

oekotoxzentrum news

28. Ausgabe Mai 2024

Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie



UV-Filter
im Geschinersee S. 3

Genetischer
Sedimentwurm-Index nimmt
weitere Hürde S. 4

Wie Mischungstoxizität
berücksichtigen?
Neue Ansätze für Zulassung
und Monitoring S. 6

Im Gespräch mit dem «Vater»
des Oekotoxzentrums S. 9

Risikobewertung und Chemikaliencocktails



Dr. Marion Junghans, Gruppenleiterin
Risikobewertung am Oekotoxzentrum

Die Risikobewertung spielt eine entscheidende Rolle, um Effekte von Chemikalien auf unsere Umwelt zu beurteilen und Strategien zur Risikominderung zu entwickeln. Für Einzelstoffe sind hier die Methoden gut etabliert, doch in der Umwelt finden wir meist komplexe Chemikalienmischungen. Mein Doktoratsprojekt sollte bereits vor mehr als 20 Jahren dazu beitragen, die Toxizität dieser Mischungen in die Regulation einzubinden. Nach fast einem Vierteljahrhundert ist dies zwar immer noch nicht vollständig gelungen, aber wir haben bereits wichtige Meilensteine erreicht (mehr Details im Artikel S. 6).

Es wird allgemein anerkannt, dass die Toxizität von Stoffen, die in der Umwelt gleichzeitig und nacheinander auftreten, oft höher ist als jene der Einzelsubstanzen. Daher wird in der EU unter der REACH-Verordnung daran gearbeitet, diese potenzielle Mischungstoxizität bei der Risikobewertung der Einzelstoffe im Rahmen der Zulassung zu berücksichtigen. Und unter der Wasserrahmenrichtlinie wurde bereits ein Mischungsansatz verwendet, um Grenzwerte für die Gruppe der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) festzulegen. In der Schweiz nutzen einige Kantone seit längerem eine von uns entwickelten Methode zur Bestimmung des Risikos für Stoffmischungen. Ich danke den kantonalen

Gewässerschutzstellen von Zürich und Bern herzlich, auf deren Anfrage hin wir diese Methode entwickelt haben.

Im EU-Projekt PARC arbeiten wir derzeit daran, die Methoden zur Bestimmung der Mischungstoxizität im Rahmen der Zulassung zu verbessern und die Mischungstoxizität auch bei der Bewertung von Pflanzenschutzmittelrückständen in Böden zu berücksichtigen. Zudem vergleichen wir die Risikobewertung für einzelne Pflanzenschutzmittel unter den verschiedenen rechtlichen Rahmen (Zulassung als Pflanzenschutzmittel, Biozid und Veterinärarzneimittel, REACH, Wasserrahmenrichtlinie) – Ziel ist es zu prüfen, ob eine Angleichung der Risikobewertung unter dem Prinzip «One Substance – One Assessment» möglich ist.

Doch das ist im Bereich Risikobewertung nicht das einzige Thema, zu dem das Oekotoxzentrum aktiv ist. Für die Schweiz haben wir bereits Qualitätskriterien für rund 100 Substanzen bestimmt, deren Datengrundlagen wir neu direkt auf unserer Webseite zur Verfügung stellen (S. 11). Wir bearbeiten laufend neue Substanzen wie aktuell zum Beispiel 6-PPD Quinon, einen Stoff aus Reifenabrieb, der in den USA zu einem Fischsterben geführt hat. Während die Methoden zur Herleitung von Grenzwerten für Wasser und Sediment bereits etabliert sind, gibt es im Bereich Boden noch Nachholbedarf. Hier leiten wir für den Aktionsplan Pflanzenschutzmittel ökologische Referenzwerte für verschiedene Pflanzenschutzmittel in

Böden her. Im Rahmen der Motion Maret erarbeiten wir solche Referenzwerte auch für die Gruppe der PFAS.

Ausserdem begleiten wir ein europaweites Monitoring zu Antibiotikaresistenzen in Oberflächengewässern und bewirtschaften eine Datenbank zu international verfügbaren Umweltqualitätskriterien. Ebenfalls am Herzen liegt uns die Risikokommunikation, für die wir eng mit dem Schweizerischen Zentrum für angewandte Humantoxikologie (SCAHT) und der Eawag zusammenarbeiten. Einen Grossteil unserer Zeit verbringen wir ausserdem mit der Beratung von Behörden, Unternehmen, Privaten und Medien und mit Stellungnahmen zu aktuellen Gesetzesänderungen. So unterstützen wir die Schweiz im Bereich Risikobewertung und tragen zu den entscheidenden Grundlagen im europäischen Rahmen bei.

Titelbild: Der Geschinerbach speist den gleichnamigen See, den das Oekotoxzentrum auf Rückstände von Sonnenschutzmitteln untersucht hat (siehe S.3). Proben aus dem Bach wurden während des Monitorings als Kontrolle verwendet (Foto: Alexandra Kroll).

UV-Filter im Geschinersee

In einem beliebten Badesee im Wallis hat das Oekotoxzentrum Rückstände von Sonnenschutzmitteln nachgewiesen. Die Konzentrationen stiegen während dem Badebetrieb an und lagen für einige Stoffe in derselben Grössenordnung wie die vorläufigen Qualitätskriterien. Eine vertiefte Untersuchung der Situation in der Schweiz ist geplant.

Die Sonne ist für uns lebensnotwendig, doch ihre UV-Strahlen können zu Sonnenbrand und Hautkrebs führen. Um uns davor zu schützen, verwenden wir Sonnenschutzmittel mit UV-Filtern, die beim Baden auch in Gewässer gelangen. Einige der rund 30 UV-Filter, die in der Schweiz zugelassen sind, können jedoch ungesund für Wasserorganismen sein. Daher hat das Oekotoxzentrum in einem Pilotprojekt im Geschinersee im Wallis untersucht, ob sich die Stoffe in diesem beliebten Badesee nachweisen lassen. Das Pfadibundeslager, das dort im Sommer 2022 mit mehr als 30'000 Teilnehmenden und regelmässigem Badebetrieb durchgeführt wurde, bot dazu eine ideale Gelegenheit.

UV-Filter können Wasserorganismen schädigen

Einige UV-Filter können schädliche Auswirkungen auf Organismen im Ökosystem haben: zum Beispiel Beeinträchtigungen des Wachstums und der Photosynthese von Algen, Schädigungen der Nachkommen

von Muscheln, Ausbleichen und Absterben von Korallen sowie Verweiblichung und Fortpflanzungsprobleme bei Fischen. Die Auswirkungen auf Korallen in Meeren sind am besten erforscht, diese können durch UV-Filter schon bei geringen Konzentrationen geschädigt werden. «Wir wissen noch wenig über die chronische Toxizität der Stoffe, dies gilt besonders für Süsswasserorganismen», sagt Projektleiterin Alexandra Kroll. «Es gibt jedoch Hinweise, dass einige UV-Filter hormonaktiv sind.»

Sieben Stoffe in Badeseen nachgewiesen

Das Oekotoxzentrum hat das Umweltteam des Pfadibundeslagers zunächst beraten, mit welchen Massnahmen sich das Risiko für den kleinen See durch den zusätzlichen Badebetrieb während des Lagers verringern lässt. Ausserdem wurden vor und während des Lagers an verschiedenen Stellen Wasserproben genommen und chemisch auf die sieben häufigsten organischen UV-Filter analysiert: Alle Stoffe konnten im Geschinersee nachgewiesen werden, und zwar in Konzentrationen von bis zu 800 ng/L. Die Konzentrationen stiegen im Lauf des Lagers wegen dem regelmässigen Badebetrieb an, besonders auffallend war dies für die beiden Stoffe Benzophenon-3 und Octocrylen. «Die gemessenen Konzentrationen lagen in derselben Grössenordnung wie die vorläufigen Qualitätskriterien für diese Stoffe», sagt Projektleiterin Alexandra Kroll. «Wir können also schädliche Wirkungen auf Gewässerorganismen nicht ausschliessen.»

Umfassende Studie zur Situation in der Schweiz geplant

Im Sommer 2024 wird das Oekotoxzentrum mehrere Schweizer Seen mit Badebetrieb über die Saison hin überwachen. «So möchten wir mehr Daten zum Auftreten und der Verteilung von UV-Filtern in diesen Gewässern erhalten», sagt Alexandra Kroll. Ausserdem sind Badeversuche in Versuchsteichen geplant, um den Weg der UV-Filter von der Haut ins Wasser und das weitere Schicksal der Stoffe zu verfolgen. Frühere Messungen haben gezeigt, dass sich die Stoffe in Sedimente verlagern können – dies soll hier überprüft werden. Auch Versuche zur Wirkung von UV-Filtern auf Sedimentorganismen und zur historischen Belastung von Seen mit Hilfe von Sedimentkernen sind geplant. «So möchten wir ein umfassendes Bild zur Situation der UV-Filter in Badeseen der Schweiz gewinnen», erklärt Alexandra Kroll.

Infoblatt zu Sonnenschutzmitteln in Gewässern: www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/infoblaetter

Video zum Projekt im Geschinersee www.oekotoxzentrum.ch/projekte/aquatische-okotoxikologie/uv-filter-im-geschinersee

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

Verschiedene Typen von UV-Filtern

Um die Haut vor UV-Strahlung zu schützen, enthalten Sonnenschutzmittel organische (also chemische) oder mineralische (also physikalische) UV-Filter. Jeder UV-Filter schützt in einem bestimmten Wellenlängenbereich. Die Stoffe werden häufig in Mischungen eingesetzt, um einen breiten Schutz zu gewährleisten. Organische UV-Filter sind Substanzen, die UV-Strahlung aufnehmen und in Wärmestrahlung umwandeln. Insgesamt sind in der Schweiz 28 organische UV-Filter zugelassen. Mineralische UV-Filter enthalten kleine Teilchen, die UV-Strahlen absorbieren und reflektieren und so die Haut vor der Sonnenstrahlung schützen. Die beiden derzeit zugelassenen mineralischen UV-Filter sind Titandioxid (TiO₂) und Zinkoxid (ZnO).



Der Geschinersee im Goms ist ein beliebter Badesee

Genetischer Sedimentwurm-Index nimmt weitere Hürde

Lebensgemeinschaften von Oligochaeten im Feld können Auskunft über die Sedimentqualität geben, aber nicht alle Tiere lassen sich unter dem Mikroskop bestimmen. Forschende des Oekotoxenzentrums haben eine genetische Bestimmungsmethode entwickelt, die neu auch als Expertenbericht ins Modulstufenkonzept aufgenommen wurde.

Sedimente sind ein wichtiger Bestandteil von Flüssen und Seen. Auf der einen Seite bilden sie einen bedeutenden Lebensraum und filtern das Oberflächenwasser auf seinem Weg ins Grundwasser. Auf der anderen Seite binden sie zahlreiche Schadstoffe wie Metalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polychlorierte Biphenyle (PCB) oder chlororganische Pestizide, die von dort aus aber auch wieder ins freie Wasser gelangen können. So beeinflusst die Sedimentqualität die Qualität des gesamten Gewässers.

Zusammensetzung variiert je nach Belastung

Eine der verbreitetsten Organismengruppen im Sediment sind die Oligochaeten, die zu den Ringelwürmern gehören. Da die Tiere fast unbeweglich sind und als Nahrungsquelle hauptsächlich Feinsedimente aufnehmen, eignen sie sich ideal für die Bewertung der Sedimentqualität. Im Sediment leben zahlreiche Oligochaetenarten, die unterschiedlich empfindlich auf Verschmutzungen reagieren. Daher variiert die Zusammensetzung der Artgemeinschaft als Funktion der Sedimentbelastung. Der Gemeinschaftsindex IOBS (Indice Oligochètes de Bioindication des Sédiments, IOBS), der auf der Artzusammensetzung von Oligochaeten im Feinsediment von Fließgewässern beruht, gibt das Ausmass von toxischen Belastungen an und ergänzt so die ökologischen Informationen von anderen Bioindikatoren wie dem IBCH für Wirbellose am Gewässergrund und dem DI-CH für Kieselalgen. Der IOBS wurde bereits routinemässig vom Service de l'écologie de l'eau des Kantons Genf und sporadisch von anderen Kantonen (Waadt und Wallis) eingesetzt.

Genetische Barcodes erleichtern Bestimmung

Die Artbestimmung der Oligochaeten unter dem Mikroskop ist jedoch anspruchsvoll. «Ausserdem lassen sich Jungtiere und manche Arten nicht aufgrund ihres Aussehens bestimmen», erklärt Projektleiter Régis Vivien. Doch es gibt einen Weg, dieses Dilemma zu umgehen: nämlich die Nutzung von kurzen DNA-Sequenzen der Tiere zur Bestimmung, sogenannten genetischen Barcodes. Gewisse DNA-Regionen unterscheiden sich je nach Art. So lassen sich die Arten durch den Vergleich einer solchen DNA-Sequenz mit den Sequenzen in einer Referenzbibliothek bestimmen.

Die Verwendung von genetischen Barcodes kann die Bestimmung der Oligochaeten und die ökologische Diagnose erleichtern. «Der Einsatz von molekularen Methoden klingt aufwändig», sagt Régis Vivien. «Mit Hilfe der Hochdurchsatz-Sequenzierung können wir aber viele Proben gleichzeitig sequenzieren». Die so sequenzierte DNA kann aus verschiedenen Quellen stammen: von einzelnen Tieren, von Mischungen von verschiedenen Tieren oder von Sedimenten. Das Oekotoxenzentrum hat eine Methode zur Bestimmung der Sedimentqualität entwickelt, die auf der Sequenzierung von genetisch markierten Einzeltieren beruht. Die Häufigkeit der Arten wird bestimmt und damit der IOBS-Wert berechnet.

Genetische Methode erfolgreich validiert

Die Forschenden haben diesen Ansatz neu in 25 Fließgewässern in verschiedenen Kantonen der Schweiz validiert. Dafür entnahmen sie aus jeder Sedimentprobe 48 Tiere, extrahierten deren DNA, markierten diese genetisch und sequenzierten sie anschliessend mit hohem Durchsatz. Fast alle Einzeltiere konnten so mit Hilfe der Referenzdatenbank für Oligochaeten der Schweiz (siehe Kasten), die das Oekotoxenzentrum entwickelt hat, und von ergänzenden Daten den Arten zugeordnet werden. «Wir haben die Tiere an jedem Standort zunächst genetisch bestimmt und daraus den IOBS-Wert berechnet», sagt Régis Vivien. «Diesen Wert haben wir dann mit dem Wert verglichen, den wir nach der Bestimmung von 100 Tieren unter dem Mikroskop berechnet haben. Die Übereinstimmung war ausgezeichnet und hat gezeigt, dass unsere Methode geeignet ist, um die biologische Sedimentqualität in Fließgewässern zu bewerten.»

Die Wissenschaftler konnten ausserdem ihre Referenzdatenbank für Schweizer Oligochaeten um 78 neue Arten erweitern, so dass diese inzwischen 184 Arten enthält. Die neue Methode kann bereits jetzt zur Sedimentbewertung eingesetzt werden, die Kosten sind allerdings noch höher als bei der Artbestimmung unter dem Mikroskop. Das Oekotoxenzentrum arbeitet momentan daran, die Analysekosten zu reduzieren, unter anderem durch den Einsatz einer alternativen Methode zur DNA-Extraktion.

Metabarcoding-Methoden

Die Forschenden testeten auch zwei einfachere genetische Ansätze mit Oligochaeten aus, bei der die Tiere nicht einzeln identifiziert, sondern als Mischung analysiert werden: Man spricht hier auch von DNA-Metabarcoding. Dieser Ansatz wurde zum einen auf die Gesamt-DNA der pro Standort gesammelten Oligochaeten angewendet, zum anderen auf die gesamte Umwelt-DNA im Sediment.

Auch hier war es möglich, die gefundenen DNA-Fragmente mit Hilfe der Referenzdatenbank und zusätzlichen Daten den einzelnen Arten zuzuordnen und so die Artgemeinschaft der Oligochaeten zu analysieren. Die erhaltenen Daten zeigten eine gute Übereinstimmung mit den Daten, die nach der Bestimmung der Tiere unter dem Mikroskop erhalten wurden. Die Anzahl der Tiere in zwei wichtigen (Unter)familien wurde allerdings stark unterschätzt, so dass die Methoden zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht genau genug für eine exakte ökologische Analyse sind. Ein Grund dafür könnte die verwendete Methode zur DNA-Extraktion sein. «Wir möchten hier alternative Methoden austesten», sagt Régis Vivien. «Wenn sich die Ergebnisse dadurch nicht verbessern lassen, können wir spezifische Primer für die Oligochaeten entwickeln.» Ausserdem sei die Anwendung von Korrekturfaktoren auf diejenigen Klassen denkbar, die systematisch unter- oder überschätzt werden. «Es lohnt sich, diese Methoden weiterzuentwickeln, da sie vergleichsweise günstig sind und nützlich sein können, um Sedimente mit höherem Durchsatz zu screenen», so Régis Vivien.

Oligochaetenmethoden auf dem Weg in die Praxis

Die hier validierte Methode wurde gerade als Expertenbericht in die Methodenzusammenstellung des Modulstufenkonzepts zur Beurteilung des Gewässerzustands von Fließgewässern der Schweiz

aufgenommen (<https://modul-stufen-konzept.ch/>). Sie könnte auch die Anwendung anderer biologischer Indizes erleichtern, die zum Beispiel auf Oligochaeten- oder Chironomidengemeinschaften in Seesedimenten basieren oder auf Oligochaeten im Flussbett von Fließgewässern (Grobsedimente und hyporheische Zone), wo die morphologische Identifizierung der Arten besonders schwierig ist.

Die Functional Trait Methode für die Bewertung von Grobsedimenten mit Hilfe von Oligochaeten erlaubt es nicht nur, die chemische Belastung zu bestimmen, sondern auch den Austausch zwischen Gewässer und Grundwasser und damit die Funktionsfähigkeit des Gewässers. Mit dieser Methode konnte das Oekotoxzentrum bereits an mehreren Standorten den Effekt von Abwasserreinigungsanlagen auf die Sedimentqualität zeigen. Oligochaeten sind damit vielversprechende Organismen für die Bewertung unterschiedlicher Lebensräume, und die Methoden voraussichtlich bald genügend optimiert, um eine Routineanwendung im breiteren Massstab zu erlauben.

Referenzdatenbank für die Schweiz

Nicht alle DNA-Regionen sind zur Artbestimmung geeignet. Für Tiere wird am häufigsten ein ungefähr 650 Basenpaare langes Segment des Mitochondriengens Cytochrom-c-Oxidase (COI) eingesetzt. Mitochondrien-DNA hat eine hohe Mutationsrate, so dass es innerhalb einer kürzeren Zeit – «nur» Tausenden von Generationen – zu Unterschieden innerhalb und zwischen Populationen kommt. Das Oekotoxzentrum hat eine Referenzdatenbank der COI-Barcode-Sequenzen für aquatische Oligochaeten in der Schweiz erstellt und geeignete Schwellenwerte für genetische Unterschiede ermittelt, um verschiedene Arten zu unterscheiden.

Mehr Informationen: Vivien, R., Cermakova, K., Pawlowski, J., Ferrari, B.J.D. (2023) OligoGen: Développement de méthodes oligochètes génétiques pour évaluer la qualité biologique des sédiments de cours d'eau. www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte

Kontakt: Régis Vivien, regis.vivien@centreecotox.ch

Im Sediment leben zahlreiche Oligochaetenarten, die unterschiedlich empfindlich auf Verschmutzungen reagieren. Die Tiere lassen sich nicht nur unter dem Mikroskop, sondern auch genetisch bestimmen.



Wie Mischungstoxizität berücksichtigen? Neue Ansätze für Zulassung und Monitoring

Chemikalienmischungen in der Umwelt stellen Behörden, Forschung und Industrie vor grosse Herausforderungen, denn ihr Risiko lässt sich nur schwer beurteilen. Das Oekotoxzentrum hilft dabei, hier praxistaugliche Konzepte zu entwickeln.

Abwasserreinigungsanlagen, Landwirtschaft, Industrie – in der Umwelt kommen schädliche Stoffe aus verschiedenen Quellen zusammen und können dort Organismen und damit das Funktionieren der Ökosysteme beeinträchtigen. Bis jetzt werden mögliche Effekte jedoch fast ausschliesslich für Einzelsubstanzen bewertet und reguliert – und zwar sowohl bei der Risikobewertung der Stoffe im Rahmen ihrer Zulassung als auch bei der retrospektiven Risikobewertung im Rahmen des Vollzugs und der Umweltkontrolle. Dies reicht aber nicht aus, da die Toxizität von Mischungen grösser sein kann als die Toxizität der Einzelsubstanzen. Toxische Mischungseffekte können auch dann auftreten, wenn alle Einzelstoffe in Konzentrationen vorliegen, die alleine unwirksam sind. Das gilt besonders für Stoffe mit einem ähnlichen Wirkmechanismus wie zum Beispiel für östrogenähnlich wirkende Substanzen. Daher wird international versucht, die Beurteilung von Mischungseffekten zu verbessern – auch das Oekotoxzentrum ist hier aktiv.

Konzentrations-Additivität oder unabhängige Wirkung?

Um die Wirkung von Mischungen vorherzusagen, gibt es zwei grundlegende Konzepte: Bei der **Konzentrations-Additivität** geht man davon aus, dass sich ähnlich wirkende Stoffe in einer Mischung wie Verdünnungen derselben Substanz verhalten – ähnlich wie alkoholische Getränke mit unterschiedlichem Alkoholgehalt. Um die Mischungstoxizität zu bestimmen kann man die toxischen Einheiten addieren. Bei der **unabhängigen Wirkung** geht man davon aus, dass die Substanzen über unterschiedliche Wirkmechanismen wirken und man addiert die Effekte. Die Bewertung auf Basis der Konzentrations-Additivität sagt häufig eine höhere Toxizität vorher, und braucht weniger Daten als die Bewertung auf Basis der unabhängigen Wirkung. Um das Vorsorgeprinzip zu berücksichtigen und sicher schädliche Wirkungen zu vermeiden, wird meist von einer Konzentrations-Additivität ausge-

gangen. «Tatsächlich ist der Unterschied zwischen diesen beiden Modellen in der Praxis meist gar nicht gross», sagt Marion Junghans, Gruppenleiterin für Risikobewertung am Oekotoxzentrum, die sich schon seit mehr als 20 Jahren mit der Vorhersage der Mischungstoxizität beschäftigt. «Oft ist es nämlich so, dass einzelne Substanzen die Toxizität einer Mischung dominieren und viele Stoffe weniger dazu beitragen.»

Umweltqualitätskriterien als Mass für die Gewässerqualität

Für die Berücksichtigung von Stoffmischungen bei der Bewertung der Gewässerqualität hat das Oekotoxzentrum bereits ein Konzept entwickelt [1]. Dieses beruht auf den Qualitätskriterien, die bereits für die Bewertung der Einzelstoffe eingesetzt werden, und erfordert keine weiteren Daten, ist daher sehr praxistauglich.

Meist wird für die Bewertung der Gewässerqualität zunächst chemisch gemessen, welche Stoffe im Wasser nachgewiesen werden können. Anschliessend vergleicht man diese gemessenen Umweltkonzentrationen von Einzelstoffen (measured environmental concentration, MEC) mit den Daten zu ihrer Ökotoxizität. Dazu werden aus den Daten zu den ökotoxikologischen Effekten auf verschiedene Organismengruppen für jede Substanz Umweltqualitätskriterien (UQK) abgeleitet: Dies sind Konzentrationen, oberhalb derer nicht ausgeschlossen werden kann, dass empfindliche Organismen in ihrer Gesundheit, Fortpflanzung und Entwicklung beeinträchtigt werden. Das Oekotoxzentrum hat UQK für mehr als 100 Stoffe bestimmt und stellt sie auf seiner Webseite zur Verfügung [2]. Für einige Pflanzenschutzmittel und Arzneimittel wurden diese Werte bereits als numerische Anforderungen in der Gewässerschutzverordnung verankert, gelten also als gesetzliche Grenzwerte.

Berechnung des Mischungsrisikos durch die chemisch nachgewiesenen Stoffe

Das Verhältnis aus MEC und UQK bezeichnet man als Risikoquotient (RQ). Ist die MEC höher als das UQK, so resultiert ein Risikoquotient RQ grösser als 1, was bedeutet, dass ein Risiko besteht und die Beeinträchtigung von Gewässerorganismen nicht ausgeschlossen werden kann. Man unter-

scheidet dabei zwischen akuten Qualitätskriterien, die vor dem Auftreten kurzfristiger Effekte schützen sollen, und chronischen Qualitätskriterien, die vor längerfristigen Effekten schützen sollen. Entsprechend werden akute und chronische Risikoquotienten berechnet. Zur Berechnung des Mischungsrisikos werden die RQ der n quantifizierten Einzelsubstanzen addiert.

$$RQ_{mix} = \sum_i^n RQ_i = \sum_i^n \frac{MEC_i}{UQK_i}$$

Da jedoch Stoffe häufig toxisch für eine bestimmte Organismengruppe (Pflanzen, wirbellose Tiere oder Fische) sind, werden für jede Organismengruppe nur die RQ jener Substanzen addiert, für welche die Gruppe eine hohe Empfindlichkeit aufweist. Man spricht hier auch von Bewertungsgruppen. Das Mischungsrisiko für Pflanzen, Wirbellose und Fische wird so getrennt berechnet. Das Gesamtrisiko für das Gewässer entspricht dann dem Risiko der am stärksten betroffenen Organismengruppe mit dem höchsten RQ, die somit das Risiko bestimmt.

Ein gutes Beispiel in diesem Zusammenhang sind Pflanzenschutzmittel: Während Herbizide hauptsächlich ein Risiko für Pflanzen darstellen und Insektizide hauptsächlich für wirbellose Tiere, können Fungizide alle drei Organismengruppen beeinträchtigen. Das Modell wurde bereits erfolgreich auf die Daten der vergangenen NAWA SPEZ Monitoringkampagnen für Pflanzenschutzmittel in der Schweiz angewendet (z.B. [3]). «Wir haben diese Methode mit einer aufwändigeren Methode verglichen, die auf den Wirkmechanismen der einzelnen Stoffe basiert und deutlich mehr Daten benötigt, und vergleichbare Ergebnisse bekommen», sagt Marion Junghans. «Wir sind daher überzeugt, dass dies eine praxistaugliche Methode ist, die gute Resultate liefert.»

Mischungsbewertung für die Zulassung

Aber die Toxizität von Substanzmischungen sollte eigentlich nicht erst bei der Umweltkontrolle berücksichtigt werden, sondern bereits bei der Zulassung von Chemikalien. So können giftige Substanzcocktails schon an der Quelle verhindert werden. Um das Risiko für Gewässerorganismen durch Chemikalienmischungen zu berücksichtigen, haben Experten aus Wissenschaft und



In der Umwelt wirken zahlreiche Schadstoffe zusammen auf die Organismen im Ökosystem ein. Die Toxizität dieser Mischungen sollte sowohl bei der Zulassung als auch beim Umweltmonitoring berücksichtigt werden.

Ämtern den Einsatz eines pragmatischen Mischungsfaktors MAF (mixture assessment oder allocation factor) vorgeschlagen, um diese kombinierten Risiken zu berücksichtigen.

Mit dem MAF-Konzept wird die Festlegung von chemikalienspezifischen Grenzwerten so angepasst, so dass nur Konzentrationen zulässig sind, die – zusammen mit den Konzentrationen der anderen erwarteten Stoffe – kein Risiko für Wasserorganismen darstellen. Dies wird erreicht, indem ein zusätzlicher Faktor, der MAF, in den Prozess zur Festlegung chemikalienspezifischer Grenzwerte aufgenommen wird. Die zulässige Konzentration wird dabei um einen Faktor verringert, der der Grösse des MAF entspricht.

Bestimmung des Mixture Assessment Factors MAF

Ein anerkannter Ansatz für die Berechnung des MAF wurde von Thomas Backhaus für die Schwedische Chemikalienagentur entwickelt [4]. Ziel des MAF ist es sicherzustellen, dass der Risikoquotient einer Substanzmischung RQ_{mix} , der sich durch Addieren der Risikoquotienten der Einzelsubstanzen ergibt, nicht grösser als 1 wird.

$$RQ_{mix} = \sum RQ_1 + RQ_2 + RQ_3 \dots \leq 1$$

$$\text{für jeden } RQ \text{ gilt: } RQ_i \leq \frac{1}{MAF}$$

Der MAF ist also ein Faktor, der den erlaubten RQ_i für jede Einzelsubstanz auf $\leq 1/MAF$ reduziert, so dass der Gesamt-Risikoquotient RQ_{mix} stets kleiner oder gleich 1 bleibt.

Dabei bleiben die Risikoquotienten der weniger giftigen Substanzen, die sowieso schon kleiner als $1/MAF$ sind, unverändert. Die anderen Risikoquotienten – und damit die zulässigen Umweltkonzentrationen – werden durch den Faktor MAF reduziert, der dafür wie folgt berechnet wird

$$MAF_{KEMI} = \frac{n}{\left(1 - \sum RQ_i < \frac{1}{MAF}\right)}$$

n ist dabei die Anzahl der Chemikalien in einem Gewässer, die als Einzelstoff bewertet einen Risikoquotient ergeben, der grösser als $1/MAF$ ist. Die RQ_i sind die RQ für diejenigen Chemikalien, die als Einzelstoff bewertet einen Risikoquotient ergeben, der kleiner als $1/MAF$ ist, deren Konzentration in der Umwelt also nicht noch stärker verringert werden muss.

Die Gleichung zeigt, dass der MAF_{KEMI} direkt von der Anzahl derjenigen Chemikalien abhängt, deren Konzentration ihren revidierten Grenzwert überschreitet (n), und auch von der Summe der RQ-Werte für die Chemikalien mit Konzentrationen unterhalb der jeweiligen überarbeiteten Grenzwerte beeinflusst wird. Wenn in einem Gemisch mehrere Beurteilungsgruppen vorhanden sind, wird der MAF für jede Gruppe bestimmt und der grösste MAF für das Gemisch verwendet. Dieser Wert wird normal annäherungsweise mithilfe eines Algorithmus berechnet. Das Oekotoxzentrum hat eine vereinfachte Berechnung mitentwickelt, die sich ohne dessen Verwendung durchführen lässt [5]. Der MAF_{KEMI} steigt mit der Anzahl der Substanzen in der Mischung an, weil er eine worst-case Annahme zur Verteilung der Risikoquotienten für die Substanzen mit einem relevanten Beitrag zum Mischungsrisiko macht: Er nimmt an, dass alle diese Stoffe denselben Beitrag leisten.

Einzelne Substanzen sind besonders toxisch

Oft sind allerdings einzelne Chemikalien für den grössten Teil des Risikos einer Mischung verantwortlich. Das Oekotoxzentrum hat daher den KEMI MAF Ansatz noch weiter verfeinert, indem es zusätzlich den maximum cumulative ratio oder MCR berücksichtigt. Der MCR ist definiert als das Verhältnis aus dem Gesamtrisiko der Mischung (RQ_{sum}) und dem Risiko, das durch die giftigste Einzelsubstanz (RQ_{max}) verursacht wird. Es gilt dann

$$MAF_{KEMI\ MCR} = \frac{MCR}{1 - \sum RQ_i < \frac{1}{MAF}}$$

mit

$$MCR = \frac{RQ_{sum}}{RQ_{max}}$$

Die Berechnung des $MAF_{KEMI\ MCR}$ ergibt meist kleinere Werte als die des MAF_{KEMI} , da sie berücksichtigt, dass es Einzelstoffe gibt, die für einen grösseren Anteil des Risikos verantwortlich sind. Es gibt nur noch eine geringe Abhängigkeit von der Anzahl der Substanzen in der Mischung. Der $MAF_{KEMI\ MCR}$ ist also nur so protektiv wie unbedingt notwendig und zeigt an, welche Stoffe in Mischungen ein Problem darstellen könnten.

Ein Vorteil des MAF-Ansatzes ist, dass der Schutz vor der Gefahr durch Chemikalienmischungen in das Risikomanagement der Einzelchemikalien integriert wird. So ist keine separate kumulative Risikobewertung erforderlich. Ein Nachteil des MAF-Ansatzes ist allerdings, dass die kombinierten Risiken für Wasserorganismen sich je nach lokaler Population unterscheiden können, aber für alle Populationen jeweils nur ein MAF-Wert verwendet wird. So führt jeder MAF-Wert zu einer Überregulierung in einigen Gewässern und einer Unterregulierung in anderen. Ob die Überregulierung oder die Unterregulierung dominiert hängt davon ab, welches Perzentil der MAF-Verteilung man wählt. Bei einem hohen Perzentil ist der Schutz der Umwelt höher.

Blick in die Zukunft

Das Oekotoxzentrum arbeitet momentan daran, verschiedene mathematische Modelle zur Berechnung des MAF zu vergleichen und mit grossen Datensätzen aus sowohl nationalen (NAWA SPEZ) als auch internationalen (z.B. NAIADe aus Frankreich) Monitoringprogrammen zu vergleichen und zu validieren. Ausserdem erweitert es die Bewertungsgruppen, die zur retrospektiven Bewertung der Gemischtoxizität eingesetzt werden.

Bis jetzt wird der vom Oekotoxzentrum entwickelte Ansatz zur Berücksichtigung von Stoffmischungen bei der Gewässerbewertung auf direkte Effekte für Algen, wirbellose Tiere und Fische und auf Sekundärvergiftungen angewendet. Neu soll der Ansatz auch auf die Toxizität für Sedimentorganismen, die menschliche Gesundheit über den Konsum von Trinkwasser und die menschliche Gesundheit über den Konsum von Fischereiprodukten ausgeweitet werden. «So möchten wir dazu beitragen, dass Stoffgemische auf allen Ebenen besser berücksichtigt werden können», sagt Marion Junghans.

Kontakt: Marion Junghans,
marion.junghans@oekotoxzentrum.ch;
Fabian Balk,
fabian.balk@oekotoxzentrum.ch

Literatur

[1] Junghans, M., Kunz, P., & Werner, I. (2013). Toxizität von Mischungen. Aktuelle, praxisorientierte Ansätze für die Beurteilung von Gewässerproben. *Aqua & Gas*, 93(5), 54-61

[2] www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxzentrum

[3] Langer, M., Junghans, M., Spycher, S., Koster, M., Baumgartner, C., Vermeissen, E., & Werner, I. (2017). Hohe ökotoxikologische Risiken in Bächen. NAWA SPEZ untersucht Bäche in Gebieten mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung. *Aqua & Gas*, 97(4), 58-68

[4] KEMI (2015) An additional assessment factor (MAF) – a suitable approach for improving the regulatory risk assessment of chemical mixtures? Swedish Chemicals Agency, Stockholm, Article 361159, Report 5/15

[5] Price, P. S., & Junghans, M. (2023). Assessing the KEMI approach for determining the size of mixture assessment factors needed to protect aquatic receptors from chemical mixtures in surface waters. *Current Opinion in Toxicology*, 36, 100426 (6 pp.)

Im Gespräch mit dem «Vater» des Oekotoxenzentrums

Rik Eggen, ehemals stellvertretender Direktor der Eawag, war federführend bei der Gründung des Oekotoxenzentrums 2008 und hat die Entwicklung des Zentrums bis zu seinem Ruhestand Ende 2023 eng begleitet, zuerst als Teil der Geschäftsleitung und später als Vertreter der Eawag im Gastinstitutsrat. Hier blickt er zurück auf seine Zeit mit dem Oekotoxenzentrum.

Rik, du warst bei der Gründung des Oekotoxenzentrums massgeblich beteiligt. Wie war die Ausgangslage und warum brauchte es ein Oekotoxenzentrum?

Damals gab es nur wenig Expertise in der angewandten Toxikologie, sowohl für die Umweltwirkungen als auch für die Wirkungen auf den Menschen. Diese Lücke wurde politisch anerkannt und mittels der Motion Graf publik gemacht, die forderte aufzuzeigen, wie die unabhängige Lehre, Forschung und Information in den verschiedenen Bereichen der Toxikologie sichergestellt werden sollte. Alle bedeutenden Akteure aus Politik, Ämtern und Wissenschaft standen hinter dieser Forderung.

Es war allen wichtig, dass das bald angeordnete neue Zentrum im Bereich Ökotoxikologie wissenschaftlich gut eingebettet ist. Die Eawag hatte bereits Expertise in diesem Bereich und erklärte sich bereit, diese Einbettung zu bieten. Wir waren damals aktiv daran, eine molekular-mechanistische Ökotoxikologie aufzubauen mit dem Ziel, die toxikologischen Prozesse in komplexen Ökosystemen zu verstehen. Auch der Transfer in die Praxis war bereits vorbereitet mit den ersten Ideen für ein Konzept zur ökotoxikologischen Fließgewässerbeurteilung und der Arbeit an geeigneten *in vitro* Biotests. Bald kam die EPFL dazu, die ebenfalls ökotoxikologische Expertise hatte und besonders in der Untersuchung von Böden aktiv war.

Was waren damals die grössten Schwierigkeiten?

Die Schwierigkeiten damals waren dieselben wie heute: Was soll das Oekotoxenzentrum leisten und wie wird es finanziert? Die Bedürfnisse im Bereich Ökotoxikologie



Foto: Peter Penicka, Eawag

waren und sind breit aber die Finanzierung reicht nicht für alles. So mussten Prioritäten gesetzt werden. Seitdem wurde – zusammen mit den Stakeholdern aus der Praxis – immer versucht, die Dienstleistungen für den bestehenden Finanzrahmen zu optimieren. Es wird aber auch immer wieder deutlich, dass die bestehende Grundfinanzierung nicht erlaubt, alle Themen der Ökotoxikologie zufriedenstellend abzudecken. Eine weitere Herausforderung ist es, die aufgebauten Kompetenzen längerfristig für die Praxis zu sichern

Du hast das Oekotoxenzentrum lange eng begleitet. Was waren für dich in dieser Zeit die grössten Meilensteine?

Da gibt es vieles aufzuzählen. Seit der Gründung wurde eine ausgezeichnete wissenschaftliche und infrastrukturelle Zusammenarbeit mit der Eawag, der EPFL und auch der Fachhochschule Nordwestschweiz aufgebaut. Das Oekotoxenzentrum hat sein Mandat als wissenschaftliches Dienstleistungs- und Beratungszentrum in einem intensiven und konstruktiven Austausch mit der Praxis etabliert und zusammen mit externen Partnern zahlreiche erfolgreiche Projekte mit grossem Impact abgeschlossen. Unter anderem hat es den Einsatz von Biotests für die Bestimmung der Umwelt- und Abwasserqualität optimiert und ökotoxikologische Qualitätskriterien für zahlreiche Stoffe abgeleitet, die zum Teil bereits Eingang in die Gewässerschutzordnung gefunden haben.

Es führt erfolgreiche Weiterbildungskurse für Fachleute durch und wurde in mehreren Evaluationen als vorausschauendes schweizerisches Kompetenzzentrum in internationalen Kontext anerkannt. Durch eine Integration des Grundbudgets in das Budget der Eawag und die längerfristige Finanzierung wurden Festanstellungen möglich. Heute habt ihr ein hochkompetentes Team, das die schweizweite Unterstützung und Beratung erst möglich macht. Die Zusammenarbeit mit dem Partnerzentrum SCAHT (Swiss Centre for Applied Human Toxicology) und zahlreichen Partnern aus der Schweiz und auch international ist ebenfalls bedeutend.

Was denkst du, was für die Zukunft besonders wichtig wäre? Welche Wünsche gibst du dem Oekotoxenzentrum mit auf den Weg?

Ich hoffe, dass es gelingt, die Grundfinanzierung fürs Oekotoxenzentrum zu erhöhen. Dies ist zum einen für weitere Festanstellungen in praxisrelevanten Themenbereichen notwendig, um die aufgebaute Expertise nicht immer wieder zu verlieren. Zum anderen um neue zukunftsweisende Methoden weiterzuentwickeln und an unsere Partner in der Praxis weitergeben zu können. Ich wünsche dem Oekotoxenzentrum auch, dass der Grundgedanke «wissenschaftlich verankerte angewandte Ökotoxikologie für die Praxis und Gesellschaft» so weitergelebt wird und weitergelebt werden kann. Das war bei der Gründung essentiell und wird es bleiben.

Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum



Infoblatt zu Sonnenschutzmitteln in Gewässern

Sonnencremes schützen uns vor Hautkrebs, gelangen aber beim Baden auch in Gewässer. Und die darin enthaltenen UV-Filter können schädliche Auswirkungen auf Organismen im Ökosystem haben. Ein neues Infoblatt gibt Auskunft über die verschiedenen UV-Filter und ihre Wirkung auf Gewässer und empfiehlt Strategien für einen möglichst umweltfreundlichen Sonnenschutz. Das Oekotoxzentrum ist dem Verhalten von UV-Filtern in einem Badensee bereits in einem Pilotprojekt auf den Grund gegangen und plant derzeit weitere Untersuchungen, um einen breiteren Einblick in das Schicksal von UV-Filtern in Schweizer Badegewässern zu gewinnen (siehe Artikel Seite 3).

www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/infoblaetter,
Video zum Pilotprojekt im Geschinersee: www.oekotoxzentrum.ch/media/195670/sonnencreme_oekotox_okt22.mp4

Schwellenwerte für Antikoagulanzen in der Leber von Greifvögeln

Antikoagulanzen (AR) hemmen die Blutgerinnung und werden zur Bekämpfung von Ratten und Mäusen eingesetzt, können sich aber in der Nahrungskette anreichern. In einem kürzlichen Screeningprojekt hat das Oekotoxzentrum herausgefunden, dass die Füchse, Greifvögel, Fische und Igel in der Schweiz in ihrer Leber AR in Konzentrationen enthalten, die mit den Werten in Nachbarländern vergleichbar sind.

Jetzt wird in einem erweiterten Monitoring eine höhere Anzahl von Greifvögeln aus einem grösseren Einzugsgebiet untersucht. Die Leberproben der Tiere werden dabei wiederum mittels LC-MS/MS auf AR analysiert und die Kadaver werden zusätzlich auf krankhafte Veränderungen untersucht, welche auf eine Vergiftung mit AR hindeuten könnten (z.B. innere Blutergüsse). So soll bestimmt werden, ab welcher Konzentration die AR schädliche Effekte auf die Greifvögel haben. Diese Schwellenwerte werden benötigt, um herauszufinden, ob weiterführende Massnahmen nötig sind, um die Greifvögel besser zu schützen.

Kontakt: Sibylle Maletz, sibylle.maletz@oekotoxzentrum.ch



Neu am Oekotoxzentrum

Seit kurzem verstärken Luca Gelshorn, Breanne Holmes, Océane Lafargue und Louveline Lépeule unser Team am Oekotoxzentrum.

Luca Gelshorn arbeitet als Wissenschaftler in der Gruppe Risikobewertung, wo er Vorschläge für Richtwerte für verschiedene PFAS in Böden erarbeitet. Luca stammt aus dem Tessin und hat an der EPF Lausanne zunächst Geowissenschaften und physikalische Geographie studiert und anschliessend einen Master in Umweltwissenschaften abgeschlossen. In einem Praktikum am BAFU beschäftigte er sich mit den kantonalen Geodaten zu Grundwasserreserven.

Breanne Holmes ist Wissenschaftlerin in der Gruppe Risikobewertung und leitet dort Umweltqualitätskriterien für Gewässerschadstoffe ab. Breanne hat in den USA Chemie studiert und in ihrer Doktorarbeit an der University of North Carolina mit Rezeptorbindungstests die östrogene und androgene Aktivität von Desinfektionsnebenprodukten untersucht. An der Universität Örebro in Schweden setzte sie zelluläre und molekulare Testmethoden ein, um das Risiko von Schadstoffen zu charakterisieren. Anschliessend arbeitete sie als Ökotoxikologin bei Bayer und Nestlé.

Océane Lafargue führte 2023 ein Praktikum am Oekotoxzentrum durch und begann anschliessend als wissenschaftliche Assistentin im Bereich Sediment-Ökotoxikologie. Océane hat einen Bachelorabschluss im Bereich Umweltwissenschaften und einen Masterabschluss im Bereich Biodiversität, Gesundheit, Umwelt, beide von der Universität Reims Champagne Ardenne in Frankreich.

Louveline Lépeule arbeitet als wissenschaftliche Assistentin in der Gruppe Bodenökotoxikologie am Oekotoxzentrum. Louveline hat in Montpellier und Bordeaux Biologie, Ökotoxikologie und Umweltchemie studiert. Anschliessend arbeitete sie beim Zertifizierungsunternehmen SGS in Rouen.



Qualitätskriterien-Dossiers auf Webseite verfügbar

Das Oekotoxzentrum hat Umweltqualitätskriterien für mehr als 100 Stoffe erarbeitet – also substanzspezifische Konzentrationen, unterhalb derer keine schädlichen Wirkungen auf Organismen erwartet werden. Neu stellen wir die zugrundeliegenden Datendossiers auf unserer Webseite zur Verfügung, so dass diese Bestimmung nachvollzogen werden kann.

Für die Bestimmung der Werte recherchieren Expertinnen zunächst die Daten zur akuten und chronischen Toxizität der Stoffe für verschiedene Lebewesen, sowohl aus Zulassungsverfahren als auch aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Dabei wird auch die Relevanz und Verlässlichkeit der Daten geprüft, da nur Werte verwendet werden dürfen, die die strengen Anforderungen erfüllen. Je nach Menge und Zusammensetzung der verfügbaren Daten bestimmen die Expertinnen den Grenzwert mit unterschiedlichen Methoden.

2020 wurden die Qualitätskriterienvorschläge des Oekotoxzentrum für 19 Pestizide und 3 Arzneimittel als numerische Anforderungen in die Gewässerschutzverordnung aufgenommen und sind damit gesetzlich verbindlich. In der EU wurden effektbasierte Grenzwerte bereits 2008 als Umweltqualitätsnormen (environmental quality standards = EQS) in der Wasserrahmenrichtlinie verankert, momentan gelten dort Werte für 45 Einzelsubstanzen oder Substanzgruppen. Neu sollen zusätzliche Substanzen bzw. Substanzgruppen in die EU-Liste aufgenommen werden, so dass die Liste dann 65 Substanzen umfasst. Das Oekotoxzentrum war an der Erarbeitung der zusätzlichen Grenzwerte beteiligt. Während diese vom EU-Parlament bereits angenommen wurden, steht die Bestätigung durch die Mitgliedstaaten noch aus.

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



Weiterbildungskurse am Oekotoxzentrum

Aufgrund des grossen Interesses an diesem Thema findet am **25. Juni 2024** ein **Wiederholungskurs** zum Thema **PFAS in der Umwelt** statt. 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. Die Vorträge wurden beim ersten Kurs aufgezeichnet und werden dieses Mal als Videos gezeigt.

Am **6. und 7. November 2024** organisiert das Oekotoxzentrum einen Kurs über Techniken zur Onlineüberwachung der Wasserqualität **Going Dynamic – The potential of online water quality monitoring tools**. Der Kurs gibt einen Überblick über die Anwendung und das Potenzial verschiedener Onlinemethoden und geht auf die Bereiche Biomonitoring, chemisches Monitoring, Durchflusszytometrie und Sensoren ein. Hierbei werden Daten zur Reaktion von Wasserorganismen, zur Chemie, zur Zusammensetzung von Bakteriengemeinschaften und zu abiotischen Wasserparametern in Echtzeit erhoben. Da die Onlinemethoden die Wasserqualität mit einer hohen zeitlichen Auflösung bewerten, können Konzentrationsspitzen von Schadstoffen erfasst werden. So ermöglichen die Methoden eine schnelle Reaktion und ein schnelles Handeln im Falle eines Störfalls und sind daher wichtige Instrumente für die Überwachung der Wasserqualität der Zukunft.

www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/weiterbildungsangebot

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

Herbizid erschwert Anpassung von Korallen an Klimawandel

Der Klimawandel hat auf der ganzen Welt zur Zerstörung von Korallenriffen geführt. Stresstolerante Korallen können sich zwar an die Erwärmung der Meere anpassen. Eine neue Studie zeigt allerdings, dass sie diese Anpassungsfähigkeit verlieren, wenn andere Stressoren dazukommen. Die toxische Wirkung von Hitze auf eine stresstolerante Koralle wurde verstärkt, wenn sie mit der Exposition gegenüber dem Herbizid Prometryn in realistischen Umweltkonzentrationen kombiniert wurde. Es ist also notwendig, bei der Mitigation von Hitzestress auch zusätzliche Stressfaktoren im Auge zu behalten.

Zhou, Y. et al. (2024) Environmental Concentrations of Herbicide Prometryn Render Stress-Tolerant Corals Susceptible to Ocean Warming. *Environmental Science & Technology* 2024 58 (10), 4545-4557

Pestizide aus Apfelanbau erreichen entlegene Bergregionen

Die Verbreitung von Pestiziden über die Luft wird stark unterschätzt. Eine neue Studie aus Italien zeigt, dass die Pestizide, die im Apfelanbaugebiet Vintschgau in Südtirol ausgebracht werden, nicht in den Obstplantagen bleiben. Sie breiten sich im ganzen Tal aus und werden bis in grosse Höhen in sensible und geschützte Bergregionen transportiert. So beeinträchtigen sie nicht nur die Anbauflächen, sondern schädigen ganze Ökosysteme.

Brühl, C.A. et al. (2024) Widespread contamination of soils and vegetation with current use pesticide residues along altitudinal gradients in a European Alpine valley. *Communications Earth & Environment* 5, 72

Überwachung der Wasserqualität mit dem Mitochondrientest MitoOxTox

Mitochondrien spielen eine Schlüsselrolle für die Energieproduktion von Zellen, aber ihre Funktion kann durch Umweltgifte gestört werden. Ein neuer In-vitro-Biotest auf der Basis einer menschlichen Zelllinie kann die Mitochondrientoxizität in Wasserproben über die Störung des mitochondrialen Membranpotenzials (MMP) messen. Mitochondrien-Hemmstoffe zeigten eine hochspezifische Wirkung auf das MMP und nur geringe Auswirkungen auf die Lebensfähigkeit der Zellen oder die oxidative Stressreaktion. Der neue Test

wurde auf Wasserproben aus Kläranlagen, Oberflächengewässern, Trink- und Flaschenwasser aus verschiedenen europäischen Ländern angewendet. Dabei wurden für Proben aus dem Kläranlagenzulauf und -ablauf spezifische Auswirkungen auf das MMP beobachtet. Der neue Biotest ist eine wichtige Ergänzung zu bestehenden In-vitro-Testbatterien für die Prüfung der Wasserqualität.

Lee, J. et al. (2024) Water Quality Monitoring with the Multiplexed Assay MitoOxTox for Mitochondrial Toxicity, Oxidative Stress Response, and Cytotoxicity in AREc32 Cells. *Environmental Science & Technology* 2024 58 (13), 5716-5726

PFAS-Belastung in Gewässern wird weltweit unterschätzt

Die Risikosubstanzen PFAS (per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) werden überall in der Umwelt gefunden. Ihre Toxizität für Mensch und Umwelt gibt Anlass zur Sorge und hat international zur Verschärfung zahlreicher Grenzwerte geführt – in Kanada und den USA sind diese besonders streng. Eine neue Studie hat Daten von mehr als 45'000 Proben aus Grundwasser und Oberflächengewässern weltweit zusammengetragen, um das globale Ausmass der PFAS-Belastung zu bewerten. Ein erheblicher Anteil der beprobten Gewässer überschreitet die PFAS-Trinkwassergrenzwerte, wobei das Ausmass der Überschreitung vom lokalen Grenzwert und der PFAS-Quelle abhängt. Die Umweltbelastung mit PFAS wird durch die aktuellen Monitoringmethoden unterschätzt, da jeweils nur die rechtlich relevanten PFAS quantifiziert werden.

Ackerman Grunfeld, D. et al. (2024) Underestimated burdens of per- and polyfluoroalkyl substances in global surface waters and groundwaters. *Nature Geoscience* 17, 340-346

Eulen und andere nachtaktive Raubvögel mit Rattengift belastet

In einer australischen Studie wurden 60 nachtaktive Raubvögel aus unterschiedlichen Landschaftstypen auf verschiedene Antikoagulanzen untersucht. Antikoagulanzen hemmen die Blutgerinnung und werden zur Bekämpfung von Ratten und Mäusen eingesetzt, können sich aber in der Nahrungskette anreichern. Die Stoffe wurden in der Leber von 92% der untersuchten Vögel nachgewiesen, bei 33% bis 80% der Tiere in Konzentrationen, wo toxische Effekte nicht ausgeschlossen sind. Arten, die sich nicht primär von Nagetieren ernähren, enthielten vergleichbare Konzentrationen an Rodentiziden wie Arten, die hauptsächlich Nagetiere fressen. Antikoagulanzen haben das Potenzial, eine Bedrohung für das Überleben von Raubvogelpopulationen darzustellen.

Cooke, R. et al (2023) Silent killers? The widespread exposure of predatory nocturnal birds to anticoagulant rodenticides. *Science of The Total Environment*, 904, 166293

Impressum

Herausgeber: Oekotoxzentrum

Eawag
Überlandstrasse 133
8600 Dübendorf
Schweiz
Tel. +41 58 765 5562
Fax +41 58 765 5863
www.oekotoxzentrum.ch

EPFL-ENAC-IIE-GE

Station 2

1015 Lausanne

Schweiz

Tel. +41 21 693 6258

Fax +41 21 693 8035

www.centrecotox.ch

Redaktion: Anke Schäfer, Oekotoxzentrum

Copyright: © Die Texte und die nicht anders markierten Fotos unterliegen der Creative-Commons-Lizenz «Namensnennung 4.0 International». Sie dürfen unter Angabe der Quelle frei vervielfältigt, verbreitet und verändert werden. Weitere Informationen zur Lizenz finden Sie unter www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Fotos: Oekotoxzentrum; Adobe Stock (S. 7, 10, 11), Peter Penicka, Eawag (S. 9)

Erscheinungsweise: zweimal jährlich

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

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