



Mitteilungen der Fachgruppe

Umweltchemie und Ökotoxikologie

Gesellschaft Deutscher Chemiker

- Jahresrückblick des Fachgruppenvorstandes
- Mesokosmen für die Risikobewertung
- Wirkungsbezogene Analytik mit FIA-IC-Leuchtbakterien-Kopplung
- Projekt Wasser 3.0 PE-X zur Mikroplastentfernung
- Bericht vom Doktorandentag der Fachgruppe und Ausschreibung des Paul-Crutzen-Preises
- Kurz vorgestellt: Forschungsgruppe Wassertechnologie Jena und Professur für Umweltmineralogie Darmstadt
- Veranstaltungsankündigungen, Kurznachrichten und Personalia



4/2017

Impressum

Mitteilungen der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie

Herausgegeben von der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie der Gesellschaft Deutscher Chemiker
www.gdch.de/umweltchemie

Redaktion:

Prof. Dr. Dr. Klaus Fischer
 Analytische und Ökologische Chemie
 FB VI –Raum- und Umweltwissenschaften–
 Universität Trier
 Campus II, Behringstr. 21, D-54296 Trier
 Tel. und Fax: 0651/ 201-3617
 Sekretariat: 0651/ 201-2243
 E-Mail: fischerk@uni-trier.de

Abkürzung:

Mitt Umweltchem Ökotox

Design/ Technische Umsetzung:

Dr. Matthias Kudra, Universität Leipzig
 E-Mail: kudra@uni-leipzig.de

ISSN: 1618-3258

Das vorliegende Heft der Mitteilungen wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Herausgeber, Autoren und Redakteure für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Titelbild:

Fließgewässermesokosmosanlage des Instituts für Gewässerschutz Mesocosm GmbH Homberg (Ohm) (L.-K. Beuter)

Editorial

- 102 Jahresrückblick des Fachgruppenvorstands

Originalbeiträge

- 103 **L.-K. Beuter, K. P. Ebke:** Mesokosmen als aquatische Modellökosysteme für die Risikobewertung von Pflanzenschutzmitteln
 107 **F. Junginger et al.:** Wirkungsbezogene Analytik auf Basis von Leuchtbakterien, gekoppelt an Fließinjektionsanalyse und Ionenchromatographie
 111 **A. F. Herbort, K. Schuen:** Zwei Betrachtungswinkel: Kunststoffe – die Alltagshelfer oder Mikroplastik – das Umweltproblem?

Aus der Fachgruppe

- 115 Bericht vom 4. Doktorandentag der Fachgruppe
 116 Ausschreibung Paul-Crutzen-Preis 2018

Kurz vorgestellt

- 117 Forschungsgruppe „Wassertechnologie – Kavitation – Nachwachsende Rohstoffe“, Universität Jena
 119 Professur für Umweltmineralogie, Institut für Angewandte Geowissenschaften der Technischen Universität Darmstadt

Informationen

Veranstaltungsankündigungen

- 121 6th International Marine Debris Conference, 12.-16.03.2018, San Diego, CA, USA
 121 Analytica Conference, 10.-12.04.2018, München
 121 Wasser 2018 - Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft, 7.-9.05.2018, Papenburg
 121 3rd Green & Sustainable Chemistry Conference, 13.-16.05.2018, Berlin
 122 Gordon Research Conference: Environmental Endocrine Disruptors, 3.-8.06.2018, Les Diablerets, CH
 122 ISEAC-40 – Int. Conference on Environmental & Food Monitoring, 19.-22.06.2018, Santiago de Compostela, Spain
 123 Gordon Research Conference: Innovations at the Intersections of the Aquatic Sciences, 24-29.06. 2018, Holderness, NH, USA

Kurznachrichten

- 123 EAWAG: Pestizide verbleiben lange im Boden
 123 Immuntoxizität: eine unterschätzte ökotoxikologische Wirkung von Chemikalien
 125 BDEW: Steigender Medikamentenverbrauch erfordert Maßnahmenpaket zum Schutz der Gewässer
 125 UBA-Positionen: Pharmaceuticals in the Environment
 126 KIT-Presseinformation: Das Schweigen der Hummeln
 126 TUM-Forschungskonsortium zu Mikroplastik gegründet
 127 UBA-Texte 102/2017 zur Bewertung von Nanomaterialien
 127 UBA-Positionen: Protecting the sources of our drinking water from mobile chemicals
 127 UBA-Texte 72/2017: Bewertung des Eintrags von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer
 128 UBA-Dokument: Wirkung der Beschlüsse des Diesel-Gipfels auf die NO₂-Gesamtkonzentration
 128 Buchhinweis: Kai Borgeest: Manipulation von Abgaswerten

Personalien

- 129 Eintritte in die FG 25.08. - 23.11.2017
 129 Geburtstage 1. Quartal 2018

Jahresrückblick des Fachgruppenvorstands

Liebe Mitglieder der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie,

in diesem Jahr hat leider keine Jahrestagung unserer Fachgruppe stattgefunden. Über die Gründe dafür hatten wir Sie in Heft 2/2017 der „Mitteilungen“ informiert. Wir bedauern dies nicht nur, weil damit unser wissenschaftlicher Austausch eingeschränkt war, sondern auch der allgemeine Informationsfluss. Deshalb wollen wir hier kurz über die Aktivitäten des zu Ende gehenden Jahres berichten.

Ein besonderes Augenmerk legte der Fachgruppenvorstand auf Angebote für den wissenschaftlichen Nachwuchs in der Umweltchemie und Ökotoxikologie. Zu unseren Aktivitäten in diesem Bereich gehört das „Forum Junger Umweltwissenschaftler“ (FJU), das im Juni diesen Jahres zum ersten Mal in Münster und wieder mit einem vielfältigen Programm stattgefunden hat. Einen Bericht dazu finden Sie in Heft 03/2017 der Fachgruppenzeitschrift. Die zweite Komponente der Nachwuchsarbeit ist der Doktorandentag, der Gelegenheit bietet, Arbeitsfelder und Arbeitgeber aus den Bereichen Umweltchemie und Ökotoxikologie kennen zu lernen. Vielen Absolventen fällt es zum Ende ihres Studiums oder ihrer Promotion schwer, ihren Weg in die Berufstätigkeit zu gestalten. Die bei einem Doktorandentag gewonnenen Einblicke können dafür sicher hilfreich sein. Wir danken dem diesjährigen Gastgeber, Eurofins Agroscience Services bei Stuttgart.

Eine sehr erfreuliche Entwicklung für unsere Fachgruppe in diesem Jahr war die Wiederbelebung des Arbeitskreises Boden. Auslöser dafür war der Entwurf der Mantelverordnung (MantelV) für Ersatzbaustoffe und Bodenschutz. Der neu konstituierte Arbeitskreis hat sich bereits zweimal im Frankfurt getroffen. Nun wird es darum gehen, die Arbeit zu verstetigen und dafür trifft sich der AK wieder im Januar 2018. Es ist gut, dass die wichtige Arbeit um das Thema Boden in unserer Fachgruppe wieder eine Heimat hat. Der Vorstand dankt Herrn Dr. Dieter Hennecke, Schmallenberg, sehr für seine Initiative und freut sich über die vielfältige Mitarbeit aus der Fachgruppe. Aktuelle Informationen finden Sie auch auf der FG-Homepage unter <https://www.gdch.de/netzwerk-strukturen/fachstrukturen/umweltchemie-und-oekotoxikologie/arbeitskreise/boden.html>.

Anstelle einer Jahrestagung haben wir dieses Jahr im Oktober einen thematisch fokussierten, 1 1/2 tägigen Workshop zum Thema „Hoch polare Stoffe: Analytik, Auftreten, Quellen und Wirkungen“ organisiert. Dort sind sehr interessante Beiträge aus der Fachgruppe präsentiert worden und der Workshop ist auch über unsere Fachgruppe hinaus auf sehr positive Resonanz gestoßen. Wir danken der Bayer AG, dass sie Gastgeber dieser Veranstaltung war. Solche kleineren, auf ein Thema ausgerichteten Veranstaltungen können sehr intensiven Austausch und spannende Diskussionen auslösen. Insofern würden wir dieses Format auch in Zukunft gerne nutzen. Wenn Sie Vorschläge zu einschlägigen Themen haben, melden Sie sich gerne bei uns.

Und schließlich hat es Mitte November noch ein gemeinsam mit SETAC GLB organisiertes Treffen gegeben, auf dem Strategien zur Stärkung von Umweltchemie und Ökotoxikologie beraten wurden. Über die Ergebnisse werden wir noch gesondert berichten.

Dies eine kleine Rückschau auf 2017. Für das kommende Jahr bitten wir Sie sich schon einmal die Tage vom 09. –12. September zu reservieren. Denn wir hoffen, Sie dann bei unserer Jahrestagung in Münster zu treffen und zu sprechen. Zunächst aber wünschen wir Ihnen einen möglichst ruhigen Jahresausklang!

Christine Achten, Stefanie Jäger, Thorsten Reemtsma, Markus Telscher und Andreas Willing,
Vorstand der Fachgruppe Umweltchemie & Ökotoxikologie



Mesokosmen als aquatische Modellökosysteme für die Risikobewertung von Pflanzenschutzmitteln

Liesa-Kristin Beuter^{1,2} (liesa-kristin.beuter@umwelt.uni-giessen.de) und

Klaus Peter Ebke² (ebke@mesocosm.de)

¹: Justus-Liebig Universität Gießen, Heinrich-Buff-Ring 26–32, 35392 Gießen

²: Institut für Gewässerschutz Mesocosm GmbH, Neu-Ulrichstein 5, 35315 Homberg (Ohm)

Zusammenfassung

Wird ein Risiko durch Agrochemikalien für aquatische Nicht-Zielorganismen innerhalb von Standard-Labortests ermittelt, können Freilandexperimente in Form von Mesokosmosversuchen weitere Informationen auf ökosystemarer Ebene erbringen. Hierbei werden in der Regel statische Mesokosmen verwendet, welche ein natürliches Stillgewässer widerspiegeln. Allerdings sind kleine Fließgewässer, welche häufig in der Nähe von Agrarlandschaften liegen, durch den Eintrag von Pflanzenschutzmitteln und anderen Schadstoffen besonders gefährdet. In den letzten Jahren nahm die Anzahl an Freilandexperimenten in Fließgewässermesokosmen zu. Der vorliegende Beitrag gibt einen umfassenden Einblick bezüglich der Risikobewertung von Pflanzenschutzmitteln durch höherwertige Testverfahren und stellt eine Fließgewässermesokosmosanlage des Instituts für Gewässerschutz Mesocosm GmbH in Homberg (Ohm) vor.

Ökosystem Fließ- und Stillgewässer

Obwohl die Erde zu mehr als zwei Drittel aus Wasser bedeckt ist, bestehen lediglich 0,8 % der Erdoberfläche aus Süßwasserökosystemen. Allerdings besitzen Süßgewässer eine hohe globale Biodiversität. Rund 10 % aller beschriebenen Tierarten bzw. mehr als 125 000 Arten leben in Binnengewässern [1,2]. Neben einer beeindruckenden Artenvielfalt werden Süßgewässer auf vielfältige Art und Weise vom Menschen genutzt. Beispielsweise werden Fließ- und Stillgewässer zur Nahrungserzeugung, Energieerzeugung oder auch zur Bereitstellung von sauberem Trinkwasser herangezogen [3]. Einhergehend mit der hochfrequenten Nutzung der Binnengewässer durch den Menschen ist unter anderem die Artenvielfalt aber auch die Wasserqualität dieser aquatischen Ökosysteme bedroht. Besonders die Zerstörung von Habitaten, Errichtung von Stauereignissen, Übernutzung oder die Verschmutzung mit Agrochemikalien gefährden die ökosystemaren Funktionen [1,4,5]. In erster Linie sind Fließgewässer von der Quelle bis zur Mündung durch vielfältige anthropogene Nutzung für die Bewahrung der aquatischen Biodiversität sehr stark in Gefahr [6], wobei Schwermetalle, organische Belastungen und Pflanzenschutzmittel (PSM) eine entscheidende Rolle spielen [7-9].

Auswirkungen von Chemikalien auf die aquatische Umwelt

Als Umweltchemikalien werden chemische Produkte bezeichnet, die nicht natürlichen Ursprungs sind und in die Umwelt gelangen [10]. Dazu zählen unter anderem PSM, Pharmaka oder Industriechemikalien. Diese können sich auf unterschiedliche Organisationsebenen der belebten Umwelt, von zellulären Reaktionen bis zur Ökosystemgemeinschaft, negativ auswir-

ken [11]. Besonders in der Landwirtschaft verwendete PSM sind als Umweltchemikalie von besonderer Bedeutung, da diese großflächig in die Umwelt ausgebracht werden und über eine hohe Toxizität verfügen können. Mittels einer prospektiven Gesetzgebung innerhalb der Europäischen Union soll das Risiko für Chemikalien mit potentiellen (öko-) toxikologischen Effekten in Relation zu der zu erwartenden Exposition im jeweiligen Umweltkompartiment ermittelt werden [12]. Um das Risiko von PSM für aquatische Nicht-Zielorganismen abschätzen zu können, werden Standard-Labortests mit Stellvertreterarten von Alge, Wasserfloh und Fisch durchgeführt. Wird ein erhöhtes Risiko einer Chemikalie in diesen Tests identifiziert, können höherwertige Testverfahren („higher tier“-Tests) herangezogen werden. Beispielsweise können aquatische Modell-Ökosysteme verwendet werden, welche eine realistische Expositionssituation darstellen [12]. So genannte Mikro- oder Mesokosmen sind künstliche Testsysteme, die eine repräsentative Artengemeinschaft mit mehreren Trophieebenen in relevanten, naturnahen Populationsgrößen enthalten [13]. Somit können nicht nur Auswirkungen auf Populationsebene, sondern auch Wechselwirkungen innerhalb und zwischen Arten unter realistischen Expositionsbedingungen untersucht werden [14].

Aquatische Modellökosysteme in der Umweltrisikobewertung

Aquatische Modellökosysteme können durch stehende oder fließende Mesokosmosanlagen simuliert werden. Diese variieren stark in ihrer Größe und Form und es gibt keine einheitliche Definition [12]. In der Versuchspraxis wird bereits von Mesokosmen gesprochen, wenn diese größer als 1000 L bzw. eine Fließgewässerlänge von mindestens 10 m aufweisen und im Freiland gelegen sind. Kleinere Modellökosysteme, welche sowohl als experimentelle Einheit im Labor oder im Freiland Verwendung finden, werden als Mikrokosmen bezeichnet. In der Regel werden Studien in Stillgewässermesokosmen durchgeführt [16-18]. Allerdings sind kleine Fließgewässer, wie es sie häufig in der Nähe von landwirtschaftlich genutzten Flächen gibt, besonders gefährdet [9,19,20]. Kleine Fließgewässer bieten essentielle Habitate für die Fortpflanzung vieler Fischarten und bereichern flussabwärts gelegene Fließgewässer höherer Ordnung mit einer vielfältigen Diversität an Mikro- und Makroorganismen [21]. In den letzten Jahren hat die Anzahl der ökotoxikologischen Experimente in Fließgewässermesokosmen für die Risikobewertung von PSM deutlich zugenommen und findet immer mehr Verwendung [22-24]. Besonders in Fließgewässern ist der Anteil von potentiell empfindlichen Arten (*vulnerable species*) gegenüber PSM

häufig höher als in stehenden Gewässern [25]. Beispielsweise gelten Arthropodenarten mit langen Generationszeiten oder einer geringen Ausbreitungsfähigkeit gegenüber Insektiziden als potentiell empfindlich [26,27]. Vor allem die so genannten EPT-Taxa (Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera) reagieren sehr empfindlich auf PSM mit insektizider Wirkung [28, 29]. Steinfliegen (Plecoptera) sind typische Fließgewässerbewohner, aber auch das Artenspektrum von Köcher (Trichoptera) und Eintagsfliegen (Ephemeroptera) ist in Fließgewässern höher als in stehenden Gewässern [25]. Des Weiteren leisten mikrobielle Biofilme, welche unter anderem aus Pilzen, Bakterien, Algen und Protozoen bestehen, in Fließgewässern einen essentiellen Beitrag in biogeochemischen Stoffkreisläufen wie zum Beispiel dem Kohlenstoff- oder Stickstoffkreislauf. Zusätzlich erhöhen diese die Attraktivität des Nahrungsangebotes für typische Schredderorganismen wie zum Beispiel Gammariden oder Wasserasseln [30,31]. Insbesondere PSM mit fungizider Wirkung können die Integrität von mikrobiellem Biofilm beeinträchtigen und somit Auswirkungen auf die gesamte Fließgewässerbiozönose haben. Infolgedessen sind auch Freilandstudien mit Fließgewässermesokosmen für die Untersuchung der Wirkung von PSM und anderen potentiellen Stressoren auf mikrobielle Biofilme und damit auf zusammenhängende direkte und indirekte Interaktionen erforderlich [32-34].

Erfassung biologischer und funktioneller Endpunkte in aquatischen Modellökosystemen

Ökotoxikologische Untersuchungen in aquatischen Modellökosystemen bieten eine große Bandbreite an wichtigen Kenngrößen für die Risikobewertung von PSM und anderen chemischen Substanzen. Neben strukturellen Analysen der aquatischen Biozönose (Abundanz, Diversität) können ebenso funktionelle Kenngrößen (physikochemische Wasserparameter) ermittelt werden. Bei der strukturellen Analyse der aquatischen Biozönose geht es nicht nur um die Erfassung von direkten Effekten auf Populationsebene, sondern auch um die Beobachtung indirekter Effekte auf Gemeinschaftsebene bzw. um die Wechselwirkungen innerhalb und zwischen Arten. Mit Mesokosmosversuchen können Auswirkungen auf Schlüsselprozesse wie zum Beispiel der Abbau von organischem Material oder die Primärproduktion über einen längeren Zeitraum (8-12 Wochen) mit einer möglichen Wiedererholung untersucht werden. Folgende biologische Endpunkte können untersucht werden und Aussagen über das Risiko von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielorganismen liefern: Analyse der Gemeinschaft und Abundanz von suspendierten Algen, Periphyton, Makrophyten, Zooplankton, Makroinvertebraten, sowie die Analyse der Abbaurate von Blättern, mikrobiellen Biofilmgemeinschaften, Emergenz von Insekten, organischem Drift und viele weitere potentielle Endpunkte. Welche biologischen Endpunkte bei Mesokosmosversuchen eingesetzt werden, ist abhängig von der Wirkweise des PSM, seinem Einsatz und welche wichtigen, zusätzlichen ökotoxikologischen Daten für dieses bereitgestellt werden sollen [12]. Durch die Bestimmung der minimalen detektierbaren Differenz (MDD)

zwischen Kontrolle und behandelten Testsystemen können statistisch aussagekräftige Ergebnisse für weitere Berechnungen ausgewählt werden [35]. Zusammen mit Validitätskriterien (beispielsweise acht potentiell sensitive Arten, welche MDD fähig sind) können in Mesokosmosversuchen regulatorisch akzeptable Konzentrationen (RAC) für PSM abgeleitet werden, sofern statistisch signifikante Unterschiede ermittelt wurden.

Beispiel einer Fließgewässermesokosmosanlage

Innerhalb der letzten Jahre wurde eine Freilandanlage mit Fließgewässermesokosmen (FGM) am Forschungszentrum Neu-Ulrichstein in Homberg (Ohm) entwickelt. Diese Anlage entspricht den wichtigsten Anforderungen (Repräsentativität, statistische Stärke) für eine Mesokosmos-Studie in der Risikobewertung für Pflanzenschutzmittel [12]. Bis zu 16 aus Edelstahl geformte FGM können über einen Motor per Schaufelrad gleichzeitig angetrieben werden (Abbildung 1 & 2). Durch ein geschlossenes Kreislaufsystem, bei welchem kein Wasseraustausch stattfindet, wird eine maximale Fließlänge von 10 m erreicht. Die Systeme können mit einem Wasservolumen von bis zu 2400 L aufgefüllt werden. Um reproduzierbare Strömungsprofile aller FGM zu erzielen, wurden eine Mittelwand, zwei Kurvenleitbleche und ein Strömungsgleichrichter pro FGM installiert (Abbildung 2).



Abb.1: Rezirkulierende Fließgewässermesokosmosanlagen mit Schaufelradantrieb und optionalem Sonnenschutz

Je nach Anforderung des zu testenden PSM können unterschiedliche Habitate mit oder ohne Sediment für zahlreiche Probenahmetechniken gestaltet werden. Des Weiteren können FOCUS-basierte Pulsszenarien mit unterschiedlichen Expositionszeiten der zu testenden Substanz durchgeführt werden [17]. Für eine artenreiche Besiedlung von Fließgewässerorganismen werden Substratkörbe mit Basaltsteinen, Totholz und Blattmaterial als Nahrungsgrundlage in naturnahe Bäche für mehrere Wochen platziert. Nach mindestens vier Wochen Besiedlungszeit werden diese Fallen in die FGM überführt. Des Weiteren können standortspezifische Makrophyten wie zum Beispiel Wassermoose (*Callitriche* sp.) oder Wasserschwaden (*Glyceria* sp.) hinzugefügt werden. Mittels unterschiedlicher funktioneller und biologischer Endpunkte können direkte und

indirekte Wechselwirkungen mit biotischen und abiotischen Komponenten realitätsnah abgebildet werden.

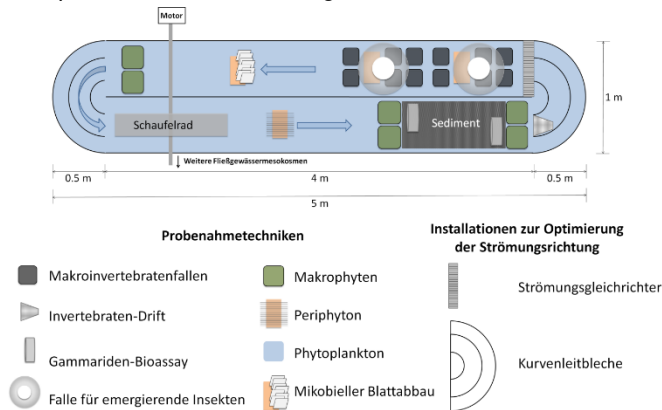


Abb. 2: Schematischer Aufbau einer Fließgewässermesokosmosanlage mit unterschiedlichen Substratangeboten und Installationen zur Optimierung der Strömungsrichtung und –geschwindigkeit

Fazit

Aquatische Modellökosysteme können realitätsnahe Szenarien zur Umweltrisikobewertung von Substanzen abbilden. Nicht nur die Präsenz von vielen unterschiedlichen Arten des aquatischen Nahrungsnetzes ist deutlich höher als in Standard-Labortests, sondern es wird ebenso das Risiko von u. a. PSM auf Nicht-Standard-Arten erfasst. Neben direkten Substanzeffekten (Mortalität, Reproduktion) können ebenso indirekte Effekte bzw. eine mögliche Wiedererholung beobachtet werden. Besonders mit der Etablierung von Fließgewässermesokosmosanlagen kann die Durchführung mit potentiell empfindlichen Arten auf Populations- und Gesellschaftsebene mit PSM ermöglicht werden und es können wichtige, zusätzliche ökotoxikologische Daten für PSM bereit gestellt werden, welche in statischen Mesokosmos- und Laborstudien bislang nicht immer hinreichend ermittelt werden können.

Es steht somit ein weiteres Verfahren zur Untersuchung der Risiken von PSM zur Verfügung, das es erlaubt, neben den statischen Mesokosmen zusätzliche Fragestellungen wie zum Beispiel mit EPT-Taxa (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), den Abbau von organischem Material oder mit FOCUS basierten Puls-Szenarien zu arbeiten.

Literatur

- [1] Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kaqabata ZI, Knowler DJ, Leveque C, Naiman RJ, Prieur-Richard AH, Soto D, Stiasny MLJ, Sullivan CA (2006) Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Review* 81:163-182.
- [2] Balian EV, Segers H, Lévêque C, Martens K (2008) The freshwater animal diversity assessment: An overview of the results. *Hydrobiologia* 595:627–637.
- [3] WWAP (United Nations World Water Assessment Programme) (2016) The United Nations World Water Development Report 2016 – Waters and Jobs. Paris.

- [4] Stendera S, Adrian R, Bonada N, Canedo-Argüelles M, Hugueny B, Januschke K, Pletterbauer F, Hering D (2012) Drivers and stressors of freshwater biodiversity patterns across different ecosystems and scales: A review. *Hydrobiologia* 696:1–28.
- [5] Heino J, Virkkala R, Toivonen H (2009) Climate change and freshwater biodiversity: Detected patterns, future trends and adaptations in northern regions. *Biological Reviews* 84:39–54.
- [6] Arthington AH, Naiman RJ, McClain ME, Nilsson C (2010) Preserving the biodiversity and ecological services of rivers: New challenges and research opportunities. *Freshwater Biology* 55:1–16.
- [7] Millenium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystem and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis. Washington D.C., Island Press.
- [8] Schäfer RB, Bundschuh M, Rouch DA, Szöcs E, von der Ohe PC, Pettigrove V, Schulz R, Nuggeoda D, Kefford B (2012) Effects of pesticide toxicity, salinity and other environmental variables on selected ecosystem functions in streams and the relevance for ecosystem services. *Science of the Total Environment* 415:69–78.
- [9] Allan JD (2004) Landscapes and riverscapes : The influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 35:257–284.
- [10] Berndt J (1995) Umweltbiochemie. (UTB) für Wissenschaft: Uni-Taschenbücher, Stuttgart, Jena.
- [11] Fent K (2013) Ökotoxikologie – Umweltchemie, Toxikologie, Ökologie, 4. Aufl., Georg Thieme Verlag Stuttgart.
- [12] EFSA PPR Panel (EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues) (2013) Guidance on tiered risk assessment for plant protection products for aquatic organisms in edge-of-field surface waters. *EFSA J* 11:3290, 268 pp.
- [13] Caquet T, Lagadic L, Jonot O, Baturo W, Kilanda M, Simon P, Le Bras S, Echaubard M, Ramade F (1996) Outdoor experimental ponds (mesocosms) designed for long-term ecotoxicological studies in aquatic environment. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 34:125–133.
- [14] Crossland NO, La Point TW (1992) The design of mesocosm experiments. *Environmental Toxicological and Chemistry* 11:1–4.
- [15] Crossland NO, Heimbach F, Hill IR, Leuwangh P, Persoone G (1993) European Workshop on Freshwater Field Tests (EWOFFT), Summary and Recommendations. Potsdam, Germany, June 25-26, 1992.
- [16] Kattwinkel M, Römbke J, Liess M (2012) Ecological recovery of populations of vulnerable species driving the risk assessment of pesticides. *Supporting Publications 2012:EN-338* [98 pp.]
- [17] Wiczorek MV, Bakanov N, Stang C, Bilancia D, Lagadic L, Bruns E (2016) Reference scenarios for exposure to plant protection products and invertebrate communities in

- stream mesocosms. *Science of the Total Environment* 545-546:308–319.
- [18] Caquet T, Lagadic L, Sheffield SR (2000) Mesocosms in ecotoxicology. 1. Outdoor aquatic systems. Review of *Environmental Contamination and Toxicology* 165:1–38.
- [19] Stoate C, Boatman N, Borralho R, Carvalho CR, de Snoo GR, Eden P (2001) Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63:337–365.
- [20] Brown CD, Turner N, Hollis J, Bellamy P, Biggs J, Williams P, Arnold D, Pepper T, Maund S (2006) Morphological and physico-chemical properties of British aquatic habitats potentially exposed to pesticides. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113:307–319.
- [21] Meyer JL, Wallace JB (2000) Lost Linkages and Lotic Ecology: Rediscovering Small Streams. In: Press MC, Huntly NJ, Levin S (eds) *Ecology: Achievement and Challenge*. Blackwell Scientific, Malden, Massachusetts, pp 295–317
- [22] Heckmann LH, Friberg N (2005) Macroinvertebrate Community Response To Pulse Exposure With the Insecticide Lambda-Cyhalothrin Using In-Stream Mesocosms. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24:582-590.
- [23] De Kermoyan G, Joachim S, Baudoin P, Lonjaret M, Tebby C, Lesaulnier F, Lestremau F, Chattelier C, Akrouz Z, Pheron E, Porcher J-M, Péry ARR, Beaudouin R (2013) Effects of bisphenol A on different trophic levels in a lotic experimental ecosystem. *Aquatic Toxicology* 144-145:186–198.
- [24] Mohr S, Berghahn R, Feibicke M, Meinecke S, Ottenströer T, Schmiedling I, Schmidiche R, Schmidt R (2007) Effects of the herbicide metazachlor on macrophytes and ecosystem function in freshwater pond and stream mesocosms. *Aquatic Toxicology* 82:73–84.
- [25] Biggs J, Williams P, Whitfield M, Nicolet P, Brown C, Hollis J, Arnold D, Pepper T (2007) The freshwater biota of British agricultural landscapes and their sensitivity to pesticides. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122:137–148.
- [26] EFSA Scientific Committee (2016) Scientific opinion on recovery in environmental risk assessment at EFSA. *EFSA J* 14:4313.
- [27] Beketov MA, Schäfer RB, Marwitz A, Paschke A, Liess M (2008) Long-term stream invertebrate community alterations induced by the insecticide thiacloprid: Effect concentrations and recovery dynamics. *Science of the Total Environment* 405:96–108.
- [28] Rubach MN, Baird DJ, Van Den Brink PJ (2010) A new method for ranking mode-specific sensitivity of freshwater arthropods to insecticides and its relationship to biological traits. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29:476–487.
- [29] Rico A, van den Brink PJ (2015) Evaluating aquatic invertebrate vulnerability to insecticides based on intrinsic sensitivity, biological traits, and toxic mode of action. *Environmental Toxicology and Chemistry* 34:1907–1917.
- [30] Battin TJ, Besemer K, Bengtsson MM, Romani AM, Packmann AI (2016) The ecology and biogeochemistry of stream biofilms. *Nature Reviews Microbiology* 14:251–263.
- [31] Zubrod JP, Englert D, Feckler A, Koksharova N, Konschak M, Bundschuh R, Schnetzer N, Englert K, Schulz R, Bundschuh M (2015) Does the current fungicide risk assessment provide sufficient protection for key drivers in aquatic ecosystem functioning? *Environmental Science and Technology* 49:1173–1181.
- [32] Tili A, Berard A, Blanck H, Bouchez A, Cássio F, Eriksson KM, Morin S, Montuelle B, Navarro E, Pascoal C, Pesce S, Schmitt-Jansen M, Behra R (2016) Pollution-induced community tolerance (PICT): towards an ecologically relevant risk assessment of chemicals in aquatic systems. *Freshwater Biology* 61:2141–2151.
- [33] Zubrod JP, Englert D, Wolfram J, Rosenfeldt RR, Feckler A, Bundschuh R, Seitz F, Konschak M, Buady P, Lüderwald S, Fink P, Lorke A, Schulz R, Bundschuh M (2017) Long-term effects of fungicides on leaf-associated microorganisms and shredder populations—an artificial stream study. *Environmental Toxicology and Chemistry* 36:2178–2189.
- [34] Bayona Y, Roucaute M, Cailleaud K, Lagadic L, Bassères A, Caquet T (2014) Structural and biological trait responses of diatom assemblages to organic chemicals in outdoor flow-through mesocosms. *Environmental Pollution* 192:186–195.
- [35] Brock TCM, Hammers-Wirtz M, Hommen U, Preuss TG, Ratte HT, Roessink I, Strauss T, Van den Brink PJ (2014) The minimum detectable difference (MDD) and the interpretation of treatment-related effects of pesticides in experimental ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research* 22:1160–1174.

Korrespondenzadresse:

Liesa-Kristin Beuter
 Institut für Gewässerschutz Mesocosm GmbH
 Neu-Ulrichstein 5
 35315 Homberg (Ohm)
 E-Mail: liesa-kristin.beuter@umwelt.uni-giessen.de



Wirkungsbezogene Analytik auf Basis von Leuchtbakterien, gekoppelt an Fließinjektionsanalyse und Ionenchromatographie

Frieder Junginger^{1,2}, Oliver Happel¹, Heinz-Jürgen Brauch¹, Jan Hoinkis²

¹DVGW-Technologiezentrum Wasser (Karlsruhe),

²Hochschule für Technik und Wirtschaft Karlsruhe

Zusammenfassung

Im Bereich der wirkungsbezogenen Analytik (WBA) ist die Untersuchung der Hemmwirkung auf Leuchtbakterien (*Vibrio fischeri*) ein etabliertes Verfahren. Als Erweiterung zur Untersuchung der Gesamtprobe im Küvettentest wurde ein kombiniertes Fließinjektions- und Chromatographieverfahren entwickelt. Mit einem selbst aufgebauten Lumineszenzsensor in Kombination mit der Anionenaustauschchromatographie konnte die Realisierbarkeit einer solchen Kopplung anhand der WBA von Chromat und Azid gezeigt werden. Die Variation der Expositionsbedingungen führte zu plausiblen Dosis-Wirk-Kurven.

Einleitung

Bei oxidativen Verfahren der Trinkwasseraufbereitung (z. B. Ozonung) entstehen aus organischen Spurenstoffen und Matrixbestandteilen oft anionische Transformationsprodukte, wie zum Beispiel Carbonsäuren [1]. Zu ihrer umfassenden Bewertung werden unter anderem Biotoxizitätstests angewendet. Ein etabliertes Verfahren ist die Untersuchung der Hemmwirkung von Gesamtproben auf die Biolumineszenz von marinen Leuchtbakterien (*Vibrio fischeri*) per Küvettentest nach DIN EN ISO 11348.

Mit dem Ziel, neben der Gesamtprobe auch anionische Einzelkomponenten wirkungsbezogen untersuchen zu können, wurde im Rahmen einer Masterarbeit am TZW Karlsruhe [2] erstmals eine Verfahrenskombination aus der Fließinjektionsanalyse (FIA), der Ionenchromatographie (IC) und der Lumineszenzdetektion entwickelt. Literaturbekannt waren davor nur wenige Beispiele, in denen eine Umkehrphasenchromatographie (RP), eine Sequentielle-Injektions-Analyse (SIA) oder eine FIA mit einem solchen „Leuchtbakterien-Sensor“ gekoppelt wurden [3-6]. In den zitierten Arbeiten wurde der Aufbau des kombinierten Sensorkonzeptes u.a. anhand der Trennbarkeit und der Toxizität verschiedener Phenole wie beispielsweise 3,4-Dichlorphenol oder 2,4-Dinitrophenol [3; 5] getestet. Eine automatisierte FIA, in der eine Leuchtbakteriensuspension in eine Trägerlösung mit Kupferionen injiziert wurde, um die Schwermetalltoxizität anhand der Lichtemission zu bewerten, wurde in [4] publiziert.

In diesem Beitrag werden das Design der selbstgebauten Detektionseinheit, deren Kopplung mit der IC und FIA sowie erste Ergebnisse vorgestellt.

Lumineszenzdetektor

Das selbstgebaute Sensorsystem ist so gestaltet, dass es variabel in verschiedenen Fließsystemen als Detektor ein-

gesetzt werden kann, wobei die Spannungsversorgung, sowie die Datenaufnahme über dieselbe USB-Schnittstelle erfolgen. Die vom Lumineszenzdetektor erfasste Größe ist das Eigenleuchten der Bakterien, das unter für sie geeigneten und konstanten Umgebungsbedingungen aus Stoffwechselvorgängen resultiert und stabil bleibt. Sind die Wachstumsbedingungen gut und ist die Bakteriendichte hoch genug, kann die Lichtemission auch gut mit den Augen im abgedunkelten Raum wahrgenommen werden (s. Langzeitbelichtung in Abbildung 1). Verschlechtern sich die Lebensbedingungen, so werden die Stoffwechselvorgänge gehemmt, was sich an einer verminderten Lichtemission zeigt.



Abb. 1: Eigenleuchten der Leuchtbakterien (*Vibrio fischeri*)

Für die Detektion der Lumineszenz wird ein Photomultiplier (PMT) verwendet. PMT wandeln einfallendes Licht in eine Spannung um und zeichnen sich durch ihre besonders hohen Verstärkungsfaktoren aus (standardmäßig bis zu $v = 2^8$), die sie zu den empfindlichsten Sensoren für die Lichtmessung machen. Abgesehen von dem PMT konnte der Lumineszenzdetektor ausschließlich aus kostengünstiger Elektronik zum Gesamtpreis von ca. 100 € aufgebaut werden und ist in einem kompakten, lichtundurchlässigen Metallgehäuse mit den Maßen 23 cm × 18 cm × 5 cm (B×H×T) verbaut.

Abbildung 2 zeigt den schematischen Aufbau der Detektionseinheit, bei der noch die USB-Verbindung zum PC ergänzt ist. Zur Erzeugung der PMT-Hochspannung von ca. 800 V werden zunächst die 5 V der USB-Schnittstelle über einen DC-DC-Wandler (LME 0515, Murata Power Solutions) auf 15 V gebracht. Diese Gleichspannung entspricht der notwendigen Versorgungsspannung für den Hochspannungssockel C6270 (Hamamatsu) und entkoppelt ihn zugleich galvanisch von der Restschaltung, was für die Signalverarbeitung nötig ist. Über die direkte Generierung der Hochspannung im gut isolierten

Sockel treten auch keine Gefährdungen durch Stromschlag in diesem Selbstbau auf.

Zur Lichtdetektion kommt ein PMT vom Typ *R1477-07* (Hamamatsu) zum Einsatz. Die Höhe der Betriebsspannung gibt die Verstärkung vor und kann über ein außen am Metallgehäuse angebrachtes 10-Gang Präzisionspotentiometer stufenlos eingestellt werden. Von der letzten Dynode des PMT zur Anode wird ein Lastwiderstand von 1 k Ω eingesetzt, der aus dem Elektronenstrom eine für den AD-Wandler verwertbare Spannung generiert, die sich linear zum einfallenden Licht verändert.

Durch den AD-Wandler vom Typ *HX711* mit einer Auflösung von 24 Bit wird das Analogsignal des PMT digitalisiert und über den Mikrocontroller (Arduino nano) mit Mini-USB-Schnittstelle an einen PC übertragen. Die Stromaufnahme der Schaltung liegt bei ca. 100 mA, welche die USB-Schnittstelle jedes PCs zur Verfügung stellt.

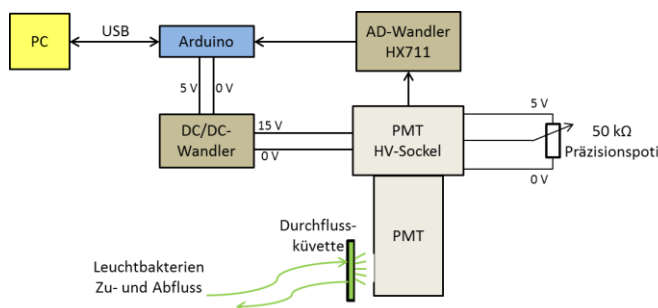


Abb. 2: Schematische Darstellung des selbstgebauten Lumineszenzensors

Nach dem Vorbild von [5] wurde eine spiralförmig gewickelte Durchflussküvette mit einem Innenvolumen von ca. 160 μ L (Abbildung 3), bestehend aus einer transparenten Teflonkapillare, gegenüber dem PMT positioniert. Als Halterung der Durchflussküvette dienen zwei Plexiglasscheiben, zwischen denen die gewickelte Kapillare verklemmt ist. Eine hinter der Wicklung angebrachte Silberfolie erhöht durch ihre Reflexion die Lichtausbeute. In der Mitte der Wicklung befindet sich eine grüne LED (Emissionswellenlänge $\lambda = 565$ nm), die zum Funktionstest vor einer Messung über einen Kippschalter ein- und ausgeschaltet werden kann. Ein dünnes Teflonblättchen vor der LED sorgt für eine diffuse und abgeschwächte Abstrahlcharakteristik.



Abb. 3: Spiralförmige Durchflussküvette

Ein Foto des Detektorinneren ist in Abbildung 4 zu sehen.

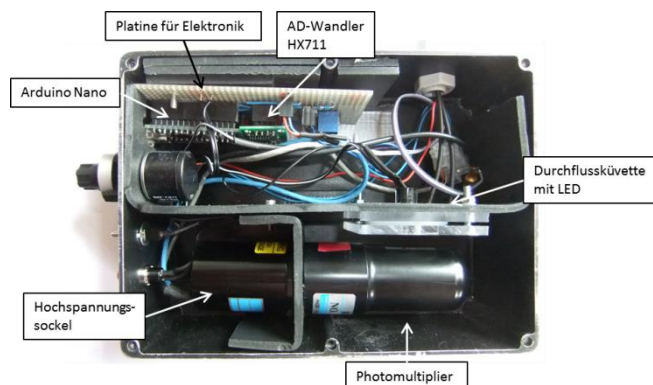


Abb. 4: Innenansicht des Sensorsystems

Die notwendigen Medien zur Kultivierung und Stabilisierung der Bakterien und zur Aufreinigung der Bakteriensuspension für die Messung wurden aus den in der DIN [6] genannten Anweisungen auf die für den Durchflussbetrieb erforderlichen Randbedingungen adaptiert. Zur Kultivierung von ausreichenden Mengen an Bakteriensuspension wurde ein Nährmedium (30 g/L Natriumchlorid, 6,1 g/L Natriumdihydrogenphosphat-Monohydrat, 2,8 g/L Dikaliumhydrogenphosphat-Trihydrat, 0,2 g/L Magnesiumsulfat-Heptahydrat, 0,5 g/L Diammoniumhydrogenphosphat, 3 mL/L Glycerin, 5 g/L Pepton aus Fleisch, 0,5 g/L Hefeextrakt, pH 7) hergestellt. Aus einem gefriergetrockneten Leuchtbakterienstamm wurden zunächst auf einem Nährboden aus Agar und Nährmedium über zwei bis drei Tage bei 20° C Einzelkolonien gezüchtet, die daraufhin als Stamm für größere Flüssigkulturen dienen. Die Suspension wurde später zentrifugiert, wobei der Überstand dekantiert wird, während die Leuchtbakterien als Pellet am Boden des Gefäßes erhalten werden. Um die Reste des Nährmediums auszuwaschen, wurden sie in 2%iger NaCl-Lösung resuspendiert und abermals zentrifugiert.

Um ideale Rahmenbedingungen für die Messung zu schaffen, in denen sowohl die Bakteriendichte, als auch deren Lichtemission konstant bleibt, wird in der DIN folgende Testlösung als Medium empfohlen: 8 g/L D(+)-Glucose-Monohydrat, 20 g/L Natriumchlorid, 2 g/L Magnesiumchlorid-Hexahydrat, 0,3 g/L Kaliumchlorid, 11,9 g/L HEPES. Der pH-Wert ist auch hier auf 7 +/- 0,2 einzustellen.

Einsatz in der Fließinjektionsanalyse

Die Hemmwirkung toxischer Stoffe auf das Eigenleuchten der Leuchtbakterien ist expositionsabhängig und wird über die Konzentration und die Inkubationszeit bestimmt. Die erforderliche Inkubationszeit von mehreren Minuten wird in der FIA durch die Installation einer verlängerten Inkubationsstrecke erreicht, die die Leuchtbakteriensuspension passieren muss und kann über die Flussrate, die Schlauchlänge und den Schlauchdurchmesser angepasst werden. In Abbildung 5 ist das eingesetzte Fließsystem schematisch dargestellt. Beim gewählten Design führte das gewollte 1-zu-1-Mischungsverhältnis aus Leuchtbakteriensuspension und Trägerlösung zu einem Ver-

brauch der Suspension von etwa 1 mL/min. Für eine typische Messreihe wurden ca. 200 mL Suspension vorbereitet. Um die Beschaffenheit des Mediums im Fließsystem möglichst stabil zu halten, wurde der Salzgehalt der Trägerlösung dem des Testmediums angepasst. Versuche zur Untersuchung des Einflusses des Salzgehaltes der Trägerlösung zeigten bei der Verwendung von Reinstwasser als Träger einen ca. 50%igen Einbruch des Eigenleuchtens.

Zudem werden in der Abbildung das aktive Einbringen kleiner Luftblasen vor der Inkubationsstrecke und ihre aktive Entfernung jeweils über ein T-Stück angedeutet, was ein etabliertes Verfahren der *segmented flow analysis (SFA)* zur Vermeidung von Signalverbreiterungen ist.

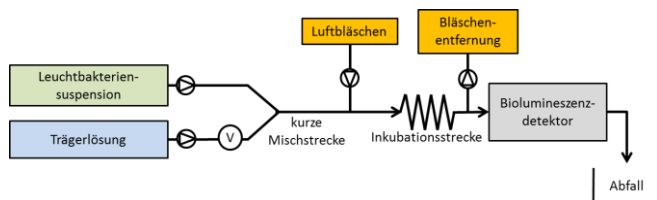


Abb. 5: Schematische Darstellung des Aufbaus für den Einsatz der Leuchtakterien in der Fließ-injektionsanalyse

Zur Positivkontrolle des Leuchtbakterientests wird in der DIN unter anderem Kaliumdichromat (Chromat) als Testsubstanz genannt. Im typischen Küvettentest verringert sich die Lichtemission um die Hälfte, wenn die Bakterien einer Lösung mit einem Chromatgehalt von 3 mg/L für 15 Minuten exponiert werden. Ein Beispiel eines FIA-Laufes mit Injektionen von Chromatlösungen ansteigender Konzentration ist in Abbildung 6 zu sehen. In mehreren Versuchen dieser Art zeigte sich, dass mit diesem Aufbau typische Dosis-Wirkungs-Beziehungen erhalten werden (Abbildung 7).

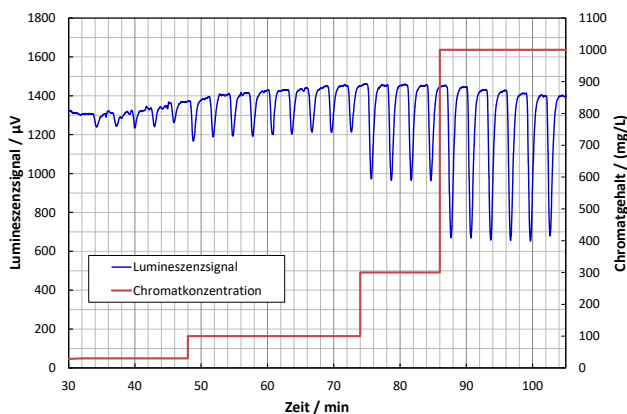


Abb. 6: Einbruch der Lumineszenz bei Injektion von Chromat-standards ins FIA-System (Inkubationszeit: 11 min)

Die Unabhängigkeit des Sensorsystems von der Intensität des Eigenleuchtens der Leuchtakterien zeigen die Daten in Tabelle 1. Bei der Betrachtung der relativen Hemmwirkung der injizierten Standards werden bei sehr schwacher Lumineszenz und bei normaler Lumineszenz (ca. 200-fach stärker) kaum Unterschiede festgestellt. Trotzdem sollte eine starke Lumineszenz angestrebt werden, da das Signal-zu-Rausch-Verhält-

nis bei starker Lumineszenz besser ausfällt und sich die Datenqualität hierdurch erhöht.

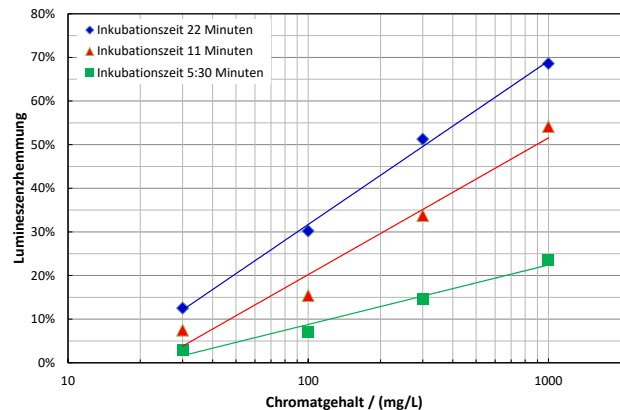


Abb. 7: Dosis-Wirkungs-Beziehung von Chromat bei verschiedenen Inkubationszeiten in halblogarithmischer Auftragung

Tabelle 1: Relative Hemmwirkungen von Chromat-Standards auf das Eigenleuchten der Leuchtakterien

Chromatgehalt (mg/L)	Hemmwirkung bei schwacher Lumineszenz	Hemmwirkung bei normaler Lumineszenz
30	8,5% ± 0,7%	7,4% ± 1,0%
100	20,9% ± 0,7%	15,4% ± 0,7%
300	37,2% ± 1,9%	33,7% ± 0,1%
1000	55,4% ± 1,9%	54,1% ± 1,1%

Kopplung an die Ionenchromatographie

Um ionische Verbindungen nach einer IC-Trennung wirkungsbezogen untersuchen zu können, wird der in Abbildung 5 vorgestellte FIA-Aufbau um die IC-Einheit erweitert. Das Eluat des Chromatographen (1 mL/min) ersetzt nun die FIA-Trägerlösung (1 mL/min). Die Beschaffenheit des suppressierten IC-Eluents entspricht nahezu Reinstwasser und stellt kein optimales Medium für die marinen Leuchtakterien dar. Um den Salzgehalt im System konstant zu halten, wird das Eluat nach der Suppression und der Leitfähigkeitsmessung auf einen Natriumchloridgehalt von 20 g/L eingestellt. Zur Vermeidung einer unnötigen Verdünnung des Eluats und damit einhergehender verminderter toxische Wirkung toxischer Analyte, wird zu diesem Zweck eine konzentrierte Kochsalzlösung mit angepasster Flussrate über ein T-Stück beigemischt.

Die in Abbildung 9 und Abbildung 10 dargestellten Messungen zeigen chromatographische Trennungen einer chromathaltigen Probe und einer Mischprobe aus Azid und Chromat, sowohl als Leitfähigkeitsmessung, als auch wirkungsbezogen über den neu aufgebauten Detektor. Im Lumineszenzsignal ist bei 13,5 Minuten (Abb. 9) bzw. bei 8 min (Abb. 10) ein erster Lumineszenzeinbruch zu sehen. Dieser stammt von einer FIA-Injektion vor dem chromatographischen Lauf und dient der Positivkontrolle oder der Messung der Gesamtprobe,

sowie der Markierung des IC-Messbeginns im Lumineszenzsignal zum späteren Abgleich der separaten Datenaufzeichnungen. Die Übereinanderlegung der Leitfähigkeits- und Lumineszenzsignale zeigt einen analogen Kurvenverlauf. Aus dem FIA-Signal mit einer Halbwertsbreite von ca. 30 Sekunden kann auch die chromatographische Auflösung abgeleitet werden, da beide Varianten das gleiche System durchlaufen. Dies ist vergleichbar mit typischen Halbwertsbreiten ionenchromatographischer Signale, wodurch keine übermäßigen Signalverbreiterungen auftreten. Die Inkubationszeit der hier gezeigten Messungen lag bei ca. 6 Minuten. Es ist zu vermuten, dass den Ergebnissen aus Abbildung 7 entsprechend, eine Erhöhung der Expositionsdauer eine deutliche Empfindlichkeitssteigerung ermöglicht.

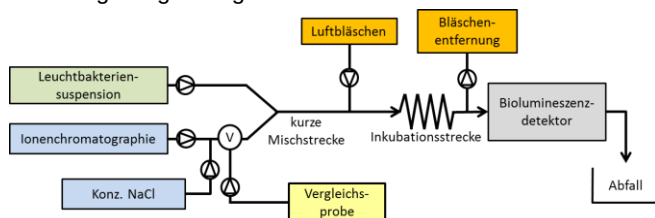


Abb. 8: Schematische Darstellung des gekoppelten Messsystems aus Ionenchromatographie, FIA und Biotoxizitäts-sensor.

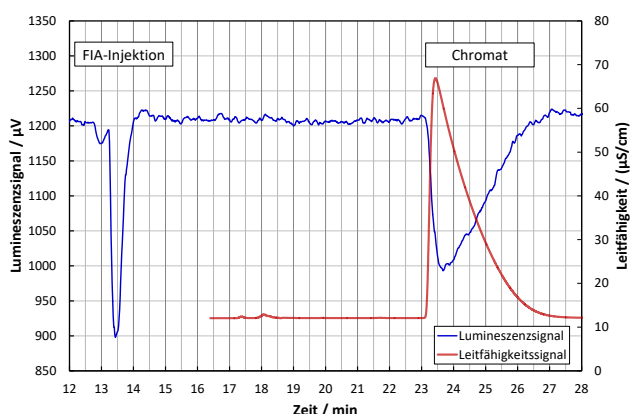


Abb. 9: Chromatogramme mit Leitfähigkeits- und wirkungsbezogener Detektion einer chromathaltigen Probe (1000 mg/L Cr(VI)) mit zusätzlicher Vergleichsprobe per FIA-Injektion

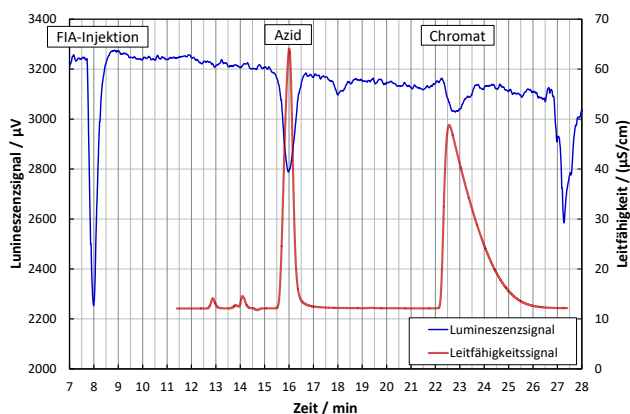


Abb. 10: Chromatogramme einer chromat- und azidhaltigen Mischprobe mit beiden Detektionsmethoden mit zusätzlicher Vergleichsprobe per FIA-Injektion

Fazit

Aufbauend auf den in der Literatur beschriebenen LC-Kopplungen mit RP-Säulen konnte erstmals eine Online-Kopplung der wirkungsbezogenen Analytik basierend auf *Vibrio fischeri* an einem Ionenchromatographen realisiert werden. Die zusätzliche Option des FIA-Modus ermöglicht zudem die Injektion von Referenzsubstanzen oder auch Gesamtwasserproben zur Positivkontrolle und synchronisiert die beiden Messsysteme. Da das IC-Eluat nach der Suppression rein wässrig vorliegt, treten bei diesem Aufbau nicht die Störungen durch Lösungsmittel auf, wie sie bei RP-Trennungen beschrieben wurden.

Aus den bisherigen Ergebnissen geht hervor, dass die Sensitivität dieser Kopplung geringer ausfällt als beim etablierten Küvettentest nach DIN [7] und somit messbare Effekte in Umweltproben fraglich sind. Die Stärken dieses Verfahrens liegen vielmehr in der Charakterisierung von anionischen Transformationsprodukten, die im Rahmen von Laborversuchen erhalten werden. Aktuell wird in dem vom DVGW geförderten Vorhaben „WBA BeReiT“ (LW Langenau und TZW Karlsruhe) u. a. diese Kopplung zur Untersuchung anionischer Transformationsprodukte aus oxidativen Verfahren eingesetzt und weiterentwickelt.

Literatur

- [1] H. Selçuk, M. Çakmakç, B. Kaszyk-Hordern, Ozonation in Drinking Water and By-Products Formation. In: Control of Disinfection By-Products in Drinking Water Systems, Editors: A. Nikolaou et al., pp. 79-96, **2007**.
- [2] F. Junginger, Kopplung der Fließinjektionsanalyse und der Ionenchromatographie an ein Lumineszenz-Sensorsystem zur Biotoxizitätsbestimmung auf Basis von Leuchtbakterien. Masterthesis, HS Karlsruhe, **2016**.
- [3] G. Eberz, H.G. Rast, K. Burger, W. Kreiss, C. Weisemann, Bioactivity Screening by Chromato-graphy-Bioluminescence Coupling, *Chromatographia*, **1996**, 43(1/2), 5-9.
- [4] E. Komaritis, E. Vasiliou, G. Kremmydas, D.G. Georgakopolus, C. Georgiou, Development of a Fully Automated Flow Injection Analyzer Implementing Bioluminescent Biosensors for Water Toxicity Assessment, *Sensors* **2010**, 10, 7089-7098.
- [5] P. Stolper, Entwicklung von online-Toxizitätstests für die wirkungsbezogene Analyse von Wasserinhaltsstoffen. Dissertation, TU München, **2008**.
- [6] S.P. Costa, P.C. Pinto, R.A. Lapa, M.L. Saraiva, Toxicity Assessment of Ionic Liquids with *Vibrio fischeri*: An Alternative Fully Automated Methodology. *Journal of Hazardous Materials*, **2015**, 284, 136-142.
- [7] DIN EN ISO 11348-1, Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der Hemmwirkung von Wasserproben auf die Lichtemission von *Vibrio fischeri* (Leuchtbakterientest) – Teil 1: Verfahren mit gezüchteten Bakterien, Mai **2009**.

Korrespondenzadresse:

Frieder Junginger
DVGW-Technologiezentrum Wasser
Abteilung Analytik und Wasserbeschaffenheit
Karlsruher Straße 84
76139 Karlsruhe
Tel.: 0721 9678-1932, Fax: 0721 9678-104
E-Mail: frieder.junginger@tzw.de

diffundierenden Additive kommt es aufgrund der physiko-chemischen Eigenschaften und der hohen Oberflächen/Volumen-Verhältnisse zusätzlich zu einer Schadstoffadsorption auf den Polymeren aus dem umgebenden Wasser. Nach der Aufnahme auf der Oberfläche erfolgt eine Anreicherung (Avio et al. 2016). Weiterhin werden die Schadstoff-Mischungen über große Entfernungen transportiert und zeigen an anderen Orten ebenfalls Effekte innerhalb des Ökosystems (Miklos et al. 2016).

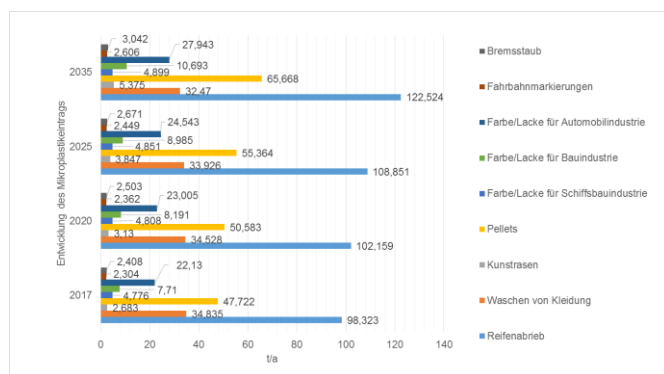


Abb. 2: Darstellung des prognostizierten Anstiegs des Mikroplastikeintrags in die aquatische Umwelt (Hann et al. 2017)

Problemdetektion vs. Problemlösung

Bis zum jetzigen Zeitpunkt gibt es keine ökologisch und ökonomisch sinnvollen Verfahren für die nachhaltige Entfernung inerter anthropogener Stressoren. Gleichzeitig gibt es immer mehr Studien zu Quellen, Senken, Einträgen, Transportwegen, Effekten, etc. von Mikroplastikpartikeln, weshalb auch immer mehr von dieser Belastung in den Medien berichtet wird (Browne 2015, Kershaw 2015, Carr et al. 2016). Diese Studien beziehen sich jedoch nur auf die wasserunlöslichen Polymere wie PP, PE und PVC. Die wasserlöslichen Polymere werden dabei völlig außeracht gelassen, da diese als unbedenklich eingestuft werden. Ein weiteres Problem ist, dass solche Materialien aktuell nicht quantitativ detektiert werden können (Herbort et al. 2017c, 2017b, Herbort and Schuhen 2017b). Unlösliche IOCS können durch aufwendige Probenvorbereitung und optische Messverfahren zumindest teilweise quantifiziert werden (Herbort et al. 2017c). Die Problemlösung sieht eine Zwei-Schritt-Umsetzung der unlöslichen Mikroplastikpartikel vor.

Im ersten Schritt wird dem bioinspirierten (organisch-chemischen) Teil des Gesamtmoleküls eine Lokalisierungseinheit hinzugefügt. Diese ist einerseits durch eine charakteristische Präorganisation gekennzeichnet. Andererseits besitzt diese die Fähigkeit, über eingebrachte funktionelle Gruppen Wechselwirkungen mit dem einzuschließenden Material einzugehen.

Die Lokalisierungseinheit liefert neben der Reaktivität im wässrigen Milieu (Sol-Gel-Prozess) auch die Basis für die im zweiten Schritt stattfindende Partikelfixierung. Resultierend

entsteht ein Agglomerationsprodukt aus anorganisch-organischem Hybridkieselgel und Polymerpartikeln (Herbort and Schuhen 2017a). Die erhaltenen deutlich vergrößerten Agglomerate (Abbildung 3) können kostengünstig und effizient innerhalb des Reinigungsprozesses abgetrennt werden (Herbort et al. 2017a, Herbort et al. 2017d). Es sind keine zusätzlichen Filtrationstechniken nötig, auch der Wartungsaufwand ist vergleichsweise sehr gering.

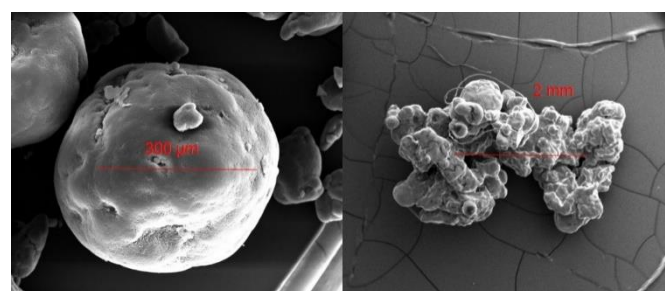


Abb. 3: (links): REM Aufnahme eines PE Mikroplastikpartikels (Ø300 µm); (rechts) Teilagglomerat der Mikroplastikpartikel (Ø 2 mm)

Material und Methoden

Alle Versuche wurden mit Polyethylen (PE)-Pulver (als Mischung verschiedener LDPE und HDPE) oder Polypropylen (PP) von Lyondellbasell, Basell Polyolefine GmbH, Frankfurt am Main, Deutschland, durchgeführt. Die bioinspirierten Moleküle wurden im kleinen Maßstab in den Laboren der Universität Koblenz-Landau synthetisiert und im nächsten Schritt in einem Scale-up großtechnisch hergestellt. Dies erfolgte in den Produktionsstätten der abcr GmbH, Karlsruhe, Deutschland. Für die Eliminationsversuche wurden eine PE- (bzw. PP oder PE/PP 1:1)-Pulvermischung und 1 l deionisiertes (DI) Wasser in einen 2-l-Rundkolben vorgelegt. Die Reproduktion und das Scale-Up auf 2000 l fanden in einem Batch-Reaktor unter Realbedingungen mit Polymer-beaufschlagtem Brauchwasser statt. Im Kontaktschritt wurde das Hybridmaterial zur Polymer-Wassermischung hinzugegeben. Anschließend wurde bei Raumtemperatur kontinuierlich gerührt. Nach erfolgreicher Agglomeration und dem induzierten Partikelwachstum auf die gewünschte Größe (Scale Up < 12h) wird die Mischung filtriert und die weißen Polymer-Hybridkieselgel-Produkte 24 Stunden bei 105 °C getrocknet und hinsichtlich ihrer Morphologie und Zusammensetzung charakterisiert (Schuhen and Herbort 2017).

Ergebnisse aus der Konzeptumsetzung und Übertragung der Anwendung aus dem Labor in den Batch-Reaktor

Der konzeptionelle Ansatz von Herbort und Schuhen aus dem Jahr 2015 wurde für den technischen Anwendungsbereich weiterentwickelt und mit den Erkenntnissen aus den vorherigen Forschungsarbeiten kombiniert (Schuhen 2015, 2014, 2016, Herbort and Schuhen 2017a). Durch innovative anorganisch-organische Hybridmaterialien gelingt es, reaktive und inerte Spurenstoffe zu entfernen. Dieses Konzept konnte bereits im Labormaßstab erfolgreich getestet werden (Herbort et al. 2017c, Herbort and Schuhen 2017b). Einzelne Partikel (Ab-

bildung 3 links) besitzen eine durchschnittliche Größe von 300 µm. Durch die Zugabe von bioinspirierten Hybridmaterialien wird ein Partikelwachstum initiiert wodurch sich 10000-fach größere Agglomerate bilden (Abbildung 3 rechts).

Auch im 1000-fach größeren Maßstab (2000 l Reaktorvolumen) wurden die Ergebnisse bestätigt und hinsichtlich der Elimination untersucht (Herbort et al. 2017a, Herbort et al. 2017b, Schuhen and Herbort 2017).

Zusammenfassung und Ausblick

Das Verfahren Wasser 3.0 PE-X liefert die Basis für ein kostengünstiges und effizientes Verfahren zur nachhaltigen Entfernung von inerten organisch-chemischen Stressoren (z.B.) Mikroplastik aus Wässern. Durch Kombination bereits vorangegangener Entwicklungen (Entfernung von reaktiven organisch chemischen Stressoren, wie Pharmazeutika) kann erstmals eine ganzheitliche Lösung für Wasseraufbereitungsanlagen bereitgestellt werden. Mit seinem modularen, adaptierbaren Funktionsdesign kann Wasser 3.0 mit seinen Silicium-basierten Hybridkieselgelen Stressoren jeglicher Art und Konzentration dezentral (am Ort der Entstehung) oder zentral (in Kläranlagen) im Wasser binden, so dass diese einfach und nachhaltig aus dem Wasserkreislauf entfernt werden können. Aktuell wird eine weitere Pilotanlage gebaut, wodurch die Übertragbarkeit in einen kontinuierlichen Prozess bewiesen werden soll.

Danksagung

Die Forschungsprojekte von Wasser 3.0 (www.wasserdreinnull.de) werden durch die finanzielle Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie durch die Bereitstellung von ZIM-Fördermitteln (Zentrales Innovationsprogramm für KMU) durchgeführt. Die Firmen abcr GmbH aus Karlsruhe und Zahnen Technik GmbH aus Arzfeld sind direkte Projekt-involvierte Industriepartner. Analytische Unterstützung bekommt das Projekt Wasser 3.0-PE-X von SAS Hagmann aus Horb am Neckar und durch Limbach Analytics GmbH aus Mannheim.

Literatur

- Avio CG, Gorbi S, Regoli F (2016) Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*. doi: 10.1016/j.marenvres.2016.05.012
- Browne MA (2015) Sources and Pathways of Microplastics to Habitats. In: Bergmann M, Gutow L, Klages M (eds) *Marine Anthropogenic Litter*. Springer International Publishing, Cham, pp 229–244
- Carpenter EJ, Anderson SJ, Harvey GR, Miklas HP, Peck BB (1972) Polystyrene Spherules in Coastal Waters. *Science* 178(4062):749–750. doi: 10.1126/science.178.4062.749
- Carpenter EJ, Smith KL (1972) Plastics on the Sargasso sea surface. *Science (New York, N.Y.)* 175(4027):1240–1241
- Carr SA, Liu J, Tesoro AG (2016) Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants.

Water Research 91:174–182.

doi: 10.1016/j.watres.2016.01.002

Clara M, Windhofer G, Hartl W, Braun K, Simon M, Gans O, Scheffknecht C, Chovanec A (2010) Occurrence of phthalates in surface runoff, untreated and treated wastewater and fate during wastewater treatment. *Chemosphere* 78(9):1078–1084.

doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.12.052

Domininghaus H, Eyerer P (2005) *Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften*, 6., neu bearb. und erw. Aufl. Springer, Berlin [u.a.]

Hann S, Sherrington C, Jamieson O, Hickman M, Kershaw P, Bapasola A, Cole G (2017) Investigating options for reducing releases in the aquatic environment of microplastics emitted by (but not intentionally added in) products. <http://www.eumicroplastics.com/eumpwp/wp-content/uploads/investigating-options-eunomia-draft-report-v4-main-report-public.pdf>. Accessed 04 Nov 2017

Hartmann C (2015) Phthalat- und Bisphenol-A-Belastung in Österreich. Ergebnisse einer Human-Biomonitoring-Studie. Report / Umweltbundesamt, [N.F.], 532.

Umweltbundesamt, Wien

Herbort AF, Schuhen K (2017a) A concept for the removal of microplastics from the marine environment with innovative host-guest relationships. *Environmental Science and Pollution Research international* 24(12):11061–11065. doi: 10.1007/s11356-016-7216-x

Herbort AF, Schuhen K (2017b) Problem erkannt - Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen nachhaltig entfernen. <http://www.laborpraxis.vogel.de/mikroplastik-in-kommunalen-kläranlagen-nachhaltig-entfernen-a-617719/>. Accessed 01 Aug 2017

Herbort AF, Sturm MT, Fiedler S, Abkai G, Schuhen K (2017a) Alkoxy-silyl induced Agglomeration: A new Approach for the sustainable Removal of inert organic chemical Stressors (e.g. Polymers) from Wastewater. *Polymer and Environment:submitted*

Herbort AF, Sturm MT, Hiller C, Schuhen K (2017b) Ökologische Chemie von Nano- und Mikroplastik – Ab wann werden Alltagshelfer zum Umweltproblem? *GWF Wasser + Abwasser*:75-83

Herbort AF, Sturm MT, Hiller C, Schuhen K (2017c) Nano- und Mikroplastik – Braucht es eine komplizierte Einzelstoffdetektion bei der Gewässeranalytik? Umdenken mit dem Wasser 3.0 – PEI?! *GIT Labor-Fachzeitschrift*(03/2017):32–35

Herbort AF, Sturm MT, Ney B, Schuhen K (2017d) Wasser 3.0 – PEX: Wie kann man anthropogene Stressoren (reaktiv und inert) nachhaltig und effizient sowie kostengünstig aus dem (Ab-)Wasser entfernen? „Entwicklung einer skalierbaren Reinigungsstufe für kommunale Kläranlagen und industrielle Prozessabwässer sowie für Trinkwasseraufbereitungen mit einer durch chemische Prozesse induzierten Separationstechnik“(12/2017)

Hermabessiere L, Dehaut A, Paul-Pont I, Lacroix C, Jezequel R, Soudant P, Duflos G (2017) Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: A review. *Chemosphere* 182:781–793. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.05.096

Kershaw P (2015) Sources, Fate and Effects of Micorplastics in the Marine Environment: A Global Assessment. http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf. Accessed 14 Nov 2017

Löffler MD, Morschhäuser RD (2001) Wasserlösliche Polymere und ihre Verwendung in kosmetischen und pharmazeutischen Mitteln. <http://www.google.de/patents/EP1069142A1?cl=de>

Miklos D, Obermaier N, Jekel M (2016) Mikroplastik: Entwicklung eines Umweltbewertungskonzepts. Erste Überlegungen zur Relevanz von synthetischen Polymeren in der Umwelt. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

PlasticsEurope (2016) Plastics - the Facts 2016 - An analysis of European plastics production, demand and waste data. http://www.plasticseurope.org/documents/document/20161014113313-plastics_the_facts_2016_final_version.pdf. Accessed 02 Mar 2017

Schuhen K (2014) Funktionalisierte, strukturierte Materialien für sauberes Wasser. *Nachr. Chem.* 62(7):759–762

Schuhen K (2015) Anthropogenic Stressors in the Environment. *GIT Labor-Fachzeitschrift* 9-10(19):22–23

Schuhen K (2016) Hybridkieselsäurematerial, insbesondere zur Fixierung anthropogener Verunreinigungen aus einem aquatischen Umfeld

WO2016166219 (A1)(WO2016166219 (A1))

Schuhen K, Herbort AF (2017) Patent pending.

Spoor H (1984) Synthetische Wasserlösliche Polymere—Stand und Ausblick. *Angew. Makromol. Chemie* 123(1):1–44. doi: 10.1002/apmc.1984.051230101

(2017) Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung - DüMV). DüMV

Wright SL, Kelly FJ (2017) Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science & Technology* 51(12):6634–6647. doi: 10.1021/acs.est.7b00423

Korrespondenzadresse

Jun.-Prof. Dr. Katrin Schuhen
Institut für Umweltwissenschaften
AG Organische und Ökologische Chemie
Fortstraße 7
76829 Landau
E-Mail: schuhen@uni-landau.de
www.wasserdreinull.de

4. Doktorandentag der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie bei der Eurofins Agrosience Services GmbH am 10. Oktober 2017

Dieses Jahr fand der 4. Doktorandentag der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie in Süddeutschland bei der Eurofins Agrosience Services EcoChem GmbH in Niefern-Öschelbronn statt. Schon die Begrüßung durch den Geschäftsleiter Herrn Dr. Ralph Kirchmaier versprach, dass es für alle elf teilnehmenden Doktoranden vieler unterschiedlicher Schwerpunkte spannende Inhalte geben würde. Er erklärte uns, dass die Eurofins Agrosience Niederlassung ein Teil der Eurofins Gruppe ist. Innerhalb des Konzerns ist die Agrosience Sparte ein kleiner, aber stark wachsender Bereich mit Niefern als größtem Standort.



Gruppenfoto mal anders - Teilnehmer des 4. Doktorandentags in Schutzausrüstung bei Besichtigung der institutseigenen Bienenstöcke (Foto: Stefanie Jäger)

Die Eurofins Agrosience wird von globalen und mittelständischen Unternehmen beauftragt und übernimmt die gesamte Bandbreite an Labortests, Feldstudien sowie die Analytik für die Risikobewertung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln. Dabei wird die Wirkung des Stoffes in der Umwelt untersucht. Beantwortet werden dabei Fragen, wie:

- Zu welchen Metaboliten wird der Wirkstoff verstoffwechselt?
- Wie sind die Wirksamkeit sowie die Stabilität/Haltbarkeit der Formulierung?
- Bleiben Rückstände der Substanz im jeweiligen Produkt?
- Wie wirkt sich der Stoff auf die Umwelt aus (terrestrisches sowie aquatisches System)?
- Ist der Stoff im Boden abbaubar?
- Kann die Substanz ins Grundwasser gelangen?

Den Hintergrund einer Zulassung, wie z.B. die verschiedenen Regularien und Verordnungen, erklärte uns Herr Dr. Joachim Rumbolz. Mit diesem neuen Hintergrundwissen konnten wir anschließend die Laborführung starten. Der Leiter des physikalisch-chemischen Labors, Dr. Andre Koch, zeigte uns die Analytik zur Identitäts- und Gehaltsbestimmung von Formulierungen. Vielen der Teilnehmer ist dabei in Erinnerung

geblieben, dass selbst eine einfache Messung des pH-Werts aufgrund des GLP Standards teuer werden kann. Neben dem großen Aufwand, den ein GLP zertifiziertes Labor betreiben muss, beeindruckt auch die hohe Anzahl an den jährlich entwickelten neuen Methoden zur Analyse der Wirkstoffe in den unterschiedlichsten Matrices. Dr. Benjamin Rieder erläuterte weiter, wie mit ^{14}C isotoopenmarkierten Wirkstoffen ihre Verteilung in Wasser und Boden sowie ihr Metabolismus aufgeklärt wird. Dazu konnten wir auch das Gewächshaus auf dem Dach des Gebäudes anschauen. Im Rückstandslabor zeigte uns Dr. Arne Mewis die Extraktion von z.B. Pflanzenteilen oder Bodenproben, die Aufreinigung und Anreicherung der Analyten sowie die Messung mittels LC-MS/MS. Bemerkenswert waren die hohe Anzahl und die Modernität der Geräte, die an einer Universität häufig so nicht zu finden sind. Außerdem durften wir uns anschauen, wie Bodenproben als 1 m lange Säulen bis zur Analyse bei -20°C gelagert, vor der Extraktion in kleinere Teilstücke geschnitten (gesägt!) und in speziellen Mühlen zerkleinert werden. Am Vormittag kamen somit gerade alle analytischen Umweltchemiker auf ihre Kosten. Nach einer reichlichen und leckeren Versorgung in geselliger Runde am Mittag widmeten wir uns den Themen der Ökotoxikologen. Im aquatotoxikologischen Labor werden die Pflanzenschutzmittel auf ihre Wirkung auf das aquatische Ökosystem (z.B. Fischeier, Grünalgen, Wasserflöhe, Forellen, Schwebgarnelen sowie die (zum Glück) nicht-stechende Mücke) untersucht. Ebenso bietet Eurofins Feldstudien mit Bienen an. Die dafür nötigen Bienen durften wir uns am Ende des Tages gut geschützt auf dem Dach des Gebäudes ansehen. In der Abschlussrunde erfuhren wir noch mehr zu weiteren Feldstudien und wie sich die Zusammenarbeit mit den Auftraggebern aus der Industrie auf der einen Seite und den Behörden auf der anderen Seite gestaltet.

Durch die lockeren Gespräche mit den zahlreichen Mitarbeitern konnten wir mehr Informationen zur Arbeit in einem Auftragslabor sammeln. Als Vermittler zwischen der Industrie und Behörden hat es eine große umweltpolitische Relevanz, muss aber gleichzeitig wirtschaftlich arbeiten. Für die angehenden Berufseinsteiger bleibt zu erwähnen, dass der Standort in Niefern weiter wächst und zahlreiche Wissenschaftler unterschiedlicher Bereiche gesucht werden. Berufserfahrung spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle, da neue Mitarbeiter das eher spezifische Wissen erst direkt vor Ort erwerben. Abschließend ist zu sagen, dass der Tag sehr spannend und informativ war und ich mich hiermit noch einmal im Namen aller Teilnehmer für die Organisation des Doktorandentags bei Frau Dr. Stefanie Jäger und dem Team der Eurofins Agrosience Services EcoChem GmbH bedanken möchte.

Marco Wietzoreck
(Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz)



Erläuterung der Beprobung von Bienen (links), die u.a. mit Hilfe eines Pollenhebers (s.o.) geschieht.
(Fotos: Stefanie Jäger)

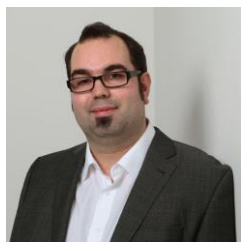
Ausschreibung Paul-Crutzen-Preis 2018

Die GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie verleiht den Paul-Crutzen-Preis für eine herausragende wissenschaftliche Arbeit auf dem Gebiet der Umweltchemie und Ökotoxikologie.

Eingereicht werden kann – vom Autor selbst oder von Dritten – eine wissenschaftliche Veröffentlichung (aus den zurückliegenden zwei Jahren, peer-review Journal). Der Erst- bzw. Hauptautor darf bei Erscheinen nicht mehr als zwei Jahre nach der Promotion stehen.

Mit der Auszeichnung verbunden sind eine Verleihungs-urkunde sowie ein von der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie gestiftetes Preisgeld in Höhe von 1.000 Euro, über das der Preisträger frei verfügen kann. Ein vom Vorstand der Fachgruppe benanntes Gutachtergremium entscheidet über die Preisvergabe. Die Preisverleihung erfolgt im Rahmen der Tagung „Umwelt 2018“, die vom 09. - 12. September 2018 in Münster stattfindet.

Dem formlosen Vorschlag, der eine kurze Begründung enthalten soll, sind ein Lebenslauf, eine Publikationsliste sowie die Veröffentlichung selbst in elektronischer Form (pdf-Dokument) beizufügen. Vorschläge können bis zum 30. April 2018 möglichst in elektronischer Form bei der GDCh-Geschäftsstelle, Dr. Susanne Kühner, s.kuehner@gdch.de, eingereicht werden.



Forschungsgruppe „Wassertechnologie – Kavitation – Nachwachsende Rohstoffe“, Center for Energy and Environmental Chemistry (CEEC Jena)

Institut für Technische Chemie und Umweltchemie, Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Dr. Patrick Bräutigam

Die Forschungsgruppe „Wassertechnologie – Kavitation – Nachwachsende Rohstoffe“ ist am Lehrstuhl für Technische Umweltchemie am *Center for Energy and Environmental Chemistry* (CEEC Jena) und dem Institut für Technische Chemie und Umweltchemie der Friedrich-Schiller-Universität Jena angesiedelt. Sie wurde 2014 von Dr. Patrick Bräutigam gegründet. Der Lehrstuhlinhaber Prof. Dr. Michael Stelter ist gleichzeitig stellvertretender Leiter des Fraunhofer-Instituts für Keramische Technologien und Systeme (IKTS). Zwischen der Forschungsgruppe und dem IKTS wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche themenbezogene und personelle Kooperationen aufgebaut. Die Forschung ist themenspezifisch sowohl grundlagen- als auch anwendungsorientiert an-

gelegt und in die drei Arbeitsfelder Wassertechnologie, Kavitation und nachwachsende Rohstoffe gegliedert. Hauptsächlich werden die Arbeiten der Gruppe durch das BMBF, das BMWi, den DAAD und die DBU gefördert

Das Arbeitsfeld Wassertechnologie umfasst

- die Entwicklung neuer bzw. Optimierung konventioneller *Advanced Oxidation Processes* ($^{(1)}$, $h\nu$, e^- , Δp , ΔT , Fe^{2+}/H_2O_2 , O_3) inklusive der Detektion und Quantifizierung oxidativer Spezies, organischer Mikroschadstoffe und Transformationsprodukte sowie die Ableitung von Abbaumechanismen und der Kinetik dieser Reaktionen

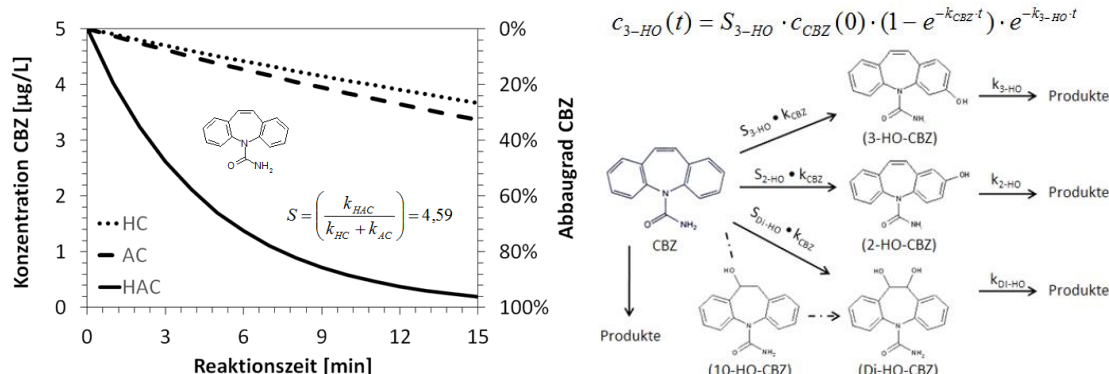


Abb. 1: Abbau von Carbamazepin (CBZ) durch hydrodynamische Kavitation (HC), akustische Kavitation (AC) und hydrodynamisch-akustische Kavitation (HAC) sowie Initialschritt des Abbaus und kinetisches Modell

- die Entwicklung (Synthese, Charakterisierung, Test, Vergleich) neuartiger Kohlenstoff-basierter Sorbentien (z.B. Graphit, Graphenoxid, reduziertes Graphenoxid) zur Abtrennung anorganischer und organischer (Mikro-Schadstoffe)
- die Weiterentwicklung und Qualifizierung von Membranverfahren (Mikro-, Ultra-, Nanofiltration) inklusive Oberflächenmodifikation und -charakterisierung zur Entfer-

nung organischer Mikroschadstoffe oder der Trennung von o/w-Emulsionen

- die Untersuchung des Umweltverhaltens von Mikroplastik ((Bio-)Polymere, Fasern, Additive) mit dem Fokus auf Sorption/Desorption organischer (Mikro-)Schadstoffe und den Einfluss verschiedener Alterungsprozesse auf das Sorptionsverhalten

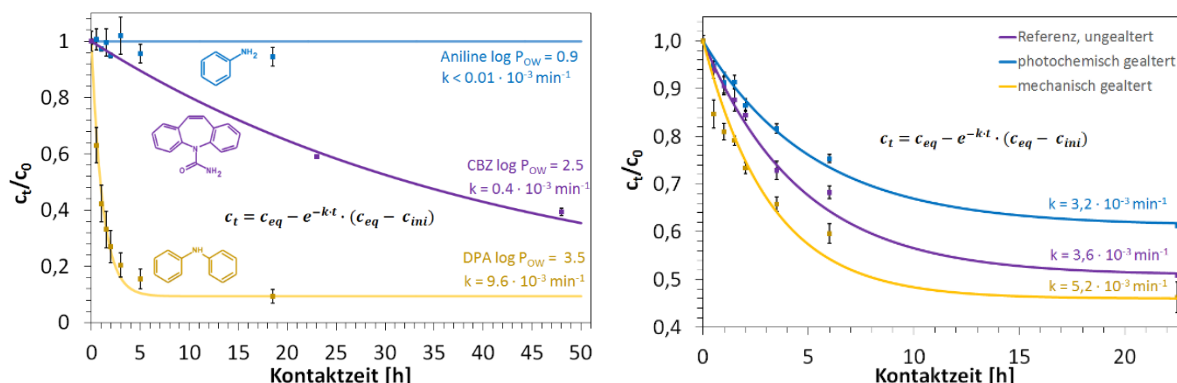


Abb. 2: Sorption von Anilin, Carbamazepin (CBZ) und Diphenylamin (DPA) an HDPE sowie Einfluss der Alterung (photochemisch / mechanisch) auf das Sorptionsverhalten von DPA an HDP

Das Arbeitsfeld Kavitation beinhaltet

- die (Weiter-)Entwicklung von Kavitationsverfahren in der Verfahrenstechnik (hydrodynamisch, akustisch, simultan) sowie die Untersuchung verschiedener Prozesse, die durch Kavitation initiiert, aktiviert bzw. intensiviert werden können
- die qualitative und quantitative Kavitationsfeldanalyse basierend auf Chemilumineszenz-Untersuchungen und/oder akustischer Spektren (Schalldruckpegel, Kavitationsrauschpegel)

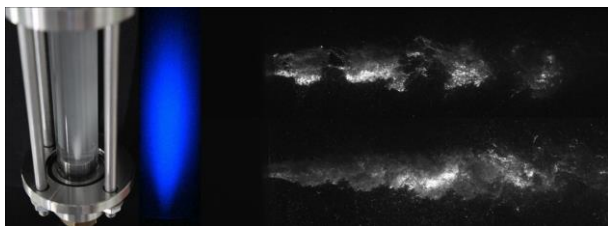


Abb. 3: Reaktor zur Erzeugung hydrodynamischer Kavitation, Chemilumineszenz zur Visualisierung hydrodynamisch erzeugter Kavitationsfelder und Highspeed-Photographie-Aufnahmen zur Ermittlung zeitlich und örtlich aufgelöster Blasenfeldverteilungen

- die Reaktorentwicklung kavitationsbasierter bzw. -assistierter Prozesse für verschiedene Anwendungen (z.B. Sonoelektrochemie, Sonophotokatalyse, Beschichtungen, Mischreaktionen, Desintegration, Partikelsynthese)

Das Arbeitsfeld Nachwachsende Rohstoffe beschäftigt sich mit

- stofflichen und/oder energetischen Verwertungsoptionen von Biomasse bzw. biogenen Reststoffen zur Bereitstellung von z.B. Biodiesel, Biogas oder Faulgas sowie der Entwicklung entsprechender vor- bzw. nachgelagerter Behandlungsschritte wie Aufschluss- oder Trennverfahren
- der energetischen Nutzung und der Entwicklung neuartiger Aufschlussverfahren für das stoffliche Recycling von Biopolymeren (z.B. Polymilchsäure, Polyhydroxyalkanoate)

Die Forschungsgruppe und der Lehrstuhl sind in der Lehre im Bachelor Chemie, im Master Chemie sowie in dem im Jahr 2014 neu geschaffenen Masterstudiengang Chemie – Energie – Umwelt vertreten. Hierbei werden die Themenfelder der Umweltchemie, Technischen Chemie und Energiespeicherung vertreten.

Weitere Informationen unter:

<http://www.chemgeo.uni-jena.de/ituc.html>

Kontakt:

Dr. Patrick Bräutigam
Forschungsgruppenleiter
AG Wassertechnologie - Kavitation - Nachwachsende Rohstoffe
Center for Energy and Environmental Chemistry (CEEC)
Institut für Technische Chemie und Umweltchemie
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Philosophenweg 7a
07743 Jena

Tel.: +49 3641 948458

Fax: +49 3641 948402

E-Mail: patrick.braeutigam@uni-jena.de





Professur für Umweltmineralogie, Institut für Angewandte Geowissenschaften der Technischen Universität Darmstadt

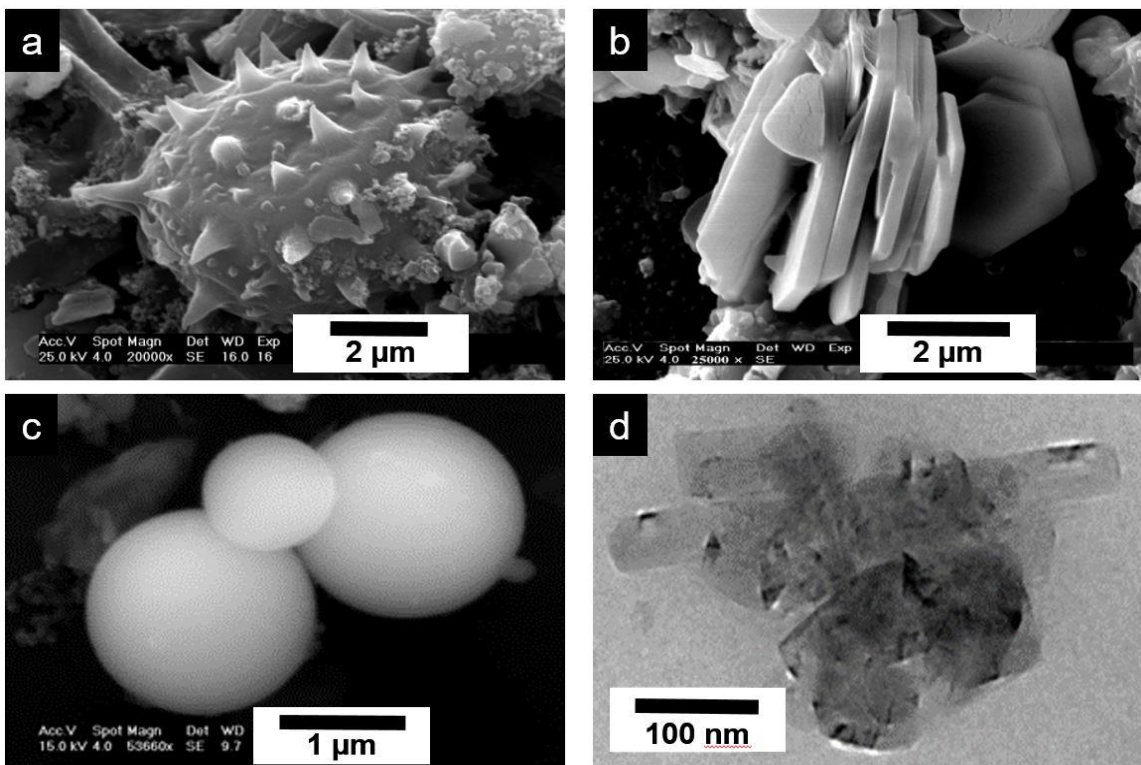
Stephan Weinbruch (weinbruch@geo.tu-darmstadt.de)

Die Professur für Umweltmineralogie wurde im Jahr 1999 im damaligen Fachbereich Geowissenschaften und Geographie (heute Material- und Geowissenschaften) der TU Darmstadt erstmals besetzt. Sie trägt mit ihrem Schwerpunkt in der Aerosolforschung zur Profilbildung des Instituts für Angewandte Geowissenschaften im Bereich „Wasser – Energie – Umwelt“ bei. Prof. Weinbruch ist auch Mitarbeiter am Nationalen Institut für Arbeitsmedizin (STAMI) in Oslo, Norwegen.

Forschungsschwerpunkte

Der Forschungsschwerpunkt der Arbeitsgruppe liegt in der Untersuchung atmosphärischer Aerosolpartikel im Zusammenhang mit Fragen des Klimawandels, des Umwelt- und Denkmalschutzes sowie der Arbeitsmedizin. In den letzten Jahren standen folgende Themen im Mittelpunkt:

- Physikalische und chemische Eigenschaften von Mineralstaub aus der Sahara sowie Vulkanstäuben
- Eiskeimfähigkeit atmosphärischer Aerosolpartikel
- Quellen von Partikeln in der Stratosphäre
- Quellen von Feinstaub in urbanen Ballungsräumen und an industriellen Hotspots
- Charakterisierung der Partikelexposition an Arbeitsplätzen
- Eintrag von Schadstoffen in arktische und nordische Ökosysteme
- Auswirkung von Partikeldeposition auf Kunstwerke und Oberflächen denkmalgeschützter Bauwerke.



- **Abb. 1:** Raster- (a – c) und transmissionselektronenmikroskopische (d) Aufnahmen von primären biologischen Partikeln (a), Bodenpartikeln (b), Flugaschen (c) und Kohlenstoff-Nanoröhren (d)

Die Arbeitsgruppe hat sich auf die Einzelpartikelcharakterisierung mit Rasterelektronenmikroskopie (SEM) und Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) sowie der zugehörigen spektroskopischen Methoden spezialisiert. Diese Verfahren haben zwar im Vergleich zur Bulkanalyse einen wesentlich höheren Zeitaufwand, bieten jedoch auch einige Vorteile:

a) Einige Partikelgruppen können besonders einfach anhand ihrer Morphologie erkannt werden. Dies gilt insbesondere für primäre biologische Partikel (Abb. 1a) und für Flugaschen (Abb. 1b). Flugaschen sind in der chemischen Bulkanalyse oft nicht von Bodenpartikeln (Abb. 1c) unterscheidbar, sodass diese anthropogene Komponente in vielen Arbeiten übersehen wird.

b) Der Mischungszustand (z.B. heterogene Einschlüsse, Oberflächenschichten) ist ein wichtiger Parameter, der ebenfalls gut durch Elektronenmikroskopie erfasst werden kann und einen großen Einfluss auf physikalische Eigenschaften von Partikeln (z.B. Streuverhalten, Eiskeimfähigkeit) hat.

c) Bei sehr geringen Materialmengen wie zum Beispiel bei der Untersuchung stratosphärischer Proben oder von Staub in Eisbohrkernen ist die Elektronenmikroskopie eine leistungsfähige Methode.

d) Durch die hohe laterale Auflösung (≈ 10 Nanometer im SEM, Subnanometer im TEM) kann praktisch der gesamte atmosphärisch relevante Größenbereich von Partikeln untersucht werden.

e) Es gibt Partikelgruppen, die nur durch Elektronenmikroskopie erkannt werden können. Zum Beispiel stößt die Exposition gegenüber Kohlenstoff-Nanoröhren (Abb. 1d) auf zunehmend größeres Interesse in der Arbeits- und Umweltmedizin. Diese Partikelgruppe lässt sich nur durch hochauflösende TEM eindeutig identifizieren.

Einige Verfahren der Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie können inzwischen automatisiert eingesetzt werden, sodass diese Methoden zunehmend auch zum Monitoring geeignet sind. Das Fachgebiet ist auch wesentlich mit der Weiterentwicklung elektronenmikroskopischer Methoden zur Partikelcharakterisierung beschäftigt.

Lehre

Das Fachgebiet Umweltmineralogie ist hauptsächlich in die Lehre der Bachelor und Master-Studiengänge „Angewandte Geowissenschaften“ eingebunden und übernimmt hierbei die Ausbildung in Geochemie, Atmosphärenchemie, Statistik, Rasterelektronenmikroskopie sowie atmosphärische Umweltforschung. Die Lehrveranstaltungen im Bereich der Umweltforschung werden auch von Studierenden der Umweltingenieurwissenschaften häufig nachgefragt.

Kontakt

Prof. Dr. Stephan Weinbruch
Institut für Angewandte Geowissenschaften
Schnittspahnstr. 9
D-64287 Darmstadt
Telefon: +49 (0) 6151 1620420
E-Mail: weinbruch@geo.tu-darmstadt.de
Homepage:
https://www.geo.tu-darmstadt.de/fg/umweltmin/umwelt_about_us/index.de.jsp

Veranstaltungsankündigungen

**6th International Marine Debris Conference,
12.-16.03.2018, San Diego, CA, USA**



Marine debris or marine litter is defined as any persistent, manufactured or processed solid material discarded, disposed of, or abandoned in the marine and coastal environment. It is a global problem, and it is an everyday problem. There is no part of the world left untouched by debris and its impacts. Marine debris is a threat to our environment, navigation safety, the economy, and human health. Most of all, marine debris is preventable.

HONOLULU STRATEGY

The Honolulu Strategy is a framework for a comprehensive and global effort to reduce the ecological, human health, and economic impacts of marine debris. It is intended for use as a planning tool, common frame of reference for collaboration, and a monitoring tool on multiple levels—global, regional, national, and local—involving the full spectrum of civil society, government and intergovernmental organizations, and the private sector.

Homepage:

<http://internationalmarinedebrisconference.org/index.php/the-issue/>

analytica conference 2018

Talking science—today's knowledge for tomorrow's applications

**Analytica Conference vom 10. bis 12. April 2018
in München**

Als fester Bestandteil der Fachmesse „Analytica“ wird im kommenden Jahr die „Analytica Conference“ stattfinden. In der breiten Palette analytisch-chemischer Fachbeiträge befinden sich auch etliche, die umweltanalytische und toxikologische Themen aufgreifen. Vorgestellt werden u.a. neue Methoden zur Bestimmung perfluorierter Substanzen, zur Analyse von Mikroplastik und zum Nachweis von „Emerging Contaminants“ in Nahrungsmitteln. Das vollständige Programm ist unter dem Link

<http://www.analytica.de/rahmenprogramm/conference/programm/index.html> zugänglich.

**Wasser 2018 - Jahrestagung der Wasser-
chemischen Gesellschaft,
7.-9.05.2018, Papenburg**



Die "Wasser 2018" ist die zentrale Konferenz zu allen Themen der Wasserqualität mit neuesten Ergebnissen zu Stoffbelastungen im Abwasser, Aufbereitung, Analytik, Gewässer / Grundwasser / Sedimente, Meereschemie, Mikrobiologie und Hygiene, Nanopartikel / Mikroplastik, Spurenstoffe, Trinkwasser sowie Wasserchemie und Industrie. Die Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft findet im Mai 2018 in Papenburg, Deutschlands ältester und längster Fehnkolonie, statt.

Themenbereiche:

- Abwasser
- Analytik
- Aufbereitung
- Gewässer / Grundwasser / Sedimente
- Meereschemie
- Mikrobiologie und Hygiene
- Nanopartikel / Mikroplastik
- Spurenstoffe
- Trinkwasser
- Wasserchemie und Industrie

Homepage:

<http://www.wasserchemische-gesellschaft.de/de/papenburg-2018/seiten/wasser-2018>



This conference not only provides a forum for chemistry related topics such as synthesis and technical aspects of chemistry and its products, but the broader context that is necessary to enable long term viable and globally applicable contributions of chemistry to the SDGs.

The conference aims to provide a forum for participants from academia and industry, from authorities and other institutions to address these challenges in a broad unique manner the latest developments across the broad and diverse fields of Green and Sustainable Chemistry

Topics include:

- Bioresources – new applications and new capabilities

- Inorganic resources – sustainable use of critical resources and materials
- Waste reduction, waste capture and recycling – examples, opportunities and limitations
- New molecules, materials and products – targeted design for sustainability
- Organic synthesis – recent green developments
- Catalysis – recent developments in bio catalysis, organic and inorganic catalysis
- Photochemistry – photocatalysis, synthesis and solar chemistry
- Renewable energy – conversion and storage
- Green and sustainable pharmacy
- Environmental science and sustainable chemistry
- Cleaner production – legislation and sustainable chemistry
- The UN Sustainable Development Goals and sustainable chemistry
- Industry and sustainable chemistry – focus on start-ups
- New business models
- Circular economy and sustainable chemistry
- Education and sustainable chemistry

Further information available:

<https://www.elsevier.com/events/conferences/green-and-sustainable-chemistry-conference/about>



Gordon Research Conference: Environmental Endocrine Disruptors, 3.-8.06.2018, Les Diablerets, CH

Over a generation, the GRC on EEDs set major milestones in the field of EED research, spanning from early evidence of EED effects in wildlife and humans through the shaping of new paradigms such as perinatal and low-dose effects. Ongoing research highlights more than ever the broad range of EED effects. These largely exceed classical reproduction and fertility endpoints, with lasting effects on endogenous metabolism, development, cognition, behavior, immune system and carcinogenic processes. Our current understanding of EEDs illustrates the finely tuned and intricately connected nature of the different actors of the endocrine system. The disrupting potential of man-made chemicals on wildlife, humans, but also on ecosystems is still not fully understood. Complex mechanisms of action and subtle modulatory effects are involved. This 2018 meeting will provide a comprehensive overview of the latest advances in EED research: (1) EED effects in wildlife and laboratory animal models and life-span effects in the more complex context of human exposure; (2) in-depth review of our current understanding of EED effects and mechanisms of action, including at low-doses; (3) updated state of the science and discussion on specific issues raised by EED research (mixture effects, perinatal imprinting) and novel paradigms (microbiome's role, trans-generational effects); (4)

key issues related to incorporating the results of laboratory, field and human studies in the process of EED risk assessment: a major challenge for toxicologists and risk assessors, as well as an ongoing revolution.

This GRC will be held in conjunction with the "Environmental Endocrine Disruptors (GRS)" Gordon Research Seminar (GRS). Those interested in attending both meetings must submit an application for the GRS in addition to an application for the GRC. Refer to the associated GRS program page for more information.

Topics / Key note session

- Keynote session: increasing exposure to man-made chemicals triggers complex responses in living organisms and overthrows established dogmas
- From waters to remote terrestrial ecosystems: new evidences for EED effects and current stakes
- Providing evidence for life-span effects of EEDs in the complex context of human exposure
- Mechanisms of effect of EED: Certainties, hypotheses and unexplored shores
- Mechanisms of effect of EED: Lots of things happen from "nothing": Complex mechanisms and low dose exposure effects
- EED toxicology and modes of action: general and specific issues raised by endocrine disruptors
- EED toxicology and modes of action: mechanisms of inheritance and novel paradigms
- Classical and novel approaches in endocrine disrupting chemicals toxicology
- Public concerns and public health policies

Homepage: <https://www.grc.org/environmental-endocrine-disruptors-conference/2018/>



ISEAC-40 - International Conference on Environmental & Food Monitoring, 19.-22.06.2018, Santiago de Compostela (Spain)



The central subject of ISEAC-40 conference is the innovative use of analytical methods for the investigation of environmental and food relevant questions. Following past ISEAC conferences, a wide range of topics will be covered: from sampling, target and non-target analysis, rapid testing systems and on-site applications, to risk assessment or food

authenticity. ISEAC-40 aims to provide a forum for exchange of scientific knowledge in these fields, with invited speakers, multiple slots for lectures from young and regular participants, poster sessions and an exhibition.

Homepage: <http://www.iseac40.es/>



Gordon Research Conference: Innovations at the Intersections of the Aquatic Sciences: Water, Health, Materials, Technologies, June 24 - 29, 2018, Holderness, NH, US

The 2018 Gordon Research Conference on Environmental Sciences: Water will feature a program of leading researchers whose work strives to improve aquatic resources and protect public health. Many of the challenges in the environmental aquatic sciences rely on the ability to work at the intersections of traditional disciplines, especially as we strive to enrich our understanding of fundamental processes and develop solutions to meet these challenges. For example, the production of food, energy, and material resources for the modern world requires new developments in separation technologies, water treatment, and systems engineering to meet the demand. The protection of water resources, particularly in areas vulnerable to global change, requires an understanding of chemical and biological phenomena across broad scales. Exposures to hazardous chemicals require knowledge of human-environment interactions, and recent developments in new materials and technologies could lead to opportunities to reduce exposures and remediate contaminated settings. The 2018 Environmental Science: Water GRC will feature a program of thought-provoking research in the areas of sustainable water and material resources, chemical exposures and health outcomes, and new technologies for water.

The conference will consist of nine sessions as follows:

- Molecular- to Global-Scale Phenomena in Aquatic Systems
- Oxidation Processes and Contaminant Transformations
- Technological Innovations for Water Nexus Challenges
- Persistent Pathogens and Antibiotic Resistance
- Impacts of Energy Resource Production
- Toxicant Exposure and Outcomes
- Microplastics
- Novel Materials for Water
- Reinventing the Toilet

Conference' homepage: <https://www.grc.org/environmental-sciences-water-conference/2018/>

Kurznachrichten



EAWAG-Pressemitteilung vom 12.10.2017: Pestizide verbleiben lange im Boden

Pflanzenschutzmittel oder ihre Transformationsprodukte verbleiben bis zu Jahrzehnten im Boden. Das ergab eine vom Bundesamt für Umwelt finanzierte Studie. Forschende von Eawag und Agroscope analysierten dabei Bodenproben von 14 Schweizer Landwirtschaftsflächen aus den Jahren 1995 bis 2008, die im Monitoringprogramm «Nationale Bodenbeobachtung» erhoben wurden, auf Pestizidrückstände. Diese verglichen sie mit Aufzeichnungen von Landwirten über deren Pestizideinsatz für diesen Zeitraum. In den Proben der meisten Flächen fanden die Wissenschaftler auch nach Jahren noch 10 bis 15 Pestizide in Konzentrationen von 1 bis 330 Mikrogramm pro Kilogramm Trockengewicht. Dabei identifizierten sie nicht nur die von den Bauern angegebenen Pflanzenschutzmittel, sondern ebenso nicht dokumentierte. In vielen Fällen handle es sich wahrscheinlich um Rückstände von Substanzen, die bereits vor 1995 ausgebracht wurden, vermuten sie. Von rund der Hälfte der dokumentierten Pestizide wiesen sie auch Transformationsprodukte nach. Die Forschenden erachten ein Bodenmonitoring, das die im Zulassungsverfahren für Pestizide vorgeschriebenen Abbaustudien im Labor ergänzt, als sinnvoll.

Originalpublikation: Chiaia-Hernandez A. et al. (2017): Long-Term Persistence of Pesticides and TPs in Archived Agricultural Soil Samples and Comparison with Pesticide Application. *Environmental Science and Technology* 51 (18), 10642–10651 <https://dx.doi.org/10.1021/acs.est.7b02529>

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 Stress-

faktoren zu reagieren, und verringern so ihre Fähigkeit zu überleben, zu wachsen und zu reproduzieren. Ein wichtiger Angriffspunkt für solch 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 immun-suppressiven 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 Literaturlauswertung [...]. 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 Fluoreszenz-markierten 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 Nitroblautetrazoliumchlorid (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 immuntoxischen Studien mit Fischen gemessen wurden, mit Hilfe der qRT-PCR 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 Chemi-

kalien 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.

Veröffentlicht am 24.11.2017

(<http://www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/news/immuntoxizitaet-eine-unterschaetzte-oekotoxikologische-wirkung-von-chemikalien/>)

Centre Ecotox, CH-1015 Lausanne

BDEW: Steigender Medikamentenverbrauch erfordert Maßnahmenpaket zum Schutz der Gewässer



Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) fordert Stärkung des Verursacherprinzips

Die Überalterung der Gesellschaft und der steigende Pro-Kopf-Verbrauch an Medikamenten führen zu einem Anstieg des Medikamentenverbrauchs um bis zu 70 Prozent bis 2045. Zu diesem Ergebnis kommt eine Studie des Beratungsinstitutes Civity im Auftrag des BDEW. Rückstände von Medikamenten lassen sich bereits heute in geringen Konzentrationen vereinzelt in deutschen Gewässern nachweisen.

"Zwar gibt es heute keinerlei Anlass zur Sorge um die hohe Trinkwasserqualität. Dennoch sollte alleine aus Sicht eines vorsorgenden Umwelt- und Gesundheitsschutzes der Eintrag von Arzneimitteln in die Umwelt so gering wie möglich sein. Notwendig ist deshalb eine ganzheitliche Arzneimittelstrategie zur Vermeidung, die unter Berücksichtigung des Verursacherprinzips ein breites Maßnahmenpaket umsetzt", sagt Martin Weyand, BDEW-Hauptgeschäftsführer Wasser/ Abwasser.

Die Hersteller sind gefordert, umweltschädliche Wirkstoffe nach Möglichkeit zu ersetzen. Apotheken sollten auf bedarfsgerechte Verpackungsgrößen achten und Verbraucher ihre alten Medikamente sachgerecht über den Haus- oder Sondermüll entsorgen.

Laut Studie steigt der Anteil der über 60-Jährigen in den kommenden Jahren von heute 27 Prozent auf 36 Prozent im Jahr 2045. Diese Bevölkerungsgruppe konsumiert besonders viele Medikamente. So sind die über 60-Jährigen bereits heute für 64 Prozent des Gesamtarzneimittelverbrauchs verantwortlich, im Jahr 2045 wächst ihr Anteil am Medikamentenverbrauch auf 71 Prozent.

Download der Studie:

<https://www.bdew.de/internet.nsf/id/20170904-pi-steigender-medikamentenverbrauch-erfordert-massnahmenpaket-zum-schutz-der-gewaesser-de>



**UBA-Positionen:
Pharmaceuticals in the
Environment – Make ideas
work. Key measures to
reduce pharmaceuticals'
emissions**

Pharmaceutical substances are biologically highly active chemicals which can unintentionally but regularly be released into the environment. More than 600 different pharmaceuticals can be found worldwide in soils, sediments, surface waters and some of them even in groundwater. To protect human health and the environment it is urgent to implement strong and effective measures to reduce emissions of pharmaceuticals. Respective measures have already been defined by various stakeholders. These measures should be merged now in order to work out an EU strategy. In this position paper UBA proposes six key measures which should be taken into account to promote the best protection of our water from pollution of pharmaceuticals.

Download:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/pharmaceuticals-in-the-environment-make-ideas-work>



Presseinformation: Das Schweigen der Hummeln

Dass Pestizide das Bestäubungsverhalten von Hummeln beeinträchtigen, haben Forscherinnen und Forscher des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und der University of Stirling herausgefunden. Ihre Ergebnisse stellen sie in der Fachzeitschrift Scientific Reports vor.



Durch Vibrationen schüttelt die Hummel die Pollen aus der Blüte und bestäubt so andere Pflanzen. (Foto: Kirill Gorlov/fotolia)

Hummeln setzen Pollen per Vibrationsbestäubung frei: Sie erzeugen mit ihrem Flügelschlag Frequenzen, die die Pollen aus der Blüte herausschütteln. So entsteht das bekannte Summen, das zwei Zwecken dient: Bestäubung anderer Blüten und Sammeln von Nahrung.

„Wir haben die Wirkung des Pestizids Neonicotinoid auf Hummeln untersucht und herausgefunden, dass es die Vibrationen, und somit auch das Summen, negativ beeinflusst“, sagt Dr. Penelope Whitehorn. [...] Die Biologin leitete die Studie an der University of Stirling. Zusammen mit Dr. Mario Vallejo-Marin, University of Stirling, untersuchte sie durch das Pestizid belastete Hummelkolonien, überwachte deren Verhalten und nahm über einen längeren Zeitraum das Summen mit Mikrofonen auf. Danach analysierten die Wissenschaftler das akustische Signal, das die Hummeln bei der Vibrationsbestäubung erzeugen, um Veränderungen im Summen festzustellen. Sie fanden heraus, dass die permanente Belastung durch das Pestizid die Vibrationen verringert. Dies wiederum reduziert die Menge der gesammelten Pollen und somit die Nahrung der Hummeln.

„Hummeln einer Kontrollgruppe, die dem Pestizid nicht ausgesetzt waren, lernten in ihrer Entwicklung nach und nach dazu, wie sie mehr Pollen sammeln und besser Blumen bestäuben können“, so Whitehorn. „Die Hummeln, die mit dem Pestizid in Berührung kamen, entwickelten ihre Fähigkeiten nicht weiter. Sie sammelten am Ende des Experiments zwischen 47 und 56 Prozent weniger Pollen als die Kontrollgruppe.“ „Unsere Forschungsergebnisse leisten einen wesentlichen Beitrag zu der Frage, wie sich Pestizide auf die Hummelpopulation und ihre Bestäubungsleistung auswirken. Sie weisen auch darauf hin, dass die Belastung durch Pestizide die Fähigkeiten der Hummeln beeinträchtigen kann, komplexe Verhaltensweisen wie die Vibrationsbestäubung weiterzuentwickeln“, sagt Vallejo-Marin. „Der nächste Schritt unserer Forschung wäre nun, den Mechanismus zu bestimmen, durch den das Pestizid die Hummeln beeinflusst. Wir glauben, dass Pestizide sich auf das Gedächtnis und die kognitiven Fähig-

keiten von Hummeln auswirken. Beides sind wichtige Voraussetzung für komplexe Verhaltensweisen.“

Originalpublikation „Neonicotinoid pesticide limits improvement in buzz pollination by bumblebees“, in „Scientific Reports“: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-14660-x>

Presseinformation Nr. 164 vom 15.11.2017 (gekürzt)

TUM-Forschungskonsortium zu Mikroplastik gegründet

Plastikmüll in Gewässern - ein Problem von weltweitem Ausmaß, dem sich nun ein interdisziplinäres Forschungsprojekt an der Technischen Universität München (TUM) widmet: Untersucht werden Mikroplastikpartikel in Gewässern und Lebensmitteln. Der Schwerpunkt liegt auf der Gegenüberstellung von Partikeln aus biologisch abbaubaren Kunststoffen, nicht abbaubaren Kunststoffen und natürlichen Partikeln.

Ziel des interdisziplinären Forschungsverbundes MiPAq, an dem fünf Lehrstühle der TUM beteiligt sind, ist die Charakterisierung von Partikeln aus nicht abbaubaren erdölbasierten Kunststoffmaterialien im Gegensatz zu biologisch abbaubaren Materialien und im Vergleich mit natürlichen Sedimentpartikeln. „Bisher weiß niemand sicher, ob sich Mikroplastik erheblich anders verhält, als in Gewässern natürlich vorkommende Partikel wie etwa feiner Sand“, sagt Professor Geist. „Außerdem möchten wir klären, ob sich die sogenannten Biokunststoffe tatsächlich anders verhalten als herkömmliches Plastik.“ Der Titel des Projektes lautet daher: „Mikropartikel in der aquatischen Umwelt und in Lebensmitteln - sind biologisch abbaubare Polymere eine denkbare Lösung für das Mikroplastik-Problem?“. Gefördert wird das Vorhaben mit rund einer Million Euro von der Bayerischen Forschungsförderung.

Es sollen Methoden entwickelt werden, um den Anteil an Mikroplastik zu messen und vergleichbar zu machen. „Große Herausforderungen bestehen nach wie vor im standardisierten Nachweis und einer umweltrelevanten Effektbewertung“, sagt Dr. Sebastian Beggel, verantwortlicher Ökotoxikologie im Projekt. So müssen dafür die analytischen Verfahren zur Identifizierung und Quantifizierung von Mikroplastik weiterentwickelt werden, um das Verhalten dieser Partikel in der aquatischen Umwelt und die Wirkung auf aquatische Lebewesen besser untersuchen zu können. Inwieweit die Partikel eine Gefahr für Gewässer darstellen, soll schlussendlich beantwortet werden. Dabei geht es genauso darum, technische Maßnahmen zu entwickeln, mit denen die Partikel im nächsten Schritt noch reduziert werden.

Gegenüber existierenden Studien zum Thema Mikroplastik werden in diesem Forschungsprojekt weitere Faktoren mitberücksichtigt: Besonders die Verwendung von Biopolymeren als Ersatz für herkömmliche Kunststoffe ist dabei hervorzu-

heben. Darüber hinaus zeichnet sich dieses Projekt durch eine ganzheitliche Betrachtung dieser Thematik von der Umwelt bis zum Lebensmittel aus. "Wir werden uns auch Wasserkreisläufe und Produktionsketten in der Lebensmittelindustrie anschauen wie etwa von Abfällanlagen", sagt Beggel, der am Lehrstuhl für Aquatische Systembiologie arbeitet - "genauso überprüfen wir, wie die verschiedenen Plastiksorten mit Schadstoffen interagieren. Es ist ein sehr weit gefasster Ansatz."

Durch die Kombination chemisch-analytischer und ingenieurwissenschaftlicher Expertise sowie naturwissenschaftlich-ökologischer Betrachtung soll eine transdisziplinäre und objektive Bewertung der Thematik erfolgen, um technologische Lösungsansätze zu entwickeln, die in Unternehmen der Lebensmittelbranche später angewendet werden können. Neben der Wissenschaft sind daher zahlreiche Partner aus der Wirtschaft beteiligt.

Themenfelder von MiPAq

Diese vier, sich gegenseitig ergänzenden Themenfelder werden beim Forschungsprojekt MiPAq bearbeitet:

- Analytische Verfahren zur Identifizierung und Quantifizierung von Mikropartikeln aus biologisch abbaubaren Kunststoffen (in aquatischen Umweltproben und Lebensmitteln), Herstellung von standardisierten Testsubstanzen und Referenzmaterialien
- Verhalten in der aquatischen Umwelt
- Wirkungen in der aquatischen Umwelt
- Eintrag von Mikropartikeln in Lebensmittel und in den Wasserkreislauf - Systemanalysen und Minderungsstrategien

Quelle (gekürzte TUM-Pressemitteilung):

http://www.wzw.tum.de/index.php?id=185&tx_ttnews%5Btt_news%5D=1915&cHash=d4b19d30bdf528a20ea15b5289ac349a



UBA-Texte 102/2017: Considerations about the relationship of nanomaterial's physical-chemical properties and aquatic toxicity for the purpose of grouping

Based on the variety of existing nanomaterials with numerous modifications, the effort of investigating environmental fate and effects will be tremendous. Hence, it will be necessary to group nanomaterials which feature similar environmental fate and effects. Therefore, the project objective was to correlate physical-chemical data with ecotoxicological effects for selected nanomaterials and to define reference values which

can serve as a basis for grouping. The report presents the development of concepts for grouping of nanomaterials with regard to their ecotoxicological effects with focus on aquatic ecotoxicity. The project was structured into five steps. First, fourteen nanomaterials were selected according to pre-defined criteria. The selected NMs were different subtypes of Ag, ZnO, TiO₂, CeO₂ and Cu. In a second step, their physical-chemical properties were determined in water and in all test media. Based on the results hypotheses regarding the expected ecotoxicity were formulated (third step). In a fourth step, the hypotheses were verified by testing the selected NMs in three ecotoxicological tests (acute aquatic toxicity with algae, daphnia and fish embryo according to the OECD Test Guidelines No. 201, 202 and 236). Finally, step five consisted of the compilation of a grouping concept based on nanomaterials physical-chemical parameters which were identified as relevant for the emergence of a toxic effect in aquatic organisms.

Download:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/considerations-about-the-relationship-of>

UBA-Positionen: Protecting the sources of our drinking water from mobile chemicals

Protecting the sources of our drinking water from any threats caused by chemicals is of the utmost importance. A strategy is needed in order to allow Europe's chemical industry to continue to innovate while ensuring the protection of the water cycle. The German Environment Agency (UBA) is carrying out an initiative to identify those substances that are persistent (P) in the environment, mobile (M) in the water cycle (PM substances), and additionally toxicity (T) to human health (PMT substances). The proposed criteria will assist registrants in fulfilling their responsibility of guaranteeing the safe use of chemicals under the EU's chemical regulation "REACH" (Regulation EC No 1907/2006).

Download:

<https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/protecting-the-sources-of-our-drinking-water-from>

UBA-Texte 72/2017: Bewertung des Eintrags von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer – Runoff, Erosion und Drainage

Im Projekt wurde ein Konzept (genannt GERDA = GEObased Runoff, Erosion, and Drainage risk Assessment for Germany) entwickelt, dass der qualifizierten Abschätzung von Einträgen von Pflanzenschutzmitteln über Runoff und Drainage in Oberflächengewässer dient. Vor dem Hintergrund der europäischen

Prüf- und Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln trägt das Konzept sowohl dem europäischen Harmonisierungsgedanke Rechnung durch die Verwendung des EU-Modells „FOCUS Surface Water“ als Basisinstrument wie auch dem Ziel eines hinreichenden Gewässerschutzes durch die Abbildung der spezifischen ökologischen und landwirtschaftlichen Bedingungen in Deutschland.

Download:

<https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/bewertung-des-eintrags-von-pflanzenschutzmitteln-in>

UBA-Dokument: Wirkung der Beschlüsse des Diesel-Gipfels auf die NO₂-Gesamtkonzentration

Schlussfolgerungen. Aus den durchgeführten Abschätzungen ist der Schluss zu ziehen, dass die in Aussicht gestellten Software-Updates in Verbindung mit einem Rückkauf älterer Fahrzeuge zwar einen Beitrag zur Reduzierung der NO₂-Belastung darstellen, aber nur an wenigen Standorten unmittelbar zur Einhaltung des Luftgrenzwertes führen werden. Dabei ist zu betonen, dass die Betrachtungen von optimistischen Annahmen ausgehen: So ist die emissionsmindernde Wirkung für alle Temperaturbereiche angenommen worden. Hinsichtlich der Neufahrzeuge wurde davon ausgegangen, dass trotz höherer Prämien kein Umstieg auf größere Fahrzeuge mit höherem Verbrauch erfolgt. Die Szenarien zeigen zudem deutlich, dass der Ersatz durch Neufahrzeuge, die dem Euro 6d-TEMP entsprechen, wesentlich stärkere Minderungsbeiträge leistet. Wo weitere Sofort-Maßnahmen – bspw. Aufgrund von Gerichtsentscheiden – erforderlich werden, wären also auch Neuanschaffungen mit dem Euro 6 a/b/c in Einfahrverbote einzubeziehen.

Zum vollständigen Dokument:

<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/diesel-pkw-software-updates-reichen-nicht-aus-fuer>

Stand: 18.08.2017



Kai Borgeest: Manipulation von Abgaswerten: Technische, gesundheitliche, rechtliche und politische Hintergründe des Abgasskandals

Taschenbuch, Springer Vieweg, 1. Aufl. 2017 (12. Mai 2017), ISBN-10: 3658171804

Klappentext: Dieses kleine Buch stellt Hintergründe zum Abgasskandal dar, z. B. welche Schadstoffe kritisch sind, wie Motorsteuergeräte, Abgasrückführung und Abgasnachbehandlung funktionieren, mit welchen Fahrzyklen getestet wird, wie Manipulationen auf dem Prüfstand möglich sind und politischen Umfeld dies lange Zeit unbemerkt mit unterschiedlichen Konsequenzen in der EU und den USA geschehen konnte. Es werden Maßnahmen vorgestellt, mit denen Fahrzeuge auch real gesetzliche Grenzwerte einhalten können und wie Manipulationen zukünftig rechtlich und politisch verhindert werden können. Dem Leser werden durch Literaturhinweise zusätzliche Details erschlossen.

Unsere neuen Mitglieder

Neuaufnahmen in die Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie vom 25.08. - 23.11.2017

Adamski, Paul
FG-Eintritt: 05.09.2017

Ahmad, Mohammad
FG-Eintritt: 26.09.2017

Benicke Rojas, Maria Victoria
FG-Eintritt: 25.09.2017

Braun, Juliane
FG-Eintritt: 02.10.2017

Breuer, Andreas
FG-Eintritt: 26.09.2017

Domnik, Manuel
FG-Eintritt: 18.09.2017

Eisenschmidt, Annika
FG-Eintritt: 28.09.2017

Gui, Xiahui (Prof.Dr.)
FG-Eintritt: 02.11.2017

Lauschke, Tim
FG-Eintritt: 17.10.2017

Merkus, Valentina
FG-Eintritt: 02.10.2017

Purschke, Kirsten
FG-Eintritt: 21.11.2017

Repity, Maximilian
FG-Eintritt: 13.10.2017

Geburtstage

Der Vorstand und die Redaktion der Mitteilungen unserer Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie gratulieren unseren Jubilaren aufs herzlichste

Geburtstagsliste Januar bis März 2018

60 Jährige

Barbara Guhl, Geburtstag: 18.01.1958

Dr. Ulrich Größmann, Geburtstag: 22.01.1958

Wolfgang Roß (Dipl. Ing.), Geburtstag: 01.02.1958

Prof. Dr. Michael Braungart, Geburtstag: 07.02.1958

Ismene Jäger (Dipl. Chem.), Geburtstag: 08.02.1958

Dr. Heinz Rüdell, Geburtstag: 05.03.1958

Dr. Hans Joachim Schmitz, Geburtstag: 11.03.1958

Prof. Dr. Bernd Rudolph, Geburtstag: 18.03.1958

65 Jährige

Prof. Dr. Dr.med. Dieter Schrenk, Geburtstag: 11.01.1953

Dr. Georg Kubsch, Geburtstag: 22.01.1953

Prof. Dr. Wilhelm Püttmann, Geburtstag: 31.01.1953

Dr. Ralf Trapp, Geburtstag: 26.02.1953

Dr. Elske Schopenhauer, Geburtstag: 28.02.1953

Dr. Beatrice Schwarz Schulz, Geburtstag: 09.03.1953

Dr. Hermann Fischer, Geburtstag: 16.03.1953

Dr. Helmut Burdorf, Geburtstag: 19.03.1953

Gabriele Mirschel, (Dipl. Chem.), Geburtstag: 25.03.1953

70 Jährige

Prof. Dr. Gerhard Möschwitzer, Geburtstag: 17.01.1948

Prof. Dr. Ulrich Ziegler, Geburtstag: 02.02.1948

80 Jährige

Prof. Dr. Alfred Golloch, Geburtstag: 29.01.1938

Prof. Dr. Horst Bruchertseifer, Geburtstag: 17.02.1938

85 Jährige

Werner Krutz, (Dipl. Chem.), Geburtstag: 08.01.1933

Dr. Klaus Hunger, Geburtstag: 11.02.1933