

## Editorial

### Umweltchemie und Ökotoxikologie – Quo vadis?

Jan Ahlers

Dr. Jan Ahlers, Umweltbundesamt – Federal Environmental Agency, FG IV 2.4, Seectstr. 6–10, D-13581 Berlin ([jan.ahlers@uba.de](mailto:jan.ahlers@uba.de))

#### Einleitung

Wenn man das Spektrum der Themen betrachtet, die in der 'UWSF – Umweltwissenschaft und Schadstoff-Forschung' oder auf einer Jahrestagung der SETAC in Vorträgen und Postern behandelt werden, wird klar, dass die zukünftige Entwicklung der Umweltchemie und Ökotoxikologie in einem kurzen Editorial nicht umfassend dargestellt werden kann. Ich möchte deshalb nur einige Gedanken bzw. Wünsche aus meiner Sicht äußern. Aus meiner Sicht bedeutet aus regulatorischer Sicht, von jemandem, dessen Aufgabe darin besteht, Aussagen zu treffen über das Risiko von Stoffen in der Umwelt. Die enge Verzahnung von Umweltchemie und Ökotoxikologie lassen es als nicht praktikabel erscheinen, beide Richtungen unabhängig voneinander zu betrachten. Die künftigen Entwicklungen werden stark von den Wechselbeziehungen zwischen Umweltchemie und Ökotoxikologie bestimmt werden. Ich werde deshalb in meinen Ausführungen beide Aspekte zusammen betrachten.

#### Umweltchemie und Ökotoxikologie in der Ausbildung

Ein Problem, das eng mit der Entwicklung dieses Fachbereichs zusammenhängt, hat uns in den letzten Jahren besonders beschäftigt. Ausgehend von der Beobachtung, dass der Bedarf an Umweltchemikern und Ökotoxikologen in Behörden, in der Industrie und in Forschungseinrichtungen durch die Ausbildungskapazitäten und die Ausbildungsrichtungen an den Universitäten nicht ausreichend abgedeckt werden; wurde auf einem Workshop im Umweltbundesamt Berlin ein Manifest Ökotoxikologie verabschiedet [1]. In diesem Manifest wird festgestellt, dass für den langfristig sicheren Umgang mit Chemikalien eine Ökotoxikologie erforderlich ist, die mit hoher Qualität die Wirkung von Chemikalien auf komplexe biologische Systeme erforscht. Die Grundlagenforschung ist dabei ebenso wichtig wie die konkrete Bewertung der Risiken, die mit der Nutzung einzelner Chemikalien verbunden ist. Die Risikobewertung dient dem Ziel, zu entscheiden, ob Risikominderungsmaßnahmen erforderlich sind. Unsere Forderung an die Wissenschaft ist hier, die Unsicherheiten bei einer derartigen Entscheidung zu verringern, oder anders ausgedrückt, Antworten auf konkrete Fragen aus der Praxis zu geben.

Neben der Sorge, dass in Zeiten knapper werdender finanzieller Ressourcen, die für unsere regulatorische Arbeit erforderliche Breite der Umweltchemie und Ökotoxikologie nicht mehr gewährleistet werden könnte, gibt es jedoch eine Reihe weiterer wichtiger Themen.

#### Umweltmonitoring und Analytik

1. Die Begleitanalytik ist bei ökotoxikologischen Labor- und Freilanduntersuchungen essentiell. In Monitoringprogrammen dient sie u.a. dazu, nicht nur die Wirkung, sondern auch ihre Ursachen zu quantifizieren. Ein Problem besteht darin, dass z.B. Pflanzenschutzmittelwirkstoffe immer effizienter werden,

so dass geringere Mengen zum Einsatz gelangen und niedrigere Umweltkonzentrationen zu einer gleich hohen Wirkung führen. Die Herausforderung an die Umweltchemie besteht darin, die Methodik kontinuierlich zu verbessern, um eine ausreichend niedrige Nachweisgrenze zu gewährleisten – nicht nur im Wasser, sondern auch in komplexen Kompartimenten, wie Sedimente, Böden und Organismen. Dies gilt nicht nur für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln, sondern z.B. auch im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Sie schreibt das Monitoring aller signifikanter Belastungen aus Punktquellen und diffusen Quellen vor. Unter anderem anhand der Messergebnisse wird der ökologische und der chemische Zustand der Gewässer beurteilt.

2. Quo vadis wörtlich verstanden: Messen wir im Freiland immer dort, wo die Belastungen besonders intensiv sind? Hierzu zwei Beispiele:

(1) Tierarzneimittel können nach Aufbringung von Gülle auf Ackerflächen in Gewässer gelangen. Eine quantitative Berücksichtigung dieses Eintragspfades in die Risikobewertung ist bisher bestenfalls in Ansätzen gelungen. Themen wie Adsorption, nicht extrahierbare Rückstände, Abbau unter Freilandbedingungen, Mobilität durch Runoff werden derzeit in mehreren Projekten in Ansätzen untersucht. Ein Ende des Forschungsbedarfs ist jedoch noch nicht abzusehen. Umweltmonitoringprogramme haben sich bisher dieser Problematik kaum angenommen.

(2) In kleinen Fließgewässern, die ökologisch sehr relevant sind und die insgesamt einen Großteil der Gesamtfließstrecke der Gewässersysteme ausmachen, liegen die mit Abstand höchsten Belastungen mit Pflanzenschutzmitteln vor. Die derzeit durchgeführten Monitoringprogramme beschränken sich jedoch fast ausschließlich auf größere Gewässer. Aufgrund der stärkeren Verdünnung stellen die dort erzielten Ergebnisse eine Unterschätzung des Risikos dar.

#### Biologische Wirkungen

1. Auf dem Gebiet der ökotoxikologischen Wirkungen sehe ich eine Entwicklung – in Analogie zur Toxikologie vor einigen Jahrzehnten – weg von den akuten Tests mit dem Endpunkt Letalität und hin zu chronischen Untersuchungen mit der Prüfung zahlreicher sublethaler Endpunkte. Mit den Ergebnissen derartiger Tests ließen sich Wirkungsmechanismen der einzelnen Stoffe besser aufklären. Hinzu kommt die Notwendigkeit, Vorgänge auf zellulärer und molekularer Ebene zu betrachten. Das Stichwort lautet hier 'Molekulare Ökotoxikologie'.

2. Ein derzeit sehr aktuelles Thema sind die so genannten low-dose-effects. Es stellt sich zunächst die Schlüsselfrage, ob es auf der unteren Seite der klassischen Konzentrations-Wirkungs-Kurven relevante Teile geben könnte, die wir mit den normalen Prüfstrategien übersehen. Natürlich kommt in die-

sem Zusammenhang auch die Frage auf, ob es Wirkungen in sehr niedrigen Konzentrationsbereichen gibt, die wir analytisch nicht nachweisen können. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang unter Hormesis zusammengefasste Effekte, z.B. wenn bei niedrigen Konzentrationen zunächst eine Aktivierung beobachtet wird und erst bei höheren Konzentrationen ein negativer Effekt auftritt. Zum anderen fällt unter den Begriff 'low-dose-effect' die Beobachtung, dass häufig unterhalb des bisher bekannten Konzentrations- / Wirkungsbereichs subletale Effekte, wie z.B. endokrine Wirkungen, auftreten. Aus regulatorischer Sicht ist insbesondere der Aspekt wichtig, welche Anhaltspunkte Untersuchungen auf derartige Effekte auslösen können. Welche Wirkungsmechanismen begründen 'low dose effects'? Wie prüft man methodisch am effektivsten?

### Risikobewertung

1. Ein wichtiger Aspekt bei der Weiterentwicklung der ökotoxikologischen Erkenntnisse stellt die Notwendigkeit dar, die Extrapolationsstrecke von Monospezies-Labortests auf das Schutzziel 'Ökosystem' zu verringern. Insbesondere muss der Tatsache Rechnung getragen werden, dass man im Labor in der Regel nur eine Substanz testet, in der Umwelt jedoch bereits zahlreiche mehr oder weniger ähnlich wirkende Stoffe vorhanden sind. Zwar lassen sich Kombinationswirkungen mit Hilfe der Modelle 'Konzentrationsaddition' bzw. 'Unabhängige Wirkung' recht gut beschreiben. Wie diese Erkenntnisse in die aktuellen Risikobewertungen einbezogen werden können, ist jedoch weiter unklar. Möglicherweise können Untersuchungen an Mesokosmen – wie das kürzlich vom Umweltbundesamt in Betrieb genommene Fließgerinne [2] – helfen, die Lücken zu schließen.

2. Auf der Seite der Exposition ist es erforderlich, die Diskrepanzen zwischen der Bewertung mit Hilfe von Modellrechnungen und den Ergebnissen von Umweltmonitoring-Programmen systematisch auszuwerten und zu versuchen, die Diskrepanzen zu minimieren. Außerdem ist es äußerst wichtig, Messdaten besser lokalen, regionalen und globalen Szenarien zuzuordnen zu können.

3. Die von Umweltchemikern erhobenen Daten werden jedoch nicht nur für die Ermittlung von Umweltkonzentrationen benötigt. In zunehmendem Maße wird die Notwendigkeit gesehen, besonders problematische Stoffe bereits anhand ihrer intrinsischen Eigenschaften, und zwar nicht nur auf der Wirkungsseite, zu bewerten. Im sog. Reichweitenmodell führten Scheringer und Mitarbeiter von der ETH Zürich aus, dass solche Stoffe besonders kritisch seien, die eine große zeitliche, räumliche und biologische (objektbezogene) Reichweite aufweisen [3–5]. Diese Eigenschaften werden beschrieben durch Persistenz, Mobilität und Bioakkumulation. Stoffe mit derartigen Eigenschaften sollten von der umweltoffenen Anwendung ausgeschlossen sein. Auch im Rahmen der neuen europäischen Chemikalienpolitik sollen besonders gefährliche Stoffe einer speziellen Regulierung unterworfen werden. Neben den kanzerogenen, mutagenen und reproduktionstoxischen Stoffen sind dies persistente, bioakkumulierende und toxische (PBT) sowie sehr persistente und sehr bioakkumulierende Stoffe (vPvB). Die genannten Parameter stellen jedoch nur den Anfang einer emissionsunabhängigen Analyse dar. Multikompartiment-Modelle müssen entwickelt bzw. weiterentwickelt werden, um das Zusammenspiel verschiedener Prozesse, wie Transformation, Phasenverteilung und Transport, in einem einheitlichen Rahmen realitätsnah beschreiben zu können.

### Umgang mit Unsicherheiten

Als letzten Punkt meiner zugegebenermaßen sicher subjektiven Betrachtung, in welche Richtung 'Umweltchemie und Ökotoxikologie' gehen könnten oder sollten, möchte ich auch gerade aus regulatorischer Sicht den Umgang mit Unsicherheit ansprechen. Die traditionelle Vorgehensweise bei der Risikobewertung liegt darin, zu wenigen Stoffen möglichst viele Informationen auf der Expositions- und der Wirkungsseite zu sammeln und daraus die Erkenntnis abzuleiten, ob von dem Stoff ein Risiko ausgeht. Gerade bei den Industriechemikalien verschließen wir dabei die Augen davor, dass es annähernd 30.000 Stoffe gibt, über die wir sehr wenig wissen, und über deren Risiko für Mensch und Umwelt wir fast nichts aussagen können. Wenn nun im Rahmen der neuen europäischen Chemikalienpolitik das REACH-System eingeführt wird, besteht der Anspruch und die Erwartung, zumindest für die ca. 10.000 Stoffe von hoher ökonomischer Relevanz entsprechende Aussagen treffen zu können. Dieser Anspruch wird mit Sicherheit eine große Herausforderung für Umweltchemiker und Ökotoxikologen darstellen und eine Erweiterung ihrer Aufgaben mit sich bringen. Man wird zukünftig bei der Bewertung in der Lage sein müssen, sich auf die wirklich relevanten Anwendungen sowie auf die hinsichtlich Wirkung und Exposition relevanten Umweltkompartimente zu konzentrieren. Für die genannten künftigen Herausforderungen müssen konzeptionelle Arbeiten stärker in den Vordergrund rücken, und es muss die internationale Kooperation verstärkt werden.

Trotzdem werden wir allerdings für einen Großteil der Stoffe auf absehbare Zeit nicht die Menge an Informationen zur Verfügung haben, die heute z.B. der Bewertung eines Pflanzenschutzmittels zugrunde liegen. Wir werden auf der Expositionsseite künftig viel mehr mit Modellen arbeiten, wir werden das Verhalten in der Umwelt anhand physikochemischer Parameter abschätzen müssen und Stoffgruppenbetrachtungen vornehmen. Auf der Wirkungsseite werden – nicht zuletzt auch aufgrund mangelnder Laborkapazitäten und wegen der immer größer werdenden Bedeutung von Tierschutzgesichtspunkten – QSAR-Betrachtungen eine zunehmend größere Rolle spielen. Diese Methoden sind unter Einbeziehung von Umweltchemikern und Ökotoxikologen weiter zu entwickeln. Die Ergebnisse sind sicher ungenauer als die auf der Basis umfassender Informationen gewonnenen, aber die Alternative wäre, auf absehbare Zeit gar keine Beurteilung abgeben zu können. Ich glaube auch, dass man bei derartigen vorläufigen Bewertungen in die Wirkungsabschätzung mittels QSAR ähnlich wie bei den Modellrechnungen auf der Expositionsseite durch 'realistic worst-case-Annahmen' eine ausreichende Sicherheit einbauen kann.

### Literatur

- [1] Ahlers J, Filser J, Frank H, Gies A, Klein W, Nagel R, Schüürmann G (2003): Editorial: Ökotoxikologie soll endlich wissenschaftliches Fach werden. *UWSF – Z Umweltchem Ökotox* 15 (1) 3–4
- [2] Wursthorn S, Bunke D (2004): Bewertung von Schadstoffen aus der Stoffgruppe der persistenten bioakkumulativen Schadstoffe anhand eines praxisnahen Bewertungssystems. *UWSF – Z Umweltchem Ökotox*, eingereicht
- [3] Scheringer M (1996): Persistence and Spatial Range as Endpoints of an Exposure-Based Assessment of Organic Chemicals. *Environmental Science and Technology* 30, 1652–1659
- [4] Scheringer M (2004): Persistent Organic Pollutants (POPs) in the Focus of Science and Politics. Editorial. *ESPR – Environ Sci & Pollut Res* 11 (1) 1–2
- [5] Scheringer M, Stroebe M, Wania F, Wegmann F, Hungerbühler K (2004): The Effect of Export to the Deep Sea on the Long-Range Transport Potential of Persistent Organic Pollutants. *ESPR – Environ Sci & Pollut Res* 11 (1) 41–48