anderem sind Standorte in der Nähe von Flughäfen und Feuerlöschübungsplätzen besonders stark mit PFAS belastet. Hier fanden die Forschenden in den Sedimenten im Siedlungsgebiet besonders viele PFAS. Allerdings wurde an keinem der Standorte das SQK für PFOS überschritten, das als Indikator für eine PFAS-Belastung vorgeschlagen wird. Es scheint also keine spezifischen Hotspots für PFAS in der Nähe der untersuchten Standorte zu geben, und diffuse Quellen scheinen die Hauptquelle für die Stoffe zu sein. Auch hier sollte die gesamte Stoffgruppe berücksichtigt werden, da die Stoffe nicht isoliert vorkommen.

Immer noch hohe Belastung durch Chlorpyrifos

Das Herbizid Diuron, die Insektizide Chlorpyrifos und Cypermethrin sowie das Fungizid Tebuconazol wurden als Indikatoren für eine Belastung mit **Pestiziden** analysiert. Die Konzentration von Cypermethrin lag an allen Standorten unter der Bestimmungsgrenze. Weil die Bestimmungsgrenze jedoch oberhalb des SQK liegt, war es leider nicht

möglich, das Risiko für diesen Stoff zu bewerten. Da Cypermethrin für Sedimentorganismen sehr giftig ist, sollte das Risiko neu bewertet werden, sobald empfindlichere Nachweismethoden verfügbar sind.

Diuron und Tebuconazol wurden nur an einem Standort, dem Canal d'Uvrier, nachgewiesen und überschritten dort ihr SQK. Chlorpyrifos wurde an sechs der 18 Standorte nachgewiesen – an vier Standorten davon in derart hohen Konzentrationen, dass sie in Laborexperimenten zum Tod von Sedimenttieren führen. Da Chlorpyrifos und Diuron inzwischen als Anwendung in Pflanzenschutzmitteln verboten wurden, ist es möglich, dass ihr Vorkommen bereits zurückgegangen ist. «Aufgrund ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften könnte es aber sein, dass die Stoffe im Sediment bleiben», sagt Carmen Casado-Martinez. «Daher sollten sie auch weiterhin überwacht werden bis zum Erreichen von Konzentrationen, die kein Risiko mehr darstellen.»

Gesamtsediment oder Feinfraktion?

«Wir haben in unseren Untersuchungen die Stoffe nicht nur im Gesamtsediment (< 2mm) nachgewiesen, das sich für den Vergleich mit dem SQK eignet, sondern auch in der Feinfraktion (<63µm)», erläutert Carmen Casado-Martinez. «Diese Fraktion untersuchen viele kantonalen Ämter nämlich bisher in ihren Monitoringkampagnen.» In den meisten Fällen wiesen die Forschenden in der Feinfraktion mehr Stoffe in höheren Konzentrationen nach als im Gesamtsediment. Daher ist die Feinfraktion möglicherweise besser geeignet, um analytisch schwierige Stoffe wie Pflanzenschutzmittel zu erfassen. Ein Extrapolieren der Konzentrationen von der Feinfraktion zum Gesamtsediment sei jedoch nach wie vor nicht einfach, da dies zu einer Über- oder Unterschätzung der Konzentrationen und damit zu falschen Ergebnissen bei der Risikobewertung führen kann.

Ausblick für die Sedimentbewertung

«Unsere Untersuchungen haben bestätigt, dass die Stoffe, die wir für die Überwachung der Schweizer Sedimente vorgeschlagen, wirklich relevant sind», sagt Carmen Casado-Martinez. Die einzige Ausnahme sei HCB, das wohl in der Schweiz nicht prioritär ist. Die Stoffliste müsse aber

regelmässig überprüft und aktualisiert werden. Nur so können neue Daten aus den Monitoringkampagnen und der Regulierung von Chemikalien zu berücksichtigt werden.

«Man darf aber nicht vergessen, dass wir die SQK nur als Screening-Methode vorschlagen», fügt die Wissenschaftlerin an. «Als Ergänzung sollten immer effektbasierte Methoden wie Biotests, Bioakku-

mlationsstudien oder die Untersuchung von Lebensgemeinschaften im Sediment verwendet werden, um die Standorte weiter zu beschreiben. Wir sind momentan daran, auch für diese Untersuchungen eine Methode zu erarbeiten.»

Mehr Informationen: Casado-Martinez, M. C., Wildi, M., Ferrari, B. J. D., Werner, I., Vaccher, V., Venisseau, A., ... Daouk, S. (2024). Évalua-

tion de la qualité des sédiments. Application de la stratégie développée pour la Suisse dans 18 petits cours d'eau. Aqua & Gas, 104(7+8), 70–79

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

	Chrebsbach	Tobelmühlbach	Ruisseau des Combes	Kanal Burgermoos	Le Combagnou	Eschelisbach	Ruisseau de Collonges	Irence	Le Nant de Crues	Isella	Dorfbach Geuensee	Küntenerbach	Weierbach	Giessen	Canal D'Uvrier	Zapfenbach	Laveggio	Dorfbach Maur
Quecksilber	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Light Blue	Green	Green	Green	Light Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Blei	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Kupfer	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Orange	Green
Zink	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Green	Orange	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Orange	Green	Green
PAK	Light Blue	Green	Yellow	Green	Orange	Green	Green	White	Orange	Green	Green	Green	Orange	Green	Yellow	Green	Yellow	Light Blue
Σ5 Indikator-PAK	Light Blue	Green	Orange	Green	Orange	Green	Green	White	Orange	Green	Green	Green	Red	Yellow	Orange	Green	Orange	Light Blue
DEHP	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Nonylphenole	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Octylphenole	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Tonalid	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Tebuconazol	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Yellow	Grey	Grey	Grey
Vorläufige SQK																		
PCB	Yellow	Yellow	Green	Green	Orange	Green	Orange	White	Green	Orange	Red	Green	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Green
PCB118 (s.p.)	Green	Green	Green	Green	Orange	Green	Orange	White	Green	Orange	Red	Green	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Green
Σ6 Indikator-PBDE	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	White	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Σ6 Indikator-PBDE (s.p.)	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	White	Light Blue	Orange	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Orange	Light Blue	Light Blue
HCBd	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	White	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
PFOS	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
PFOS (s.p.)	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Ciprofloxacin	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	White	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Hormone: E1+E2+EE2	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Red	Grey	Orange	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange
Diuron	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Orange	Grey	Grey
Chlorpyrifos	Grey	Grey	Grey	Orange	Grey	Grey	Orange	Grey	Grey	Grey	Orange	Grey	Orange	Grey	Orange	Orange	Grey	Grey
Cypermethrin	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey

Bewertung der Sedimentqualität in 18 Schweizer Bächen. Der Einfluss von Siedlungsflächen nimmt von links nach rechts zu. Die Farbcodes entsprechen dem Ausmass der Überschreitung der SQK und damit der Sedimentqualität. Blau: sehr gut (RQ = gemessene Konzentration/SQK < 0.1), grün: gut (0.1 ≤ RQ < 1), gelb: mässig (1 ≤ RQ < 2), orange: unbefriedigend (2 ≤ RQ < 10), rot: schlecht (RQ ≥ 10); blässere Farben: vorläufige SQK, grau: Qualität nicht bewertbar; weiss: Stoff nicht analysiert. s.p.: SQK zum Schutz von Räubern vor Sekundärvergiftungen.

Toxische Effekte von Reifenabrieb

Reifenpartikel enthalten Stoffe, die potenziell östrogene, gentoxische und bakterientoxische Wirkungen haben und in die Umwelt abgegeben werden können. Mit einer innovativen Methode konnten die Forschenden ausserdem zeigen, welche Stoffe zu diesen Effekten beitragen.

Wenn wir Auto fahren, erzeugen wir dabei immer auch Reifenabrieb. Dieser entsteht durch die Reibung der Autoreifen mit der Strassenoberfläche und stellt eine wichtige Quelle für Mikroplastik in der Umwelt dar. Die entstehenden Partikel sind nur Mikrometer gross und enthalten einerseits Gummi und Russ aus den Reifen und andererseits Bitumen und Mineralien von der Strassenoberfläche. Zwar können die Reifenpartikel schon aufgrund ihrer geringen Grösse einen biologischen Effekt haben. Besonders besorgniserregend ist aber, dass sie zahlreiche chemische Zusatzstoffe aus dem Reifengummi enthalten, die von dort in die Umwelt ausgewaschen werden können.

Auch Verunreinigungen und Umwandlungsprodukte spielen eine Rolle

«Besonders wenig wissen wir hier über die organischen Chemikalien», sagt Alan Bergmann vom Oekotoxzentrum. «Diese Stoffe werden manchmal nicht bewusst zugegeben, sondern es sind Verunreinigungen von Inhaltsstoffen oder unerwartete Umwandlungsprodukte.» Viele Zusatzstoffe sind reaktiv und werden gerade deswegen eingesetzt, zum Beispiel Vulkanisiermittel oder Antioxidantien. Während der Herstellung und dem Gebrauch reagieren diese zu verschiedenen Produkten, die oft unbekannt sind.

Organische Inhaltstoffe von Reifen und ihre Umwandlungsprodukte können ein ungewolltes Risiko für Wassertiere darstellen. Im Labor hat man bereits gesehen, dass solche Stoffe manchmal Effekte auf Organismen haben. Und auch in der Umwelt wurden Effekte beobachtet: So konnte ein unerklärliches Sterben von Silberlachsen in Nordamerika auf 6-PPD-Chinon zurückgeführt werden, ein Umwandlungsprodukt eines weit verbreiteten Reifeninhaltsstoffes, das sehr giftig für manche Lachsarten ist.

Innovative Methode macht es möglich, die verantwortlichen Stoffe zu finden

Doch oft ist nicht klar, welche Chemikalien für solche Effekte verantwortlich sind, was ihren Nachweis schwierig macht. Alan Bergmann hat am Oekotoxzentrum neue Methoden etabliert, die hier weiterhelfen können: Werden Biotests mit Hochleistungs-Dünnschichtchromatographie gekoppelt, so kann dies dabei helfen, einen Zusammenhang zwischen toxischen Effekten und spezifischen Chemikalien zu finden. «Bei dieser Methode trennen wir zunächst die toxischen Stoffe von den anderen Stoffen ab und versuchen dann, sie zu identifizieren», erklärt Alan Bergmann. Er hat die Methode für hormonaktive, gentoxische und bakterientoxische Stoffe etabliert und optimiert. «Das schlägt gleich zwei Fliegen mit einer Klappe: Wir können so nicht nur die Toxizität von komplexen Proben messen. Weil wir die Stoffmischung während der Chromatographie in kleinere Fraktionen auftrennen, können wir gezielt die toxischen Fraktionen weiter untersuchen und so die verantwortlichen Stoffe finden.»

Zuerst wird die Stoffmischung in einer Probe auf der Dünnschichtplatte aufgetragen und während der Flüssigchromatographie in Banden aufgetrennt, die nur noch einige Einzelstoffe enthalten. Je nach Masse und Polarität wandern die Stoffe auf der Platte unterschiedlich weit. Um die Banden mit toxischen Stoffen nachzuweisen, werden anschliessend Biotests direkt auf der Platte durchgeführt: Je nach Test werden so verschiedene Substanzgruppen nachgewiesen. Anschliessend kann die Identität der giftigen Stoffe bestimmt werden. «Das geht jetzt viel einfacher, weil die Banden weniger Stoffe enthalten als die ursprüngliche Probe», so Alan Bergmann. Die Biotests auf den Dünnschichtplatten sind ausserdem empfindlicher als herkömmliche Biotests in Mikrotiterplatten.

Biotests für östrogene, gentoxische und bakterientoxische Wirkung

Das Oekotoxzentrum untersucht die Ökotoxizität von Reifenabrieb in einem Projekt, das von einem Konsortium von Reifenherstellern finanziert wird. Um die mögliche Toxizität besser zu verstehen und herauszufinden, welche Chemikalien für dafür verantwortlich sein könnten, wurden Reifenpartikel mit verschiedenen Biotests untersucht:

nämlich einer Methode mit gentechnisch veränderten Hefen, um Stoffe mit östrogenen Wirkung nachzuweisen, einer Methode mit gentechnisch veränderten Salmonellen, um Gentoxizität nachzuweisen, und einer Methode mit Leuchtbakterien, um über eine Hemmung der Biolumineszenz allgemeine Toxizität zu zeigen.

Zunächst wurden Inhaltsstoffe aus den Reifen mit organischem Lösungsmittel oder mit wässrigen Lösungen ausgewaschen – nämlich einer Mischung aus Wasser und Sediment oder simulierter Verdauungsflüssigkeit. Als Modell für Reifenabrieb wurden kleine Partikel aus der obersten Schicht von Reifen verwendet, die zwischen 15 und 300 Mikrometer gross waren. In den Experimenten wurde das Verhalten von bekannten schädlichen Reifen-Inhaltsstoffen auf den Dünnschichtplatten mit den unbekannt schädlichen Banden verglichen: Dies liefert Hinweise darauf, welche Chemikalien für die beobachteten Effekte verantwortlich sind.

Effekte in allen Testsystemen

Die organisch extrahierten Stoffe aus den Reifen führten in allen drei Biotests zu Effekten: Dies bedeutet, dass in den Reifenpartikeln sowohl östrogene als auch gentoxische und allgemein toxische Stoffe enthalten sind. Der organische Extrakt enthält jedoch wahrscheinlich mehr Stoffe, als in der Umwelt ausgewaschen werden, da dort für die Auswaschung nur Wasser am Werk ist. Auf den Dünnschichtplatten hatten jeweils nur zwei Banden eine toxische Wirkung. Also waren vermutlich nur wenige Einzelstoffe für den grössten Teil der Wirkung verantwortlich.

In den wässrigen Extrakten wurden ebenfalls östrogene und allgemein toxische Wirkungen detektiert, aber keine Gentoxizität. Es könnte also sein, dass in der Umwelt die Gentoxizität eine weniger grosse Rolle spielt als die östrogene Wirkung oder die allgemeine Toxizität. Wurden die Partikel durch Thermooxidation künstlich gealtert, so veränderte dies ihre Effekte nicht.

Vulkanisiermittel mitverantwortlich für schädliche Wirkungen

Um bekannte toxische Reifeninhaltsstoffe den beobachteten Effekten zuordnen zu können, wurden 11 solche Stoffe in den Bio-

tests getestet: Von diesen hatten zwei eine östrogene Wirkung, drei waren genotoxisch und mehrere hemmten die Leuchtbakterien. Die Vulkanisiermittel 1,3-Diphenylguanidin und Benzothiazol waren für die Toxizität einiger Banden zumindest mitverantwortlich. Andere toxische Banden konnten keiner der getesteten Chemikalien zugeordnet werden.

10 der 11 getesteten Chemikalien wirkten in mindestens einem der drei Biotests toxisch. Die einzige Chemikalie ohne Wirkung in den Tests war 6PPD-Chinon, das durch seine Toxizität für einige Lachsarten bekannt wurde. «Obwohl 6PPD-Chinon sicher toxisch ist, war es nicht für die Östrogenität, die Genotoxizität oder die Hemmung der Leuchtbakterien in den Biotests verantwortlich», sagt Alan Bergmann.

Umwandlungsprodukte werden auch erfasst

6PPD-Chinon ist ein Umwandlungsprodukt von 6PPD, das in Reifen häufig als Antioxidationsmittel eingesetzt wird. «Obwohl wir dies aufgrund seiner chemischen Struktur nicht erwartet hatten, zeigte 6PPD im Biotest eine östrogene Wirkung», sagt Alan Bergmann. «Dafür war aber wahrscheinlich ein Umwandlungsprodukte von 6PPD verantwortlich. Während dem Test sind die Chemikalien im Kontakt mit Luft, was zur Umwandlung einiger Stoffe führen kann.» Dieselben Umwandlungsprodukte wie während dem Test können jedoch auch in der Umwelt auftreten. Die Methode deckt daher relevante Gefahren auf, wie zum Beispiel das östrogene Potenzial von 6PPD durch seine Umwandlungsprodukte.

Beim Test für Genotoxizität wanderte das Vulkanisiermittel 1,3-Diphenylguanidin (DPG) auf der Dünnschichtplatte genauso weit wie eine genotoxische Fraktion in den Extrakten, war also vermutlich zumindest mitverantwortlich für die genotoxische Wirkung. Benzothiazol und 6PPD hemmten im Leuchtbakterientest die bakterielle Lumineszenz. Benzothiazol wird in Reifen ebenfalls regelmässig als Vulkanisiermittel eingesetzt und könnte im Gewässer durch seine Bakterientoxizität direkt die Biofilmgemeinschaften am Gewässergrund stören.

«Wir konnten zeigen, dass Reifenpartikel toxische Chemikalien enthalten, die in die Umwelt abgegeben werden können», sagt



Die Proben werden auf die Dünnschichtplatte gegeben und dort in kleinere Fraktionen aufgetrennt.

Alan Bergmann. «Doch auch wenn bekannte Inhaltsstoffe zu den schädlichen Wirkungen beitragen, die wir beobachtet haben, gibt es in den Reifen noch viele unbekannte toxische Stoffe. Weitere Untersuchungen sind also sinnvoll. Insgesamt können wir jetzt aber die potenziellen schädlichen Effekte von Reifenpartikeln besser verstehen und können diese besser den verantwortlichen Chemikalien zuordnen.»

Mehr Informationen: Bergmann, A. J., Masset, T., Breider, F., Dufefoi, W., Schirmer, K., Ferrari, B. J. D., & Vermeirssen, E. L. M. (2024). Estrogenic, genotoxic, and antibacterial effects of chemicals from cryogenically milled tire tread. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 43(9), 1962–1972.

Kontakt: Alan Bergmann,
alanjames.bergmann@oekotoxzentrum.ch

Wie können positive Effekte durch den ARA-Ausbau gemessen werden?

Um zu beurteilen, wie sich der Ausbau der ARA Falkenstein auf die Gewässerqualität der Dünnern auswirkt, kommen zahlreiche Biotests und Biomarker zum Einsatz. Auch die Qualität von Lebensgemeinschaften und das Vorkommen von Antibiotikaresistenzen werden berücksichtigt. Die Messungen vor dem Ausbau zeigen klare Unterschiede zwischen der Gewässerqualität oberhalb und unterhalb des ARA-Ablaufs. Durch den Ausbau werden deutliche Verbesserungen erwartet.

Rückstände von Medikamenten, Reinigungsmitteln und Pestiziden in Gewässern können sich bereits in geringen Konzentrationen negativ auf Wasserlebewesen und auf Trinkwasserressourcen auswirken. Um die Belastung durch solche Mikroverunreinigungen zu reduzieren, werden in der Schweiz derzeit rund 120 Abwasserreinigungsanlagen (ARA) mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe ausgestattet. Diese ARA sind seit der Änderung des Gewässerschutzgesetzes 2016 verpflichtet, Massnahmen zur Elimination von Mikroverunreinigungen aus dem gereinigten Abwasser zu ergreifen.

Wirkungskontrolle in der ARA Falkenstein

Auch die ARA Falkenstein in Oensingen (Kt. Solothurn) wird bis 2027 nicht nur umfassend erneuert, sondern auch mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen durch Pulveraktivkohle und den Einbau einer Membranfiltration erweitert. Die ARA reinigt die Abwässer von 10 Gemeinden ebenso wie vorbehandelte Abwässer der Grosseinleiter Bell Schweiz AG und Swiss Quality Paper. Das gereinigte Abwasser leitet sie in die Dünnern ein, einen Nebenfluss der Aare. Um zu kontrollieren, wie sich der ARA-Ausbau auf die Gewässerqualität der Dünnern auswirkt, wird diese vor und nach dem Ausbau umfassend charakterisiert. Dazu werden Wasser- und Sedimentproben von Standorten oberhalb und unterhalb des ARA-Ablaufs analysiert – als Referenz hat das Oekotoxzentrum gemeinsam mit der Eawag und der Fachhochschule Nordwestschweiz nun zunächst den Ist-Zustand vor dem Ausbau untersucht.

«Um den Standort wirklich umfassend zu bewerten, haben wir zahlreiche Methoden eingesetzt, die zum Teil erstmals für eine solche Studie verwendet wurden», erklärt Projektleiterin Cornelia Kienle. Untersucht

haben die Forschenden dabei Effekte auf Zellsysteme oder auf ganze Organismen, molekulare Auswirkungen auf die Genexpression, Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaft von Sedimentorganismen und Auswirkungen auf das Vorkommen von antibiotikaresistenten Bakterien und Resistenzgenen (siehe Tabelle). «Die von uns verwendeten Methoden decken Effekte auf verschiedenen Ebenen ab und sind daher gut für die Wirkungskontrolle eines ARA-Abaus geeignet», hebt Cornelia Kiele hervor. «Wir konnten zum Teil deutliche Unterschiede zwischen der Gewässerqualität oberhalb und unterhalb des ARA-Ablaufs sehen.»

Biotests zeigen gute Wasserqualität

Die **östrogene Aktivität** im ARA-Ablauf und in der Dünnern, die durch einen Biotest mit einer menschlichen Zelllinie gemessen wurde, war relativ gering und es konnte kein Unterschied zwischen den Standorten oberhalb und unterhalb der Abwassereinleitung festgestellt werden. Der effektbasierte Schwellenwert, unterhalb dessen keine negativen Effekte auf Organismen zu erwarten sind, wurde nie überschritten, so dass die Wasserqualität für diesen Parameter an beiden Standorten gut war. Der **kombinierte Algentest** zeigte oberhalb der Abwassereinleitung für die Parameter Fotosynthesehemmung und Wachstumshemmung sogar eine sehr gute Wasserqualität an. Die Belastung stieg durch die Abwassereinleitung am Standort unterhalb der ARA etwas an, lag aber immer noch im Bereich für eine gute Wasserqualität. Im Fortpflanzungstest mit **Wasserflöhen** wurde zwar in allen Proben das Populationswachstum signifikant verringert. Der kritische Wert von 30 % Wachstumshemmung wurde allerdings nicht überschritten, was nicht auf eine hohe Wasserfloh-Toxizität hindeutet. Die Untersuchungen mit **Fischzelllinien** zeigten keine akute Toxizität der Proben auf die Zellen der Kiemenzelllinie.

ARA-Effekte auf Genexpression, Artgemeinschaften und Antibiotikaresistenz

Die **Biomarker**, die in den Zelllinien von **Regenbogenforellen** gemessen wurden, zeigten klare Unterschiede in der Genexpression zwischen den Standorten. So war die Expression von Genen für Biotransformation, allgemeinen Stress, die Regulation



Karin Beck und Helmut Bürgmann nehmen in der Dünnern Wasserproben.

des Zellzyklus und die Immunantwort im ARA-Ablauf und in der Dünnern unterhalb des ARA-Ablaufs im Vergleich zum Standort oberhalb der ARA signifikant verändert. Bei den **Bachflohkrebsen** veränderte sich ebenfalls die Genexpression in der Dünnern unterhalb der ARA-Einleitung im Vergleich zu oberhalb.

Die **Artzusammensetzung** von Ringelwürmern (**Oligochaeten**) im Sediment der Dünnern veränderte sich durch den ARA-Ablauf stark. Die verwendete Methode für die Bewertung von Grobsedimenten mit Hilfe von Oligochaeten-Gemeinschaften erlaubt es nicht nur, die chemische Belastung zu bestimmen, sondern auch den Austausch zwischen Gewässer und Grundwasser und damit die Funktionsfähigkeit des Gewässers. Mit dieser Methode konnte das Oekotoxzentrum bereits an mehreren Standorten den Effekt von ARA auf die Sedimentqualität zeigen.

Auch das Vorkommen von **Antibiotikaresistenzen**, d.h. antibiotikaresistenten Bakterien und antibiotikaresistenten Genen, in der Dünnern veränderte sich durch den ARA-Ablauf: Unterhalb der ARA wurden mehr Antibiotika-Resistenzgene und mehr resistente Bakterien gefunden. Die Bakteriengemeinschaft in der Dünnern unterhalb der Abwassereinleitung wurde durch den Eintrag von Abwasserbakterien zum Teil deutlich verändert.

Vergleich mit Ergebnissen der chemischen Analyse

«Mit den **chemischen Analysedaten** des Kantons Solothurn haben wir das Risiko berechnet, das mit der Mischung der nachgewiesenen Schadstoffe verbunden ist. Die Ergebnisse zeigen, dass dieses Risiko unterhalb des ARA-Ablaufs für alle Organismengruppen – also Pflanzen, wirbellose Tiere und Wirbeltiere – steigt», sagt Cornelia Kienle. «Wir haben also Effekte der ARA erwartet und konnten diese mit unseren Methoden auch nachweisen: Der Algentest zeigte Effekte auf Pflanzen an; Veränderungen der Genexpression zeigten Auswirkungen auf Wirbeltiere und Wirbellose und die Zunahme der Antibiotikaresistenz unterhalb der ARA verriet das Vorhandensein von Antibiotikarückständen. Die Einzelstoffe, die am stärksten zum chemischen Risiko beitrugen, waren die Antibio-

tika Azithromycin und Clarithromycin sowie das Schmerzmittel Diclofenac.»

Reduktion der Belastung durch ARA-Ausbau erwartet

Es ist geplant, die Gewässerqualität in der Dünnern 2028 oder 2029 mit denselben Methoden nochmals zu messen und so die Wirkung des ARA-Ausbaus zu evaluieren. «Die verwendeten Methoden haben es uns erlaubt, den Ablauf der ARA Falkenstein und die Wasser- und Sedimentqualität in der Dünnern vor dem ARA-Ausbau umfassend zu bewerten», sagt Cornelia Kienle. Insgesamt waren die Methoden, die teilweise zum ersten Mal in einer solchen Studie eingesetzt wurden, gut geeignet, um den Zustand der Dünnern zu erfassen. «Wir erwarten, dass die Effekte im ARA-Ablauf und in der Dünnern unterhalb des ARA-Ablaufs durch den ARA-Ausbau deutlich abnehmen», sagt Cornelia Kienle.

«Nach der Aufrüstung sollte die Membranfiltration die Freisetzung von Bakterien und damit auch von Antibiotikaresistenzen weitgehend verhindern. Auch die Belastung durch Mikroverunreinigungen sollte sich verringern und so die gemessenen Wirkungen reduzieren.» Insgesamt kann also eine deutliche Reduktion der Belastung nach dem Ausbau erhofft werden.

Mehr Informationen im Projektbericht auf www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte

Kontakt: Cornelia Kienle, cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch

Angewendete Methoden für die Wirkungskontrolle in der Dünnern

Wirkung	Mechanismus	Test
Hormonelle Wirkung	Östrogenität	ER-CALUX® mit einer menschlichen Zelllinie
Pflanzenwachstum	Herbizide Wirkung	Kombinierter Grünalgentest mit einzelligen Grünalgen
Fortpflanzung, Überleben	Nicht spezifisch, Zooplankton	Wasserflohtest
Zelltoxizität	Schädigung von Zellbestandteilen wie Membranen, Zellkern und Lysosomen	Test mit Kiemenzellen von Regenbogenforellen (RTgill-W1)
Genexpression	Verstärkung oder Verringerung der Genexpression	Biomarker in Kiemen- und Darmzellen von Regenbogenforellen und in Bachflohkrebsen
Artzusammensetzung der Oligochaeten	Vorhandensein von empfindlichen und/oder resistenten Arten	Functional Trait (FTR) Methode mit Oligochaeten
Antibiotikaresistenz	Wirkung auf Art und Häufigkeit antibiotikaresistenter Bakterien und deren Resistenzgene	Auftreten von Bakterien, und Resistenzgen-Indikatoren



Bioindikatoren und Bodenreferenzwerte für Pflanzenschutzmittel

Das Oekotoxzentrum arbeitet seit 2019 an einem umfassenden Konzept für das Monitoring von Pflanzenschutzmittel-Rückständen in Landwirtschaftsböden. Das Projekt ist eingebettet in den Aktionsplan des Bundes zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. In der ersten Projektphase haben wir eine Empfehlung für ein Verfahren zur Ableitung von ökotoxikologischen Bodenreferenzwerten (SGV = soil guidance values) entwickelt, das auf 10 priorisierte aktive Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln angewendet werden wird. Gerade wurde das erste Datendossier für die Ableitung des SGV für Difenconazol auf unserer Webseite publiziert, andere Substanzen folgen in Kürze.

Ausserdem haben wir eine Toolbox mit potenziellen Bioindikatoren für das Monitoring der Effekte von Pflanzenschutzmitteln zusammengestellt. Die Toolbox enthält ökotoxikologische und ökologische Methoden mit den Organismen, die zum Schutz der Bodenfruchtbarkeit wichtig sind: nämlich Regenwürmern, Enchyträiden, Springschwänzen, Nematoden, Mikroorganismen, Pilzen und Pflanzen. Diese Bioindikatoren sollen nun in Pilotstudien auf ihre Variabilität und Empfindlichkeit evaluiert werden. Mehr Informationen finden Sie in den Berichten auf unserer Webseite.

www.oekotoxzentrum.ch/projekte/bodenoekotoxikologie/monitoringkonzept-fuer-pflanzenschutzmittel-in-boeden

Kontakt: Mathieu Renaud, mathieu.renaud@centreecotox.ch



Infoblatt zu Wasch- und Reinigungsmitteln

Wasch- und Reinigungsmittel werden in jedem Haushalt regelmässig verwendet und gelangen so ins Abwasser und schliesslich in die Kläranlage. Doch welche der darin enthaltenen Stoffe sind gefährlich für die Umwelt? Und wie können wir diese – trotz Einsatz von Wasch- und Reinigungsmitteln – möglichst gut schützen? Darüber informiert ein neues Infoblatt.

www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/infoblaetter



Beteiligung am MAS Toxicology in Genf

Im September 2024 begann in Genf der Master of Advanced Studies (MAS) in Toxicology, an dessen Durchführung sich das Oekotoxzentrum erneut beteiligt. Dieser zweijährige berufsbegleitende Studiengang ist auf die Bedürfnisse von Hochschulabsolventen, die bereits im Berufsleben stehen, und von potenziellen Arbeitgebern in der Industrie, im akademischen Bereich und bei Aufsichtsbehörden ausgerichtet. Er kann für die berufliche Registrierung als Toxikologe/Toxikologin genutzt werden. Die Module können auch einzeln besucht werden, eine Registrierung ist jeweils bis einen Monat vor dem Modul möglich.

www.unige.ch/formcont/en/courses/mas-toxicology



Internationaler Workshop zur Häufigkeit der Probenahme

Im September 2024 hat das Oekotoxzentrum einen zweitägigen Workshop der EU Working Group Chemicals zum Thema Probenahmehäufigkeit organisiert, an dem ca 25 Fachleute online oder live teilnahmen. Ziel der Arbeitsgruppe ist es, einen Leitfaden zur Häufigkeit der Probenahme für prioritäre Stoffe zu entwickeln, deren Eintrag in die Umwelt zeitlich stark schwanken kann.

In den EU-Mitgliedstaaten konzentriert sich die Überwachung prioritärer Stoffe im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie auf grössere Flüsse, die über monatliche Stichproben überwacht werden. So werden jedoch die Konzentrationen von Pflanzenschutzmitteln und anderen Stoffen mit zeitlich schwankenden Konzentrationsmustern nicht korrekt erfasst, so dass der gute chemische Zustand nicht beurteilt werden kann. Einsatz und Konzentration von Pflanzenschutzmitteln schwanken mit der Jahreszeit und die Stoffe gelangen bei Regen in hohen Spitzenkonzentrationen in Gewässer.

In der Schweiz wird das Risiko von Pflanzenschutzmitteln bestimmt, indem das ganze Jahr über zweiwöchige Mischproben genommen werden. Die durchschnittliche Konzentration über zwei Wochen wird mit dem chronischen Umweltqualitätskriterium verglichen, denn diese Zeit entspricht der durchschnittlichen Testdauer der ökotoxikologischen Tests für die Ableitung der chronischen Umweltqualitätskriterien und damit dem Zeitraum, in dem chronische Effekte im Gewässer bereits auftreten können.

ContaSed 2025 in Bern

Das Oekotoxzentrum beteiligt sich an der Organisation der ContaSed 2025, einer internationalen Konferenz über kontaminierte Sedimente, die vom 2. bis 4. September 2025 in Bern stattfindet. An der Konferenz werden Methoden und Konzepte zur Überwachung und Bewertung kontaminierter Sedimente ausgetauscht und Fallstudien diskutiert. Sie findet alle fünf Jahre statt und wird vom Oeschger Centre for Climate Change Research (OCCR) der Universität Bern organisiert.

Die ContaSed2025 befasst sich sowohl mit natürlichen als auch mit anthropogenen Schadstoffen wie zum Beispiel metallorganischen Stoffen, Schwermetallen, Mikroplastik und Algentoxinen. Ausserdem stehen Herausforderungen bei der Risikobewertung, der Sanierung und der politischen Umsetzung auf dem Programm. Abstracts können bis zum 15. Februar 2025 eingereicht werden.

<https://oeschger.unibe.ch/contased2025>



PFAS in Sedimenten nahe einem Feuerwehrübungsplatz in Lausanne

PFAS sind oft in Löschschäumen enthalten und können bei Feuerwehrübungen in die Umwelt gelangen. Das Oekotoxzentrum hat daher im Auftrag der Stadt Lausanne untersucht, ob die Sedimente in zwei Flüssen, Talent und Tioleire, unterhalb eines Feuerwehrübungsplatzes in Lausanne mit PFAS belastet sind. Die chemischen Analysen zeigten, dass die Sedimente stromabwärts stärker mit PFAS belastet waren als stromaufwärts, besonders in der Tioleire. Sowohl die Biotests als auch die Risikobewertung deuten auf ein erhebliches Risiko für die Sedimenttiere in diesem Fluss hin. Es besteht auch die Gefahr einer Sekundärvergiftung der Wassertiere durch das Verzehren von Sedimenttieren.

Mehr Informationen im Bericht: <https://www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte>



Spannende Diskussionen am Tag der offenen Tür

Am 14. September 2024 haben wir am Tag der offenen Tür der Eawag und Empa unsere Biotests und Bioindikatoren zur Untersuchung von Gewässern vorgestellt. Wie spüren Hefen hormonaktive Stoffe auf? Und warum können uns Würmer als Umweltdetektive zeigen, ob Sedimente sauber sind? Diese Fragen und zahlreiche mehr konnten wir mit den grossen und kleinen Besucherinnen und Besuchern diskutieren, was zu zahlreichen anregenden Gesprächen führte. Fast 7000 Interessierte fanden trotz dem kühlen Wetter den Weg auf den Campus. Wir haben uns sehr darüber gefreut, so vielen unsere Arbeit nahe bringen zu können.

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

Globale Bestandsaufnahme der Plastikbelastung

Jedes Jahr gelangen etwa 52 Millionen Tonnen Makroplastik unkontrolliert in die Umwelt. Dies berichtet eine britische Forschungsgruppe, die mithilfe von KI die Plastikemissionen in mehr als 50'000 Gemeinden weltweit modellierte. 43 % dieses Plastiks werden direkt weggeworfen, die übrigen 57 % unkontrolliert verbrannt, zum Beispiel in Abfallgruben, was zur Bildung von weiteren schädlichen Stoffen führen kann. Diese unkontrollierte Plastikentsorgung war 2020 für mehr als 20 % des gesamten Plastikabfalls aus kommunalen Quellen verantwortlich. Am grössten ist die Plastikbelastung in Süd- und Südostasien sowie in Afrika südlich der Sahara. Während im Globalen Norden Littering die grösste Quelle für Plastik in der Umwelt darstellt, ist dies im Globalen Süden nicht eingesammelter Abfall.

Cottom, J.W. et al. (2024) A local-to-global emissions inventory of macroplastic pollution. *Nature* 633, 101–108. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07758-6>

Verbesserungen in der Risikobewertung von Chemikalien

Chemikalien werden in Europa mehrfach in verschiedenen rechtlichen Rahmen bewertet, je nachdem, für welchen Zweck die Bewertung gedacht ist. Diese Fragmentierung von Daten, Wissen und Fachkenntnissen zwischen den verschiedenen Rechtsrahmen behindert eine effiziente und integrative Risikobewertung, schliesst eine EFSA-Studie. Es seien eine stärkere Zusammenarbeit und Zusammenführung der Daten erforderlich, um die Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. Die Autoren schlagen vor, zunächst die Situation bei den Pestiziden zu verbessern. So könnten beispielsweise die umfangreichen Datenmengen aus der prospektiven und retrospektiven Umweltrisikobewertung genutzt werden, um neue Methoden zu testen und zu validieren.

Axelman, J., et al. (2024) A systems-based analysis to rethink the European environmental risk assessment of regulated chemicals using pesticides as a pilot case. *Science of the Total Environment* 948, 174526

Pflanzenschutzmittel beeinträchtigen die Ökosystemfunktionen von Bodentieren

Pflanzenschutzmittel werden in grossem Umfang eingesetzt, um Pflanzen vor Schadorganismen zu schützen. Sie können aber auch

Nichtzielorganismen schädigen, besonders wirbellose Bodentiere. Diese erbringen jedoch wichtige Ökosystemfunktionen, die so beeinträchtigt werden können. Betroffen sind etwa die Bereitstellung und Erhaltung der Biodiversität, die Bestäubung, biotische Wechselwirkungen sowie die Dynamik der organischen Substanz und der Bodenstruktur. Dies kann auch die landwirtschaftlichen Versorgung beeinträchtigen.

Bertrand, C. et al (2024) Effects of plant protection products on ecosystem functions provided by terrestrial invertebrates. *Environmental Science and Pollution Research* <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34534-w>

Gewässerbelastung durch Parasitenbekämpfungsmittel für Haustiere

Manche Pestizide sind in der Landwirtschaft verboten, werden aber zur Parasitenbekämpfung nach wie vor eingesetzt und können so in Gewässer gelangen. So wurden in britischen Gewässern Fipronil und Imidacloprid mehrfach in Konzentrationen nachgewiesen, die Wasserlebewesen schädigen können. Eine wichtige Quelle für diese Stoffe sind Floh- und Zeckenmittel für Haustiere. Für solche Parasitenmittel für Haustiere verlangt das geltende Recht nur eine sehr begrenzte Umweltverträglichkeitsprüfung, bevor sie zugelassen werden. Eine verstärkte Überwachung, Kontrolle und Regulierung von veterinärmedizinischen Parasitenmitteln sind notwendig, um die Belastung von Gewässern zu minimieren.

Perkins R et al. (2024) Down-the-drain pathways for fipronil and imidacloprid applied as spot-on parasiticides to dogs: Estimating aquatic pollution. *Science of the Total Environment* 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170175>.

Preston-Allen, R.G.G. et al. (2023) Are urban areas hotspots for pollution from pet parasiticides? Imperial College London, Grantham Institute Briefing note No 15

Neonikotinoide schädlich für Schmetterlinge

Neonikotinoid-Pestizide schädigen nicht nur Bienen, sondern tragen auch zum Rückgang der Schmetterlingspopulationen bei. Neue Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass die Einführung von Neonikotinoid-beschichtetem Saatgut die Hauptursache für den Populationsrückgang mehrerer Schmetterlingsarten im mittleren Westen der USA war. Das Forschungsteam kam zu dem Schluss, dass dieser Einsatz von Neonikotinoiden die Anzahl und die Artenvielfalt der Tiere stärker beeinflusste als Herbizide, Landnutzung oder Klimaveränderung.

Van Deynze B. et al. (2024) Insecticides, more than herbicides, land use, and climate, are associated with declines in butterfly species richness and abundance in the American Midwest. *PLoS ONE* 19(6): e0304319. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304319>

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; Adobe Stock (S. 10)

Erscheinungsweise: zweimal jährlich

Gestaltungskonzept, Satz und Layout: visu'l AG identity, Langenthal

Abonnement und Adressänderung: Neuabonnentinnen und Neuabonnenten willkommen, info@oekotoxzentrum.ch