



Umweltchemie und Ökotoxikologie brauchen bessere Perspektiven

Martin Scheringer (scheringer@chem.ethz.ch)¹

Abstract

Umweltchemie und Ökotoxikologie verlieren seit vielen Jahren ihren Rückhalt an den Hochschulen, und diese Entwicklung hat sich in letzter Zeit weiter verschärft. Was sind mögliche Ursachen dieser Entwicklung? Hier werden drei Möglichkeiten beleuchtet: (i) Umweltchemie und Ökotoxikologie gelten als thematisch irrelevant (fehlender Bedarf); (ii) Umweltchemie und Ökotoxikologie werden als reine Routinetätigkeiten gesehen (fehlende Forschungsrelevanz und akademische Vitalität); (iii) Chemikalienprobleme sind weniger relevant als andere Umweltprobleme. An Beispielen wird illustriert, dass es sehr wohl einen großen Bedarf an umweltchemischer und ökotoxikologischer Forschung gibt und dass diese Forschung akademisch relevant ist. Es ist dringend geboten, sich mit allen Mitteln für eine stärkere und dauerhafte Verankerung von Umweltchemie und Ökotoxikologie an den Hochschulen einzusetzen.

Umweltchemie und Ökotoxikologie in der Defensive

Das Erscheinen von Silent Spring im Jahr 1962 (Carson 1962) brachte die Problematik, welcher sich Umweltchemie und Ökotoxikologie widmen, mit einem Paukenschlag in das Bewusstsein von Öffentlichkeit und Politik. Seither haben sich Umweltchemie und Ökotoxikologie stark entwickelt und verändert. Diese reichhaltige und spannende Entwicklung kann hier nicht inhaltlich gewürdigt werden (dies wäre ein eigener lohnenswerter Beitrag), sondern ich möchte eine Standortbestimmung von Umweltchemie und Ökotoxikologie im akademischen und politischen Umfeld vornehmen. Die Hauptbotschaft, die sich aus dieser Standortbestimmung ergibt, lautet, dass die Verankerung von Umweltchemie und Ökotoxikologie an den Hochschulen sich in letzter Zeit deutlich verschlechtert hat und dass auch im Jahr 2016 die Aussichten ungünstig erscheinen.

Dies ist nicht das erste Mal, dass diese warnende Aussage getroffen wird. Bereits 2008 riefen A. Schäffer, M. Roß-Nickoll, H.T. Ratte und H. Hollert von der RWTH Aachen den Verbund umweltforschender Hochschulinstitute, UFOH, ins Leben. Das Ziel dieser Initiative war es, den Status Quo der Umweltforschung an den Universitäten zu analysieren und Perspektiven für die zukünftige Entwicklung aufzuzeigen. Die Mitglieder der Initiative benannten die Probleme bereits vor fast 10 Jahren ganz deutlich (Schäffer et al. 2009):

“Although qualified young environmental scientists are in great demand by industry and authorities, the number of university chairs in this field is steadily and disproportionately declining. Also, the financial support for research projects has been significantly shortened, unlike in other research areas,

such as biotechnology or nanotechnology. (...) We are more than concerned that, in the future, both research and education will severely suffer with the ongoing budget reductions in environmental sciences at universities.”

Diese Entwicklung hat sich seither nicht entschärft; jüngste Beispiele für die Fortsetzung der Entwicklung (alle aus der Schweiz) sind: die über viele Jahre in der Umweltanalytik aktive Gruppe um A. Gerecke und P. Schmid an der EMPA ist stark redimensioniert und thematisch umorientiert worden; an der ETH Zürich wird die Arbeitsgruppe von K. Hungerbühler, welcher auch ich selbst angehöre, im Januar 2018 ohne Fortführung der Thematik aufgelöst, und die Schweizerische Gesellschaft für Lebensmittel- und Umweltchemie (SGLUC) hat die “Umweltchemie” aus ihrem Titel gestrichen und heisst seit 2015 nur noch Schweizerische Gesellschaft für Lebensmittelchemie (SGLC²).

Die Schwierigkeiten, das Thema von Chemikalien, Umwelt und Gesundheit in die öffentliche Wahrnehmung zu bringen, werden auch in Gesprächen mit Wissenschaftsjournalisten erkennbar. Aus dem Austausch mit Kollegen von der Hochschule Darmstadt hat sich ergeben, dass die Chemikalien-Thematik oft als “sperrig” und schwer vermittelbar angesehen wird; aus journalistischer Sicht werden Chemikalien eher als – wichtige – Elemente anderer Themen wie z.B. Klimawandel oder Bienensterben präsentiert, aber nur selten als eigenständiges Thema.

Innerhalb von Industrie, Behörden und Hochschulen ist es die Industrie, wo auch heute die Relevanz von Forschung und Lehre in den Gebieten Umweltchemie und Ökotoxikologie klar gesehen wird, weil hier ein unmittelbarer Bedarf an Fachkräften besteht und mit der Registrierung und Bewertung chemischer Produkte täglich konkrete Aufgaben anstehen, welche Fachkenntnisse in Umweltchemie und Ökotoxikologie erfordern. In den Behörden ist die Situation uneinheitlich; Behördenvertreter, welche selbst zu Chemikalien Themen arbeiten, sehen die Bedeutung von Umweltchemie und Ökotoxikologie klar, aber in anderen Themenbereichen passiert es leicht, dass Arbeit zur Chemikalienproblematik als reine Routinetätigkeit in einem hochgradig regulierten und thematisch durchstrukturierten Gebiet angesehen wird. Und am schwierigsten ist die Lage an den Hochschulen selbst, wo unseren Fächern seit längerem mit immer geringerem Verständnis begegnet wird und wo anderen, vermeintlich moderneren oder relevanteren Themen der Vorzug gegeben wird.

¹ Dieser Beitrag beruht auf einem Plenarvortrag mit dem Titel “Umweltchemie – Quo Vadis?”, den ich am 6.9.2016 auf der Jahrestagung der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie sowie der SETAC GLB in Tübingen gehalten habe.

² <http://swissfoodchem.ch/uber-uns/statuten-geschichte/>

Was sind die Ursachen für diese Schwierigkeiten, auf die die Chemikalien-Thematik insbesondere an den Hochschulen immer wieder stößt? Die drei Möglichkeiten sind:

- Umweltchemie und Ökotoxikologie sind inhaltlich nicht mehr relevant, sind überflüssig geworden;
- Umweltchemie und Ökotoxikologie sind akademisch nicht mehr vital, sind als Forschungsgebiete langweilig geworden;
- Umweltchemie und Ökotoxikologie mögen zwar noch als relevant und interessant gelten, aber andere Umweltprobleme wie der Klimawandel sind wichtiger.

Im Folgenden werde ich auf jeden dieser drei Punkte kurz eingehen.

Beispiele für Bedarf

Ich greife ohne jeden Vollständigkeitsanspruch zwei Beispiele heraus, die meinem eigenen Forschungsgebiet nahestehen.

Beispiel 1: Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Der Fall der PCB ist wichtig, weil er gerade einen scheinbar langweiligen (weil ausführlich "beforschten") Gegenstand betrifft. Die PCB-Problematik wurde 1969 durch den Artikel von Jensen et al. (1969) in *Nature* allgemein bekannt. Fast 50 Jahre später schreiben Jepson und Law (2016) in *Science*:

"In East Greenland polar bears, blubber PCBs increased unexpectedly between 2010 and 2013, resulting in PCB concentrations that were as high in 2013 as in 1983. (...) Future research should investigate pathways of PCB contamination of the marine environment."

Es ist tatsächlich so, dass PCB-Emissionen auch heute noch in erheblichem Umfang stattfinden (Bogdal et al. 2014) und dass gleichzeitig die Quellen dieser Emissionen nicht genügend bekannt sind, und dies nach mehreren Jahrzehnten an PCB-Forschung. Nachdem die Behörden in den meisten Industrieländern 20 Jahre lang irrtümlicherweise angenommen hatten, dass es keine relevanten PCB-Emissionen mehr gibt, haben wir jetzt, 2016, an der ETH Zürich die Finanzierung eines Projektes zur Erfassung der PCB-Quellen in der Schweiz erhalten. Es zeigt sich also, dass trotz ausführlicher Bevoorschung das Thema doch noch nicht abgeschlossen ist, und die über den PCB-Fall hinausgehende Lehre lautet, dass die Verwendung hochpersistenter Substanzen für viele Jahrzehnte eine Verpflichtung zu umweltchemischer und ökotoxikologischer Forschung mit sich bringt. Auch unter REACH werden viele sehr persistente Substanzen auf dem Markt sein.

Beispiel 2: Inkrementelle Substitution und Erhebung von Stoffdaten unter REACH.

Unter REACH werden in einer Datenbank der Europäischen Chemikalienagentur, ECHA, die in den Registrierungs dossiers enthaltenen Stoffdaten gesammelt. Die Liste der bisher registrierten Substanzen und die nun einsehbaren Stoffdaten zeigen zwei Probleme, welche umweltchemische und ökotoxikologische Forschung notwendig machen: (i) Es werden viele ehemalige Altstoffe registriert, welche bekannten Problemstoffen strukturell sehr ähnlich sind und daher auch

ähnliche unerwünschte Eigenschaften wie Persistenz und Bioakkumulationspotential haben; Beispiele sind bromierte aromatische Substanzen als Ersatz für polybromierte Diphenylether (PBDE, eingesetzt als Flammschutzmittel) sowie diverse poly- und perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) als Ersatz für sogenannte langkettige PFAS z.B. in Imprägniermitteln. Dies ist eine nur inkrementelle Substitution der problematischen Produkte (Englisch: *regrettable substitution*). Umweltchemie und Ökotoxikologie müssen das umfangreiche vorhandene Wissen zu den alten Problemstoffen (hier: PBDE, langkettige PFAS) nutzen, um die mit diesen Ersatzstoffen verbundenen Risiken möglichst schnell zu dokumentieren. Andernfalls führt die inkrementelle Substitution zu einer unerwünschten Perpetuierung derselben Probleme, wie sie für die alten Problemstoffe aufgetreten sind (Fantke et al. 2015).

(ii) Zumindest einige dieser Substanzen sind nach wie vor sehr schlecht charakterisiert, d.h. die Datenqualität ist ein ernsthaftes Problem. Ein Beispiel ist das bromierte Flammschutzmittel DBDPE (CAS-Nr. 84852-53-9), welches für die große Menge von 10'000–100'000 t/a registriert worden ist. Der in der ECHA-Datenbank abgelegte Wert für den Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizienten von DBDPE lautet $\log Kow = 3.55$, was um viele Größenordnungen zu tief ist und auf einem Messfehler beruht; der korrekte Wert beträgt ca. $\log Kow = 11$ (Stieger et al. 2014). Dies ist ein besonders krasser Einzelfall; es gibt jedoch viele weitere Substanzen mit fehlerhaften Daten in der Datenbank, und eine systematische chemische und toxikologische Bewertung der Daten ist dringend erforderlich, wird bisher aber nicht durchgeführt.

Fazit zum Bedarf an Umweltchemie und Ökotoxikologie

Es gibt ein erhebliches Missverständnis, dem wir entgegen treten müssen, nämlich dass ein Problem gelöst sei, wenn es eine Regulierung oder einen sonstigen rechtlichen Rahmen dafür gibt. Hier gilt es klarzustellen, dass eine Regulierung wie REACH, die Stockholm-Konvention oder die Wasserrahmenrichtlinie nicht etwa das Ende des Forschungs- und Arbeitsbedarfs bedeutet, sondern – im Gegenteil – erhöhten Bedarf erst mit sich bringt. Wenn eine Regulierung besteht, ist verbindlich festgelegt, dass eine Problematik untersucht, Daten erhoben, Bewertungen vorgenommen werden müssen, und oft bedeutet dies nicht nur unmittelbaren Arbeitsaufwand, sondern auch längerfristigen Bedarf an grundlegender Forschung: es müssen neue Methoden zur Erhebung von Daten sowie Methoden zur Interpretation solcher Daten entwickelt werden, dann müssen diese Methoden in die Anwendung gebracht werden, und erst damit werden die Grundlagen für die Umsetzung der Regulierung geschaffen, wie das obige Beispiel der Stoffcharakterisierung unter REACH zeigt.

Wie die beiden obigen Beispiele weiterhin zeigen, umfasst der Bedarf an umweltchemischer und ökotoxikologischer Forschung sowohl ungelöste alte Probleme wie die Emissionen von PCB wie auch neue Probleme und Aufgaben, sei es die inkrementelle Substitution unter REACH, die gerade jetzt akut wird, oder das auf lange Zeit erforderliche Monitoring von persistenten organischen Schadstoffen (POPs) unter der

Stockholm-Konvention (Wöhrnschimmel et al. 2015). Eigentlich würde dieser seit Jahrzehnten bestehende Bedarf eine umfassende und langfristige Verankerung von Umweltchemie und Ökotoxikologie an den Hochschulen als selbstverständlich erscheinen lassen, und er zeigt, dass die voranschreitende Schwächung unserer Fächer kurzfristig und unverantwortlich ist.

Relevanz von Umweltchemie und Ökotoxikologie

Die akademische Relevanz eines Forschungsgebietes lässt sich anhand zweier Kriterien demonstrieren, nämlich daran, dass in einem Gebiet aktive und forschungsgestützte Entwicklung neuer Methoden stattfindet, und dass die Problemstellungen aus der Forschungsarbeit selbst abgeleitet und weiterentwickelt werden. Beides ist bei Umweltchemie und Ökotoxikologie der Fall, aber wir könnten und müssten dies – vor allem im akademischen Umfeld – noch deutlicher herausstellen. Zudem müssten wir auch auf die eine oder andere „langweilige“ Erhebung von bereits oft gemessenen Substanzen in der Umwelt oder der Untersuchung des Effektes von Substanz x auf Spezies y verzichten bzw. solche Arbeiten besser in einen interessanten und relevanten Kontext einbetten – diese Kontexte gibt es. Es ist unsere Aufgabe, viel deutlicher als bisher klarzustellen, dass Umweltchemie und Ökotoxikologie eben nicht irrelevant und langweilig sind, sondern dass sie als Forschungsgebiete vital und attraktiv sind.

Was ist zu tun?

Erstens: Umweltchemie und Ökotoxikologie dürfen nicht auf die Bearbeitung von Routineaufgaben reduziert werden. Wenn dies geschieht, wird unseren Fächern die akademische Lebensfähigkeit genommen. Gesellschaftlicher Bedarf und akademische Relevanz unserer Fächer müssen in den akademischen diversen Gremien energisch ins Feld geführt werden, wenn es um Professurenplanung, Curricula, Räume, Mittel sowie die thematische Ausrichtungen von Förderschwerpunkten und ganzen Fachbereichen geht.

Zweitens: Umweltchemie und Ökotoxikologie betreiben immer auch Grundlagenforschung, und daher benötigen sie die entsprechende akademische Verankerung, Ausstattung und Perspektiven. Sie bearbeiten ein Bündel von gesellschaftlich relevanten Problemen, die bei allen Fortschritten, die in den letzten 50 Jahren gemacht wurden, bei weitem noch nicht gelöst sind. Solange so zahlreiche chemische Produkte so prominent in vielfältigster Weise im Alltag eines jeden Menschen präsent sind – was gesellschaftlich erwünscht ist – müssen Umweltchemie und Ökotoxikologie helfen, die damit verbundenen Risiken zu verstehen, erkennbar zu machen und zu vermindern. Dies ist die ureigenste Aufgabe von Umweltchemie und Ökotoxikologie.

Drittens: Die Chemikalien-Thematik ist nicht weniger wichtig als andere Umweltprobleme. Sie ist einer von mehreren global relevanten „Stressoren“; Rockström et al. (2009) sprechen von neun solchen Stressoren vom Klimawandel bis hin zur Chemikalienbelastung und heben hervor, dass diese Stressoren nicht nur jeweils für sich wirken, sondern sich oft

auch gegenseitig verstärken. In einem Interview sagt Rockström (2016): “Among these nine there are three that have kind of come out as being the fundamental endgame of how all the planetary boundaries operate, and the number one is biodiversity. (...) The second fundamental boundary is climate change. (...) And the third of the big three is what we call “novel entities”. The totally man-made boundary. It has nothing to do with anything that the planet has ever experienced before, and it is our invention of chemicals, compounds, that are alien to nature like persistent organic pollutants (...)” Deutlicher kann der Aufruf an uns, stärker für unsere Fächer einzustehen, nicht sein.

Literatur

- Bogdal, C., Müller, C.E., Buser, A.M., Wang, Z., Scheringer, M., Gerecke et al. (2014) Emissions of polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans during 2010 and 2011 in Zurich, Switzerland, *Environmental Science & Technology* 48, 482–490.
- Carson, R. (1962) *Silent Spring*. Houghton Mifflin.
- Fantke, P., Weber, R., Scheringer, M. (2015) From incremental to fundamental substitution in chemical alternatives assessment, *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 1, 1–8.
- Jensen, S., Johnels, A.G., Olsson, M., Otterlind, G. (1969) DDT and PCB in marine animals from Swedish waters, *Nature* 224, 247–250.
- Jepson, P.D., Law, R.J. (2016) Persistent pollutants, persistent threats, *Science* 352, 1388–1389.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E.F. et al. (2009) A safe operating space for humanity, *Nature* 461, 472–475
- Rockström, J. (2016), Interview, <http://www.loe.org/shows/segments.html?programID=16-P13-00012&segmentID=6>
- Stieger, G., Scheringer, M., Ng, C.A., Hungerbühler, K. (2014) Assessing the persistence, bioaccumulation potential and toxicity of brominated flame retardants: Data availability and quality for 36 alternative brominated flame retardants, *Chemosphere* 116, 118–123.
- Schäffer, A., Hollert, H., Ratte, H.T., Roß-Nickoll, M., Filser, J., Matthies, M. et al. (2009) An indispensable asset at risk: merits and needs of chemicals-related environmental sciences, *Environmental Science & Pollution Research* 16, 410–413
- Wöhrnschimmel, H., Scheringer, M., Bogdal, C., Hung, H., Salamova, A., Venier, M., et al. (2016) Ten years after entry into force of the Stockholm Convention: What do air monitoring data tell about its effectiveness? *Environmental Pollution* 217, 149–158.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Martin Scheringer
Masaryk-Universität RECETOX
62500 Brno, Tschechien
und

ETH Zürich
Institut für Chemie- und Bioingenieurwissenschaften
Vladimir-Prelog-Weg 1-5/10,
8093 Zürich, Schweiz