

oekotoxzentrum news

27. Ausgabe November 2023

Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie



Dialogtag 2023
in Solothurn S. 3

Biotope nationaler Bedeutung
mit Pflanzenschutzmitteln
belastet S. 4

Bewertung der Wasserqualität
der Vuachère S. 6

Köderstreifentest
trägt zur Messung der
Bodenfruchtbarkeit bei S. 8

Erfolgsgeschichte mit Fortsetzung



Dr. Benoît Ferrari,
Leiter des Oekotoxenzentrums

In diesem Jahr feiert das Oekotoxenzentrum sein 15-jähriges Bestehen. Ich arbeite seit zehn Jahren hier und konnte in dieser Zeit eine rasante Entwicklung miterleben. Das Oekotoxenzentrum wird von den Stakeholdern und der Öffentlichkeit immer intensiver genutzt und bearbeitet immer breiter gefächerte Projekte mit starkem Praxisbezug. In diesen entwickeln wir Methoden, um die Gefahren und Risiken von umweltbelastenden Stoffen und Materialien zu bewerten. Ausserdem bieten wir wichtige Expertendienste und praxisorientierte Fortbildungen an, um Behörden, Umweltmanager und Privatunternehmen zu unterstützen, und dienen als Informationsplattform. Mit heute über zwanzig Mitarbeitenden, die mit einem grossen externen Expertennetzwerk verbunden sind, stellt das Oekotoxenzentrum einen echten Trumpf dar, wenn es darum geht, sehr unterschiedliche Fragen zu den Auswirkungen von Schadstoffen auf das Boden-Wasser-Sediment-Kontinuum anzugehen.

Im August haben wir unseren ersten Dialogtag organisiert, um den Austausch mit den Stakeholdern zu fördern. Diese konnten sich dort zum einen über aktuelle Projekte informieren. Zum anderen diskutierten wir zusammen ihre Bedürfnisse und Ideen in verschiedenen Themenbereichen, die im Vorfeld auf Basis einer Umfrage

ausgewählt wurden. Mehr Einzelheiten zu diesem Tag lesen Sie im folgenden Artikel (S.3).

Ich bin stolz zu berichten, dass der Dialogtag für eine Premiere ein voller Erfolg war. Er hat gezeigt, wie die Arbeitsthemen des Oekotoxenzentrums mit den grossen nationalen und internationalen Herausforderungen zusammenhängen wie dem Klimawandel, dem Erhalt der Biodiversität und der Notwendigkeit, die Umweltbelastung zu minimieren. Die Teilnehmenden waren sehr motiviert, so dass es zu spannenden und tiefgründigen Diskussionen kam. Der Input der Stakeholder macht es uns möglich, gezielt Projekte zu planen, um ihre Bedürfnisse zu erfüllen. Diese Projekte werden, soweit möglich, in die Planung des Oekotoxenzentrums für den Zeitraum 2025-2028 aufgenommen.

Wir freuen uns darauf, unsere Mission in einer Zukunft zu erfüllen, die neue Herausforderungen und Chancen mit sich bringt!

Titelbild: Springschwänze wie der hier gezeigte Bunte Kugelspringer *Dicyrtomina ornata* spielen eine wichtige Rolle für die Humusbildung im Boden und damit für die Bodenfruchtbarkeit. Das Oekotoxenzentrum arbeitet momentan daran, verschiedene biologische Methoden zur Bewertung der Bodenfruchtbarkeit zusammenzustellen (siehe S. 8). Photo: Andy Murray <http://chaosofdelight.org>.

Dialogtag 2023 in Solothurn

Am Dialogtag lernten rund 60 Teilnehmende mehr über aktuelle Projekte in der angewandten Ökotoxikologie, tauschten sich aus und brachten ihre Bedürfnisse ein.

Der Dialogtag ist ein neues Angebot des Oekotoxizentrums, um sich über aktuelle Projekte in der angewandten Ökotoxikologie zu informieren und auszutauschen. Rund 60 Teilnehmende aus der öffentlichen Verwaltung, privaten Unternehmen und der Forschung besuchten den Anlass, der am 31. August 2023 im Alten Spital in Solothurn stattfand. In seiner Begrüssung betonte Direktor Benoît Ferrari die Rolle des Oekotoxizentrums als Drehscheibe zwischen Praxis und Forschung in der Schweiz sowie die wichtige Zusammenarbeit mit internationalen Arbeitsgruppen.

Praxisnahe Methoden zur Bewertung von Wasser, Sediment und Boden

Vorgestellt wurde ein Querschnitt durch die Projekte des Oekotoxizentrums aus den Bereichen Wasser, Sediment, Boden und Risikobewertung. So wird momentan im Rahmen des Nationalen Aktionsplans Pflanzenschutzmittel eine Strategie entwickelt, um Rückstände von Pflanzenschutzmitteln in Böden zu überwachen. Dazu benötigt werden nicht nur ökotoxikologische Referenzwerte für Böden – also Konzentrationen, oberhalb derer ein Risiko für Bodenorganismen besteht – sondern auch

Bioindikatoren, die Effekte von Pflanzenschutzmitteln auf die Bodenfruchtbarkeit erkennen.

Im Rahmen eines schweizweiten Monitorings hat das Oekotoxizentrum ausserdem zahlreiche Biotests und Biomarker eingesetzt, um die Wasser- und Sedimentqualität zu bewerten: Ein Vergleich mit der chemischen Analytik zeigt, welche dieser Methoden jeweils für gezieltere Untersuchungen geeignet sind. Ein Projekt zusammen mit externen Partnern hat demonstriert, dass Abwasserreinigungsanlagen Auswirkungen auf Flohkrebse im Gewässer haben können. Eine weitere Präsentation erklärte die Umweltrisiken, die von den aktuellen Problemstoffen PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen), UV-Filtern in Sonnenschutzmitteln und Mikroplastik ausgehen. In der Postersession informierten sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bei einer Tasse Kaffee über weitere Projekte wie zum Beispiel zum Online Biomonitoring von Abwasser, zur Untersuchung östrogenen Effekte mit Biotests oder zu den Effekten von Reifenabrieb.

Diskussionsgruppen bieten Möglichkeit für Input

Am Nachmittag diskutierten die Teilnehmenden in Gruppen zu den Themen Biotests, Böden und PFAS. Ziel war es, die aktuellen Herausforderungen und Bedürfnisse in diesen Bereichen herauszuarbeiten

und mögliche Projekte zu deren Lösung zu formulieren. Bei den **Biotests** wurde unter anderem die Entwicklung eines Entscheidungsbaums vorgeschlagen, um für verschiedene Belastungssituationen diejenigen Biotests zu erhalten, die für die Untersuchung der Umweltqualität am besten geeignet sind. Ein weiteres Anliegen war die Standardisierung von zusätzlichen Biotests. Ausserdem werden Methoden für ein Hochdurchsatzscreening von Chemikalien gewünscht, die es möglich machen, Umweltbelastungen bereits an der Quelle zu verhindern.

Im Bereich **Boden** werden einfache Kriterien zur Bewertung des Bodenrisikos gebraucht wie zum Beispiel Bodenrichtwerte. Biotests wurden als wichtige ergänzende Methode zu chemischen Messungen besonders für Böden diskutiert, da sie die Bioverfügbarkeit von Stoffen berücksichtigen, die für eine Bewertung von Böden entscheidend ist. Eine Schwierigkeit bei der Interpretation sei die räumliche Heterogenität der Böden. Allgemein wurde angemerkt, dass es zu wenig Ressourcen für die Bodenökotoxikologie gebe und es schwierig sei, ohne gesetzliche Grundlagen Biotests in die Entscheidungsfindung einzubeziehen.

Bei den **PFAS** gibt es ein grosses Bedürfnis nach Grenzwerten für Böden, Sedimente, Fische und Lebensmittel. Durch die Motion Maret, die genau das fordert, wurde das Erarbeiten dieser Werte bereits angestossen. Da es jedoch noch nicht genügend wissenschaftliche Grundlagen gibt, werden sich die Arbeiten noch einige Jahre hinziehen. In der EU wurden neue Grenzwerte für Wasser und für Lebensmittel tierischen Ursprungs vorgeschlagen, die auch für die Schweiz wichtig sind.

Wichtiger Austausch in Zukunft regelmässig

Die geäusserten Bedürfnisse werden, wo möglich, in den Entwicklungsplan des Oekotoxizentrums für die Jahre 2025-2028 einfließen. Der Austausch zwischen den Akteuren aus Oekotoxizentrum, Behörden, Industrie und Forschung ist zentral zur Lösung bestehender Probleme. Um hier einen Beitrag zu leisten, soll der Dialogtag in Zukunft alle vier Jahre stattfinden, eine Präsentation der aktuellen Projekte alle zwei Jahre.



Der Dialogtag des Oekotoxizentrums bot Gelegenheit für Weiterbildung und Austausch.

Auch Biotop nationaler Bedeutung sind mit Pflanzenschutzmitteln belastet

Die Untersuchung von neun Amphibienlaichgebieten und drei Flachmooren hat gezeigt, dass auch diese Biotop nationaler Bedeutung mit zahlreichen Pflanzenschutzmitteln belastet sind. Besonders Insektizide aus der Gruppe der Pyrethroide überschritten die gesetzlichen Grenzwerte und die chronischen Qualitätskriterien teils um ein Vielfaches.

Sie bergen unser Naturerbe: Mehr als 6000 Moore, Auen, Amphibienlaichgebiete und Trockenwiesen der Schweiz wurden ins Inventar der Biotop nationaler Bedeutung aufgenommen und stehen unter strengem Schutz. Für viele bedrohte Arten sind sie die letzten Rückzugsgebiete und unverzichtbare Reservoire. So sichern sie die Biodiversität und sollten daher vor den schädlichen Auswirkungen durch Pflanzenschutzmittel (PSM) geschützt werden, die in vielen Bächen und Flüssen zum Lebensalltag gehören.

Naturnahe Biotop sollen geschützt werden

Dies ist auch eines der Ziele des Nationalen Aktionsplans zur Risikoreduktion und nachhaltigen Nutzung von PSM, den der Bundesrat 2017 verabschiedet hat. Um das Risiko durch PSM zu bewerten, Massnahmen zur Risikominderung zu planen und deren Erfolg zu prüfen, braucht es Daten zur Umweltbelastung. Doch zum Vorkommen von PSM in Biotop nationaler Bedeutung ist bis jetzt wenig bekannt. Daher hat sich das Oekotoxzentrum in einem Projekt engagiert, um hier mehr zu erfahren: Finanziert wurde dieses vom Bundesamt für Umwelt, Projektpartner für die Planung und Durchführung waren unter anderem die Umweltberatungsfirma Hintermann und Weber und das Interkantonale Labor Schaffhausen.

Als erster Schritt wurden in den Jahren 2020 und 2021 in einer Pilotstudie neun Amphibienlaichgebiete und drei Flachmoore in den Kantonen Zürich, Basel-Land, Thurgau, Aargau und St. Gallen untersucht (siehe Abbildung): Diese Gebiete befinden sich in Einzugsgebieten mit landwirtschaftlicher Nutzung und decken in gleicher Anzahl Standorte mit geringem, mittlerem und hohem Risiko ab. Die Risikoklassen wurden auf Basis mehrerer Risikofaktoren für den potentiellen Eintrag von PSM wie zum Beispiel die Nähe zu landwirtschaftlich genutzten Flächen bestimmt. An den ausgewählten Standorten wurden einmal monatlich Schöpfproben genommen und chemisch auf insgesamt 96 PSM analysiert.

Grenzwerte der Gewässerschutzverordnung häufig überschritten

«PSM wurden in allen untersuchten Stillgewässern gefunden, je nach Standort zwischen vier und 29 PSM», sagt Projektleiter Etienne Vermeirssen, «Und in der Hälfte der Biotop wurden die Grenzwerte der Gewässerschutzverordnung bis zu 25-fach überschritten.» Am häufigsten – in fünf der zwölf Biotop – wurde der Grenzwert vom Insektizid Cypermethrin überschritten: Dieser hochgiftige Wirkstoff gehört zur Gruppe der Pyrethroide und wird etwa gegen Schädlinge im Kartoffel-, Rüben-, Raps-, Gemüse- oder Obstanbau eingesetzt. «Die meisten untersuchten Gebiete sind wichtige Laichgebiete für Amphibien, von denen 70 % in der Schweiz bereits gefährdet sind», sagt Etienne Vermeirssen. «Daher ist es wichtig, dass diese in Zukunft besser vor PSM geschützt werden.»



Übersicht der 2020 und 2021 beprobten Biotop (Kreis = Amphibienlaichgebiet; Quadrat = Flachmoor). Die Zahl gibt die Anzahl der PSM an, deren gemessene Konzentrationen ihr chronisches Umweltqualitätskriterium (UQK) überschritten, dies sind sowohl UQK aus der Gewässerschutzverordnung als auch vom Oekotoxzentrum vorgeschlagene UQK und ad-hoc-Werte.

Die chronischen Qualitätskriterien gemäss Gewässerschutzverordnung (mehr zu den Grenzwerten und Umweltqualitätskriterien: siehe Kasten) wurden von Cypermethrin maximal um das 25-fache überschritten, vom Herbizid Nicosulfuron um das 8-fache und von Chlorpyrifos um das 2-fache. Chlorpyrifos ist in der Schweiz bereits seit 2020 verboten. Bei Cypermethrin wurde auch das akute Qualitätskriterium überschritten, das vor Effekten durch kurzzeitige Belastungen schützen soll und laut Gewässerschutzverordnung zu keinem Zeitpunkt überschritten werden sollte. Ebenfalls überschritten wurden die vom Oekotoxzentrum vorgeschlagenen chronischen Qualitätskriterien für die Pyrethroide Deltamethrin (1180-fach), lambda-Cyhalothrin (18-fach) und Permethrin (5-fach). Weitere weniger gut abgesicherte ad-hoc Qualitätskriterien wurden von Cyfluthrin (60-fach), von Tefluthrin (39-fach) und von Bifenthrin (5-fach) überschritten, bei denen es sich auch um Pyrethroide handelt. Permethrin ist nur als Biozid zugelassen und nicht als PSM.

Besonders kritisch sind Pyrethroide

Bei fast allen kritischen Stoffen handelt es sich um Pyrethroide, Nervengifte, die die Ionenkanäle in den Nerven blockieren. Pyrethroide sind erst vor kurzem ins Auge der Öffentlichkeit geraten, da sie früher analytisch kaum nachweisbar waren. Untersuchungen der Eawag haben gezeigt, dass die Stoffe in Bächen regelmässig Qualitätskriterien überschreiten, ab denen eine chronische und teilweise sogar akute Schädigung von Organismen möglich ist.

Ungeachtet der Risikoklasse wurden in allen Stillgewässern PSM gemessen und es gab keinen klaren Zusammenhang mit der zuvor bestimmten Risikoklasse. Für das Stillgewässer, das mit 29 Einzelstoffen am meisten PSM enthielt, war ein nur geringes Risiko abgeschätzt worden. In zwei Dritteln der Stillgewässer wurden chronische Qualitätskriterien für einzelne PSM überschritten (siehe Abbildung), bei einem Drittel der Stillgewässer auch akute Qualitätskriterien. Die chronischen Qualitätskriterien wurden für 21 PSM überschritten, die akuten Qualitätskriterien für sieben PSM.

Verschiedene Eintragswege spielen eine Rolle

«Wir sehen, dass die PSM ihren Weg in die Biotop nationaler Bedeutung finden, obwohl diese geschützt sein sollten», sagt Etienne Vermeirssen. Für die untersuchten Amphibienlaichgebiete und Flachmoore war erwartet worden, dass PSM hauptsächlich über Wasser eingetragen werden. Als Quellen sind hier Oberflächenabfluss, Auswaschung und Drainagen denkbar, aber auch Abfluss von versiegelten Flächen oder Einträge durch die Kanalisation, die via Fliessgewässer ins Biotop gelangen. «Wir sind aber inzwischen überzeugt, dass auch der Eintrag über die Luft eine Rolle spielt», erklärt Etienne Vermeirssen. «Im Rahmen des Projekts haben unsere Projektpartner Carbotech und Basel-Stadt nämlich Luft und Regen analysiert und dort zahlreiche PSM nachgewiesen.»

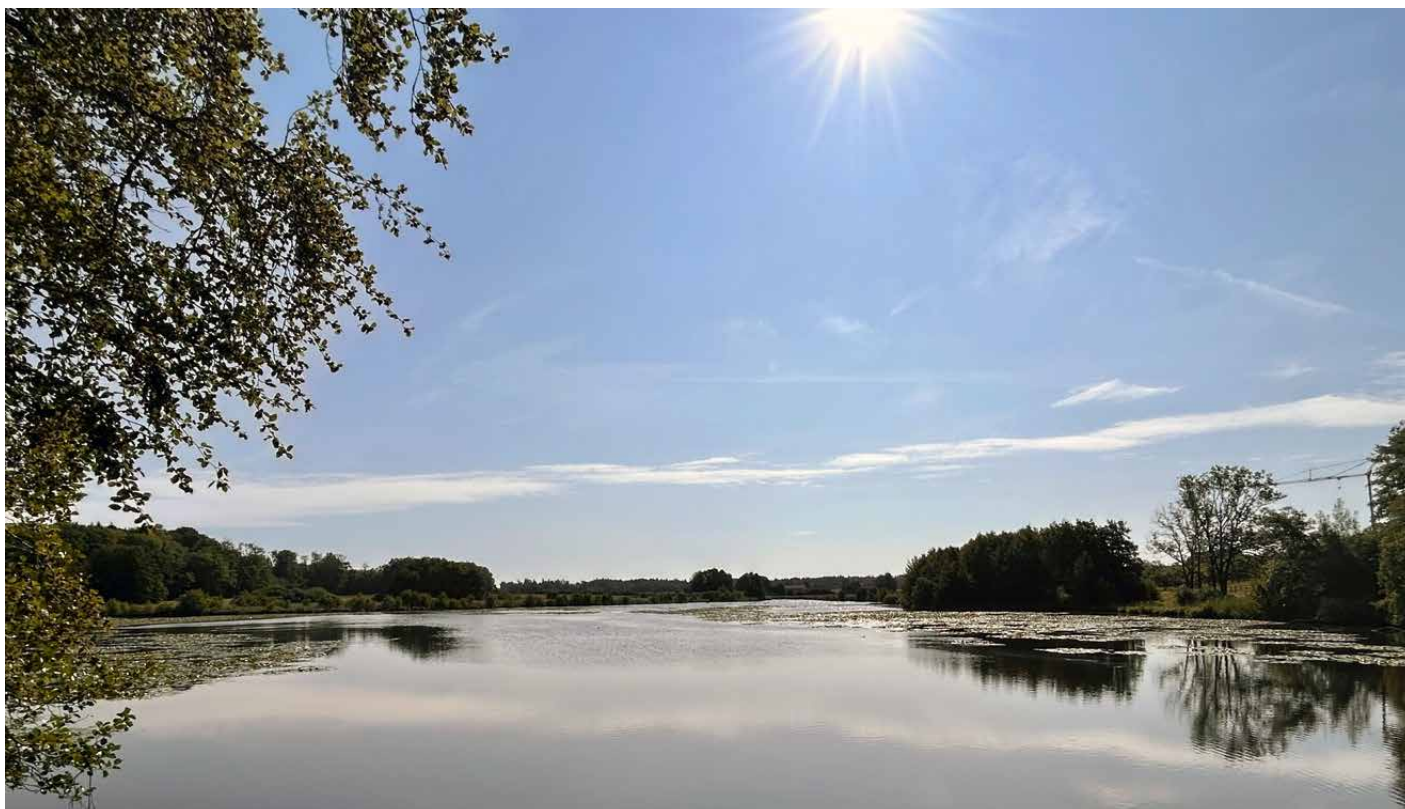
Ein Ausbreitungsversuch zeigte, dass nach der Applikation eines PSM die Luft in weiterer Entfernung mit dem Wirkstoff belastet war und sich PSM wohl noch Stunden nach der Anwendung im Feld verflüchtigen. So können einige PSM auch grossräumig verfrachtet werden und über den Regen selbst weit entfernte Böden und Gewässer belasten. «Jetzt ist eine gute Umsetzung des Aktionsplans Pflanzenschutzmittel wichtig, um sicherzustellen, dass die hier untersuchten empfindlichen Ökosysteme in Zukunft angemessen geschützt werden», sagt Vermeirssen.

Mehr Informationen in den Berichten auf unserer Webseite
www.oekotoxzentrum.ch/projekte/aquatische-okotoxikologie/monitoring-von-biotopen-nationaler-bedeutung-auf-pflanzenschutzmittel

Ökotoxikologisch basierte Schwellenwerte in Gewässern

Das Oekotoxzentrum hat für zahlreiche Substanzen aus Daten zu ihrer Ökotoxizität **Umweltqualitätskriterien (UQK)** abgeleitet. Dies sind Schwellenkonzentrationen, oberhalb derer empfindliche Organismen in ihrer Gesundheit, Fortpflanzung und Entwicklung beeinträchtigt werden können. Man unterscheidet zwischen **akuten Qualitätskriterien**, die vor dem Auftreten kurzfristiger Effekte, und **chronischen Qualitätskriterien**, die vor längerfristigen Effekten schützen sollen. 19 dieser UQK für PSM wurden in die Schweizerische Gewässerschutzverordnung übernommen, sind also damit gesetzlich verankert. **«Ad hoc»-UQK** beruhen auf weniger Toxizitätsdaten und können daher nur eine Orientierung darüber geben, ob ein Risiko bestehen könnte.

Kontakt: Etienne Vermeirssen,
etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch



Der Bommer Weiher im Thurgau ist ein Amphibienlaichgebiet von nationaler Bedeutung.

Bewertung der Wasserqualität der Vuachère in Lausanne

In der Vuachère wurden zahlreiche Mikroverunreinigungen nachgewiesen, die teilweise aus der Einleitung von ungereinigtem Abwasser stammen. Diese Stoffe wie das Medikament Ibuprofen, das Herbizid Diuron und die Insektizide Diazinon, Fipronil, Chlorpyrifos und Fenprothrin bringen ökotoxikologische Risiken mit sich.

Die Lausanner Wasserbehörde hat im Stadtfluss Vuachère zahlreiche Stoffe nachgewiesen, die aus Abwasser stammen. Das, obwohl es im Einzugsgebiet keine Abwasserreinigungsanlagen gibt. Dies deutet auf eine Verschmutzung mit ungereinigtem Abwasser hin, das durch falsche Anschlüsse oder undichte Leitungen in die Vuachère gelangt. Diese Situation soll in den kommenden Jahren verbessert werden. Um einen Referenzzustand zu ermitteln und damit zukünftige Verbesserungen beurteilen zu können, wurde die Wasserqualität der Vuachère mit chemischen und ökotoxikologischen Methoden bewertet – die Stadt Lausanne hat dafür mit dem Ökotoxizentrum und der Universität Lausanne zusammengearbeitet.

Die Vuachère entspringt im Nordosten von Lausanne, durchfließt die Stadt in einem Waldkorridor und mündet schliesslich in

den Genfersee. Das Einzugsgebiet der Vuachère besteht hauptsächlich aus Siedlungsflächen, von denen zahlreiche Schadstoffe durch Regen ausgewaschen und in den Fluss gespült werden. Durch die landwirtschaftlich genutzten Gebiete im Oberlauf des Hauptzuflusses Flon sind auch Einträge von Pflanzenschutzmitteln möglich.

Zahlreiche Mikroverunreinigungen nachgewiesen

Um den Fluss genauer zu untersuchen, wurden von Mai bis Juli 2022 an drei Standorten – im Oberlauf, beim Zufluss des Flon und bei der Mündung in den Genfersee – Mischproben genommen und anschliessend chemisch analysiert und mit einer umfassenden Biotestbatterie untersucht. Insgesamt setzten die Forschenden acht Biotests ein, die zahlreiche Schadstoffeffekte abdecken (siehe Tabelle). «Die meisten dieser Tests sind sehr praxistauglich und wir empfehlen sie zur Untersuchung von Fliessgewässern mit diversen Belastungen», sagt Cornelia Kienle vom Ökotoxizentrum. Parallel dazu wurden die Proben auf 161 Mikroverunreinigungen untersucht, darunter Pflanzenschutzmittel, Biozide, Arzneimittel, Süsstoffe und PFAS.

«62 % der analysierten Stoffe haben wir in der Vuachère tatsächlich nachgewiesen», sagt Vincent Gregorio von der Stadt

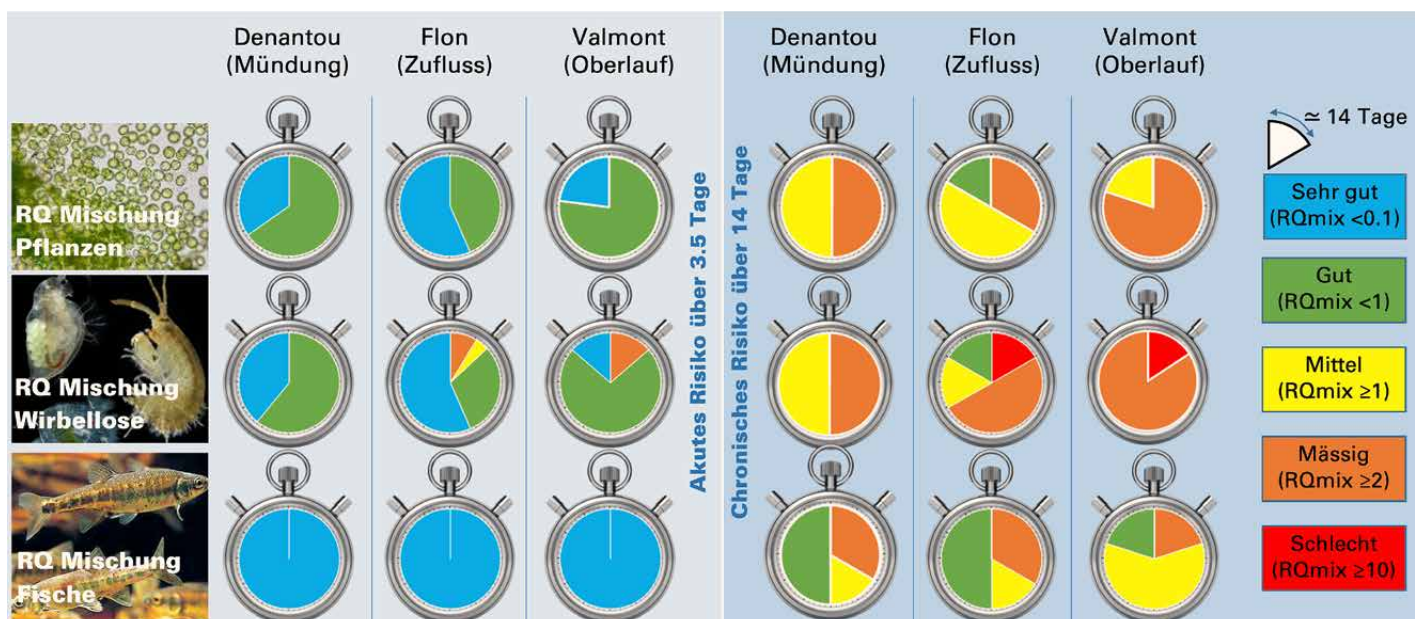
Lausanne. «Am häufigsten waren dies der Süsstoff Acesulfam K, das Diabetesmedikament Metformin und das Insektenabwehrmittel DEET.» Da auch andere Medikamente wie Irbesartan, Hydrochlorothiazid und Diclofenac gefunden wurden, bestätigt dies, dass der Fluss tatsächlich durch ungereinigtes Abwasser belastet wird.

Toxisches Risiko durch verbotene Insektizide und Ibuprofen

Um das Risiko der gefundenen Stoffe für Wasserorganismen zu bestimmen, verglichen die Experten die gemessenen Konzentrationen für jeden Stoff mit dem jeweiligen Umweltqualitätskriterium, also der Konzentration, ab der eine toxische Wirkung auf Wasserorganismen möglich ist. Ist das Verhältnis aus der gemessenen Konzentration und dem Umweltqualitätskriterium grösser als eins, so besteht ein Risiko für toxische Wirkungen. «Das höchste Risiko haben wir für die bereits verbotenen Insektizide Chlorpyrifos und Diazinon, das Herbizid Diuron, die Biozide Fipronil und Imidacloprid, die bereits eingeschränkte PFOS (Perfluorooktansäure) und die Medikamente Ibuprofen und Paracetamol gefunden», berichtet Vincent Gregorio.

Besonders Wasserpflanzen und Wirbellose betroffen

Diuron war das einzige Herbizid, das ein



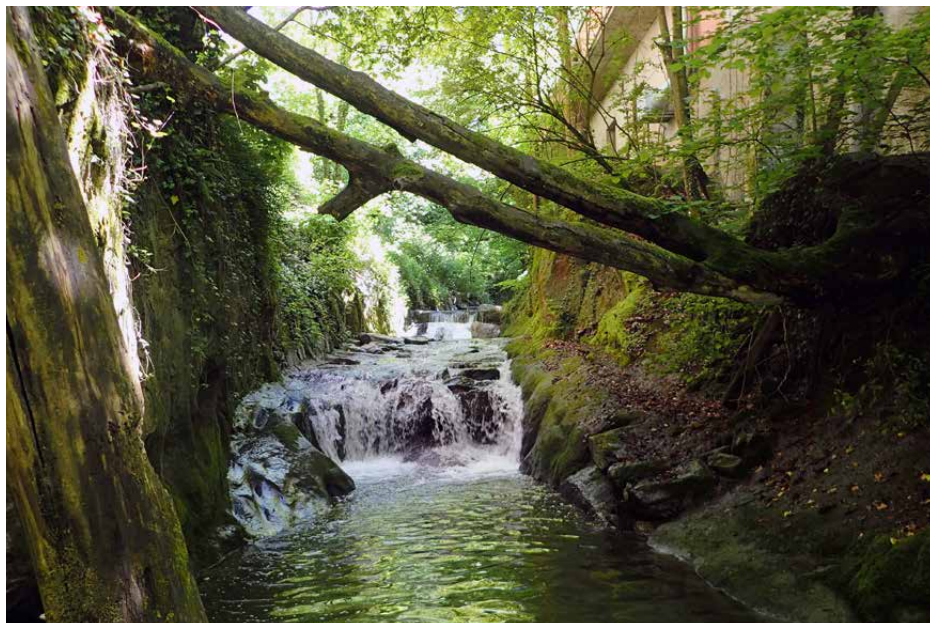
Indikatoren für das Risiko der gefundenen Substanzmischung für jede Artengruppe (RQ_{mix}, RQ_{mix}) über die drei Monate der Probenahme (Uhrzeiger) an jedem Standort. Links das akute Risiko und rechts das chronische Risiko.

chronisches Risiko für toxische Wirkungen mit sich brachte. Bei den Medikamenten zeigte Ibuprofen an allen drei Standorten über fast die gesamte Probenahmeperiode ein Risiko. Die gemessenen Konzentrationen an Ibuprofen können das Überleben und die Entwicklung von Wasserorganismen wie zum Beispiel Zuckmückenlarven beeinträchtigen. Für PFOS war die Konzentration an einem Standort höher als das chronische Umweltqualitätskriterium des Oekotoxizentrums. Dieser Wert beruht auf dem Risiko einer Vergiftung von Vögeln durch das Fressen von belasteten Fischen. PFOS liegt also in der Vuachère in Konzentrationen vor, die sich in Fischen bedenklich anreichern können.

Das Risiko durch die gemessenen Einzelstoffe lässt sich für jede Organismengruppe aufsummieren, um das Risiko durch die Stoffmischung zu berechnen. Das akute Risiko war meist akzeptabel (siehe Abbildung). Häufig gab es ein chronisches Risiko für Wasserpflanzen und Wirbellose und dadurch eine schlechtere Wasserqualität. Verantwortlich dafür waren dieselben Substanzen, die bereits als Einzelstoffe ein Risiko darstellten und in der Mischung als Treiber der Toxizität wirken.

Empfindliche Tests mit Zellkulturen

Die ökotoxikologischen Bewertungen stimmten gut mit den chemischen Messungen überein. An zwei Standorten wurde im Algentest die Photosynthese gehemmt, was mit dem Nachweis des Herbizids Diuron korrelierte. Die *in vitro* CALUX® Biotests mit genetisch veränderten Zellkulturen gaben für mindestens einen Standort eine potentielle Toxizität an, besonders hoch war diese bei den Tests für oxidativen Stress



Der Vuachère, ein städtischer Fluss im Osten von Lausanne, war das Ziel einer umfassenden ökotoxikologischen Studie.

und die Metabolisierung von Fremdstoffen. Die *in vivo* Tests mit Zebrafischembryonen und Wasserflöhen zeigten keine Toxizität. Dies steht im Einklang mit der chemischen Analyse. Denn obwohl Insektizide gemessen wurden, waren die Konzentrationen zu niedrig, um in diesen Tests direkte Auswirkungen auf die verwendeten Arten zu beobachten. «Die ökotoxikologischen Tests waren eine nützliche Ergänzung der chemischen Analysen und haben es uns erlaubt, ein besseres Bild der Wasserqualität in der Vuachère zu gewinnen», sagt Vincent Gregorio.

Die aktuelle Studie diente zur Erfassung des Referenzzustandes. In den kommenden Jahren soll die Vuachère saniert und die

Abwassereinleitungen beseitigt werden. In einigen Jahren sollen die Untersuchungen wiederholt werden, um zu überprüfen, ob diese Massnahmen einen positiven Einfluss auf die Wasserqualität hatten.

Mehr Informationen: Gregorio, V., Khajehnouri, F., Chèvre, N., Kienle, C., Pointet, L., Savioz, A., & Barbier, S. (2023). Évaluation écotoxicologique d'une rivière avant remédiation. Déterminer un état de référence de la pollution. *Aqua & Gas*, 103(7-8), 62-73

Kontakt: Cornelia Kienle, cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch
Vincent Gregorio, vincent.gregorio@lausanne.ch

Angewendete Biotests

Wirkung	Mechanismus	Test
Oxidativer Stress	Zellreaktion auf oxidativen Stress	Nrf2-CALUX®
Schadstoffmetabolismus	Aktivierung der Zellantwort auf Fremdstoffe	PAH-CALUX®, PXR-CALUX® (Pregnane X Rezeptor)
Hormonelle Wirkung	Östrogenität, Anti-Androgenität	ER-CALUX®, Anti-AR-CALUX®
Pflanzenwachstum	Herbizide Wirkung	Kombinierter Grünalgentest
Fortpflanzung, Überleben	Nicht spezifisch, Zooplankton	Wasserflohtest
Frühentwicklung, Überleben	Nicht spezifisch, Fisch	Fisch-Embryo-Akut-Toxizität (FET)-Test

Köderstreifentest trägt zur Messung der Bodenfruchtbarkeit bei

Der Köderstreifentest eignet sich, um zu untersuchen, wie Pflanzenschutzmittel die Frassaktivität von Bodenorganismen und den Abbau von organischer Substanz beeinflussen. Dieser Abbau ist wichtig für die Bodenfruchtbarkeit.

Fruchtbare Böden sind unverzichtbar für unsere Ernährung. Doch Böden stehen nicht nur durch Verdichtung, Auswaschung und Nährstoffmangel unter Druck, sondern auch durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM). Daher möchte der Aktionsplan PSM des Bundes langfristig überwachen, wie sich PSM-Rückstände in Landwirtschaftsböden auf die Bodenfruchtbarkeit auswirken – doch wie lässt sich diese messen? «Ein Boden ist dann fruchtbar, wenn er seine ökologischen Funktionen ausreichend erbringen kann», erklärt Bodenexperte Mathieu Renaud. «Dazu gehören regulierende Funktionen wie die Stoffkreisläufe von organischen und mineralischen Stoffen.» Um diese Bodenfunktionen zu überwachen, bieten sich Bioindikatoren als effiziente und kostengünstige Methoden an.



Der Köderstreifentest wird hier im Labor in Reagenzgläsern durchgeführt und misst den Abbau der organischen Substanz.

Organischer Abbau als wichtige Bodenfunktion

Der Köderstreifentest, der die Frassaktivität von Bodenorganismen und den Abbau organischer Substanz misst und so eine wichtige Bodenfunktion bewertet, ist hierfür ein interessanter Kandidat. Im Test wird gezählt, wie viele der organischen Köder, die in einen Kunststoffstreifen eingebettet sind, im Boden gefressen werden. «Es gibt fast keine Tests oder Indikatoren, um Bodenfunktionen im Labor zu messen», sagt Mathieu Renaud. «Dieser einfache Test, der für die Anwendung im Feld unter ISO normiert ist, ist dafür vielversprechend.»

Grössere Organismen sind unverzichtbar

Maylis Wangermez hat den Test für die Anwendung im Labor optimiert. «Dort wird der Test in Reagenzgläsern bei kontrollierter Feuchtigkeit und kontrollierter Temperatur durchgeführt», erklärt sie. In ihren Experimenten verglich sie einen genau charakterisierten Standardboden mit einem natürlichen Gartenboden nach unterschiedlichen Vorbehandlungen. So wollte sie herausfinden, wie der Test für die Anwendung im Labor angepasst werden muss. Und ausserdem, welche Organismengruppen für den Abbau der organischen Substanz in den Ködern wichtig sind. Der Standardboden enthielt nur wenige Mikroorganismen und keine grösseren Tiere, da er über lange Zeit trocken gelagert worden war. Der Gartenboden wurde frisch beprobt, enthielt also eine «intakte» Bodenfauna. Diese wurde entweder natürlich belassen, komplett entfernt oder komplett entfernt und dann wieder die natürlichen Mikroorganismen zurückgegeben.

«Wir haben gesehen, dass die organische Substanz nur im naturbelassenen Gartenboden gut abgebaut wurde», sagt Maylis Wangermez. «Das heisst, dass die Mikro- und Mesofauna, die dort lebte, wichtig für den Abbau war – die Mikroorganismen alleine waren weder im Standardboden noch im Gartenboden ausreichend aktiv.» Bei der Probenvorbehandlung sei es für ein gutes Ergebnis nicht notwendig, den Boden auf eine Grösse von 2 mm zu sieben; die weniger aufwändige Siebung auf 5 mm ergab dieselben Resultate.

Kupfersulfat reduziert organischen Abbau

«Wir haben dann untersucht, ob der Test zeigen kann, wie ein Modell-PSM die Frassaktivität beeinflusst», sagt Maylis Wangermez. «Dafür haben wir den Boden vorher mit verschiedenen Mengen an Kupfersulfat – einem Fungizid – versetzt.» Die Frassaktivität sank als Funktion der verwendeten Kupfersulfatmenge und machte es möglich, daraus die höchste Konzentration ohne eine Wirkung im Test (NOEC) und die niedrigste Konzentration, bei der eine Wirkung sichtbar war (LOEC), abzuleiten.

«Wir konnten zeigen, dass der Köderstreifentest geeignet ist, um im Labor die Bodenqualität in Bezug auf den Abbau organischer Substanz und die Wirkung von Schadstoffen zu bewerten», sagt Mathieu Renaud. «Wir empfehlen, den Boden auf 5mm zu sieben und ansonsten natürlich zu belassen.» Der Köderstreifentest gibt zwar Auskunft über die Bodenaktivität, aber nicht über die Artenvielfalt im Boden, da diese nicht die Abbaugeschwindigkeit der organischer Substanz bestimmt. Daher sollte der Köderstreifentest durch andere ökotoxikologische Tests wie zum Beispiel solche mit Enchyträen oder Springschwänzen ergänzt werden – dies will das Oekotoxzentrum in einer nächsten Projektphase untersuchen.

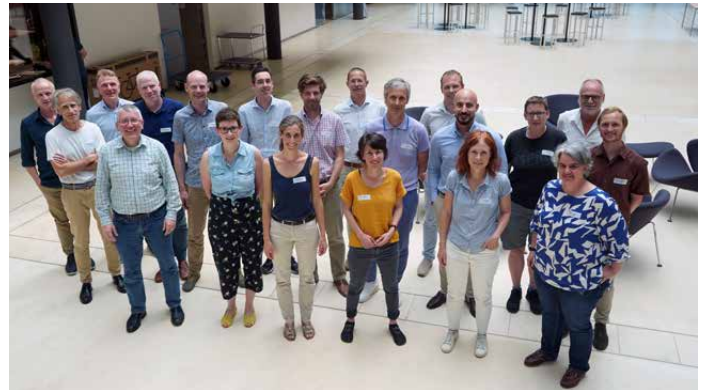
**Kontakt: Mathieu Renaud,
mathieu.renaud@centrecotox.ch**



Eva Lauber und Fabian Balk verstärken Risikobewertung

Eva Lauber ergänzt das Oekotoxzentrum-Team seit dem 1. Mai 2023 und bewertet dort das Risiko von Chemikalien im Wasser und im Boden: So ist sie derzeit daran, ökotoxikologische Referenzwerte für Pflanzenschutzmittel in Böden zu erarbeiten und Qualitätskriterien für die zu den Metallen gehörenden Seltenen Erden zu bestimmen. Eva hat in Budapest Gartenbau und Organische Landwirtschaft studiert und über den Effekt von gentechnisch verändertem Mais, der Bakterientoxine produziert, auf geschützte Schmetterlinge doktriert. Anschliessend hat sie sich in Ungarn, Grossbritannien und Österreich mit der prospektiven Risikobewertung von Pflanzenschutzmitteln im Rahmen der Zulassung beschäftigt. Jetzt freut sie sich auf einen Seitenwechsel und darauf, die Risikobewertung besser und effizienter zu machen und so einen positiven Einfluss auf die Umwelt zu haben.

Im August 2023 hat **Fabian Balk** als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Oekotoxzentrum gestartet. Er setzt sich dafür ein, im Rahmen des Europäischen PARC-Projekts die Bewertung von Chemikalienmischungen zu verbessern und dies auch auf die Risikobewertung in Böden anzuwenden. Fabian hat in Aachen und Stockholm Biologie und Umweltwissenschaften studiert. Seine Doktorarbeit hat er an der Eawag zur Bioakkumulation und Biotransformation von ionisierbaren organischen Stoffen in Fischzellkulturen verfasst. Dabei wendete er auch mathematische Modelle an, um von der Bioakkumulation in Einzelzellen auf den Gesamtorganismus zu schliessen. «Ich schätze die Möglichkeiten am Oekotoxzentrum einen positiven Beitrag zur Gesellschaft zu leisten und dass meine Arbeit eine direkte politische Dimension hat», sagt Fabian.



Workshops zur Risikokommunikation zu PFAS

Die Risiken für Umwelt und Mensch, die von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen – kurz PFAS – ausgehen, sind momentan in aller Munde. Für den Dialog mit Politik und Gesellschaft ist es nicht nur wichtig, diese Risiken zu bewerten, sondern auch sie zu kommunizieren. Daher hat das Oekotoxzentrum für zwei Workshops zur Risikokommunikation zu PFAS Fachleute aus der Verwaltung, von Verbänden, Organisationen und Medien zusammengebracht, um sich zu diesem Thema auszutauschen und mögliche Stolpersteine kennenzulernen. Das erworbene Wissen konnten die Teilnehmenden anschliessend in einer simulierten Pressekonferenz und einer Podiumsdiskussion anwenden. Einer der Workshops fand auf Deutsch in der Deutschschweiz statt, der andere auf Französisch in der Romandie. Auch das Schweizerische Zentrum für Angewandte Humantoxikologie SCAHT hat sich an der Organisation der Anlässe beteiligt.

Kontakt: Alexandra Kroll, alexandra.kroll@oekotoxzentrum.ch

Informationen zu laufenden PFAS-Projekten in der Schweiz für BAFU

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) möchte sich eine gute Übersicht über die derzeit laufenden Projekte zu PFAS (per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) in den Kantonen und in der Forschung verschaffen. Der Hintergrund dazu sind die aktuellen parlamentarischen Vorstösse zum Thema PFAS, für die alle verfügbaren Informationen berücksichtigt werden sollen. Bitte schicken Sie alle relevanten Informationen über laufende Projekte zu PFAS an Ihrer Behörde / an Ihrem Institut an andreas.buser@admin.bafu.ch.

Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum



Rundtischgespräch zu Mikroplastik in französischer Botschaft

Auf Einladung der französischen Botschaft hat das Oekotoxzentrum – in Zusammenarbeit mit der EPFL und Botschaftsangehörigen – ein Rundtischgespräch über die Mikroplastikverschmutzung im Alpenraum mitorganisiert. Eines der Ziele der Veranstaltung war es, die Zusammenarbeit zwischen der Schweiz und Frankreich zu fördern, um neue Erkenntnisse zu gewinnen und Lösungen zu erforschen. In Diskussionsrunden informierten Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus den beiden Ländern über den aktuellen Wissensstand und die Folgen für die Umwelt und die menschliche Gesundheit. Anschließend diskutierten sie über mögliche Handlungsfelder. Rund 50 Gäste aus Verwaltung, Politik und Öffentlichkeit nahmen an der Diskussion teil.

Neue OECD-Richtlinien für Zuckmückentest

Für die Routinebewertung von Umweltproben ist es essentiell, dass die verwendeten Testmethoden standardisiert und reproduzierbar sind und so vergleichbare Resultate liefern. Dazu trägt die Normierung von Testprotokollen und Richtlinien entscheidend bei. Gerade hat die OECD zwei neue Richtlinien für das Bewerten von Sedimenten mithilfe von Zuckmückenlarven publiziert (No. 218 und 219). Das Oekotoxzentrum hat diese Dokumente zusammen mit dem deutschen Umweltbundesamt erarbeitet.

Die Larvenstadien der Zuckmücken leben im Sediment von Still- und Fließgewässern ernähren sich von Detritus und Algen. Da die Tiere einen grossen Teil ihrer Lebenszeit (15-20 Tage) in direktem Kontakt mit dem Sediment verbringen, sind sie besonders geeignet für Untersuchungen zur Sedimenttoxizität.

www.oecd.org/chemicalsafety/testing/oecdguidelinesforthetestingofchemicals.htm



Datenbank mit Qualitätskriterien und anderen ökotoxikologischen Schwellenwerten

Müssen Sie Umweltkonzentrationen von Chemikalien bewerten? Das Oekotoxzentrum führt eine Datenbank mit Umweltqualitätskriterien (UQK) und anderen ökotoxikologischen Schwellenwerten, die aktuell über 2000 Einträge zu fast 600 Substanzen enthält. Akute und chronische UQK werden zur Risikobewertung von Chemikalien in der Umwelt verwendet. Diese UQK wurden entweder vom Oekotoxzentrum selbst hergeleitet, von Behörden und Fachstellen anderer europäischer Länder oder von Behörden der EU. In der Datenbank sind auch «Ad hoc»-Werte mit eingeschränkter Datensuche enthalten. Diese können eine Orientierung darüber geben, ob ein Risiko bestehen könnte. Darüber hinaus enthält die Datenbank regulatorisch akzeptable Konzentration (RAK), die im Zulassungsverfahren für Pflanzenschutzmittel verwendet werden.

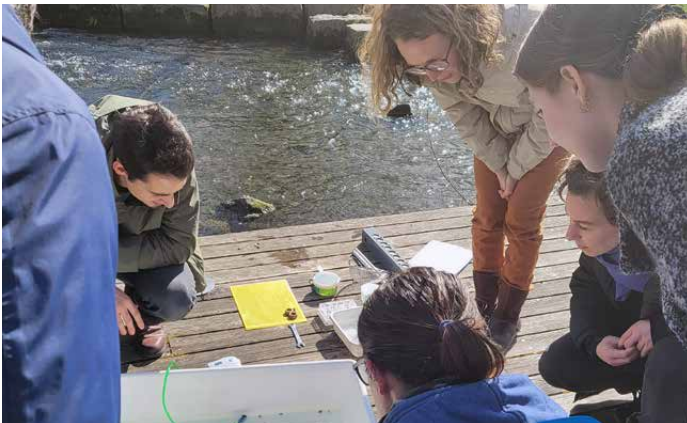
Alle UQK finden Sie – zusammen mit Indikatoren für die Mischungstoxizität – auf unserer Website zum Download. RAK-Werte verschiedener Länder stellen wir gerne auf Anfrage zur Verfügung. Es werden regelmässig neue Werte hinzugefügt. Wir tragen zur breiteren Zugänglichkeit von UQK bei, indem wir unsere Werte der Datenbank des europäischen NORMAN-Netzwerks (Network of reference laboratories for monitoring of emerging environmental pollutants) zur Verfügung stellen. Falls Sie UQK zu Substanzen benötigen, die wir nicht in unserer Datenbank haben, ist die Norman Datenbank ein guter Anlaufpunkt.

Vorschläge des Oekotoxzentrums für Qualitätskriterien für Oberflächengewässer:

www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxzentrum

Norman Datenbank: www.norman-network.com/nds/common/

Kontakt: Gianna Ferrari, gianna.ferrari@oekotoxzentrum.ch



Weiterbildungskurse am Oekotoxzentrum 2024

Am **12. März 2024** veranstaltet das Oekotoxzentrum einen zweisprachigen (deutsch/französisch) Kurs zum Thema **PFAS in der Umwelt**. PFAS (per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) sind eine Gruppe von mehreren Tausend Industriechemikalien, die inzwischen überall in der Umwelt nachgewiesen werden. Die EU prüft derzeit ein Verbot der besorgniserregenden Substanzen. Der Kurs gibt einen Überblick über die Quellen, das Vorkommen und die Effekte von PFAS auf Umwelt und Mensch. Ausserdem wird auf die schwierige Regulatorik und die Grenzwerte in Umwelt, Trinkwasser und Lebensmitteln eingegangen. Ein weiterer Fokus ist die Risikokommunikation zu PFAS, die wegen der Komplexität dieser Stoffgruppe Behörden, Forschende und Medien vor grosse Herausforderungen stellt.

Am **6. und 7. November 2024** findet der Kurs **Online-Bio-monitoring and In Situ-Bioassays** (englisch, Hybridkurs) statt, der einen Überblick über die Verwendung dieser Techniken zur Überwachung der Qualität von Wasser, Boden und Sedimenten gibt. Online-Biomonitoring wird angewendet, um die Wasserqualität mit Hilfe von Organismen als Indikatoren kontinuierlich zu überwachen und so Einblicke in die Dynamik von kurzzeitigen Belastungen zu geben. Bisher wurde die Methode vor allem für die Bewertung von Trinkwasser und Oberflächenwasser etabliert; eine Anwendung für Abwasser wird derzeit geprüft. Bei In-situ-Biotests werden die Organismen direkt in ihrer natürlichen Umgebung ausgesetzt (z. B. in Käfigen) und ihre Reaktion auf Belastungen verfolgt. Diese Technik ist für verschiedene Umweltkompartimente wie Wasser, Sediment und Boden geeignet. Für beide Techniken werden Fallstudien vorgestellt und Perspektiven für eine regulatorische Anwendung gegeben.

www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/weiterbildungsangebot/



Reduktion von Pestiziden mit neuen Methoden

Das Projekt PestiRed will mit vorbeugenden Massnahmen den Einsatz von synthetischen Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft reduzieren. Zu den untersuchten Massnahmen gehören Mischkulturen, der Einsatz von wenig krankheitsanfälligen Sorten, die mechanische Unkrautbekämpfung, Push-Pull-Techniken oder auch der Einsatz neuer Präzisionstechnologien. Die Massnahmen werden auf je einer Versuchsfläche getestet, auf der der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nur als letztes Mittel erlaubt ist, und diese mit einer zweiten Versuchsfläche verglichen, die konventionell bewirtschaftet wird. Neu soll im Projekt auch untersucht werden, wie sich dieses veränderte Regime auf wichtige Bodenorganismen und Bodenfunktionen auswirkt. Diese unterstützen nämlich die Bodenfruchtbarkeit.

Dazu werden mehrere ökologische und ökotoxikologische Bioindikatoren getestet, die verschiedene Bodenorganismen und -funktionen repräsentieren. So soll die Wirkung der Massnahmen auf die Bodenfruchtbarkeit erfasst werden. Die verwendeten Bioindikatoren sind auch für das Monitoring der Wirkung von Pflanzenschutzmittel-Rückständen im Rahmen des Aktionsplans Pflanzenschutzmittel geeignet und können so validiert werden. Projektpartner sind Agroscope und das Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL. Die Untersuchungen werden im Rahmen einer Dissertation von Gilda Dell'Ambrogio durchgeführt, die dafür vom Oekotoxzentrum zu Agroscope wechselt.

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

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

Quaternäre Ammoniumverbindungen machen Sorgen

Quaternäre Ammoniumverbindungen hemmen das Wachstum von Mikroorganismen und sind daher in Desinfektionsmitteln und auch in Reinigungs- und Körperpflegeprodukten enthalten, wo sie konservierend wirken. Ein Review-Artikel kommt zum Schluss, dass der Eintrag dieser Stoffe in die Umwelt ein Grund zur Sorge ist. Einige der Stoffe erreichen dort bereits fast Konzentrationen, bei denen mit Wirkungen auf Wasserorganismen gerechnet werden muss. Die Stoffe können Haut und Lungen irritieren, die Entwicklung und die Vermehrung beeinflussen, und das Fettgleichgewicht und die Mitochondrienfunktion stören. Die Risikobewertung der Stoffe ist schwierig, da sie sehr unterschiedliche Strukturen besitzen und es für die meisten Stoffe keine Informationen zur Exposition und zur Toxizität gibt.

Arnold, W.A. et al. (2023) Quaternary Ammonium compounds: a chemical class of emerging concern. *Environmental Science & Technology* 57, 7645-7665

Glyphosat schädigt Amphibien

Eine neue Studie zeigt, dass das Herbizid Glyphosat Amphibien massiv schädigt. In Untersuchungen mit Krallenfröschen führte Glyphosat zu Entwicklungseffekten auf die Kaulquappen wie verkürzte Körper, verkleinerte Augen, verlangsamten Herzschlag und erhöhte Mobilität. Diese Effekte traten ab einer Konzentration von 0.1 mg/L auf – ein Wert, der in Gewässern in Europa an manchen Orten überschritten wird. In der Schweiz gilt für Glyphosat der (unspezifische) Grenzwert von 0.1 µg/L, in der EU wird noch über die Höhe des geplanten EQS für Glyphosat debattiert. Dort wird ein Wert von 0.1 µg/L für Gewässer gefordert, die zur Trinkwassergewinnung dienen, und ein Wert von 86.7 µg/L für andere Gewässer. Bei diesem Wert wäre die hier gefundene Wirkschwelle fast erreicht. Flach, H. et al (2023) Glyphosate without co-formulants affects embryonic development of the south african clawed frog *Xenopus laevis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 115080

Pestizid-Effekte auf Bodenorganismen

Wirbellose Bodentiere spielen eine entscheidende Rolle für Böden und die Bodenfruchtbarkeit. Eine Meta-Analyse von 54 Studien zeigt, dass Pestizide die Anzahl und Vielfalt der Bodentiere in allen Studien verringerten und dass dabei die Biodiversität

stärker abnahm als die Anzahl der Tiere. Am schädlichsten waren Mehrfachwirkstoffe, Wirkstoffe mit einem breiten Wirkungsspektrum und Insektizide, die die Biodiversität selbst in den empfohlenen Anwendungsmengen verringerten. Die Autoren fanden keine Hinweise darauf, dass die Auswirkungen der Pestizide im Laufe der Zeit nachlassen.

Beaumelle, L. et al. (2023) Pesticide effect on soil fauna communities – A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14437>

Die Nichtoffenlegung von Toxizitätsdaten verringert die Umweltsicherheit

Toxizitätsdaten, die von den Herstellerfirmen erhoben werden, unterliegen der Vertraulichkeit. Zwei aktuelle Publikationen zeigen, dass diese Praxis die Risikobewertung der Stoffe und damit die Gesundheit von Umwelt und Mensch beeinträchtigt. In einer Studie aus Schweden stellten die Autoren fest, dass ein Viertel der Daten zur Entwicklungs-Neurotoxizität von Pestiziden, die die Herstellerfirmen der amerikanischen Umweltbehörde U.S. EPA zur Verfügung gestellt hatten, nicht den Behörden der EU gemeldet wurden. Eine Studie aus den USA zeigt, dass die Herstellerfirmen der per- und polyfluorierten Alkylverbindungen PFAS bereits 40 Jahre vor den Behörden von der Toxizität der Stoffe wussten. Die Industrie unterdrückte gezielt ungünstige Forschungsergebnisse. Es sollten rechtliche Konsequenzen gezogen werden, um die Verfügbarkeit aller Daten zu erreichen.

Mie, A. and Ruden, C. (2023) Non-disclosure of developmental neurotoxicity studies obstructs the safety assessment of pesticides in the European Union. *Environmental Health* 22:44; Gaber, N. et al. (2023) The devil they knew: chemical document analysis of industry influence on PFAS science. *Analysis of Global Health* 89:37, 1-17

Transformationsprodukte von antimikrobiellen Substanzen erhöhen ihr Risiko

Die weltweite Ausbreitung von antimikrobiellen Resistenzen (AMR) ist besorgniserregend für die Gesundheit von Mensch, Tier und Umwelt. Eine neue Untersuchung zeigt, dass dabei nicht nur die antimikrobiellen Substanzen selbst betrachtet werden müssen, sondern auch ihre Transformationsprodukte (TP). Von 56 betrachteten TP fanden die Wissenschaftler für 13 TP ein Risiko für mindestens eine der drei getesteten Arten, insbesondere für TP von Tetrazyklinen und Makroliden. Behörden sollten bei der Kontrolle von antimikrobiellen Substanzen auch deren TP berücksichtigen.

Löffler, P. et al. (2023) Antimicrobial Transformation Products in the Aquatic Environment: Global Occurrence, Ecotoxicological Risks, and Potential of Antibiotic Resistance. *Environmental Science and Technology* 57, 26, 9474–9494

Impressum

Herausgeber: Oekotoxzentrum

Eawag EPFL-ENAC-IIE-GE
Überlandstrasse 133 Station 2
8600 Dübendorf 1015 Lausanne
Schweiz Schweiz
Tel. +41 58 765 5562 Tel. +41 21 693 6258
Fax +41 58 765 5863 Fax +41 21 693 8035
www.oekotoxzentrum.ch www.centrecetox.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; Andy Murray (Titel), Adrian Michael (S. 5), Vincent Gregorio (S. 7), Adobe Stock (S. 10, 11)

Erscheinungsweise: zweimal jährlich

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

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