

oekotoxzentrum news

21. Ausgabe November 2020

Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie



Strategie zur Beurteilung
der Sedimentqualität in der
Schweiz S. 3

Weniger Pflanzenschutzmittel
für Thurgauer Gewässer S. 6

Genetische Strichcodes zur
Sedimentbewertung S. 8

Biomonitoring für Schweizer
Pflanzenschutzmittel S. 9

Null-Verschmutzung als Ziel



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

Was haben eine malerische Flusslandschaft, eine Stadt, ein Industriestandort und eine Mülldeponie gemeinsam? Eine Antwort könnte sein: das Vorhandensein von Chemikalien. Chemikalien sind ein wesentlicher Bestandteil unseres täglichen Lebens. In unserer modernen Gesellschaft sind sie allgegenwärtig und haben unzählige Einsatzbereiche – so zum Beispiel in den Bereichen Gesundheit, Energie, Wohnen und Ernährung. Sobald solche Stoffe verwendet werden, finden einige davon (und ihre Umwandlungsprodukte) ihren Weg in die verschiedenen Umweltkompartimente wie Luft, Boden, Wasser und Sediment, und auch in unsere Körper und in die Organismen, die in den Ökosystemen leben. Das bleibt nicht folgenlos, da die meisten der Stoffe gefährliche Eigenschaften haben. Die Umweltverschmutzung durch Einzelstoffe und Gemische kann zu Krankheiten führen und langfristig zu einem Rückgang der biologischen Vielfalt, einer Störung der Ökosystemfunktion und einer Verringerung der Ökosystemdienstleistungen.

Natürlich gibt es in Europa Rechtsvorschriften für Chemikalien, die in der REACH-

Verordnung für die Zulassung von Chemikalien und der CLP-Verordnung für ihre Kennzeichnung zusammengefasst sind. Diese Vorschriften haben zum Ziel, unsere Gesundheit und die Umwelt zu schützen. Für einzelne Stoffgruppen wie Biozide, Pestizide, Pharmazeutika oder Kosmetika sind die Rechtsvorschriften sogar sehr spezifisch. Doch die Zahlen sprechen für sich: Das europäische Amt für Statistik Eurostat hat berichtet, dass von den rund 300 Millionen Tonnen an Stoffen, die 2018 in Europa produziert wurden, mehr als zwei Drittel Chemikalien sind, die als gefährlich für Mensch und Umwelt eingestuft werden. Das ist alarmierend und wirft die Frage auf, wie die Situation verbessert werden kann. Wie können gesunde Ökosysteme und eine gesunde Lebensumgebung in einer Welt gewährleistet werden, die immer mehr will?

Ein möglicher Weg ist der der geplante Aktionsplan der Europäischen Union mit dem Titel «Auf dem Weg zu einer Null-Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden – Schaffung eines gesünderen Planeten für gesündere Menschen». Der Null-Schadstoff-Aktionsplan ist eine zentrale Verpflichtung des Green Deal, eines breit angelegten europäischen Programms, das alle Akteure in Gesellschaft und Wirtschaft auf nachhaltiges Handeln verpflichtet. Der Green Deal

stützt sich auf verschiedene Massnahmen, darunter auch die Umsetzung einer Chemikalienstrategie zur Förderung von Innovationen für sichere und nachhaltige Chemikalien, die gerade am 14. Oktober 2020 verabschiedet wurde. Um die Bürger und Ökosysteme Europas zu schützen, will die EU unter anderem die Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden in Zukunft besser überwachen, melden, verhindern und beheben.

Das Oekotoxenzentrum liefert seinen Beitrag dazu, steht es doch bei der Entwicklung von Konzepten zur Bewertung von Umweltrisiken und der Entwicklung von Methoden zur Umweltüberwachung stets an vorderster Front. In dieser Ausgabe können Sie beispielsweise mehr darüber erfahren, wie wir uns für die Reduktion von Pflanzenschutzmitteln und die Überwachung von Sedimenten engagieren.

Ich wünsche Ihnen eine gute Lektüre, und bleiben Sie gesund!

Titelbild: Andrea Schifferli und Sarah Bratschi beim Leeren von Bachflohkrebs-Käfigen. Die Bachflohkrebse werden direkt ins Fließgewässer eingesetzt, wo ihr Frassverhalten und Überleben die Gewässerqualität anzeigen. Foto: Nicolas Furler, Oekotoxenzentrum

Strategie zur Beurteilung der Sedimentqualität in der Schweiz

Nach 6 Jahren steht das Beurteilungskonzept für die Sedimentqualität in der Schweiz in der Zielgeraden. Neben einer harmonisierten Methode zur Probenahme und Probenaufbereitung wurde eine Stoffliste für das regelmässige Sedimentmonitoring entwickelt, ausserdem Sediment-Qualitätskriterien sowie ein Bewertungssystem.

Sedimente spielen eine entscheidende Rolle für die Gewässerqualität. Ein Ziel der Schweizer Gewässerschutzverordnung ist, dass Sedimente keine persistenten Stoffe enthalten und auch keine Stoffe anreichern, die eine schädliche Wirkung auf Lebewesen haben. Doch bis jetzt gibt es keine einheitliche Strategie für die Kantone, um die Sedimentqualität zu überwachen. An einer solchen Bewertungsstrategie für Sedimente hat das Oekotoxzentrum in den vergangenen 6 Jahren im Auftrag des Bundesamts für Umwelt gearbeitet, Projektpartner war die Plattform Wasserqualität des Verbands Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA). Eine Umfrage bei den Kantonen hatte gezeigt, dass diese ein einheitliches Vorgehen zur Probenahme und Probenvorbehandlung wünschen. Ausserdem fehlen ihnen Empfehlungen für Stoffe, die regelmässig überwacht werden sollten, sowie ökotoxikologische Grenzwerte, um die Sedimentqualität zu bewerten. Die Bewertungsstrategie wurde als Teil des Modul-Stufen-Konzepts entwickelt, das standardisierte Methoden zur Analyse und Bewertung der Schweizer Fliessgewässer enthält. Die erste Projektphase im Sedimentprojekt ist nun beendet; bald wird ein Expertenbericht veröffentlicht.

Feldprotokoll durch Ringversuche mit Kantonen validiert

Die Strategie geht zunächst auf die Planung der Monitoringkampagne und die Auswahl der Probenahmestellen ein. Es wird empfohlen, Mischproben aus dem Oberflächensediment von mindestens 3 Standorten pro Probenahmestelle zu nehmen. Die Proben werden anschliessend nass gesiebt, um die Gesamtfraktion mit einer Partikelgrösse $< 2\text{ mm}$ zu erhalten. «Diese Fraktion empfehlen wir für die ökotoxikologische Risikobewertung», sagt Carmen Casado-Martinez. Die meisten Toxizitätstests werden nämlich mit der Fraktion $< 2\text{ mm}$ durchgeführt, so dass sich daraus abgeleitete Sediment-Qualitätskriterien stets auf diese Fraktion beziehen. Ist das Ziel eine Trendanalyse und steht nur die chemische Konzentration im Fokus, so wird empfohlen, die Feinfraktion ($< 63\mu\text{m}$) zu verwenden. Die Sedimente werden gekühlt transportiert und vor der chemischen Analytik mit Säure (für die Metallanalyse) oder Lösungsmitteln (für die Analyse von organischen Schadstoffen) extrahiert. Das Oekotoxzentrum hat das vorgeschlagene Probenahmeprotokoll in zwei Feldversuchen zusammen mit Mitarbeitenden von insgesamt acht kantonalen Gewässerschutzfachstellen validiert. Es zeigte sich, dass die Methode gut reproduzierbar ist und von allen gut angewendet werden kann.

Auswahl der relevantesten Sedimentschadstoffe

Ein Projektziel war es, die geeigneten Schadstoffe für ein regelmässiges Sedimentmonitoring zu empfehlen. Zunächst wurde eine Grobauswahl der Stoffe getroffen, die eine der folgenden Bedingungen erfüllen: 1) Die Substanz wurde in der Schweiz oder der EU in Sedimenten nachgewiesen. 2) Es gibt in anderen Ländern Sediment-Qualitätskriterien (SQK). 3) Der Stoff ist so hydrophob und persistent, dass sein Vorkommen in Sedimenten wahrscheinlich ist. Diese ausgewählten Stoffe wurden dann - abhängig von der Datenverfügbarkeit und dem Risikofaktor (gemessene Konzentration / SQK) - in 5 Aktionskategorien eingeteilt, die als Grundlage für die weiteren Empfehlungen dienen. Schliesslich wurden die Stoffe nach ihrer Exposition, ihrer Gefährlichkeit und ihrem Risiko priorisiert. Für die Beurteilung der Gefährlichkeit spielen die Persistenz, die Bioakkumulation und die Toxizität der Stoffe eine Rolle. Für die Bewertung des Risikos wird die Existenz von SQK in der EU berücksichtigt, ebenso Qualitätskriterien für Oberflächengewässer und der berechnete Risikofaktor.

Insgesamt wurden so 20 Substanzen oder Substanzgruppen ausgewählt, die für das Sediment-Monitoring in der Schweiz empfohlen werden (siehe Tabelle). Darunter sind zum einen klassische Schadstoffe wie polychlorierte Biphenyle (PCB), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Metalle und zum anderen neue Substanzen wie Pflanzenschutzmittel, Medikamente und Körperpflegemittel. Die Liste kann je nach Art des Gewässers, den vorhandenen Schadstoffquellen und den Zielen der Studie angepasst werden. Für alle Stoffe hat das Oekotoxzentrum SQK auf der Grundlage von Wirkdaten erarbeitet, die letzten Stoffe werden momentan geprüft. Die Methode zur Ableitung von SQK ist in weiten Teilen ähnlich wie die Methode zur Ableitung von Qualitätskriterien (QK) für Wasser (siehe Kasten). Durch einen Vergleich der Konzentrationen aus der chemischen Analyse mit den SQK kann die Sedimentqualität in 5 Klassen eingeteilt und so bewertet werden.



Carmen Casado-Martinez bei der Probenahme im Bainoz

Für einen Teil der Stoffe (PCB, PAK, Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), Kupfer, Zink, Quecksilber, Blei) sind die Konzentrationen in der Schweiz bereits bekannt und es gibt klare Risiken. Diese Stoffe werden für ein regelmässiges Monitoring empfohlen. Bei den anderen Stoffen wie Pflanzenschutzmitteln, Medikamenten oder Körperpflegemitteln erlauben die verfügbaren Daten nur eine vorläufige Risikobewertung. «Hier empfehlen wir ein regelmässiges Monitoring, um mehr Daten über die Umweltkonzentrationen der Stoffe zu sammeln», erklärt Carmen Casado Martinez.

Validierung in der Messkampagne NAWA SPEZ 2018

Die Bewertungsstrategie für Sedimente validierten die Forschenden 2018 im Rahmen der Messkampagne der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA SPEZ. «Wir haben Sedimentproben aus 18 kleinen Fliessgewässern der ganzen Schweiz mit unterschiedlichen Belastungen untersucht», sagt Carmen Casado-Martinez. Dazu wurden die ausgewählten Stoffe (siehe Tabelle) im Gesamtsediment (<2 mm) und der Feinfraktion (<63µm) analysiert. Die meisten Sedimente enthielten traditionelle Sedimentschad-



Das Sediment wird zunächst auf die gewünschte Korngrösse gesiebt.

Diese Substanzen werden für das Sediment-Monitoring vorgeschlagen

Substanz	Kategorie	Verwendung
Diuron	Herbizid	Reben, Obst, Biozid in urbanen Gebieten
Chlorpyrifos	Insektizid	Obst, Reben, Zuckerrüben; Verwendung seit 2019 eingeschränkt
Cypermethrin	Insektizid	Obst, Reben, Zuckerrüben
Tebuconazole	Fungizid	Holzbehandlung, Getreide
Ciprofloxacin	Antibiotikum	Arzneimittel für Menschen und Tiere
E2, E1, EE2	Hormone	Hormone, Verhütungsmittel
Triclosan	Bacterizid	Desinfektionsmittel, Körperpflegeprodukte, Verwendung seit 2015 eingeschränkt
PBDEs (8 Indikatoren)	Organobromverbindungen	Flammschutzmittel
PFOS	Fluortensid	Zahlreiche Produkte
DEHP	Phthalat	Weichmacher
Nonylphenol	Phenol	Nichtionische Tenside, die in Detergenzien, Farben, Pestiziden, Körperpflegeprodukten und Kunststoffen verwendet werden
Octylphenol	Phenol	Zwischenprodukt bei der chemischen Synthese
Tonalid	Synthetische Moschussubstanz	Parfüms, Kosmetika und Waschmittel
HCBD	Halogenierte aliphatische Verbindung	Lösungsmittel
PAHs (16 Indikatoren)	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	Freisetzung durch Pyrolyse
PCBs (7 Indikatoren, PCB 118)	Polychlorierte Biphenyle	verboten
Kupfer	Metall	Werkstoffe, Landwirtschaft, Chemie
Zink	Metall	Werkstoffe, Landwirtschaft, Chemie
Quecksilber	Metall	Verwendung eingeschränkt
Blei	Metall	Batterien, Munition

Ableitung von Sediment-Qualitätskriterien

Sediment-Qualitätskriterien (SQK) sollen Sedimentorganismen vor den schädlichen Auswirkungen von Schadstoffen schützen. Sie werden von den Experten am Oekotoxzentrum sehr ähnlich wie die QK für Oberflächengewässer hergeleitet, und zwar nach der Methode, die auch die EU verwendet. Als Basis dienen zuverlässige und relevante Wirkdaten. Die Methoden zur Entscheidung, welche Wirkdaten zur Bestimmung der SQK berücksichtigt werden, mussten allerdings für Sedimentstudien angepasst werden. Dabei wurden Faktoren berücksichtigt wie die physikalisch-chemischen Eigenschaften der verwendeten Sedimente und die verwendeten Organismen: es sollten stets Arten sein, die in engem Kontakt mit Sedimenten leben. Während für Oberflächengewässer sowohl ein akutes als auch ein chronisches QK abgeleitet werden, wird für Sedimente nur ein QK auf der Grundlage von Langzeit-Toxizitätsdaten abgeleitet, um vor chronischen Expositionen zu schützen. Die Methode, mit der die SQK bestimmt werden, hängt von der Menge der verfügbaren zuverlässigen und relevanten Wirkdaten ab.

Die **Speziessensitivitätsverteilungsmethode** geht davon aus, dass sich die Empfindlichkeit der verschiedenen Arten im Ökosystem mithilfe einer log-Normalverteilung beschreiben lässt. Wenn Toxizitätsdaten für genügend unterschiedliche Arten vorliegen, lässt sich die Konzentration ableiten, bei der nur 5 % der Arten geschädigt werden, ein Anteil, der als akzeptabel gilt. Um die verbleibende Unsicherheit zu berücksichtigen,

wird der Wert durch einen Sicherheitsfaktor von meistens 5 geteilt. Für diese Methode müssen Toxizitätsdaten für mindestens zehn, idealerweise mehr als fünfzehn Arten aus mindestens acht Pflanzen- und Tiergruppen zur Verfügung stehen. Für Sedimente gibt es meist zu wenig Toxizitätsdaten, um die Methode anzuwenden.

Die **Sicherheitsfaktormethode** wird häufiger verwendet, da sie weniger Toxizitätsdaten benötigt. Hier sollten idealerweise Daten für mindestens drei Arten verfügbar sein, die drei Glieder der Nahrungskette repräsentieren. Die niedrigste Wirkkonzentration wird durch einen Sicherheitsfaktor von 10 bis 100 geteilt, je nach der Anzahl der verfügbaren Daten. Wenn nur Daten zu Kurzeffekten verfügbar sind, wird ein Sicherheitsfaktor von 1000 eingesetzt. Dann sollte die Berechnung mit dem Equilibrium-Partitioning-Ansatz verglichen werden.

Wenn keine Daten zur Toxizität im Sediment verfügbar sind, können mit dem **Equilibrium-Partitioning-Ansatz** auch Daten zur Toxizität im Wasser verwendet werden. Der Ansatz geht davon aus, dass die Toxizität einer Chemikalie im Sediment proportional zu ihrer Konzentration im Porenwasser ist. Dann kann das SQK aus dem Verteilungskoeffizienten zwischen Sediment und Wasser und dem chronischen QK für Oberflächengewässer berechnet werden. Wegen der höheren Unsicherheit werden SQK, die mit dem Equilibrium-Partitioning Ansatz berechnet werden und solche mit einem Sicherheitsfaktor von 1000 als vorläufig betrachtet und erlauben nur vorläufige Bewertungen.

stoffe wie Metalle, PAK und PCB. In einigen Fällen wurden diese in Konzentrationen oberhalb der SQK gefunden. Dies bedeutet, dass ein Risiko für Sedimentlebewesen nicht ausgeschlossen werden kann. Die Pflanzenschutzmittel Chlorpyrifos, Tebuconazol und Diuron waren vor allem an Standorten vorhanden, an denen intensiv Landwirtschaft betrieben wird. Das Risiko für diese Stoffe kann allerdings nur vorläufig bewertet werden, da es nicht genügend Daten zur Toxizität der Stoffe für Sedimentlebewesen gibt (siehe Kasten).

DEHP und PFOS wurden an allen Standorten nachgewiesen – auch an solchen, die wegen ihrer Abgelegenheit als Referenzstandorte dienen. Dabei zeigt DEHP eine Kontamination mit Phthalaten an und PFOS eine Kontamination mit polyfluorierten Alkylsulfonaten. «Für DEHP als Einzelstoff haben wir kein Risiko für Sedimentlebewesen gefunden», berichtet Carmen Casado-Martinez. «Es sind aber an diesen Standorten auch andere Phthalate in erhöhten Konzentrationen vorhanden, die durch die Mischungseffekte ein Risiko darstellen könnten.» Für PFOS gibt es zu wenig Toxizitätsdaten, so dass das Risiko nicht endgültig bewertet werden kann. Octylphenol, Nonylphenol und Tonalid wurden nur selten gefunden und nie in Konzentrationen oberhalb des SQK.

Und wenn die Qualitätskriterien überschritten werden?

Die Bewertungsstrategie berücksichtigt das Vorsorgeprinzip und ist daher absichtlich konservativ. Je nach Sedimenttyp können die-

selben Schadstoffe allerdings unterschiedlich bioverfügbar sein. Ausserdem bedeutet die Überschreitung der SQK nicht unbedingt, dass sich die Organismengemeinschaft verändert oder die Stoffe direkt toxisch wirken. Daher sollte die Risikobewertung mit SQK immer zusammen mit ergänzenden Informationen wie den natürlichen Hintergrundkonzentrationen, Ergebnissen aus Biotests oder anderen Arten von Qualitätsbewertungen betrachtet werden. Je nach Fragestellung ist eine unterschiedlich komplexe Beurteilung der Sedimentqualität nötig. Wenn es das Ziel ist, einen Überblick über die Sedimentqualität im Kanton oder der Region zu erhalten, reicht eine weniger komplexe Studie aus. Wenn aber Prioritäten für das Umweltmanagement gesetzt werden sollen (z. B. Identifizierung und Kontrolle von Quellen, Sanierung), muss der Standort umfassender charakterisiert werden. Das Oekotoxzentrum wird in einer zweiten Projektphase Empfehlungen für ergänzende Methoden wie Biotests oder die Untersuchung von Lebensgemeinschaften erarbeiten.

Mehr Details finden Sie in einigen Monaten im Expertenbericht
Kontakt: Carmen Casado-Martinez, carmen.casado@centrecotox.ch

Weniger Pflanzenschutzmittel für Thurgauer Gewässer

Im Kanton Thurgau arbeiten Experten aus den Ämtern zusammen mit zahlreichen Landwirten daran, die Belastung von Gewässern mit Pflanzenschutzmitteln zu verringern. Biotests mit Wasser- und Sedimentproben zeigen, dass der ökotoxikologische Zustand der Gewässer momentan deutlich beeinträchtigt ist.

Kleine Bäche enthalten in der Schweiz immer noch zu viele Pflanzenschutzmittel (PSM). Dies zeigten im letzten Jahr die Resultate der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA). Im Kanton Thurgau waren dabei der Eschelisbach und die Salmsacher Aach betroffen: Beide Bächen enthielten PSM in Konzentrationen, die deutlich über dem Grenzwert der Gewässerschutzverordnung von 0.1 µg/L lagen. Auch die kritischen Konzentrationen für kleine Wasserlebewesen wurden überschritten. Dies zeigt, dass PSM in die Gewässer gelangen – trotz dem sorgfältigen Einsatz der Stoffe durch die Landwirte.

Ambitioniertes Projekt mit allen Beteiligten

Um den PSM-Eintrag zu reduzieren, haben sich zahlreiche Player im Kanton Thurgau zu einem grossen Ressourcenprojekt zusammengesetzt: Am Projekt AquaSan beteiligen sich neben dem Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg das Thurgauer Amt für Umwelt, das Landwirtschaftsamt, der Verband Thurgauer Landwirtschaft, der Thurgauer Obstproduzentenverband, die Gemüseproduzentenvereinigung der Kantone Thurgau und Schaffhausen, die Vereinigung Thurgauer Beerenpflanzler, Agroscope und Agridea. Noch ist nicht bekannt, welche Eintragswege für die Gewässerbelastung die grösste Rolle spielen. Es wird aber angenommen, dass PSM durch Punkteinträge von den Wasch- und Befüllplätzen der Spritzgeräte, durch Auswaschung via Drainage, durch Abdrift und durch Abschwemmung in Gewässer gelangen. In insgesamt 8 Jahren wollen die Projektpartner zunächst die Bedeutung der verschiedenen Eintragswege genauer bewerten. Auf dieser Basis wollen sie das Risiko sowie die Belastung von PSM in Gewässern mit verschiedenen Massnahmen verringern und den Einsatz der PSM optimieren.

Um die Entwicklung des Risikos für PSM beurteilen zu können, muss zunächst der aktuelle Gewässerzustand bekannt sein. Daher nimmt das Oekotoxzentrum seit 2019 die ökotoxikologische Belastung der Salmsacher Aach und des Eschelisbach genauer unter die Lupe. Auftraggeber dafür ist der Kanton Thurgau. «Wir untersuchen jeweils in der Vegetationsperiode von April bis November den Ist-Zustand der beiden Gewässer», berichtet Cornelia Kienle vom Oekotoxzentrum. «So können wir bestimmen, welchen Einfluss verschiedene Massnahme auf die ökotoxikologische Belastung haben.»

Algen und Kleinkrebse messen den Gewässerzustand

Um die Wirkung der PSM auf Wasserlebewesen zu erfassen setzen die Wissenschaftler auf Biotests. Es werden Zwei-Wochen-Wassermischproben genommen und mit dem kombinierten Algentest untersucht, der eine Wirkung auf die Photosynthese und das Wachstum von einzelligen Grünalgen erfasst. Der Test ermöglicht es, die Belastung der Gewässer mit algentoxischen Stoffen zu

bestimmen. Ausserdem wendeten die Forschenden den Sediment-Kontakttest mit Muschelkrebse auf Wasser- und auf Sedimentproben in Zusammenarbeit mit dem Auftragslabor Soluval Santiago an. Der Test zeigt, wenn das Wachstum und Überleben der Kleinkrebse beeinträchtigt wird.

«Im kombinierten Algentest drücken wir die gemessene Wirkung als Diuron-Äquivalenzkonzentration aus», erklärt Cornelia Kienle. «Also als diejenige Konzentration der Referenzsubstanz Diuron, die genauso potent wirkt wie die unbekannte Mischung in den Wasserproben.» Anschliessend wird die gemessene Konzentration mit dem effektbasierten Triggerwert für Diuron verglichen. Dieser gibt an, welcher Effekt akzeptabel oder inakzeptabel ist, und wird auf der Basis von Toxizitätsdaten für zahlreiche Stoffe bestimmt. «Eine Gefährdung von Wasserorganismen kann bei Konzentrationen oberhalb des Triggerwerts nicht ausgeschlossen werden», sagt Cornelia Kienle.



Gewässerschutzexpertin Margie Koster vom Kanton Thurgau bei der Probenahme am Eschelisbach.

Algenwachstum wird gehemmt

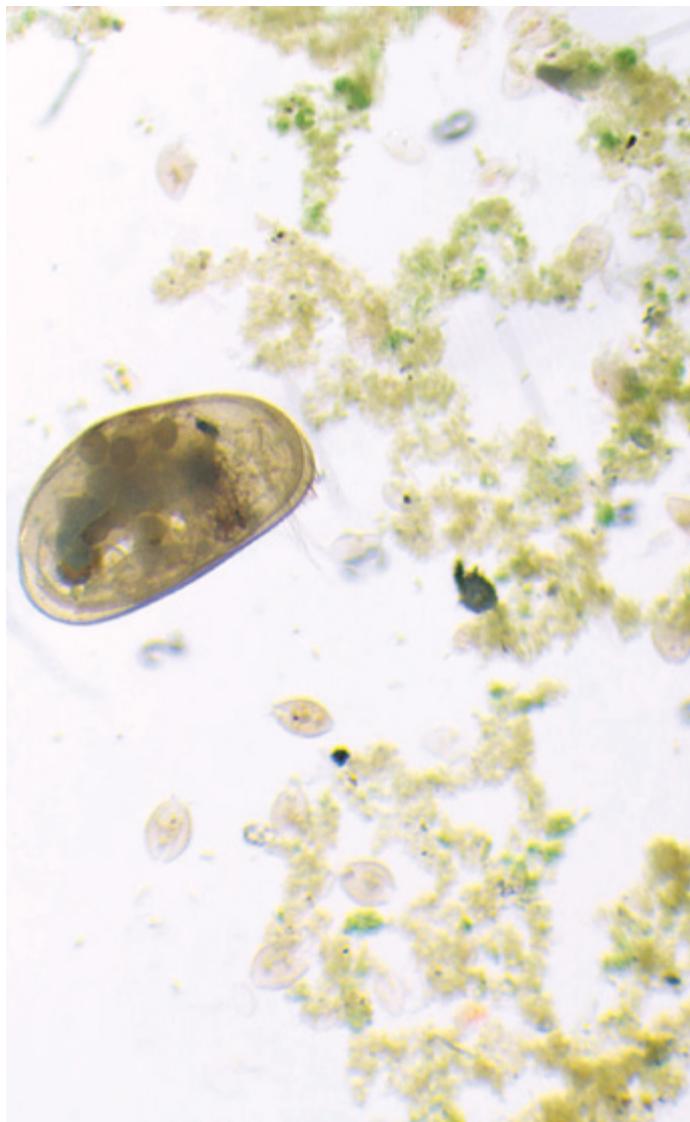
Im Eschelisbach fanden die Wissenschaftler 2019 Konzentrationen bis 29 ng/L Diuronäquivalente für die Photosynthesehemmung, in der Salmsacher Aach Konzentrationen bis 57 ng/L. Der effektbasierte Triggerwert für die Photosynthesehemmung liegt bei 70 ng/L und wurde damit nie überschritten. Anders sah es bei der Wirkung auf das Algenwachstum aus: Hier wurde der effektbasierte Triggerwert von 130 ng/L in allen Proben überschritten. Die Proben enthielten bis zu 285 ng/L Diuronäquivalente im Eschelisbach und bis zu 844 ng/L in der Salmsacher Aach, man muss also mit Effekten im Gewässer rechnen. Offensichtlich enthalten die untersuchten Fließgewässer mehr Stoffe, die das Algenwachstum hemmen, als Stoffe, die die Photosynthese hemmen. Allerdings muss der verwendete Triggerwert mit etwas Vorsicht betrachtet werden. «Für die Bestimmung dieses Wertes wurden nur Daten für Photosynthese-hemmende Stoffe verwendet und nicht Daten für Stoffe, die nur das Wachstum und nicht die Photosynthese hemmen», erklärt Cornelia Kienle. Während für die Photosynthesehemmung hauptsächlich Herbizide verantwortlich sind, reagiert das Algenwachstum auch auf andere Stoffe wie zum Beispiel Triclosan, verschiedene Pharmazeutika und Metalle. «Der Triggerwert wird derzeit überarbeitet. Wenn er sich in Zukunft nach oben verschiebt, würde dies womöglich zu weniger Überschreitungen führen.» Der Kanton Thurgau hat insgesamt 13 Photosynthesehemmende PSM chemisch analysiert. Ein Vergleich mit den chemischen Daten macht deutlich, dass diese PSM nur einen Teil der beobachteten Effekte erklären konnten.

Hohe Sterblichkeit für Muschelkrebse im Sediment

Der Muschelkrestest zeigte, dass alle Sedimentproben vom Eschelisbach die Sterblichkeit der Tiere erhöhten. Der Schwellenwert für gravierende Auswirkungen – er liegt bei 30 % zusätzlicher Sterblichkeit im Vergleich zur Kontrolle – wurde in allen Sedimentproben und in einer Wasserprobe überschritten. In einer Sedimentprobe starben gar mehr als 90 % der Muschelkrebse. Das heisst, dass die Sedimentqualität im Eschelisbach deutlich reduziert ist, und bestätigt die Ergebnisse einer Messkampagne von 2017. An der Salmsacher Aach überschritt nur eine der vier Sedimentproben den Schwellenwert. Die Effekte auf das Wachstum der Muschelkrebse waren geringer: Von den Wasserproben überschritt keine den Schwellenwert von 35 % Wachstumshemmung. Die Sedimentproben führten zu etwas stärkeren Effekten. Zwei von vier Proben im Eschelisbach und eine von vier Proben in der Salmsacher Aach überschritten hier den Schwellenwert und hemmten also das Wachstum der Tiere.

Wirksamkeit von Massnahmen wird direkt beurteilt

Im Moment ist das Projekt AquaSan noch in der Pilotphase, die Ende 2020 abgeschlossen sein wird. In einer Reihe von Landwirtschaftsbetrieben wird momentan abgeschätzt, über welchen Weg PSM in die Gewässer gelangen. Dazu werden Betriebsbegehungen und chemische Messungen direkt auf dem Hof und in den Feldern einsetzt. Anschliessend werden gemeinsam mit den Betrieben praktikable Massnahmen definiert, um den Eintrag von PSM in Gewässer zu verringern. Dies können Massnahmen zur Reduktion des PSM-Einsatzes sein wie zum Beispiel das digitale Monitoring von Schadorganismen oder der Einsatz von



Muschelkrebse wurden eingesetzt, um die Wasser- und Sedimentqualität zu bestimmen.

Blühstreifen mit ausgewählten Pflanzen, um Nützlinge zu fördern und Schädlinge abzulenken. Auch eine verbesserte mechanische Bodenbearbeitung zum Jäten von Unkräutern ist denkbar. Schliesslich können Massnahmen an den Befüll- und Waschstationen oder eine präzisere Ausbringung den Eintrag von PSM in die Gewässer verringern.

Während vier Jahren wird 2021–2024 überprüft, welchen Effekt die umgesetzten Massnahmen auf die Belastung von Eschelisbach und Salmsacher Aach mit PSM haben. Insgesamt werden sich über 90 Landwirtschaftsbetriebe an dem Projekt beteiligen. «Wir sind sehr glücklich über die gute Zusammenarbeit und hoffen, dass wir hier einen wichtigen Beitrag für gesündere Gewässer leisten können», sagt die Gewässerschutzexpertin Margie Koster von Amt für Umwelt des Kantons Thurgau.

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

Genetische Strichcodes zur Sedimentbewertung

Der Artenreichtum und die Anzahl von Oligochaeten können verwendet werden, um die Sedimentqualität in Flüssen und Seen zu bewerten. Der Einsatz von Hochdurchsatz-Sequenzierung erlaubt eine verlässlichere Bestimmung der Tiere und macht die Methode insgesamt praxistauglicher.

Sedimente spielen für die Gewässerqualität eine wichtige Rolle: Sie sind der Lebensraum vieler Organismen an der Basis der Nahrungskette und speichern zahlreiche Schadstoffe. Diese Schadstoffe können bei Hochwasser remobilisiert und wieder ins Wasser abgegeben werden. Daher wird die Sedimentqualität von vielen Kantonen regelmässig überwacht, meist mit Hilfe von chemischen Analysen. Als Ergänzung sind jedoch biologische Analysemethoden wichtig, da nur sie die Verfügbarkeit und Toxizität der Sedimentschadstoffe anzeigen. Als Bioindikatoren sind besonders Sedimentelebende Ringelwürmer aus der Gruppe der Oligochaeten geeignet: Oligochaeten-Indizes wurden entwickelt, um die biologische Sedimentqualität in Flüssen und Seen zu bewerten. Sie basieren darauf, welche Oligochaetenarten und wie viele Einzeltiere pro Art am Standort leben.

Strichcodes für Schweizer Oligochaeten

Das Bestimmen von Oligochaeten unter dem Mikroskop erfordert allerdings einige Erfahrung und ist auch nicht bei allen Tieren möglich. Für die genetische Bestimmung der Tiere wird ihre DNA extrahiert und ein kurzer Abschnitt sequenziert, der bei Einzeltieren einer Art sehr ähnlich ist. Die Abfolge der Basenpaare wird dabei wie der Strichcode auf Lebensmittel-Verpackungen als Kennzeichen für eine bestimmte Art verwendet. Durch einen Vergleich dieser DNA-Sequenz mit einer Referenzdatenbank ist es möglich, die Tiere eindeutig zu bestimmen. Das Oekotoxzentrum arbeitet in Moment daran, eine Referenzdatenbank für alle Oligochaetenarten der Schweiz zusammenzustellen.

Hochdurchsatz-Sequenzierung von markierten Einzeltieren

Werden alle Organismen einer Umweltsprobe sequenziert, kann man allerdings nicht herausfinden, wie viele Tiere pro Art vorhanden sind. Daher hat das Oekotox-

zentrum ein System entwickelt, das auf der Hochdurchsatz-Sequenzierung von Oligochaeten basiert, die während der Vervielfältigung der DNA mit einem eindeutigen genetischen Marker versehen wurden. «Die Methode kann genau bestimmen, welcher Anteil jeder Oligochaetenart in einer Probe vorhanden ist», erklärt der Projektverantwortliche Régis Vivien. «Sie ist für den Routineeinsatz aber nur praktikabel, wenn nicht zu viele Einzeltiere pro Standort untersucht werden müssen, idealerweise nicht mehr als 50.» Als Vergleich: Unter dem Mikroskop müssen jeweils mindestens 100 Tiere bestimmt werden, um die Sedimentqualität zu bewerten. Um zu beurteilen, wie sich die Methode bewährt, verglichen Régis Vivien und seine Kollegen den Erfolg der genetischen Bestimmung an zahlreichen Standorten mit der traditionellen Bestimmung nach Aussehen: und zwar an 13 Standorten in Fließgewässern der Schweiz und 7 Standorten am Genfersee.

Molekulare Bestimmung von 33 Einzeltieren pro Standort reicht aus

Die Forschenden bestimmten jeweils entweder 33 oder 66 Einzeltiere pro Standort genetisch oder 100 Tiere morphologisch und berechneten die Oligochaeten-Indizes. Es zeigte sich, dass der genetische Ansatz gut mit dem morphologischen Ansatz über-

einstimmte. Tatsächlich lieferte die genetische Analyse von 33 Tieren pro Standort bereits genug Information, um die biologische Sedimentqualität zu bewerten. Obwohl weniger Einzeltiere genetisch analysiert wurden, wurden genauso viele Arten identifiziert wie bei der morphologischen Analyse. Dies liegt daran, dass bei der genetischen Analyse auch Tiere bestimmt werden können, die schwierig oder unmöglich aufgrund ihres Aussehens zu bestimmen sind. Die Hochdurchsatz-Sequenzierung einer kleinen Zahl von markierten Einzeltieren ist also geeignet, um die Oligochaeten-Vielfalt und die Zahl der Individuen pro Art zu bestimmen und damit die biologische Sedimentqualität zu bewerten. «Ein neuer Ansatz, der vielversprechend für den Routineeinsatz der Zukunft aussieht», freut sich Régis Vivien.

Mehr Informationen: Vivien, R., Apothéloz-Perret-Gentil, L., Pawlowski, J., Werner, I., Lafont, M. & Ferrari, B.J.D. (2020) High-throughput DNA barcoding of oligochaetes for abundance-based indices to assess the biological quality of sediments in streams and lakes. *Scientific Reports* 10, 2041. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58703-2>

Kontakt:

Régis Vivien, regis.vivien@centreecotox.ch;
Benoît Ferrari, benoit.ferrari@centreecotox.ch



Die Arten und Anzahl von Oligochaeten im Sediment können genetisch bestimmt werden und liefern Informationen über die Sedimentqualität.

Biomonitoring für Schweizer Pflanzenschutzmittel



Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln hinterlässt Rückstände im Boden.

Im Rahmen des Aktionsplans zur Reduktion von Risiken und zur nachhaltigen Nutzung von Pflanzenschutzmitteln wird derzeit ein Monitoringkonzept für Rückstände in Schweizer Landwirtschaftsböden entwickelt. Die wichtigsten Schritte sind die Erarbeitung von ökotoxikologischen Richtwerten für Böden und die Auswahl von geeigneten biologischen Indikatoren.

Im September 2017 verabschiedete der Bundesrat einen Aktionsplan zur Reduktion von Risiken und zur nachhaltigen Nutzung von Pflanzenschutzmitteln (PSM). Ziele des Aktionsplans sind es, die mit PSM verbundenen Risiken im nächsten Jahrzehnt um die Hälfte zu reduzieren und Alternativen zum chemischen Pflanzenschutz vorzuschlagen. Um diese Ziele zu erreichen, wurden zahlreiche Massnahmen festgelegt. Eine davon ist es, bis 2027 ein Monitoring für PSM-Rückstände in landwirtschaftlich genutzten Böden zu etablieren.

Pionierarbeit für Bodenrichtwerte

Im Rahmen dieser Massnahme hat die Nationale Bodenbeobachtung (NABO) ein

Konzept für das chemische Monitoring von PSM-Rückständen im Boden entwickelt, das Oekotoxzentrum – zusammen mit Envi-BioSoil – ein Konzept für ein biologisches Langzeitmonitoring. «So wollen wir die Auswirkungen von PSM-Rückständen auf die Bodenqualität quantifizieren», sagt Janine Wong vom Oekotoxzentrum. Gemäss dem Biomonitoring-Konzept wollen die Wissenschaftlerinnen zunächst ökotoxikologische Bodenrichtwerte (BRW) bestimmen. Dies sind Stoffgrenzkonzentrationen, die auf Daten ökotoxikologischer Studien mit Bodenorganismen basieren und analog zu den Qualitätskriterien für Gewässer verwendet werden können, um ein potenzielles Risiko für Bodenorganismen zu identifizieren. Ausserdem sollen verschiedene Bioindikatoren vorgeschlagen werden, um die Auswirkungen von PSM-Rückständen auf Bodenorganismen in Schweizer Landwirtschaftsböden zu untersuchen.

In einer ersten Projektphase werden – zusammen mit der Projektleitung von den Bundesämtern für Umwelt und Landwirtschaft – zunächst zehn repräsentative PSM ausgewählt und für diese BRW entwickelt. Doch während die Methodik für das Ableiten

ökotoxikologischer Grenzwerte für Gewässer bereits gut etabliert ist, müssen die Wissenschaftlerinnen für die Böden noch einige Pionierarbeit leisten. «Böden sind viel komplexer, da es sehr unterschiedliche Bodentypen gibt und die PSM dort nicht nur im Porenwasser gelöst, sondern auch an Bodenpartikel sorbiert vorliegen», erklärt Janine Wong «Das beeinflusst ihre Verfügbarkeit und Toxizität für Bodenorganismen». Auch die Schutzziele für Böden müssen zunächst genauer festgelegt werden. Klar ist jedoch bereits, dass, analog zur Gewässerbewertung, auch hier auf die vorhandenen Literaturstudien zur Toxizität von PSM für Organismen zugegriffen werden wird. Leider gibt es jedoch deutlich weniger Daten zu Effekten auf Bodenorganismen als zu Effekten auf Wasserorganismen.

Was sind die geeigneten Bioindikatoren?

Ausserdem wird das Oekotoxzentrum eine Reihe von potenziellen Bioindikatoren auswählen, die für PSM-Rückstände sensitiv sind. Als erster Schritt ist momentan eine Literaturrecherche im Gange. Besonders vielversprechend ist hier eine Untersuchung der Effekte auf Regenwürmer und Mikroorganismen. In einer zweiten Projektphase werden die ausgewählten Bioindikatoren in Pilotstudien im Feld und Labor geprüft und bewertet. Die Organismen in Landwirtschaftsböden sehen jedoch nicht nur die Rückstände von Einzelsubstanzen, sondern sind einem komplexen Gemisch verschiedener PSM ausgesetzt. Daher soll ein Ansatz entwickelt werden, der auch die Bewertung von Substanzmischungen zulässt.

In einer dritten Projektphase werden die Daten aus dem biologischen Monitoring schliesslich mit der chemischen Risikobewertung kombiniert: «Einerseits werden wir die chemischen Monitoringdaten der NABO, also die gemessenen Konzentrationen der PSM im Feld, mit den etablierten BRW vergleichen. Andererseits wollen wir die Auswirkungen der PSM auf die Bioindikatoren direkt an den NABO-Standorten im Feld untersuchen», so Janine Wong. So soll es möglich werden, die Risiken von PSM für die Bodenqualität besser zu quantifizieren.

Kontakt:

Janine Wong, janine.wong@centrecotox.ch



Neue Gesichter am Oekotoxzentrum

Willkommen, Alena Tierbach und Carolin Riegraf!

Alena Tierbach ergänzt das Team Risikobewertung seit Mai 2020. Sie hat an der Universität Bonn Biologie studiert und an der Universität Duisburg-Essen ihren Master in Umwelttoxikologie abgeschlossen. Alena lernte die Eawag bereits während ihrer Masterarbeit kennen, in der sie die Toxizität von Silber-Nanomaterialien auf Algen untersuchte. Ihre Doktorarbeit machte Alena an der EPFL und bestimmte dafür – ebenfalls in Eawag-Labors – welche Rolle Glutathion-Transferasen für das Biotransformationspotential von Zebrafisch-Embryonen spielen.

Im Juli 2020 hat **Carolin Riegraf** als wissenschaftliche Mitarbeiterin für aquatische Biotests gestartet. Auch für Carolin ist dies ein wohlbekannter Ort: Als Praktikantin hatte sie schon 2016 am Oekotoxzentrum tatkräftig bei der Risikobewertung von Pharmazeutika mitgewirkt. Zuvor hatte sie in Tübingen Umweltwissenschaften studiert und ihren Masterabschluss in Environmental Sciences in Wageningen (NL) erworben. In ihrer Dissertation hat Carolin an der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz (D) die Kombination von Dünnschichtchromatographie und spezifischen Biotests zum Nachweis von Mikroverunreinigungen untersucht und beendet diese zurzeit.



Monitoring von Biotopen nationaler Bedeutung auf Pflanzenschutzmittel

Zu den Zielen des Aktionsplans des Bundes zur Risikominderung und nachhaltigen Nutzung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) gehört der Schutz von Nicht-Zielorganismen und Biotopen vor den negativen Einflüssen von PSM. In den letzten Jahren wurde bereits viele Daten zur Belastung von Fließgewässern in Landwirtschaftsgebieten gesammelt. Über die Belastung von Biotopen von nationaler Bedeutung, darunter Teiche und Trockenwiesen und -weiden, wissen wir bis jetzt nur wenig. PSM gelangen jedoch voraussichtlich auch in diese besonders schützenswerten Ökosysteme, z.B. durch den Abfluss von Feldern, die in Teiche münden, oder durch Flüsse, die Feuchtgebiete überfluten. Abdrift, Regenablagerung oder Transport durch die Luft können zum Eintrag von PSM in Trockenwiesen, Weiden und Hochmoore führen.

Daher koordiniert das Oekotoxzentrum im Auftrag des Bundesamts für Umwelt ein Projekt, um geeignete Methoden zur Probenahme und chemischen Analyse zu etablieren. Mit diesen soll herausgefunden werden, wie stark die Biotope von nationaler Bedeutung mit PSM belastet sind und woher diese PSM kommen. Dabei werden alle drei Kompartimente, Wasser, Boden und Luft, betrachtet. Der so erhaltene Datensatz soll eine Grundlage für die zukünftige Überwachung und die Methoden zur Bewertung der Belastung von Biotopen von nationaler Bedeutung mit PSM bilden.

Kontakt:

Etienne Vermeirssen, etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch



Zivildiensteinsatz mit Bachflohkrebsen

Von Juni bis November 2020 hat **Nicolas Furler** seinen Zivildiensteinsatz am Oekotoxzentrum durchgeführt. «Das war für mich ein echter Glücksgriff», sagt Nicolas, der an der Universität Basel Geowissenschaften studiert hat. In seiner Bachelor- und Masterarbeit hatte er bereits den Einfluss von Abwasserreinigungsanlagen auf Bachflohkrebs untersucht und brachte so schon einiges Vorwissen in Bereich Ökotoxikologie mit. «Jetzt konnte ich zusätzliche Erfahrungen in der Feldanwendung von Biotests sammeln.»

Nicolas hat an verschiedenen Standorten im Kanton Schaffhausen untersucht, welche Auswirkungen Pflanzenschutzmittel oder Abwasser auf das Frassverhalten von Bachflohkrebsen haben. Momentan analysiert er seine Messdaten und vergleicht sie mit den Ergebnissen der chemischen Analytik des Kantons Schaffhausen.

Ökotoxikologische Effekte von Polyacrylamid und Polyacrylat in der Landwirtschaft

Bis jetzt sind in der Schweiz keine Bodenverbesserungsprodukte zugelassen, die Polymere aus Acrylamid oder Acrylsäure enthalten. Vernetzte Polyacrylamide und Polyacrylate können grosse Mengen an Wasser aufnehmen und verbessern daher die Wasserspeicherkapazität des Bodens. Mit Dünger kombiniert führen sie zu einer langsamen Freisetzung von Nährstoffen. Lineale Polyacrylamide hingegen werden als Flockungsmittel verwendet und treten daher in manchen Düngemitteln als Produktions-Rückstände auf. Doch da die meisten chemischen Vorschriften nicht für Polymere gelten, weiss man nur wenig über ihre ökotoxikologische Wirkung.

Polyacrylamide und Polyacrylate sorbieren stark an Partikel und werden also im Boden nur langsam abgebaut. Die Polymere könnten daher besonders für Sediment- und Bodentiere ein Risiko darstellen. Hier sind mehr Biotestdaten nötig, um die Gefährlichkeit der Stoffe bewerten zu können. Auch der Abbau der Stoffe sollte in Feldversuchen besser charakterisiert werden, um eine mögliche Toxizität von Abbauprodukten auszuschliessen. Ein Bericht des Oekotoxentrums fasst den aktuellen Stand des Wissens zu den Produkten zusammen.

Bericht: Ecotoxicological effects of polyacrylate, acrylic acid, polyacrylamide and acrylamide on soil and water organisms, www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte/

Weiterbildung am Oekotoxzentrum

Am 26./27. Januar 2021 findet unser Kurs **Mikroplastik in der Umwelt** statt. Geplant ist ein Hybridkurs: die Teilnahme ist damit sowohl persönlich als auch online möglich. Der Kurs gibt einen Überblick über Vorkommen, Nachweis und Effekte von Mikroplastik. Es wird spezifisch auf die Konzentrationen in der Schweiz sowie das Risiko für Mensch und Umwelt eingegangen.

Aufgrund der Corona-Situation wurde der Weiterbildungskurs **Biomarker zur Messung von Schadstoffeinflüssen auf aquatische Organismen** aufs nächste Jahr verschoben. Er wird nun mit demselben Programm am **29. Oktober 2021** in Dübendorf stattfinden, direkt im Anschluss an und verknüpft mit dem Eawag PEAK Kurs «Alternativen zu Tierversuchen in der aquatischen Ökotoxikologie (II)». Der Kurs wird ebenfalls als Hybridkurs durchgeführt. Er wird zur Anerkennung als Weiterbildungsveranstaltung für 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 Tests und Testorganismen für Sediment- und Bodentests.

www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/weiterbildungsangebot



Infoblatt zu PFAS in der Umwelt

Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) umfassen eine Gruppe von mehr als 4700 Industriechemikalien, die in zahlreichen Prozessen und Produkten eingesetzt werden, so zum Beispiel in Beschichtungen und Löschmitteln. Die Stoffe sind in der Umwelt sehr stabil und werden daher fast überall in Wasser, Boden, Luft und Lebewesen nachgewiesen. Dies ist besorgniserregend, weil sich PFAS in Wildtieren und Menschen anreichern können und oft toxisch sind. Ein neues Infoblatt des Oekotoxentrums informiert über den Eintrag und das Vorkommen von PFAS in der Umwelt, ihre Toxizität und Regulation.

www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/infoblaetter

Ökotoxikologie anderswo

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

Luftverschmutzung schädlich für Bienen

Eine neue Studie aus Indien zeigt, dass Luftverschmutzung nicht nur Menschen, sondern auch Bienen schadet. Die Wissenschaftler sammelten über 4 Jahre hinweg 1800 Riesenhonigbienen an Standorten mit unterschiedlicher Luftverschmutzung und untersuchten die Tiere im Labor. Es zeigte sich, dass die vermehrte Ablagerung von Feinstaub auf den Tieren mit einer erhöhten Sterblichkeit, einer Abnahme der Blütenbesuche und einer Beeinträchtigung von Herzfunktion und Immunsystem einherging. Auch mehrere Biomarker, die Stress und Immunprobleme anzeigen, reagierten in diesen Tieren. Im Labor aufgezogene Fruchtfliegen, die an denselben Standorten exponiert wurden, zeigten vergleichbare molekulare und physiologische Unterschiede. Die Riesenhonigbiene hat eine grosse Bedeutung für Indiens Ökosysteme und Nahrungsmittelproduktion.

Thimmegowdaa, G.G. et al. (2020) A field-based quantitative analysis of sublethal effects of air pollution on pollinators, *PNAS* 117, 20653-20661, <https://doi.org/10.1073/pnas.2009074117>

Wissenschaftler kartieren Stress auf Organismen in Europas Seen und Flüssen

Meist sind Wasser-Ökosysteme einer Kombination von mehreren Stressoren ausgesetzt, die dort lebende Organismen beeinträchtigen. Dies können zum Beispiel chemische Belastungen durch Nährstoffe oder Schadstoffe sein, aber auch Veränderungen in der Temperatur oder der Wasserführung. Eine neue Studie beurteilt das Zusammenwirken solcher Faktoren für zahlreiche Flusseinzugsgebiete und Seen in Europa. Für Seen ist die Nährstoffanreicherung der wichtigste Stressor, dessen Effekte diejenigen der anderen Stressoren übersteigt. In Flüssen ist dies für Algen und Wasserpflanzen ebenfalls der Fall. Für Tiere in Flüssen hingegen ist die Sauerstoffverfügbarkeit am wichtigsten. Diese wird durch anderen Stressoren wie Chemikalienbelastung, Erdwärmung, Strömungsverminderung und Feinsedimenteintrag verstärkt.

Birk, S., et al. (2020) Impacts of multiple stressors on freshwater biota across spatial scales and ecosystems. *Nature Ecology & Evolution* 4, 1060–1068

Hormonaktive Stoffe schaden Fischen über mehrere Generationen hinweg

Eine neue Studie zeigt, dass Fische, die hormonaktiven Stoffen ausgesetzt sind, Gesundheitsprobleme an künftige Generationen weitergeben, die nicht direkt exponiert wurden. Die Forschenden beobachteten bei den Tochtergenerationen Missbildungen, verminderte Überlebenschancen und Fortpflanzungsprobleme. Ausserdem zeigten die Fische über drei Generationen hinweg Effekte auf die DNA-Methylierung ausgewählter Gene, was auf eine epigenetische Übertragung von Effekten hindeutet. Die Ergebnisse legen nahe, dass Biotests über mehrere Generationen eingesetzt werden sollten, um das volle Ausmass der schädlichen Effekte einer Schadstoffbelastung im frühen Leben zu erfassen.

DeCourten, B.M. et al. (2020) Multigenerational and Transgenerational Effects of Environmentally Relevant Concentrations of Endocrine Disruptors in an Estuarine Fish Model. *Environmental Science & Technology* <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02892>

Integrierte Bewertung der Wasserqualität

Oft wird die Gewässerqualität auf der Basis von Einzelstoffen und den gesetzlichen Grenzwerten mit zwei Qualitätsklassen bewertet (Qualitätsziel erreicht/Qualitätsziel nicht erreicht). Hier wird eine neue Methode vorgeschlagen, die gleichzeitig verschiedene Schadstoffe und den zeitlichen Verlauf der Belastung miteinbezieht. Die Methode berücksichtigt die Toxizität der Mikroverunreinigungen und ihrer Mischung für Wasserorganismen, indem sie die gemessenen Konzentrationen mit Umweltqualitätsnormen (EQS) vergleicht. Vor- und Nachteile verschiedener Aggregationsmethoden über Raum und Zeit werden ebenso diskutiert wie der Umgang mit Unsicherheiten und deren Auswirkungen auf die Praxis.

Schuwirth, N. (2020) Towards an integrated surface water quality assessment: Aggregation over multiple pollutants and time. *Water Research* 186, 116330

Ökotoxikologische Risiken von PFAS

Ein neuer Reviewartikel fasst die Ökotoxikologie und die Risiken zusammen, die von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) ausgehen. Während viel über einige wenige PFAS wie Perfluorooctansulfonat (PFOS) und Perfluorooctanoat (PFOA) bekannt ist, fehlen für meisten PFAS die notwendigen Daten für eine Risikobewertung. Um diese Situation zu verbessern fordern die Autoren der Studie umfassende Monitoringprogramme für PFAS, ausserdem die Entwicklung von Vorhersagemodellen für die Bioakkumulation und von In-silico-, In-vitro- und In-vivo-Methoden zur Bewertung von biologischen Wirkungen.

Ankley, G.T. et al. (2020) Assessing the Ecological Risks of Per- and Polyfluoroalkyl Substances: Current State-of-the Science and a Proposed Path Forward. *Environmental Toxicology and Chemistry*, doi: 10.1002/etc.4869.

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, Margie Koster, Kt. Thurgau (S. 6), Eawag (S. 9), Kurt Schläpfer, Carbotech (S. 10), Shutterstock (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