

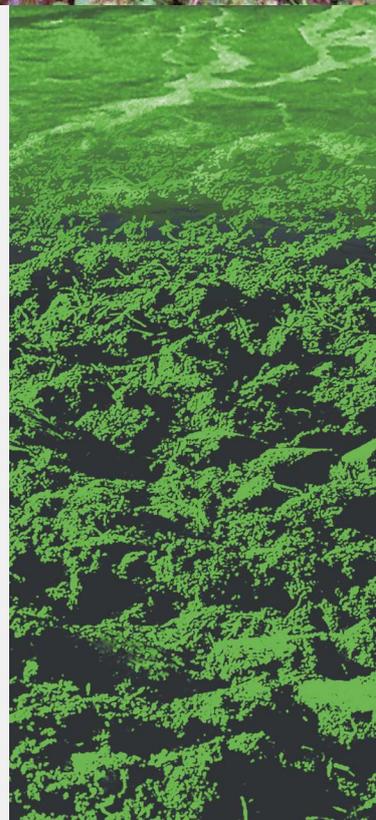
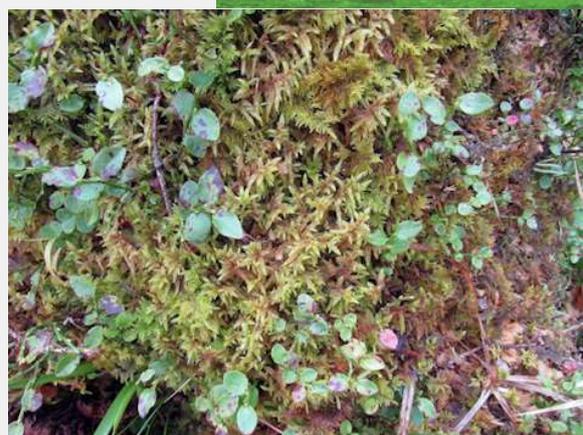


Mitteilungen der Fachgruppe

Umweltchemie und Ökotoxikologie

Gesellschaft Deutscher Chemiker

- Veranstaltungsangebot der Fachgruppe
- 30 Jahre Moosmonitoring
- Organische UV-Filter
- Moderne bioanalytische Methoden für Mikroschadstoffe
- Kurz vorgestellt: Chemische Ökologie am Institut für Zoologie Universität Regensburg und 50 Jahre Aufbaustudium „Analytik und Spektroskopie“ in Leipzig
- Special: Die siebenfarbige Erde auf Mauritius
- Tagungen, Kurznachrichten und Personalien



2/2024

30. Jahrgang, Juni 2024 ISSN 1618-3258

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:

Typische Probenahmestelle beim Moosmonitoring (@Schröder et al.)

Editorial

- 54 Veranstaltungsangebot der Fachgruppe

Originalbeiträge

- 55 **W. Schröder et al.:** 30 Jahre Moosmonitoring in Deutschland: Neue Entwicklungen und Langzeit-trends
- 61 **A. Zenker, S. Tinguely:** Organische UV-Filter in der aquatischen Umwelt – wo sind die Hotspots zu finden?
- 66 **G. Proll et al.:** Moderne bioanalytische Methoden für die schnelle Quantifizierung von Mikroschadstoffen und Pathogenen in Wasser

Kurz vorgestellt

- 71 Professur für Chemische Ökologie, Institut für Zoologie, Universität Regensburg
- 72 50 Jahre Aufbaustudium „Analytik & Spektroskopie“ in Leipzig

Aus der Fachgruppe

- 74 Bericht von der Sitzung des FG-Arbeitskreises „Chemikalienbewertung“ am 18.04.2024
- 75 Bericht über die Vorstands-Videokonferenz am 19.04.2024

Informationen

Tagungen

- 76 LfU-Workshop OPTIMON - Umweltmonitoring optimieren, 24.-25.06.2024, Wielenbach
- 76 Jahrestagung "Umwelt 2024", 08.-11.09.2024, Gießen & Homberg (Ohm)
- 77 6. REACH-Kongress, 10.-11.09.2024, Dessau
- 77 QUISS-Symposium: Biogeochemical controls on mercury dynamics in contaminated river systems, 3th and 5th December, Koblenz
- 78 BfG/IKSR-Workshop „(Mikro-)Plastik im Rhein“, 11.-12.12.2024, Bonn

Kurznachrichten

- 78 Kartierung der chemischen Fußabdrücke in europäischen Flüssen
- 79 Citizen Science-Projekt FLOW zeigt: Kleine Bäche in Deutschland sind in einem schlechten ökologischen Zustand
- 81 Ökotoxzentrum Schweiz weist UV-Filter im Geschirmersee nach
- 81 Nature Water article: Perspectives of compound-specific isotope analysis of organic contaminants
- 82 Aktueller PAN-Report: TFA in Oberflächen- und Grundwasser
- 82 USA beschließen strenge PFAS-Höchstwerte für Trinkwasser
- 83 ES&T article: Anthropogenic Forcing of the Baltic Sea Thallium Cycle
- 83 Mikroschadstoffe in Gewässern: Viele Kläranlagen müssen zur Entfernung von Mikroschadstoffen im Abwasser ausgebaut werden
- 84 An analytical strategy for challenging members of the microplastic family: Particles from anti-corrosion coatings
- 85 DZNE-Studie: PFAS im Blut sind allgegenwärtig
- 86 Deutsches GesundheitsPortal: Insektizide erhöhen Risiko für Darmentzündungen
- 87 Hormonell wirksame Chemikalien: Eine Frage der Dosis
- 87 EU Research Cluster: ZeroPollution4Water
- 88 WWF-Analyse: Dirty Dozen Chemie
- 88 Global Tipping Points Report 2023
- 89 "Ein unschätzbare Beitrag zum Wohlergehen unseres Planeten": Johan Rockström erhält Tyler-Preis für Umweltverdienste

Sommerspecial

- 91 Die siebenfarbige Erde auf Mauritius

Personalia

- 93 Eintritte in die FG 11.03. - 24.05.2024
- 93 Geburtstage 3. Quartal 2024

Liebe Mitglieder der Fachgruppe „Umweltchemie und Ökotoxikologie“,

Jahr um Jahr bringt der Frühling nicht nur die ersten warmen Sonnenstrahlen, sondern läutet auch die Veranstaltungssaison ein. Auch verschiedenste Veranstaltungen unserer Fachgruppe stehen vor der Tür und wir möchten die Gelegenheit dafür nutzen, Sie herzlich einzuladen. Mit zwei Workshops aus den Arbeitskreisen und gleich zwei Perspektiventagen, die durch die jUCÖT organisiert werden, gibt es in diesem Jahr besonders viele Möglichkeiten, sich innerhalb der Fachgruppe zu treffen und sich auszutauschen. Wir danken allen engagierten Mitgliedern für ihre Bereitschaft, sich aktiv in der Fachgruppe einzubringen und sie mit Leben zu füllen!

Detaillierte Informationen zu den Veranstaltungen finden Sie im Veranstaltungskalender unserer neuen LinkedIn-Gruppe (*Fachgruppe Umweltchemie & Ökotoxikologie der GDCh*): <https://www.linkedin.com/company/fachgruppe-umwelt-chemie-und-kotoxikologie-der-gdch/?viewAsMember=true>. Hier folgt eine Zusammenfassung der aktuellen Veranstaltungen:

Perspektiventage

Die jUCÖT veranstaltet i. d. R. jährlich Perspektiventage, um baldigen Berufseinsteiger:innen (insbesondere Masterstudierenden und Promovierenden) im Bereich der Umweltchemie und Ökotoxikologie die Möglichkeit zu geben, einen potentiellen Arbeitgeber (in der Region) kennenzulernen. Dieses Jahr besteht die großartige Möglichkeit, gleich zwei Institutionen, nämlich die Max-Planck-Institute am 14. Mai 2024 in Mainz sowie die Currenta GmbH & Co. OHG am 25. Juni 2024 in Leverkusen, zu besichtigen. Nach einem erfolgreichen Anmeldeschluss steht den zahlreichen Austausch- und Vernetzungsmöglichkeiten nichts mehr im Wege.

3.-4. Juni 2024: Workshop des AK Boden in Frankfurt (Main)

Der Arbeitskreis Boden organisiert einen Workshop zu aktuellen Entwicklungen bei der Untersuchung und Bewertung von PAK-Belastungen in urbanen Böden. Ziel des Workshops ist ein praxisnaher Erfahrungsaustausch. Weitere Informationen sind hier zu finden: <https://eveeno.com/pak-workshop-2024>.

17.-19. Juni 2024: Gemeinsamer Workshop der Arbeitskreise in Schmallingenberg

Dieser Workshop dient dazu, sich zwischen den Arbeitskreisen der Fachgruppe näher kennenzulernen und die Zusammenarbeit zu stärken. Es soll ein Positionspapier zur Erfassung und Bewertung von Stoffen in der Umwelt erarbeitet werden. Für Fachgruppenmitglieder, die (noch) nicht in einem der Arbeitskreise aktiv sind, bietet der Workshop zudem eine gute Gelegenheit, die Arbeitskreise kennenzulernen.

Weitere Informationen unter <https://eveeno.com/116617108>.

8. September 2024: Junges Umweltchemie Forum (JUF)

Im Vorfeld der Umwelt 2023 fand zum ersten Mal das Junge Umweltforum (JUF) in Präsenz statt. Angetrieben durch den Erfolg im vergangenen Jahr soll auch in diesem Jahr vor der Umwelt 2024 ein JUF stattfinden. Wir laden am Sonntag, den 08. September 2024, zu dieser Tagung für Nachwuchswissenschaftler:innen ein. Informationen zur Anmeldung folgen auf der Tagungs-Webseite (<https://www.setac-glb.de/tagung-2024>) sowie im Veranstaltungskalender der LinkedIn-Gruppe (<https://www.linkedin.com/company/fachgruppe-umwelt-chemie-und-kotoxikologie-der-gdch/?viewAsMember=true>). Wichtig: Eine Anmeldung zum JUF ist keine automatische Anmeldung zur Umwelt 2024 und umgekehrt. Daher bitte explizit für die entsprechende Veranstaltung bzw. für beide Veranstaltungen anmelden.

8.-11. September 2024: Umwelt 2024 Gießen und Homberg (Ohm)

Unsere Jahrestagung wird in diesem Jahr von der Technischen Hochschule Mittelhessen, der Arbeitsgruppe Umweltchemie, Umweltanalytik und Ökotoxikologie der Justus-Liebig-Universität Gießen sowie dem Forschungszentrum Neu-Ulrichstein organisiert. Als Besonderheit gibt es einen Feldtag mit praktischen Demonstrationen im Freiland. Mehr Informationen finden Sie hier: <https://www.gdch.de/netzwerkstrukturen/fachstrukturen/umweltchemie-oeokotoxikologie/veranstaltungen/fachgruppentagung.html>. Frist für die Einreichung von Beiträgen ist der 05. Juni 2024.

Nicht in Präsenz, aber trotzdem zum Austausch geeignet ist unsere öffentliche LinkedIn-Gruppe:

<https://www.linkedin.com/company/fachgruppe-umwelt-chemie-und-kotoxikologie-der-gdch/?viewAsMember=true>.

Schauen Sie gerne einmal vorbei!

Wir freuen uns auf die Treffen mit Ihnen!

Ihr Fachgruppen- und Jungfachgruppenvorstand



30 Jahre Moosmonitoring in Deutschland: Neue Entwicklungen und Langzeittrends

Schröder W¹ (Winfried.Schroeder@uni-vechta.de), Dreyer A² (Annekatriin.Dreyer@aneco.de), Nickel S³ (S.Nickel@Planwerk-Nidda.de), Völksen B³ (B.Voelksen@Planwerk-Nidda.de), Wenzel M⁴ (wenzel@iuta.de), Kube C⁴ (kube@iuta.de), Türk J⁵ (jochen.tuerk@uni-due.de), Wolf C⁴ (wolf@iuta.de)

- ¹ Lehrstuhl für Landschaftsökologie, Universität Vechta,
² ANECO Institut für Umweltschutz GmbH & Co, Hamburg
³ PlanWerk Nidda, Beratungsbüro
⁴ Institut für Umwelt & Energie, Technik & Analytik
⁵ Universität Duisburg-Essen

Zusammenfassung

Der deutsche Beitrag zum internationalen Moosmonitoring 2020 umfasste die Bestimmung persistenter organischer Schadstoffe, Mikroplastik, Metalle und Stickstoff in Moosen. Mit TED-GC-MS wurde Mikroplastik von 280 bis 2.400 µg/g Moos nachgewiesen. Der Anteil von Polyethylen (PE) an der Gesamtpolymerbelastung lag bei 82%. Mit Raman-Spektroskopie wurden 24 bis 295 Partikel pro g Moos verschiedenen Polymeren zugeordnet. Dabei dominierte PE mit knapp 50%. Die Gehalte persistenter organischer Schadstoffe bestätigen die Ergebnisse des Moosmonitoring 2015. Dabei lassen sich erstmalig zeitliche Tendenzen erkennen: Für Komponenten, die in beiden Surveys häufig gefunden wurden, sind die Konzentrationen zwischen 2015 und 2020 gesunken. Die Messung von Metallen und Stickstoff belegt Anstiege der Metallbioakkumulation und erhebliche Elementanreicherungen in Wäldern gegenüber ihrem Umland. Die Anreicherungsfaktoren sollten bei Depositionsmodellierungen berücksichtigt werden.

1. Hintergrund und Ziele

Stoffe, die aus natürlichen oder technischen Quellen in die Atmosphäre emittiert werden, lagern sich nach ihrem Transport durch die Atmosphäre infolge Niederschlags (fest, flüssig), Sedimentation und Diffusion an der Erdoberfläche ab. Dort können sich atmosphärisch deponierte Stoffe in Böden und Biomasse anreichern. Für großräumige Untersuchungen atmosphärisch deponierter Stoffanreicherungen sind Moose besonders gut geeignet. Der seit 1990 alle fünf Jahre durchgeführte Moss Survey dient der europaweiten Überprüfung der Ziele des Genfer Luftreinhalteabkommens von 1979 (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution) durch die Erfassung der Stoffanreicherung in Moosen. Im Vergleich zu Depositionsmessnetzen mit technischen Sammlern können Messnetze mit Bioakkumulatoren wie Moosen räumlich dichtere Daten liefern. Damit erhöht sich die räumliche Differenzierung der Validierung von Depositionskarten, die mit chemischen Transportmodellen berechnet werden.

Die chemische Analytik der in Moosen akkumulierten Stoffe umfasst Metalle (seit 1990), Stickstoff (seit 2005), persistente organische Schadstoffe (POPs, seit 2010) und Mikroplastik (MP, seit 2020) an bis zu 7312 Standorten in Europa, denen

etwa 60 Depositionsmessstellen des europäischen Überwachungs- und Bewertungsprogramms EMEP in ganz Europa gegenüberstehen (Tørseth et al. 2012). Das deutsche Moosmonitoring (MM) erfolgte im Auftrag des Umweltbundesamtes in Forschungs- und Entwicklungsvorhaben und umfasste 592 (MM1990), 1026 (MM1995), 1028 (MM2000), 726 (MM2005), 400 (MM2015) bzw. 26 (MM2020) Moossammelorte (Herpin et al. 1995; Siewers & Herpin 1998; Siewers et al. 2000; Schröder et al. 2002; Pesch et al. 2007; Schröder et al. 2019; Schröder et al. 2024). Dort wurden Proben u.a. von *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Hypnum cupressiforme* Hedw. s.str. und *Pseudoscleropodium purum* (Hedw.) M.Fleisch (Synonym *Scleropodium purum* Hedw. Limpr.) nach internationalen Vorgaben (ICP Vegetation 2020) gesammelt, präpariert, chemisch auf die zuvor genannten Substanzen (persistente organische Schadstoffe erstmals 2015) analysiert und statistisch ausgewertet. Die dabei erfolgten Qualitätskontrollen wurden dokumentiert. Die jeweiligen Methoden sind in den angegebenen Berichten sowie in den daraus hervorgegangenen Veröffentlichungen beschrieben.

Nach 1990, 1995, 2000, 2005 und 2015 beteiligte sich Deutschland am "Monitoring of atmospheric deposition of heavy metals, nitrogen and POPs in Europe using Bryophytes des "International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops 2020" (MM 2020) (Schröder et al. 2024). Der deutsche Beitrag zum MM2020 wurde vom Umweltbundesamt finanziell gefördert und umfasste zum zweiten Mal nach 2015 die Bestimmung von persistenten organischen Schadstoffen (POPs) und erstmals die Messung von Mikroplastik (MP) in Moosen. Aufgrund der aufwändigeren Analytik für diese neuen Substanzen wurde das zu Grunde gelegte Messnetz von zuletzt 400 Standorten (MM2015) auf 25 (MM2020) reduziert. Die Reduzierung der Moosprobenentnahmestellen basierte auf Entscheidungsmodellen sowie nachbarschafts- und inferenzstatistischen Methoden mit dem Ziel, Verzerrungen und Informationsverluste zu minimieren (Schröder et al. 2024). Hierfür wurde eine transparente Prozedur entwickelt, die auf statistischen Verfahren beruht. Die Messung von Metallen und Stickstoff erfolgte in Eigenleistung.

Moos ist als Biomonitor der Anreicherung von Metallen, Stickstoff und POPs etabliert. Regelmäßig durchgeführtes Monitoring von Moosen zeigt lokale und zeitabhängige Trends der Bioakkumulation atmosphärischer Deposition. Bisher war allerdings noch unklar, ob Moose ebenfalls als Akkumulationsindikator für atmosphärisch deponiertes Mikroplastik genutzt werden können. Die Pilotstudie im MM2020 sollte die Eignung von Moos als Biomonitor auch für die Detektion von MP prüfen.

2. Moosprobenentnahmeorte



Abbildung 1: Typisches Probenmaterial

Die chemische Analyse im MM2020 basierte auf Moosproben, die - je nach dem Analyten - an bis zu 26 Standorten in Deutschland gesammelt wurden.: Für das MM2020-Messnetz sollten als Kriterium der statistikbasierten Auswahl acht Standorte einbezogen werden, an denen im MM2015 (Schröder et al. 2019) Konzentrationen von POPs untersucht wurden. Darüber hinaus sollten zwölf weitere Standorte aus dem Pool der insgesamt 400 Standorte des MM2015 ausgewählt werden. Weitere fünf Standorte des Deutschen Moosmessnetzes 2015 sollten hinzukommen, an denen im Jahr 2020 testweise Moosproben für die Methodenentwicklung zur Probenaufbereitung und für Voruntersuchungen gesammelt werden. Die Auswahl der fünf Teststandorte erfolgte nach den gleichen Kriterien wie bei den 20 Zielstandorten des Monitorings 2020, um die Analysedaten der Testphase für spätere Auswertungen nutzbar zu machen.

Für die Standortwahl anhand einer Vielzahl fachlicher Kriterien wurde für die statistikbasierte Auswahl ein Entscheidungsalgorithmus entwickelt und angewendet. Für ausgewählte Perzentile wurden die entsprechenden Messwerte der gewählten Teilstichproben ($n = 8$ Standorte für die POP- und MP-Analytik im MM2020 mit Werten zu POP aus dem MM2015, $n = 20 =$ o.g. 8 plus 12 neue Standorte für die POP- und MP-Analytik 2020, $n = 25 =$ o.g. 20 plus 5 Standorte mit testweiser Probenentnahme für die Methodenentwicklung zur MP-Analytik) mit derjenigen der Vollstichprobe ($n = 400$ Standorte des MM2015) verglichen und inferenzstatistisch geprüft, ob die Ausdünnung des Stichprobennetzes des MMM2015 ($n = 400$) auf 8, 20 bzw. 25 Standorte zu signifikanten Veränderungen seiner Informationsqualität führt. Im Anschluss an die auf Basis der Vorinfor-

mationen durchgeführte, auf Entscheidungsmodellierung und Statistik basierte Messnetzplanung folgte in einem zweiten Schritt eine expertenbasierte Modifikation des Messnetzes sowohl vor als auch während der Probenentnahme jeweils in Abstimmung mit dem UBA, so dass am Ende des Auswahlprozesses 25 Standorte für die MP-Analytik, 21 Standorte für die POP-Analytik und 26 Standorte für Metalle und Stickstoff beprobt wurden. Dabei wurde für die POP-Analytik bei der expertenbasierten Modifikation ein Standort in Niedersachsen ergänzt und ein Standort im Saarland ersetzt, so dass sieben derjenigen acht Standorte in der Auswahl waren, die schon im Moosmonitoring 2015 beprobt wurden. Die statistikbasierte Standortauswahl für die Metalle und N wurde durch weitere Probenentnahmeflächen in Nordwestdeutschland ergänzt und in Eigenleistung beprobt (insgesamt 26 Standorte).

3. Persistente Organische Schadstoffe und weitere organische Kontaminanten

3.1 Analysenumfang

An insgesamt 21 Standorten wurden verschiedene Gruppen von persistenten organischen Schadstoffen und weitere organische Kontaminanten untersucht. Das Analytenspektrum orientierte sich an der Pilotphase des Moosmonitorings 2015 und umfasste polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F), polychlorierte Biphenyle (PCB), bromierte und chlorierte Flammschutzmittel (polybromierte Biphenyle (PBB), polybromierte Diphenylether (PBDE), diverse weitere halogenierte Flammschutzmittel (HFR) und perfluorierte Alkylverbindungen (PFAS). Die Methoden zur Probenvorbereitung und chemischen Analyse entsprachen weitgehend denen des Moosmonitorings 2015. Pestizide wurden in wenigen ausgewählten Proben erstmalig im MM2020 untersucht.

3.2 Ergebnisse

Die höchsten Konzentrationen wurden für die Stoffgruppe der PAK gefunden. Die Konzentrationen für die Summe der 8 schwerflüchtigen PAK lagen zwischen 11,6 ng/g Trockensubstanz (TS) (BY 227, Wimbach - Berchtesgadener Land) und 304,4 ng/g TS (SN 240, Leipzig) mit einem Mittelwert von 70,2 ng/g TS und einem Median von 47,6 ng/g TS.

Unter den halogenierten POP stechen die Flammschutzmittel deutlich heraus, insbesondere die Einzelverbindungen Decabromdiphenylethan (DBDPE), BDE 209 sowie 2,3-Dibromopropyl-2,4,6-tribromophenylether (DPTE), Hexabromcyclododekan (HBCD) und Dechloran Plus (DP). Die Konzentrationen von DBDPE lagen zwischen < Bestimmungsgrenze und 7650 pg/g TS (NW 27, Engelskirchen - Oberbergischer Kreis) mit einem Mittelwert von 2085 pg/g TS und einem Median von 1635 pg/g TS. Die Konzentrationen von DPTE lagen zwischen < Bestimmungsgrenze und 374 pg/g TS (TH 68, Suhl) mit einem Mittelwert von 163 pg/g TS und einem Median von 209 pg/g TS. Die Konzentrationen von HBCD lagen zwischen 23,4 pg/g TS (Ni 124_139, Liebenau-Pennigsehl - Nienburg

Weser) und 1215 pg/g TS (RP 27, Mainz - Mainz-Bingen) mit einem Mittelwert von 254 pg/g TS und einem Median von 173 pg/g TS. Die Konzentrationen von DP lagen zwischen 20,7 pg/g TS (BB119, Gransee - Oberhavel) und 635 pg/g TS (NW 39, Lengerich - Steinfurt) mit einem Mittelwert von 179 pg/g TS und einem Median von 134 pg/g TS. Dioxinähnliche PCB und PFAS wurden selten oberhalb der Bestimmungsgrenzen gefunden. PBB und DIN-PCB wurden nicht oberhalb der Bestimmungsgrenzen bestimmt. Von den an fünf Standorten im Pestizid-Screening untersuchten ca. 650 Einzelverbindungen wurde lediglich Aldrin in der Probe ST 204 (Ilsenburg – Harz; 11 ng/g) oberhalb der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenzen gefunden. Azoxystrobin, Boscalid, Carbendazim, Tebuconazol, Terbutylazin und Terbutylazin-desethyl konnten zum Teil nachgewiesen werden, die Konzentrationen waren jedoch nicht quantifizierbar. Die Target-basierte Untersuchung von 27 klassischen Organochlorpestiziden in drei Moosproben lieferte ebenfalls nur vereinzelte Befunde.

Die Ergebnisse des MM2020 bestätigen in ihrer Größenordnung überwiegend die Ergebnisse des Moosmonitoring 2015. Dabei lassen sich erstmalig substanzspezifisch zeitliche Tendenzen erkennen. Diese können aber aufgrund der punktuellen Ausrichtung der Probenentnahmeorte und der geringen Anzahl der Vergleichsstandorte aus dem Moosmonitoring 2015 nicht verallgemeinert werden. Für Komponenten, die in beiden Surveys häufig gefunden wurden, sind die Konzentrationen meist vom Moosmonitoring 2015 zum Moosmonitoring 2020 gesunken. Ausnahmen bilden hier vor allem die Flamm- schutzmittel PBT (an fast allen Standorten steigende Werte), HBBz und DPTE (an 3 bzw. 2 von 7 Standorten steigende Werte) und DBDPE als potenzieller DecaBDE-Ersatzstoff (an 3 von 7 Standorten steigende Werte). DP, ebenfalls als DecaBDE-Ersatzstoff charakterisiert, zeigt im Gegensatz zum DBDPE an allen Standorten deutlich sinkende Werte. Eine durchaus erwartbare Erhöhung der DP-Konzentrationen aufgrund der Substituierung von DecaBDE zeichnet sich nicht ab.

Die im Vergleich zum MM2015 gestiegene Anzahl der beprobten Standorte lässt auch eine erste standortbezogene Einschätzung zu. Hierbei zeigen die als urban klassifizierten Standorte für die meisten Schadstoffe/Schadstoffgruppen im Mittel die höchsten Konzentrationen. In Meeresnähe gelegene Standorte haben im Mittel oft, aber nicht ausschließlich, die geringsten Werte. Auch eine erste geostatistische Analyse, Modellierung und Kartierung der deutschlandweiten räumlichen Verbreitung der organischen Kontaminanten in Moosproben wurde im MM2020 für neun (Summen-) Konzentrationen von PAK, PCDD/F, PCDD/F TEQ, HBCD, 7 PBDE, BDE 209, DBDPE, PBT und HBBz möglich. Die räumliche Verteilung der Substanzen weist vielfach, aber nicht ausschließlich, einen Konzentrationsgradienten mit erhöhten Werten in dicht besiedelten und industrialisierten westlich gelegenen Gebieten von Deutschland hin zu geringeren Konzentrationen in östlichen Gebieten auf. Dabei ist oftmals ein Dreieck (Eckpunkte NW 39, SL 9, SN 240) mit vergleichsweise höheren

Werten in Mitteldeutschland erkennbar. Zwischen dem drei-jährigen Mittel der modellierten PCDD/F-Deposition (2018-2020) und den PCDD/F-Konzentrationen in den Moosen, die räumlich punktuell in den Moosen der Sammelorte des MM2020 bestimmt wurden, bestehen mittlere sehr signifikante, zu deren deutschlandweit geostatistisch aus den Messdaten an den Moossammelorten berechneten Flächenschätzungen starke und sehr starke sehr signifikante Korrelationen.

3.3 Fazit

Persistente organische Schadstoffe konnten in allen Moosproben gefunden werden, wenn auch in unterschiedlichem Maße. Insgesamt bestätigten sich die Größenordnungen der im Moosmonitoring 2015 berichteten Werte. An sieben Standorten konnten erstmalig zeitliche Konzentrationsunterschiede beschrieben werden. Die Erweiterung der Standorte ermöglichte zudem erstmals eine Beschreibung der räumlichen Verbreitung der Substanzen, wenn auch diese aufgrund der im Vergleich zu vorherigen Moosmonitoring-Kampagnen für Metalle und Stickstoff deutlich geringeren Anzahl an Standorten und der noch unvollständigen Kenntnisse zum differenzierten Verhalten der Verbindungen in Moos (z.B. Einfluss von Moosart, Trauffeffekten, standortspezifischen Parametern) noch immer einen eher punktuellen Charakter hat.

4 Mikroplastik

In der Pilotstudie zum MM2020 wurden 25 Moosproben auf MP untersucht, welche in Deutschland verteilt entnommen wurden. Die Analyse auf Mikroplastik erfolgte zum einen mit der Thermoextraktions-Desorptions-Gaschromatographie-Massenspektrometrie (TED-GC-MS); zum anderen wurden ausgewählte Proben mikroskopisch-spektroskopisch mit der Raman-Spektroskopie (μ Raman) untersucht. Die Analyse mit der TED-GC-MS liefert Informationen zur Masse und zur Identität des MP. Die Untersuchungen mit der Raman-Spektroskopie lieferten neben der Identität der Partikel auch Informationen über die Partikelmorphologie (Größe und Form) und Partikelanzahl.

4.1 Probenvorbereitung

Bei der Detektion von MP lag die größte Herausforderung in der Reduktion der organischen Moosmatrix, die die Analytik stark beeinflusste. Die Entwicklung einer Probenvorbereitungsmethode war daher ein wesentlicher Bestandteil des Projektes. Für die Analyse mit der TED-GC-MS wurde ein oxidativer Aufschluss mit Fenton-Reagenz durchgeführt. Dieser Aufschluss eignet sich gut für die Reduzierung organischer Matrix. Dieses Verfahren wurde bereits in vorangegangenen Projekten „iMulch“ für Böden und „Sub μ Track“ für Oberflächengewässer am IUTA etabliert (Al-Azzawi & Funck et al. 2022). Für die Moosproben war allerdings eine Weiterentwicklung des Aufschlusses notwendig. Um eine automatisierte Mikroplastikidentifikation mit der RAMAN Spektroskopie durchführen zu können, war die Partikelfracht nach dem Fenton-Aufschluss immer noch viel zu hoch. Aus diesem Grund wurde eine andere Vorgehensweise, die Exfoliation und Flotation, für die Unter-

suchungen mit der RAMAN Spektroskopie entwickelt, welche inzwischen verbessert und veröffentlicht wurde (Wenzel et. Al. 2023). Mit Glasperlen ($d = 0,5 \text{ mm}$) wurde das Mikroplastik von der Oberfläche des Moooses abgerieben. Anschließend wurde die Probe über ein 1 mm Sieb gesiebt, um das Moos abzutrennen. Die Glasperlen mit dem abgeriebenen Mikroplastik wurden anschließend in eine mit Wasser gefüllte Flotationsapparatur (μSEP) überführt. Durch feine Luftblasen erfolgte die Abtrennung des Mikroplastik von den Glasperlen. Das Mikroplastik wurde auf einen Filter filtriert und danach analysiert. Der große Vorteil dieser Methode ist der komplette Verzicht auf Chemikalien für die Matrixabtrennung. Ein wichtiger Aspekt in Bezug auf eine „grüne“, nachhaltige analytische Chemie.

4.2 TED-GC-MS – Quantifizierung von Polymeren auf Moos

Die 25 Moosproben wurden mit der angepassten Probenvorbereitungsmethode aufbereitet und mit der TED-GC-MS analysiert. In allen Proben wurde Mikroplastik nachgewiesen. Das Polymer Polyethylen (PE) konnte mit der höchsten Konzentration detektiert werden, gefolgt von Polyethylenterephthalat (PET). Beide Polymere wurden in allen Proben identifiziert. In einigen Proben konnten Polypropylen (PP), Styrol-Butadien Kautschuk (SBR) und Polystyrol (PS) festgestellt werden. Auffällig waren die in Relation zu den anderen Polymeren hohen Konzentrationen des PE. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich um eine Überschätzung der Konzentration handelte, welche durch die selbst nach dem Aufschluss noch vorhandene organische Matrix (Fette oder Wachse der Moosrückstände) verursacht wurde. Diese können ähnliche und teilweise sogar die gleichen Pyrolyseprodukte wie PE bilden. Die im Massenspektrometer ausgewählten Fragmentationen und Retentionszeiten konnten somit nicht von PE unterschieden werden.

Die Mittelwerte der Polymergehalte deuteten darauf hin, dass die Landnutzungsform einen Effekt haben könnte. So waren die Werte am Meer, insbesondere PE, deutlich gegenüber den anderen Standorten erhöht. Eine statistisch abgesicherte Interpretation der Daten ist allerdings aufgrund des geringen Probenumfangs in Bezug auf die verschiedenen Landnutzungsformen Landwirtschaft, Wald, Stadt und Meer nicht zulässig. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

4.3 Raman-Spektroskopie

Für die Analyse mit Raman-Spektroskopie wurden drei Moosproben in Abhängigkeit der die Probe umgebenden Landnutzungsform (Wald, Landwirtschaft und Stadt) ausgewählt und untersucht. Da, wie in Voruntersuchungen belegt, die Kernporenfilter, die aus den Suspensionen der Exfoliation/Flotation gewonnen wurden, homogen mit Partikeln belegt sind, wurden ca. 5 bis 10% der belegten Filter mit der Raman-Spektroskopie untersucht. Dabei sind ca. 3.000 bis 3.500 Partikel ab einem Durchmesser von $10 \text{ }\mu\text{m}$ (bis $200 \text{ }\mu\text{m}$) betrachtet und bzgl. der Morphologie und Identität untersucht worden. Auch mit der Raman-Spektroskopie wurde in den untersuchten Moosproben MP detektiert, wobei auch hier der

PE-Anteil mit knapp 50% der Polymerpartikel dominierte. Neben PE konnten PP, PET, Polydimethylsiloxan (PDMS), Polyvinylchlorid (PVC), Polycarbonat (PC), Polytetrafluorethylen (PTFE) und Polyamid (PA) nachgewiesen werden. PET wurde nicht, wie bei der TED-GC-MS in jeder Probe nachgewiesen. Die Anzahl der nachgewiesenen Partikel schwankte zwischen 24 und 295 MP-Partikel/g Moos und lag damit in einer Größenordnung, wie sie aus der Literatur bekannt ist. Zudem zeigte die Dreifachbestimmung der einzelnen Proben Unterschiede in Bezug auf die identifizierten Polymerarten und auf die Anzahl der Polymerpartikel, was auf eine inhomogene Verteilung der Polymere auf den Moosen hindeutet. Im Gegensatz zu anderen Studien waren in den untersuchten Proben vornehmlich sphärische Partikel und weniger Fasern vorhanden. Dies könnte aber auch durch den eingeschränkten Größenbereich der untersuchten Mikroplastikpartikel zwischen $10 \text{ }\mu\text{m}$ und $200 \text{ }\mu\text{m}$ verursacht worden sein oder auch auf andere Quellen hindeuten. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

4.4 Fazit

In der Pilotstudie zum MM2020 ist es gelungen, auf allen Moosproben sowohl mit der TED-GC-MS als auch der Raman-Spektroskopie Mikroplastik zu identifizieren. Die komplementären Aussagen, die durch die beiden Methoden (TED-GC-MS und Raman-Spektroskopie) getroffen werden können, ergänzen sich optimal. Moos ist damit auch für Mikroplastik ein geeigneter Biomarker. Für das MM2025 sollten mehr Proben insbesondere zur Charakterisierung der Einflüsse der Landnutzung untersucht werden. Die parallele Untersuchung von Proben mit TED-GC-MS und Raman-Spektroskopie lieferte einen erheblichen Informationsgewinn und sollte wieder in Erwägung gezogen werden.

Nicht alle Fragen konnten in der Pilotstudie zum MM2020 abschließend geklärt werden. Die Probenvorbereitungsmethode für die TED-GC-MS muss weiter optimiert werden. Ziel wird es sein, noch mehr organische Substanz abzutrennen, um Artefakte bei der Analyse ausschließen zu können. Denkbar wäre, die Probe nach dem inzwischen schon zweifachen Fenton-Aufschluss durch einen weiteren enzymatischen oder einen zusätzlichen Fenton Aufschluss aufzuschließen, um Fette oder Wachse, welche ähnliche Fragmentationen wie PE im MS bilden, abzubauen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Exfoliation auch als Probenvorbereitung für die TED-GC-MS einzusetzen. Allerdings muss nach momentanem Entwicklungsstand auf die Homogenisierung des Moooses verzichtet werden. Eine vollständige Überarbeitung der Methode wäre dann angezeigt. Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf. Um die Auswertung der Filter mit der Raman-Spektroskopie zu vereinfachen, wäre eine automatisierte Bilderkennung und Auswertung der Proben hilfreich. Dann wäre ggf. auch eine Auswertung eines gesamten Filters vorstellbar.

5 Bioakkumulation von Metallen seit 1990 und von Stickstoff seit 2005

Die Untersuchung der Bioakkumulation von Metallen und Stickstoff in Moosen umfasste die folgenden Ziele:

1. Analyse der Akkumulationstrends 1990-2020 und Vergleich mit Emissionsdaten,
2. Geostatistische Analyse und Schätzung der räumlichen Strukturen der Bioakkumulation und
3. Quantifizierung der Auswirkungen von Baumkronen auf die Bioakkumulation.

5.1 Analyse der Akkumulationstrends 1990-2020 und Vergleich mit Emissionsdaten

Für die statistischen Analysen der zeitlichen Trends 1990-2020 standen Messdaten zu 12 Metallen (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Sb, V, Zn) und Stickstoff von insgesamt 26 Standorten zur Verfügung: 19 Standorte aus dem bundesweiten Messnetz 2020, an denen bereits seit 1990 Moose beprobt wurden und 7 Standorte aus dem niedersächsischen Ergänzungsnetz. Wie von ICP Vegetation (2020) empfohlen, wurde die Mindestprobenzahl berechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass nur für Stickstoff die mit den Daten von 400 Moos-Sammelstellen in MM2015 berechnete Mindestprobenzahl ausreicht, um ein arithmetisches Mittel mit einer Toleranz von 20% zu schätzen. Anstelle der 26 beprobten Standorte müssten z. B. für Cd 117 Standorte beprobt werden. Daher wurde die Analyse der zeitlichen Entwicklung der in Moosen akkumulierten Metalle zwischen 1990 und 2020 auf der Grundlage von Medianwerten durchgeführt. Dies zeigt einen deutlichen Rückgang zwischen 1990 und 2020, aber einen deutlichen Anstieg aller Metalle zwischen 2015 und 2020 um bis zu 165 % (Ni). Zwischen 2000 und 2005 wurden bereits signifikante Anstiege für Cr, Sb und Zn festgestellt, und ein Stillstand für Al, As, Cd, Cu, Hg, Ni, V. Setzt man die Anstiege der Metallkonzentrationen zwischen 2015 und 2020 und die Rückgänge zwischen 1990 und 2020 in Beziehung zu den Emissionsdaten, so zeigt sich, dass die Rückgänge zwischen 1990 und 2020 mit den Daten des Emissionsregisters übereinstimmen, während die Anstiege zwischen 2015 und 2020 den Angaben im Emissionsregister widersprechen. Diese Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit, Emissionsdaten mit Expositionsdaten aus der Depositions- und/oder Bioakkumulationsüberwachung zu kontrollieren.

Die Stickstoff-Akkumulation in Deutschland ist zwischen 2005 und 2020 in etwa auf dem gleichen Niveau geblieben. Die Veränderungen 2005 - 2015 (-2 %) und 2015 - 2020 (+8 %) sowie der langfristige Trend (2005-2020) erweisen sich als nicht signifikant und stimmen nur teilweise mit den Emissionsdaten überein.

5.2 Geostatistische Analyse und Schätzung der räumlichen Strukturen der Bioakkumulation von Metallen und Stickstoff

Die räumlichen Muster der Stickstoff-Akkumulation auf der Grundlage von 19 der 26 im Rahmen von MM2020 beprobten Standorte wurden nach einer gründlichen geostatistischen

Analyse kartiert. Die daraus abgeleiteten Karten zeigen die Muster gemäß der internen Klassifizierung und den erhebungsspezifischen und integrativen Perzentilstatistiken für die Jahre 2005, 2015 und 2020 und werden mit den entsprechenden Karten auf der Grundlage von MM2005 (726 Moosprobenentnahmestellen) und MM2015 (400 Moosprobenentnahmestellen) verglichen. Insgesamt besteht eine größere Übereinstimmung zwischen den räumlichen Verteilungen der Kampagnen 2020 und 2015 ($r_p = 0,53$) als zwischen denen der Kampagnen 2015 und 2005 ($r_p = 0,35$). Die räumlichen Muster der Stickstoff-Akkumulation, die in den Moosen in den Jahren 2015 und 2020 gemessen wurden, zeigen das erwartete Muster der Stickstoff-Deposition in Deutschland deutlicher als dies 2005 der Fall war. Die statistische Verlässlichkeit der Karte für die Mooserhebung 2020 ist aufgrund der geringen Anzahl der Probenentnahmestellen geringer als in den Jahren 2005 und 2015. Die Voraussetzung für eine räumliche Interpolation zwischen den Moosprobenstandorten, die räumliche Autokorrelation, war jedoch erfüllt. Daher kann die Kartierung durch Kriging-Interpolation als leicht verzerrt angesehen werden.

5.3 Quantifizierung der Auswirkungen von Baumkronen auf die Bioakkumulation

Zusätzlich zu den Messdaten der Elementkonzentrationen wurden an jeder Moosbeprobungsstelle umfangreiche Informationen über ökologische Merkmale ("Deskriptoren") der Moosentnahmestellen und ihrer Umgebung gesammelt, die die gemessenen Elementkonzentrationen, die mit Moos oder technischen/künstlichen Probennehmern gesammelt und akkumuliert werden, potenziell beeinflussen oder erklären können. Dementsprechend sammelten wir Daten zu 94 Deskriptoren, von denen 14 mit der Vegetationsstruktur zusammenhingen. Diese Daten zu den Deskriptoren wurden zusammen mit denen zu den Elementgehalten statistisch mit Korrelations- und Regressionsanalysen ausgewertet. Wir untersuchten den Einfluss der Vegetationsstruktur auf die Elementgehalte an acht Standorten im Nordwesten Deutschlands. An jedem der Standorte wurden Moosproben aus 25 Teilflächen entnommen, die die Standortkategorien "unter Baumkronen" und angrenzendes "Offenland" repräsentieren. Die Elementkonzentrationen von Moosen, die unter Baumkronen gesammelt wurden, übersteigen die von Moosproben aus der offenen Landschaft um bis zu 150 % (MM2015), 69 % (MM2020) und 95 % (Regionale Moosuntersuchungen in Niedersachsen 2012 & 2013). Unter den 14 hier nicht vollständig aufgeführten Vegetationsstrukturmaßen zeigt der Blattflächenindex eine stark ausgeprägte Korrelation mit den Elementgehalten. Mit Hilfe von Regressionsmodellen kann für jeden Moosammlungsort unter Baumkronen ein Elementgehalt im Moos für einen benachbarten Offenlandstandort geschätzt werden und umgekehrt, und für einen beliebigen Standort kann der Elementgehalt im Moos anhand eines geschätzten oder gemessenen Blattflächenindex abgeleitet werden.

5.4 Fazit

Der Vergleich der Daten aus der ersten Monitoring-Kampagne mit denen der Erhebung 2020 zeigte einen deutlichen Rückgang der Metall-Bioakkumulation. Im Gegensatz zu den Emissionsdaten wurde jedoch eine Zunahme der Akkumulation einiger Metalle zwischen 2000 und 2005 und aller Metalle von 2015 bis 2020 beobachtet. Die Trends der deutschlandweiten Stickstoffmediane über die letzten drei Kampagnen (2005, 2015 und 2020) zeigen, dass die Stickstoffmediane zwischen 2005 und 2015 um -2 % abgenommen und zwischen 2015 und 2020 um +8 % zugenommen haben. Diese Unterschiede sind nicht signifikant und stimmen nicht mit den Emissionstrends überein. Inferenzstatistiken bestätigten eine signifikant höhere Anreicherung von Metallen und Stickstoff in Moosen, die unter Baumkronen gesammelt wurden, im Vergleich zu angrenzenden offenen Flächen. Die gemessenen Konzentrationen von Metallen und Stickstoff waren unter Baumkronen signifikant höher als außerhalb von Baumkronen, und zwar um bis zu 150 %.

Der Akkumulationsfaktor, der auf die Filterung der Luft durch Baumkronen zurückzuführen ist, sollte in die Modellierung und Kartierung der atmosphärischen Deposition durch EMEP MSC Ost und West einbezogen werden. Die EMEP-Modellierung sollte mit der LOTOS-EUROS-Modellierung auf der Grundlage der gleichen meteorologischen und Emissionsdaten mit der gleichen zeitlichen und räumlichen Auflösung verglichen werden.

Literatur

- Al-Azzawi M S, Funck M, Kunaschk M, Von der Esch E, Jacob O, Freier K P, Schmidt T C, Elsner M, Ivleva N P, Tuerk J, Knoop O, Drewes J E 2022. Microplastic sampling from wastewater treatment plant effluents: best-practices and synergies between thermoanalytical and spectroscopic analysis. *Water Research* 219, 118549. DOI: 10.1016/j.watres.2022.118549.
- Herpin U, Lieth H, Markert B 1995. Monitoring der Schwermetallbelastung in der Bundesrepublik Deutschland mit Hilfe von Moosanalysen. Berlin: UBA-Texte 31/95.
- ICP Vegetation (International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops) 2020. Monitoring of atmospheric deposition of heavy metals, nitrogen and POPs in Europe using bryophytes. Monitoring manual 2020 survey. United Nations Economic Commission for Europe Convention on long-range transboundary air pollution. Bangor, Dubna:1-27.
- Pesch R, Schröder W, Genssler L, Goeritz A, Holy M, Kleppin L, Matter Y 2007. Moos-Monitoring 2005 / 2006: Schwermetalle IV und Gesamtstickstoff. Berlin (Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. FuE-Vorhaben 205 64 200, Abschlussbericht, im Auftrag des Umweltbundesamtes); 90 S., 11 Tab., 2 Abb. (Textteil); 51 S. + 41 Karten, 34 Tabellen, 46 Diagramme (Anhangsteil).
- Schröder W, Anhelm P, Bau H, Bröcker F, Matter Y, Mitze R, Mohr K, Peichl, L, Peiter A, Peronne T, Pesch R, Roostai AH, Roostai Z, Schmidt G, Siewers U 2002. Untersuchung von Schadstoffeinträgen anhand von Bioindikatoren. Aus- und Bewertung der Ergebnisse aus dem Moosmonitoring 1990, 1995 und 2000. - Berlin (Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. FuE-Vorhaben 200 64 218, Abschlussbericht Band 1 bis 3 + Synthesebericht, im Auftrag des Umweltbundesamtes), 221 S., 29 Tab., 94 Abb.
- Schröder W, Dreyer A, Nickel S, Völksen B, Wenzel M, Wolf C, Kube C, Türk J 2024. Pilotstudien zur Eignung der Bioindikation mit Moosen für den Nachweis der atmosphärischen Deposition von persistenten organischen Schadstoffen und Mikroplastik. Forschungs- und Entwicklungsprojekt 3720632010 im Ressortforschungsplan 2020 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und Verbraucherschutz. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau: 1-138, Anhang: 1-154.
- Schröder W, Holy M, Pesch R, Zechmeister G H, Harmens H, Ilyin I 2011. Mapping atmospheric depositions of cadmium and lead in Germany based on EMEP deposition data and the European Moss Survey 2005. *Environmental Sciences Europe* 23, 19:1-14.
- Schröder W, Nickel S, Völksen B, Dreyer A, Wosniok W 2019. Einsatz von Bioindikationsmethoden zur Bestimmung und Regionalisierung von Schadstoffeinträgen für eine Abschätzung des atmosphärischen Beitrags zur aktuellen Belastung von Ökosystemen. B1:1-189, Bd. 2:1-296. UBA-Texte 91/2019.
- Siewers U, Herpin U 1998. Schwermetalleinträge in Deutschland. Moos-Monitoring 1995. Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte, Heft SD 2. Bornträger, Stuttgart.
- Siewers U, Herpin U, Straßburger S 2000. Schwermetalleinträge in Deutschland. Moos-Monitoring 1995. Teil 2. Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte, Heft SD 3. Bornträger, Stuttgart.
- Tørseth K, Aas W, Breivik K, Fjaeraa A M, Fiebig M, Hjellbrekke A G, Myhre C L, Solberg S, Yttri K E 2012. Introduction to the European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) and observed atmospheric composition change during 1972-2009. *Atmospheric Chemistry and Physics* 12:5447-5481.
- Wenzel M, Schoettl J, Pruin L, Fischer B, Wolf C, Kube C, Renner G, Schram J, Schmidt TC, Türk J 2023. Determination of atmospherically deposited microplastics in moss: Method development and performance evaluation, *Green Analytical Chemistry* Vol. 7; Dez. 2023, 100078, <https://doi.org/10.1016/j.greeac.2023.100078>.

Korrespondenzadresse

Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Winfried Schröder, M.A.
Lehrstuhl für Landschaftsökologie
Universität Vechta, Driverstraße 22
D - 49377 Vechta
Postfach 15 53, D - 49364 Vechta

Organische UV-Filter in der aquatischen Umwelt – wo sind die Hotspots zu finden?

Armin Zenker (armin.zenker@fhnw.ch), Simone Tinguely (simone.tinguely@fhnw.ch)

Abstract

UV-Filter können über einen direkten oder indirekten Weg die aquatische Umwelt erreichen. Unter den am weitesten verbreiteten UV-Filtern erhalten vor allem Benzophenon-3, Avobenzon, Octinoxat und Octocriolen zunehmende Aufmerksamkeit wegen ihrer negativen Auswirkungen auf die Umwelt. Dabei stellt sich die Frage, in welchen Umweltkompartimenten die organischen UV-Filter in den höchsten Konzentrationen auftreten.

Neben Schöpfproben können UV-Filter mittels Passivsammlern wie polaren organisch-chemischen integrativen Probenehmern (POCIS) bzw. über den Wasserfilm überwacht werden. Die Messungen zeigten vor allem in kleinen Gewässern sehr hohe Konzentrationen von UV-Filtern. Allen voran war es Octocriolen, das besonders im Wasserfilm in Mengen von bis zu 112 µg/L detektiert wurde.

1 Einleitung

Die Haut ist die erste Verteidigungslinie gegen die einfallende Strahlung (Biniek & Dauskardt, 2012). Es ist gut dokumentiert, dass eine langfristige Exposition gegenüber UV-Photonen Sonnenbrände, Lichtalterung und Hautkrebs verursacht (D'Orazio et al., 2013). Aufgrund des wachsenden Bewusstseins gegenüber den negativen Auswirkungen ultravioletter Strahlung auf die menschliche Gesundheit nahm die Verwendung von Produkten, die UV-Filter enthalten, in den letzten Jahrzehnten stetig zu (Sánchez Rodríguez et al., 2015). Zurzeit sind in der EU 31 UV-Filter für die Verwendung in Kosmetika zugelassen, wovon zwei anorganische und 29 organische UV-Filter sind (siehe Anhang VI der Verordnung (EG) Nr. 1223/2009).

UV-Filter können über einen direkten oder indirekten Weg in die aquatische Umwelt gelangen. Auf die Haut aufgetragene UV-Filter werden beim Baden direkt in das Gewässer eingetragen (Poiger et al., 2004). Schwimmbadwasser bzw. Kläranlagen wurden als weitere Quellen für UV-Filter identifiziert (Balmer et al., 2005; Zwiener et al., 2007). Im Kläranlagenzulauf konnte Benzophenon-3 (BP-3), 4-Methylbenzyliden-campher (4-MBC), Octinoxat (EHMC) und Octocriolen (OC) in Konzentrationen bis zu 19 µg/L nachgewiesen werden. Zudem konnten bis zu 5520 µg des UV-Filters Octyltriazon (EHT) pro Kilogramm Klärschlamm in Schweizer Kläranlagen nachgewiesen werden (Plagellat et al., 2006).

Unter den am weitesten verbreiteten UV-Filtern erhalten BP-3, Avobenzon (AB), OC und EHMC zunehmende Aufmerksamkeit wegen ihrer negativen Auswirkungen auf die Umwelt (Zhong et al., 2020). Toxische Wirkungen wurden bei Fischen, Säugetieren und Korallen festgestellt. Wegen des pseudo-

persistenten Charakters der UV-Filter müssen auch die Auswirkungen in Bezug auf Bioakkumulation und Biomagnifikation berücksichtigt werden (Kim und Choi, 2014; Downs et al., 2016). In mehreren Inselstaaten führten die negativen Auswirkungen auf die Korallen bereits zu einem Verbot von BP-3 und EHMC, welche zwei der am häufigsten in Sonnenschutzmitteln verwendeten UV-Filter sind (Miller et al., 2021).

Hierbei stellt sich die Frage, in welchen Umweltkompartimenten die organischen UV-Filter in den höchsten Konzentrationen gemessen werden können und welche der zugelassenen Inhaltsstoffe am häufigsten in der Umwelt auftreten.

2 Material und Methoden

Über die Probenahme wird oftmals schon festgelegt, welche Stoffe mit welchen Stoffeigenschaften hauptsächlich in der Umweltprobe im Anschluss detektiert werden können.

2.1 Probenahme

Um einen Eindruck von den Eintragungswegen der UV-Filter zu bekommen, wurden primär Fließ- und Stehgewässer beprobt. Uns wurden aber auch Proben einer Pazifikexpedition zur Verfügung gestellt. Für die aquatische Umwelt ist die noch immer häufigste Probenahme die sogenannte Schöpfprobe.

2.1.1 Schöpfproben aus dem Glatteinzugsgebiet bei Zürich

Im Jahr 2007 wurden im September bzw. Oktober 1-Liter-Schöpfproben aus dem Oberflächenwasser der Glatt flussabwärts der Kläranlage Dübendorf entnommen (Fent et al., 2010).

2.1.2 Passivsammlerproben (POCIS) aus dem Glatteinzugsgebiet

Im gleichen Gewässersystem wie die Schöpfproben wurden ebenfalls Passivsammler eingesetzt, um ihre Verwendung für ein UV-Filter Monitoring zu testen. Im Sommer 2006 bzw. Frühjahr bis Herbst 2007 wurden Wasserproben aus der Glatt und ihren Nebenflüssen an acht verschiedenen Probestellen mit polaren organisch-chemischen integrativen Probenehmern (POCIS-Pestizid) gesammelt. Die Sammler wurden alle 4 Wochen getauscht (Zenker et al., 2008).

2.1.3 Passivsammlerproben (SPMDS) aus dem Pazifik

Die norwegische Tangaroa-Balsaholzfloß-Expedition im Jahr 2006 bot die einzigartige Gelegenheit, ein Probenahme-programm für Pazifikwasser mit minimaler Störung während der Probenahme zu entwickeln. Die Wasserproben wurden mittels passiver semipermeabler Membranen (SPMD) entnommen. Die SPMDs wurden während der Reise alle 3 bis 4 Wochen ausgetauscht, so dass das Vorhandensein von

Schadstoffen über die gesamte Expositionszeit erfasst wurde (Goksøyr et al., 2009).

2.1.4 Wasserproben aus Schwimmbädern

Im Rahmen des Nanobad-Projektes wurden in Zusammenarbeit mit dem Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich potenziell geeignete Freibäder im Kanton Zürich eruiert, welche über eine Genehmigung zur Direkt-einleitung von behandeltem Überschussabwasser verfügten.

Ausgewählte Frei- und Seebäder für die Probenahme-kampagne im Jahr 2015 waren das Freibad Seebach, das Freibad Wetzikon-Meierwiesen, das Freibad Winterthur-Geiselweid, das Seebad Zürichsee-Tiefenbrunnen und das Seebad des Chatzensees. Es wurden ausschliesslich Schöpf-proben genommen (Burkhardt et al., 2015).

2.1.5 Organismenproben der aquatischen Nahrungskette

Fischproben von Barbe und Döbel wurden von Mai bis September 2006 an drei Stellen in der Glatt (Ausfluss des Greifensees; sowie flussaufwärts und flussabwärts der Klär-anlage) gesammelt. Bachforellen stammten aus dem March-bach, der Ergolz, der Birs und der Lützelurg, während der Aal aus dem Rhein stammte. Bachflohkrebs wurden ebenfalls im Marbach gesammelt. Fünf am Rhein bejagte Kormorane wurden als repräsentative Art für die Spitze der Nahrungskette analysiert (Fent et al., 2010).

2.1.6 Wasserfilmprobenahme

Die Tangaroa-Expedition stellte auch Wasserfilmproben von der Oberfläche des Meeres zur Verfügung. Der Wasserfilmsammler war ein ferngesteuertes Boot mit einer rotierenden Trommel (siehe Abb. 1), die mit einer hydrophoben Teflonfolie ausgestattet war (Goksøyr et al., 2009).

Im Jahr 2022 kam der Wasserfilmsammler von Frühjahr bis Herbst erneut in vier Voralpen- bzw. Alpenseen in den Kantonen Zürich und Graubünden zum Einsatz. Die Seen Canovasee, Crestasee, Caumasee und Chatzensee besitzen eine Seeoberfläche zwischen 20'000 and 360'000 m².



Abb. 1. Der INTERFACE 1 ist ein Probenehmer für Oberflächenwasserfilm. Hauptbestandteil des Probenehmers ist eine rotierende Trommel mit einem Abstreifer zum Sammeln der Wasserfilms.

2.2 Aufkonzentration bzw. Aufreinigung der Umweltproben Sowohl die wässrigen Proben als auch die Organismenproben wurden unterschiedlich aufkonzentriert bzw. aufgereinigt, um niedrigere Detektionslimite der Umweltanalyten zu erreichen bzw. weniger Matrixeffekte bei der anschliessenden Messung zu erzeugen.

2.2.1 Schöpfproben

Die UV-Filter-Analyten wurden aus 1 Liter Flusswasserproben mit einer 500 mg Phenomenex® Strata-X-CW-Kartusche extrahiert. Die Analyten wurden im Anschluss mit Dichlormethan und Methanol eluiert, getrocknet und für die UV-Filter Messung in Ethanol gelöst (Fent et al., 2010).

2.2.2 Passivsammlerproben (POCIS)

Die Vorbereitung von POCIS Proben erfolgte nach Zenker et al. (2008). Zusammengefasst wurde der gesamte POCIS-Gehalt in leere, mit Fritten verschlossenen SPE-Röhrchen mit HPLC-grade-Wasser gewaschen und 45 Minuten lang getrocknet. Das Sorptionsmittel wurde mit Methanol und anschließend mit einer Mischung aus Methanol, Toluol und Dichlormethan eluiert. Ein Aliquot der Extrakte wurde bis zur Trockene reduziert und in Ethanol gelöst.

2.2.3 Passivsammlerproben (SPMD)

Jeder SPMD wurde in 75 mL Cyclopentan getaucht und einzeln bei 18 °C für 24 h im Dunkeln dialysiert. Dieser Vorgang wurde noch zweimal wiederholt, bevor die Proben in einer Vakuumzentrifuge getrocknet wurden. Die Rückstände wurden anschließend in einer Mischung aus 500 µL Ethanol und 500 µL Tetrahydrofuran aufgelöst (Goksøyr et al., 2009).

2.2.4 Festphasenextraktion der Schwimmbadproben

Von jeder Wasserprobe wurden 500 mL über einen 0.45 µm RC-Filter filtriert und anschliessend auf Oasis HLB Festphasenkartuschen aufgebracht. Nachdem die Wasserprobe auf der Festphasenkartusche (200 mg 6 cc, Waters, Irland) aufgebracht wurde, trocknete die Kurtusche unter einem Stickstoffstrom für 1 Stunde. Die Kartusche wurde anschliessend mit 30 mL Methanol und 9 mL Dichlormethan eluiert und schliesslich auf ein Volumen von 1 mL unter Stickstoffstrom eingengt (Burkhardt et al., 2015).

2.2.5 Organismenproben

Für mittelpolare bis lipophile UV-Filter wurden 4 g Gewebe in kleine Stücke geschnitten und in 4 mL HPLC-grade-Wasser suspendiert. Anschließend wurde eine Lösungsmittel-extraktion mittels Ethylacetat, n-Heptan und HPLC-grade-Wasser durchgeführt. Der Überstand wurde gesammelt und getrocknet. Mittels eines HPLC-Systems wurden die gesuchten Analyten von den Lipiden getrennt. Jede der gesammelten Fraktionen wurde in einer Vakuumzentrifuge getrocknet und in jeweils 50 mL Ethanol rekonstituiert und im Anschluss mittels LC-MS/MS-Analyse bzw. GC-MS analysiert.

Für polare und mittelpolare UV-Filter wurde 1 g Gewebe in kleine Stücke geschnitten und in je 5 mL Methanol und Acetonitril als Extraktionsmittel suspendiert. Das Homogenat der Probe wurde 10 Minuten lang geschüttelt. Im Anschluss wurden 2 mL der Extraktionsmischung dann in ein Eppendorf-Röhrchen überführt und 45 Minuten lang bei 13200 U/min und 4 °C zentrifugiert. 1 mL des Überstands wurde aufgefangen und in einer Vakuumzentrifuge getrocknet. Die in Ethanol gelöste Probe wurde mittels Spritzenfilter gereinigt. Die resultierende 2 mL Probe wurde zur Trockene eingedampft und in 50 µL Ethanol rekonstituiert und anschließend mittels LC-MS/MS analysiert (Fent et al., 2010).

2.2.6 Wasserfilmproben

Die Wasserfilmproben aus dem Pazifik wurden mittels Sep-Pak Vac C18 Festphasenkartuschen (Waters AG, Dättwil) extrahiert. Nach dem Laden der Probe und anschließendem Waschen mit 8 mL HPLC-grade-Wasser bei 5 mL/min wurden die Kartuschen 30 Minuten lang unter Vakuum getrocknet. Die Kartuschen wurden im Anschluss mit 12 mL Methanol und 12 mL Dichlormethan eluiert. Die erhaltenen Extrakte wurden in einer Vakuumzentrifuge zur Trockene eingedampft und in 200 µL Ethanol für die weitere GC-MS-Analyse aufgelöst (Goksøyr et al., 2009).

Ein Aliquot von 500 mL jeder Wasserfilmprobe aus den Vor-alpen- bzw. Alpenseen aus dem Jahr 2022 wurde über einen 0,45 µm RC-Filter filtriert und anschliessend auf eine Oasis HLB Festphasenkartusche (200 mg 6 cc, Waters, Irland) aufgebracht. Vor dem Aufbringen der Proben wurden die Festphasenkartuschen mit je 5 mL Methanol und 5 mL Nanopure-Wasser vorkonditioniert. Nachdem die Wasserprobe auf die Festphase aufgebracht wurde, trocknete die Kartusche unter Stickstoffstrom für 1 h. Die Kartusche wurde anschliessend mit 30 mL Methanol und 9 mL Dichlormethan eluiert und schliesslich auf ein Volumen von 1 mL mit Hilfe eines Genevac Laborverdampfer EZ-2 eingeengt.

2.3 Messmethoden

Für die UV-Filter in Oberflächengewässern wie der Glatt und im Pazifik wurde eine Detektionsmethode entwickelt, die sich auf hormonaktive UV-Filter fokussierte (Zenker et al., 2008). Diese Methode wurden mit geringen Modifikationen auch in den Studien von Goksøyr et al. (2009) und Fent et al. (2010) eingesetzt.

Die UV-Filter, welche in Schwimmbadwasser untersucht werden sollten, wurden auf Basis von Hauri et al. (2009) definiert. 2-Ethylhexylsalicylat (EHS), Phenylbenzimidazol-sulfonsäure (PMDSA), AB, EHMC, OC, und BP-3 waren die am häufigsten in Sonnencreme verwendeten UV-Filter. Diese Analyten wurden mittels Flüssigkeitschromatographie (1260 HPLC; Agilent, Waldbronn/D) gekoppelt an Triple Quad-Massenspektrometrie mit ESI-Quelle (LC-MS/MS; Agilent, Waldbronn/D) gemessen. Die chromatographische Trennung erfolgte bei einer Säulentemperatur von 40°C auf einer Zorbax

SB-C18 Säule Rapid Resolution HT (2,1 mm × 50 mm, 1,8 µm Partikelgrösse; Agilent Technologies, Wilmington, USA). Bei einem binären Eluentengradient mit 0,1 % (v/v) Ameisensäure in Wasser mit 5 % Acetonitril sowie 0,1 % (v/v) Ameisensäure in Acetonitril mit 5 % Wasser wurde bei 0,6 mL/min Fluss die beste Trennung erzielt. Die Nachweisgrenze (LOD) nach Festphasenextraktion von 0,5 L Probenvolumen lag zwischen 0,01 ng/L für OB und 1,5 ng/L für EHS.

Mit dieser Methode wurden auch die UV-Filter Mengen in Wasserfilmproben von 2022 bestimmt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 UV-Filter Messungen in kleinen bis mittelgrossen Fließgewässern

In der Glatt wurden in den Schöpfproben bis zu 17 ng/L 4-MBC, 68 ng/L BP-3 und 6 ng/L EHMC bestimmt. In den Passivsammlern (POCIS), welche in der Glatt exponiert waren, wurde BP-4 von 0,003 bis 24,0 mg/POCIS, BP-3 bis zu 0,18 mg/POCIS, 4-MBC bzw. EHMC bis zu 0,1 mg/POCIS detektiert. Geht man von einer POCIS Sammelrate von etwa zwei Litern innerhalb des vierwöchigen Einsatzes aus, lagen die UV-Filterkonzentrationen in den Wasserproben nahe an den im September 2007 gemessenen POCIS-Konzentration (Fent et al., 2010).

3.2 UV-Filter Konzentrationen in Pazifikwasser

Die SPMDs reicherten E-EHMC bis zu 27,058 ng/SPMD und Z-EHMC bis zu 8,484 ng/SPMD bzw. BP-3 bis zu 34,310 ng/SPMD an, während 4-MBC und 3-Benzylidencampher unterhalb der Detektionslimite lagen. Die UV-Filterkonzentrationen waren ähnlich oder sogar niedriger als die Transportkontrollwerte (SPMD-Membran, die während der Probenahme nur kurz der Luft ausgesetzt war), was darauf hindeutet, dass diese Schadstoffe aus anderen Quellen als dem Pazifikwasser stammen könnten. Die UV-Filter Messungen im Wasserfilm lagen für EHMC bei bis zu 55 ng/L, für 4-MBC bei bis zu 30 ng/L, für BP-3 bei 6 ng/L und bei 3-BC bei bis zu 13 ng/L.

Zusammenfassend zeigten die Ergebnisse, dass das Oberflächenwasser des Pazifischen Ozeans entlang der Route der Tangaroa-Expedition im Jahr 2006 nur geringe Mengen an persistenten und neu auftretenden Schadstoffen enthielt (Goksøyr et al., 2009).

3.3 Schwimmbad- bzw. Freibadwasser

In den Freibädern lag im Wasser des Ausgleichsbeckens OC mit bis zu 20 ng/mL in den höchsten Konzentrationen vor, gefolgt von EHS mit Konzentrationen von bis 3,6 ng/mL, PMDSA mit maximal 1,7 ng/mL und EHMC mit maximal 0,7 ng/mL. In den Proben aus den Seebädern war neben dem OC mit 4,1 ng/mL, dem PMDSA mit 2,3 ng/mL, dem EHS mit 1,6 ng/mL das AB mit max. 0,84 ng/mL sehr prominent anzutreffen (Burkhardt et al., 2015).

3.4 UV-Filter Messungen in Biota

Der lipophile UV-Filter EHMC war in allen Proben von Makroinvertebraten, Fischen und Kormoranen weit verbreitet. In Muscheln und Bachflohkrebsen war EHMC mit Konzentrationen von bis 150 ng/g Lipide vorhanden. EHMC war in Fischproben unterhalb der Kläranlage in Konzentrationen bis zu 337 ng/g Lipide zu finden. In Kormoranen wurde EHMC hingegen im Bereich von bis zu 701 ng/g Lipide nachgewiesen. Zusätzlich zu EHMC enthielten Bachforellen und Aale bis zu 151 ng/g Lipidkonzentrationen an BP-3 (Fent et al., 2010).

3.5 UV-Filter im Wasserfilm der Alpenseen

Die Konzentrationen der UV-Filter im Wasserfilm erreichten Werte von bis zu 112 ng/mL für OC, gefolgt von 3,4 ng/mL für AB und 2,4 ng/mL für PMDSA (siehe Abb. 2). Die Beprobung des Wasserfilms ergab sehr hohe Werte für OC, die bisher in Oberflächengewässern noch nicht beobachtet wurden. Die UV-Filter EHS und EHMC wurden in Konzentrationen von 0,02 bis 1,2 ng/mL gefunden, während BP-3 im Bereich von 0,01 und 0,02 ng/mL lag. Die höchsten Konzentrationen von UV-Filtern, vor allem von OC, traten in den zwei kleineren Seen (Cresta und Canova) auf.

Aus unserer Sicht stellt der Wasserfilm in kleinen abgeschlossenen Gewässern für die lipophilen UV-Filter das Worst-Case-Szenario dar. Es ist davon auszugehen, dass die UV-Filter über Schwebstoffe ins Seesediment abgelagert werden. In Zukunft sollte deshalb auch vermehrt im Sediment gemessen werden. Eine Studie von Pintado-Herrera et al. (2016) konnte EHMC und OC bereits häufig im marinen Sediment nachweisen.

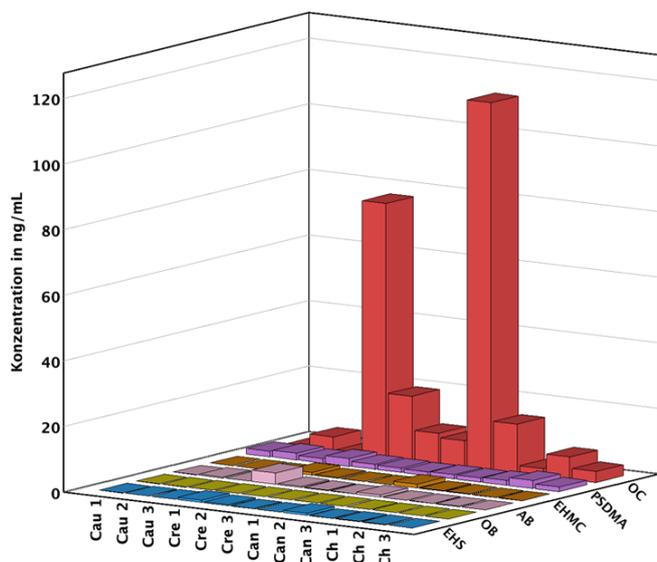


Abb. 2. Gemessene UV-Filter in den Sommerproben der Voralpen- und Alpenseen an jeweils drei Probestellen im See. 2-Ethylhexylsalicylat (EHS), Phenylbenzimidazolsulfonsäure (PMDSA), Avobenzon (AB), Octylmethoxycinnamat (EHMC), Octocriolen (OC), Oxybenzon (OB). CAU = Caumasee, Cre = Crestasee, Can = Canovasee, Ch = Chatzensee.

Es stellt sich ausserdem die Frage, welche der gefundenen UV-Filter zukünftig ein Problem für Flora und Fauna der Seen darstellen werden.

4 Referenzen

- Balmer, M.E., Buser, H.R., Müller, M.D., Poiger, T., (2005). Occurrence of some organic UV filters in wastewater, in surface waters, and in fish from Swiss lakes. *Environ. Sci. Technol.* 39, 953–962.
- Biniak, K., Levi, K., Dauskardt, R.H., (2012). Solar UV radiation reduces the barrier function of human skin. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 109, 17111–17116.
- Burkhardt, M., Englert, A., Kägi, R., Sinnet, B., Zenker, A., (2015). Freisetzung von Nano-Titandioxid und organischen UV-Filtern aus Schwimmbädern (NANOBAD). Unveröffentlichter Abschlussbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und des Amtes für Abfall, Wasser, Energie, Luft (AWEL) Zürich unveröffentlichter Abschlussbericht.
- D’Orazio, J., Jarrett, S., Amaro-Ortiz, A., Scott, T., (2013). UV radiation and the skin. *Int. J. Mol. Sci.* 14, 12222–12248.
- Downs, C.A., Kramarsky-Winter, E., Segal, R., Fauth, J., Knutson, S., Bronstein, O., Ciner, F.R., Jeger, R., Lichtenfeld, Y., Woodley, C.M., Pennington, P., Cadenas, K., Kushmaro, A., Loya, Y., (2016). Toxicopathological effects of the sunscreen UV filter, oxybenzone (benzophenone-3), on coral planulae and cultured primary cells and its environmental contamination in Hawaii and the U.S. Virgin Islands. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 70, 265–288.
- Fent, K., Zenker, A., Rapp, M., (2010). Widespread occurrence of estrogenic UV-filters in aquatic ecosystems in Switzerland. *Environ. Pollut.* 158, 1817–1824.
- Goksøyr, A., Tollefsen, K.E., Grung, M., Løken, K., Lie, E., Zenker, A., Fent, K., Schlabach, M., Huber, S., (2009). Balsa Raft crossing the Pacific finds low contaminant levels. *Environ. Sci. Technol.* 43, 4783–4790.
- Hauri, U., (2009). Sonnenschutzmittel und Gesichtscrèmes mit UV-Schutz / UV-Filter, Konservierungsmittel und Deklaration. Bericht Kant. Laboratorium BS.
- Kim, S., Choi, K., (2014). Occurrences, toxicities, and ecological risks of benzophenone-3, a common component of organic sunscreen products: a mini-review. *Environ. Int.* 70, 143–157.
- Miller, I.B., Pawlowski, S., Kellermann, M.Y., Petersen-Thiery, M., Moeller, M., Nietzer, S., Schupp, P.J., (2021). Toxic effects of UV filters from sunscreens on coral reefs revisited: regulatory aspects for “reef safe” products. *Environ. Sci. Eur.* 33
- Pintado-Herrera, M.G., González-Mazo, E., Lara-Martín, P.A., (2016). In-cell clean-up pressurized liquid extraction and gas chromatography–tandem mass spectrometry determination of hydrophobic persistent and emerging organic pollutants in coastal sediment. *J. Chromatogr. A* 1429, 107–118.

- Plagellat, C., Kupper, T., Furrer, R., de Alencastro, L.F., Grandjean, D., Tarradellas, J., (2006). Concentrations and specific loads of UV filters in sewage sludge originating from a monitoring network in Switzerland. *Chemosphere* 62, 915–925.
- Poiger, T., Buser, H.-R., Balmer, M.E., Bergqvist, P.-A., Müller, M.D., (2004). Occurrence of UV filter compounds from sunscreens in surface waters: regional mass balance in two Swiss lakes. *Chemosphere* 55, 951–963.
- Sánchez Rodríguez, A., Rodrigo Sanz, M., Betancort Rodríguez, J.R., (2015). Occurrence of eight UV filters in beaches of Gran Canaria (Canary Islands). An approach to environmental risk assessment. *Chemosphere* 131, 85–90.
- Zenker, A., Schmutz, H.-R., Fent, K., (2008). Simultaneous trace determination of nine organic UV-absorbing compounds (UV filters) in environmental samples. *J. Chromatogr. A* 1202, 64–74.
- Zhong, X., Downs, C.A., Li, Y., Zhang, Z., Li, Y., Liu, B., Gao, H., Li, Q., (2020). Comparison of toxicological effects of oxybenzone, avobenzone, octocrylene, and octinoxate sunscreen ingredients on cucumber plants (*Cucumis sativus* L.). *Sci. Tot. Environ.* 714, 136879
- Zwiener, C., Richardson, S.D., De Marini, D.M., Grummt, T., Glauner, T., Frimmel, F.H., (2007). Drowning in disinfection byproducts? Assessing swimming pool water. *Environ. Sci. Technol.* 41, 363–372.

Korrespondenzadresse

Dr. Armin Zenker
Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Life Sciences
Institut für Ecopreneurship
Hofackerstrasse 30
CH-4132 Muttenz
Schweiz
Tel.: +41 61 228 54 47



Moderne bioanalytische Methoden für die schnelle Quantifizierung von Mikroschadstoffen und Pathogenen in Wasser

Günther Proll (guenther.proll@reutlingen-university.de), Michael Seidel (michael.seidel@mytum.de),
Rudolf Schneider (rudolf.schneider@bam.de)

Abstract

Analytische Methoden für die Quantifizierung von Mikroschadstoffen (Synonym für Spurenstoffe) und Pathogenen im Wasser sind eine Grundvoraussetzung für die Umsetzung des Ziels Nr. 6 für Nachhaltige Entwicklung der UN, weltweit sauberes Wasser zur Verfügung zu stellen. Dafür sind schnelle, einfach zu bedienende und kostengünstige Überwachungssysteme notwendig. Antikörperbasierte Biosensoren haben das Potential, z.B. die Eliminationsleistung bezüglich kleiner organischer Moleküle durch die vierte Reinigungsstufe von Kläranlagen vor Ort zu überwachen. Darüber hinaus kommt modernen bioanalytischen Verfahren bei der Quantifizierung von Pathogenen eine immer wichtigere Rolle zu. Neben einer Bestandsaufnahme zu diesen Themen ist es das Ziel dieses Beitrags, die Anwendungsbarrieren von Biosensoren für die Wasseranalytik von Mikroschadstoffen abzubauen zu helfen und die Vorzüge moderner bioanalytischer Methoden für die Quantifizierung von Pathogenen aufzuzeigen.

Einleitung

Globale Umweltprobleme wie die Verschmutzung von Gewässern durch Mikroschadstoffe stellen eine große Herausforderung für die moderne Gesellschaft dar. Laut Forschungsstrategie der Wasserchemischen Gesellschaft der GDCh (2023) [1] sind Verfahren zur Elimination von organischen Schadstoffen und Pathogenen in der Abwasserreinigung Gegenstand der aktuellen Forschung und werden zunehmend großtechnisch eingesetzt. Sauberes Wasser ist bei der UN als das Ziel Nummer 6 für Nachhaltige Entwicklung anvisiert, weswegen der Eintrag von Mikroschadstoffen und Pathogenen in die Umwelt vermieden werden soll [2]. Die Wasserqualität soll verbessert werden, indem Abwasserreinigungsverfahren optimiert und analytisch bewertet werden. Dabei beruht die analytische Bewertung auf der quantitativen Bestimmung der Entfernungseffizienz, indem definierte Mikroschadstoffe wie z.B. das Schmerzmittel Diclofenac, das Antiepileptikum Carbamazepin oder Antibiotika wie z.B. Clarithromycin in der Abwassermatrix vor der Behandlung und danach quantitativ bestimmt werden. HPLC gekoppelt mit massenspektrometrischen Verfahren (z.B. LC-HRMS) sind hierbei Stand der Technik. Diese Analyseverfahren sind jedoch reine Labormethoden und die Ausstattung und die Einzelanalyse sind teuer. Aus diesem Grund wird an Biosensoren geforscht, da diese eine Reihe von Vorteilen gegenüber herkömmlichen Analysemethoden bieten, wie z.B. niedrige Nachweisgrenzen, geringer Zeit- und Ressourcenbedarf, Echtzeit-Überwachung und die Möglichkeit zur simultanen Erkennung diverser Analyte (Mikroschadstoffe, Toxine, Pathogene). Darüber hinaus können sie auch vor Ort eingesetzt werden, was insbesondere für die Überwachung

von Flüssen und Seen oder bei der Prozesssteuerung von Kläranlagen, wie z. B. der vierten Reinigungsstufe, von Vorteil ist. Bei der Analyse von Pathogenen wurde bislang hauptsächlich auf Kulturmethode für Indikatorbakterien zurückgegriffen. Diese Methoden sind zwar so vom Gesetzgeber vorgeschrieben, aber Forschungsergebnisse zeigen, dass ein Teil der Mikroorganismen nach Anwendung eines Abwasseraufbereitungsverfahrens nur eine geringe Reduktion um 2 – 3 Logstufen erreicht und dass die Mikroorganismen in einen lebenden aber nicht-kultivierbaren Zustand (VBNC) übergehen können. Aus diesem Grund sollte heutzutage die Effizienz der Reduktion von Pathogenen bei einem Abwasseraufbereitungsverfahren über kulturunabhängige Methoden (z.B. Lebensfähigkeits-qPCR, Durchflussszytometrie oder Antikörperbasierte Biosensoren) quantitativ bestimmt werden.

Biosensoren für die Quantifizierung von Spurenstoffen in Wasser

Ein Biosensor ist ein Analysegerät, das biologische Komponenten wie Antikörper, Enzyme, Rezeptoren oder auch (z.T. gentechnisch veränderte) lebende Bakterien oder Zellen höherer Organismen als Erkennungsstruktur benutzt. In Kombination mit einem Transducer (welcher das biologische Signal registriert und in ein detektierbares Ausgangssignal umwandelt) und einer passenden Transduktionstechnologie entsteht so ein analytisches Werkzeug, das durch weitere Kopplung an eine automatisierte Mikrofluidik zu einem vollständig autonomen Biosensorsystem wird. Solche Biosensoren finden sich heute insbesondere im Bereich des Point-of-Care-Testings und ermöglichen diagnostische Labormessungen eines bestimmten Analysespektrums direkt vor Ort. Dabei erreichen kommerzielle Biosensoren, wie z. B. das Atellica® VTLi Immunoassay-Analysesystem Nachweisgrenzen im unteren ng/l-Bereich [3].

Der Einsatz von Biosensoren für organische Mikroschadstoffe in Umweltproben ist Gegenstand der Forschung, wobei sich über 40% der veröffentlichten Arbeiten auf Antikörper stützen [4], da diese aufgrund ihrer hohen Affinität und Stabilität als biologische Erkennungsstruktur besonders niedrige Nachweisgrenzen für Mikroschadstoffe ermöglichen. Für den Einsatzbereich in der Wasseranalytik besteht die Herausforderung, kleine organische Moleküle über Immunoassay-Protokolle in automatisierter Form mit hoher Nachweisempfindlichkeit möglichst schnell und ohne Probenvorbereitung quantitativ zu bestimmen. Dabei stellt z. B. die aktuelle Novellierung („Recast“) der Urban Wastewater Treatment Directive [5] insbesondere hinsichtlich der wachsenden Anforderungen an die Prozessanalytik rund um die vierte Reinigungsstufe von Kläranlagen

ein wichtiges Handlungsfeld dar, das von neuen, z. B. Immunoassay-basierten, Biosensorkonzepten profitieren könnte.

Tabelle 1 gibt einen Überblick zum aktuellen Stand der Forschung und Entwicklung, wobei insbesondere solche Arbeiten aufgenommen wurden, die Mikroschadstoffe nachweisen, die in der KomS-Liste [6] aufgeführt sind.

Tabelle 1: Beispiele von Biosensorverfahren für ausgewählte Spurenstoffe ohne aufwändige Probenaufkonzentrierung

Einzelsubstanz	BG-Ablauf ¹⁾ [µg/L]	Biosensorverfahren	Analytische Leistungsfähigkeit laut Referenz	Ref.
Ciprofloxacin	0,05	Immunoassay on Silica Optical Fiber	LOQ 0,01 ng/L	[7]
Carbamazepin	0,025	Lab-on-Valve (LoV)	LOQ 1 µg/L	[8]
		Suspension Array Fluorescence ImmunoAssay (SAFIA)	LOD 0,14 µg/L	[9]
Diclofenac	0,025	SAFIA	LOD 0,004 µg/L	[9]
		Quartz Crystal Microbalance (QCM)	LOD 0,002 µg/L	[10]
		Magnetic Bead-Basierter Immunoassay (MBBA)	LOD 0,4 µg/L	[11]
Hydrochlorothiazid	0,05	Zyklische Voltammetrie ²⁾	LOD 148 µg/L	[12]
Ibuprofen	0,025	Chitosan über porous silicon optical transducer	LOD 1000 µg/L	[13]
Sulfamethoxazol	0,025	Immunoassay mit Oberflächenplasmonenresonanz (SPR)	LOD 0,1 µg/L	[14]
		Immunoassay Totale Interne Reflexionsfluoreszenz (TIRF)	LOD 0,007 µg/L	[15]
Estron	0,0001	TIRF	LOQ 0,0014 µg/L	[16]
Benzotriazol	0,05	Mikroalgenbiosensor	LOD 25 µg/L	[17]
		ISO-Referenztests (einzellige Algen und Leuchtbakterien)	LOD 10 µg/L	[18]

¹⁾ Werte für die Bestimmungsgrenze im Ablauf (BG Ablauf) der vierten Reinigungsstufe einer Kläranlage nach [6].

²⁾ Elektrochemisches Verfahren.

Neben Unterschieden in der erreichten analytischen Leistungsfähigkeit, die durch die Eigenschaften der gewählten Transduktionstechnologie und die gewählte Oberflächenchemie begründet ist, ist die Affinität der eingesetzten Erkennungsstrukturen von entscheidender Bedeutung. Da insbesondere Antikörper im kommerziellen Bereich der Biosensoren eine entscheidende Rolle spielen, konzentriert sich dieser Beitrag im Folgenden auf diese Klasse von Erkennungsstrukturen.

Gerade mit Hinblick auf die existierenden Anwendungs- bzw. Markteintrittsbarrieren stellt die Verfügbarkeit von geeigneten Antikörpern eine wesentliche Herausforderung dar. Darüber hinaus fehlen für die Wasseranalytik eine DIN-Norm für immunchemische Methoden, die es potentiellen Herstellern erlauben würde, ihre Entwicklungsarbeiten entsprechend zu benchmarken. Es ist daher notwendig, zunächst die Barrieren zu

adressieren, damit sich kommerzielle Biosensoren auf diesem Markt entwickeln bzw. etablieren können. Diese wären:

1. Antikörper mit validierter analytischer Performance in standardisierten Immunoassayformaten sind eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung von marktfähigen Produkten. Diese Antikörper können von Anwendern auch als Benchmark eingesetzt werden.
2. Die Verfügbarkeit von geeigneten Antikörpern stellt für viele technisch ausgerichtete Analytikfirmen und Start-ups eine Markteintrittsbarriere dar. Es wäre daher wünschenswert, dass solche Antikörper von neutraler Stelle charakterisiert und allgemein verfügbar gemacht werden, da die zumeist technisch ausgerichteten Sensorfirmen keine Ressourcen u./o. Expertisen hierfür zur Verfügung haben.
3. Fehlende Normen auf dem beschriebenen Gebiet führen sowohl auf Herstellerseite als auch auf Anwenderseite zu

Unsicherheiten, die hemmend auf notwendige F&E-Aktivitäten bzw. Innovationsprojekte wirken. Entsprechende Normungsaktivitäten von Fachvereinigungen sind hier dringend notwendig.

Aus analytischer Sicht besteht aber ein weiteres Problem, das bisher häufig nur unzureichend beachtet wurde. Bei einem Blick in die einschlägige Literatur fällt auf, dass die untersuchten Probenmatrices bei den einzelnen Biosensorverfahren zwar von Reinstwasser über Oberflächenwasser bis hin zu Abwasser reichen, selten aber ein Immunoassay für verschiedene Matrices ohne Anpassungen eingesetzt werden kann. Dies liegt üblicherweise darin begründet, dass ein Immunoassay möglichst in der Matrix kalibriert werden muss, die auch die untersuchte Probe aufweist, da die Matrixbestandteile sowohl die Aktivität als auch die Affinität der Antikörper beeinflussen kann. Es besteht nun grundsätzlich die Möglichkeit, jeweils eine solche geeignete Kalibrierung entsprechend zu hinterlegen oder ein Standardadditionsverfahren einzusetzen. Letzteres ist erst seit kurzer Zeit als robustes Verfahren für Immunoassays beschrieben und soll hier kurz erläutert werden.

Aufgrund der Tatsache, dass sich bei den meisten Immunoassays die Kalibrierkurve nichtlinear verhält, ist eine direkte

Übertragung des Standardadditionsverfahrens (wie es aus der klassischen Analytik bekannt ist) nicht möglich. Pang und Cowen schlugen 2017 [19] vor, die Standardadditionsmethode auf sigmoidale Kalibrierkurven mit einer neuartigen Bewertungsmethode zu übertragen. Durch eine Optimierung des dort verwendeten Algorithmus zur kalibrierungsfreien Konzentrationsbestimmung für Immunoassays, konnte eine Standardadditionsmethode entwickelt werden, die unter realistischen Einsatzbedingungen robuste Ergebnisse liefert [20]. Dabei werden der Probe mit unbekannter Konzentration bekannte Konzentrationen zugesetzt. Nachfolgend wird die unbekannte Konzentration geschätzt und die Summe des bekannten zugegebenen Standards und der unbekannt geschätzten Konzentration wird logarithmiert auf der x-Achse aufgetragen. Die logit-transformierten Signale sind die y-Koordinaten, und es wird eine lineare Regression durchgeführt. Die Abweichung von der Linearität dient zur Optimierung der geschätzten Probenkonzentration. Nun variiert man die geschätzte Probenkonzentration so lange, bis die beste Linearität gefunden ist, die die Probenkonzentration angibt. Es konnte gezeigt werden, dass dieser neuartige logit-log-Ansatz (s. Abbildung 1) auch bei quantitativen Immunoassays in komplexen Matrices hervorragend funktioniert und eine aufwändige Kalibrierung obsolet macht.

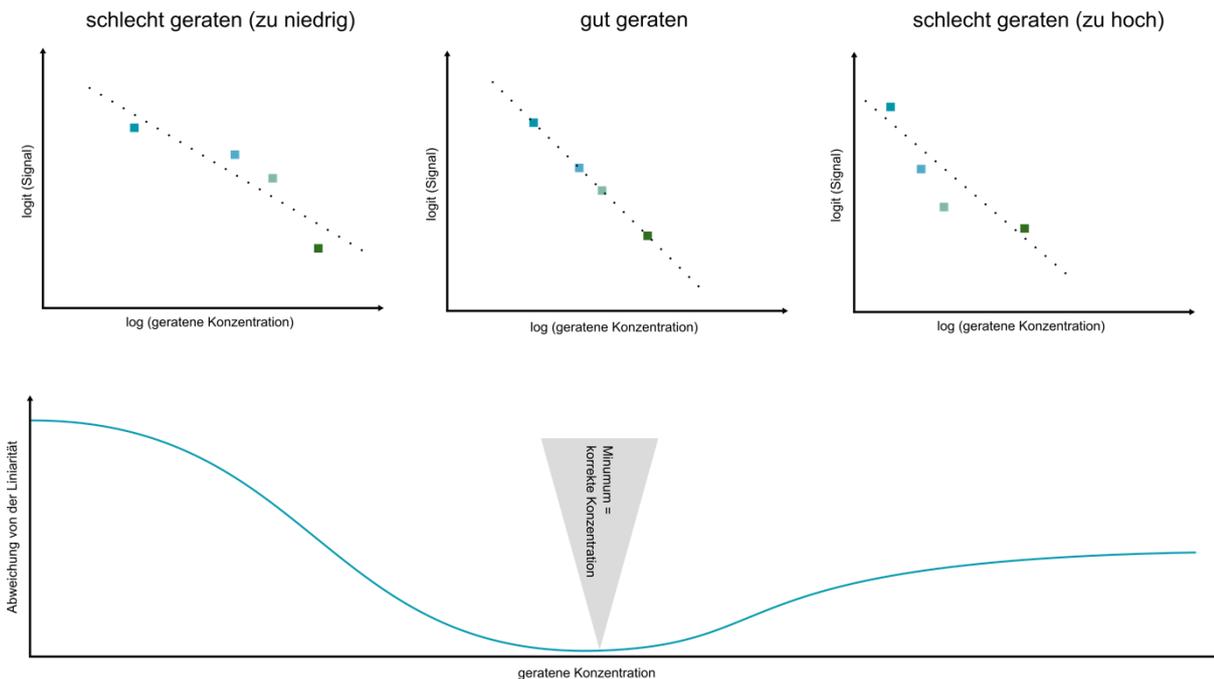


Abb. 1: Logit-log Standardadditionsverfahren für Immunoassays. Oben: Auftragung des $\text{logit}(\text{Signal})$ eines Immunoassays gegen $\text{log}(\text{geratene Konzentration})$ eines Analyten, beispielhaft für 3 verschiedene geratene Probenkonzentrationen (links: zu niedrig; Mitte: korrekt; rechts: zu hoch), jeweils mit linearer Regression, aus der die SSres-Werte bestimmt werden können. Unten: Die Bestimmung der Probenkonzentration erfolgt über das eingezeichnete Minimum, da hier die Linearität am besten gegeben ist.

Bioanalytische Messsysteme für die Quantifizierung von Pathogenen in Wasser

Pathogene sind Mikroorganismen, Toxine und Viren, die eine Erkrankung beim Menschen hervorrufen können. Eine schnelle Analyse der mikrobiologischen Wasserqualität ist im Rahmen des von der WHO etablierten One-Health-Konzepts wichtig,

wenn Tiere oder Menschen mit der Umwelt in Bezug stehen. Pathogene sollten im Rohwasser und Trinkwasser, aber auch in Prozess- und Abwässern in so geringen Konzentrationen enthalten sein, dass keine gesundheitliche Gefahr für Mensch und Tier besteht. Allerdings gelangen Pathogene regelmäßig in bedeutenden Anteilen über kommunale und industrielle Klär-

anlagen in Gewässer. Weitere Gründe für den Eintrag sind der direkte Eintrag bei Extremwetterereignissen über Regenüberlaufbecken, marode Infrastrukturen oder über Landwirtschaftsflächen. Nicht zu vernachlässigen ist außerdem der direkte Eintrag über Trinkwasserleitungen oder Wasseruhren bei *Pseudomonas aeruginosa* [21], oder der Bioaerosolaustrag von *Legionella pneumophila* aus Trink(warm)wasser und Verdunstungskühlanlagen [22].

In den letzten Jahren hat sich das Spektrum an bioanalytischen Methoden zur Bestimmung von Mikroorganismen und Viren rasant weiterentwickelt. Vorteile liegen darin, kulturunabhängig in kurzer Zeit nicht nur die Quantität an definierten Pathogenen, sondern gleichzeitig die Vitalität bzw. Aktivität oder die Diversität zu bestimmen [23]. Die qPCR ist mittlerweile für Forschungsinstitutionen im Bereich der mikrobiellen Wasserqualität eine etablierte molekularbiologische Methode. Die aktuelle Herausforderung liegt darin, die gesamte bioanalytische Methode von der Probenvorbereitung bis hin zur Analyse, Auswertung, Statistik und Bewertung so zu vereinheitlichen, dass sie in der Routine angewendet werden kann. Eine Standard-Additionsmethode kann auch hier angewendet werden, um quantitative Ergebnisse ohne Kalibrierung mit genomischer DNA in sehr komplexen Matrices durchzuführen [24]. Alternative und oftmals komplementäre Methoden basieren auf immunanalytischen Methoden. Membrandurchlässige DNA-interkalierende Farbstoffe oder Enzymsubstrate dienen der Unterscheidung zwischen lebenden und membranzerstörten Bakterien. Als Analyseplattformen dienen ELISA-Mikrotiterplatten, Biosensoren oder eine Kopplung von immunomagnetischer Separation mit der Durchflusszytometrie (IMS-DFZ). Mit einer kulturunabhängigen Quantifizierung von *Legionella pneumophila* in Verdunstungskühlanlagen soll es zukünftig möglich sein, dass der Betreiber einer Anlage den Erfolg einer Maßnahme zur Reduktion unterhalb eines definierten Maßnahmenwertes von 10.000 KBE *Legionella pneumophila* / 100 mL innerhalb 2- 4 h erfassen kann [25]. Dies ist sowohl mit der Lebensfähigkeits- bzw. Integritäts-qPCR als auch über IMS-DFZ möglich [26]. Mit Hilfe von Lebendstandards wurde die Leistungsfähigkeit mit realen Proben evaluiert. Es zeigte sich für die IMS-DFZ, dass quantitative Ergebnisse mit einem Filtrat von 100 mL Prozesswasserprobe ab ca. 100 *Legionella pneumophila* / 100 mL möglich sind. Des Weiteren lassen sich *Legionella pneumophila* auch in Prozesswasser aus Verdunstungskühlanlagen bestimmen, welche aufgrund der bioziden Wirkung kulturnegativ sind. Über einen Chemilumineszenz-Microarray-Immunoassay konnte nach der IMS-DFZ und Kultur sogar eine Subtypisierung auf der Analyseplattform LegioTyper durchgeführt werden.

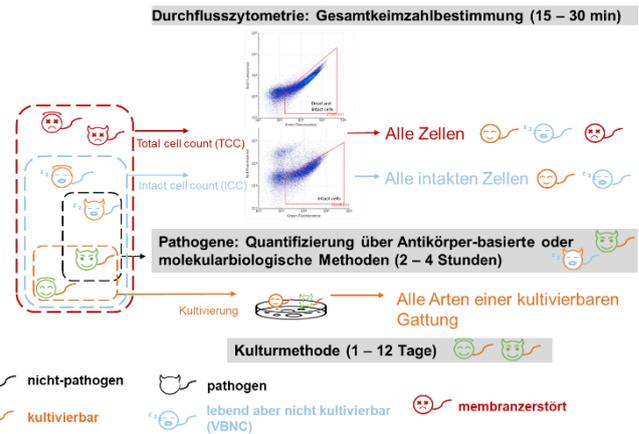


Abb. 2: Schematische Darstellung zur quantitativen Bestimmung von lebenden, lebenden aber nicht kultivierbaren und membranzerstörten Bakterien mit Hilfe von kulturunabhängigen Methoden.

Die Gesamtkeimzahlbestimmung über Durchflusszytometrie ist im Bereich der Qualitätsbestimmung von Trinkwasser mittlerweile eine etablierte bioanalytische Methode. Innerhalb weniger Minuten lässt sich die Anzahl intakter Bakterien und die Gesamtbakterienzahl bestimmen. Die Methode eignet sich sehr gut für das Prozesswassermonitoring und zur Erfassung bakteriologischer Veränderungen in Verteilungsnetzen. Die Anwendbarkeit auf andere Wässer, wie zum Beispiel Prozesswasser aus Verdunstungskühlanlagen, ist ebenso gegeben.

Ausblick

Eine umfassende und schnelle Bestimmung der Wasserqualität im urbanen Wasserkreislauf hinsichtlich Mikroschadstoffen und Pathogenen ist von enormer Bedeutung. Zukünftig sollen im Rahmen eines holistischen Wassermonitorings chemische und mikrobiologische Parameter mit den genannten modernen bioanalytischen Methoden über einen definierten Zeitverlauf und Probenahmen an mehreren Standorten gemeinsam erfasst werden, um potentielle Eintragsquellen besser identifizieren zu können und Maßnahmen zur Verminderung direkt überwachbar zu machen. Eine Verknüpfung mit ökotoxikologischen Daten sollte die Bewertung der Wasserqualität noch weiter verbessern.

Referenzen

1. https://wasserchemische-gesellschaft.de/images/PDFs/Downloads_und_Infos/Forschungsstrategie_Broschure_Layout%20final.pdf
2. Hube, S. and B. Wu, *Mitigation of Emerging Pollutants and Pathogens in Decentralized Wastewater Treatment Processes: A Review*. Science of the Total Environment, 2021, **779**, 146545.
3. <https://www.siemens-healthineers.com/de/cardiac/cardiac-systems/atellica-vtli>
4. Herrera-Domínguez, M., et al., *Optical Biosensors and Their Applications for the Detection of Water Pollutants*. Biosensors-Basel, 2023, **13**(3), 370.

5. https://environment.ec.europa.eu/topics/water/urban-wastewater_en
6. KomS_Handlungsempfehlung_Stand_07.2018_korrigiert.pdf https://koms-bw.de/cms/content/media/KomS_Handlungsempfehlung_2018.pdf
7. Lamarca, R.S., et al., *Label-Free Ultrasensitive and Environment-Friendly Immunosensor Based on a Silica Optical Fiber for the Determination of Ciprofloxacin in Wastewater Samples*. Analytical Chemistry, 2020, **92**(21), p. 14415-14422.
8. Ramos, I.I., et al., *Automated Lab-on-Valve Sequential Injection ELISA for Determination of Carbamazepine*. Analytica Chimica Acta, 2019, **1076**, p. 91-99.
9. Carl, P., et al., *Wash-Free Multiplexed Mix-and-Read Suspension Array Fluorescence Immunoassay for Anthropogenic Markers in Wastewater*. Analytical Chemistry, 2019, **91**(20), p. 12988-12996.
10. Mazouzi, Y., et al., *Design and Analytical Performances of a Diclofenac Biosensor for Water Resources Monitoring*. ACS Sensors, 2021, **6**(9), p. 3485-3493.
11. Ecke, A., et al., *A Rapid Magnetic Bead-Based Immunoassay for Sensitive Determination of Diclofenac*. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2022, **414**(4), p. 1563-1573.
12. Zaimbashi, R., et al., *Simultaneous Electrochemical Sensing of Methyl dopa and Hydrochlorothiazide Using a Novel ZnO/Al₂O₃ Nanocomposite Modified Screen Printed Electrode*. Analytical and Bioanalytical Electrochemistry, 2017, **9**(8), p. 1008-1020.
13. Sciacca, B., et al., *Chitosan-Functionalized Porous Silicon Optical Transducer for the Detection of Carboxylic Acid-Containing Drugs in Water*. Journal of Materials Chemistry, 2021, **21**, p. 2294-2302.
14. Snopok, B.A., et al., *Effect of the Local Environment and State of the Immobilized Ligand on its Reaction With A Macromolecular Receptor*. Theoretical and Experimental Chemistry, 2006, **42**, p. 217-223.
15. Tschmelak, J., et al., *Biosensor for Seven Sulphonamides in Drinking, Ground, and Surface Water With Difficult Matrices*. Analytical Letters, 2004, **37**(8), p. 1701-1718.
16. Tschmelak, J., G. Proll, and G. Gauglitz, *Immunosensor for Estrone With an Equal Limit of Detection as Common Analytical Methods*. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2004, **378**(3), p. 744-745.
17. Varelas, I., *Microalgae as Bioindicators for Water Quality Analyses*. Repositório da Universidade de Lisboa, 2017, <http://hdl.handle.net/10451/36032>
18. Wang, H.Y., et al., *Syntheses of Molecularly Imprinted Polymers and Their Molecular Recognition Study for Benzotriazole*. Reactive & Functional Polymers, 2006, **66**(10), p. 1081-1086.
19. Pang, S. and S. Cowen, *A Generic Standard Additions Based Method to Determine Endogenous Analyte Concentrations by Immunoassays to Overcome Complex Biological Matrix Interference*. Scientific Reports, 2017, **7**, 17542.
20. Conrad, M., et al., *(R)evolution of the Standard Addition Procedure for Immunoassays*. Biosensors-Basel, 2023, **13**(9), 849.
21. Göpfert, L., et al., *Macroporous Epoxy-Based Monoliths for Rapid Quantification of Pseudomonas Aeruginosa by Adsorption Elution Method Optimized for qPCR*. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2020, **412**(29), p. 8185-8195.
22. Berney, M., et al., *Rapid, Cultivation-Independent Assessment of Microbial Viability in Drinking Water*. Water Research, 2008, **42**(14), p. 4010-4018.
23. Seidel, M., et al., *Anwendungsfelder für moderne bioanalytische Methoden zur Bestimmung von Pathogenen im Bereich Wasser*. Wasser 2024, Limburg, 6.-9.5.2024.
24. Schwaiger, G., et al., *Standard Addition Method for Rapid, Cultivation-Independent Quantification of Cells y qPCR in Biotrickling Filters*. Analyst, 2024, **149**(10), p. 2978-2987.
25. VDI Richtlinie 4250 Blatt 2
26. Streich, P., et al., *Culture-Independent Quantification of Legionella pneumophila in Evaporative Cooling Systems Using Immunomagnetic Separation Coupled With Flow Cytometry*. Applied Microbiology, 2024, **4**, p. 284-296.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Günther Proll
Hochschule Reutlingen
Fakultät Life Sciences
Alteburgstr. 150
72762 Reutlingen
Email: guenther.proll@reutlingen-university.de

Professur für Chemische Ökologie, Institut für Zoologie, Universität Regensburg

Der Geruchssinn spielt bei der Partnerwahl vieler Tiere eine entscheidende Rolle. Wenn die Chemie nicht stimmt, ist ein potenzieller Partner chancenlos. Während der Geruch bei uns Menschen eher eine subtile Rolle spielt, verlassen sich Insekten bei der Partnersuche oftmals vollkommen auf ihn. Pheromone, chemische Botenstoffe, die Informationen innerhalb einer Art übermitteln, locken mögliche Sexualpartner über große Entfernungen an, ermöglichen die Erkennung geeigneter Kandidaten im Nahbereich und lösen Balzverhalten aus, und manche wirken sogar wie Aphrodisiaka, ohne die eine Paarung ausgeschlossen ist. Mit der Erforschung solcher Signale beschäftigt sich an der Universität Regensburg die Arbeitsgruppe Chemische Ökologie unter der Leitung von Prof. Dr. Joachim Ruther. Die Pheromonforschung ist ein interdisziplinäres und äußerst vielseitiges Forschungsgebiet. Sie verbindet anspruchsvolle Naturstoffanalytik, z.B. mittels gekoppelter Gaschromatographie/ Massenspektrometrie, NMR-Spektroskopie und elektrophysiologischer Verfahren, mit Verhaltensanalysen und molekularbiologischen Methoden, um z.B. Gene zu charakterisieren, die an der Biosynthese und Perzeption der beteiligten Verbindungen beteiligt sind. Da viele Insekten potenzielle Schädlinge in Land- und Forstwirtschaft sind, können die meist artspezifisch wirkenden Lockstoffe auch als umweltschonende und selektive Bekämpfungsmethode gegen diese Arten eingesetzt werden.

Die Forschenden in Regensburg beschäftigen sich mit der chemischen Kommunikation von parasitischen Wespen. Hierbei handelt es sich um oftmals winzige Insekten aus der Gruppe der Hautflügler (Hymenoptera), die sich fortpflanzen, indem sie andere Insekten parasitieren und diese am Ende ihrer Entwicklung töten. Somit spielen parasitische Wespen als natürliche Gegenspieler eine wichtige Rolle für terrestrische Ökosysteme. Auch bei der Wirtsfindung parasitischer Wespen spielt der Geruchssinn eine entscheidende Rolle. Geruchsstoffe, die vom Wirtsorganismus selbst oder von mit Herbivoren befallenen Pflanzen ausgehen, führen die weiblichen Wespen zu ihren Wirten, in die dann durch einen gezielten Stich mit dem Legebohrer ein oder mehrere Eier gelegt werden. Aus den Eiern schlüpfen dann die Larven, die den Wirtsorganismus nach und nach auffressen.

Genauso wie ihre Wirtsorganismen sind parasitische Wespen in ihrer natürlichen Umgebung einer Vielzahl von anthropogenen Chemikalien, wie z.B. Pestiziden ausgesetzt. Als natürliche Kohlenhydratquelle nutzen sie zuckerhaltige Sekrete wie Blütennektar oder Honigtau, die oft mit Pestizidrückständen belastet sind. Aber auch über mit Pestiziden belastete Wirtsorganismen ist eine Aufnahme der Wirkstoffe möglich. In einem kürzlich abgeschlossenen Forschungsprojekt im Rahmen des vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz geförderten Projektverbundes BayÖkotox haben sich die Regensburger Forschenden mit der Wirkung

subletaler Dosen der Insektizide Acetamiprid, Dimethoat, Flupyradifuron und Sulfoxaflor auf parasitische Wespen beschäftigt. Alle diese Wirkstoffe wirken als Agonisten oder Enzymhemmer auf nicotinerge Acetylcholinrezeptoren (nAChR), die u.a. auch an der Wahrnehmung von Gerüchen beteiligt sind. Die Wirkstoffe wurden mittels topikaler Applikation in definierten Mengen in die nur ca. 2 mm großen Insekten gebracht (Abbildung 1). Die behandelten Tiere wurden dann in standardisierten Biotestverfahren daraufhin untersucht, ob sie noch in der Lage sind, Partner und Wirtsorganismen über ihren Geruchssinn zu lokalisieren. Die Ergebnisse zeigten, dass subletale Dosen (Subnanogramm- bis Nanogramm-Bereich) aller vier Wirkstoffe bei mindestens einer der drei getesteten Modellorganismen *Nasonia vitripennis*, *Lariophagus distinguendus* und *Leptopilina heterotoma* die sexuelle Kommunikation und/oder die Wirtsfindung störten.



Abbildung 1. Weibchen der parasitischen Wespenart *Nasonia vitripennis* untersucht vor der Eiablage ein Puparium der Kaisergoldfliege *Lucilia caesar*, welches sie als Wirt verwendet (©Joachim Ruther).

Behandelte Tiere bevorzugten nicht mehr das art eigene Sexualpheromon in Olfaktometerversuchen, zeigten vermindertes oder gar kein Balzverhalten mehr und bei zwei der untersuchten Arten war sogar die Paarungshäufigkeit reduziert. Auch die wirtsassoziierten Geruchsstoffe wurden von behandelten Weibchen nicht mehr bevorzugt. Interessanterweise beeinflussten die Wirkstoffe nicht alle drei Arten in gleicher Weise und auch innerhalb einer Art waren die Effekte auf die Partner- und Wirtsfindung manchmal unterschiedlich, was darauf hindeutet, dass Pheromone und wirtsassoziierte Geruchsstoffe im Insektengehirn unterschiedlich verarbeitet werden.

Bezüglich der ökologischen Relevanz der erhaltenen Ergebnisse besteht weiterhin Forschungsbedarf, da die Expositionswege von parasitischen Wespen gegenüber Pestizidrückständen noch nicht vollständig erforscht sind. Betrachtet man jedoch die in der Literatur berichteten höchsten Rückstandsmengen der untersuchten Wirkstoffe in Nektar, Honigtau und

Guttationswasser sowie die geringsten, noch biologisch wirksamen Dosen, so muss davon ausgegangen werden, dass der Geruchssinn parasitischer Wespen auch im Freiland von Insektizid-Rückständen gestört wird. Laborversuche der Regensburger Forschenden mit der Art *L. heterotoma* und deren Wirt *Drosophila melanogaster* deuten zudem darauf hin, dass biologisch wirksame Insektizid-Dosen auch über kontaminierte Wirte aufgenommen werden können. Somit muss davon ausgegangen werden, dass subletale Dosen von Insektiziden, die auf nAChR abzielen, die wichtige Funktion parasitischer Wespen als natürliche Gegenspieler beeinträchtigen.

In der Lehre ist die Professur für Chemische Ökologie an der zoologischen Grundausbildung der Studierenden beteiligt und vertritt das Fach Chemische Ökologie in Vorlesungen, Seminaren und verschiedenen Praktika. Bachelor- und Masterarbeiten verbinden typischerweise chemische Analysetechniken (z.B. GC/MS, HPLC, Headspace-Techniken oder Markierungsversuche mit stabilen Isotopen) mit Verhaltensuntersuchungen und anderen biologischen Biotestverfahren.

Originalarbeiten:

Schöfer, N., Ratschmann, G & Ruther, J. (2024) Effects of sub-nanogram doses of acetamiprid, dimethoate, flupyradifurone and sulfoxaflor on courtship, mating and olfactory host finding of the parasitic wasp *Lariophagus distinguendus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* (in press)

Schöfer, N., Ackermann, J., Hoheneder, J., Hofferberth, J. & Ruther, J. (2023), Sublethal effects of four insecticides targeting cholinergic neurons on partner and host finding in the parasitic wasp *Nasonia vitripennis*. *Environmental Toxicology & Chemistry*, 42, 2400-2411, DOI: 10.1002/etc.5721

Kontakt

Prof. Dr. Joachim Ruther
Universität Regensburg
Fakultät für Biologie und Vorklinische Medizin
Institut für Zoologie/Professur für Chemische Ökologie
Universitätsstraße 31
D-93053 Regensburg
Telefon +49 941 943 2151
Fax +49 941 943 5583
E-Mail: joachim.ruther@ur.de
<https://www.uni-regensburg.de/biologie-vorklinische-medizin/fakultaet/start/index.html>

Website Forschungsverbund BayÖkotox:
https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/bayoekotox/projektverbund/index.htm

50 Jahre Aufbaustudium „Analytik & Spektroskopie“ in Leipzig

Das Aufbaustudium „Analytik & Spektroskopie“ an der Fakultät für Chemie und Mineralogie der Universität Leipzig feiert in diesem Jahr seinen 50. Geburtstag: Am 7. Oktober 2024 beginnt der 50. Zyklus des bewährten Studienprogramms.

Geschichte

Vor 50 Jahren war Leipzig das Zentrum der Analytischen Chemie in der DDR. Es gab an der Karl-Marx-Universität Leipzig acht volle Professuren in der Chemie, die der Analytik gewidmet waren. So viel analytisches Wissen wie hier war weltweit nur an wenigen Stellen vorhanden.

Zudem ist das Gebiet um Leipzig ein traditionelles Chemie-industriegebiet. Ein Schwerpunkt, der hier immer wichtiger wird, ist die nachhaltige industrielle Produktion. Die Entwicklung dahin wird noch beschleunigt, da in den kommenden Jahren ein großes Forschungszentrum im Raum Leipzig entsteht, das CTC, Center for the Transformation of Chemistry – es soll diese Prozesse katalysieren. Auf diese Weise wird der Raum Leipzig-Halle Vorbild für die chemische Produktion weltweit werden. Das Aufbaustudium wird mit seiner analytischen Ausrichtung dazu beitragen, grundlegendes und aktuelles Wissen zu vermitteln, um diese Vorbildwirkung zu unterstützen.

Es gibt keine deutsche Universität, an der die analytische Chemie auch weiterhin so stark vertreten ist wie in Leipzig. Es gibt zwei Institute dafür: eines für die analytische und ein zweites für die bioanalytische Chemie, jeweils mit zwei vollen Professuren besetzt. Außerdem ist die Umweltanalytik in der Stadt sehr stark durch das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, UFZ, vertreten. Die Rahmenbedingungen für einen berufsbegleitenden Studiengang mit analytischer Ausrichtung sind also deutschlandweit ausgezeichnet. Im gesamten deutschsprachigen Raum gibt es kein vergleichbares Angebot. Daher gibt es immer wieder Teilnehmer aus Österreich und der Schweiz.

An vielen Universitäten ist die analytische Chemie nicht mit einem eigenen Lehrstuhl vertreten. Oft ist sie nur ein Anhang, zum Beispiel an die anorganische Chemie. Und das heißt, dass im Chemiestudium tatsächlich viele analytische Methoden zu kurz kommen – in den Vorlesungen, besonders aber in den praktischen Teilen. Andererseits ist die Nachfrage nach analytischer Chemie enorm hoch und wird auch weiterhin steigen. Der „normale“ Chemiestudent wird da nicht hinreichend vorbereitet sein.

Voraussetzung

Absolventen des Aufbaustudiums sind nicht nur Chemiker. Es gibt auch einen Kreis von Menschen, die zum Beispiel in der Geologie arbeiten, in der Archäologie, in der Biotechnologie,

also nahe am Thema sind und für ihre Arbeiten unbedingt ein fundiertes Wissen der analytischen Chemie benötigen. Das Studium wendet sich an all diejenigen, die im Berufsleben gemerkt haben, dass sie mehr analytisches Wissen brauchen, um ihre Aufgabengebiete zu bewältigen: von Personen in den Forstwissenschaften über solche, die Kunstgemälde untersuchen, bis beispielsweise zu Beschäftigten in der Reifenproduktion. Aber auch Studierende, die bereits wissen, dass sie im analytischen Bereich arbeiten wollen, zum Beispiel in der Umweltanalytik. Die einzige Voraussetzung, um an dem Aufbaustudium teilzunehmen, ist ein Hoch- oder Fachhochschulabschluss in einer naturwissenschaftlich-technischen Fachrichtung.

Mit einem Berufsabschluss kann man ebenfalls am Aufbaustudium teilnehmen, die abschließende akademische Prüfung kann allerdings nicht absolviert werden. Laboranten und Technikerinnen sind also ebenso willkommen, sie tun diesem Studienprogramm durch ihre Praxiserfahrungen sogar sehr gut. Alle wissen, dass man als akademischer Chemiker von einem gestandenen Laboranten eine Menge lernen kann.



Praktische Einführung in die Chromatographie

Einen typischen Teilnehmer gibt es nicht. Meistens sind es Fachleute zwischen 30 und 40 Jahren, die im Berufsleben merken, dass sie eine Weiterbildung brauchen. Sie haben zum Beispiel die Verantwortung für ein analytisches Labor bekommen und ihre Mitarbeitenden wissen viel mehr als sie selbst. Es können aber auch ganz andere Motive sein. Etwa bei jemandem, der Gemälde restauriert und wissen möchte, wie viele Schichten unter einem Gemälde liegen, welche Methoden es überhaupt gibt, um das zu untersuchen. Das Teilnehmerpektrum reicht daher von der Archäologie über die Lebensmittelanalytik bis hin zu Molkereimitarbeitern.

Inhalt

Im Studienverlauf wird der Spagat zwischen den grundlegenden wissenschaftlichen Konzepten und zahlreichen Anwendungen gemeistert. Garant dafür sind Dozenten aus ganz unterschiedlichen Bereichen: Hochschullehrer und Vortragende aus Unternehmen, die sehr nah an der Praxis sind. So wird der theoretische Unterricht mit der Arbeit am Computer

und an den Großgeräten kombiniert. Selbständig an den Geräten arbeiten und Daten selbst analysieren sind genau die Werkzeuge, die man braucht, wenn man selbst analytisch aktiv wird.



Diskussion unterschiedlicher Trennmethode

Es wird nicht nur Wissen vermittelt, sondern auch Kontakte: zu den Dozenten und zu den anderen Teilnehmern. Durch die relativ geringe Teilnehmerzahl (10-16) pro Jahrgang wächst das Team zusammen. Solche Kontakte bleiben oft weit über die Studienzeiten hinaus bestehen.

Studienverlauf und -abschluss

Das Studium wird über zwei Jahre in acht einwöchigen Präsenzkursen absolviert. Die Reihenfolge der Kurse hat eine innere Architektur. Von den Grundlagen der Analytik wird der Bogen über die atomspektroskopischen und die molekülspektroskopischen Methoden zu den Reinigungs- und Trennverfahren gespannt und endet dann mit Beispielen praktischer Anwendung.

Innerhalb der Kurse wird zunächst die Theorie vorausgeschickt und dann mit Praktika zu Methoden der Atomanalytik, zu molekülspektroskopischen Methoden wie NMR und Infrarotspektroskopie, Massenspektrometrie, aber auch Computerprogrammen gefestigt. Die Teilnehmer bekommen die Angel in die Hand und nicht den Fisch.

Natürlich hat sich das Programm des Studiums über die 50 Jahre hin verändert. Der Grundgedanke ist tatsächlich immer der gleiche geblieben. Lediglich das Modul zum Marxismus/Leninismus wurde gestrichen und die Vorlesungen und Praktika werden immer wieder modernisiert und an die gegenwärtigen Entwicklungen angepasst. Viele neue Methoden wurden aufgenommen, denn die analytischen Methoden haben sich über diesen Zeitraum ja enorm weiterentwickelt.

Das Aufbaustudium ist ein zertifizierter Studiengang, einen Masterabschluss kann damit allerdings nicht erreicht werden.

Organisatorisches

Die Teilnehmer/innen müssen sich an der Universität Leipzig einschreiben und den Semesterbeitrag zahlen. Zusätzlich gibt es eine spezifische Studiengebühr pro Semester, das sind derzeit 520 Euro. Dazu kommen die Fahrtkosten und die Kosten für die Unterkunft in den Kurswochen. Der Anspruch auf Bildungsurlaub für dieses Studium besteht und ist je Bundesland unterschiedlich geregelt.

Leipzig ist für Studenten eine sehr reizvolle Stadt. Das kulturelle Leben ist außerordentlich vielfältig: Mit der Oper, dem Gewandhaus-Orchester und dem Thomaner-Chor findet man in Leipzig kulturelles Weltniveau. Aber auch zahlreiche Szenekneipen und eine eindrucksvolle Innenstadt mit vielen Restaurants, Einkaufsmöglichkeiten, Passagen und Museen sind in Leipzig zu finden. Der Zoo und das Neuseenland bieten viele Möglichkeiten für Sport und Erholung. Ein Aufenthalt in Leipzig lohnt sich immer, nicht nur für das Studium.

Prof. Dr. Jörg Matysik
Institut für Analytische Chemie
Universität Leipzig
Linnéstr. 3
D-04103 Leipzig
Tel: 0341-9736112
joerg.matysik@uni-leipzig.de

<https://www.chemie.uni-leipzig.de/institut-fuer-analytische-chemie/working-group-matysik/>
<https://www.cidnp.net>

Aufbau-Studium Analytik & Spektroskopie:
<https://www.chemie.uni-leipzig.de/weiterbildung-und-transfer/aufbaustudium-analytik-und-spektroskopie/>

Bericht von der Sitzung des FG-Arbeitskreises „Chemikalienbewertung“ am 18. April 2024

Der Arbeitskreis Chemikalienbewertung traf sich am 18.04.2024 online zu einer Sitzung zum Thema „Risikobewertung außerhalb von REACH“.

Zunächst präsentierte Herr Jan Oltmanns vom Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (FoBiG) eine Studie für die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA), die FoBiG 2022-2023 zusammen mit Risk & Policy Analysts Europe S.R.L. durchgeführt hat. Die Studie wurde vor dem Hintergrund des Prinzips „One Substance – One Assessment“ der EU-Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit beauftragt, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Chemikalienbewertung in verschiedenen Regelungsbereichen herauszuarbeiten.

Die Studie berücksichtigte Regelungsbereiche, die in den Zuständigkeitsbereich der EFSA, der Europäischen Chemikalien-Agentur (ECHA), der Europäischen Arzneimittel-Agentur (EMA) sowie des Wissenschaftlichen Ausschusses für Verbrauchersicherheit fallen. Die Datenanforderungen und Risikobewertungsmethoden in neun Regelungsbereichen wurden zusammengestellt, analysiert und Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Regelungsbereichen herausgearbeitet.

Herr Oltmanns fokussierte seinen Vortrag auf die Umwelt-risikobewertung und stellte fest, dass diese in einigen Bereichen überhaupt nicht (Lebensmittelzusatzstoffe) und in anderen Bereichen nur bei Überschreitung bestimmter Auslösewerte gefordert ist (Futtermitteladditive, Human- und Tierarzneimittel), wobei die Auslösewerte in ihrer Höhe teilweise differieren. Das Umweltisiko wird in nahezu allen Regelungsbereichen durch den Quotienten Exposition/Referenzwert ausgedrückt (teilweise mit spezifischem Namen, z.B. „Risk Characterisation Ratio“ (RCR) unter REACH). Einzige Ausnahme bilden die Pestizide, bei denen die Ökotoxizität (z.B. ausgedrückt als NOEC) durch die Exposition dividiert wird („Toxicity/Exposure Ratio“, TER). Somit weisen Risikoquotienten größer 1 (Pestizide) bzw. kleiner 1 (alle anderen Regelungsbereiche) ein geringes Risiko aus, was beispielsweise eine Aggregation von Risikowerten über verschiedene Regelungsbereiche erschwert. Im Gegensatz zu Referenzwerten für die menschliche Gesundheit, werden diese im Umweltbereich konsistent benannt (PNECs). Herr Oltmanns ging zudem kurz auf die Umwelt-Expositionsschätzung in den verschiedenen Regelungsbereichen ein und riss Möglichkeiten einer aggregierten Expositionsschätzung an. Abschließend stellte er beispielhaft Bereiche vor, in denen ein Harmonisierungsbedarf besteht.

Der umfangreiche Bericht sowie alle tabellarischen Auswertungen (s. „Supporting Information“) sind frei zugänglich:

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/sp.efsa.2023.EN-8540>

Anschließend stellte Fr. Dipl.-Ing. Haru Kroneis von der AGES Medizinmarktaufsicht in Wien Erkenntnisse aus dem kürzlich von der EMA veröffentlichten Reflexionspapier zur Umwelt- risikobewertung von ektoparasitiziden Tierarzneimitteln für Hunde und Katzen vor.

Einleitend wurden im Vortrag regulatorische Grundlagen im Zusammenhang mit der Umweltverträglichkeitsprüfung im Veterinärsektor erörtert, der bei Arzneimitteln für nicht-lebensmittelliefernde Tiere grundsätzlich von einem vernachlässigbaren Risiko für die Umwelt ausgeht, und somit keine detaillierte Umweltrisikobewertung erfordert. Dieser Ansatz wurde in Frage gestellt.

Nach Erläuterungen zu Ekto- und Endoparasiten und deren Bedeutung als Überträger von Krankheitserregern für die Gesundheit von Mensch und Tier, wird auf den derzeit vernachlässigten Fokus auf die Umweltverträglichkeit im Sinne eines „One Health“-Ansatzes bei der Behandlung und Vorbeugung von Parasitenbefall bei Hunden und Katzen hingewiesen.

Die Auswertungen des Reflexionspapiers ergaben, dass derzeit 40 verschiedene Wirkstoffe unterschiedlichster Substanzklassen in ektoparasitiziden Tierarzneimitteln für Hunde und Katzen in der EU zugelassen sind, darunter Organophosphate, Carbamate, Pyrethroide, Neonicotinoide, Phenylpyrazole, Macrocyclische Laktone und Isoxazoline. Es wird darauf hingewiesen, dass einige Wirkstoffe aus der Gruppe der Phenylpyrazole und der langwirkenden Isoxazoline, welche besonders breite Anwendung finden, als PFAS einzustufen sind.

Es wird davon ausgegangen, dass Oberflächengewässer für diese Produkte das primär relevante Kompartiment sind, da die meisten Expositionspfade dort enden. Der Verbleib der Wirkstoffe in Sediment, Klärschlamm oder im terrestrischen Kompartiment ist kaum untersucht. Verfügbare Monitoring-Studien in Oberflächengewässern und Abwässern beschränken sich weitgehend auf die beiden Wirkstoffe Imidacloprid und Fipronil und lassen eine Quellenzuordnung (Arzneimittel/Biozid/Pestizid) nicht zu. Die Wirkstoffgruppe der Isoxazoline findet derzeit ausschließlich in Tierarzneimitteln Anwendung, und weist die größten Datenlücken in Bezug auf Umweltverhalten und -auswirkungen auf.

Weitere Aktivitäten zum Thema sind im aktuellen Arbeitsplan des Veterinärkomitees der EMA enthalten.

Beide Vorträge waren für den Arbeitskreis sehr spannend und wurden lebhaft diskutiert. Die nächste Sitzung des Arbeitskreises findet als gemeinsame Sitzung der vier Arbeitskreise Atmosphärenchemie, Boden, Chemikalienbewertung und Umweltmonitoring am 17. bis 19. Juni 2024 in Schmallenberg statt.

(Programm und Anmeldung: <https://eveeno.com/116617108>). Eine weitere online-Sitzung ist für den November geplant.

Marion Letzel und Kevin Klipsch

Bericht über die Vorstands-Videokonferenz am 19.04.2024

Am 19. April 2024 traf sich der Vorstand der Fachgruppe per Videokonferenz. Es wurde insbesondere über die Weiterentwicklung der FG-Publikationen, die Homepage und die LinkedIn-Gruppe diskutiert. Dabei wurde entschieden, die geschlossene LinkedIn-Gruppe zeitnah in einen öffentlichen Auftritt zu überführen. Wir erwarten dadurch intern und extern eine größere Reichweite und Präsenz. Zudem können Ankündigungen auch Nicht-Mitglieder der Gruppe erreichen und leichter geteilt werden. Eine detaillierte Diskussion zur weiteren Gestaltung des Webseiten-Auftritts und der Einbindung der FG-Mitteilungen wird auf der diesjährigen Jahrestagung im September stattfinden. Darüber hinaus wurden eine mögliche Beteiligung an zukünftigen Diskussionen des PFAS-Thinktanks, die FG-Finzen und die Organisation der anstehenden FG-Veranstaltungen diskutiert (jUCÖT Perspektiventage, Gemeinsamer Workshop aller AKs, JUF / Umwelt 2024).

Tagungen



Zum Abschluss des Projektes „OPTIMON - Optimierung des immissionsökologischen Umweltmonitorings“ des Bayer. Landesamtes für Umwelt wird vom 24. Juni 2024 ab 14:00 Uhr bis 25. Juni 2024 um 14:00 Uhr ein Workshop zum Thema Umweltmonitoring stattfinden.

Mit dem Projekt OPTIMON soll das Dauerbeobachtungsprogramm zum Eintrag von Schadstoffen über die Luft in die Umwelt überarbeitet und neu strukturiert werden. Dabei wurden sowohl das Messnetz als auch das Parameterspektrum sowie die Untersuchungsmethoden auf den Prüfstand gestellt. Geprüft wurde dabei auch die Aufnahme neuer Stoffgruppen wie PFAS und die Abstimmung des Hintergrundmonitorings im Flachland mit der Überwachung persistenter organischer Stoffe (POP) im alpinen Raum.

Beim Workshop sollen basierend auf einer Kurzvorstellung wesentlicher Projektergebnisse und weiterer Monitoringprogramme anderer Institutionen die Zukunftsmöglichkeiten eines stoffbezogenen Umweltmonitorings diskutiert werden. Darüber hinaus soll weiteren Fragen nachgegangen werden, so z.B. wie eine dauerhafte Überwachung abgesichert werden kann oder wie die Daten für Regulierungen genutzt werden können.

Es soll die Möglichkeit gegeben werden sich über das Monitoring von Schadstoffen in der Umwelt auszutauschen, sich zu vernetzen und Synergien zu erkennen und zu nutzen. Ein Schwerpunkt wird auf dem Bereich Eintrag von Chemikalien über die Luft liegen, aber auch medienübergreifende Ansätze, die das Umweltverhalten von Substanzen in verschiedenen Umweltmedien untersuchen, sollen vorgestellt werden. Folgende Themenblöcke sind vorgesehen:

- Schadstoffmonitoring persistenter Chemikalien in der Luft
- Daten nutzen – erkennen, bewerten und kontrollieren
- Umweltverhalten von Substanzen nachvollziehen – Monitoring verschiedener Umweltmedien

Der Workshop richtet sich insbesondere an Vertreter von Bundes- und Landesbehörden im Bereich Umweltmonitoring und findet an der Dienststelle Wielenbach des Bayerischen Landesamtes für Umwelt statt.

Weitere Informationen:

https://www.lfu.bayern.de/veranstaltungen/termin_detail.htm?id=563



Jahrestagung "Umwelt 2024", 08.-11.09.2024, Gießen & Homberg (Ohm)

Die gemeinsame Jahrestagung der SETAC GLB und der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie 2024 in Gießen und Homberg (Ohm) steht im Zeichen der Zusammenführung von grundlagenorientierter und angewandter Forschung im Hinblick auf die Risikobewertung von Schadstoffen und soll an den Erfolg des Feldtages der Tagung 2014 anknüpfen. Es werden Einblicke in aktuelle umweltchemische, ökotoxikologische und regulatorische Themen gewährt: vom theoretischen Modell, über den Laborversuch, bis hin zu komplexen Ökosystemstudien und computergestützte Modellierung. Im gegenseitigen Austausch werden Erkenntnisse nicht nur im Hörsaal, sondern auch direkt am Objekt im Freiland diskutiert. So werden die besonderen Herausforderungen z. B. von Higher Tier Studien oder der on-site Analytik unmittelbar vermittelt.

Traditionell für diese seit 1996 stattfindenden gemeinsamen Tagungen ist die Auseinandersetzung innerhalb des Spannungsfeldes von Industrie, Behörden und Forschung. Hier wollen wir insbesondere junge NachwuchswissenschaftlerInnen motivieren, sich aktiv an diesem Geschehen zu beteiligen.

Mit Ihrer Teilnahme können Sie an der Lösung aktueller Fragen mitarbeiten sowie Ihre Forschungsansätze und -ergebnisse einem breiten Fachpublikum, zusammengesetzt aus etwa 300 Teilnehmern und Teilnehmerinnen, vorstellen.

Wir freuen uns über Ihre aktive Teilnahme und laden Sie herzlich ein, am Erkenntnisfortschritt in der Umweltchemie, der Umweltanalytik und der Ökotoxikologie mitzuwirken!

Weitere Informationen: <https://www.setac-glb.de/tagung-2024/generelle-informationen>



6. REACH-Kongress, 10.-11.09.2024, Dessau

Ziel des 6. REACH-Kongresses am 10./ 11. 09.2024 in Dessau ist der Austausch zwischen Behörden, Bundesländern, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft über aktuelle regulatorische Entwicklungen im Rahmen der europäischen Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit und die Umsetzung der europäischen Verordnung über die Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien (REACH). Zunächst wird der Stand der Umsetzung der europäischen Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit diskutiert. Die Herausforderungen und Chancen im Zusammenspiel von REACH mit anderen Regelungen werden seitens der Bundesoberbehörden und der Bundesländer beleuchtet.

Ein weiterer Schwerpunkt des diesjährigen Kongresses bildet ein Austausch über Stoffe mit Persistenz in der Umwelt: Welchen Handlungsbedarf gibt es und welche Regulierungsansätze werden verfolgt? Zudem werden Pfade zur Transformation des Chemiesektors als Beitrag zur schadstofffreien Umwelt diskutiert.

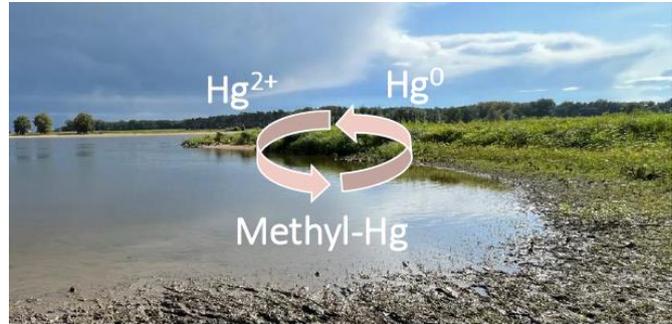
Es werden rund 150 Teilnehmende vor Ort erwartet. Eine zusätzliche Übertragung der Konferenz im Livestream ist geplant. Der REACH-Kongress findet überwiegend in deutscher Sprache statt.

Der REACH-Kongress wird alle zwei Jahre durch BMUV in Zusammenarbeit mit einer der für REACH zuständigen Bundesoberbehörden ausgerichtet. Im Jahr 2024 obliegt die Durchführung dem Umweltbundesamt.

Weitere Informationen:

<https://www.umweltbundesamt.de/service/termine/6-reach-kongress>

QUISS-Symposium: Biogeochemical controls on mercury dynamics in contaminated river systems, 3th and 5th December, Koblenz



Mercury (Hg) contamination is a serious problem in many river systems worldwide. Direct releases of Hg into surface waters have been strongly reduced in many countries, but the targeted environmental quality standards for Hg in biota are not reached, likely driven by remobilisation of Hg from contaminated legacy sediments. Biogeochemical transformations of Hg species, such as microbial Hg methylation, demethylation, and reduction, largely control the mobility and bioavailability of Hg in contaminated river systems and trigger its uptake into aquatic food webs.

The symposium consists of two parts, an international part held online in English (03.12.2024) and a German part held at the the Federal Institute of Hydrology (BfG) in Koblenz (05.12.2024). You are able to participate in both parts independently. More information about the event and the submission of contributions will be announced at a later time (abstract deadline 30.09.2024).

At the international part of the symposium, the state of research on processes and mechanisms controlling Hg dynamics in contaminated river systems will be discussed, ranging from analytical method development and application of molecular biology approaches to results of field and laboratory studies. The program consists of invited keynote talks (e.g., Prof. Holger Hintelmann, Trent University, Canada, Prof. Sofi Jonsson, Stockholm University, Sweden) and contributed oral presentations, including new results of the BfG project QUISS (Quecksilber in Sedimenten und Schwebstoffen).

Interested people who would like to receive further information about the event by email can register using the following link:

https://survey.lamapoll.de/QUISS_Symposium_2024_EN

BfG/IKSR-Workshop „(Mikro-)Plastik im Rhein“, 11.-12.12.2024, Bonn

Die BfG und die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) organisieren einen 2-tägigen Workshop zum Thema (Mikro-)Plastik im Rheineinzugsgebiet. Der Veranstaltungsort ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) in Bonn.

Am ersten Tag, der von der BfG durchgeführt wird, stehen wissenschaftliche Fragen im Vordergrund mit Vorträgen und Diskussionen zu Probenahme, Analytik und Vorkommen von Mikroplastik im Rhein. Der zweite Tag wird von der IKSR organisiert und beschäftigt sich primär mit der Identifikation relevanter Emissionsbereiche und der Sammlung von Vorschlägen zur Reduzierung von Plastikeinträgen auf Basis der Diskussion in Kleingruppen. Die Ergebnisse des Workshops werden später in den IKSR-Gremien weiter diskutiert bzw. aufgearbeitet.

Der erste Tag wird in englischer Sprache abgehalten, während der zweite Tag dreisprachig mit Dolmetschung in Deutsch, Französisch und Niederländisch durchgeführt wird. Wir erwarten Teilnehmende aus allen Anrainerstaaten des Rheineinzugsgebiets. Interessierte aus der Fachöffentlichkeit sind herzlich eingeladen.

Weitere Informationen:

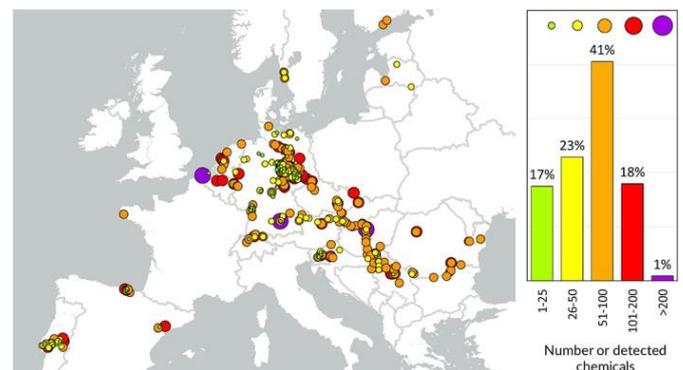
https://www.bafg.de/DE/5_Informiert/3_Veranstaltungen/Veranstaltungsseiten/2024/2024_12_11-12/2024_12_11-12.html

Kurznachrichten

Kartierung der chemischen Fußabdrücke in europäischen Flüssen

UFZ-Analyse zeigt einen Chemikalienmix, der vor allem wirbellose Organismen gefährdet

Um mehr über die Belastung europäischer Flüsse herauszufinden, hat ein Forschungsteam des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) rund 450 Proben aus 22 europäischen Fließgewässern ausgewertet und dabei mehr als 500 Chemikalien gefunden, zum Teil in hohen Konzentrationen. Diese stellen insbesondere für wirbellose Tiere ein hohes Risiko dar, schreiben sie im Fachblatt *Environment International*.



Die Karte zeigt die chemische Belastung europäischer Fließgewässer. Die Größe der Kreise entspricht der Anzahl der nachgewiesenen Substanzen pro Probenahmestelle. Die Farben quantifizieren die Anzahl der an einem Probenahmestandort gleichzeitig nachgewiesenen Chemikalien. Bspw. wurden in 41 Prozent der Standorte 51 bis 100 Substanzen detektiert.

Pflanzenschutzmittel, Industriechemikalien, Arzneimittel - die meisten von ihnen sowie deren Abbauprodukte finden sich nach dem Gebrauch irgendwann in Bächen und Flüssen wieder. Ein Team von Umweltchemiker:innen des UFZ hat deshalb 610 Chemikalien, deren Vorkommen oder problematische Wirkung bekannt sind, genauer betrachtet und analysiert, ob und wenn ja in welchen Konzentrationen sie in den Fließgewässern Europas vorkommen - angefangen von großen Flüssen wie Elbe, Donau, Rhein über Ebro und Tajo auf der iberischen Halbinsel bis hin zu kleineren Fließgewässern in landwirtschaftlich geprägten Regionen Deutschlands. Das Ergebnis nach der Auswertung von 445 Proben aus insgesamt 22 Flüssen: Die Forschenden konnten insgesamt 504 der 610 Chemikalien nachweisen. Insgesamt fanden sie 229 Pestizide und Biozide, 175 pharmazeutische Chemikalien sowie Tenside, Kunststoff- und Gummizusätze, Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS) und Korrosionsinhibitoren. In 40 Prozent der Proben wiesen sie bis zu 50 chemische Substanzen nach, in weiteren 41 Prozent zwischen 51 und 100 Chemikalien. In 4

Proben konnten sie sogar mehr als 200 organische Mikro-schadstoffe belegen. Mit 241 Chemikalien stellten sie die meisten Substanzen in einer Wasserprobe der Donau fest.

Am häufigsten fanden die Umweltchemiker:innen in den Proben N-Acetyl-4-aminoantpyrin. Der Stoff ist ein Abbauprodukt des Arzneimittelwirkstoffs Metamizol, der gute Dienste bei der Schmerzbehandlung in der Humanmedizin leistet, über dessen Auswirkungen auf Süßwasserökosysteme aber bislang kaum etwas bekannt ist. Einer der häufigsten Stoffe [mit bekannten Wirkungen] ist Carbamazepin, ein Arzneistoff zur Behandlung von Epilepsie. In Gewässern ist er jedoch biologisch schwer abbaubar, beeinträchtigt die Fortpflanzungsfähigkeit wirbelloser Tiere und verzögert die Entwicklung von Fischen. Der Stoff steht deshalb bereits auf der Beobachtungsliste des Umweltbundesamts (UBA) und ist einer von 23 weiteren vorgeschlagenen prioritären Stoffen, um die die EU-Wasserrahmenrichtlinie erweitert werden soll. Auch die Wirkung einiger anderer Substanzen, die ebenfalls oft in den Proben festgestellt wurden, ist bekannt. Häufig fanden die UFZ-Forschenden zum Beispiel die Insektizide Diazinon und Fipronil, die beide sehr schädlich für wirbellose Wasserorganismen sind. Insgesamt wurden bei mehr als 70 Chemikalien in den Gewässern die chronischen Risikoschwellen für Wirbellose überschritten - das bedeutet, dass es bei anhaltender oder wiederholter Exposition etwa zu Entwicklungsstörungen kommen kann.

Viele der einzelnen organischen Mikroschadstoffe sind schon für sich gesehen ein Problem für Gewässer, allerdings kommt noch ein weiteres dazu. "Schwierigkeiten bereitet die Bandbreite der Chemikalien, die in die Gewässer eingetragen werden. Denn wir wissen noch viel zu wenig darüber, welche additiven Wirkungen diese Stoffe haben, wenn sie sich miteinander vermischen", erklärt Dr. Eric Carmona, Co-Erstautor und ebenfalls Umweltchemiker am UFZ. Um die Wirkung dieser Mischungseffekte auf die in den Fließgewässern lebenden Organismen einschätzen zu können, nutzten die Forscher:innen das Konzept des chemischen Fußabdrucks. Es ist ein quantitatives Maß für die Gefahr einer Beeinträchtigung der Wasserqualität - also konkret, welche Überlebenschance Wasserorganismen wie etwa Fische, Krustentierchen und Algen an einem untersuchten Standort haben. Berechnet wird der chemische Fußabdruck, indem die Konzentration einer Chemikalie an einem Standort ins Verhältnis zum erwarteten Effekt gesetzt wird. Anschließend werden die Werte für die nachgewiesenen Chemikalien addiert. Für jede dieser Organismengruppen gibt es einen wissenschaftlichen Grenzwert, bei dessen Überschreitung mit dem Verschwinden empfindlicher Arten aus dem Ökosystem gerechnet werden muss. In 74 Prozent der untersuchten Proben werden die wissenschaftlichen Grenzwerte überschritten. Besonders hoch ist das Risiko für Krebstierchen: An 15 Prozent der untersuchten Standorte ist das Risiko für sie akut. Das heißt, dass für die Tiere die Überlebenschance an diesen Standorten im Gewässer gering ist.

Die UFZ-Forscher:innen folgern aus ihren Ergebnissen, dass in den europäischen Gewässern trotz vieler Verbesserungsmaßnahmen in der Vergangenheit immer noch zu viele Chemikalien vorkommen und an viele Standorten Grenzwerte überschritten werden. "Unsere Daten zeigen zudem, dass nicht nur einzelne Substanzen, sondern vor allem die Vielzahl der Substanzen zu diesem Problem beitragen", bilanziert Saskia Finckh. Notwendig sei deshalb zum einen, in der chemischen Gewässerüberwachung für die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie noch deutlich mehr Chemikalien aufzunehmen, weil diese bislang nicht in der Umwelt bewertet werden. Zum anderen brauche es mehr Messdaten. "Oft ist völlig unklar, welche Effekte Chemikalien in welcher Konzentration auf Organismen in den Gewässern haben", sagt Eric Carmona. In diesen Fällen wird bislang auf modellbasierte Werte zurückgegriffen, die eine größere Unsicherheit als die gemessenen Effekt-Werte mit sich führen. "Und vor allem", ergänzt Saskia Finckh, "sollten wir bei der Bewertung von Chemikalien ihre Mischungen stärker in den Fokus nehmen."

Die Proben wurden zwischen 2016 und 2019 während verschiedener Probenahmekampagnen wie zum Beispiel dem Deutschen Kleingewässermonitoring (KGM), dem Joint Danube Survey 4 (JDS4), einer Probenahmekampagne der Internationalen Kommission zum Schutz der Donau in Kooperation mit dem EU-Projekt SOLUTIONS, sowie einer Elbe-Beprobung gesammelt.

Originalpublikation:

Saskia Finckh et al.: Mapping chemical footprints of organic micropollutants in European streams;

Environment International, January 2024.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108371>

UFZ-Pressemitteilung vom 07. März 2024 (gekürzt)

Citizen Science-Projekt FLOW zeigt: Kleine Bäche in Deutschland sind in einem schlechten ökologischen Zustand

Ergebnisse im Fachjournal Science of the Total Environment veröffentlicht

Im Citizen Science-Projekt FLOW haben 900 Bürgerforschende über drei Jahre lang in ganz Deutschland kleine Fließgewässer auf ihren ökologischen Zustand untersucht. Das Projekt wurde vom Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) gemeinsam mit dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und dem Deutschen Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig durchgeführt. Die Daten zeigen: In der Mehrheit der untersuchten Bäche, die durch eine landwirtschaftlich geprägte Landschaft fließen, ist die Wirbellosenfauna durch Pflanzenschutzmittel gestört, zudem weisen die Fließgewässer eine

stark veränderte morphologische Struktur auf. Das Projekt bestätigt darüber hinaus, dass Bürgerforschung auch im Bereich der Gewässerökologie dringend benötigte Daten in hoher Qualität liefern kann.

Trotz zahlreicher Maßnahmen, die seit dem Jahr 2000 ergriffen wurden, um die Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu erfüllen, sind laut Umweltbundesamt nach wie vor etwa 90 Prozent der amtlich untersuchten deutschen Fließgewässer in keinem "guten ökologischen Zustand". Dabei finden die vielen kleinen Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet von unter zehn Quadratkilometern bei der systematischen Überwachung der Behörden bislang kaum Beachtung. Und das, obwohl sie etwa 70 Prozent des deutschen Gewässernetzes ausmachen und somit für den Erhalt der biologischen Vielfalt von großer Bedeutung sind.

Um einen Überblick über die Belastung von Kleinfließgewässern mit Pflanzenschutzmitteln zu bekommen, hatten Wissenschaftler:innen des UFZ im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) im Pilotprojekt "Kleingewässermonitoring" zwischen 2019 und 2022 über 100 kleine Bäche in landwirtschaftlichen Gebieten untersucht. Dabei wurde deutlich, dass in 80 Prozent dieser Bäche die staatlichen Pestizid-Grenzwerte, die nach Einschätzung von Wissenschaftler:innen noch viel zu hoch angesetzt sind, überschritten werden.

Um die Datenlage weiter zu verbessern, startete im Jahr 2021 das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt FLOW - ein Citizen Science-Projekt, in dem Bürgerforschende Daten für die Wissenschaft sammeln. Seit drei Jahren in Folge sind geschulte Freiwilligen-Gruppen unterwegs, um die Bäche in ihrer Region zu erforschen. "Wir konnten mit mehr als 900 Freiwilligen in etwa 90 regionalen Gruppen im Zeitraum 2021 bis 2023 insgesamt 137 Bäche untersuchen" berichtet Julia von Gönner, FLOW-Koordinatorin und Doktorandin an UFZ und iDiv. 83 Prozent der Probenahmestellen lagen in landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebieten.

Die Freiwilligen bewerteten die Gewässerstruktur, maßen die chemische Wasserqualität und untersuchten die wirbellosen Tiere des Gewässergrunds, das sogenannte Makrozoobenthos. Durch die Bestimmung der Makrozoobenthos-Gemeinschaft zogen sie mithilfe des am UFZ von Prof. Matthias Liess entwickelten Bioindikators "SPEARpesticides" Rückschlüsse auf die Pestizidbelastung des Gewässers. Die Ergebnisse dieser drei Monitoringjahre haben die Wissenschaftler:innen von UFZ und iDiv nun gemeinsam mit dem BUND im Fachjournal *Science of the Total Environment* veröffentlicht.

"Die Auswertung unserer Citizen Science-Daten bekräftigt die Ergebnisse des UFZ-Kleingewässermonitorings: Die Wirbellosenfauna ist in rund 60 Prozent der beprobten Bäche in landwirtschaftlichen Einzugsgebieten durch Belastungen mit

Pflanzenschutzmitteln gestört", sagt Julia von Gönner. Diese Probenahmestellen wurden mit den SPEARpesticides-Indikator-Klassen "mäßig", "unbefriedigend" oder "schlecht" bewertet. Hierbei zeigt sich, dass der Zustand der aquatischen Lebensgemeinschaften tendenziell schlechter ausfiel, je stärker das Einzugsgebiet der Probenahmestellen durch Ackerbau geprägt war.

Zusätzlich zur Belastung mit Pflanzenschutzmitteln wurde deutlich, dass in über 60 Prozent der untersuchten Bäche auch die Gewässerstruktur deutlich bis stark verändert ist - etwa durch verbaute Uferstrukturen, fehlende Ufervegetation oder eine verarmte Gewässersohle. Auch das beeinträchtigt die Lebensraumqualität und die Ökosystemfunktionen dieser Bäche stark.

Es besteht also dringender Handlungsbedarf, die chemische Belastung und die Verbauung der kleinen Fließgewässer zu reduzieren, will man deren ökologischen Zustand, wie in der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie gefordert, verbessern.

Die Ergebnisse des Citizen Science-Projekts FLOW verdeutlichen aber auch den Wert von Bürgerforschung: "Durch unsere Citizen Science schaffen wir gemeinsam dringend benötigtes Wissen zum Zustand unserer Fließgewässer", sagt Prof. Aletta Bonn, Leiterin des Departments Biodiversität und Mensch an UFZ und iDiv. "Unsere Auswertungen zeigen, dass die FLOW-Bürgerforschenden valide Daten zum Gewässerzustand erheben, die in hohem Maße mit professionell erhobenen Daten der Wissenschaftler:innen übereinstimmen".

Das Citizen Science-Projekt FLOW wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Förderbereichs Bürgerforschung gefördert. Eine begleitende Dissertation wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert. Projektwebseite: <https://www.flow-projekt.de/>

Publikation: von Gönner et al (2024) Citizen science shows that small agricultural streams in Germany are in a poor ecological status. *Science of The Total Environment*, 171183. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724013226>

UFZ-Pressemitteilung vom 14. März 2024 (gekürzt)

Oekotoxzentrum Schweiz weist UV-Filter im Geschirnersee nach



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

Einige UV-Filter können schädliche Auswirkungen auf Organismen im Ökosystem haben: zum Beispiel Beeinträchtigungen des Wachstums und der Photosynthese von Algen, Schädigungen der Nachkommen von Muscheln, Ausbleichen und Absterben von Korallen sowie Verweiblichung und Fortpflanzungsprobleme bei Fischen. Die Auswirkungen auf Korallen in Meeren sind am besten erforscht, diese können durch UV-Filter schon bei geringen Konzentrationen geschädigt werden. «Wir wissen noch wenig über die chronische Toxizität der Stoffe, dies gilt besonders für Süswasserorganismen», sagt Projektleiterin Alexandra Kroll. «Es gibt jedoch Hinweise, dass einige UV-Filter hormonaktiv sind.»

Sieben Stoffe in Badesee nachgewiesen

Vor und während eines Pfadibundeslagers wurden an verschiedenen Stellen Wasserproben genommen und chemisch auf die sieben häufigsten organischen UV-Filter analysiert: Alle Stoffe konnten im Geschirnersee nachgewiesen werden, und zwar in Konzentrationen von bis zu 800 ng/L. Die Konzentrationen stiegen im Lauf des Lagers wegen dem regelmässigen Badebetrieb an, besonders auffallend war dies für die beiden Stoffe Benzophenon-3 und Octocrylen. «Die gemessenen Konzentrationen lagen in derselben Grössenordnung wie die vorläufigen Qualitätskriterien für diese Stoffe», sagt Projektleiterin Alexandra Kroll. «Wir können also schädliche Wirkungen auf Gewässerorganismen nicht ausschliessen.»

Umfassende Studie zur Situation in der Schweiz geplant

Im Sommer 2024 wird das Oekotoxzentrum mehrere Schweizer Seen mit Badebetrieb über die Saison hin überwachen. «So möchten wir mehr Daten zum Auftreten und der

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

Gekürzte Nachricht, vollständiges Dokument und weitere Informationen unter: <https://www.oekotoxzentrum.ch/news-publikationen/news/uv-filter-im-geschirnersee>

Nature Water article:

Perspectives of compound-specific isotope analysis of organic contaminants for assessing environmental fate and managing chemical pollution

Abstract. The management and mitigation of chemical pollution are key elements of sustainable development initiatives that aim to provide safe and clean water. While environmental scientists are developing the capabilities to assess the fate, (eco)toxicity and risks of a plethora of synthetic chemicals comprehensively, notorious pollution scenarios and decontamination challenges call for targeted and case-specific evaluation of chemical hazards. Here we review the utility and perspectives of compound-specific isotope analysis for obtaining an understanding of environmental processes that allows one to identify pollution sources, assess contaminant (bio)transformation and gain insights into reaction pathways. Using three prototypical scenarios of water contamination, namely point-source pollution of groundwater at contaminated sites, diffuse pollution of soils and surface waters through pesticide use and the abatement of pharmaceuticals and disinfection by-products in water treatment systems, we illustrate both success stories of compound-specific isotope analysis and current developments to address challenges for future applications.

Thomas B. Hofstetter et al., Nature Water (2024) 2, 14–30.
<https://doi.org/10.1038/s44221-023-00176-4>



Aktueller PAN-Report: TFA in Oberflächen- und Grund- wasser

Zusammenfassung (gekürzt). Der aktuelle Bericht des Europäischen Pestizid-Aktions-Netzwerks (PAN Europe) befasst sich mit dem terminalen Abbauprodukt von PFAS-Pestiziden, der hochpersistenten Chemikalie Trifluoracetat (TFA). Es wurden 23 Oberflächenwasser- und sechs Grundwasserproben aus zehn EU-Ländern auf Rückstände von TFA und anderen PFAS untersucht. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

A) PFAS waren in allen Wasserproben nachweisbar. Über 98 Prozent der nachgewiesenen PFAS-Belastung kommt von TFA, dem persistenten terminalen Abbauprodukt von PFAS-Pestiziden und anderen PFAS.

B) 79 Prozent der Proben wiesen TFA-Werte auf, die den in der EU-Trinkwasserrichtlinie¹ vorgeschlagenen Grenzwert von 500 ng/l (Nanogramm pro Liter) für "PFAS gesamt" übersteigen.

C) Keines der anderen 23 PFAS, die in dieser Studie analysiert wurden, überschreiten ihre jeweiligen, in der EU-Trinkwasserrichtlinie vorgeschlagenen Grenzwerte².

D) Die gefundenen TFA-Belastungen bewegten sich zwischen 370 ng/l und 3.300 ng/l mit einem Mittelwert von 1.180 ng/l. Der durchschnittliche Gehalt der Summe aller anderen 23 PFAS zusammen betrug 17,5 ng/l.

E) Die im Oberflächen- und Grundwasser gefundenen TFA-Werte stellen die größte bekannte flächendeckende Wasserkontamination durch eine menschengemachte Chemikalie dar.

F) PFAS-Pestizide scheinen die Hauptursache für die Wasserverschmutzung mit TFA in ländlichen Gebieten zu sein, gefolgt von Kühlmitteln, Abwasserbehandlung und industrieller Verschmutzung.

G) Die bedauerliche Einstufung von TFA als „nicht relevanter“ Metabolit im Rahmen der EU-Pestizidverordnung behindert einen wirksamen Grundwasserschutz in der EU.

H) Das in der EU-Wasserrahmenrichtlinie verankerte Verschlechterungsverbot hätte eine jahrzehntelange Eskalation der TFA-Verschmutzung verhindern sollen, tat es aber nicht.

I) Die Behauptung, kurzkettige PFAS (wie TFA) seien harmlos, stammt von der PFAS herstellenden Industrie und wird durch aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse zunehmend in Frage gestellt.

J) Der wachsende Widerstand der größten Fraktion im Europäischen Parlament bedroht das vorgeschlagene Gruppenverbot für PFAS.

Das Ausmaß der gefundenen Kontamination ist alarmierend. Sie ist das Ergebnis eines politischen Versagens auf vielen Ebenen. Jetzt ist schnelles und entschlossenes Handeln gefragt. Es braucht:

(i) ein schnelles Verbot von PFAS-Pestiziden, indem die Persistenz eines synthetischen Wirkstoffs oder seiner Metaboliten als inakzeptable Auswirkung auf die Umwelt betrachtet wird,

(ii) die Einführung der neuen Gefahrenklassen Persistent, Mobil und Toxisch (PMT) und sehr Persistent und sehr Mobil (vPvM) in die EU-Pestizidverordnung,
(iii) die Umsetzung der allgemeinen PFAS-Beschränkung im Rahmen der REACH-Chemikalienverordnung,
(iv) die Einstufung von TFA als „prioritärer Stoff“ im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie sowie
(v) Überwachungspflichten und Grenzwerte für TFA.

¹ Der Grenzwert für «PFAS gesamt» in der EU-Trinkwasserrichtlinie beträgt 500 ng/l. Allerdings haben sich nicht alle EU-Länder verpflichtet, diese Obergrenze für PFAS in ihren nationalen Vorschriften einzuhalten.

² Der Grenzwert «Summe der PFAS» in der EU-Trinkwasserrichtlinie beträgt 100 ng/l. Er bezieht sich auf 20 ausgewählte PFAS. TFA ist nicht enthalten.

Download des Reports vom 27.05.2024: <https://pan-germany.org/download/neuer-report-tfa-in-wasser-schmutziges-pfas-erbe-unter-dem-radar/>

USA beschließen strenge PFAS-Höchstwerte für Trinkwasser

Nach 23 Jahren juristischem und politischem Tauziehen kommt damit die fast strengst mögliche Regulierung der giftigen Chemikalien. Die USA haben im April erstmals landesweit gültige PFAS-Grenzwerte für Trinkwasser festgelegt. Ein lang erwarteter Durchbruch, der von vielen Fachleuten und Umweltorganisationen als historisch angesehen wird.

Festlegung auf den geringsten machbaren Wert

Die neue US-Trinkwasser-Regulierung gilt für die fünf PFAS PFOA (Perfluoroctansäure), PFOS (Perfluoroctansulfonsäure), PFNA (Perfluornonansäure), PFHxS (Perfluorhexansulfonsäure) und HFPO-DA (bekannt als GenX). Für PFOA und PFOS sieht sie einen Höchstwert von 4 ppt (Parts per Trillion) im Trinkwasser vor. Das entspricht 0,004 Mikrogramm pro Liter. Mit dem Ziel, die Trinkwasserbelastung auf null zu senken. Dieser Grenzwert sei die niedrigste umsetzbare Konzentration, zitiert CNN die US-Umweltschutzbehörde EPA (Environmental Protection Agency). Die Grenzwerte folgen den jüngsten wissenschaftlichen Erkenntnissen, die davon ausgehen, dass zumindest bestimmte PFAS in jeder Konzentration schädlich sind.

Maximal fünf Jahre Zeit zur Umsetzung

Für die Chemikalien PFNA, PFHxS und GenX sieht die US-Regulierung einen Grenzwert von 10 ppt oder 0,01 Mikrogramm pro Liter vor. Die US-Versorger bekommen bis 2027 drei Jahre Zeit, um die begleitende Analytik durchzuführen und zwei weitere Jahre bis 2029, um Systeme zur Wasserreinigung zu installieren. Die US-Regierung stellt dafür eine Milliarde

Dollar bereit und legt ein Programm auf, um kleinen Gemeinden bei der Durchführung zu helfen.

Strengere Grenzwerte als die EU

Die USA führen damit strengere Grenzwerte ein als europäische Länder haben oder demnächst einführen werden. In der EU gilt ab 2026 ein Grenzwert von 0,5 Mikrogramm pro Liter für alle vorhandenen PFAS im Trinkwasser und ein Grenzwert von 0,1 Mikrogramm pro Liter für die Summe von 20 PFAS-Einzelsubstanzen.

Ab 2028 kommt noch ein Grenzwert von 0,02 Mikrogramm pro Liter Trinkwasser für die Summe der vier bedenklichsten PFAS dazu. Die EU erwägt jedoch ein umfassendes Verbot aller PFAS, außer in unbedingt nötigen Anwendungen.

	Gültig	Höchstwert	Gültig für
USA	spätestens 2029	0,004 µg/l	PFOA (Perfluorooctansäure) PFOS (Perfluorooctansulfonsäure)
USA	spätestens 2029	0,01 µg/l	PFNA (Perfluorononansäure) PFHxS (Perfluorhexansulfonsäure) HFPO-DA (GenX)
EU	ab 2026	0,5 µg/l	alle vorhandenen PFAS
EU	ab 2026	0,1 µg/l	Summe 20 ausgewählter PFAS (PFAS-20)
EU	ab 2028	0,02 µg/l	Summe 4 ausgewählter PFAS (PFAS-4)
Schweiz	seit 2017	0,3 µg/l	PFOS (Perfluorooctansulfonsäure) PFHxS (Perfluorhexansulfonsäure)
Schweiz	seit 2017	0,05 µg/l	PFOA (Perfluorooctansäure)
Schweiz	vorraussichtlich 2026	0,1 µg/l	Summe 20 ausgewählter PFAS (PFAS-20)

Weiterführende Informationen:

<https://edition.cnn.com/2024/04/10/health/pfas-drinking-water-standard/index.html>

Daniela Gschwend, 21.04.2024, infosperber, gekürzt.

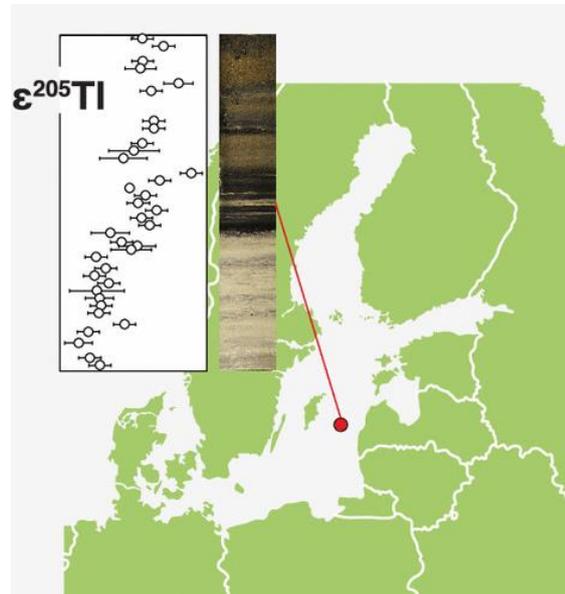
Vollständiger Artikel:

<https://www.infosperber.ch/umwelt/schadstoffe/usa-beschliessen-strenge-pfas-hoehchstwerte-fuer-trinkwasser/>

ES&T article: Anthropogenic Forcing of the Baltic Sea Thallium Cycle

Abstract. Anthropogenic activities have fundamentally changed the chemistry of the Baltic Sea. According to results reported in this study, not even the thallium (Tl) isotope cycle is immune to these activities. In the anoxic and sulfidic ("euxinic") East Gotland Basin today, Tl and its two stable isotopes are cycled between waters and sediments as predicted based on studies of other redox-stratified basins (e.g., the Black Sea and Cariaco Trench). The Baltic seawater Tl isotope composition ($\epsilon^{205}\text{Tl}$) is, however, higher than predicted based on the results of conservative mixing calculations. Data from a short sediment core from East Gotland Basin demonstrates that this high seawater $\epsilon^{205}\text{Tl}$ value originated sometime between about 1940 and 1947 CE, around the same time other prominent anthropogenic signatures begin to appear in the same core. This juxtaposition is unlikely to be coincidental and

suggests that human activities in the surrounding area have altered the seawater Tl isotope mass-balance of the Baltic Sea.



M Ostrander et al., Environ. Sci. Technol. 2024, 58, 19, 8510–8517. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c01487>

Landesamt für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen



Mikroschadstoffe in Gewässern: Viele Kläranlagen müssen zur Entfernung von Mikroschadstoffen im Abwasser ausgebaut werden

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) untersucht regelmäßig die Gewässer auf Schadstoffe, da diese sich schädlich auf die Gewässerökologie auswirken können und mehr als die Hälfte des Rohwassers für die Trinkwassergewinnung in Nordrhein-Westfalen direkt aus Oberflächengewässern oder aus Uferfiltrat gewonnen wird.

„Die Herausforderungen mit Mikroschadstoffen werden tendenziell weiter zunehmen,“ erklärte LANUV-Präsidentin Elke Reichert heute (22. Mai 2024) auf der Jahrespressekonferenz des LANUV in Duisburg. „Der demografische Wandel wird einen höheren Bedarf an Arzneimitteln mit sich bringen. Durch medizinische und technologische Entwicklungen werden weitere und neue Substanzen in die Umwelt gelangen. Wir haben auch den Klimawandel im Blick, denn Dürreperioden erhöhen die Anreicherung von Schadstoffen in unseren Gewässern. Unser Ziel muss daher sein, Stoffeinträge in Gewässer soweit möglich zu vermeiden,“ betonte Elke Reichert. Die Herausforderung der nächsten Jahre wird laut der LANUV-Präsidentin sein, die aktuellen konventionell arbeitenden Kläranlagen mit weiteren Verfahren aufzurüsten, um so viele Mikroschadstoffe wie möglich herauszufiltern. [...].

Bereits 22 Kläranlagen wurden in Nordrhein-Westfalen mit einer vierten Reinigungsstufe ausgebaut, zehn Anlagen befinden sich im Bau und weitere 17 Kläranlagen in der konkreten Planung. Gemäß Maßnahmenprogramm des dritten Bewirtschaftungsplans 2022 bis 2027 für Nordrhein-Westfalen sind 101 von insgesamt 592 Kläranlagen für den Ausbau vorgesehen. Der Ausbau von Kläranlagen ist insbesondere dort notwendig, wo durch die Belastung und den ökologischen Zustand des Gewässers nach derzeitigem Kenntnisstand Maßnahmen erforderlich sind. Außerdem ist eine Nachrüstung an Stellen erforderlich, wo der Eintrag aus der Kläranlage im Verhältnis zum Gewässerabfluss mengenmäßig groß ist, sowie in Trinkwassereinzugsgebieten und in Gebieten des Naturschutzes.

Neue EU-Richtlinie macht Nachrüstung zur Pflicht

Das Europäische Parlament hat Anfang April 2024 die neue EU-Kommunalabwasser Richtlinie (kurz KARL) verabschiedet. Die Richtlinie verpflichtet zum Ausbau von Kläranlagen ab einer Ausbaugröße von über 150.000 Einwohnerwerten. Weitere Kläranlagen größer 10.000 Einwohnerwerten sind nach Prüfung eines risikobasierten Ansatzes auszubauen. Gemäß der Richtlinie sollen zukünftig die Hersteller von Arzneimitteln und Kosmetikartikeln an den Kosten der Abwasserreinigung beteiligt werden. Die Richtlinie ist noch nicht in Kraft, mit einer Veröffentlichung ist Ende 2024 zu rechnen; danach sind die Anforderungen innerhalb von 30 Monaten nach Veröffentlichung in nationales Recht umzusetzen.

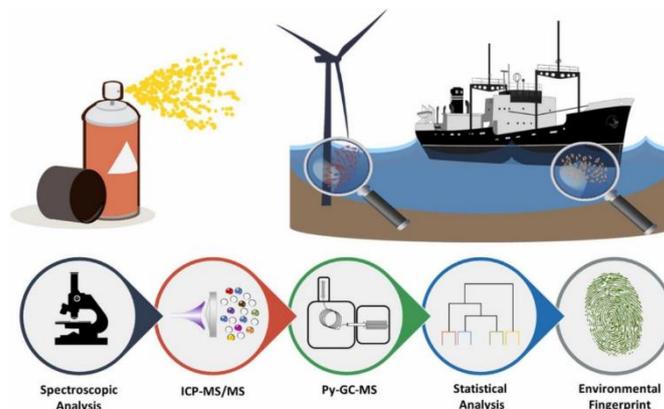
Das Land Nordrhein-Westfalen fördert den Ausbau kommunaler Kläranlagen zur Mikroschadstoffreduzierung über die Ende 2023 neu veröffentlichte Förderrichtlinie „Zukunftsfähige und nachhaltige Abwasserbeseitigung“. Der Fördersatz beträgt bis zu 50 Prozent der zuwendungsfähigen Ausgaben. Das Fachinformationssystem Mikroschadstoffe bietet Lösungsansätze zur Reduzierung von Mikroschadstoffeinträgen in Gewässer und gibt Auskunft über den aktuellen Stand des Ausbaus von Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen: <https://mikroschadstoffe.nrw.de/>

LANUV-Pressemitteilung (gekürzt), 22.05.2025

Vollständiger Text:

<https://www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/pressemitteilungen/details/4316-mikroschadstoffe-in-gewaessern>

An analytical strategy for challenging members of the microplastic family: Particles from anti-corrosion coatings



Abstract. Potentially hazardous particles from paints and functional coatings are an overlooked fraction of microplastic (MP) pollution since their accurate identification and quantification in environmental samples remains difficult. We have applied the most relevant techniques from the field of microplastic analysis for their suitability to chemically characterize anti-corrosion coatings containing a variety of polymer binders (LDIR, Raman and FTIR spectroscopy, Py-GC/MS) and inorganic additives (ICP-MS/MS). We present the basis of a possible toolbox to study the release and fate of coating particles in the (marine) environment. Our results indicate that, due to material properties, spectroscopic methods alone appear to be unsuitable for quantification of coating/paint particles and underestimate their environmental abundance. ICP-MS/MS and an optimized Py-GC/MS approach in combination with multivariate statistics enables a straightforward comparison of the multi-elemental and organic additive fingerprints of paint particles. The approach can improve the identification of unknown particles in environmental samples by an assignment to different typically used coating types. In future, this approach may facilitate allocation of emission sources of different environmental paint/coating particles. Indeed, future work will be required to tackle various remaining analytical challenges, such as optimized particle extraction/separation of environmental coating particles.

L. Hildebrandt et al., J. Hazard. Mat. Volume 470, 15 May 2024, 134173, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.134173>



DZNE-Studie: PFAS im Blut sind allgegenwärtig und mit erhöhtem Risiko für Herz- Kreislauf-Erkrankungen verbunden

Erkenntnisse aus der Bonner „Rheinland Studie“ und den Niederlanden

Forschende des DZNE (Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen) haben nachgewiesen, dass Spuren der allgegenwärtigen PFAS-Chemikalien im menschlichen Blut mit ungünstigen Fettprofilen und daher mit einem erhöhten Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen einhergehen. Der Befund beruht auf Daten von mehr als 2.500 Erwachsenen aus Bonn und der holländischen Gemeinde Leiderdorp. PFAS waren im Blut nahezu aller Studienteilnehmenden nachweisbar. Die Studienergebnisse sind im renommierten Wissenschafts-Journal „Exposure and Health“ veröffentlicht. [...].

Jüngere besonders betroffen

Die Befunde der Bonner Forschenden sind der jüngste Beitrag zur aktuellen Diskussion über die Wirkung von PFAS auf die Gesundheit des Menschen. „Wir sehen deutliche Anzeichen für eine gesundheitsbedenkliche Wirkung von PFAS. Und wir haben festgestellt, dass bei gleicher PFAS-Konzentration im Blut die negativen Effekte bei jüngeren Probanden stärker ausgeprägt sind als bei älteren“, sagt Prof. Dr. Dr. Monique Breteler, Direktorin für Populationsbezogene Gesundheitsforschung am DZNE. Die Ergebnisse der aktuellen Untersuchung legten außerdem nahe, dass schon relativ niedrige PFAS-Konzentrationen im Blut mit ungünstigen Blutfettprofilen verbunden sind.

„Unsere Daten zeigen einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen PFAS im Blut und schädlichen Blutfetten, die mit einem kardiovaskulären Risiko assoziiert sind. Je höher der PFAS-Spiegel, desto höher ist die Konzentration dieser Fettstoffe. Strenggenommen ist das noch kein Beweis dafür, dass die PFAS-Chemikalien Verursacher der ungünstigen Blutfettprofile sind. Doch die enge Korrelation stützt diesen Verdacht. Sie ist ein starkes Argument für eine strengere Regulierung von PFAS, um die Gesundheit zu schützen“, so die Bonner Forscherin. Auffällig sei, dass bei nahezu allen Probanden PFAS im Blut nachgewiesen werden konnte. Man könne diesen Chemikalien also nicht entgehen. „Auch wenn wir für die von uns untersuchten Probanden keine unmittelbare Gesundheitsgefährdung sehen, so ist die Situation dennoch bedenklich. Denn auf lange Sicht kann sich das erhöhte Risiko sehr wohl auf Herz und Kreislauf negativ auswirken“, so Breteler.

Blutproben aus Bonn und Leiderdorp

Grundlage für die aktuelle Untersuchung waren die „Rheinland Studie“ des DZNE – eine bevölkerungsbasierte Gesundheitsstudie im Bonner Stadtgebiet – und die sogenannte NEO-Studie aus den Niederlanden („Netherlands Epidemiology of Obesity study“). Forschende des DZNE arbeiteten dafür mit

Fachleuten des niederländischen Leiden University Medical Center zusammen. Die Blutproben von insgesamt mehr als 2.500 Frauen und Männern im Alter zwischen 30 und 89 Jahren flossen in die Analysen ein. [...].

Bislang detaillierteste Studie

Die Forschenden fokussierten sich in ihrer Analyse auf drei der am weitesten verbreiteten PFAS-Arten – PFOA, PFOS und PFHxS – und ermittelten zusätzlich die Konzentration von 224 Blutfetten, Metaboliten und Aminosäuren. „Mit diesem ‚untargeted approach‘ – also einem bewusst breit angelegten Ansatz ohne vorgefasster Zielrichtung – konnten wir den Zusammenhang zwischen der PFAS-Konzentration und einem nachteiligen Profil an Fettstoffen, sogenannten Lipiden, nachweisen. Dazu gehören das allgemein bekannte Cholesterin und diverse andere Blutfette, die als Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen bekannt sind“, sagt Elvire Landstra. Wesentliche Unterschiede zwischen den Proben aus Bonn und Leiderdorp gab es nicht. „Unsere Untersuchung ist die bislang detaillierteste zu diesem Thema und diejenige mit der größten Datenbasis. Bisherige Studien hatten eine Korrelation zwischen PFAS und gesundheitsbedenklichen Blutfetten bereits nahegelegt, aber so deutlich wie in unserer Studie hatte sich dieser Zusammenhang bislang nicht gezeigt.“

DZNE-Pressemitteilung (gekürzt) vom 11. März 2024.

Vollständiger Text:

<https://www.dzne.de/aktuelles/pressemitteilungen/presse/ewigkeitschemikalien-pfas-im-blut-sind-allgegenwaertig-und-mit-erhoehtem-risiko-fuer-herz-kreislauf-erkrankungen-verbunden/#:~:text=Bonn%2C%2011.,Herz%2DKreislauf%2D Erkrankungen%20einhergehen> .

Originalpublikation: T. O. Faquih et al., Per- and Polyfluoroalkyl Substances Concentrations are Associated with an Unfavorable Cardio-Metabolic Risk Profile: Findings from Two Population-Based Cohort Studies. Expo Health (2024). <https://doi.org/10.1007/s12403-023-00622-4>



Insektizide erhöhen Risiko für Darmentzündungen

Die Exposition gegenüber bestimmten Pestiziden war in einer US-amerikanischen Studie mit einem erhöhten Risiko für chronisch-entzündliche Darmerkrankungen (CED) assoziiert. Bisher sind nur wenige modifizierbare Umweltrisikofaktoren für CED bekannt. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie könnten deshalb für die öffentliche Gesundheit von besonderer Bedeutung sein.

In der Literatur konnte bereits ein Zusammenhang zwischen dem Kontakt mit Pestiziden und verschiedenen Erkrankungen wie Autoimmunerkrankungen und Darmkrebs gezeigt werden. Diese Zusammenhänge werden möglicherweise über eine Veränderung der Darmmikrobiota (Darmdysbiose) vermittelt. Während Pestizide in Tiermodellen mit einer Darmdysbiose und Entzündungen in Verbindung gebracht wurden, haben nur wenige epidemiologische Studien Pestizide im Zusammenhang mit entzündlichen Darmerkrankungen (CED) untersucht.

US-amerikanische Forscher haben nun den Einsatz von Pestiziden und das Vorkommen von CED bei Anwendern von Pestiziden und deren Ehepartnern untersucht. Die Probanden waren Teilnehmer der Agricultural Health Studie, einer prospektiven Kohortenstudie, die in den US-amerikanischen Bundesstaaten Iowa und North Carolina durchgeführt wurde.

Pestizideinsatz: Risiko für entzündliche Darmerkrankungen?
Von den Studienteilnehmern selbst gemeldete Fälle von CED wurden anhand von aufeinander folgenden Fragebögen zwischen den Studieneinschreibungen (1993 – 1997) und dem Jahr 2022 identifiziert. Es wurde die CED-Inzidenz im Verhältnis zum selbst gemeldeten jemals verwendeten Einsatz von 50 Pestiziden bei Anwendern und deren Ehepartnern untersucht. Zudem wurden Zusammenhänge mit den intensitätsgewichteten Lebenszeittagen (Intensity Weighted Lifetime Days, IWLD) des Pestizidgebrauchs bei männlichen Anwendern ausgewertet. Hazard Ratios (HR) und 95 % Konfidenzintervalle (KI) wurden mithilfe der Cox-Regression berechnet.

Analyse von Daten der Agricultural Health Study aus den USA
Die Analyse umfasste 68 480 Anwender von Pestiziden und deren Ehepartnern. Es wurden 454 CED-Fälle dokumentiert, darunter 227 bei männlichen Anwendern von Pestiziden. In gemeinsamen Analysen von Anwendern und Ehepartnern konnten positive Zusammenhänge (HR > 1,2) für folgende Substanzen dokumentiert werden:

- 5 Organochlor-Insektizide (Insektenschutzmittel)
- 5 Organophosphat-Insektizide (Insektenschutzmittel)
- 1 Fungizid (Anti-Pilz-Mittel)
- 5 Herbizide (Pflanzenschutzmittel)

Assoziation von CED mit Anwendung von Insektenschutzmitteln

Das Risiko war am höchsten mit den Insektiziden Dieldrin, Toxaphen, Parathion und Terbufos, mit zwischen 42 % und 61 % höherem Risiko für eine CED-Erkrankung je nach Substanz.

Risiko (Hazard ratio) für CED bei Insektiziden:

Dieldrin: HR: 1,59; 95 % Konfidenzintervall, KI: 1,03 – 2,44

Toxaphen: HR: 1,61; 95 % KI: 1,17 – 2,21

Parathion: HR: 1,42; 95 % KI: 1,03 – 1,95

Terbufos: HR: 1,53; 95 % KI: 1,19 – 1,96

Bei vielen Analysen der Lebenszeittagen mit Einsatz von Pestiziden konnte kein Zusammenhang zwischen Pestizidexpositionen und Darmentzündungen gefunden werden. Es konnte jedoch eine Risiko-Erhöhung bei Anwendung von Terbufos im Vergleich zu keiner Anwendung beobachtet werden, bei jeder Häufigkeit der Anwendung (Tertile in der Lebenszeittage-Analyse; HR versus keine Nutzung: 1,51 – 1,53).

Reduktion von Pestizidkontakt zur Prävention von Darmentzündungen?

Die Studienautoren konnten positive Zusammenhänge zwischen dem jemals erfolgten Einsatz einzelner Pestizide und chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen identifizieren. Die Ergebnisse der Studie können laut der Autoren wichtige Erkenntnisse über neue und veränderbare Risikofaktoren von chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen liefern. Die CED-Krankheitslast könnte so in Zukunft womöglich reduziert werden. Weitere Untersuchungen sind allerdings erforderlich, um diese Assoziationen in anderen Bevölkerungsgruppen zu bestätigen und die Assoziationen nach CED-Subtyp zu bewerten.

Originalpublikation: D. Chen et al. Pesticide use and inflammatory bowel disease in licensed pesticide applicators and spouses in the Agricultural Health Study. Environ Res. 2024 Feb 12;118464. DOI: 10.1016/j.envres.2024.118464

Link:

<https://www.deutschesgesundheitsportal.de/2024/02/26/insektizide-erhoehen-risiko-fuer-darmentzuendungen/>



Hormonell wirksame Chemikalien: Eine Frage der Dosis

Die Dosis macht das Gift, lautet das „Grundgesetz“ der Toxikologie, der Wissenschaft von den Giften. Aber gibt es auch Substanzen, bei denen es keine „sichere“ Dosis gibt, bei denen selbst kleinste Mengen potentiell schädlich sein können? Diese Frage wird unter anderem für hormonell wirksame Chemikalien immer wieder kontrovers diskutiert. Als körperfremde Verbindungen können diese das Hormonsystem beeinflussen und die Gesundheit beeinträchtigen. Ist das der Fall, spricht man von endokrinen Disruptoren. Nach Ansicht einiger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gibt es keine sicher „unschädliche“ Dosis dieser Verbindungen, von anderer Seite wird das bestritten.

Ein Forscherteam des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) hat nun die Probe aufs Exempel gemacht und in einer Fallstudie vier repräsentativ ausgesuchte endokrine Disruptoren (Dimethomorph, Metiram, Propiconazol und Epoxiconazol) auf einen möglichen Schwellenwert hin untersucht, von dem an gesundheitliche Schäden auftreten können. Ergebnis der im Fachblatt „Archives of Toxicology“ (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00204-024-03748-9>) veröffentlichten Untersuchung: Bei ausreichender Datenlage lassen sich für diese und vermutlich auch viele andere endokrin disruptive Chemikalien Schwellenwerte ermitteln. Die Dosis macht das Gift - das gilt also ebenfalls für hormonell wirksame Substanzen.

BfR-Mitteilungen 022/2024 vom 27.05.2024

<https://www.bfr.bund.de/cm/343/hormonell-wirksame-chemikalien-eine-frage-der-dosis.pdf>

EU Research Cluster: ZeroPollution4Water



What is the cluster?

The ZeroPollution4Water Cluster is a new-born initiative that originated from the coalition of seven different projects funded from the calls for proposals HORIZON-CL6-2022-ZERO-POLLUTION-01-01 and 01-04, that revolve around two main themes: Preventing groundwater contamination and protecting its quality against harmful impacts of global and climate change and securing drinking water quality by protecting water sources against pollution, providing innovative monitoring and treatment solutions, and ensuring safe distribution.

Objectives

The main purpose of the cluster of projects from these two topics (drinking and groundwater) is to develop, demonstrate (and possibly to deploy):

- enhanced knowledge base to assess pollution sources, pathways and combined effects on drinking water systems and groundwater bodies, including forward looking approaches to prepare for emerging challenges;
- advanced preventive and mitigating strategies and measures to protect drinking water sources, treatment and supply and to protect groundwater against harmful effects of global and climate change;
- effective risk assessment and risk management strategies enabling early warning systems and delivering ready-made outputs for decision-making for drinking and for groundwater;
- advanced, integrated and cost-effective water quality sensors and analytical methods for drinking water;
- innovative and robust monitoring systems and real-time information on drinking water quality, from sources to supply;
- use a robust knowledge on the occurrence, persistence and degradability of disinfection by-products (DBPs) in drinking water;
- advanced and cost-effective drinking water treatment and disinfection processes and technologies;
- enhanced scientific and technological base and guidance on measures to manage drinking water quality and groundwater quality and providing evidence, guidance and recommendations for policymaking, safety planning and implementation;
- relevant case studies as the evidence-based implementation of the European Green Deal.

Therefore, the cluster aims at creating further collaboration and synergy between the sister project, developing co-operation actions with other projects running and future projects – not necessarily funded by the EU R&I FP – and other initiatives, such as co-funded and co-programmed partnerships – e.g. Water4All, Biodiversa+, DUT, Process4Planet.

More Information: <https://zeropollution4water.eu/>



WWF-Analyse: Dirty Dozen Chemie Emissionen der 12 größten Chemie- parks in Deutschland

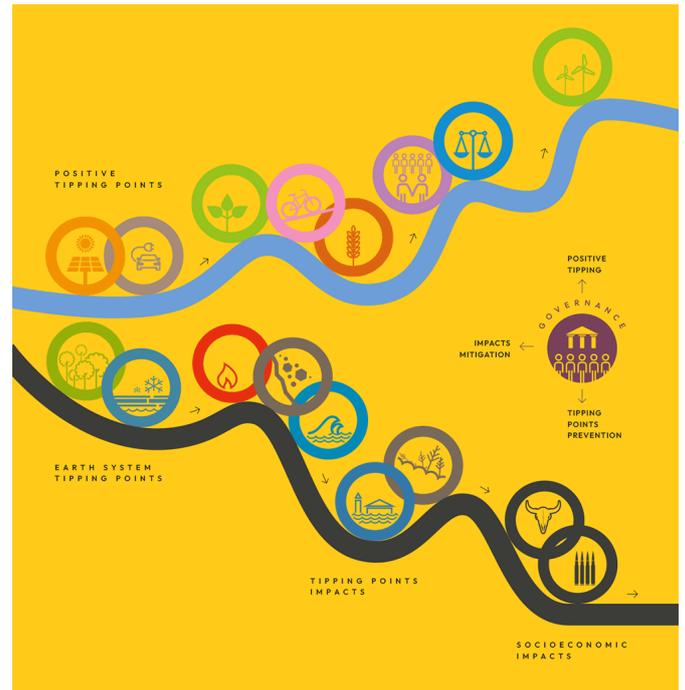
Kann die Chemieindustrie Klimaschutz? Die Antwort ist ganz klar: ja! Dafür müssen regulatorische Barrieren abgebaut und die Erneuerbaren Energien jetzt schleunigst ausgebaut werden. Konzepte zur klimafreundlichen Transformation des Chemiesektors gibt es schon, doch sie finden bisher zu langsam Umsetzung. Das liegt auch daran, dass bisher der Einblick in den Sektor fehlte. Wo liegen die größten Emissionsquellen in der Chemieindustrie? Und mit welchen Maßnahmen lässt sich der hohe CO₂-Ausstoß reduzieren?

Schlußfolgerungen und Perspektiven:

- Chemieunternehmen müssen sich fit für die Klimaneutralität machen
- Fossile Subventionen abbauen
- Elektrifizierung als Beitrag zur Einsparung von Erdgas
- Implementierung einer Kreislaufwirtschaft
- Strenge Rahmenbedingungen für den Einsatz von Carbon Capture and Utilization (CCU) für die Rohstoffbasis in der Chemieindustrie
- Grüne Märkte schaffen
- Erneuerbare Energien ausbauen

Download: <https://www.wwf.de/2024/maerz/the-dirty-dozen-die-zwoelf-emissionsintensivsten-chemieparks-deutschlands>

Global Tipping Points Report 2023



Narrative Summary

Harmful tipping points in the natural world pose some of the gravest threats faced by humanity. Their triggering will severely damage our planet's life-support systems and threaten the stability of our societies.

For example, the collapse of the Atlantic Ocean's great overturning circulation combined with global warming could cause half of the global area for growing wheat and maize to be lost. Five major tipping points are already at risk of being crossed due to warming right now and three more are threatened in the 2030s as the world exceeds 1.5°C global warming.

The full damage caused by negative tipping points will be far greater than their initial impact. The effects will cascade through globalised social and economic systems, and could exceed the ability of some countries to adapt. Negative tipping points show that the threat posed by the climate and ecological crisis is far more severe than is commonly understood and is of a magnitude never before faced by humanity.

Currently, there is no adequate global governance at the scale of the threats posed by negative tipping points. The world is on a disastrous trajectory. Crossing one harmful tipping point could trigger others, causing a domino effect of accelerating and unmanageable change to our life-support systems. Preventing this – and doing so equitably – should become the core goal and logic of a new global governance framework. Prevention is only possible if societies and economic systems are transformed to rapidly reduce emissions and restore nature.

The current approach of linear incremental change favoured by many decision makers is no longer an option. Existing governance institutions and decision-making approaches need to adapt to facilitate transformational change.

Crucial to achieving this transformational change are positive tipping point opportunities, where desirable changes in society become self-propelling. Concerted actions can create the enabling conditions for triggering rapid and large-scale transformation. Human history is flush with examples of abrupt social and technological change. Recent examples include the exponential increases in renewable electricity, the global reach of environmental justice movements, and the accelerating rollout of electric vehicles. Negative tipping point threats could be mitigated if there was a vast effort to trigger other positive tipping point opportunities.

Unfortunately, in the time lag during which appropriate governance and action might be realised, negative tipping points could still be triggered. This means that societies must urgently be made more resilient to minimise the vast and unequal harms. Critically, more resilient societies are also needed to ensure that collective focus on triggering positive tipping point opportunities can be sustained even through a negative tipping event. This resiliency can be achieved with 'no regrets' actions that anyway make societies more sustainable, equitable and prosperous.

The existence of tipping points means that 'business as usual' is now over. Rapid changes to nature and society are occurring, and more are coming. If we don't revise our governance approach, these changes could overwhelm societies as the natural world rapidly comes apart. Alternatively, with emergency global action and appropriate governance, collective interventions could harness the power of positive tipping point opportunities, helping navigate toward a thriving sustainable future.

Full report and related documents:

<https://global-tipping-points.org/>



PIK

"Ein unschätzbare Beitrag zum Wohlergehen unseres Planeten": Johan Rockström erhält Tyler-Preis für Umweltverdienste

Johan Rockström wird mit dem Tyler Prize for Environmental Achievement 2024 ausgezeichnet, einem renommierten Preis für wissenschaftliche Leistungen, der oft als "Nobelpreis für Umwelt" bezeichnet wird. Der wissenschaftliche Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) erhält die Auszeichnung für seine bahnbrechende Forschung zu den Planetaren Grenzen, die einen sicheren Handlungsraum für die Menschheit auf der Erde definieren, der eine Grundlage für menschliche Gerechtigkeit bietet.



Johan Rockström. Bildnachweis: Jadranko Marjanovic

"Die Arbeit von Professor Rockström verkörpert den Geist des Tyler-Preises", so die Vorsitzende des Tyler-Preises, Julia Marton-Lefèvre. "Er hat die wesentlichen ökologischen Grenzen aufgezeigt, innerhalb derer sich die Menschheit bewegen muss, um eine nachhaltige Zukunft zu gewährleisten. Seine wissenschaftlichen Leistungen, gepaart mit seiner Fähigkeit, die Politik zu beeinflussen und mit der breiten Öffentlichkeit in den Austausch zu treten, haben einen unschätzbaren Beitrag zum Wohlergehen unseres Planeten geleistet." Das Exekutivkomitee des Tyler-Preises verleiht Rockström den mit 250.000 US-Dollar dotierten Preis für seinen "wissenschaftsbasierten Ansatz einer nachhaltigen Entwicklung für die Menschheit auf einem stabilen und widerstandsfähigen Planeten". Das Komitee unterstreicht damit die Notwendigkeit eines ganzheitlichen, interdisziplinären Ansatzes zur Bewältigung der zunehmenden ökologischen Krisen.

Ottmar Edenhofer, wissenschaftlicher Direktor am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), fügt hinzu: "Ich freue mich sehr, dass Johan Rockström diese herausragende Auszeichnung als Anerkennung für seine wichtige Arbeit zu den Planetaren Grenzen erhält. Die Planetaren Grenzen und das Konzept der Globalen Gemeingüter ergänzen sich und verbinden die Forschung zu Risiken und zu Lösungen, von der

lokalen bis zur globalen Ebene. Gemeinsam bilden sie den konzeptionellen Rahmen unserer wissenschaftlichen Arbeit am Potsdam-Institut."

Ein sicherer Handlungsraum für die Menschheit innerhalb der Planetaren Grenzen

Die Menschheit befindet sich bei sechs der neun planetaren Grenzen "weit außerhalb des sicheren Handlungsraums", so die jüngste Aktualisierung der Planetaren Grenzen, die im September 2023 in Science Advances veröffentlicht wurde. "Es ist an der Zeit, dass wir die umfangreichen wissenschaftlichen Beweise dafür anerkennen, dass es dem Patienten Erde nicht gut geht, weil der menschliche Druck auf den Planeten weiter zunimmt und Planetare Grenzen überschritten werden, und es ist dringend erforderlich, dass wir entsprechend handeln. Wir riskieren den gesamten Planeten zu destabilisieren", so Rockström. "Wenn wir zu viele Planetare Grenzen überschreiten, besteht die Gefahr, dass wir Kipppunkte erreichen, die die lebenserhaltenden Systeme der Erde untergraben."

Johan Rockström würdigt auch seinen engen Mitarbeiter Will Steffen, australischer Professor für Erdsystemwissenschaften, der 2023 verstorben ist. "Es war wirklich eine gemeinsame und sehr enge Zusammenarbeit", sagt Rockström über das Konzept der Planetaren Grenzen. "Es waren Will Steffen und ich, die die ursprüngliche Theorie und die Methoden zur Definition und Quantifizierung Planetarer Grenzen entwickelt haben." Die Forschung zu den Planetaren Grenzen ist eine internationale Zusammenarbeit, die mehrere Disziplinen der Erdsystemforschung umfasst. "Es ist mir unmöglich, all den Kollegen zu danken, die in den letzten 15 Jahren zur Weiterentwicklung dieser Forschung beigetragen haben, aber ich möchte insbesondere Katherine Richardson, Professorin für Ozeanographie an der Universität Kopenhagen, erwähnen, die das wissenschaftliche Update 2023 leitete, sowie alle meine Kolleginnen und Kollegen am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und am Stockholm Resilience Centre (SRC) an der Universität Stockholm. Ohne sie hätten wir nicht die Erkenntnisse erlangt, von den wir heute wissen: von der Notwendigkeit, unsere soziale und wirtschaftliche Entwicklung innerhalb des sicheren Handlungsraums auf der Erde zu halten", schließt er.

Der 1973 ins Leben gerufene Tyler Prize for Environmental Achievement würdigt weltweit führende Persönlichkeiten im Bereich Umwelt und Nachhaltigkeit. Zu den bisherigen Preisträgern gehören unter anderem Jane Goodall, Michael Mann, Daniel Pauly und Gretchen Daily. Johan Rockström wird den Tyler Prize for Environmental Achievement am 17. Mai 2024 im Rahmen einer Feierstunde in Potsdam erhalten.

PIK-Pressemitteilung vom 29.02.2024 (gekürzt)



Die siebenfarbige Erde auf Mauritius

Matthias Kudra (kudra@uni-leipzig.de)

Wilhelm-Ostwald-Institut für Physikalische und Theoretische Chemie
Linnéstraße 2, 04103 Leipzig



Eingang zum Geopark, Foto: M. Kudra

Im indischen Ozean auf der Insel Mauritius befindet sich der 8,5 Hektor große Geopark Siebenfarbige Erde (Seven Coloured Earth) ein weltweit einzigartiges geologisches Naturphänomen, das man als Chemiker oder Geologe unbedingt gesehen haben muss, wenn man die weite Anreise (12 Stunden Flug) nicht scheut.



Die sieben Erden, Foto: M. Kudra

Durch vulkanische Aktivität wurden auf der Insel sieben verschiedene Erden so miteinander vermischt, dass sich aufgrund der langsamen Zersetzung des Vulkangesteins über Millionen von Jahren hinweg unter tropischen Verwitterungsbedingungen wasserlösliche Bestandteile wie z. B. Kieselsäuren ausgewaschen haben, die dann ein Bodensubstrat aus rötlich/schwarzem Eisenoxid Fe_2O_3 und Aluminiumhydroxid gebildet haben. Dadurch entstanden Sanddünen in den unterschiedlichsten Farben, wie Rot, Braun, Gelb, Grün, Blau und sogar Violett. Der Regen hat dann sein Übriges dazu getan und

für unglaubliche Verwirbelungen und Muster der Sanddünen gesorgt. Aber man muss wirklich auch abhängig von der Tageszeit und Wetterlage (Sonne, Wolken oder Regen) großes Glück haben, um die sieben Farben auch tatsächlich sehen zu können, z.B. bei Sonnenauf- oder-untergang wo die Farben besonders intensiv sein sollen. Tatsächlich erkennt man zu meist nur 3-4 Farben. Trotzdem ziehen die Farben den Betrachter unwillkürlich in seinen Bann, wenn man von tollen Aussichtsplattformen das Naturphänomen auf einem Rundgang erforscht. Auf dem Rundweg kann man das Farbenspiel aus verschiedenen Perspektiven betrachten und bewundern, auch wenn ein Betreten der Gesteinsflächen verboten ist. Dafür kann man eine Probe des Sandes in den Souvenirläden am Eingang des Geländes kaufen. Der Geopark Siebenfarbige Erde ist mittlerweile touristisch erschlossen und am Eingang muss man 150 Rupien pro Person, also rund 3,80 Euro bezahlen. Um die Artenvielfalt und den Wald auf der Insel Mauritius zu erhalten, läuft seit 2009 ein Programm der Mauritian Wildlife Foundation mit dem „7 Coloured Earth“ Management.



La Vallée des Couleurs Nature Park,

Quelle: <https://lvdc.mu/23-coloured-earth/>

Neben dem Geopark „Siebenfarbige Erde“ kann man im 22 km entfernten Naturpark „La Vallée des Couleurs Nature Park“ ein ähnliches Schauspiel bewundern. Dort kann man sogar infolge von Vulkanausbrüchen und daraus resultierenden chemischen Reaktionen (Regen, Feuchtigkeit, Sauerstoff und Kohlendioxid) aus der Vulkanasche über Millionen von Jahren am Fuße eines Vulkans sogar 23 Farben sehen. Die Existenz der 23 Farben wurde übrigens nach sorgfältigen Studien von unabhängigen Wissenschaftlern bestätigt.

Derartige Naturschauspiele gibt es auch auf anderen Teilen der Welt zu entdecken, z.B. im Painted Desert – Arizona,

USA und Vinicunca – Peru, Südamerika. Während sich im Westen der USA im US-Bundesstaat Arizona die Wüste im Nationalpark Petrified-Forest-Nationalpark rosafarben, hellgelb und lila färbt, kann man im Süden des südamerikanischen Landes Peru den „Regenbogenberg“ bewundern.



Chamarel-Wasserfall, Foto: M. Kudra

Gleich in der Nähe des Geoparks in der Nähe der Ortschaft Chamarel im Südwesten der Insel befindet sich ein weiteres Schauspiel: der Chamarel-Wasserfall, das man nicht verpassen sollte. Die Ortschaft ist benannt nach dem französischen Offizier Charles Antoine de Chazal de Chamarel, der in diesem Teil der Insel gelebt hat. Über einen schmalen Pfad kann man den Fuß des Wasserfalls erreichen und von da aus bewundern, wie das Wasser über eine Felskante knapp 100 m in die Tiefe stürzt. Natürlich gibt es auch hier einen Aussichtspunkt, von dem man gelegentlich auch Flughunde vorbei fliegen sieht.



Aldabra Riesenschildkröten, Foto: M. Kudra

Wer die Flughunde nicht sieht kann sich wenigstens an den Schildkröten erfreuen. Das charakteristische Merkmal der Aldabra Riesenschildkröten ist ihr im Verhältnis relativ kleiner Kopf, der den Hals vom Durchmesser lediglich geringfügig übersteigt.



Auf der atemberaubenden Insel Mauritius trifft man auf einen Mix aus asiatischen, afrikanischen und europäischen Einflüssen, sowie weißen Sandstränden und einer traumhaften

Natur mit erstklassigen Wander-, Kletter- und Tauchgebieten. Nicht zu unrecht ist Mauritius das Land mit der höchsten Einwohnerdichte Afrikas, sondern auch das reichste Land des Kontinents, gemessen am Pro-Kopf-Einkommen. Außerdem hat jede der vier Farben auf der Flagge von Mauritius seine Bedeutung. Rot steht für die Unabhängigkeit, Blau für den Indischen Ozean, der die Insel umgibt, Gelb, für die glänzende Zukunft des Landes und Grün für die Vegetation.

Auf den ersten Blick scheint die Insel im indischen Ozean vom Klimawandel unberührt. Da sich aber der Anstieg des Meeresspiegels beschleunigt und die Erwärmung des Meerwassers und der Luft über dem Durchschnitt liegt, trifft Mauritius die Klimakrise stärker als der Durchschnitt der Welt. Das führt zu einer zunehmenden Anzahl von z.T. verheerenden Tropenstürmen - sogenannten Zyklonen – mit Folgeschäden wie Riffsterben, Stranderosion, Versalzung von Küstengebieten, Verlust von Lebensräumen nicht nur für Korallen. Dadurch könnte nach Prognosen die landwirtschaftliche Produktion bis 2050 um 30 Prozent abnehmen, was die Ernährungssicherheit infrage stellt. Zwar hat die Regierung der unabhängigen Republik in den vergangenen Jahren einiges unternommen, um auf Umweltkatastrophen vorbereitet zu sein. So wurde das Frühwarnsystem für Zyklone verbessert und ein Doppler-Radar für genauere Wettervorhersagen installiert. Obwohl der Staat betont, die notwendigen Mittel für Klimaschutz und -anpassung selbst aufzubringen, fehlen auf Bezirksebene oft die finanziellen Mittel für Anpassungsmaßnahmen, wie der aktuelle Sachstandsbericht des Weltklimarats Mauritius bescheinigt.

Von den ganz großen Katastrophen ist Mauritius bisher verschont geblieben, aber im ca. 1000 km entfernten Inselstaat Madagaskar sieht das schon deutlich anders aus. Erst vor einem Jahr verwüstete Zyklon "Freddy" die Insel und im März dieses Jahres – nur wenige Wochen nach der Rückkehr des Autors - zog der Zyklon "Gamane" mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 210 Kilometern pro Stunde über die Insel und setzte ganze Orte unter Wasser und forderte Menschenleben. Ausgerechnet Madagaskar muß man da sagen, wo die Mehrheit der 30 Millionen Einwohner ohnehin schon unter Armut und Hunger leidet, wovon sich auch der Autor überzeugen konnte.

Wer ein Abenteuer sucht, ist auf Mauritius, den Seychellen oder Madagaskar gut aufgehoben.

Links:

<https://www.insel-mauritius.de/siebenfarbige-erde>

<https://www.klimareporter.de/international/die-klimakrise-bedroht-unsere-hart-erkaempfte-entwicklung>

<https://internationalepolitik.de/de/kleine-insel-grosser-gefahr>

Unsere neuen Mitglieder

Neuaufnahmen in die Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie vom 11.03. bis 24.05.2024

Kauling, Leonie; FG-Eintritt: 11.03.2024

Fetter, Elisabeth; FG-Eintritt: 15.03.2024

Friedrich, Sandra; FG-Eintritt: 15.03.2024

Lehmann, Isabell; FG-Eintritt: 25.03.2024

Rosenheinrich, Eric; FG-Eintritt: 02.04.2024

Herrmann, Larissa Zoe; FG-Eintritt: 02.04.2024

Waldenmaier, Hermine; FG-Eintritt: 16.04.2024

Philippi, Franka; FG-Eintritt: 16.04.2024

Fischer, Alexander; FG-Eintritt: 18.04.2024

Fasbender, Sarah-Isabelle; FG-Eintritt: 25.04.2024

Kretschmar, Oliver; FG-Eintritt: 10.05.2024

Dawid, Laura; FG-Eintritt: 10.05.2024

May, Alexander Pascal; FG-Eintritt: 23.05.2024

Geburtstage

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

Geburtstagsliste Juli bis September 2024

60 Jährige

Karin Bischler, Geburtstag 20.07.1964

Prof. Dr. Wolfgang Schrader, Geburtstag 26.07.1964

- 17.03.1997–16.03.1998 Bundessprecher
- 01.01.2015–31.12.2017 Stellv.Vorsitzender:
und 01.01.2018–31.12.2021 Vorsitzender:
FG Chemie und Energie
- 01.01.2023–31.12.2026 FG-Beisitzerin in
FG Umweltchemie und Ökotoxikologie

Dr. Gudrun Stieglitz, Geburtstag 03.08.1964

Dr. Claus Bornemann, Geburtstag 25.08.1964

- 01.01.2023–31.12.2026 Stellv. Vorsitzender AK Boden

Prof. Dr. Rolf-Alexander Düring, Geburtstag 18.09.1964

Dr.-Ing. Jochen Alescha Theloke, Geburtstag 24.09.1964

65 Jährige

Dr. Heinz Theo Kämmerling, Geburtstag 23.07.1959

Dr. Bernd G. Müller, Geburtstag 25.08.1959

Dr. Harald Färber, Geburtstag 23.09.1959

Prof. Dr. Thomas Müller-Kirschbaum, Geburtstag 23.09.1959

- 01.01.1999–31.12.2005 Beisitzer in: FG Chemie des
Waschens

70 Jährige

Axel Wichmann, Geburtstag 05.09.1954

75 Jährige

Erhard Krebs, Geburtstag 10.08.1949

Dr. Wolfgang Pahlmann, 15.09.1949