

oekotoxzentrum news

15. Ausgabe November 2017

Schweizerisches Zentrum für angewandte Ökotoxikologie | Eawag-EPFL



Östrogene im Wasser – Screening und Risikobewertung für Europa _____	3
Immuntoxizität: eine unterschätzte ökotoxikologische Wirkung von Chemikalien _____	6
Wie lange Wasserproben sammeln? _____	8
Fortschritte in der Bewertung der Sedimentqualität _____	9
Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum _____	10
Ökotoxikologie anderswo _____	12

Editorial

Biotests und Umweltmonitoring



Dr. Inge Werner,
Leiterin des Oekotoxenzentrums

In zwei Jahren soll die 2000 in Kraft getretene Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) der Europäischen Union überarbeitet und ergänzt werden. Die WRRL schafft innerhalb der EU einen einheitlichen rechtlichen Rahmen für die Wasserpolitik mit dem Zweck, diese stärker auf eine nachhaltige und umweltverträgliche Wassernutzung auszurichten. Die Richtlinie zielt darauf ab, einen guten ökologischen und chemischen Zustand für Oberflächengewässer zu erreichen. Dafür werden regelmässig Makroinvertebraten-Gemeinschaften betrachtet («ökologischer Zustand») und Konzentrationen von 45 prioritären Stoffen gemessen, die mit den jeweiligen Umweltqualitätskriterien verglichen werden («chemischer Zustand»). Die Ergebnisse des Monitorings zeigen, dass die gesteckten Ziele bisher häufig nicht erreicht werden. Vor allem der biologische Zustand lässt zu wünschen übrig und deckt sich ausserdem nicht mit dem chemischen Zustand.

Warum ist das für die Schweiz wichtig? Zum einen – wie jemand vor kurzem treffend bemerkte – «gibt es ausserhalb der

Schweiz sehr viel EU». Es ist also auch im Interesse der Schweiz, Gewässer grenzübergreifend mit harmonisierten Methoden zu schützen. Zum anderen können wir aus den bisher erzielten Ergebnissen lernen: Ein Monitoring von wenigen prioritären Stoffen reicht nämlich nicht aus, um die Schadstoffbelastung von Gewässern zu erfassen. Die Schweiz plant deshalb für das nächste Jahr die Einführung von Umweltqualitätskriterien für über 50 relevante Stoffe. Für einige ökotoxikologisch wichtige Mikroverunreinigungen wie die steroidal Östrogene ist es allerdings nicht einfach, sie in Konzentrationen nachzuweisen, die zur Überwachung der Qualitätskriterien erforderlich sind. Hier können effektbasierte Methoden, also Biotests, sinnvoll eingesetzt werden. Daher hat das Oekotoxzentrum ein EU-weites Projekt koordiniert, in dem Östrogene gleichzeitig mit chemisch-analytischen Methoden und verschiedenen Biotests gemessen wurden (S. 3). Effektbasierte Methoden erfassen nicht nur sensitiv die biologische Wirkung von bekannten Stoffmischungen, sondern auch von unbekanntem Stoffen oder Abbauprodukten. Diese Art der Analyse ist also einen Schritt näher an der Realität im Gewässer und erfasst besser, was die Organismen wirklich erleben. Sie kann dadurch eine Brücke zwischen dem «biologischen Zustand» und dem «chemischen Zustand» der Gewässer bilden.

Was auf Wasserorganismen direkt toxisch wirkt, wird am überzeugendsten in Biotests mit lebenden Organismen gezeigt. Tierversuche sollen jedoch aus ethischen Gründen reduziert werden und sind logistisch auf-

wendiger als *in vitro* Tests. Ein weiterer Vorteil ist, dass *in vitro* Tests oft direkt auf eine bestimmte Schadstoffgruppe hinweisen, wie zum Beispiel Östrogene oder Herbizide. Leider können wir auf diese Weise bisher nur einige Wirkungsweisen nachweisen: Es gibt z. B. gut etablierte Biotests für herbizide, genotoxische, östrogene und androgene Wirkungen. Viele Stoffe beeinflussen jedoch das Nerven- und Immunsystem, mit negativen Folgen für die ökologische Fitness der Wasserlebewesen. Hier fehlen noch gut geeigneten Biotests für das Umweltmonitoring. Aus diesem Grund hat das Oekotoxzentrum mit der Universität Bern untersucht, welche Tests für den Nachweis immunotoxischer Wirkungen am besten geeignet sind (S. 6).

Doch es sind nicht nur die Schadstoffe im Wasser, die die Gewässerqualität beeinflussen, sondern auch diejenigen in Sedimenten. Noch gibt es in der Schweiz keine standardisierten Methoden zur regelmässigen Kontrolle von Sedimenten. Das soll sich bald ändern: Das Oekotoxzentrum erarbeitet Methodenempfehlungen für die Sedimentuntersuchung der Kantone und die Bewertung der Sedimentqualität. Wo wir hier stehen, lesen Sie auf Seite 8. Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre.

Mit freundlichen Grüssen



Östrogene im Wasser – Screening und Risikobewertung für Europa

In einem internationalen Projekt wurden europäische Wasserproben mit verschiedenen biologischen und chemischen Methoden auf Östrogene untersucht. Es zeigt sich, dass Biotests auf der Basis von Zellkulturen sehr gut geeignet sind, um die Stoffe nachzuweisen, die europaweit überwacht werden sollen.

Hormonaktive Stoffe können zur Verweiblichung von Fischen führen, ihr Immunsystem beeinträchtigen und auch andere empfindliche Wassertiere negativ beeinflussen: Dies haben zahlreiche wissenschaftliche Studien gezeigt. Besonders potent sind die steroidalen Östrogene wie die Hormone 17β -Estradiol (E2) und 17α -Ethinyl-Estradiol (EE2) und das Transformationsprodukt Estron (E1). Während E1 und E2 natürlich von Menschen und Tieren gebildet werden, wird das Hormon EE2 synthetisch hergestellt und zur Empfängnisverhütung eingesetzt. Da diese Stoffe kontinuierlich über Abwasser in Flüsse eingetragen werden und E2 und EE2 eine hohe biologische Aktivität haben, können schon sehr kleine Konzentrationen ganze Populationen negativ beeinflussen. Daher hat die EU alle drei Substanzen in die sogenannte «Watch List» für potentiell schädliche Stoffe aufgenommen. Die Umweltkonzentrationen dieser Stoffe sollen regelmässig gemessen werden, damit ihr Umweltrisiko zukünftig besser beurteilt und reguliert werden kann.

Niedrige Nachweisgrenze notwendig

Die chemische Analyse der Stoffe ist zur Zeit noch eine Herausforderung und erreicht oft nicht die sehr niedrigen geforderten Nachweisgrenzen. Diese sollten nämlich wenigstens den jeweiligen vorgeschlagenen ökotoxikologischen Grenzwert (environmental quality standard, EQS) für chronische Belastungen erreichen, da ab dieser Konzentration ein Risiko für schädliche Effekte bei Organismen besteht: Die dafür vorgeschlagenen Werte liegen in der EU für E1 bei 3600 pg/L, für E2 bei 400 pg/L und für EE2 bei 35 pg/L.

«Biologische Methoden sind in der Lage, die Stoffe schon in sehr geringen Konzentrationen nachzuweisen», sagt Projektkoordinator Robert Kase vom Oekotoxzentrum. «Sie könnten also für ein Screening eingesetzt werden und die chemische Analytik beim Monitoring ergänzen.» Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass Biotests kein Vorwissen über die Stoffe in einer Probe erfordern, und sie die biologische Antwort auf Mischungen auch unbekannter Substanzen mit der gleichen Wirkung analysieren können.

Für den Nachweis von Östrogenen werden meist zellbasierte Rezeptortests genutzt, in denen die Bindung von Substanzen an den menschlichen Östrogenrezeptor über ein gekoppeltes Repor-

tergen sichtbar gemacht werden kann. Dafür werden Hefezellen, menschliche Zellen oder andere Säugetierzellen eingesetzt. «Die Systeme sind sehr gut geeignet, um die geringen Östrogenkonzentrationen in Oberflächengewässern zu bestimmen», erklärt Robert Kase. «Dennoch empfehlen die EU-Behörden die Verfahren noch nicht für die Anwendung in den Monitoring-Programmen der Wasserrahmenrichtlinie. Das liegt daran, dass es nicht genügend systematische Daten zu ihrer Anwendbarkeit als Monitoring- und Screeningmethoden gibt.»

Europaweite Probenahme und Zusammenarbeit

Daher hat das Oekotoxzentrum – zusammen mit dem Istituto Superiore di Sanità (IT) und der EU Kommission – ein internationales Projekt koordiniert. In dem Projekt wurde der Nutzen von zellbasierten Biotests für den Nachweis von EE2, E2 und E1 in Fliessgewässern und Abwasser evaluiert. Dazu verglichen Wissenschaftler aus der Schweiz, Deutschland, Italien, Frankreich, Tschechien und den Niederlanden neue Daten aus der chemischen und der biologischen Analyse von insgesamt 16 Fliessgewässerproben und 17 Abwasserproben aus ganz Europa. Drei Labors analysierten die Proben chemisch mit hochauflösender Flüssigchromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie (LC-MS/MS) und Elektrosprayionisation. Fünf Labors setzten verschiedene zellbasierte Rezeptortests zum Nachweis östrogen aktiver Substanzen ein: Dies waren die kommerziellen ER-CALUX und ER-GeneBLazer Systeme, und die nicht-kommerziellen MELN, HeLa-9903 und pYES Tests. Für den pYES Test werden Hefezellen verwendet, für die anderen dagegen menschliche Zellkulturen.

«Mit chemischen Analysen konnten die potenteren Östrogene E2 und EE2 nur in einem Teil der Proben gut quantifiziert werden», berichtet Robert Kase. «Der Grund dafür war, dass die Nachweisgrenzen zu hoch lagen.» E2 konnte in 4% der Oberflächengewässerproben nicht in den geforderten Konzentrationen detektiert werden, für EE2 waren es 44% der Proben. Dies war bei den Abwasserproben noch stärker ausgeprägt, da diese mehr Verunreinigungen enthalten, die die Analytik behindern. Die biologischen Rezeptortests waren in der Lage, die Hormone in Konzentrationen nachzuweisen, die ungefähr zehnfach unterhalb der chemischen



Bestimmungsgrenze lagen. Ansonsten war die Übereinstimmung zwischen den gemessenen Konzentrationen in der chemischen und der biologischen Analytik hoch. Die Ergebnisse der verschiedenen Rezeptortests waren ebenfalls gut vergleichbar.

Chemisches Mischungsrisiko

Welche Methoden sind nun am besten für die Beurteilung der Gewässerqualität geeignet? Um diese Frage zu beantworten, bestimmten die Forschenden zunächst das Risiko für Populationen von Wasserorganismen (siehe Kasten). Für die chemische Analytik verglichen sie dazu die gemessenen Konzentrationen der Einzelstoffe EE2, E2 und E1 mit dem jeweiligen EQS-Vorschlag der Substanz und berechneten für jede Substanz den Risikoquotienten. Ist die Konzentration eines Einzelstoffes grösser als ihr EQS, so ist das Risiko für schädliche Wirkungen auf Organismen nicht akzeptabel. Das gleiche gilt für die Mischungseffekte von Substanzen mit gleichem Wirkmechanismus: So addierten die Wissenschaftler die Risikoquotienten für EE2, E2 und E1. Überschreitet diese Summe der Risikoquotienten 1, so besteht ein nicht akzeptables Risiko für die Mischung. Das war für 44% der Oberflächenwasserproben und 53% der Abwasserproben der Fall, wobei nur die quantifizierten Messungen berücksichtigt wurden.

Bei der Analytik mit Biotests wird die Aktivität der östrogenen Substanzen im Wasser als diejenige Konzentration des Hormons 17 β -Estradiol ausgedrückt, die ebenso potent wirkt wie die unbekannte Mischung: Die Konzentration der Stoffe wird dabei in Form von 17 β -Estradiol-Äquivalenten (EEQ) angegeben. Die EEQ aus der biologischen Analytik korrelierten gut mit den Summen-Risikoquotienten aus der chemischen Analytik. Dies zeigt, dass die effektbasierten Methoden dafür geeignet sind, den chemischen Status von Gewässern zu bestimmen oder belastete Proben zu identifizieren.

Triggerwerte zur Bestimmung des ökotoxikologischen Risikos

Um auch für die Biotest-Ergebnisse das Umweltrisiko zu beurteilen, benötigt man einen Schwellenwert, mit dem man die im Biotest bestimmte Gesamtkonzentration der EEQ für östrogen wirksame

Stoffe vergleichen kann. Dafür können für Substanzen mit demselben Wirkmechanismus aus den vorhandenen Toxizitätsdaten sogenannte effekt-basierte Triggerwerte abgeleitet werden. Diese Werte sind derzeit nicht regulatorisch gültig. Ähnlich wie bei der konventionellen Risikobewertung mit chemischen Analysedaten und EQS zeigt die Überschreitung von Triggerwerten durch im Biotest gemessene Äquivalenzkonzentrationen ein nicht akzeptables Risiko für einen spezifischen Wirkmechanismus an (siehe Kasten). Die Ergebnisse der chemischen und ökotoxikologischen Risikobewertung war insgesamt gut vergleichbar. Je nach Biotest variierten die ökotoxikologischen Risikoquotienten etwas: So bestand für 31–50% der Oberflächengewässerproben und für 53–71% der Abwasserproben ein nicht akzeptables Risiko. Im Vergleich zu den chemischen Risikoquotienten wurde für 11% zusätzliche Proben ein nicht akzeptables Risiko identifiziert. Dies liegt zum grössten Teil daran, dass die Hormone EE2 und E2 in einem Teil der Proben chemisch nicht empfindlich genug analysiert werden konnten und so das Risiko unterschätzt wurde. Desweiteren beschränken sich die Biotests nicht auf den Nachweis von steroidalen Östrogenen, sondern weisen auch andere Chemikalien mit einer östrogenen Aktivität nach.

Rezeptortests als Screeningmethoden

Für ungefähr 15% der Gewässerproben und 41% der Abwasserproben konnten die Resultate der chemischen Analysen nicht für eine Bestimmung der Gewässerqualität verwendet werden, da mindestens eine Nachweisgrenze zu hoch lag. Die Nachweisgrenzen der ökotoxikologischen Tests lagen für alle fünf Methoden unterhalb des vorgeschlagenen Triggerwerts. Zellbasierte Rezeptortests sind daher sehr gut dafür geeignet, Wasserproben im Umweltmonitoring auf steroidale Östrogene zu screenen und die chemische Analytik zu ergänzen.

Die Rezeptortests haben folgende Vorteile: a) sie sind genügend sensitiv, um steroidale Östrogene in Oberflächen- und Abwasser zu quantifizieren, b) sie sind in der Lage, die kombinierte Wirkung von Östrogenmischungen zu erfassen, einschliesslich die Wirkung unbekannter Chemikalien, die den Östrogenrezeptor aktivieren und c) sie erlauben es, den ökotoxikologische Status zu bestimmen,



indem mit Hilfe von Triggerwerten Risikoquotienten berechnet werden können. Dieser Ansatz ähnelt dem, der für die regulatorische Umwelt-Risikobewertung eingesetzt wird, erlaubt aber eine integrierte Mischungsbewertung. Zu einigen Rezeptortests werden im kommenden Jahr ISO-Standards in Kraft treten.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurde im Herbst 2017 ein Folgeprojekt begonnen: 14 EU-Mitgliedstaaten und 4 Schweizer Kantone werden dafür über 80 Oberflächengewässerproben zur Verfügung stellen, die mit Biotests auf Östrogene und bestimmte Schmerzmittel (Cox-Inhibitoren) untersucht werden sollen. Ausserdem koordiniert das Oekotoxzentrum zusammen mit dem EU Joint Research Center, Schweden und Italien eine Arbeitsgruppe, die eine Empfehlung für die Anwendbarkeit der Biotest-Methoden in der Wasserrahmenrichtlinie der EU vorbereitet.

Kontakt:
Robert Kase, robert.kase@oekotoxzentrum.ch

Chemische und ökotoxikologische Risikobewertung

Die Wasserqualität von Oberflächengewässern wird meist bewertet, indem die chemisch gemessene Umweltkonzentration (measured environmental concentration, MEC) eines Stoffes mit seinem Qualitätskriterium EQS (environmental quality standard) verglichen wird. Überschreitet die MEC den EQS, so ist der Risikoquotient $RQ > 1$ und eine Beeinträchtigung der Organismen kann nicht mehr ausgeschlossen werden. Zur Berechnung des **chemischen Mischungsrisikos** werden die RQ der Einzelsubstanzen addiert.

$$(1) RQ_{\text{chem}} = \sum_i^n RQ_{\text{chem } i} = \sum_i^n \frac{MEC_i}{EQS_i}$$

Um das **ökotoxikologische Risiko** zu berechnen, wird die biologische Äquivalenzkonzentration EEQ mit dem effektbasierten Triggerwert EBT verglichen. Dieser gilt für Substanzen mit demselben Wirkmechanismus.

$$(2) RQ_{\text{bio}} = \frac{EEQ}{EBT}$$

Ähnlich wie bei der konventionellen Risikobewertung mit chemischen Analysedaten und EQS zeigt ein $RQ > 1$ ein nicht akzeptables Risiko für einen spezifischen Wirkmechanismus an.



Immuntoxizität: eine unterschätzte ökotoxikologische Wirkung von Chemikalien

Zahlreiche Stoffe beeinflussen die Fähigkeit von Wildtieren, mit Krankheitserregern fertig zu werden. Noch gibt es aber keine anerkannten biologischen Tests im Bereich der Ökotoxikologie, um Umweltproben und Chemikalien auf immuntoxische Wirkungen zu screenen. Das Oekotoxzentrum möchte hier Abhilfe schaffen.

Schadstoffe in der Umwelt beeinflussen nicht nur direkt das Überleben von Organismen, sondern können auch über subtilere Wirkungen auf die «Fitness» von Arten einwirken. Diese Wirkungen sind zwar nicht unmittelbar sichtbar, beeinträchtigen aber die Fähigkeit der Tiere, auf andere Stressfaktoren zu reagieren, und verringern so ihre Fähigkeit zu überleben, zu wachsen und zu reproduzieren. Ein wichtiger Angriffspunkt für solche indirekten Wirkungen ist das Immunsystem: Für Wildtiere belegen eine Reihe von Feld- und Laborstudien, dass Umweltchemikalien die Funktion des Immunsystems beeinflussen. Ein bekanntes Beispiel ist der weltweite Rückgang der Amphibienpopulationen. Als ein zentraler Faktor für den Amphibienrückgang gelten Infektionen mit Pathogenen (Parasiten, Viren, Pilze). Es wurde gezeigt, dass eine gleichzeitige Belastung mit Chemikalien zu einer Unterdrückung des Immunsystems der Tiere führen kann und sie damit empfänglicher für die Infektion durch Pathogene macht. Ein anderer gut untersuchter Fall sind Staupe-Epidemien bei Meeressäugern wie Schweinswalen, Delfinen, Seehunden und Robben, denen jeweils Tausende von Tieren zum Opfer fallen. Der Ausbruch der Krankheit wird mit der Anreicherung von immunsuppressiven polychlorierten Biphenylen in den Meeressäugern in Verbindung gebracht. Wichtig ist, dass die immuntoxischen Wirkungen von Chemikalien mit den immunmodulierenden Effekten anderer Stressfaktoren zusammenwirken. Derartige kumulative Effekte könnten eine Erklärung dafür sein, warum Infektionskrankheiten bei Wildtieren in einem nie dagewesenen Tempo zunehmen.

Fehlende Screeningtests

Obwohl Immuntoxizität also eine wichtige Rolle spielt, gibt es in der Ökotoxikologie in diesem Bereich noch keine anerkannten Prüfverfahren. Ein erster Schritt, um dieses Defizit zu beheben, wäre die Entwicklung von einfachen Screeningtests zur Erfassung immuntoxischer Potenziale von Chemikalien und Umweltproben. Daher hat das Oekotoxzentrum zusammen mit dem Zentrum für Fisch- und Wildtiermedizin (FIWI) der Universität Bern ein Projekt gestartet, um ausgewählte Immunendpunkte systematisch auf ihre Fähigkeit zu testen, Chemikalien mit immunmodulierendem Potenzial zu detektieren. Dabei darf der Screeningtest falsch-positive Ergebnisse liefern, aber keine falsch-negativen. Diese

Stoffe können dann in weiterführenden Tests näher charakterisiert werden.

Als Kandidat für einen immuntoxikologischen Screeningassay wurde ein *in vitro*-Ansatz mit isolierten Immunzellen (Leukozyten) der Regenbogenforelle ausgewählt. Die Auswahl des Verfahrens basierte auf einer ausführlichen Literaturliteraturauswertung: «Wir haben beschlossen, die Immunendpunkte für den Screeningassay zu prüfen, welche bisher am häufigsten für die Bewertung der Immuntoxizität in Fischen eingesetzt wurden», erklärt Kristina Rehberger (FIWI). Für die Charakterisierung des Assays sind drei Überlegungen wichtig: (I) Zunächst muss in einem Zelltest klar unterschieden werden zwischen der allgemeinen zytotoxischen Wirkung der Testchemikalien und ihrer spezifischen immuntoxischen Wirkung. Deshalb wurde für jede Testchemikalie zunächst der zytotoxische Konzentrationsbereich bestimmt und daraus der nicht-zytotoxische Konzentrationsbereich für den Screeningtest abgeleitet. (II) Dann muss bei immunologischen Prüfverfahren klar unterschieden werden zwischen der Reaktion des ruhenden Immunsystems und des durch ein Antigen oder Pathogen aktivierten Immunsystems – die Antwortmuster des ruhenden und des aktivierten Immunsystems können sich deutlich unterscheiden. (III) Schliesslich ist die Auswahl der Testchemikalien kritisch: Es müssen sowohl Stoffe getestet werden, für die eine spezifische immuntoxische Wirkung in Studien mit Fischen nachgewiesen ist, wie auch nicht-immuntoxische Stoffe. Dabei sollte die Gruppe der immuntoxischen Testchemikalien unterschiedliche molekulare Wirkweisen einschliessen.

Verschiedene Endpunkte

Die Wirkung der Testchemikalien auf die Funktion der Immunzellen wird in diesem Projekt über drei Endpunkte erfasst, welche alle durch Chemikalien beeinflusst werden können. Der erste Endpunkt misst die **Phagozytoseaktivität** der Immunzellen. Die Phagozytose von körperfremdem Material z.B. Bakterien oder geschädigtem körpereigenem Material wie z.B. Krebszellen ist eine wichtige Funktion der angeborenen Immunantwort. Bei diesem Prozess werden zum Beispiel die Krankheitserreger in die Immunzellen aufgenommen um danach verdaut zu werden. Chemikalien

können die Fähigkeit der Immunzellen zur Phagozytose verändern. Um eine einfache Messbarkeit des Phagozytoseprozesses zu erreichen, werden die isolierten Forellenleukozyten anstelle von Krankheitserregern mit fluoreszenzmarkierten Latexkügelchen versetzt. Anschliessend wird per Durchflusszytometrie der Anteil der Zellen bestimmt, welcher Latexkügelchen aufgenommen hat, also phagozytotisch aktiv war.

Ein zweiter wichtiger Endpunkt ist die Messung der **oxidativen Burst-Aktivität** der Fischleukozyten. Die durch Phagozytose aufgenommenen Krankheitserreger müssen in den Zellen verdaut werden. Dazu produzieren die Phagozyten reaktive Sauerstoffspezies («Sauerstoffradikale»). Auch die oxidative Burst-Aktivität der Leukozyten kann durch Chemikalien verändert werden. Methodisch wird zur Messung der oxidativen Burst-Aktivität ein kolorimetrischer Test eingesetzt, der NBT-Assay: Dabei wird das gelbe, lösliche Substrat Nitroblauterazoliumchlorid (NBT) durch reaktive Sauerstoffspezies innerhalb der Zellen zu einem blauen, unlöslichen Di-Formazan-Farbstoff reduziert. Dieser wird anschliessend im Photometer quantifiziert.

Der dritte getestete Immunendpunkt ist die **RNA-Expression** ausgewählter Zytokine. Zytokine sind wichtige Signalproteine, welche eine wesentliche Rolle für die Kommunikation innerhalb des Immunsystems spielen. In der Studie wurde die RNA-Expression der Forellenleukozyten von drei Zytokinen, die häufig in immunotoxischen Studien mit Fischen gemessen wurden, mit Hilfe der qRT-PCR (quantitative reverse transcription polymerase chain reaction) analysiert. Die ausgewählten Zytokine sind die entzündungsfördernden IL (Interleukin)-1 β und TNF(Tumor necrosis factor) α sowie das entzündungshemmende IL-10.

Sind die Fischleukozyten-Tests als immuntoxikologisches Screening-Verfahren geeignet?

Um die Eignung der Immunendpunkte als Screeningmethode zu beurteilen, wurden fünf Chemikalien mit immuntoxischer Wirkung in Fischen sowie drei nicht-immuntoxische Chemikalien ausgewählt. Die immunmodulierenden Stoffe haben bekannte aber unterschiedliche Wirkmechanismen: Der Entzündungshemmer

Dexamethason wirkt über den Glucocorticoidrezeptor. Das synthetische Hormon Ethinylöstradiol, das zur Empfängnisverhütung eingesetzt wird, wirkt über den Östrogenrezeptor. Bisphenol A, ein Bestandteil einiger Plastikarten, wirkt ebenfalls über den Östrogenrezeptor, kann aber auch andere immunologisch relevante Signalwege aktivieren. Der aromatische Kohlenwasserstoff Benzo(a)pyren wirkt über den Aryl-Hydrocarbon-Rezeptor auf das Immunsystem und das Schmerzmittel Diclofenac entfaltet seine immunologische Wirkung über die Hemmung des Enzyms Cyclooxygenase. Als Stoffe mit nicht immunmodulierender, sondern unspezifischer («narkotischer») Wirkung wurden das Frostschutzmittel Ethylenglykol und die Industriechemikalien Butanol und 1, 2, 4-Trichlorbenzol eingesetzt. Die Hälfte der isolierten Fischzellen wurde zudem vor der Chemikalienexposition mit Lipopolysacchariden des Bakteriums *E. coli* stimuliert, um eine Aktivierung des Immunsystems zu erreichen.

Die ersten, vorläufigen Ergebnisse sind vielversprechend: Die fünf immunmodulierenden Stoffe Dexamethason, Ethinylöstradiol, Bisphenol A, Benzo(a)pyren und Diclofenac führten vor allem bei der Phagozytose und der oxidativen Burst-Aktivität zu Effekten. Die Testsubstanz Dexamethason beispielsweise hemmte nicht nur die Phagozytose und die oxidative Burst-Aktivität signifikant, sondern auch die RNA-Expression der Zytokine IL-1 β und TNF α . Die detaillierten Ergebnisse werden bald als Bericht verfügbar sein.

Kontakt:

Inge Werner, inge.werner@oekotoxzentrum.ch;

Helmut Segner, helmut.segner@vetsuisse.unibe.ch;

Kristina Rehberger, kristina.rehberger@vetsuisse.unibe.ch



Wie lange Wasserproben sammeln?

Überschreitet die gemessene Gewässerkonzentration einer Substanz ihr Qualitätskriterium, so wird die Gewässerqualität als unzureichend bewertet. Aber über welchen Zeitraum soll die Gewässerprobe gesammelt und die Konzentration gemittelt werden?

2016 wurde die Schweizer Gewässerschutzverordnung revidiert. Als Folge treten in der Schweiz voraussichtlich 2018 effektbasierte Qualitätskriterien für zahlreiche Schadstoffe in Kraft. Qualitätskriterien sind substanzspezifische Konzentrationen für einzelne Chemikalien, unterhalb derer keine schädliche Wirkung auf Wasserlebewesen erwartet wird. Aus Toxizitätsdaten werden jeweils zwei Werte bestimmt: Das akute Qualitätskriterium soll Schutz vor Kurzzeitbelastungen bieten, das chronische Qualitätskriterium Schutz vor längerfristig erhöhten Konzentrationen.

Computermodelle als Entscheidungshilfe

Für die Bestimmung der Wasserqualität wird das Qualitätskriterium für einen Stoff mit der in einer Gewässerprobe gemessenen Konzentration verglichen. Verschiedene Probenahmestrategien sind möglich: Stichproben bilden die momentane Konzentration gut ab, verpassen aber unter Umständen kurzfristige Konzentrationsspitzen. Sammelpuben über einen längeren Zeitraum erfassen alle Einträge, unterschätzen aber bei kurzzeitigen Belastungen die Höchstkonzentration der Substanz. Dieser Unterschied kann sich auch auf die Toxizität auswirken. Über welchen Zeitraum soll nun eine Wasserprobe für die Analyse gesammelt werden? Um diese Frage zu beantworten, setzten das Oekotoxzentrum und die Universität York (UK) auf toxikokinetische/toxikodynamische Computermodelle. Diese beschreiben sowohl die Verteilung und die Stoffwechselprozesse von Chemikalien in Organismen als auch ihre Wirkungen auf verschiedenen Ebenen. «Wir haben untersucht, ob die Abschätzung der ökotoxikologischen Gefährdung für Organismen anhand der Durchschnittskonzentration in Sammelpuben ihre tatsächliche Gefährdung erfassen kann. Diese ist eine Funktion der schwankenden Konzentration», sagt Marion Junghans vom Oekotoxzentrum. Auftraggeber der Studie war das Bundesamt für Umwelt.

Da besonders die Konzentration von Pflanzenschutzmitteln durch ihre unregelmässige Ausbringung und niederschlagsabhängigen Eintrag in die Gewässer stark schwankt, wurden 7 Pflanzenschutzmittel als Modellsubstanzen ausgewählt. Als Eingangsdaten für das Modell verwendeten die Wissenschaftler Schweizer Monitoringdaten von 2015 aus dem NAWA SPEZ Projekt. Mit Hilfe der Modelle

untersuchten die Forschenden dann die Toxizität des Fungizids Carbendazim und der Insektizide Chlorpyrifos, Diazinon, Dimethoat und Imidacloprid auf den Bachflohkrebs und die Dickkopfelritze, und zusätzlich die Toxizität von Imidacloprid auf die Vermehrung von Wasserflöhen. Ausserdem betrachteten sie die Toxizität der Herbizide Metazachlor und Diuron auf das Wachstum von Wasserlinsen und Algen. Da akute Toxizitätstests im Mittel 3 Tage dauern, wurde für akute Effekte von 3-Tagesmischproben und für chronische Effekte analog von 14-Tagesmischproben ausgegangen.

Zeitproportionale Mischproben grundsätzlich geeignet

Die Ergebnisse der Modellierungen bestätigen, dass 14-Tagesmischproben für die Gewässerüberwachung zu chronischen Effekten geeignet sind. Obwohl es über den gesamten Zeitraum auch zu Unter- und Überschätzungen der vorhergesagten Toxizität kommt, stimmt die Vorhersage für die toxischsten Zeiträume sehr gut mit der für die Mischprobe modellierten Toxizität überein. «Insgesamt unter- und überschätzten wir die tatsächliche Gefährdung ungefähr gleich häufig», sagt Marion Junghans, «und die Abweichungen waren sehr klein, wenn man sie mit der enormen Variation der beobachteten Gefährdung verglich – diese erstreckte sich über 12 Grössenordnungen.» Akute Risiken können anhand von 3-Tagesmischproben beurteilt werden. Zwar wird die Toxizität von Stoffen, deren Wirkung hauptsächlich auf Mortalität beruht, vielleicht unterschätzt. Dafür ist die Wahrscheinlichkeit, dass wichtige Konzentrationsspitzen verpasst werden, kleiner als bei Stichproben. «Das scheint ein guter Kompromiss zwischen Machbarkeit und möglicher Unter- oder Überschätzung der Gefährdung zu sein», so Marion Junghans.

Mehr Informationen im Bericht:

Junghans, M., Werner, I., Ashauer, R., Kuhl, R., Zimmer, E. (2017) Praxistaugliche Beurteilungen von kurzzeitigen Expositionsspitzen. www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte/

Kontakt:

Marion Junghans, marion.junghans@oekotoxzentrum.ch



Fortschritte in der Bewertung der Sedimentqualität

Das Oekotoxzentrum hat zusammen mit acht Kantonen einen umfangreichen Feldversuch durchgeführt, um die Vergleichbarkeit verschiedener Methoden zur Probenahme und Probenaufbereitung von Sedimenten zu untersuchen.

Die Sedimentqualität in Gewässern ist eng mit der Wasserqualität verknüpft: Belastete Sedimente dienen zum einen als Reservoir für Schadstoffe, die wieder ins Wasser entlassen werden können, und zum anderen als Lebensraum für Wasser- und Sedimentorganismen. Die Schweizer Gewässerschutzverordnung verlangt, dass Sedimente weder persistente synthetische Stoffe enthalten noch andere Stoffe, die sich ansammeln oder eine schädliche Wirkung auf Organismen haben. Es ist Aufgabe der Kantone, sicher zu stellen, dass die Sedimente ihrer Gewässer diese Anforderung erfüllen. Da es keine klaren Empfehlungen auf Bundesebene gibt, unterscheiden sich jedoch die Methoden zur Probenahme und Probenaufbereitung von Sedimenten je nach Kanton erheblich – und nur ein Teil der Kantone untersucht Sedimente. Dies macht die Ergebnisse von Sedimentanalysen schwer vergleichbar und interpretierbar. Daher arbeitet das Oekotoxzentrum zusammen mit dem Bundesamt für Umwelt an einem Projekt, das unter anderem die Methoden durch die Entwicklung eines Sediment-Moduls für das Modul-Stufen-Konzept harmonisieren soll.

Acht Kantone testen harmonisierte Methode

Das Oekotoxzentrum hat eine harmonisierte Methode zur Probenahme und Probenaufbereitung von Sedimenten entwickelt, die auf dem aktuellen Wissensstand und den Methoden der kantonalen Gewässerschutzfachstellen basiert. Diese Methode wurde jetzt in einem Feldversuch mit verschiedenen Labors validiert und mit den bisher angewendeten Methoden der Kan-

tone verglichen. Acht Kantone beteiligten sich an dem Feldversuch, nämlich Basel-Land, Basel-Stadt, Bern, Jura, Sankt Gallen, Schwyz, Wallis und Zürich. Es wurden insgesamt 14 Standorte beprobt, die repräsentativ für das hydrodynamische Regime und für sehr unterschiedliche Verschmutzungsquellen sind. Die Sedimentproben wurden an jedem Standort sowohl von Oekotoxzentrum-Mitarbeitern als auch von Kantonsmitarbeitern genommen und mit der harmonisierten Methode und der jeweiligen Kantonsmethode weiter verarbeitet. Dabei wurden die Proben gesiebt, extrahiert und auf die Metalle Cadmium, Kupfer, Chrom, Nickel, Blei und Zink analysiert, die auch von den Kantonen überwacht werden.

Feinere Sedimentfraktion ergibt höhere Konzentrationen

Die Ergebnisse der harmonisierten Methode waren gut reproduzierbar und es spielte keine Rolle für die Analysen, wer die Proben genommen hatte. Die Metallkonzentrationen reichten von Hintergrundkonzentrationen bis hin zu signifikanten Belastungen. Die Konzentrationen, die nach dem harmonisierten Verfahren und nach den Verfahren der Kantone bestimmt wurden, wichen je nach Standort voneinander ab. Einen grossen Einfluss hatte dabei die Sedimentfraktion, die für die Extraktion verwendet wurde. Die harmonisierte Methode schlägt die Extraktion des Totsediments vor (<2 mm), um anschliessend das ökotoxikologische Risiko beurteilen zu können. Die meisten Toxizitätstests werden nämlich mit dieser Fraktion durchgeführt, so dass sich daraus abgeleitete Sediment-Qualitätskriterien stets aufs

Totalsediment beziehen. «Dies macht die Totalfraktion zur geeigneteren Referenz für die Bewertung der Sedimentqualität,» erklärt Carmen Casado-Martinez vom Oekotoxzentrum. Einige Kantone haben bisher die Feinfraktion der Sedimente (<63 µm) untersucht, da sie zeitliche und räumliche Trends einer Verschmutzung finden wollten. Um einerseits die ökotoxikologische Sedimentqualität beurteilen zu können und andererseits die neu gemessenen Daten mit den bisherigen Daten vergleichen zu können, könnte es für die Kantone sinnvoll sein, in den nächsten Jahren sowohl die Fein- als auch die Totalfraktion der Sedimente auf Metalle zu analysieren.

Als nächsten Schritt im Projekt haben das Oekotoxzentrum und die Kantone diejenigen Substanzen priorisiert, die für die Sedimentüberwachung in der Schweiz relevant sind. Für die priorisierten Stoffe leitet das Oekotoxzentrum momentan Sediment-Qualitätskriterien ab. «Ziel des Sediment-Moduls ist ein umfassendes Sediment-Bewertungssystem für die Kantone mit Sediment-Qualitätskriterien,» sagt Carmen Casado-Martinez.

Kontakt:

Carmen Casado-Martinez,
carmen.casado@centrecotox.ch

Kurzmeldungen aus dem Oekotoxzentrum



NAWA SPEZ 2017

Die Verschmutzung von Gewässern mit Pflanzenschutzmitteln ist eine Herausforderung für den Gewässerschutz. Das Bundesamt für Umwelt und die Kantone haben mit der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA ein Messprogramm geschaffen, um den Zustand und die Entwicklung der Schweizer Gewässer zu dokumentieren und zu beurteilen. Im Rahmen dieses Programms wird im Projekt NAWA SPEZ 2017 die Belastung mit Pflanzenschutzmitteln in kleinen Gewässern in landwirtschaftlich genutzten Gebieten erfasst. Abgestimmt auf die ersten beiden NAWA SPEZ Projekte soll diesmal besonders die zeitliche und örtliche Variabilität der Belastung betrachtet werden.

Als Ergänzung zu den chemischen Analysen in den Gewässern untersucht das Oekotoxzentrum Wasserproben mit verschiedenen Biotests. Ausserdem bringt es seine Expertisen für die Bewertung der gemessenen Pestizidkonzentrationen für Einzelstoffe und Mischungen ins Projekt ein. Pflanzenschutzmittel kommen in Gewässern aber nicht nur in gelöster Form vor, sondern sind teilweise an Partikel gebunden. Das Oekotoxzentrum untersucht daher auch Schwebstoffe und Sedimentproben mit verschiedenen Biotests und chemischer Analytik. Zwischen März und Oktober 2017 wurden fünf verschiedene Fließgewässer der Schweiz monatlich beprobt. Die Wasserproben wurden mit einzelligen Grünalgen, Wasserflöhen und Wasserlinsen untersucht, die Sedimentproben mit Muschelkrebse, Flohkrebse, Zuckmückenlarven, Nematoden und dem Tausendblatt.

Kontakt:

Etienne Vermeirssen, etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch (Wasser);

Carmen Casado, carmen.casado@centreecotox.ch (Sediment)



Neue Oekotoxzentrum-Berichte

Das Oekotoxzentrum hat zusammen mit der Universität Genf und der Commission internationale pour la protection des eaux du Léman (CIPEL) die Sedimente im Genfersee auf organische und metallische Verunreinigungen untersucht. Mit chemischer Analyse und verschiedenen Biotests wurde eine grosse Anzahl an Verunreinigungen an zahlreichen Standorten nachgewiesen. Die Gewässerqualität war allerdings nur in der Bucht von Vidy beeinträchtigt.

Loizeau, J.-L., Makri, S., Arpagaus, P., Ferrari, B., Casado-Martinez, C., Benejam, T., Marchand, P. (2017) *Micropolluants métalliques et organiques dans les sédiments superficiels du Léman*

Der finale Bericht zum ökotoxikologischen Teil des ReTREAT-Projekts wurde veröffentlicht. Das Projekt hat verschiedene Nachbehandlungsmethoden der Ozonung verglichen. Es wurde gezeigt dass die Ozonung ökotoxikologische Effekte deutlich reduziert und die Abwasserqualität signifikant verbessert. Die Nachbehandlungsmethoden waren in der Lage, toxische labile Reaktionsprodukte der Ozonung zu eliminieren, die allerdings nur in geringem Masse auftraten.

Kienle, C., Langer, M., Ganser, B., Gut, S., Schifferli, A., Thiemann, C., Vermeirssen, E., Werner, I. (2017)

Biologische Nachbehandlung von kommunalem Abwasser nach Ozonung – ReTREAT: Teilprojekt Biotests

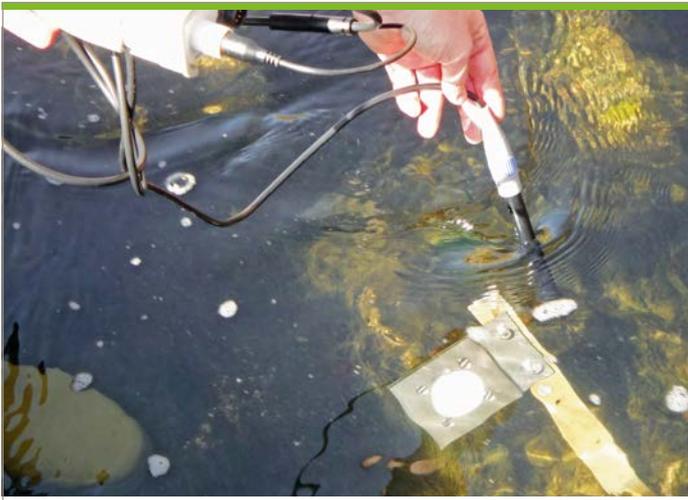
In der EU gelten für alle prioritären Substanzen unter der Wasserrahmenrichtlinie Umweltqualitätskriterien (environmental quality standards, EQS). 2013 hat die EU zur Liste der prioritären Substanzen 13 neue Stoffe hinzugefügt. Das Oekotoxzentrum hat geprüft, wie die Belastungssituation bezüglich dieser Substanzen und fünf zusätzlicher Arzneimittel in der Schweiz aussieht.

Vermeirssen, E., Kase, R., Werner, I. (2017)

The occurrence of 12 EU priority substances in Swiss surface waters and biota – a review of monitoring data

Alle Dateien finden Sie unter

www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/berichte/



Neuer Trainingskurs für Passivsammler

2015 hat das Oekotoxzentrum zwei gut besuchte Workshops zur Anwendung von Passivsammlern für die Analyse organischer Stoffe in Oberflächengewässern durchgeführt. Immer mehr Kantone und andere Anwender interessieren sich dafür, diese Alternative zur klassischen Probenahme anzuwenden. Da sich die Stoffe aus der Wasserphase im Passivsammler anreichern, lassen sich auch Substanzen nachweisen, die aufgrund tiefer Konzentrationen in einer Wasserprobe schwer zu bestimmen sind. Ausserdem werden kurzzeitige Konzentrationsspitzen nicht verpasst. Daher bieten die Universität Lausanne, die EPFL und das Oekotoxzentrum im Frühling 2018 einen neuen Trainingskurs zu Passivsammlern an, der aus einem theoretischen und einem praktischen Teil besteht. Beide Teile können auch getrennt besucht werden. Mehr Informationen finden Sie bald auf unserer Webseite.

Kontakt:

Etienne Vermeirssen, etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch



Trainingsvideos zu Biotests mit Regenwürmern und Springschwänzen

Biotests mit Bodenorganismen sind ein nützliches Werkzeug, um die Bodenverschmutzung und ihre Auswirkung auf Bodentiere zu bestimmen. Am Oekotoxzentrum werden verschiedene ökotoxikologische Tests für den Bodenschutz in der Schweiz angepasst und optimiert. Besonders nützlich sind die standardisierten Tests mit Regenwürmern und Springschwänzen. Neue Lehrvideos zeigen auf unserer Webseite deren Vorbereitung und Durchführung Schritt für Schritt.

www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/news/trainingsvideos-zu-regenwurm-und-springschwanztests/



Lebensgemeinschaften in Süsswassersedimenten im Fokus

Am 27.–28. April 2017 fand die erste Französisch-Schweizerische Konferenz über Lebensgemeinschaften in Süsswassersedimenten in Villié-Morgon (F) statt. Das Treffen brachte über 40 Wissenschaftler mit Experten aus der Verwaltung und von Beratungsfirmen zusammen, um wichtige Fragen im Zusammenhang mit Sediment-Ökotoxikologie zu diskutieren. Die regulatorischen Ansätze zur Sedimentbewertung in Frankreich und der Schweiz sind unterschiedlich. Die Herausforderungen sind jedoch in beiden Ländern vergleichbar: Es fehlen standardisierte Methoden zur Probenahme und ökotoxikologischen Untersuchung und Grenzwerte zur Bewertung der Sedimentqualität in Süsswassersedimenten. Besonders gefragt sind neue Methoden, um den Einfluss von Schadstoffen auf Lebensgemeinschaften in Süsswassersedimenten zu untersuchen – diese sind als mittlere Organisationsstufe zwischen Populationen und Ökosystemen besonders nützlich für eine ökotoxikologische Bewertung. Organisiert hat den Anlass das Oekotoxzentrum zusammen mit dem französischen Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (IRSTEA) in Lyon. Eine Publikation fasst die Erkenntnisse aus dem Workshop zusammen.

Pesce, S., Perceval, O., Bonnineau, C., Casado-Martinez, C., Dabrin, A., Lyautey, E., Naffrechoux, E., Ferrari, B.J.D. (2017) Looking at biological community level to improve ecotoxicological assessment of freshwater sediments: report on a first French-Swiss workshop. *Environ. Sci. Pollut. Res.* <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0620-z>



Workshop zu Biotests für die Regulatorik

Das Oekotoxzentrum führt im Juni 2018 einen Workshop über Biotests durch, die für die Regulatorik relevant sind. Der Workshop wird Behörden, Kantonsvertreter, private Labors und andere Interessierte darüber informieren, welche Tests für welche Anwendungen geeignet sind und was der Status bei der Standardisierung der Tests ist. Es wird auch auf Effektbasierte Triggerwerte eingegangen, die für eine Einbringung von Biotests in gesetzliche Vorgaben diskutiert werden. Mehr Informationen über das genaue Datum und Programm des Workshops finden Sie bald auf unserer Webseite.

Ökotoxikologie anderswo

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

EU-Bericht zur Risikobewertung von Nanopartikeln

Nanopartikel haben zu vielen technischen Neuerungen geführt, aber es gibt auch Bedenken über ihre Toxizität. Ein neuer EU-Bericht zeigt, dass Nanopartikel nicht inhärent toxischer sind als grössere Partikel. Ihre Auswirkungen auf Mensch und Umwelt sind komplex und variieren je nach Partikeleigenschaften und chemischer Toxizität. Der Bericht fasst die neuesten Erkenntnisse zur Risikobewertung von Nanopartikeln zusammen und skizziert die möglichen Auswirkungen auf Politik und Forschung.

http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/assessing_environmental_safety_nanomaterials_IR14_en.pdf

Neonikotinoide und Bienen: Die Beweislast steigt

Forscher haben neue Beweise dafür, dass Pflanzenschutzmittel aus der Klasse der Neonikotinoide das Überleben und die Fortpflanzung von Bienen reduzieren. Die Effekte variieren jedoch je nach Standort und Bienenart. Die grösste bisher durchgeführte Feldstudie untersuchte drei Bienenarten an 33 Standorten in Grossbritannien, Ungarn und Deutschland in der Nähe von Rapsfeldern, deren Samen teils mit Neonikotinoiden behandelt worden waren. Die Bienen, die sich von Neonikotinoid-behandelten Rapsfelder ernährten, pflanzten sich in Grossbritannien und Ungarn schlechter fort und überlebten seltener den Winter als die Kontrollbienen. In Deutschland war dies nicht der Fall; hier ernährten sich die Bienen allerdings hauptsächlich von Wildblumen und waren weniger von Parasiten befallen. Eine andere Studie aus Kanada zeigt, dass auch die Pollen von Wildpflanzen in der Nähe von Neonikotinoid-behandelten Rapsfeldern mit Neonikotinoiden belastet sein können.

Woodcock, B.A. et al (2017) Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science* 356, 1393–1395

Tsvetkov, N. et al. (2017) Chronic exposure to neonicotinoids reduces honey bee health near corn crops. *Science* 356, 1395–1397

EU klassifiziert Bisphenol A als hormonaktiv

Die Europäische Chemikalienagentur hat Bisphenol A als hormonaktive Substanz und besonders besorgniserregend anerkannt. Bisphenol A wird breit eingesetzt in Hartplastik, der Beschichtung von Getränkedosen, Plastiktrinkhalmen und vielen anderen Produkten. Dies ist das erste Mal, dass eine Substanz aufgrund ihrer hormonaktiven Eigenschaften als besonders besorgniserregend erklärt wird. Es wird erwartet, dass die Verwendung von Bisphenol A in

der EU weiter eingeschränkt wird: Bis jetzt gilt nur ein Verbot für die Verwendung in Babyflaschen.

<https://echa.europa.eu/-/m-sc-unanimously-agrees-that-bisphenol-a-is-an-endocrine-disruptor>

Kombinierte Effekte von Temperaturerhöhung und hormonaktiven Stoffen

Eine neue Studie zeigt, dass die Anwesenheit von östrogen wirksamen Substanzen die Fähigkeit von Fischen beeinflusst, sich an höhere Temperaturen anzupassen. Normalerweise reagieren manche Fische auf höhere Umgebungstemperaturen mit einer verstärkten Produktion von männlichen Nachkommen. Dieser Effekt soll die Überlebensfähigkeit der Population verbessern. Bei der zusätzlichen Anwesenheit von Östrogenen werden weniger Männchen produziert, was potentiell die Anpassung der Fische an höhere Temperaturen verhindert und so das Risiko für einen Kollaps der Population verstärkt. Die Studie zeigt die komplexe Zusammenwirkung zwischen verschiedenen Stressoren.

DeCourten, B.M., Brander, S.M. (2017) Combined effects of increased temperature and endocrine disrupting pollutants on sex determination, survival, and development across generations. *Nature Scientific Reports* | 7: 9310 | DOI:10.1038/s41598-017-09631-1

Sequenzieller Pestizid- und Temperaturstress erhöht Toxizität für Krebse

Häufig treten Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Ökosysteme schon bei Konzentrationen auf, die als sicher erachtet werden. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Tiere in der Bächen nacheinander verschiedenen Belastungen ausgesetzt werden und nicht genügend Zeit haben, sich dazwischen zu erholen. Deutsche Forscher verglichen die Toxizität von Pestiziden auf Bachflohkrebs aus belasteten Bächen mit ihrer Toxizität auf Tiere aus unbelasteten Bächen. Die Krebse aus belasteten Bächen reagierten 2.7-mal empfindlicher auf die Pestizide. Dieser Effekt war nur im frühen Sommer sichtbar, der Zeit also, wo am häufigsten Insektizide ausgebracht werden. Die Sensitivität gegenüber Pestiziden wurde durch erhöhte Wassertemperaturen verstärkt.

Russo, R., Becker, J.M., Liess, M. (2018) Sequential exposure to low levels of pesticides and temperature stress increase toxicological sensitivity of crustaceans. *Science of the Total Environment* 610–611, 563–569

Impressum

Herausgeber: Oekotoxzentrum

Eawag/EPFL

Überlandstrasse 133

8600 Dübendorf

Schweiz

Tel. +41 58 765 5562

Fax +41 58 765 5863

www.oekotoxzentrum.ch

EPFL-ENAC-IIE-GE

Station 2

1015 Lausanne

Schweiz

Tel. +41 21 693 6258

Fax +41 21 693 8035

www.centreecotox.ch

Redaktion und nicht gezeichnete Texte: Anke Schäfer, Oekotoxzentrum

Copyright: Nachdruck möglich nach Absprache mit der Redaktion

Copyright der Fotos: Oekotoxzentrum, Andri Bryner, Eawag (Titel, S. 10), Petr Tusal (S. 3, 5), Eric Engbretson, U.S. Fish and Wildlife Service (S. 6), VSA Alessandro Della Bella (S. 8)

Erscheinungsweise: zweimal jährlich

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

Druck: Mattenbach AG, Winterthur

Gedruckt: auf Recyclingpapier

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