



Mitteilungen der Fachgruppe

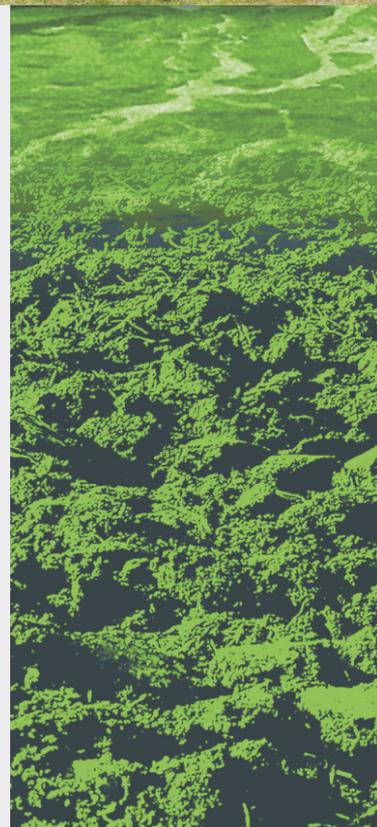
Umweltchemie und Ökotoxikologie

Gesellschaft Deutscher Chemiker

- Zehn Jahre PFAS - Belastung in Mittelbaden
- PFAS - eine umwelttechnologische Herausforderung
- Methodenvergleich zum Elutionspotential von Pestiziden
- "Verschmutzungs-Fingerabdruck" in der Nordsee
- Berichte aus dem Vorstand und den Arbeitskreisen
- 6. Perspektiventag der Fachgruppe
- Kurz vorgestellt: PAN - Pestizid Aktions-Netzwerk Deutschland
- Kurznachrichten und Personalien

2/2022

28. Jahrgang, Juni 2022 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:

Eine mit PFAS belastete Fläche in Mittelbaden

Editorial

46 Editorial

Originalbeiträge

- 47 **P. Klatt:** Zehn Jahre PFAS-Belastung in Mittelbaden: Ein „Freilandexperiment“ mit unbekanntem Ausgang?
- 53 **A. Georgi, K. Mackenzie:** PFAS – eine Herausforderung für die Umwelttechnologie
- 58 **J. Meierdirks, P. Gratewohl:** Freisetzung von Pestiziden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen – Methodenvergleich zum Elutionspotential
- 63 **A. Logemann et al.:** Entwicklung des „Verschmutzungs-Fingerabdrucks“ in der Nordsee während des letzten Jahrhundert

Aus der Fachgruppe

- 68 Berichte aus dem Fachgruppenvorstand
- 68 Bericht vom Online-Meeting am 23. März 2022 des FG-Arbeitskreises „Chemikalienbewertung“
- 68 Aktivitäten des FG-Arbeitskreises „Umweltmonitoring“ 2021/2022
- 69 6. Perspektiventag der GDCh-Fachgruppe „Umweltchemie & Ökotoxikologie“

Kurz vorgestellt

- 70 PAN – Pestizid Aktions-Netzwerk Deutschland

Informationen

Kurznachrichten

- 71 A step forward at UN Environment Assembly towards reducing global pollution
- 71 EU-gefördertes Forschungsvorhaben zur Analyse aquatischer Abbaumechanismen von Polymerwerkstoffen
- 72 Degradation of low-density polyethylene to nanoplastic particles by accelerated weathering
- 72 Mikroplastikeinträge in die marine Umwelt – Stand des Wissens und Handlungsoptionen
- 73 ENVI Committee votes on Persistent Organic Pollutants
- 73 UBA-Pressemitteilung: Pestizidzulassungen hebeln Umweltschutz aus
- 75 EFSA publishes report on pesticide residues on food
- 75 Consultation: ECHA proposes restriction on PFASs in firefighting foams
- 75 Suspect screening reveals point source-specific patterns of emerging and novel per- and poly-fluoroalkyl substances
- 76 ECHA-Report on PFAS Cleaning Technologies
- 76 UBA-Pressemitteilung: Menschen in Europa teilweise bedenklich hoch mit Schadstoffen belastet
- 76 UBA-/BfR-Pressemitteilung: „PARC“: EU-Forschungspartnerschaft zur Risikobewertung von Chemikalien startet
- 77 Exposure to contemporary and emerging chemicals in commerce among pregnant women in the United States
- 78 From cohorts to molecules: Adverse impacts of endocrine disrupting mixtures
- 78 Die UBA Datenbank „PHARMS-UBA“ – „Arzneimittel in der Umwelt“

Personalia

- 79 Eintritte in die FG 15.02. bis 12.05.2022
- 79 Geburtstage 3. Quartal 2022

Liebe Mitglieder der Fachgruppe „Umweltchemie und Ökotoxikologie“,

es fällt uns schwer, uns in diesem Editorial über die neuen Möglichkeiten zu freuen, die das Abklingen der Pandemie mit sich bringt, während in der Ukraine die Menschen für den Erhalt ihrer Freiheit kämpfen müssen. Wir sind in Gedanken bei allen Betroffenen. Die GDCh hat auf ihrer Homepage eine Sammlung von Angeboten mit einem Fokus auf Hilfsangebote für wissenschaftliches Personal zusammengestellt: www.gdch.de/ukraine.

Die Lockerungen der Corona-Maßnahmen bringen es mit sich, dass wir es in diesem Jahr nach zwei Jahren voller Videokonferenzen wieder wagen, Präsenzveranstaltungen zu planen. Nachdem wir die „Umwelt 2020“, die für den September 2020 in Emden geplant war, leider absagen mussten, soll nun die „Umwelt 2022“ in Emden stattfinden. Wir bereiten das wissenschaftliche Programm wieder in bewährter Kooperation mit dem SETAC GLB vor und freuen uns sehr, dass uns die Hochschule Emden/Leer in Emden an der Nordsee willkommen heißt. Das wissenschaftliche Programm wird am 6. und 7. September stattfinden, als Stärkung nach einer eventuell langen Anreise wird am 5. September schon ein kleines Get-together geplant. Wir laden Sie dazu ein, sich an der Gestaltung des wissenschaftlichen Programms aktiv zu beteiligen – sei es über die Mitarbeit im wissenschaftlichen Komitee oder durch Tagungsbeiträge. Weitere Infos finden Sie hier: <https://www.gdch.de/netzwerk-strukturen/fachstrukturen/umweltchemie-oeekotoxikologie/veranstaltungen/fachgruppentagung.html>.

Auch der Vorstand hat sich im Übrigen seit über 2 Jahren nur am Bildschirm gesehen und freut sich darauf, auf die intensive Online-Zusammenarbeit in Emden persönlich miteinander anzustoßen.

Im Vorfeld der „Umwelt 2022“ wird auch das „Junge Umweltchemie Forum“ (JUF) in Präsenz in Emden stattfinden. Am 5. September heißen wir wieder Promovierende und Masterstudierende willkommen, ihre Arbeiten zu präsentieren und miteinander zu diskutieren. Weitere Informationen finden Sie demnächst hier: <https://www.gdch.de/netzwerk-strukturen/fachstrukturen/umweltchemie-oeekotoxikologie/veranstaltungen/juf.html>.

Ebenfalls nach zwei Jahren Pause wird es in diesem Jahr wieder einen Perspektiventag bei einem potentiellen Arbeitgeber geben. Am 15. November öffnet die ibacon GmbH in Roßdorf ihre Türen für interessierte baldige Berufseinsteiger und gewährt ihnen mit Vorträgen und Labortouren einen Einblick in die Umweltchemie und Ökotoxikologie aus Sicht eines Auftragsforschungsunternehmens.

Weitere Informationen zur Anmeldung und zum Ablauf des Perspektiventages finden Sie hier:

<https://www.gdch.de/netzwerk-strukturen/fachstrukturen/umweltchemie-oeekotoxikologie/veranstaltungen/perspektiventag.html>.

Wir freuen uns darauf, Sie bei einer der Veranstaltungen wieder persönlich treffen zu können, und wünschen Ihnen nun eine spannende Lektüre der Mitteilungen!

Fachgruppen-Vorstand

Stefan Hahn, Jan Schwarzbauer, Markus Telscher, Stefanie Wieck und Christiane Zarfl

und Ihre junge Umweltchemie und Ökotoxikologie (jUCÖT)



Zehn Jahre PFAS-Belastung in Mittelbaden: Ein „Freilandexperiment“ mit unbekanntem Ausgang?

P. Klatt (pfaswelt@gmail.com), Bühl

Zusammenfassung

Vor zehn Jahren trat in Mittelbaden die PFAS-Belastung von Boden und Grundwasser in den Fokus von Behörden und Öffentlichkeit. Heute haben sich die Chemikalien in rund 58 Quadratkilometern des Grundwassers verteilt und 1.215 Hektar von insgesamt 10.162 Hektar Ackerland sind mit PFAS belastet. Das sind nur 12 Prozent, aber die Konsequenzen daraus sind für die Betroffenen der Region weitreichend und generationenüberdauernd. PFAS in Mittelbaden, das ist ein „Freilandexperiment“, das heute langjährige praktische Erkenntnisse vor Ort mit wissenschaftlichen Forschungen und europäischen Regularien verbindet, das aber immer noch keine umfassende Lösung anbieten kann.

Einleitung

Es ist wohl einer der flächenmäßig größten Umweltskandale in Deutschland und europaweit als „Rastatt Case“ bekannt. In Mittelbaden zwischen Rastatt und Bühl sind Boden und Wasser mit einer Mischung diverser per- und polyfluorierter Alkylsubstanzen (PFAS) belastet (s. Faktenbox, Bugsel et al. 2021; Frey und Klatt 2017; Klatt 2020; 2021a, b). Ein regionaler Komposthändler hatte mutmaßlich PFAS-belastete Papierschlämme von verschiedenen Papierfabriken angenommen, mit Kompost vermischt und kostenfrei an Landwirte abgegeben. Er tritt jedoch bis heute juristisch der Behauptung entgegen, Verursacher des PFAS-Skandals in Mittelbaden zu sein (Kappler 2017; Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg 2019; Klatt, Pöhlking, Weller 2019).

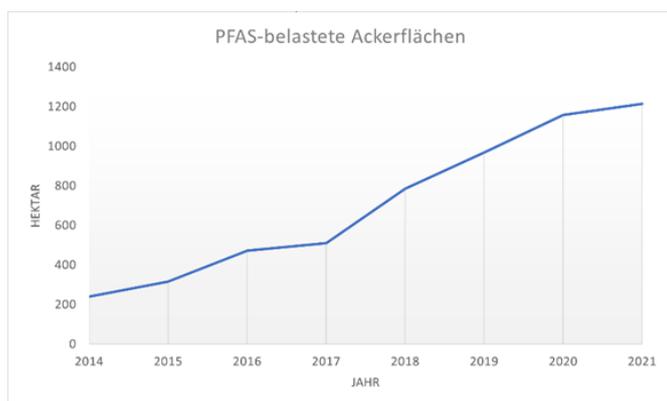


Abb. 1: Dokumentation PFAS-belasteter Ackerflächen im Zeitraum von 2014 bis 2021

Teile der Chemikalienmischung sickerten in das Grundwasser und wurden durch die Stadtwerke Rastatt Ende 2012 bei einem Screening nachgewiesen; weitere Untersuchungen von Boden und Wasser folgten. Im September 2014 hatte man die PFAS

bereits auf 240 Hektar Ackerfläche gefunden (LRA Rastatt 2016). Acht Jahre und 8089 Boden-Analysen später sind es 1215 Hektar, auf denen sich eine Mischung lang- und kurz-kettiger PFAS mitsamt Vorläuferverbindungen wie polyfluorierete Alkylphosphatester (PAP) und Perfluoroktansulfon-amidoethanol-basierte Phosphatester (SAM-PAP) finden (Röhler et al. 2021; Nürnberg et al. 2018; Abb. 1 und 2). Von den 534 Landwirten im Landkreis sind aktuell 120 Landwirte direkt (mit Flächen) oder indirekt (durch Beregnungswasser) betroffen. 32 Landwirte haben damals das Material angenommen und auf ihre damaligen Äcker verteilt oder verteilen lassen.

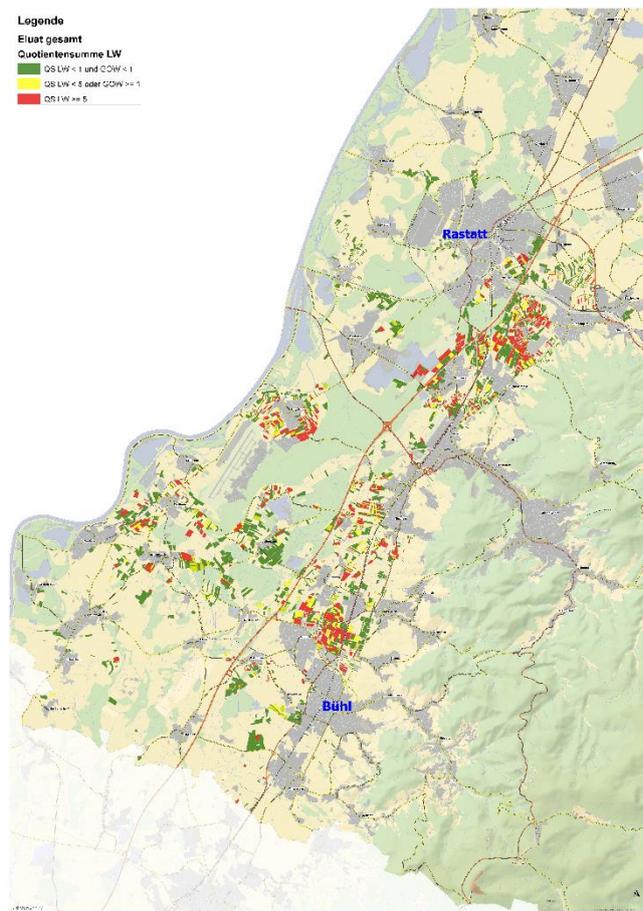


Abb. 2: Räumliche Verteilung der PFAS-Flächenkontamination in Mittelbaden: rot=stark belastet, gelb=gering belastet, grün=nicht belastet, Quelle: Landratsamt Rastatt, abgewandelt: P. Klatt

„Eine Gesamtanierung dieser Fläche und Entfernung der Schadstoffe ist fachlich wie wirtschaftlich keine Option“, so das Umweltministerium Baden-Württemberg. „Wären lediglich die

ersten 30 Zentimeter des Bodens belastet, würde dies einem Volumen von deutlich über drei Millionen Kubikmetern entsprechen. Zum Vergleich: die Cheops-Pyramide hat ein Volumen von 2,6 Millionen Kubikmetern“. Für Umweltministerin Thekla Walker ist es „wirklich tragisch, was in Mittelbaden geschehen ist. Die Folgen für die Menschen und die betroffenen Landwirtinnen und Landwirte treiben mich sehr um. Für mich ist das Wichtigste, dass wir die Menschen in den betroffenen Gebieten vor den Verunreinigungen schützen und dafür sorgen, dass die Erzeugnisse auf den Feldern weiter bedenkenlos verkauft werden können und Trinkwasser weiter bedenkenlos konsumiert werden kann“, so Walker.

Managementsystem für die Landwirtschaft : BUW, VEM und BeMiKo

Am Anfang standen die Beurteilungswerte (BUW-Werte) für die erlaubten Gehalte kurzketziger PFAS in den Feldfrüchten, die 2015 vom Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) in Ermangelung von PFAS-Grenzwerten in Lebensmitteln festgelegt wurden. Diese BUW-Werte werden in einem Vor-Ernte-Monitoring (VEM) kontrolliert, sind sie überschritten, ist die Vermarktung untersagt. Begleitende Untersuchungen im Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) zeigten, welche Pflanzen wieviel PFAS aufnehmen (Scheurer et al. 2020) und welche Pflanzen auf den unterschiedlich stark belasteten Böden angebaut werden dürfen. Demnach sind Weizen und Soja für PFAS-Flächen nicht geeignet, Körnermais ist als Alternative aber möglich. Sonderkulturen wie Spargel oder Erdbeeren sind für PFAS-Flächen ebenfalls keine Option mehr. Die Erkenntnisse mündeten in fortlaufend aktualisierten Anbauempfehlungen (Merkblatt für den Anbau landwirtschaftlicher Kulturen, RP Karlsruhe), die zusammen mit dem VEM und der individuellen Beratung die nächste Stufe des Anbau-Managements bilden. Jeder betroffene Landwirt erhält vom Regierungspräsidium Karlsruhe ein individuell zugeschnittenes Bewirtschaftungs-Minimierungs-Konzept (BeMiKo), das den PFAS-Gehalt der Ackerflächen, die erlaubten Pflanzen, die Fruchtfolge für die Äcker sowie auch die erlaubte Menge des PFAS-belasteten Beregnungswassers berücksichtigt. Die Kosten dafür sind mittlerweile als Dauerausgabe des MLR eingeplant. „Dass wir das Grundproblem, nämlich die Kontamination der Böden und des Grundwassers, nicht grundlegend angehen und beseitigen können, ist unbefriedigend. Dass es andererseits dennoch gelungen ist, die Exposition der Bevölkerung sehr deutlich zu reduzieren, ist sehr erfreulich. Die entsprechenden Maßnahmen werden daher fortgeführt“, betont Peter Hauk, der Minister für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz.

Baden-Württemberg hat bei der Bearbeitung und Bewertung der kurzketzigen PFAS in pflanzlichen Lebensmitteln erstmalig praktikable Beurteilungskriterien zur lebensmittelrechtlichen Beurteilung von PFAS-Gehalten in Lebensmitteln erarbeitet, die im Rahmen der Lebensmittelüberwachung und des VEM's in der Praxis angewandt werden können. Dieser Ansatz sei

eine Möglichkeit, größere durch PFAS verunreinigte Flächen in der landwirtschaftlichen Erzeugung zu halten und dort dennoch lebensmittelrechtlich sichere Lebensmittel zu produzieren, so das MLR.

BUW-Werte wurden im letzten Jahr an die verschärften Tolerable Weekly Intake (TWI)-Werte für die Summe der vier PFAS Perfluorooctansulfonsäure, Perfluorooctansäure, Perfluorononansäure und Perfluorhexansulfonsäure von 4,4 ng/kg/W angepasst, die die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit bei der Neubewertung der gesundheitlichen Risiken durch PFAS in Lebensmitteln festgelegt hatte (MLR 2021).

Landwirtschaft in der PFAS-Region

Einer der betroffenen Landwirte ist Christoph Decker, der vor sechs Jahren unverschuldet vor einem großen PFAS-Problem stand (Klatt und Frey 2016). Er hatte kein Papierschlamm-Kompostgemisch aufgebracht, musste aber feststellen, dass seine Gewächshäuser sowie auch Ackerflächen durch PFAS-belastetes Grundwasser, das in seinen Beregnungsbrunnen hochgepumpt und verteilt wurde, quasi unbrauchbar geworden waren. 10.000 Melonen waren im Gewächshaus gereift, verkaufen konnte er keine davon, da sie mit PFAS belastet waren (Abb. 3).



Abb. 3: Von PFAS-Kontamination betroffene Gewächshäuser des Landwirts Christoph Decker (Foto: P. Klatt)

Decker musste seinen ganzen Anbau anpassen. „Wir haben uns als Erstes eine Sämaschine gekauft, denn im Gegensatz zu gepflanzten Setzlingen muss man das Saatgut im Boden nicht bewässern, sondern kann das zunächst dem Regen überlassen. Das Regenwasser wird gesammelt und für die weitere Bewässerung genutzt, der Rest erfolgt dann durch Trinkwasser. Das ist natürlich teuer und deswegen haben wir in den letzten Jahren auf den Anbau von bewässerungsintensiven Pflanzen wie beispielsweise Fenchel oder Sellerie verzichtet“, so Decker. Seit kurzem hat er den Bescheid, dass die Zuschüsse für eine aufwändige Aktivkohle-Filteranlage bewilligt wurden, die die PFAS aus dem Grundwasser herausfiltert. Das sei für ihn ein Lichtblick, denn mit einer relativ geringen

Investition habe er nun nach sechs Jahren wieder die Option auf eine normale Landwirtschaft mit unbelastetem Beregnungswasser.

Für diese großen Aktivkohlefilteranlagen haben bislang drei Landwirte einen Antrag gestellt. Die Gesamtkosten für den Kauf der Reinigungsanlagen liegen zwischen 28.000 und 108.000 Euro, die Zuwendungen liegen zwischen 20.000 und 56.000 Euro. Sie werden unter anderem für die Anlage selbst sowie auch für die Wartung, die Erstbefüllung mit Aktivkohle und die Kosten für notwendige Wasseruntersuchung auf PFAS gewährt.

PFAS im Grundwasser: ein bis heute ungelöstes Problem

Die Entwicklung der PFAS-Gehalte im Grundwasser der Region wird an 750 Grundwasserbrunnen untersucht und man hat 7200 PFAS-Analysen im Wasser vorgenommen (Abb. 4). Die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg hat ein computerbasiertes Grundwassermodell entwickelt, mit dem der Transport, die flächenhafte Ausbreitung sowie die Tiefenausbreitung der PFAS-Verbindungen im Grundwasser nachvollzogen und Prognosen für die Zukunft berechnet werden können (LUBW 2017).



Abb. 4: Bohrungen zur Untersuchung auf PFAS-Kontaminationen des Grundwassers (Foto: P. Klatt)

Maßnahmen der Trinkwasserversorger, Kosten circa 18 Millionen Euro

Seit dem 12. Januar 2021 gibt es in der Neufassung der europäischen Trinkwasserrichtlinie erstmalig Grenzwerte für PFAS in Trinkwasser, die bis zum 21. Januar 2023 in nationales Recht umgesetzt werden müssen. Die Trinkwasserversorger der Region mussten Maßnahmen ergreifen, um die erlaubten PFAS-Werte im Trinkwasser einzuhalten. Die geschätzten Kosten liegen bis jetzt bei rund 18 Millionen Euro (Klatt 2021b). Die Reinigung des Wassers geschieht durch Niederdruckumkehrosmosen, gemeinsame Verbundlösungen oder auch durch den Einbau von Aktivkohlefiltern wie bei den Stadtwerken Rastatt. Für deren Geschäftsführer Olaf Kasprzyk ist die Bewältigung der Verunreinigung mit PFAS eine übergreifende Generationenaufgabe und er rechnet mit

weiteren PFAS-Funden im Grundwasser. Für eine dauerhafte Lösung des Problems müsse viel Geld in die Hand genommen werden, so Kasprzyk. Man entferne mit der Aufbereitung des Grundwassers PFAS aus dem Umweltkreislauf, die belastete Aktivkohle müsse entsorgt werden. Es sei unklar, wer letztendlich dafür zu zahlen habe (Rodriguez und Kasprzyk 2021).

Die konkrete Folge der früheren PFAS-Belastung des Trinkwassers ist die daraus resultierende Blutbelastung mit PFAS bei den Menschen in der Region (LGA 2020). In bisher zwei Untersuchungsreihen wurde das Blut von ausgewählten Testgruppen untersucht und die Ergebnisse waren eindeutig. Wer früher PFAS im Trinkwasser hatte, hat heute PFAS im Blut. Die Konzentrationen nahmen bei der zweiten Untersuchungsrunde ab, was die Behörden auf die ergriffenen Gegenmaßnahmen zurückführen. Zu gesundheitlichen Folgen kann man nichts sagen, obwohl es eine lange Liste möglicher Auswirkungen der PFAS gibt (Fenton et al. 2020).

Stadtwerke haben Zivilklage gegen den Komposthändler eingereicht

Die Stadtwerke Rastatt (2019) haben eine Zivilklage gegen den Komposthändler eingereicht, da die PFAS aus dem aufgebrauchten Papierschlamm-Kompostgemisch ins Grundwasser gelangten, aus dem die Stadtwerke ihr Trinkwasser gewinnen. Diese sehen den Komposthändler deshalb auch für künftige Schäden durch den PFAS-Eintrag in Haftung: „Wer den Schaden verursacht hat, soll für dessen Behebung und Folgekosten aufkommen. In Deutschland gilt das Verursacherprinzip. Es geht hier nicht um Schuld, sondern um die Frage, wer haftet“, betont Dominik Greinacher, der klageführende Anwalt der Stadtwerke (Klatt 2022). Am 14. März war der erste Verhandlungstag vor dem Landgericht Baden-Baden (Abb. 5). Die Stadtwerke verlangen Schadenersatz in Höhe von 6,5 Millionen Euro, hinzukommen die Kosten, die künftig noch auf den Versorger zukommen könnten. Der nächste Verhandlungstag wird am 13.6. sein.



Abb. 5: Der erste Verhandlungstag am LG Baden-Baden. Verhandelt wurde aus Platzgründen im Kloster Lichtental in Baden-Baden (Foto P. Klatt)

Andere betroffene Wassernutzer

In Mittelbaden sind auch 16 Eigenwasserversorger mehr oder weniger von den Auswirkungen von PFAS in ihrem Brunnenwasser betroffen, das einige mit Aktivkohleanlagen als Trinkwasser aufbereiten, andere nutzen das Brunnenwasser nur noch zur Körperpflege und zum Wäsche waschen. Die Bewässerung mit Gartenbrunnen ist ebenfalls eingeschränkt, von denen 270 angezeigte im Bereich des „PFAS-Gebietes“ vorliegen. Da man von einer hohen Dunkelziffer ausgehen muss, erfolgt die Empfehlung zum Verzicht auf die Bewässerung mit Grundwasser für die gesamte Gemeinde oder einzelne Ortsteile. Zusätzlich sind noch sieben Brauchwasserbrunnen in der Überwachung. Auch für Angelseen wurden gegebenenfalls Verzehrempfehlungen für die Fische ausgesprochen, bei zwei Seen im Stadtkreis Baden-Baden wird vom Verzehr abgeraten.

Kieswerkbetreiber müssen umplanen

Derzeit sind zwei Baggerseen und zwei Kieswerke unmittelbar betroffen. „Wir sind zum ersten Mal 2015 mit dem Thema PFAS konfrontiert worden“, so Christiane Ritter, Geschäftsführerin der Firma Kieswerk Kühl. Man habe auf betroffenen Flächen den Boden nach Fraktionen und Korngröße getrennt und hätte dadurch trotz PFAS einen guten Teil des Kieses verwenden können, da der Hauptteil der Chemikalien in den bindigen Fraktionen enthalten ist. „Aber in der Praxis ist das ganze Verfahren sehr aufwändig und auch teuer, bislang sind bereits Kosten im sechsstelligen Bereich angefallen“, stellt Christiane Ritter nüchtern fest. Und es stelle sich ja auch hier die Frage, wohin mit dem belasteten Oberboden, der zwischengelagert werden müsse, ebenso wie der Kiesanteil, den man wegen der PFAS-Belastung nicht verwenden könne, eine Deponierung sei auch hier teuer und in Baden-Württemberg nicht möglich. Eine Bodenwaschung ist ebenfalls teuer und für Oberböden nicht geeignet. Deswegen habe man die PFAS-Thematik jetzt erst einmal „geparkt“. Ein Forschungsprojekt zur Immobilisierung der PFAS in den Böden (VEGAS), an dem man auch beteiligt sei, laufe noch, so Ritter. Seit 2019 sei deswegen eigentlich nichts passiert, was dem Kieswerk weiterhelfen würde und Christiane Ritter würde sich pragmatische Übergangslösungen wie Abschieben und Abdecken des Bodens wünschen. Aber da gebe es seitens der Behörden viele bürokratische Hürden und am Ende irgendwie keine Lösung, sondern Stillstand, was bedeutet, dass die PFAS weiterhin durch die Böden in das Grundwasser sickern!

Komplexe Forschungen und ihre Umsetzung

Da sich die Papierindustrie aus der Aufarbeitung des PFAS-Skandals in Mittelbaden heraushält, müssen grundlegende Zusammenhänge zwischen Papierbeschichtungen, PFAS-Muster im Boden oder Transformation der PFAS dort aufwändig untersucht werden. Dafür hat das Landesumweltministerium neben anderen Projekten auch verschiedene Verbundforschungsprojekte (BWPlus) finanziert. Im Projekt FluorTECH untersucht man technische Produkte auf Papierschlämmen, die früher in der Papierindustrie verwendet wurden und potenzielle Vorläufer für die heute in Boden und Grundwasser vorkommenden

PFAS sind. „Durch einen Vergleich der Kettenlängen der PFAS in den Bodenproben mit denen in den Papierproben konnte gezeigt werden, dass die Kontamination auf den landwirtschaftlichen Flächen durch PFAS imprägnierte Papiere erklärbar ist“ (Bugsel 2021). Im Projekt PROSPeCT geht es um das Sorptions- und Transportverhalten von perfluorierten Alkylsäuren einschließlich ausgewählter Vorläufer im Boden und deren Transfer in die Nutzpflanze (Weidemann et al. 2021). Man konnte zeigen, dass sich die Vorläufer zwar abbauen, dass aber auch PFAS-Rückstände im Boden verbleiben, die derzeit weder extrahierbar noch analysierbar sind.

Und im Rahmen des vom Umweltbundesamtes finanzierten Projektes FluorTransfer wurden an 394 kontaminierten Standorten Umweltfaktoren wie pH-Wert, Gehalt an organischem Kohlenstoff und Bodentextur bestimmt, die die Pflanzenaufnahme von PFAS im Freiland beeinflussen. „Die Ergebnisse zeigen, dass man am häufigsten Perfluorbutansäure (PFBA) und Perfluorpentansäure (PFPeA) in den Pflanzen fand, unabhängig von der im Boden nachgewiesenen PFAS-Mischung. Der Gehalt dieser beiden PFAS unterscheidet sich deutlich zwischen verschiedenen Pflanzenarten“, erklären Runa Boeddinghaus und Jörn Breuer vom LTZ.

Für Thorsten Stahl, der sich seit rund 20 Jahren mit den PFAS beschäftigt und ebenfalls in Forschungsprojekte eingebunden ist, zeigt sich bei dem „PFAS-Pfad: Boden-Pflanze“ auch nach vielen Jahren immer noch die große Komplexität des Themas. „Klimawandel, Umweltfaktoren, die nicht homogene Verteilung der Stoffe im Boden, der Einfluss von Mikroorganismen, all das deutet darauf hin, dass im Vollzug die Kontrollen gebraucht werden, da man derzeit nicht abschätzen kann, „dass eine PFAS-Konzentration „xy“ im Boden eine Aufnahme „yz“ in die Pflanzen zur Folge hat“, so Stahl.

Die BWPlus-Projekte laufen noch bis Ende Mai, die Abschlussberichte werden voraussichtlich im zweiten Halbjahr 2022 über die LUBW veröffentlicht. „Bemerkenswert an den BWPlus-Projekten ist der regelmäßige Informationsaustausch zwischen den einzelnen Arbeitsgruppen und den Vertretern der Umweltbehörden in Baden-Württemberg, mit dem Ziel, die Forschungsergebnisse für die Praxis nutzbar zu machen“, betont Janine Kowalczyk vom Projekt PROSPeCT. Und schon jetzt ist man sich einig, dass das vom Land Baden-Württemberg eingerichtete VEM das Beste war, was man in dieser Situation machen konnte.

Europäische Forschungen mit Mittelbadens „PFAS-Wasser“

Im Herbst 2021 startete das europäische Forschungsprojekt „Zero Pollution of Persistent, Mobile Substances (ZeroPM)“, dessen Ziel es ist, die Umwelt und die menschliche Gesundheit vor persistenten Stoffen wie auch den PFAS zu schützen (ZeroPM, the PFAS universe). „In Europa und in der Welt der PFAS-Forschung ist der „Rastatt-Case“ ein „berühmter“ Fall“, so Sarah Hale, die Projektleiterin von ZeroPM, weswegen auch

das Technologiezentrum Wasser in Karlsruhe (TZW), die Stadtwerke Rastatt sowie das Landratsamt Rastatt Teil dieses Projektes sind. Man sei sehr daran interessiert gewesen, für ZeroPM Standorte zu finden, „an denen wir arbeiten können und die einen echten Nutzen für die betroffenen Gemeinden haben und Rastatt ist eindeutig ein solcher Standort“, betont Hale. Das TZW hat als Schwerpunkt die Analytik und die Wasseraufbereitung von PFAS und die Stadtwerke erhoffen sich die Elimination von kurzkettingen PFAS durch komplette Zerlegung der Verbindungen. Das Landratsamt sieht viele Vorteile in ZeroPM, denn die Forschungsnehmer werden sich auch hier intensiv austauschen und abstimmen und der Landkreis kann sich direkt an die Wissenschaftler wenden, um Dinge anzusprechen, wofür man notwendige Unterstützung benötigt und man hat aus erster Hand Zugang zu den Aktivitäten und Ergebnissen der Projekte. Man hofft ebenfalls, dass man durch die Ergebnisse weitere Einblicke in die Beurteilung der noch auf den Äckern liegenden PFAS Mischkontamination und deren Verhalten bekommt.

Für Sarah Hale ist der Rastatt-Case nicht nur ein Umweltproblem, sondern ebenso ein soziales Problem in der Region. „Da der Boden und das Wasser verschmutzt sind, wird unter anderem der Anbau von Pflanzen auf den landwirtschaftlichen Flächen beeinträchtigt und damit auch die Lebensgrundlage der Menschen“, so Hale. Dies sei ein Aspekt, den man in ZeroPM ebenfalls untersuchen wolle, da man die Nachhaltigkeit der getesteten Lösungen unter Berücksichtigung verschiedener Elemente prüfen werde.

Und bei ZeroPM wird auch die Kommunikation nach außen direkt von Anfang an mitgedacht, etwas, was man vor Ort im Rastatt-Case erst nach und nach lernen musste. ZeroPM will die breite Öffentlichkeit und die politischen Entscheidungsträger erreichen und versuchen, die Menschen über das Problem der PM-Stoffe in der Umwelt aufzuklären, aber auch zeigen, dass man auf Lösungen hinarbeitet. „Wir wissen, wie wichtig es ist, mit den Menschen in der Sprache zu sprechen, die sie verstehen - und das ist nicht immer die Sprache, in der ich spreche, aber wir sind zuversichtlich, dass wir unsere Botschaften verständlich und nachvollziehbar machen können“, ist sich Hale sicher, (s. auch WHO 2022).

PFAS in Mittelbaden, das beinhaltet also nach zehn Jahren: Managementkonzepte, länderübergreifende Forschungsaktivitäten, Klagen vor Gericht und Gegenmaßnahmen, die schon mehr als 12 Millionen Euro verschlungen haben. Aber es bleibt trotz aller Erkenntnisse ein „Freilandexperiment“ ohne einfache Lösungen mit einem offenen Ende.

Faktenbox

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS/PFC) sind Industriechemikalien, die seit den 1940er Jahren immer weiterentwickelt wurden, heute kennt man, je nach Definition mehr als 5000 verschiedene PFAS. Sie sind fett-, wasser- und

schmutzabweisend und haben deswegen ein breites Anwendungsspektrum (Glüge et al. 2020), auch bei der Imprägnierung von Papier. Leider sind sie auch bioakkumulierbar, persistent und schädlich für Mensch und Ökosysteme (BMUV PFAS 2022; UBA 2020).

Literatur

- Bugsel, B., Bauer, R., Herrmann, F., Maier, M.E., Zwiener, C. (2022), LC-HRMS screening of per- and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) in impregnated paper samples and contaminated soils. *Anal Bioanal Chem*, 414, 1217-1225. <https://doi.org/10.1007/s00216-021-03463-9>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Service, Fragen und Antworten (FAQ), Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFAS), <https://www.bmu.de/faqs/per-und-polyfluorierte-chemikalien-pfas>, abgerufen 05.05.2022
- BWPlus (Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung), Ökologie und sonstige Themen, SiWaPFC, PROSPeCT, FluorTECH, VEGAS, <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/umwelt-und-energieforschung/projekte-bwplus-ii/>, abgerufen 26.04.2022
- Fenton, S.E., Ducatman, A., Boobis, A., De Witt, J.C., Lau, C., NG, C., Smith, J.S., Roberts, S.M. (2021), Per- and polyfluoroalkyl substance toxicity and human health review: Current state of knowledge and strategies for informing future research. *Environ Toxicol Chem*, 40, 606-630. <https://doi.org/10.1002/etc.4890>
- Frey, A., Klatt, P. (12.02.2017), Verseuchtes Grundwasser, wer trägt die Schuld? [Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung](#), Nr.6, Seite 57
- Glüge, J., Scheringer, M., Cousins, I.T., DeWitt, J.C., Goldenman, G., Herzke, D., Lohmann, R., Ng, C.A., Trier, X., Wang, Z. (2020), An overview of the uses of per- and polyfluoroalkylsubstances (PFAS). *Environ Sci: Processes Impacts*, 22, 2345-2373. <https://doi.org/10.1039/D0EM00291G>
- Kappler, B. (31.01.2017), PFC-Verfahren eingestellt, *Badischen Neueste Nachrichten*, <https://bnn.de/mittelbaden/baden-baden/pfc-verfahren-eingestellt>
- Klatt, P. (2020), PFAS: Umweltgifte für die Ewigkeit, *Spektrum – Die Woche*, 17/2020, <https://www.spektrum.de/wissen/pfas-umweltgifte-fuer-die-ewigkeit/1724648>
- Klatt, P. (2021a), Viele Fragen, wenige Antworten: Neun Jahre PFAS-Belastung in Mittelbaden, *GDCh, FG Analytische Chemie*, [Mitteilungsblatt 3/2021](#), 18-21,
- Klatt, P. (2021b), PFAS/PFC in Mittelbaden, *Globale Umweltgifte werden zum regionalen Problem*, p.26-28, <https://pfas-dilemma.info/images/PFAS-Broschuere.pdf>
- Klatt, P. (2022), Wer haftet für die Folgen der PFAS-belasteten Böden? <https://pfas-dilemma.info/aktuelles/36-schadenersatz-wegen-pfas-belastetem-kompost>, abgerufen 21.04.2022

- Klatt, P., Frey, A. (04.09.2016), Woher kam das Zeug bloß? [Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung](#), (FAZ.net)
- Klatt, P., Pöhlking, M., Weller, J. (26.09.2019), PFC-Skandal in Mittelbaden – Das Gift in uns, Ein multimediales Dossier, [Badische Neueste Nachrichten](#)
- LGA (2020), Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Bericht des Landesgesundheitsamtes zu den Ergebnissen der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt, https://sozialministerium.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-sm/intern/downloads/Downloads_Gesundheitsschutz/Bericht_PFC-BlutkontrolluntersuchungLKRastatt_2020-Aug2021fin.pdf
- LUBW (2017), Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/pfc-karten-online>, abgerufen 20.04.2022
- Merkblatt für den Anbau landwirtschaftlicher Kulturen auf Flächen mit PFC-Verunreinigungen in Mittel- und Nordbaden, herausgegeben vom Regierungspräsidium Karlsruhe und vom LTZ Augustenberg, [https://rp.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/RP-Internet/Karlsruhe/Abteilung_5/Referat_54.1/Stabsstelle_PFC/ DocumentLibraries/Documents/pfc_lw_merkblatt_lw_kulturen.pdf](https://rp.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/RP-Internet/Karlsruhe/Abteilung_5/Referat_54.1/Stabsstelle_PFC/DocumentLibraries/Documents/pfc_lw_merkblatt_lw_kulturen.pdf), abgerufen am 20.04.2022
- MLR, Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Erlass vom 28.06.2021 - Anwendung des EFSA-TWI-Werts (pdf, 41 KB)
- Nürnberg, G., Nödler, K., Lange, F.T., Schäfer, C., Huber, K., Scheurer, M. (2018), Nachweis von polyfluorierten Alkylphosphatestern (PAP) und Perfluoroktansulfonamido-ethanol-basierten Phosphatestern (SamPAP) in Böden, [Mitt Umweltchem Ökotox](#), 24, 28-32
- Rastatt, Landkreis, 2016. PFC-Belastung von Boden und Grundwasser im Raum Rastatt/ Baden-Baden - Historie und Zusammenfassung. https://www.landkreis-rastatt.de/site/kreis-rastatt/get/documents_E-1958743887/kreis-rastatt/Objekte/03_Aktuelles/PFC/HistorieundZusammenfassung_StandSeptember2016.pdf
- Rodriguez, L., Kasprzyk, O. (2021), Per- und polyfluorierte Stoffe in der Forschung, [Umweltmagazin BD](#). 51 NR. 05-06, p. 40-43
- Röhler, K., Haluska A. A., Susset B., Liu B., Grathwohl P. (2021), Long-term behavior of PFAS in contaminated agricultural soils in Germany, *J Contam Hydrol*, 241, 103812 <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2021.103812>
- Scheurer M., Lesmeister L., Breuer J., Schultheiß M. (2020), Transfer von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) von belasteten Böden in Pflanzen, [Mitt Umweltchem Ökotox](#), 26, 35-39
- Stadtwerke Rastatt (2019), Zivilklage der Stadtwerke Rastatt gegen den Komposthändler, [Pressemitteilung vom 2.05.2019](#),
- Umweltbundesamt (2020), PFAS. Gekommen, um zu bleiben, Schwerpunkt 1-2020. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkt-1-2020-pfas-gekommen-um-zu-bleiben>
- VEGAS: Entwicklung einer Vorgehensweise zum Nachweis der PFAS-Immobilisierung für konkrete, vorgegebene Immobilisierungsansätze, Universität Stuttgart, DVGW Technologiezentrum Wasser (TZW), Laufzeit 01.05.2019 bis 31.05.2022, https://www.iws.uni-stuttgart.de/institut/forschung/projekte/vegas/20190501_P_FAS-Immo
- Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg (2019), PFC-Problematik im Raum Rastatt und Baden-Baden: Bodenschutzrechtliche Untersuchungsanordnungen rechtskräftig, [Pressemitteilung 03.04.2019](#),
- Weidemann, E., Kowalczyk, J., Just, H., Breuer, J., Göckener, B., Lämmer, R., Stahl, T., Bücking, M., Gaßmann, M., (2021), Welche Prozesse sind für das Umweltverhalten von PFAS im Boden verantwortlich? [Mitt Umweltchem Ökotox](#), 27, 5-9
- WHO (2022), Wirksame Risikokommunikation zu Umwelt und Gesundheit: Ein strategischer Bericht über aktuelle Trends, Theorien und Konzepte. Kopenhagen: WHO-Regionalbüro für Europa, p. 32-38, <https://www.euro.who.int/de/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2022/effective-risk-communication-for-environment-and-health-a-strategic-report-on-recent-trends-theories-and-concepts-2021>
- ZeroPM, the PFAS-universe, (2021), <https://zeropm.eu/2022/04/the-pfas-universe/>

Über die Autorin:

Patricia Klatt ist Biologin und Wissenschaftsjournalistin und schreibt seit 2014 über den PFAS-Skandal in Mittelbaden. In der Online-Broschüre: „PFAS / PFC in Mittelbaden - Globale Umweltgifte werden zum regionalen Problem“ (2021) hat sie die wichtigsten lokalen Fakten zusammengefasst und in den globalen Kontext eingebettet. Auch auf ihrer Homepage bloggt Klatt regelmäßig über diverse PFAS-Neuigkeiten.

Korrespondenzadresse

Patricia Klatt
Diplom-Biologin & Wissenschaftsjournalistin
77815 Bühl
pfaswelt@gmail.com
<https://pfas-dilemma.info>
<https://pfas-dilemma.info/aktuelles>
<https://twitter.com/PFASDilemma>

PFAS – eine Herausforderung für die Umwelttechnologie

Anett Georgi (anett.georgi@ufz.de) und Katrin Mackenzie (katrin.mackenzie@ufz.de)
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Leipzig

Zusammenfassung

Neue Methoden, um poly- und perfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) aus Wasser effektiv zu entfernen, werden händelnd gesucht. Im Department Technische Umweltchemie des UFZ arbeiten wir daher an der Entwicklung von verbesserten Abbau- und Trennverfahren für PFAS und deren synergistischer Kombination. PFAS-Spurenkontaminationen sollen möglichst selektiv abgetrennt und aufkonzentriert werden, um sie unter kontrollierten Bedingungen vollständig zu zerstören. Neue Adsorber, Katalysatoren und hybride Verfahrensansätze werden vorgestellt.

Dimension des Problems

Schlagworte wie ‚Forever chemicals‘ oder ‚Stille Pandemie‘ sind Ausdruck unseres wachsenden Bewusstseins für die Dimension des Problems, das die Gruppe der synthetisch hergestellten PFAS für menschliche Gesundheit und Umwelt verursacht. Aufgrund der hohen chemischen Stabilität von PFAS, insbesondere der perfluorierten Alkansäuren, sowie ihrer Persistenz gegenüber biologischen Abbauprozessen, haben diese Verbindung eine ubiquitäre Verbreitung in Spurenkonzentrationen über den gesamten Globus erlangt. Darüber hinaus gibt es eine hohe Zahl an punktuellen Kontaminationen beispielsweise durch die Anwendung von PFAS-haltigen Feuerlöschschäumen oder Emissionen aus der Industrie und Verbraucherprodukten, aber auch Klärschlammasubstrat zur Bodenverbesserung. Die aktuellen Diskussionen um extrem niedrige tolerierbare Aufnahmemengen für Menschen sowie zukünftige Grenzwerte für Trinkwasser im Rahmen der überarbeiteten EU-Trinkwasserrichtlinie (Richtlinie 98/83/EG, 0,5 µg L⁻¹ für PFAS insgesamt oder 0,1 µg L⁻¹ für 20 einzelne PFAS [1]) stellen die Umwelttechnologie vor große Herausforderungen. Es gilt, die Ausbreitung von bestehenden PFAS-Kontaminationen in der Umwelt wirksam zu stoppen und damit Wasserressourcen zu schützen sowie Spurenkonzentrationen in sensiblen Gütern wie Trinkwasser sicher und kostengünstig zu eliminieren. Diesen Anforderungen steht aufgrund der extremen Stabilität der PFAS ein begrenztes Spektrum an Behandlungsoptionen gegenüber.

Verfahren und Konzepte für Entfernung und Abbau von PFAS

Tabelle 1 enthält eine Übersicht der aktuell angewandten sowie im Forschungsmaßstab untersuchten Behandlungsverfahren für PFAS-kontaminierte Wässer und Böden. Großtechnische Anwendung finden bisher im Wesentlichen Trennverfahren wie die Adsorption an Aktivkohle und Ionenaustauschern sowie die Membranfiltration, da bekannte abiotische Abbauprozesse wie OH-radikalgetragene Prozesse (AOPs, Advanced Oxidation

Processes) ebenso wie mikrobielle Prozesse unwirksam für den Abbau perfluorierter Verbindungen sind.

Tabelle 1: Aktuell verfügbare Methoden zur Entfernung von PFAS aus Wasser und Boden

Trennverfahren - Wasser	Abbauprozesse - Wasser
Aktivkohleadsorption	Elektrooxidation
Ionenaustauscher	Nicht-thermisches Plasma
Membranfiltration (Nanofiltration, Umkehrosmose)	Photokatalyse
Schaumfraktionierung (Foam fractionation)	Persulfatoxidation
Alternative Adsorbentien (Zeolithe, Polymere, etc.)	Reduktive Prozesse (solvatisierte Elektronen)
Trennverfahren - Boden	Abbauprozesse - Boden
Bodenwäsche	Verbrennung
Rückhalt durch <i>In-situ</i> -Sorptionbarrieren	
Stabilisierung/Solidifizierung	
Schaumfraktionierung	
Phytoremediation	

Allerdings verlagern Trennverfahren die Kontamination in eine zweite Phase, die als Abfall entsorgt oder nachbehandelt werden muss. Dennoch bieten Trennverfahren für die Behandlung der PFAS ein hohes Potenzial, da sie für große Wasserströme einfach anwendbar und sehr sicher sind, während praktisch alle Abbauprozesse energieintensiv sind bzw. harsche Bedingungen und hohe Verweilzeiten erfordern. Neue Entwicklungen am UFZ zielen auf die Verbesserung existierender Abbau- und Trennverfahren für PFAS sowie insbesondere deren synergistischer Kombination. Dazu werden Spurenkontaminationen der PFAS möglichst selektiv abgetrennt und damit aufkonzentriert als Voraussetzung für einen chemischen Abbau unter kontrollierten Bedingungen.

Optimierung der Adsorption von PFAS an Aktivkohle durch Steuerung von Oberflächenchemie und durch elektrisches Potential

Die Oberflächenchemie der Aktivkohle als wichtige Stellgröße für die PFAS-Adsorption

Aktivkohle als das am häufigsten eingesetzte technische Adsorbens spielt auch für die Entfernung von PFAS aus kontaminierten Wässern im technischen Maßstab bisher die größte Rolle. Mit PFAS beladene Aktivkohle wird entweder verbrannt

oder kann in speziellen thermischen Regenerierungsanlagen (>800°C) mit Hochtemperaturverbrennung der Abgase (>1000°C) regeneriert werden. Problematisch sind kurzkettenige PFAS, die von Aktivkohle nur mäßig adsorbiert werden, was die Standzeiten von Aktivkohleadsorbern an Standorten, wo z.B. Perfluorbutansäure einen wesentlichen Beitrag zum PFAS-Spektrum leistet, verkürzt. Gleichzeitig wurde in mehreren Arbeiten gezeigt, dass sich verschiedene Aktivkohleprodukte drastisch in ihrer Adsorptionsleistung für PFAS unterscheiden können. Aus diesen Gründen sehen wir ein deutliches Verbesserungspotenzial für die Aktivkohle-Adsorption zur PFAS-Eliminierung. Dies betrifft zum einen die Optimierung der Aktivkohlen für die spezifischen Erfordernisse der PFAS aber auch die Entwicklung von Methoden zur Vor-Ort-Regenerierung von Aktivkohle. Aktivkohlen für die Wasserreinigung werden vom Hersteller im Allgemeinen beworben nach Körnung, innerer Oberfläche (BET) und Adsorptionskennzahlen, wie der Jodzahl. Um eine Aktivkohle auszuwählen, die besonders zur Adsorption von PFAS geeignet ist, reicht das aber nicht. Perfluoralkylcarbon- und -sulfonsäuren liegen als sehr starke Säuren unter umweltrelevanten Bedingungen stets als Anionen vor. Anders als für neutrale hydrophobe Kontaminanten spielen daher neben den physikalischen Eigenschaften der Aktivkohle (z.B. spezifische Oberfläche und Porengröße) deren chemische Oberflächeneigenschaften eine entscheidende Rolle. Je nach Ausgangsmaterial und Herstellungsprozess besitzen Aktivkohlen saure und basische funktionelle Gruppen auf ihrer Oberfläche. Die Sorptionsfähigkeit der Aktivkohlen zeigt eine positive (ansteigende) Korrelation mit *sinkenden* Werten für 1) Sauerstoffgehalt, 2) Gehalt an sauren Gruppen, sowie 3) der Kationenaustauschkapazität als Maßzahlen für die Polarität und Dichte an negativen Ladungen. Gleichzeitig steigen die Sorptionskoeffizienten mit *steigenden* Werten für Ladungsnulldpunkt und Anionenaustauschkapazität als Maßzahlen für eine wachsende Dichte an positiv geladenen Oberflächenzentren an, was in Abb. 1 am Beispiel der Adsorption von Perfluoroktansäure (PFOA) gezeigt wird [2].

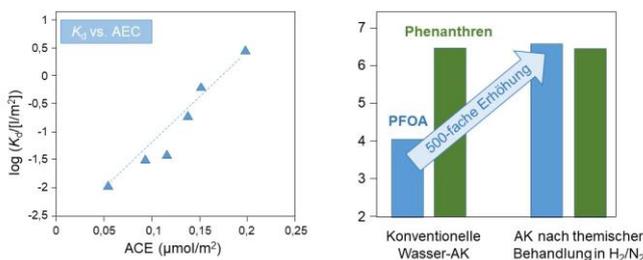


Abb. 1: a) Korrelation zwischen oberflächennormiertem Sorptionskoeffizient von PFOA ($c_{e,w} = 20 \mu\text{g}/\text{L}$) und Anionenaustauschkapazität (AEC) für verschiedene Aktivkohlen (Aktivkohlevliese, pH 7, 10 mM Na und b) Sorptionskoeffizienten (massenormiert) für Phenanthren und PFOA vor und nach Defunktionalisierung einer Aktivkohle durch thermische Behandlung in N_2/H_2

Eine thermische Behandlung von Aktivkohle in reduzierender Atmosphäre entfernt saure und schafft basische Oberflächenzentren und erhöht damit die Sorptionsfähigkeit für die an-

ionischen PFAS drastisch, während die Sorption von Phenanthren, hier als ‚klassische‘ neutrale Verbindung vergleichsweise dargestellt, nicht beeinflusst wird [3]. Einer optimalen Auswahl der Aktivkohle zur Erhöhung der Standzeit von Aktivkohleadsorbern kommt für die anionischen PFAS eine viel stärkere Bedeutung zu, als dies bei den klassischen Grundwasser-schadstoffen wie LCKW, BTEX oder PAK der Fall war. Standardisierte Parameter zur Charakterisierung der chemischen Oberflächeneigenschaften von Aktivkohleprodukten sollten entwickelt und von den Herstellern übernommen werden, um Anwendern die Auswahl zu erleichtern.

In-situ-Sorptionsbarrieren mit kolloidaler Aktivkohle

Aktivkohleadsorber sind Stand der Technik in sogenannten Pump&Treat-Anlagen zur Behandlung von gefördertem Grundwasser. Gleichzeitig kann Aktivkohle in kolloidaler Form, d.h. in einer Partikelgröße von ca. $1 \mu\text{m}$, zum Aufbau von *In-situ*-Sorptionsbarrieren genutzt werden [4, 5]. Dabei werden die Partikel in Form stabiler Suspensionen in den Untergrund injiziert, wo sie sich auf dem Aquifersediment ablagern und die Schadstoffe aus dem durchströmenden Grundwasser heraus-filtern. Im BMBF-geförderten Projekt ContaSorb (BMBF) wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Intrapore GmbH eine für PFAS optimierte, injizierbare Spezialaktivkohle entwickelt und im Pilotversuch an einem NATO-Flughafen in NRW im Bereich eines Feuerlöschübungsbeckens getestet [6]. Die Injektion der Partikel führte zu einer sofortigen und über mehr als 15 Monate anhaltende Absenkung der PFAS-Konzentrationen (Summe von 27 Einzelverbindungen) von $0,12 \mu\text{g}/\text{L}$ in den Bereich von $0 - 0,02 \mu\text{g}/\text{L}$. Bei einer eingebrachten Aktivkohlemenge von $3,7 \text{ kg}/\text{m}^2$ Anstromfläche sowie einer Abstandsgeschwindigkeit von $0,16 \text{ m}/\text{d}$ lässt sich eine theoretische Standzeit der Barriere von mehreren Jahrzehnten (rund 50 Jahren) abschätzen. Solche *In-situ*-Sorptionsbarrieren können die sich weit ausdehnenden PFAS-Fahnen sehr schnell und für lange Zeiträume stoppen. Derzeit gibt es bereits mehrere großtechnische Anwendungen sowie Forschungsprojekte zu *In-situ*-Sorptionsbarrieren mit kolloidaler Aktivkohle sowohl in Europa als auch in Nordamerika (dort insbesondere an Militärstandorten). Forschungsbedarf besteht hinsichtlich des Langzeitverbleibs der *In-situ*-Barrieren, um Möglichkeiten der endgültigen Eliminierung der immobilisierten PFAS aus dem Aquifer entweder durch Abbau bzw. Rückholung der PFAS-beladenen Aktivkohlepartikel zu finden.

Steuerung der PFAS-Adsorption durch elektrisches Potenzial: Elektrosorption

Die starke Abhängigkeit der PFAS-Adsorption von der Oberflächenladung macht sich das Verfahrenskonzept der Elektrosorption zunutze [7, 8]. Durch die Potentialbeaufschlagung wird leitfähige Aktivkohle quasi zu einem schaltbaren Adsorber. Mit kommerziellen Aktivkohlevliesen stehen sehr gut leitfähige, mikroporöse Aktivkohlematerialien zur Verfügung, die für die Elektrosorption eingesetzt werden können. Die Sorptionskoeffizienten für PFOA am Aktivkohlevlies variieren zwischen $6,5 \times 10^5 \text{ L}/\text{kg}$ und $1,5 \times 10^4 \text{ L}/\text{kg}$, je nachdem ob ein anodisches

bzw. kathodisches Potential ($\leq \pm 1$ V vs. Ag/AgCl) angelegt wird. Damit kann die Adsorption der PFAS durch Anlegen eines anodischen Potentials verbessert und durch Umpolung der Elektrodenpotentiale die Desorption in einen Konzentratstrom initiiert werden. Anhand der Unterschiede in den Sorptionsisothermen kann der Aufkonzentrierungsfaktor, d.h. das Volumenverhältnis von behandeltem Wasser zu Desorptionskonzentrat für eine Festbett-Elektrosorptionseinheit mit Potentialwechsel abgeschätzt werden. Dabei ergeben sich Konzentrierungsfaktoren ≥ 40 für PFOA und 100 für Perfluorbutansäure. Dies verdeutlicht das große Potenzial der Elektrosorption für die Vor-Ort-Regenerierung von Adsorbentien und als Aufkonzentrierungsschritt für die Kombination mit nachfolgenden PFAS-Abbauprozessen.

Gleichzeitig kann die Elektrosorption sehr gut auf die bereits erprobte Elektrooxidation der PFAS mit bordotierten Diamantelektroden und anderen innovativen Elektrodenmaterialien zugeschnitten werden [9]. Beide Prozesse können sich dabei sinnvoll ergänzen, die Elektrosorption verringert das zu behandelnde Wasservolumen, so dass die Elektrooxidation unter den gegebenen Bedingungen (Raum-Zeit-Ausbeute und Elektrodenkosten) in kompakten Anlagen möglich wird. Die Elektrooxidation kann eine vollständige Mineralisierung der PFAS erzielen, wobei die Wassermatrix der Elektrosorption an die Erfordernisse der Elektrooxidation angepasst werden kann (z.B. Wasser mit geringer Chloridkonzentration zur Vermeidung unerwünschter Oxidationsnebenprodukte wie Chlorate). Dies ist ein Vorteil gegenüber anderen Aufkonzentrierungsverfahren wie der Umkehrosmose, die PFAS in einer komplexen wässrigen Matrix anreichert oder Ionenaustauschern, deren Regenerierung im Fall von PFAS Alkohol/Lauge-Mischungen erfordert.

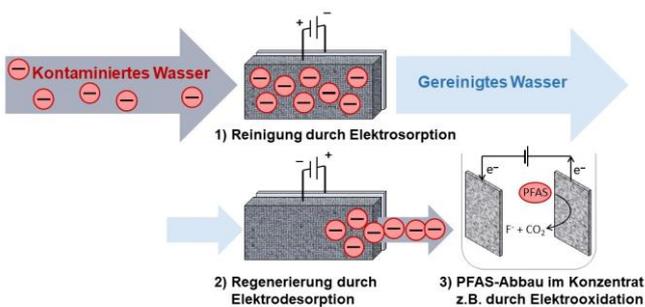


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Elektrosorptionsprozesses zur Wasserreinigung mit Adsorberregenerierung durch Potentialumkehr und Behandlung des Konzentrats durch Elektrooxidation

In der Verknüpfung von zwei technologischen Konzepten, die keine Chemikalien verbrauchen sondern lediglich elektrische Energie aus regenerativen Quellen und recycelbare Materialien benötigen, sehen wir großes Potential für neue Wasserreinigungsverfahren im Einklang mit den Nachhaltigkeitszielen Deutschlands und der EU. Derzeit arbeiten wir im Verbundprojekt FABEKO (KMU innovativ, Koordination: Sensatec

GmbH) am Einsatz der elektrostimulierten Adsorption für die Reinigung von biopolymerhaltigen Waschwässern aus der On-site-Bodenwäsche zur PFAS-Entfernung aus kontaminierten Böden.

Kombination von Adsorption und katalytischer Oxidation der PFAS

Sollen die PFAS direkt auf einem Adsorbentmaterial im adsorbierten Zustand abgebaut werden, dann müssen die dafür notwendigen reaktiven Spezies möglichst direkt an der Adsorbentoberfläche katalytisch erzeugt oder zumindest nicht von dieser parasitär verbraucht werden. PFAS benötigen hochreaktive Radikale wie Sulfatradikale zur Oxidation bzw. solvatisierte Elektronen zur Reduktion. Diese werden aufgrund ihrer unselektiven Reaktivität von einer Vielzahl an organischen und redoxaktiven anorganischen Stoffen verbraucht und sind daher extrem kurzlebig.

Zeolithe als mineralische Adsorber und (Photo) Katalysatoren zur PFAS-Oxidation

Synthetische industrielle Zeolithe sind hochporöse Aluminosilikate, die eine spezifische Oberfläche von bis zu 700 m²/g aufweisen können und anders als Aktivkohle gegenüber starken Oxidationsmitteln inert sind. In kolloidaler Form, das heißt als Partikel mit einem Durchmesser in der Größenordnung von ca. 1 µm, sind sie partiell transparent. Damit ergeben sich verschiedene Möglichkeiten zur Kombination von PFAS-Adsorption und nasschemischer Oxidation mit und ohne UV-Bestrahlung. In jüngeren Arbeiten haben wir daher Untersuchungen zur Verwendung von Zeolithen als Vor-Ort-regenerierbaren Adsorbentien für PFAS durchgeführt. Zeolithe vom BEA-Gittertyp zeigen eine hohe Affinität für die PFAS-Adsorption insbesondere von länger-kettigen PFAS wie PFOA. Thermisch aktiviertes Persulfat ist in der Lage, die im Zeolith adsorbierten Perfluoralkansäuren abzubauen. Dabei werden Sulfatradikale durch den Zerfall des Persulfats bei erhöhten Temperaturen gebildet und es konnte gezeigt werden, dass die Reaktion von Sulfatradikalen mit adsorbiertem PFOA im Zeolith schneller verläuft als in rein wässrigem Medium [10]. Der Zeolithadsorber hat eine katalytische Wirkung. Er wird nicht verbraucht, sondern steht für weitere Adsorptions-/Regenerierungszyklen zur Verfügung. Dieses Verfahrenskonzept kann in Festbettadsorbentien mit pelletierten Zeolithen umgesetzt werden, wobei die Adsorptionsphase ähnlich wie bei bekannten Aktivkohle-adsorbentien verläuft. Die Regenerierung kann jedoch direkt im Bett durch Spülen mit erwärmter Persulfatlösung erfolgen. Ein Austausch und Abtransport des Adsorbentien wie für Aktivkohle üblich, ist nicht notwendig. Die Trennung in Adsorptions- und Regenerierungsphase verknüpft wiederum beide Prozesse synergistisch (Abb. 3b). Die Wasserbehandlung erfolgt mit hohem Durchsatz mithilfe des schnellen und sicheren Adsorptionsverfahrens, der langsame Abbau der persistenten PFAS erfolgt nach Aufkonzentrierung in einem gut kontrollierbaren separaten Schritt, der bis zur vollständigen Mineralisierung geführt werden kann (Abb.3a).

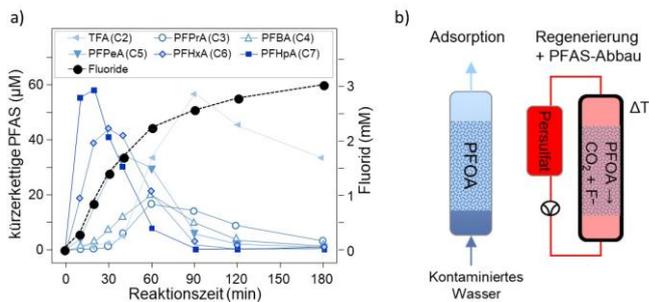


Abb. 3: a) Abbau von PFOA nach Adsorption im Zeolith durch thermisch aktiviertes Persulfat mit Fluoridfreisetzung und Bildung und Abreaktion von kurzkettingen Perfluorcarbonsäuren als Intermediate ($C_{\text{Zeolith}} = 50 \text{ g/L}$ und $C_{0,\text{PFOA}} = 240 \text{ µM}$, $C_{0,\text{Persulfat}} = 100 \text{ mM}$, $\text{pH}_0 = 3.0$, and $T = 70 \text{ °C}$) und b) Schematische Darstellung eines Adsorptionsprozesses mit Vor-Ort-Regenerierung des Zeolith-Adsorbers durch thermisch aktiviertes Persulfat

Durch die Verwendung kolloidaler Zeolithpartikel können ein-spülbare Suspensionen zur Platzierung von *In-situ*-Sorptionsbarrieren erzeugt werden. Auch hier wäre ein Abbau der adsorbierten PFAS nach Erschöpfung der Sorptionswirkung der Barriere durch thermisch aktiviertes Persulfat möglich. Zeolithe sind je nach ihrem Al-Gehalt im Verhältnis zum Si-Gehalt im Gitter mehr oder weniger starke Kationenaustauscher. Dies macht man sich zunutze, um redoxaktive Metallkationen wie z.B. $\text{Fe}^{2+/3+}$ hochdispers in Form isolierter Kationen auf den Zeolithoberflächen im Porensystem zu binden. Eisenbeladene Zeolithe sind als heterogene Fenton-artige Katalysatoren für den Abbau von organischen Schadstoffen mit H_2O_2 bekannt. Die dabei gebildeten OH-Radikale können perfluorierte Verbindungen allerdings nicht angreifen. Die Transparenz der hochporösen Zeolithe ermöglicht allerdings einen anderen Weg des oxidativen Abbaus der PFAS, der lediglich O_2 als Oxidationsmittel benötigt. Fe^{3+} -Ionen bilden mit den PFAS-Anionen einen Komplex, der durch Bestrahlung mit UV-Licht einem Ligand-zu-Metall-Elektronentransfer unterliegt, so dass das PFAS-Anion zu einem Carboxylradikal oxidiert wird. Damit wird eine Kette von weiteren Reaktionen ausgelöst, die für alle oxidativen PFAS-Abbauprozesse ähnlich postuliert wird und zu einer schrittweisen Kettenverkürzung führt. Die um jeweils eine CF_2 -Einheit verkürzte Carbonsäure unterliegt dem gleichen Abbauschritt. Für die Rückoxidation des dabei gebildeten Fe^{2+} zu Fe^{3+} wird Luftsauerstoff benötigt. Dieser photokatalytische Abbau der adsorbierten PFAS-Anionen wird durch die Kombination von hydrophober Sorption der Perfluoralkylkette in den Zeolithporen und Komplexbildung mit den Fe-Zentren stark begünstigt. Einfache Eisenoxidoberflächen sind nicht aktiv, gelöste Eisenionen sind nur im sauren Bereich und mit geringer Aktivität wirksam.

Im Vergleich zu den sulfatradikalgetragenen Oxidationsprozessen bietet dieser photokatalytische Abbau den Vorteil, dass auch Perfluorsulfonsäuren abbaubar sind, wobei energieintensivere UV-B-Strahlung (254 nm) notwendig ist [11]. Perfluorcarbonsäuren werden sogar durch UV-A-Strahlung abgebaut, die zu einem größeren Anteil auch im Sonnenlicht enthalten ist

[12]. Im Vergleich zu den bekannten TiO_2 -Photokatalysatoren, die PFAS mit geringer Aktivität durch direkte Oxidation an den gebildeten Löchern (h^+) oxidieren können, bieten die Fe-Zeolith-Photokatalysatoren den Vorteil einer um Größenordnungen stärkeren adsorptiven Anreicherung. Damit ist es wiederum möglich, die Wasserreinigung in zwei Teilschritte, I) adsorptive Abtrennung aus dem großen Volumenstrom des zu behandelnden Wassers und II) Abbau in aufkonzentrierter Form unter Regenerierung des Adsorbers, zu bewerkstelligen. Zukünftige Forschungsarbeiten sind auf die Immobilisierung der Fe-Zeolith-Partikel auf geeignete Membranen gerichtet, um kontinuierliche Wasserbehandlungsverfahren ohne die für Suspensionsprozesse notwendige Partikelabtrennung zu entwickeln.

Kolloidales Eisensulfid als Katalysator für die PFAS-Oxidation mit Persulfat

Eisen in Form von kolloidalem kristallinem FeS stellt ein weiteres interessantes Katalysatormaterial dar, das in der Lage ist, Persulfat ohne zusätzliche Einwirkung von Wärme oder Licht zu Sulfatradikalen zu aktivieren. Umfangreiche Untersuchungen zum Mechanismus der Radikalbildung und zur Radikalselektivität deuten darauf hin, dass die Aktivierung von Persulfat an der FeS-Oberfläche katalytisch durch oberflächenunterstützte homolytische Bindungsspaltung erfolgt [13]. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass PFOA durch FeS-aktiviertes Persulfat selbst in komplexerer Wassermatrix abgebaut werden kann. Der eigentliche Reaktionsort an oder in der Nähe der Oberfläche ist somit von den Quenchreaktionen, die üblicherweise in Lösung stattfinden würden, entkoppelt [14], was in Abbildung 4 skizziert wird.

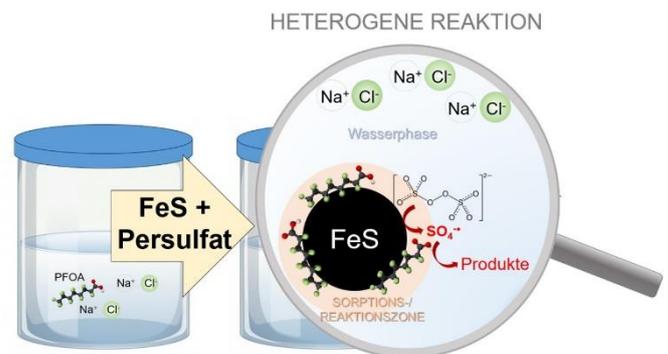


Abb. 4: Entzug des Schadstoffs aus dem Wasser (mit Radikalquenchern) durch Adsorption ermöglicht den ansonsten ‚unmöglichen‘ Abbau von PFOA am Ort der Radikal-erzeugung (Aktivierung von Persulfat an der FeS-Oberfläche)

Zusammenfassung und Ausblick

Effiziente Behandlungsverfahren für PFAS-kontaminiertes Wasser und Böden erfordern eine intelligente Kombination aus Abtrenn- und Abbauprozessen, um der hohen Persistenz der Stoffklasse gerecht zu werden. Für Trennverfahren auf Basis der Adsorption können Effizienzsteigerungen einerseits durch eine Verbesserung der Adsorptionsleistung und damit Standzeit der Adsorber erreicht werden. Speziell auf PFAS-Anionen zugeschnittene Adsorbentmaterialien, wie z.B. Aktivkohlen, müssen eine Kombination von hydrophoben Wechselwir-

kungen und elektrostatischer Anziehung gewährleisten. Andererseits besteht Potential in der Entwicklung von Vor-Ort-regenerierbaren Adsorbentien, um kurze Regenerierungsintervalle bei früh durchbrechenden Kontaminanten (z.B. kurzkettige PFAS) effizienter zu gestalten und großtonnagige Abfallströme sowie Transporte zu vermeiden. Hier kann die Elektrosorption als schaltbare Aktivkohleadsorption für die PFAS-Anionen z.B. in Kombination mit Elektrooxidationsverfahren neue Impulse setzen. Mineralische Adsorbentien, die gleichzeitig eine Katalysatorfunktion aufweisen, wie Zeolithpartikel und FeS, ermöglichen eine nasschemische Oxidation der PFAS direkt im adsorbierten Zustand und sind daher ebenso eine interessante Option für Vor-Ort-regenerierbare Adsorbentien. Erheblicher Forschungsbedarf besteht hinsichtlich geeigneter *In-situ*-Verfahren zur Boden und Grundwasserreinigung für PFAS. Die Kombination von Adsorption und Abbau ist hier ebenso ein bevorzugter Weg, um die Ausbreitung der mobilen PFAS (z.B. auch bei langanhaltender Nachlieferung von PFAS-Anionen aus Vorläuferverbindungen) über längere Zeiträume zu stoppen und durch selektive Anreicherung der PFAS günstige Bedingungen für den Abbau zu schaffen.

Referenzen

- [1] Richtlinie, E. U. "98/83/EG des Rates über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch." Amtsblatt der EG L 330 (1998).
- [2] N. Saeidi, F.D. Kopinke, A. Georgi, Understanding the effect of carbon surface chemistry on adsorption of perfluorinated alkyl substances. *Chem. Eng. J.* 381 (2020) 122689.
- [3] N. Saeidi, F.D. Kopinke, A. Georgi, What is specific in adsorption of perfluoroalkyl acids on carbon materials? *Chemosphere* 273 (2021) 128520.
- [4] A. Georgi, A. Schierz, K. Mackenzie, F.-D. Kopinke, Colloidal activated carbon for *in-situ* groundwater remediation - Transport characteristics and adsorption of organic compounds in water-saturated sediment columns. *J. Cont. Hydrol.* 179 (2015) 76-88.
- [5] G. R. Carey, R. McGregor, A. L.-T. Pham, B. Sleep, S. G. Hakimabadi, S. Gilak, Evaluating the longevity of a PFAS in situ colloidal activated carbon remedy. *Remediation* 2 (2019) 17-31.
- [6] A. Georgi, J. Bosch, J. Bruns, K. Mackenzie, N. Saeidi, F.-D. Kopinke, Kolloidale Aktivkohle für die *In-situ*-Sanierung von PFAS-kontaminierten Grundwasserleitern. *Altlasten Spektrum* 29 (2020) 232 – 237
- [7] N. Saeidi, F.-D. Kopinke, A. Georgi, Controlling adsorption of perfluoroalkyl acids on activated carbon felt by means of electrical potentials. *Chem. Eng. J.* 416 (2021) 129070.
- [8] J. Zhou, N. Saeidi, L. Y. Wick, Y. Xie, F.-D. Kopinke, A. Georgi, Efficient removal of trifluoroacetic acid from water using surface-modified activated carbon and electro-assisted desorption. *J. Hazard. Mater.* 436 (2022) 129051.
- [9] C. E. Schaefer, C. Andaya, A. Burant, C. W. Condee, A. Urriaga, T. J. Strathmann, C. P. Higgins, Electrochemical treatment of perfluorooctanoic acid and perfluorooctane sulfonate: Insights into mechanisms and application to groundwater treatment. *Chem. Eng. J.* 317 (2017) 424-432.
- [10] L. Qian, F.-D. Kopinke, T. Scherzer, J. Griebel, A. Georgi, Enhanced degradation of perfluorooctanoic acid by heat-activated persulfate in the presence of zeolites. *Chem. Eng. J.* 429 (2021) 132500.
- [11] L. Qian, A. Georgi, R. Gonzalez-Olmos, F.D. Kopinke, Degradation of perfluorooctanoic acid adsorbed on Fe-zeolites with molecular oxygen as oxidant under UV-A irradiation. *Appl. Catal B: Environ.* 278 (2020) 119283.
- [12] L. Qian, F.D. Kopinke, A. Georgi, Photodegradation of perfluorooctanesulfonic acid on Fe-zeolites in water. *Environ. Sci. Technol.* 55 (2021) 614-622.
- [13] S. Sühholz, F. D. Kopinke, K. Mackenzie, Reagent or catalyst?—FeS as activator for persulfate in water. *Chem. Eng. J.* 387 (2020) 123804.
- [14] S. Sühholz, A. Gawel, F. D. Kopinke, K. Mackenzie, Evidence of heterogeneous degradation of PFOA by activated persulfate—FeS as adsorber and activator. *Chem. Eng. J.* 423 (2021) 130102.

Korrespondenzadresse

Dr. Katrin Mackenzie
 Department Technische Umweltchemie
 Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Leipzig – UFZ
 Permoserstrasse 15
 04318 Leipzig
 Tel. 0341 235 1760
 E-Mail: katrin.mackenzie@ufz.de

Freisetzung von Pestiziden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen – Methodenvergleich zum Elutionspotential

Meierdierks, J. (jana.meierdierks@uni-tuebingen.de), Grathwohl, P. (grathwohl@uni-tuebingen.de)
Geo- und Umweltforschungszentrum, Universität Tübingen

Zusammenfassung

Die Kombination von intensivem Pestizid-Einsatz in der Landwirtschaft mit teilweise unerwartet hoher Langlebigkeit der ausgebrachten Stoffe im Feld führt zu der Gefahr der Elution ins Grund- und Trinkwasser. Dementsprechend bedarf es einer verlässlichen Bestimmung des Elutionspotentials von Pestiziden im Feld. Am Beispiel einer Ackerfläche wurden Säulen- und Schüttelversuche durchgeführt und mit Sickerwasserproben aus Feldlysimetern verglichen. Erwartungsgemäß unterscheiden sich die drei Methoden in Reproduzierbarkeit und Aufwand, führen insgesamt aber zu vergleichbaren Ergebnissen. Säulenversuche zeigten sich dabei als geeignete Methode, um mit relativ geringem Aufwand reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, die die Beobachtungen im Feld gut widerspiegeln.

Einleitung

Pestizide sind die größte Gruppe organischer Verbindungen, die in großem Maßstab flächig in die Natur eingetragen werden. Über 4.1 Millionen Tonnen Pestizide werden jährlich weltweit ausgebracht – und nur etwa 30-50 % landen auf der Pflanze (Riedo, et al., 2021). Ein relativ kleiner Teil verbreitet sich in der Umwelt über Verwehungen und Oberflächenabfluss, der Rest landet im Boden kann von dort aus mit dem Sickerwasser ins Grundwasser transportiert werden und stellt damit ein Problem für die Trinkwassergewinnung dar. Mit ihrer Toxizität sind Pestizide für Organismen, Ökosysteme und den Menschen eine potentielle Bedrohung. Dementsprechend sind über die europäische Pflanzenschutzmittelverordnung sowie das deutsche Pflanzenschutzgesetz Vorgaben und Grenzwerte für Pestizide im Grund- und Trinkwasser definiert. Das Verhalten und die Verteilung von Schadstoffen in der Umwelt werden neben den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Stoffe vor allem von der Bodenbeschaffenheit bzw. den Wechselwirkungen zwischen Boden und Stoff bestimmt. Viele Stoffe erweisen sich im Feld persistenter als im Labor beobachtet (Chiaia-Hernandez, et al., 2017), so dass landwirtschaftlich genutzte Böden Reservoirs und sekundäre Quellen für eine Vielzahl an Stoffen, vor allem Pestiziden, darstellen (Silva, et al., 2019). Eine große Herausforderung besteht in der Bestimmung des Gefahrenpotentials von Schadstoffen im Boden gegenüber dem Grundwasser (Bhandari, et al., 2020; Vasickova, et al., 2019). Die verschiedenen Herangehensweisen zur Beantwortung dieser Frage umfassen Modellierungen auf der Basis von physikalisch-chemischen Parametern, Elutionsversuche im Labor sowie Lysimeterstudien im Feld (Banzhaf & Hebig, 2016; Schuhmann, et al., 2015; Chavez Rodriguez, et al., 2021)

Ziel dieser Studie ist es, verschiedene Methoden zur Bestimmung des Elutionspotentials von Pestiziden zu vergleichen. Dies umfasst Schüttel- und Säulenversuche im Labor sowie ein Langzeit-Sickerwassermonitoring im Feld.

Material und Methoden

Standort- und Bodencharakterisierung

Im Rahmen des SFB 1253 (CAMPOS) wurden drei landwirtschaftlich genutzte Flächen im Ammertal in Baden-Württemberg nahe Tübingen beprobt. Der hier vorgestellte Methodenvergleich zur Elution von Pestiziden konzentrierte sich zunächst auf einen Standort, Entringen. Es wurden zwei Bodenhorizonte beprobt, um zwischen dem Pflughorizont (0 - 30 cm) und dem darunter liegenden Boden (30 - 60 cm) zu unterscheiden. 20 Einzelproben wurden mit einem Edelmannbohrer genommen und im Labor homogenisiert. Vor der Extraktion und den Sorptionsversuchen wurde der Boden gefriergetrocknet, das Material für die Säulenversuche wurde feldfeucht in Weißblecheimern bei 4°C aufbewahrt. Zur Charakterisierung wurden der pH-Wert, die Korngrößenverteilung (Mastersizer 2000 - Hydro 2000S, Malvern) sowie der organische Kohlenstoffgehalt (vario EL, Elementar) bestimmt. Die Extraktion der Pestizide fand im Triplikate mittels *Accelerated Solvent Extraction* (ASE 200, Dionex; siehe Tabelle 1) statt.

Tabelle 1: Extraktionsmethode an der ASE

Parameter	settings
Solvent	Acetone:MilliQ(9:1)
Temperature [°C]	80
Pressure [psi]	1500
Heat [min]	5
Static time [min]	10
Flush vol. [%]	70
Purge [s]	100
Static cycles	2

Lysimeter. An allen drei Standorten wurden im November 2017 Feld Lysimeter der Firma *Umwelt Geräte Technik* (Müncheberg, Deutschland) eingebaut. Die begehbare Kammer der Lysimeter umfasst ca. 2.2 m Tiefe, 1 m Durchmesser und ist mit vier Tensiometern (UGT 160, Müncheberg) in zwei Tiefen (50 und 100 cm), einer Vakuumpumpe und 10 Saugplatten (ecotech Umwelt-Messsysteme, Bonn, Deutschland) mit angeschlossenen Auffang-Flaschen (jeweils fünf pro Tiefe) ausgestattet. Über diese Technik kann die Pumpe variabel den benötigten Druck anlegen, um ausschließlich das freie Sicker-

wasser zu beproben. Die Saugplatten sind mit einem Abstand von ca. 50 cm gleichmäßig um die Lysimeter Kammer verteilt. Alle 2 bzw. 4 Wochen wurden die Sickerwasserflaschen ausgetauscht, das Wasser charakterisiert (z.B. NO₃, DOC) und auf Pestizide untersucht. Bei geringen Volumina (< 100 ml) wurden die Proben mit 0.25 µm PTFE Filtern filtriert, mit 10 ng Isoproturon-d6 versetzt und direkt gemessen. Bei höheren Volumina wurden die Proben über *solid phase extraction*, SPE, (WATER OASIS HLB) angereichert. Eine Besonderheit der hier gewählten Lysimeter liegt in deren Anpassbarkeit mit abnehmbarem Eingang, sodass für die Landwirte eine konstante Bearbeitung über das gesamte Feld möglich ist.

Säulenversuche. Für die Säulenversuche wurden die Bodenproben (hier nur der obere Horizont) zunächst mit gereinigtem Quarzsand vermischt (20% Boden, 80% Quarzsand), um eine bessere Durchlässigkeit zu gewährleisten. Die Säulenversuche wurden im Duplikat nach DIN 19528 durchgeführt. Zur Gewährleistung der darin definierten Kontaktzeiten zwischen Wasser und Boden wurden Fließgeschwindigkeiten und Beprobungszeitpunkte an das Verhältnis Sand/Boden in der Säule angepasst. Da niedrige Konzentrationen im Eluat erwartet wurden, wurden Eluate über ein Wasser-/Boden-Verhältnis (L/S) von zwei hinaus beprobt, um ausreichend Volumen zur Anreicherung zu erhalten. Für einen ersten Test wurden außerdem Säulen mit zwei verschiedenen Maßen (50x8.5 cm, 35x7.5 cm) miteinander verglichen.

Sorptionsversuche. Zur Bestimmung der Verteilungskoeffizienten von Atrazin zwischen Boden und Wasser wurden Batchversuche im Triplikat durchgeführt. Gemahlener Boden (15 g) wurde mit 30 ml wässriger Lösung angesetzt, die CaCl₂

und NaN₃ sowie Atrazin in sechs unterschiedlichen Startkonzentrationen enthielt. Die Proben wurden für 10 Tage bei 20°C im Dunkeln auf einem Horizontalschüttler (150 rpm) durchmischt. Die Wasserproben wurden anschließend filtriert (0.25 µm PTFE Filter) und mit 2 % Acetonitril versetzt, mit MilliQ:Acetonitril (98:2 vol.) verdünnt oder über SPE angereichert (je nach Konzentration). Kontrollen und Blanks zeigten, dass es zu keinen relevanten Verlusten bzw. Querkontamination kam.

LC-MS/MS Analyse. Die Trennung und Detektion der Analyten fand über ein HPLC System von Agilent (Waldbronn, Deutschland) statt; mittels Umkehrphasenchromatographie (Agilent Poroshell 12 EC-C18, 2.7 µm, 2.1 x 100 mm) gekoppelt an ein Triple-Quadrupol-Massenspektrometer. Isoproturon-D6 wurde als interner Standard zur Kontrolle von Verlusten während der Probenaufbereitung genutzt. Die Quantifizierung der Stoffe fand über externe Kalibrierung mit 10 Konzentrationen (0.2 – 10 µg L⁻¹) statt. Zur Qualitätskontrolle wurde ein externer Standard (1.25 µg L⁻¹) jeweils nach 20-25 Messungen gemessen.

Ergebnisse

Böden. Bei den untersuchten Böden handelt es sich um feinkörnige Böden mit einem organischen Kohlenstoffgehalt von 1-1.5 % (Tabelle 2). Die zwei beprobten Tiefen unterscheiden sich hauptsächlich in der Menge an Pestiziden. Im oberen Horizont wurden insgesamt 27.3 µg kg⁻¹ gemessen, im unteren nur 2.5 µg kg⁻¹. In beiden Böden ist Bixafen die Hauptkomponente mit 78 % bzw. 72 % aus 13 bzw. 10 Stoffen (Abbildung 1).

Tabelle 2: Organische Kohlenstoffgehalte, Karbonatgehalte (TOC, CaCO₃), pH-Wert, Korngrößenverteilung und Summe der Pestizide in den Bodenhorizonten 0-30 und 30-60 cm Tiefe.

Horizont	TOC [%]	CaCO ₃ [%]	pH	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	∑ PSM [µg kg ⁻¹]
0-30 cm	1.45	0.15	6.8	17.7	79.3	3.0	27.3
30-60 cm	0.92	0.1	6.72	20.1	77.7	2.2	2.5

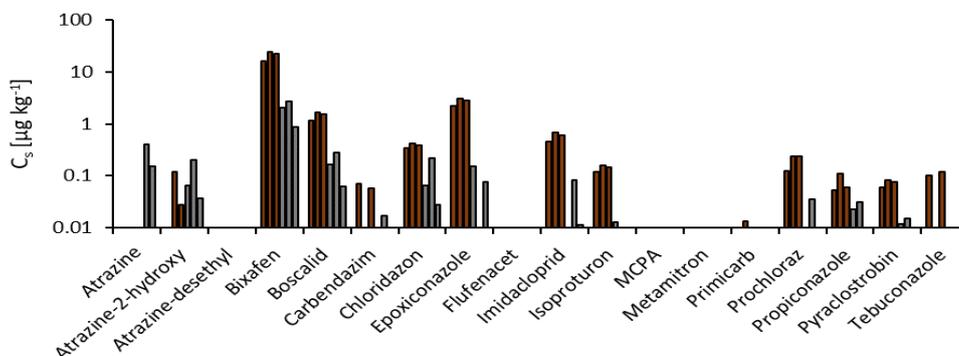


Abb. 1: Screening nach Pestiziden im Boden im Pflughorizont 0-30 cm (braun) und Unterboden 30-60 cm (grau). Hauptkomponente der gemessenen Stoffe ist Bixafen mit 78% Anteil an bestimmter Pestizidgesamtmasse - Y-Achse ist logarithmisch.

Sickerwasser. Abbildung 2 zeigt Ergebnisse aus dem Sickerwasser-Monitoring im Feld-Lysimeter über das Jahr 2019; dargestellt sind hier die Sickerwasservolumina zum Beprobungszeitpunkt in 50 und 100 cm Tiefe (für alle fünf Saugplatten), sowie die gemessenen Konzentrationen an Pestiziden im Sickerwasser (wenn möglich). Abgesehen von einer Ausnahme im Mai konnte an allen Standorten nur im Herbst und Winter Sickerwasser auf Pestizide untersucht werden. Ein jahreszeitlicher Verlauf der gemessenen Konzentrationen konnte nicht festgestellt werden. Hinzu kommt eine sehr hohe Variabilität zwischen den einzelnen Saugplatten sowohl für das Sickerwasservolumen, als auch für die gemessenen Konzentrationen einiger Stoffe. Die höchsten Schwankungen wurden bei Atrazin-2-Hydroxy mit 0 - 110 ng L⁻¹ und Bixafen mit 2.8 – 51.4 ng L⁻¹ beobachtet (Tabelle 3). Eine mögliche Erklärung für diese Variationen sind bevorzugte Fließwege, die auch das Sickerwasservolumen beeinflussen. Der Ein- und regelmäßige Umbau der Schächte sowie die große Trockenheit im Vorjahr (2018), die zu sehr tiefen und breiten Trockenrissen geführt hat, könnten Ursachen für derartige Fließwege sein.

Sorptionsisothermen. Alle beprobten Böden zeigen eine ähnliche nichtlineare Sorption von Atrazin mit Freundlich-Koeffizienten (K_F) von 2.2 - 2.5 und einem Exponenten (n_F) von 0.86. Die niedrigsten im Batchversuch gemessenen Konzentrationen entsprechen, mit 13 ng L⁻¹ im Wasser und 100 ng kg⁻¹ im Boden, den im Feld beobachteten Werten. Die für Atrazin bestimmten Sorptionskoeffizienten können über die Wasserlöslichkeit auf weitere Zielkomponenten skaliert werden (Kleineidam, et al., 2002). Dies setzt die Kenntnis der Wasserlöslichkeit voraus, die je Quelle oder Modell um bis zu

einer Größenordnung variieren kann. Für einen konsistenten Vergleich wurden für alle Komponenten die Wasserlöslichkeiten aus EPISUITE übernommen (berechnet mittels WSKOWWIN der U.S. EPA aus Kow- bzw. ursprünglich K_{oc} -Werten). Damit wurden aus den gemessenen Konzentrationen im Boden (C_s) Gleichgewichtskonzentrationen im Wasser ($C_{w,eq}$) berechnet (Tabelle 3). Für die meisten der untersuchten Stoffe liegen die berechneten Werte innerhalb des Bereichs der im Sickerwasser des Lysimeters gemessenen Konzentrationen ($C_{w,Sickerwasser}$). Ausnahmen sind Chloridazon und Imidacloprid mit deutlich niedrigeren Konzentrationen im Sickerwasser. Beide Stoffe zeichnen sich durch hohe Wasserlöslichkeiten und niedrige Halbwertszeiten aus und könnten zwischen der Bodenprobenahme (Juli 2019) und der Sickerwasserbeprobung (September 2019) abgebaut worden sein.

Säulenversuche. Wie zu erwarten, wurden in den Eluaten die gleichen Stoffe mit den höchsten Konzentrationen wie auch im Sickerwasser beobachtet (Tabelle 3). Die spezifischen Daten der Duplikate erwiesen sich als sehr reproduzierbar. Im Langzeitverhalten blieben die Konzentrationen im Eluat der kleineren Säulen nahezu konstant, während in den größeren Säulen ein deutlicher Konzentrationsrückgang ab LS 2 beobachtet wurde (Daten hier nicht gezeigt). Insgesamt weisen die gemessenen Pestizide in den Eluaten erstaunlich vergleichbare Konzentrationen zum Sickerwasser auf. Die größte Abweichung zwischen Säulenversuch und Sickerwasser wurde für Bixafen mit initial 120 ng L⁻¹ im Säulenversuch und 1-50 ng L⁻¹ im Sickerwasser beobachtet.

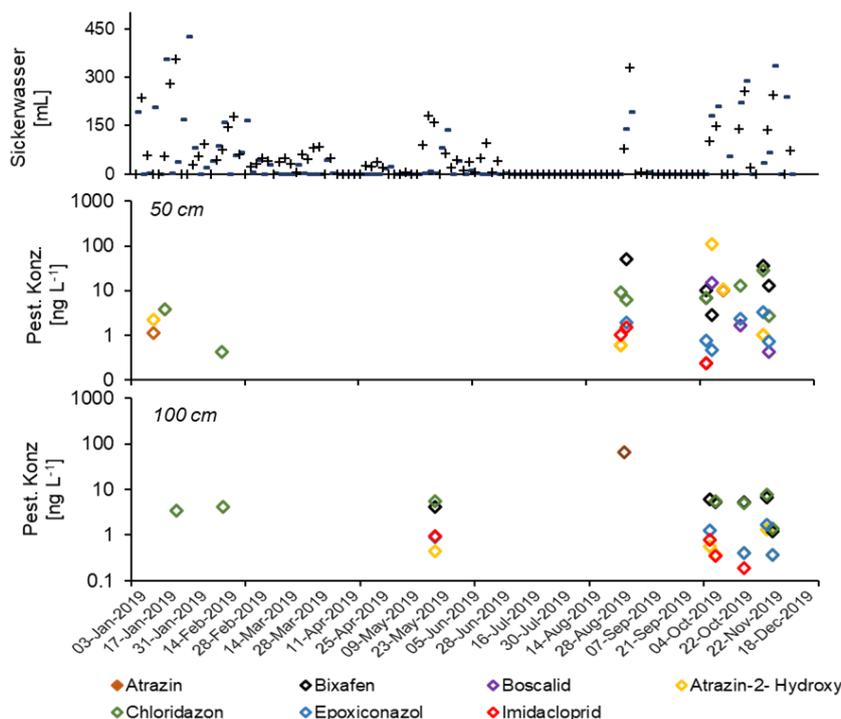


Abb. 2: Sickerwasser Monitoring über ein Jahr (2019) mit den Wasservolumen in den Tiefen 50 cm (Striche) und 100 cm (Kreuze) unter Geländeoberkante, sowie Pestizidkonzentrationen aus beiden Tiefen.

Tabelle 3: Wasserlöslichkeiten (S_L) der untersuchten Pestizide, K_{Fr} (für Atrazin gemessen - $n_{Fr} = 0.86$ - und für die weiteren Stoffe berechnet), Konzentration im Boden (C_s) und im Wasser; $C_{w,eq}$ (berechnet), $C_{w,Sickerwasser}$ und $C_{w,Säule}$. C_s und $C_{w,eq}$ sind für die beiden Horizonte (0-30/30-60 cm) und $C_{w,Sickerwasser}$ ist für 50 und 100 cm Tiefe angegeben, $C_{w,Säule}$ gilt für den oberen Horizont (kleine/große Säule).

Parameter/ Stoff	S_L [mg L ⁻¹]*	K_{Fr} [L kg ⁻¹]	C_s [ng kg ⁻¹]	$C_{w,eq}$ [ng L ⁻¹]	$C_{w,Sickerwasser}$ [ng L ⁻¹]	$C_{w,Säule}$ [ng L ⁻¹]
Tiefe	-	0-30 cm/ 30- 60 cm		50 cm/ 100 cm		0-30 cm
Atrazin	44	2.5/ 2.2	0.0/ 180	0.0/ 54	0-10/ 0-66	0/ 0
Atrazin-2-Hydroxy	5.9	14.1/ 12.4	50/ 100	0/ 0.8	0- 110/ 0- 1.3	0.1- 0.5/ 0.7
Bixafen	0.87	73/ 64	20900/ 1900	30/ 3.1	2.8- 51/ 1.2 – 6.6	122- 124/ 111
Boscalid	20.1	4.9/ 4.3	1400/ 200	30/ 4.8	0.4 – 15/ n.d.	11- 13/ 10
Chloridazon	3600	0.1/ 0.1	400/ 100	730/ 208	0.4- 28/ 1.4 – 7.8	4-6/ 5
Epoxiconazol	9.5	9.3/ 8.2	2700/ 100	30/ 1.3	0.5- 3.2/ 0.4- 7.8	19- 20/ 16
Imidacloprid	7200	0.1/ 0.1	600/ 30	140/ 113	0.2- 1.5/ 0 – 1.0	5- 7/ 6

* Daten aus EPISUITE übernommen, basierend auf K_{ow} bzw. K

Diskussion und Fazit

Alle drei Methoden, die hier miteinander verglichen wurden, weisen Stärken und Schwächen auf in ihrer Genauigkeit, Handhabung und Reproduzierbarkeit bzw. der Übertragung auf Feldbedingungen: Die Lysimeter gewähren einen guten Einblick in das Spektrum an Pestiziden, Konzentrationen und Variabilität der Sickerwasserflüsse. Sie sind allerdings aufwendig in Anschaffung und Wartung und benötigen lange Vorlaufzeiten, bis verlässlich Sickerwasser beprobt werden kann. Bei schweren Böden erhöhen geringe Probenvolumina die Messunsicherheit in der Analytik. Sorptionsversuche bieten eine gut kontrollierbare Option zur Bestimmung von Verteilungskoeffizienten zwischen Boden und Wasser auch in umweltrelevanten Konzentrationsbereichen. Potentiell relevante Prozesse wie z.B. Bioabbau werden aber nicht erfasst, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das Feld erschwert. Eine große Unsicherheit in der Übertragung der gemessenen Sorptionsparameter auf weitere Pestizide liegt bei den Wasserlöslichkeiten bzw. den K_{oc} oder K_{ow} Werten aus der Literatur, die stark variieren (Allen-King, et al., 2002; Razaque & Grathwohl, 2008). Säulenversuche erwiesen sich als praktikabel und gut kontrollierbar, um das Elutionsverhalten von Pestiziden im Labor zu erfassen und zeigten eine gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen im Feld.

Danksagung

Diese Arbeiten wurden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Sonderforschungsbereichs CAMPOS (SFB 1253/1) finanziert.

Literaturverzeichnis

- Allen-King, R., Grathwohl, P. & Ball, W. P.**, 2002. New modelling paradigms for the sorption of hydrophobic organic chemicals to heterogeneous carbonaceous matter in soils, sediments and rocks. *Adv. Water Resour.*, 25, 985-1016. DOI=10.1016/S0309-1708(02)00045-3
- Banzhaf, S. & Hebig, K. H.**, 2016. Use of Column experiments to investigate the fate of organic micropollutants - a review. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 20, 3719-3737. DOI=10.5194/hess-20-3719-2016
- Bhandari, G., Atreya, K., Scheepers, P. T. & Geissen, V.**, 2020. Concentration and distribution of pesticide residues in soil: Non-dietary human health risk assessment. *Chemosphere*, 235, 126594. DOI=10.1016/j.chemosphere.2020.1265934
- Chavez Rodriguez, L. et al.**, 2021. Modeling bioavailability limitations of atrazine degradation in soils. *Front. Environ. Sci.* DOI=10.3389/fenvs.2021.706457
- Chiaia-Hernandez, A. C. et al.**, 2017. Long-term persistence of pesticides and TPs in archived agricultural soil samples and comparison with pesticide application. *Environ. Sci. & Technol.*, 51, 10642-10651. DOI= 10.1021/acs.est.7b02529

Kleineidam, S., Schüth, C. & Grathwohl, P., 2002.

Solubility-normalized combined adsorption-partitioning sorption isotherms for organic pollutants. *Environ. Sci. & Technol.*, 36, 4689-4697. DOI= 10.1021/es010293b

Razzaque, M. & Grathwohl, P., 2008. Predicting partitioning of hydrophobic organic chemicals in soils and sediments based on water solubility. *Water Res.*, 42, 3775-3780. DOI= 10.1016/j.watres.2008.07.003

Riedo, J. et al., 2021. Widespread occurrence of pesticides in organically managed agricultural soils - the ghost of a conventional agricultural past?. *Environ. Sci. & Technol.*, 55, 2919-2928. DOI= 10.1021/acs.est.0c06405

Schuhmann, A. et al., 2015. A long-term lysimeter experiment to investigate the environmental dispersion of the herbicide chloridazon and its metabolites - comparison of lysimeter types. *J. Soils Sediments*, 16, 1032-1045. DOI=10.1007/s11368-015-1311-3

Silva, V. et al., 2019. Pesticide residues in European agricultural soils - a hidden reality unfolded. *Sci. Total. Environ.*, 653, 1532-1545. DOI=10.1016/j.scitotenv.2018.10.441

Vasickova, J., Hvezdova, M., Kosubova, P. & Hofman, J., 2019. Ecological risk assessment of pesticide residues in arable soils of the Czech Republic. *Chemosphere*, 216, 479-489. DOI=10.1016/j.chemosphere.2018.10.158

Korrespondenzadresse

Dr. Jana Meierdirks
Geo- und Umweltforschungszentrum
Universität Tübingen
Schnarrenbergstr. 94-96
72074 Tübingen
Tel.: 07071-29-77452
E-Mail: jana.meierdirks@uni-tuebingen.de



Entwicklung des „Verschmutzungs-Fingerabdrucks“ in der Nordsee während des letzten Jahrhunderts

A. Logemann (anna.logemann@studium.uni-hamburg.de)^{a,c}, M. Reininghaus (mathias.reininghaus1@rwth-aachen.de)^{b,d}, M. Schmidt (maikesch94@hotmail.de)^{c,e}, A. Ebeling (anna.ebeling@hereon.de)^{e,g}, T. Zimmermann (tristan.zimmermann@hereon.de)^e, H. Wolschke (hendrik.wolschke@hereon.de)^e, J. Friedrich (jana.friedrich@hereon.de)^f, B. Brockmeyer (berit.brockmeyer@bsh.de)^a, D. Pröfrock (daniel.proefrock@hereon.de)^{e*}, G. Witt (gesine.witt@haw-hamburg.de)^b

^a Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Bernhard-Nocht-Str. 78, 20359 Hamburg

^b Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW), Department für Umwelttechnik, Ulmenliet 20, 21033 Hamburg

^c Universität Hamburg, Institut für Geologie, Bundesstraße 55, 20146 Hamburg

^d RWTH University Aachen, Institut für Umweltforschung, Worringer Weg 1, 52074 Aachen

^e Helmholtz-Zentrum Hereon, Institut für Umweltchemie des Küstenraumes, Max-Planck Str. 1, 21502 Geesthacht

^f Helmholtz-Zentrum Hereon, Institut für Kohlenstoff-Kreisläufe, Max-Planck Str. 1, 21502 Geesthacht

^g Universität Hamburg, Institut für Anorganische und Angewandte Chemie, Martin-Luther-King-Platz 6, 20146 Hamburg

Originalpublikation: Environmental Pollution: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119040>

Zusammenfassung

Mit Hilfe von Sedimentkernen können historische Schadstoffemissionen rekonstruiert sowie die Wirksamkeit der Umweltschutzgesetzgebung überprüft werden. In dieser Studie wurden 90 anorganische und organische Schadstoffe sowie die stabilen Pb-Isotope in radiometrisch datierten Sedimentkernen aus dem wichtigsten Sedimentationsgebiet der Nordsee, dem Skagerrak, analysiert. Der so ermittelte „Verschmutzungs-Fingerabdruck“ zeigte, dass für alle untersuchten organischen Schadstoffgruppen (PAKs, OCPs, PCBs, PBDEs und PFASs) sowie für die Elemente Blei (Pb) und Titan (Ti) die Konzentrationen in Richtung der jüngeren Sedimentschichten abnehmen. Dabei konnten die Konzentrationsabnahmen mit den Zeitpunkten der Einführung von Beschränkungen und Verboten für die entsprechenden Substanzgruppen in Verbindung gebracht werden. Für Arsen (As) konnte ein Konzentrationsanstieg in jüngeren Sedimentschichten ermittelt werden, was möglicherweise auf korrodiertes Kriegsmaterial im Untersuchungsgebiet aus dem zweiten Weltkrieg zurückzuführen ist. Zusätzlich wurden die frei gelösten PAK- und PCB-Konzentrationen im Porenwasser ermittelt, da dies die Fraktion ist, die für die Sedimentorganismen biologisch gut verfügbar ist. Der Verlauf der frei gelösten Konzentrationen im Porenwasser stimmt sehr gut mit den Sedimentkonzentrationen überein.

Einleitung

Da Schadstoffe aus einer Vielzahl an Quellen in die Meeresumwelt eingetragen werden (z.B. Atmosphäre, Flüsse, Schifffahrt, Punktquellen usw.), sind deren Auswirkungen hier besonders stark sichtbar. Die Besorgnis über die Verschmutzung der Meeresumwelt mit verschiedenen Schadstoffen und deren Auswirkungen haben zur Regulation und Kontrolle der europäischen Küsten- und Meeresregionen durch regionale Meeresschutzübereinkommen (OSPAR, HELCOM), auf nationaler Ebene (z.B. des deutschen Bund/Länder-Messprogramm (BLMP)), sowie durch internationale Vereinbarungen (Meeres-

strategie-Rahmenrichtlinie (MSRL), UN Sustainability Goals) geführt. Zusätzlich wurden national und international seit den etwa 1960ern zunehmend Verbote und Beschränkungen für eine Vielzahl an Stoffgruppen erlassen. Diese politischen Maßnahmen stehen jedoch häufig vor einer Rechtfertigungsproblematik, angetrieben durch fehlende Indikatoren für die Zustandsbewertung [1, 2, 3, 4]. So erschweren beispielsweise das Fehlen und die Unsicherheit von Schwellenwerten für viele Schadstoffe deren angemessene Bewertung und Beurteilung zur Erreichung des guten Umweltzustandes [1, 2, 3, 4]. Daher müssen zusätzliche Indikatoren für eine umfassende Bewertung der Umweltverschmutzung, einschließlich neu auftretender und zukünftiger Schadstoffe oder bioverfügbarer Konzentrationen, in die aktuellen Überwachungssysteme integriert werden [5,6]. Einen Ansatzpunkt bietet beispielsweise die Untersuchung von Schadstoffen im zeitlichen Kontext mithilfe von Sedimentkernen [7, 8, 9]. Die Analyse von Sedimentkernen kann zum einen dazu dienen, die Wirksamkeit von politischen Maßnahmen zu prüfen und kann somit ein wichtiger Baustein zur Rechtfertigung selbiger sein. Zum anderen können aber auch Erkenntnisse über neue Schadstoffe im zeitlichen Kontext sowie Informationen über bioverfügbare Konzentrationen über die Analyse des Porenwassers gewonnen werden. Zusätzlich können mit Hilfe von Sedimentkernanalysen Hintergrundkonzentrationen bestimmter Schadstoffe ermittelt werden, die für die weitere Bewertung des guten Umweltzustands benötigt werden [7, 10, 11].

Seit dem Beginn der Industrialisierung ist die Nordsee einer erheblichen Verschmutzung durch verschiedenste Schadstoffe ausgesetzt und deshalb besonders relevant für die Bestimmung des Verschmutzungs-Fingerabdrucks mithilfe von Sedimentkernen. Ziel dieser Arbeit war es daher, ein zeitliches Belastungsprofil für die Schadstoffgruppen und Schadstoffe Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), polychlorierte Biphenyle (PCBs), Organochlorpestizide (OCPs)

und per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFASs) sowie den Elementen As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Ti und Zn zu ermitteln. Zusätzlich dazu wurden Konzentrationsverhältnisse von stabilen Pb-Isotopen im Sedimentkern und Konzentrationen von PAKs und PCBs im Porenwasser bestimmt.

Methoden

In dieser Studie wurde eine Sedimentkernserie untersucht, die mit einem Multi-Corer auf der Forschungsreise CE17013a an der Position 57° 49.8 N and 7° 59.9 E im Skagerrak in einer Wassertiefe von 520 m genommen wurde. Diese Kerne wurden in den Laboratorien des BSH, der HAW, des Helmholtz-Zentrum Hereon und des HU in Hamburg auf insgesamt 90 Substanzen analysiert, radiochemisch datiert und die Ergebnisse der Messungen umfassend ausgewertet. Umfangreiche Angaben zur Probenahme, Probenhandhabung, Aufarbeitung und zu den Messungen können Logemann et al. (2022) entnommen werden [12].

Ergebnisse und Diskussion

Datierung

Die Ergebnisse der ^{210}Pb - und ^{137}Cs -Datierung ergaben, dass die mit dem Multi-Corer genommenen Sedimentkerne einen Zeitraum von etwa 100 Jahren umfassen. Die Anwendung des CRS-Modells auf zwei ausgewählte analysierte Sedimentkerne ergab eine Sedimentationsrate zwischen $0,3 \text{ cm a}^{-1}$ und $1,3 \text{ cm a}^{-1}$. Der ^{137}Cs -Marker passte mit einer Differenz von 3 Jahren sehr gut zum CRS-Modell. Das ^{137}Cs -Signal der Atombombentests wurde in beiden datierten Kernen beobachtet.

Elemente

Die Analyse der Monitoring-Elemente (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Ti, Zn) im Sedimentkern ergab vor allem für die Elemente As, Pb und Ti Konzentrationsprofile mit signifikanten Konzentrationsspitzen, die in Abbildung 1 dargestellt sind.

Für As ist der gemessene Konzentrationsverlauf im Sedimentkern besonders auffällig. Während sich die As Konzentrationen im unteren Teil des Sedimentkerns (bis -15 cm) im Bereich der Hintergrundkonzentration bewegen (15 mg kg^{-1} , OSPAR BC), steigen sie oberhalb von -15 cm deutlich an und erreichen Konzentrationen, die etwa dreimal so hoch waren wie der Hintergrundwert. Wir gehen davon aus, dass dieser Anstieg der As-Konzentrationen mit der Verklappung von As-haltigen chemischen Kampfstoffen nach dem Zweiten Weltkrieg zusammenhängen könnte, die infolge von Korrosion der Behälter nach und nach freigesetzt werden. Es wird geschätzt, dass ca. 50 000 t bzw. 190 000 t chemischer Munition im Skagerrak bzw. in der Ostsee entsorgt wurden [13, 14].

Alle untersuchten Sedimentschichten enthielten deutlich höhere Pb-Konzentrationen als die BSH- und OSPAR-Hintergrundkonzentrationen, was darauf hindeutet, dass der Pb-Gehalt erheblich durch menschliche Aktivitäten beeinflusst wurde. Die Pb-Konzentrationen erreichen ein Maximum bei -22 cm (ca. 1981), gehen oberhalb davon kontinuierlich zurück und sind in den obersten Schichten des Kerns mit den Pb-Gehalten vom Anfang des 20. Jahrhunderts vergleichbar (**Abbildung 1**). Der Rückgang der Pb-Konzentrationen kann mit den Beschränkungen von Pb-haltigen Kraftstoffadditiven in Verbindung gebracht werden, die in den 1970er und 1980er Jahren europaweit eingeführt wurden [15, 16, 17].

Das Konzentrationsprofil von Ti zeigt ein Maximum bei -12 cm. Oberhalb davon nehmen die Konzentrationen ebenfalls ab und erreichen ähnliche Werte, wie die im unteren Teil des Kerns gemessenen Gehalte (**Abbildung 1**). Die kommerzielle Verwendung von Ti ab 1945 in der Metall-, Kunststoff- und Elektroindustrie korreliert gut mit dem im untersuchten Sedimentkern festgestellten Konzentrationsanstieg. Dieser Anstieg könnte aber auch auf die Einleitung von Dünnsäure, einem Abfallprodukt der Titandioxidverarbeitung, in die Nordsee ab den 1960er Jahren zurückgeführt werden. In den 1980er Jahren wurden bis zu 2,5 Mio. t pro Jahr in die deutsche Nordsee entsorgt [18]. Diese im Jahr 1989 verbotene Entsorgungspraxis könnte daher eine Erklärung für die abnehmenden Konzentrationen von Ti in den oberen Sedimentschichten sein [19].

Pb-Isotope

Das gemessene Isotopenverhältnis $n(^{208}\text{Pb})/n(^{204}\text{Pb})$ innerhalb des untersuchten Sedimentkerns (A) und die Darstellung des Drei-Isotopenplots ($n(^{208}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$) gegenüber $n(^{206}\text{Pb})/n(^{207}\text{Pb})$) (B) sind in **Abbildung 2** dargestellt. Das Pb-Isotopenverhältnis $n(^{208}\text{Pb})/n(^{204}\text{Pb})$ unterliegt einer erheblichen Variabilität. Die niedrigsten Isotopenverhältnisse sind bei etwa -20 cm (ca. 1985) zu finden und entsprechen dem Zeitraum, in dem die höchsten Pb-Konzentrationen festgestellt wurden (**Abbildung 1**), was auf einen erheblichen Eintrag von anthropogenem Pb während dieses Zeitraums hindeutet.

Das Drei-Isotopen-Diagramm (**Abbildung 2**, B) weist auf eine Vermischung von mindestens zwei verschiedenen Endgliedern hin: vermutlich natürliches Pb (-40 cm Kerntiefe) und ein anthropogenes Endglied (-20 cm Kerntiefe). Die untersuchten Sedimentschichten spiegeln daher eindeutig den Rückgang der anthropogenen Pb-Einträge in Mitteleuropa während der letzten Jahrzehnte wider. Trotz des verringerten Pb-Eintrags unterscheidet sich die Isotopenzusammensetzung der heutigen Sedimente immer noch deutlich von dem angenommenen geogenen Hintergrund.

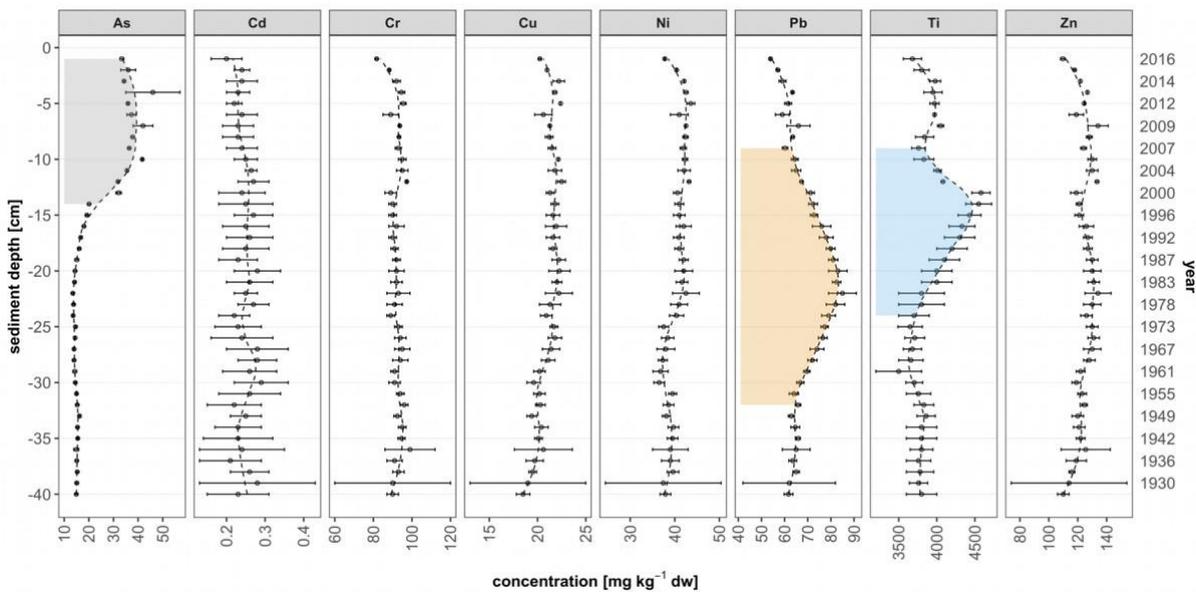


Abb. 1: Konzentrationsprofile der Elemente Arsen (As), Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Nickel (Ni), Blei (Pb), Titan (Ti) und Zink (Zn). Die Fehlerbalken zeigen die kombinierte Unsicherheit U ($k=1$) der Analyse. Farbige markierte Bereiche heben die diskutierten Konzentrationsspitzen hervor.

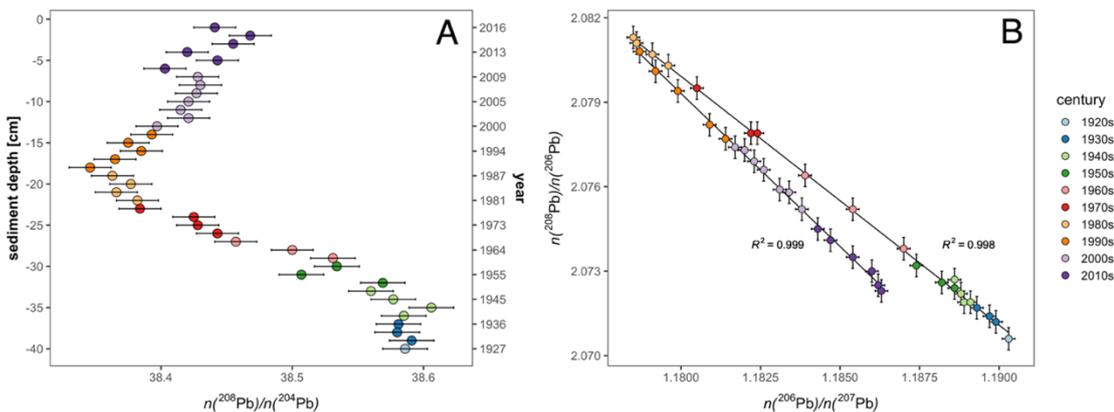


Abb. 2: Isotopenverhältnisse $n(^{208}\text{Pb})/n(^{204}\text{Pb})$ im analysierten Sedimentkern (A). Drei-Isotopenplot der Isotopenverhältnisse $n(^{208}\text{Pb})/n(^{206}\text{Pb})$ versus $n(^{206}\text{Pb})/n(^{207}\text{Pb})$ im analysierten Sedimentkern (B). Fehlerbalken zeigen die erweiterte Unsicherheit U ($k=2$)

Hydrophobe organische Schadstoffe (HOCs) und PFASs
 Die aufsummierten Konzentrationen der analysierten HOC-Gruppen (PAKs, PCBs, OCPs, PBDEs) und PFASs zeigen Konzentrationsprofile im Verlauf des Sedimentkerns mit einem ausgeprägten Maximum und abnehmenden Konzentrationen zu den oberen Sedimentschichten hin (**Abbildung 3**). Dabei wurden die maximalen Konzentrationen der einzelnen analysierten Schadstoffgruppen in unterschiedlichen Sedimenttiefen beobachtet.

Das Maximum der Σ PAK-Konzentrationen im Sediment wurde in einer Tiefe von -28 cm detektiert (ca. 1964). Die gemessenen PAK-Konzentrationen im Porenwasser des Sediments zeigen einen ähnlichen Verlauf, wie die im Sediment bestimmten Gehalte (**Abbildung 3**). Da die Ergebnisse der radiometrischen Datierung einen Zeitraum von ca. 100 Jahren ergaben, kann mit unseren Daten keine Aussage über den vorindustriellen Status der PAK-Sedimentkonzentrationen und somit

Hintergrundkonzentrationen getroffen werden. Allerdings erreichen die meisten PAKs in den oberen im Vergleich zu den untersten untersuchten Sedimentschichten niedrigere oder gleiche Konzentrationen, was auf geringere PAK-Emissionen aus anthropogenen Quellen in jüngerer Zeit hindeutet.

Alle gemessenen PCB-Kongenere weisen ein sehr ähnliches Konzentrationsprofil im Verlauf des Sedimentkerns, sowohl im Sediment als auch im Porenwasser, auf: In den unteren Sedimentschichten wurden sehr niedrige Werte unterhalb oder knapp oberhalb der NWG festgestellt. Ab -35 cm (ca. 1942) steigen die Konzentrationen rasch an und erreichen ein Maximum bei -23 bis -21 cm (ca. 1978 - 1983) (**Abbildung 3**). Dabei korreliert der beobachtete Konzentrationsanstieg bei -35 cm (ca. 1942) sehr gut mit dem Beginn der verbreiteten Anwendung von PCBs in den 1940er und 1950er Jahren [20].

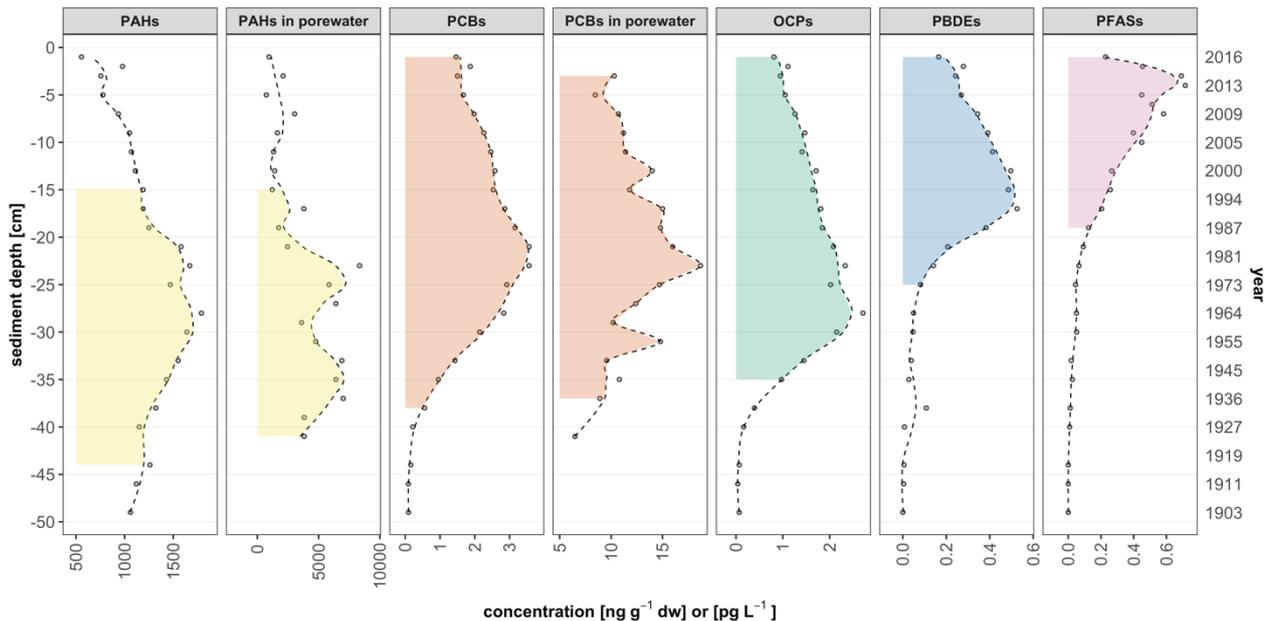


Abb. 3: Konzentrationsprofile der Schadstoffgruppen PAHs, PCBs, OCPs, PBDEs und PFASs im Sediment und im Porenwasser. Farbige Bereiche heben die diskutierten Konzentrationsspitzen hervor. Die gemessenen Konzentrationen im Porenwasser für Σ PCB bei -1 und -39 cm wurden aufgrund von Ausreißern entfernt.

Der beobachtete konstante Rückgang der PCB-Konzentrationen ab -21 cm (ca. 1983) entspricht den zu dieser Zeit aufkommenden zunehmenden Bedenken gegenüber PCBs und den daraufhin in ganz Europa nacheinander eingeführten Beschränkungen und Verboten [21]. Analog zu den PCBs konnten auch für die OCPs, PBDEs und PFASs in den unteren Sedimentschichten niedrige Konzentrationen verbunden mit einem signifikanten Anstieg und anschließendem Rückgang der Konzentrationen im Verlauf des Sedimentkerns festgestellt werden (Abbildung 3). Während die OCPs ein Maximum bei -28 cm (ca. 1964) erreichen, wurde das Maximum für die PBDEs und PFASs bei -17 cm (ca. 1992) bzw. -4 cm (ca. 2014) detektiert. Diese Konzentrationsverläufe stehen ebenfalls in sehr gutem Zusammenhang mit dem industriellen Einsatz der Substanzgruppen sowie der zunehmenden Erlassung von Beschränkungen, die für die OCPs in den 1960ern, für die PBDEs Anfang der 2000er und für PFOS und andere PFASs am Ende der 2000er eingeführt wurden [22, 23, 24].

Da die in dieser Studie erhobenen Daten eine direkte Reaktion der Schadstoffkonzentrationen auf Verbote und Beschränkungen erkennen lassen, wird die Bedeutung der Umweltgesetzgebung besonders deutlich. Das vergleichsweise träge rechtliche Verfahren ist jedoch keine angemessene Antwort auf die schnelllebigen industriellen Prozesse, bei denen ständig neue und künftig bedenkliche Chemikalien eingeführt werden. Am Beispiel der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zeigt sich, dass von den ersten Vorschriften für persistente organische Schadstoffe (POPs) bis zu den rechtsverbindlichen Umweltqualitätsnormen (UQN) im Jahr 2008 (EU 2008/105/EG, 2008) rund 30 Jahre vergangen sind. Diese UQN-Werte fehlen jedoch häufig noch für Meeresregionen!

Fazit

Die in dieser Studie ermittelten abnehmenden Konzentrationen klassischer Schadstoffe in der Nordsee zeigen die Bedeutung von Sedimentkernen als aussagekräftigen Indikator für die Abbildung eines zeitlich aufgelösten „Verschmutzungs-Fingerabdrucks“, der wiederum dazu dienen kann die Bedeutung, Wirksamkeit und Berechtigung gesetzlicher Maßnahmen und deren positive Auswirkungen auf die Erreichung des guten Umweltzustandes der Meeresumwelt herauszustellen. Unsere Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass selbst bei Ergriffung gesetzlicher Maßnahmen lange Zeiträume erforderlich sind, bis die Schadstoffkonzentrationen wieder auf Hintergrundniveau zurückgehen (OCPs, PCBs, PBDEs). Dies unterstreicht die Notwendigkeit von verbesserten und flexibleren staatlichen Überwachungssystemen, die sowohl klassische als auch neuartige Schadstoffe erfassen und in angemessenen Zeiträumen relevante Daten zur Festlegung von Grenzwerten in einer sich fortwährend verändernden „Schadstofflandschaft“ liefern. Die Überwachung sollte darüber hinaus berücksichtigen, dass die Bestimmung von Konzentrationen und einzelnen Stoffklassen bei der Vielzahl an vorhandenen Schadstoffen allein nicht ausreicht, um bspw. Risiken durch Mischungstoxizitäten angemessen zu bewerten. Zudem müssen zukünftig nachhaltigere Konzepte (Green Chemistry oder Benign-by-Design) in der Industrie zur Pflicht werden, um den Eintrag gefährlicher und schwer abbaubarer Schadstoffe in die Umwelt insgesamt zu vermeiden.

Danksagung

Diese Arbeit war Teil des NOAH-Synthese-Projekts, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert wurde (Nr. 03F0743A). Wir danken der Schiffsbesatzung der Forschungsreise mit der CelticExplorer CE17013a, der Werkstatt des BSH für den Bau des Sedimentkernschneide-

geräts, Isabel Goßmann, sowie Michael Radke, Jörn Logemann und Manuela Hemmerling-Büttner vom Institut für Hygiene und Umwelt in Hamburg für die Möglichkeit, Sedimentproben auf PFASs zu analysieren. A. Logemann dankt Kay-Christian Emeis und der SICCS Graduate School für die wertvolle Unterstützung.

Referenzen

- [1] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord und Ostsee (BLANO), 2018a. Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018. 1–191.
- [2] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord und Ostsee (BLANO), 2018b. Zustand der deutschen Ostseegewässer 2018. 1–194.
- [3] HELCOM, 2018. State of the Baltic Sea – Second HELCOM Holistic Assessment 2011-2016. Baltic Sea Environment Proceedings 155.
- [4] OSPAR, 2017. OSPAR Intermediate Assessment 2017 [WWW Document]. URL <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017> (accessed 6.27.21).
- [5] Altenburger, R., Brack, W., Burgess, R.M. et al., 2019. Future water quality monitoring: improving the balance between exposure and toxicity assessments of real-world pollutant mixtures. *Environ. Sci. Eur.* 31, 12. <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0193-1>
- [6] Muz, M., Escher, B.I., Jahnke, a., 2020. Bioavailable environmental pollutant patterns in sediments from passive equilibrium sampling. *Environ. Sci. Technol.* 54, 15861-71. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05537>
- [7] Bigus, P., Tobiszewski, M., Namieśnik, J., 2014. Historical records of organic pollutants in sediment cores. *Mar. Pollut. Bull.* 78, 26–42. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.008>
- [8] Korosi, J.B., Cheng, W., Blais, J.M., 2015. Organic pollutants in sediment core archives, in: Blais, J.M., Rosen, M.R., Smol, J.P [Eds.]: *Developments in Paleoenvironmental Research*, pp. 161–185. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9541-8>
- [9] Laane, R.W.P.M., Vethaak, A.D., Gandrass, J. et al., 2013. Chemical contaminants in the Wadden Sea: Sources, transport, fate and effects. *J. Sea Res.* 82, 10–53. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2013.03.004>
- [10] Boitsov, S., Klungsøyr, J., Jensen, H.K.B., 2020. Background concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in deep core sediments from the Norwegian Sea and the Barents Sea: A proposed update of the OSPAR Commission background values for these sea areas. *Chemosphere* 251, 126344. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126344>
- [11] Pérez-Fernández, B., Viñas, L., Bargiela, J., 2016. Historical profiles of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in marine sediment cores from Northwest Spain. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 71, 439–453. <https://doi.org/10.1007/s00244-016-0312-6>
- [12] Logemann, A., Reininghaus, M., Schmidt, M. et al., 2022. Assessing the chemical anthropocene – Development of the legacy pollution fingerprint in the North Sea during the last century. *Environ. Pollut.* 302, 119040. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119040>
- [13] Beldowski, J., Brenner, M., Lehtonen, K.K., 2020. Contaminated by war: A brief history of sea-dumping of munitions. *Mar. Environ. Res.* 162, 2020–2021. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105189>
- [14] Tørnes, J.A., Opstad, A.M., Johnsen, B.A., 2006. Determination of organoarsenic warfare agents in sediment samples from Skagerrak by gas chromatography-mass spectrometry. *Sci. Total Environ.* 356, 235–246. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.03.031>
- [15] Shahabi-Ghahfarokhi, S., Josefsson, S., Apler, A. et al., 2020. Baltic Sea sediments record anthropogenic loads of Cd, Pb, and Zn. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28, 6162-6175. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-020-10735-x>
- [16] Bundesministerium der Justiz, 1971. Gesetz zur Verminderung von Luftverunreinigungen durch Bleiverbindungen in Ottokraftstoffen für Kraftfahrzeugmotore (Benzinbleigesetz - BzBIG). *Bundesgesetzblatt I*, 1234–1236.
- [17] Bundesministerium der Justiz, 1987. Gesetz zur Änderung des Benzinbleigesetzes. *Bundesgesetzblatt I*, 2810.
- [18] Pickaver, A.H., 1982. Titanium dioxide waste dumping at sea time to call a halt. *Mar. Pollut. Bull.* 13, 375–379. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(82\)90110-2](https://doi.org/10.1016/0025-326X(82)90110-2)
- [19] Skjaereth, J.B., 1992. Towards the end of dumping in the North Sea - An example of effective international problem solving? *Mar. Policy* 16, 130–140. [https://doi.org/10.1016/0308-597X\(92\)90038-Q](https://doi.org/10.1016/0308-597X(92)90038-Q)
- [20] Gałuszka, A., Migaszewski, Z.M., Rose, N.L., 2020. A consideration of polychlorinated biphenyls as a chemostratigraphic marker of the Anthropocene. *Anthropocene Rev.* 7, 1–21. <https://doi.org/10.1177/2053019620916488>
- [21] Koppe, J.G., Keys, J., 2000. 6. PCBs and the precautionary principle, in: *Environmental Issue Report No. 22 - Late Lessons from Early Warnings: The Precautionary Principle 1896–2000*. European Environmental Agency, pp. 64–75.
- [22] Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2009. *Berichte zu Pflanzenschutzmitteln 2009*. BVL-Report.
- [23] Bundesministerium der Justiz, 2003. Siebte Verordnung zur Änderung chemikalienrechtlicher Verordnungen - Artikel 1 Änderung der Chemikalien-Verbotsverordnung. *Bundesgesetzblatt Teil I*, 44, 1697–1700
- [24] EU 2006/122/EC, 2006. DIRECTIVE 2006/122/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 12 December 2006 amending for the 30th time Council Directive 76/769/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (perfluorooctane sulfonates). *Off. J. Eur. Union L* 372, 32–34

Korrespondenzadressen

Dr. Daniel Pröfrock
Helmholtz-Zentrum Hereon
Institut für Umweltchemie des Küstenraums
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht
Tel.: 04152 87-2846
E-Mail: daniel.proefrock@hereon.de

Dr. Berit Brockmeyer
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Referat Meereschemie
Wüstland 2
22589 Hamburg
Tel.: 040 3190-3340
E-Mail: berit.brockmeyer@bsh.de

Berichte aus dem Vorstand

Am 25. Februar 2022 kam der Fachgruppen-Vorstand online zur zweiten Sitzung des Jahres zusammen. Es wurden die Rahmenbedingungen für die Umwelt 2022 besprochen (angedacht ist eine Präsenztagung in Emden Anfang September) sowie mögliche Themen von Sessions diskutiert und natürlich die Ausrichtung eines Umweltchemie Forums 2022 für die Jung-Mitglieder. Der Vorstand freut sich über weitere Anregungen und Beteiligungen aus der Mitgliedschaft. Auch die Beteiligung der FG beim GDCh Wissenschaftsforum Chemie 2023 wurde diskutiert.

Am 07. April 2022 kam der Fachgruppen-Vorstand online zur dritten Sitzung des Jahres zusammen. Mit dabei war wieder eine Vertreterin der jUCÖT, die aus dem Treffen der Gruppe berichtet hat. Veranstaltungen werden nun wieder mit großer Motivation geplant. Darunter sind die Umwelt 2022 zusammen mit dem SETAC GLB Anfang September, das Junge Umweltchemie Forum, das direkt vor dieser Jahrestagung am 05.09.2022 stattfinden wird, und das GDCh-Wissenschaftsforum 2023 im Leipzig. Der Perspektiventag wird ebenfalls wieder organisiert, er wird am 15. November 2022 stattfinden. Interessierte, die im Wissenschaftlichen Komitee der Umwelt 2022 mitwirken möchten, sind herzlich willkommen!

Bericht vom Online-Meeting am 23. März 2022 des FG-Arbeitskreises „Chemikalienbewertung“

Der Arbeitskreis Chemikalienbewertung traf sich am 23.3.22 zu einem Online-Meeting. Thema war die Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse eines UBA-Projekts zur Überprüfung der für die Umweltbewertung relevanten OECD Prüfrichtlinien hinsichtlich des Stands der Wissenschaft und Technik.

Zunächst präsentierte Stefan Hahn vom Fraunhofer ITEM in Hannover den Hintergrund, die Vorgehensweise und die Ergebnisse des Projektes um den potenziellen Aktualisierungsbedarf von OECD Prüfrichtlinien zu ermitteln und zu priorisieren und eine Liste möglicher Maßnahmen zu erstellen. Das Projekt zielt dabei darauf ab, den Bedarf zu erfassen und niederzulegen. Die tatsächliche Aktualisierung der Prüfrichtlinien oder verbindliche Aktualisierungsvorschläge sind nicht Teil der Projektlaufzeit. Insgesamt wurden zwei Umfragen sowie insgesamt 6 Workshops unter Beteiligung der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft durchgeführt. Das Projekt traf dabei auf großes Interesse, und die Bereitschaft vieler Experten sich an entsprechenden Überarbeitungen zu beteiligen. Es liegt nun eine Liste möglicher Aktualisierungen inklusive Begründungen vor, sowie eine erste Einstufung der Notwendigkeit der Überarbeitung der jeweiligen Prüfrichtlinie. Die nächsten Schritte wurden erläutert. Dafür stellte Susanne Walter-Rohde vom UBA in Dessau das

offizielle Vorgehen zur Ausarbeitung neuer als auch für die Aktualisierung bestehender OECD Prüfrichtlinien vor. Siehe dazu auch das Guidance Document (GD) No. 1 (OECD GD No. 1, 2009, <https://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/49803789.pdf>).

Die Aktualisierung bestehender OECD Prüfrichtlinien erfordert aufgrund der notwendigen internationalen Abstimmungen und Anerkennungen für die Chemikalienbewertung wesentliche Anstrengungen von allen Mitgliedsländern, dem OECD-Sekretariat und insbesondere von den LEAD COUNTRY/COUNTRIES.

Die nächste Sitzung des Arbeitskreises Chemikalienbewertung soll im Juni als Präsenz-Meeting stattfinden, bei dem auch die Wahlen des AK-Vorstandes (3 Personen) anstehen. Dazu sind alle Mitglieder aufgerufen, sich als Kandidatinnen und Kandidaten zu beteiligen.

Aktivitäten des FG-Arbeitskreises „Umweltmonitoring“ 2021/2022

Bedingt durch die COVID-19-Pandemie konnten im Jahr 2021 wiederum keine Präsenzveranstaltungen des Arbeitskreises (AK) Umweltmonitoring durchgeführt werden. Deshalb wurden im Laufe des Jahres zwei Vortragsveranstaltungen als virtuelle Treffen durchgeführt, zu deren Schwerpunktthemen jeweils Referentinnen und Referenten eingeladen wurden.

Thema der Veranstaltung im Juni 2021 war das Vegetationsmonitoring, wo Referentinnen und Referenten Entwicklungen und Ergebnisse aus dem Moosmonitoring sowie aus dem Umweltprobenbank-Programm vorstellten. Bei der Veranstaltung mit über 30 Teilnehmenden ging es beispielsweise um die Auswahl von Messstellen, die Probenahme und die Aufarbeitung von Moosproben, um Ergebnisse zu Metallbelastungen aus dem Moosmonitoring in Bayern und um die Analytik von halogenierten Flammschutzmitteln in Baumproben der Umweltprobenbank des Bundes. In einem weiteren Beitrag wurden Ergebnisse eines retrospektiven Monitorings von pflanzenassoziierten Arthropoden-Gemeinschaften mittels Umwelt-DNA-Metabarcoding aus archivierten Blätter- und Nadelproben der Umweltprobenbank präsentiert.

Das Schwerpunktthema der virtuellen AK-Sitzung Ende November 2021 mit etwa 50 Teilnehmenden war das Monitoring von Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen (PSM). Beiträge behandelten Untersuchungen von Kleingewässern auf PSM und die Rückkopplung zur PSM-Zulassung, Ergebnisse eines Luftmonitorings von PSM sowie Ergebnisse von PSM-Untersuchungen von Depositionsproben und Indikatorpflanzen aus Bayern.

Im September 2021 wurde vom AK Umweltmonitoring bei der virtuellen Tagung „Umwelt 2021“, die von der SETAC-GLB und der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie organisiert wurde, eine Session zum Thema „Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) - Erfassung und Bewertung“ veranstaltet. Schwerpunkt waren Ansätze zur Analytik der potenziellen Gesamtbelastung in Umweltproben mit dem „total oxidizable precursors“-Assay (TOP-Assay) und anderen summarischen Ansätzen wie z.B. der Erfassung der extrahierbaren organischen Fluorverbindungen (EOF). Mit 70 Teilnehmenden war die Session gut besucht. Ein ausführlicher Bericht zur Session wurde in den Mitteilungen der Fachgruppe veröffentlicht (Heft 4, 2021; S. 122-124).

Auch das erste Treffen des AK Umweltmonitoring im Jahr 2022 konnte nur als virtuelle Veranstaltung organisiert werden. Anfang April 2022 nahmen über 40 Personen an der AK-Sitzung zum Thema Umweltmonitoring mit Schwebstoffen teil. Das Spektrum der Beiträge umfasste das Monitoring von Kunststoffadditiven und ihrer Quellen mit Schwebstoffproben der Umweltprobenbank, die Untersuchung von Trends von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) mittels Target- und TOP-Assay sowie mit Hilfe des Summenparameters EOF in Schwebstoffen. Weitere Präsentationen behandelten Ergebnisse und Fallbeispiele der retrospektiven Non-Target-Analytik von Spurenstoffen in Schwebstoffen, Studien an Schwebstoffproben zur Belastung mit Quartären Alkylammoniumverbindungen und zur Multiresistenzentwicklung in Umweltorganismen in der COVID-19-Pandemie sowie retrospektive Biodiversitätsuntersuchungen mittels Umwelt-DNA aus Schwebstoffen der Umweltprobenbank im TrendDNA-Projekt.

Weitere Informationen zu den durchgeführten AK-Sitzungen sowie zum AK Umweltmonitoring allgemein sind über den unten angegebenen E-mail-Kontakt erhältlich.

Da coronabedingt die geplante Wahl auf einer Präsenzsitzung nicht durchgeführt werden konnte, ist die bisherige Leitung des AK Umweltmonitoring noch geschäftsführend tätig. Der AK wird bis zur im Laufe des Jahres 2022 geplanten Wahl gemeinschaftlich von Heinz Rüdell (Fraunhofer IME), Winfried Schröder (Uni Vechta) und Jan Schwarzbauer (RWTH Aachen) geleitet.

Kontakt:

Dr. Heinz Rüdell, Fraunhofer IME, Schmallenberg;
E-mail Heinz.Ruedel@ime.fraunhofer.de



6. Perspektiventag der GDCh-Fachgruppe „Umweltchemie & Ökotoxikologie“ bei der ibacon GmbH



Ort: [ibacon GmbH](#)

Arheilger Weg 17

64380 Roßdorf

Datum: 15. November 2022

Uhrzeit: 9.00 – 16.00 Uhr

Die GDCh-Fachgruppe „[Umweltchemie & Ökotoxikologie](#)“ veranstaltet zusammen mit der „[jungen Umweltchemie & Ökotoxikologie](#)“ (jUCÖT) und der [ibacon GmbH](#) am **15. November 2022** ihren **6. Perspektiventag**.

Der Tag bietet baldigen Berufseinsteigern die Möglichkeit, die Themen Umweltchemie und Ökotoxikologie aus Sicht eines Auftragsforschungsunternehmens (CRO) kennen zu lernen. Darüber hinaus wird die Vali Consulting GmbH einen Eindruck über die Arbeit im Bereich der Risikobewertung und Registrierung von Chemikalien vermitteln.

Alle Teilnehmenden können sich auf einen spannenden Tag mit Vorträgen und Labortouren freuen. Neben grundlegenden Themen, wird es auch um die Möglichkeiten und Herausforderungen des täglichen Arbeitens, z.B. als Studienleiter oder Consultant, gehen.

Wer also mehr über die ibacon GmbH und die Vali Consulting GmbH als potentielle Arbeitgeber erfahren möchte, ist herzlich eingeladen nach Roßdorf zu kommen.

Am Vorabend der Veranstaltung kann zum Kennenlernen ein gemeinsames Abendessen angeboten werden (Selbstkostenbasis). Bitte geben Sie bei Ihrer Anmeldung an, ob Interesse an diesem Abendessen besteht.

Anmeldung: Die Anzahl der Teilnehmenden ist auf 20 Personen begrenzt, Anmeldungen sind **bis zum 30. September 2022** bei Viviane Bayer (viviane.bayer@uni-muenster.de) möglich. Bitte geben Sie bei der Anmeldung Ihren Studiengang oder Ihre Arbeitsgruppe/Institution an.

Anreise: Es empfiehlt sich die Anreise mit dem Zug bis Darmstadt Hauptbahnhof. Von dort aus führen mehrere Buslinien (z.B. 672, RH) direkt zur ibacon GmbH (Roßdorf, Spessarting). (Details werden den Teilnehmenden rechtzeitig mitgeteilt).

Reisekosten: Die Fachgruppe gewährt Fachgruppen-Mitgliedern einen Reisekostenzuschuss (Zugfahrt 2. Klasse, wenn möglich Superspar-/Sparpreise) sowie einen Zuschuss zu einer Übernachtung vor dem Perspektiventag (bei einer Anreisedauer mit ÖPNV von über 1 Stunde) von insgesamt max. 75 €. Dafür schicken Sie den ausgefüllten Reisekostenantrag, den Sie unter dem Punkt „Reisekosten“ auf der Seite <https://www.gdch.de/service-information/downloads.html> finden und die Originalbelege nach dem Perspektiventag bitte an Maike Fries (m.fries@gdch.de), bzw. an die Geschäftsstelle der GDCh (z.Hd. Maike Fries). Tagegeld kann im Rahmen dieser Veranstaltung nicht gezahlt werden.

Übernachtung: Hierfür bietet sich Darmstadt mit einer großen Auswahl an Übernachtungsmöglichkeiten an. Zu empfehlen ist das „Welcome Hotel Darmstadt City Center“ oder „THE Darmstadt“. Von hier aus sind sowohl die Innenstadt als auch mehrere Haltestellen fußläufig erreichbar.

Wir freuen uns auf zahlreiche Anmeldungen und ein spannendes Treffen!

Patrick Riefer (für die ibacon GmbH), Markus Telscher (für den Fachgruppen-Vorstand) & Viviane Bayer (für die jUCÖT)

PS: Noch kein Mitglied der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie & Ökotoxikologie? Einfach auf der Homepage (www.gdch.de) registrieren und für 30 € (Jahresbeitrag für Studierende) Mitglied in der Gesellschaft werden. Die Mitgliedschaft in der Fachgruppe ist für Studierende kostenlos und kann direkt bei der **Registrierung** mitausgewählt werden. Studierende und Jungmitglieder werden zusätzlich automatisch Mitglied der jUCÖT.



Das Pestizid Aktions-Netzwerk (PAN Germany)... ist ein gemeinnütziger Verein, der über die negativen Folgen des Einsatzes von Pestiziden informiert und sich für umweltschonende, sozial gerechte Alternativen einsetzt. Wir sind Teil des internationalen Pesticide Action Network (PAN). Unsere Arbeitsfelder reichen von der Kritik an der Pestizidwirtschaft über die konstruktive Begleitung von Politik auf allen Ebenen bis hin zu praxisnahen Serviceangeboten für Landwirt*innen und Verbraucher*innen.

Unser Engagement für Umwelt und Gesundheit
Als PAN Germany 1984 gegründet wurde, war sowohl in Deutschland wie auch international nur wenig über Pestizid-Gefahren bekannt. Der Pestizideinsatz in der Landwirtschaft oder im heimischen Garten wird heute viel kritischer betrachtet als früher. Viele Bürger*innen möchten keine Pestizidrückstände in ihren Lebensmitteln, in Böden oder Gewässern und erwarten von den Entscheidungsträger*innen in Politik, Gesetzgebung und Behörden effektive und nachhaltige Verbesserungen im Umwelt-, Verbraucher*innen- und Anwender*innenschutz. Eine wachsende Zahl von Bürger*innen entscheiden sich bereits gegen den Einsatz von Pestiziden im Haus und Garten und damit für die Anwendung alternativer Möglichkeiten der Schädlingskontrolle.

[...]

PAN Germany hat viel erreicht
Dennoch stehen wir vor großen Herausforderungen. Schließlich wurden bisher oft nur Symptome der Pestizidwirtschaft bekämpft. Ein grundlegender Politikwandel hin zur Pestizidreduktion und zu einer langfristig tragfähigen, sozial gerechten und ökonomisch sinnvollen Form der landwirtschaftlichen Produktion sowie bei der Bekämpfung von Schädlingen und bakteriellen Erregern im privaten und im betrieblichen Bereich ist noch nicht erreicht. Deshalb setzen wir uns weiterhin für eine gesunde Welt für alle ein.

Homepage: <https://pan-germany.org/ueber-uns/>

Kurznachrichten

A step forward at UN Environment Assembly towards reducing global pollution



The fifth session of the United Nations Environment Assembly (UNEA-5) took place from the 28 February to 2 March in Nairobi, Kenya. The theme for UNEA's 5th session was "Strengthening Actions for Nature to Achieve the Sustainable Development Goals" and highlighted the crucial role of nature in our lives, addressing the need of protecting and restoring nature, and proposing nature-based solutions to achieve the sustainable development goals in its three complementary dimensions – social, economic, and environmental.

This is in line with the Burlington consensus event, organised by the Royal Society of Chemistry (RSC), and the UK Government's Department for Environment, Food & Rural Affairs (Defra). EuChemS was invited to the Burlington consensus event, during which, experts emphasized the need for a global, independent platform that can address the issues of pollution on a global scale, highlighting that such a discussion should be high priority at the UNEA-5.

Partners from all continents, agreed to launch negotiations on a new legally binding global agreement on plastics, which aim is to address some ignored issues in the existing initiatives and agreements with regard to the design and production phases of the plastics life cycle. The overall goal of the agreement is eliminating the leakage of plastic into the environment. The main proposed solutions focus on prevention, proper design and production of plastics and their resource-efficient use. The first session of the Intergovernmental Negotiating Committee will be held in the second semester of 2022 and the negotiation process is expected to end by 2024.

For more information about the outcomes of the Assembly, visit: [Environment Assembly \(unep.org\)](https://www.unep.org/environment-assembly)
Press release (shortened) March 15, 2022

EU-gefördertes Forschungsvorhaben zur Analyse aquatischer Abbaumechanismen von Polymerwerkstoffen an der Universität Hannover

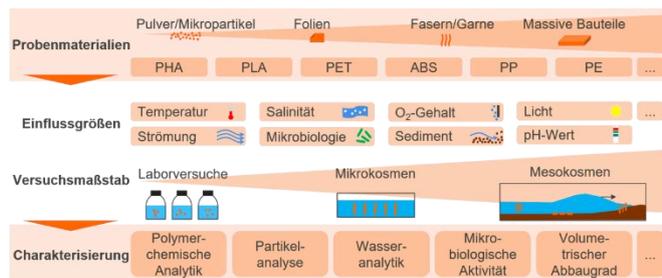


(Homepage Fakultät für Maschinenbau /LU Hannover)

Das Institut für Kunststoff- und Kreislauftechnik (IKK) in der Fakultät für Maschinenbau der Leibniz-Universität Hannover erhält mehr als 2 Mio. Euro Investitionsförderung über den „Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) als Teil der Reaktion der Union auf die COVID-19-Pandemie finanziert“ und mit Beteiligung des Landes Niedersachsen für das Projekt mit dem Akronym „SkalAb“ (Mehrskalige Analyse aquatischer Abbaumechanismen von Polymerwerkstoffen).

Hinter dem Projekt steht der Aufbau einer umfangreichen Infrastruktur für die Bearbeitung einer Vielzahl offener Fragestellungen zum Abbauverhalten von polymeren Werkstoffen im Wasser, denen das IKK aktuell und zukünftig nachgeht.

Mit den EFRE-Mitteln errichtet das IKK ein mehrskaliges, flexibles Prüflabor, bestehend aus verschiedenen Mikro- und Mesokosmen, mit deren Hilfe das Synthetisieren und die Steuerung der Umgebungsbedingungen natürlicher aquatischer Habitate (z. B. Flüsse, Seen und Meere) für systematische Abbauexperimente möglich wird. Mit Hilfe dieser Forschungsinfrastruktur kann gezielt das biologische, chemische und mechanische aquatische Abbauverhalten bei realitätsnaher Überlagerung der verschiedenen material- und umweltrelevanten Einflussgrößen ermittelt werden. Darüber hinaus können der zeitliche Einfluss, die Degradationskinetik sowie die Zusammenhänge zwischen Material und Umweltparametern einschließlich der zugehörigen Abbaumechanismen und der begleitenden Wasseranalytik bzgl. möglicher Abbauprodukte systematisch untersucht werden, so dass es möglich wird, Halbwertszeiten für Materialien oder Bauteile in Abhängigkeit der verschiedenen Einflussparameter vorherzusagen und weniger umweltschädliche Werkstoffe für bestimmte Anwendungen gezielt zu entwickeln.



Konzept zur mehrskaligen Analyse aquatischer Abbaumechanismen von Polymerwerkstoffen (Homepage Fakultät für Maschinenbau /LU Hannover)

Projekte am IKK zum Abbauverhalten von Kunststoffen

Es laufen aktuell bereits mehrere Forschungsprojekte zum Thema aquatische Abbaubarkeit am IKK. Diese werden von den fortschrittlichen Versuchsaufbauten und Analysemethoden von SkalAb profitieren und dadurch neue bzw. realitätsnahe Ergebnisse generieren.

Hierzu gehören die Projekte:

- [Marin bioabbaubare biobasierte Kunststoffe \(MabiKu\)](#)
- [Abbauverhalten von Reifenabrieb in aquatischen Ökosystemen \(AbRas\)](#)
- [Analyse von Mikroplastik und polymeren Abbau- bzw. Spaltprodukten in unterschiedlichen Medien und Konsistenzen sowohl in Gewässern als auch in Nahrungsmitteln \(Kooperative Promotion\)](#)
- [Diversity Enhancement through Seagrass Restoration \(SeaStore\)](#)

Ansprechpartner:

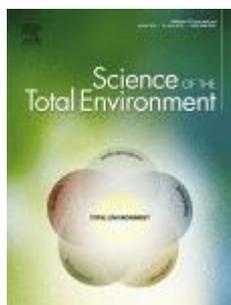
Dr. Florian Bittner

E-Mail: bittner@ikk.uni-hannover.de

0511 762 13301

Homepage:

<https://www.ikk.uni-hannover.de/de/forschung/aktuelle-projekte/aktuelle-forschungsprojekte-detailansicht/projects/skalab-mehrskalige-analyse-aquatischer-abbaumechanismen-von-polymerwerkstoffen/>



Degradation of low-density polyethylene to nanoplastic particles by accelerated weathering

When plastics enter the environment, they are exposed to abiotic and biotic impacts, resulting in degradation and

the formation of micro- and nanoplastic. Microplastic is ubiquitous in every environmental compartment. Nevertheless, the underlying degradation processes are not yet fully understood. Here, we studied the abiotic degradation of commonly used semi-crystalline, low-density polyethylene (LDPE) in a long-term accelerated weathering experiment

combining several macro- and microscopic methods. Based on our observations, the degradation of LDPE proceeds in three stages. Initially, LDPE objects are prone to abrasion, followed by a period of surface cracking. A large number of secondary particles with a high degree of crystallinity are formed, with sizes down to the nanometer scale. These particles consist of highly polar oligomers leading to agglomeration in the final stage. We therefore suppose that weathered microplastic and nanoplastic particles will attach to colloidal environmental matter. This offers an explanation for the absence of free nanoplastic particles in natural samples.

Teresa Menzel et al., Science of The Total Environment, Volume 826, 20 June 2022, 154035, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154035>

Mikroplastikeinträge in die marine Umwelt – Stand des Wissens und Handlungsoptionen Ergebnisse der Berliner Workshop-Reihe zu Mikroplastik

(Aus der Vorbemerkung:) Die Berliner Workshopreihe zu Mikroplastik sollte dazu dienen, eine verbesserte Wissensbasis zu schaffen und gezielte Vorschläge für eine geeignete Umsetzung der Maßnahmen der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) im Bereich Mikroplastik zu unterbreiten. Dazu wurden zwei Workshops mit Expert*innen im Jahr 2019 durchgeführt, um den Wissensstand zu Definition, Quellen, Einträgen, Mengen, Verbleib/Transfer, ökologischen sowie sozioökonomischen Auswirkungen und Wissenslücken zusammenzutragen sowie Lösungsoptionen zur Reduktion des Einsatzes von Mikroplastik in Produkten und Vermeidung des Eintrags von Mikroplastik in die marine Umwelt zu diskutieren. Ein dritter Workshop im Jahr 2020 diente zur Überführung von Handlungsoptionen in einen strukturierten Maßnahmenkatalog inklusive einer Einschätzung des zeitlichen Rahmens der Umsetzbarkeit.

Der vorliegende Bericht basiert auf den Vorträgen und Tischvorlagen der Teilnehmenden sowie den Diskussionsbeiträgen, soweit sie in Protokollen festgehalten wurden. Um das Themenpapier zu vervollständigen, wurden weiterhin zu verschiedenen Aspekten klärende und vertiefende Recherchen durchgeführt und wichtige aktuelle Erkenntnisse ergänzt.

Bertling, J., Dau, K., Selig, U., Werner, S., (2021). Runder Tisch Meeresmüll, AG Landbasierte Einträge, Unterarbeitsgruppe Mikroplastik. 72 Seiten, <https://doi.org/10.24406/umsicht-n-643812> www.muell-im-meer.de.

ENVI Committee votes on Persistent Organic Pollutants

A vote on the persistent organic pollutants (POP) draft report proposed by rapporteur Martin Hojsik by the EU-Committee on the Environment, Public Health and Food Safety (ENVI) could bring about stricter restrictions on POPs.

The vote follows the national environment ministers' endorsement of the Council's call for a regulation further restricting POPs in waste. This will be introduced as an amendment to the existing POP legislation. The regulation aims to boost progress towards a more sustainable, circular economy by ensuring the quality and reusability of secondary materials. In addition, the reduction of these pollutants will help protect public health and the environment.

Restrictions will be mainly focused on the limit values for dioxins and furans (PCDDs/PCDFs), which are not intentionally produced, rather, are present as an impurity in certain ashes. The concentration limit for dioxins and furans will be set to a maximum of 10 µg/kg.

Press release April 14, 2022,

<https://www.euchems.eu/newsletters/envi-committee-pop-vote/>

UBA-Pressemitteilung: Pestizidzulassungen hebeln Umweltschutz aus

Nach geltender Rechtslage bekommen in Deutschland Pestizide Zulassungen, obwohl sie nach wissenschaftlichen Erkenntnissen der Umwelt schaden. Den deutschen Behörden ist es derzeit nicht möglich, die Umwelt effektiv vor schädlichen Pestiziden zu schützen. Das sollte europarechtlich neu geregelt werden.

Landwirtschaftlich genutzte Pestizide – umgangssprachlich Pflanzenschutzmittel (PSM) - müssen in jedem Land der EU zugelassen sein, in dem sie vermarktet werden sollen. Wenn Pestizidhersteller eine Zulassung in mehreren EU-Ländern benötigen, können sie einen Staat auswählen, der das Mittel dann auf seine Wirksamkeit und seine Risiken für Umwelt und Gesundheit prüft. Diese Bewertung kann das Unternehmen dann in weiteren Staaten der EU einreichen. Diese müssen das Mittel ebenfalls zulassen, sofern keine landesspezifischen Gründe, wie bestimmte Landschafts- oder Klimabedingungen oder landwirtschaftliche Besonderheiten dagegensprechen. Die EU-Pflanzenschutzmittelverordnung ermöglicht es allerdings, den Rahmen dafür so eng auszulegen, dass praktisch keine Abweichung in der Zulassungsentscheidung möglich ist, auch wenn es handfeste fachliche Argumente dafür gibt. Laut aktueller Rechtsprechung in Deutschland läuft eine eigene nationale Bewertung, auch wenn sie auf wissenschaftlichen

Erkenntnissen beruht, dem Ziel eines harmonisierten Binnenmarktes für Pflanzenschutzmittel zuwider. Die deutschen Behörden seien deshalb an das Fachurteil des erstbewertenden Mitgliedstaates gebunden – auch dann, wenn dieser erkennbar gegen Bewertungsleitlinien verstoßen habe oder seine Bewertung aus heutiger Sicht fehlerhaft sei.

In mehreren Fällen wurde die Zulassung trotz hoher Risiken erteilt

In Deutschland hat das Umweltbundesamt (UBA) die Aufgabe, die Umweltrisiken von Pestiziden zu bewerten. Für einige kürzlich beantragte Pflanzenschutzmittel stuft das UBA die Umweltrisiken so hoch ein, dass sie nach fachlichen Kriterien nicht oder nur mit strengen Auflagen zulassungsfähig wären. Dennoch konnten die Herstellerfirmen die Zulassungen für Deutschland ohne solche Auflagen vor Gericht durchsetzen.

Beim Zerfall des Unkrautvernichters Flufenacet etwa entsteht Trifluoracetat (TFA) – ein Stoff, der sich nicht abbaut und schnell im gesamten Wasserkreislauf verteilt, wiewohl er bis jetzt toxikologisch unauffällig ist. Das Maisherbizid S-Metolachlor baut im Boden zu mehreren Stoffen ab, von denen einer sogar noch eine ähnliche Wirksamkeit besitzt wie der Wirkstoff selbst. Für beide Fälle hat das UBA ein hohes Eintragspotenzial in das Grundwasser nachgewiesen und bereits erhöhte Konzentrationen in vielen Grundwasserkörpern deutschlandweit festgestellt. Dennoch durften die deutschen Behörden nicht regulierend eingreifen: Sowohl eine Verweigerung der Zulassung als auch Maßnahmen zur Eintragsminderung wurden für unzulässig erklärt. Demnach hätte das UBA sich der Entscheidung des erstbewertenden Staats anschließen sollen, die allerdings nicht dem aktuellen Wissensstand entspricht und nicht die spezielle Belastungssituation in Deutschland berücksichtigt.

In Deutschland schlagen Wasserversorger Alarm, denn die Abbauprodukte der oben genannten Stoffe überschreiten bereits jetzt die Schwellenwerte im Rohwasser und beeinträchtigen dessen Vermarktbarkeit. Die derzeitigen Zulassungsbedingungen für Flufenacet und S-Metolachlor stellen daher den hohen nationalen Schutzstandard für das Grundwasser infrage und können zu einer Verschlechterung der Grundwasserqualität insgesamt führen – auch mit Blick auf andere Stoffe. Der Konflikt um die landwirtschaftliche Nutzung von Trinkwassereinzugsgebieten wird verschärft, wenn der sachgemäße Einsatz von Pestiziden zu enormen Grund- und Trinkwasserbelastungen führt.

Ein anderer Fall: Für Pestizidanwendungen mit dem Wirkstoff Fluazinam errechnete das UBA so hohe Wirkstoffgehalte im Boden, dass schädliche Effekte auf Regenwürmer zu erwarten waren. In die Berechnung bezog das UBA Studien ein, die die Regenwurmpopulationen direkt auf dem Acker untersuchten und einen starken Rückgang durch die Anwendung der Mittel zeigten. Da diese Pilzmittel aber in anderen Mitgliedstaaten

ohne Berücksichtigung dieser Studien zugelassen worden waren, musste die Zulassung auch in Deutschland erteilt werden. Regenwürmer werden stellvertretend für alle Bodenorganismen bewertet. Diese spielen eine entscheidende Rolle bei der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Ihr Schutz liegt daher auch stark im Interesse der Landwirtschaft. Die Agrarbetriebe können nun nicht mehr davon ausgehen, dass zugelassene Mittel unschädlich für ihre Böden sind.

Deutschland ist immer weniger an wissenschaftlicher Bewertung beteiligt

Die Herstellerfirmen können selbst auswählen, in welchem Staat sie ihr Produkt zur erstmaligen Bewertung und Zulassung einreichen. Dadurch können sie ihre Zulassungsanträge gezielt in solchen EU-Staaten einreichen, die in ihren Bewertungen einen niedrigeren Schutzstandard ansetzen als Deutschland. Da alle anderen EU-Staaten an die Schlussfolgerung aus dieser Bewertung gebunden sind, setzt sich in Europa nach und nach der niedrigste Standard durch. Dass die Herstellerfirmen von dieser Möglichkeit Gebrauch machen, zeigt sich deutlich: Während 2011–2013 noch 46 Prozent aller Zulassungen in Deutschland bewertet wurden, waren es in den Jahren 2019/2020 nur noch 9 Prozent. Damit können bei über 90 Prozent aller Zulassungen in Deutschland die deutschen Behörden nicht mehr eigenständig über Bewertung und Zulassung entscheiden.

[...]

Keine Bewertungsmethode – keine Risiken

Oft werden neue Bewertungsleitlinien in der EU mit zeitlicher Verzögerung erarbeitet, nachdem entsprechende wissenschaftliche Erkenntnisse schon länger vorliegen. Und auch die anschließende Abstimmung zwischen den Mitgliedstaaten ist langwierig. Es dauert im Regelfall viele Jahre, bis ein neuer Leitfaden gültig wird. Der aktuellen Rechtsprechung nach können neue wissenschaftliche Erkenntnisse aber erst dann für die Risikobewertung verwendet werden, wenn eine EU-anerkannte Bewertungsmethode vorliegt. Das UBA hat auf diese Bewertungslücke in Bezug auf die biologische Vielfalt schon länger hingewiesen. Die großflächige Anwendung von z.B. Unkrautvernichtungsmitteln führt zu einem deutlichen Rückgang der Pflanzen in der Agrarlandschaft. Dies führt wiederum zu einem Rückgang von Insekten, was letztlich Vögel wie die Feldlerche gefährdet, die diese Insekten fressen. Es gibt noch immer keine abgestimmte Bewertungsmethode für Auswirkungen auf das Nahrungsnetz – und das, obwohl das europäische Pflanzenschutzmittelrecht sogar ausdrücklich vorschreibt, dass Auswirkungen auf das Nahrungsnetz und die Biodiversität bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln betrachtet werden sollen. Deshalb kann das UBA seinem Auftrag, der umfassenden Umweltbewertung von Pestiziden, derzeit nicht nachkommen.

Zulassungspraxis widerspricht Nachhaltigkeitsstrategien

Mit dem „Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln“, der Farm-to-Fork-Strategie und der Zero Pollution Ambition der EU-Kommission sowie weiteren Programmen wurde der gesetzliche und politische Auftrag formuliert, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und deren Risiken für Mensch und Umwelt zu verringern. Dennoch drohen derzeit mehr gefährliche Pestizide auf den Markt und in die Umwelt zu gelangen. Dies stellt einen Rückschlag für die Vereinbarkeit von Landwirtschaft und Umweltschutz dar. Die in der Pflanzenschutzmittelverordnung und im deutschen Pflanzenschutzgesetz festgeschriebenen Ziele zum Schutz der Umwelt können so nicht erreicht werden.

Aus Sicht des UBA können die dargestellten Problemfelder nur auf europäischer Ebene geregelt werden. Die EU-Pflanzenschutzmittelverordnung muss so umgesetzt werden, dass das Schutzniveau steigt anstatt zu sinken. Ein großer Schritt wäre getan, wenn alle Wirkstoffe in ihrer vorgegebenen Frist neu geprüft und genehmigt würden und damit ein relativ aktueller Stand verpflichtend für die Zulassung von Produkten wäre. Zulassungsanträge sollten außerdem zukünftig von unabhängiger Stelle auf die Mitgliedstaaten verteilt werden. Auf europäischer Ebene muss geklärt werden, in welchem Maße es den Mitgliedstaaten möglich ist, in ihrer nationalen Zulassung auf besonders empfindliche Ökosysteme und nachgewiesene Vorbelastungen einzugehen. Auch sollte auf EU-Ebene entschieden werden, ob die Mitgliedstaaten die Anwendung der jeweiligen Produkte an Maßnahmen der Risikominderung binden können, wenn dies fachlich notwendig ist. Nicht zuletzt sind bestehende Bewertungslücken, wie Auswirkungen auf das Nahrungsnetz und die Biodiversität, zu schließen. Die Bundesregierung hat dieses Ziel in den Koalitionsvertrag aufgenommen. Die vom UBA entwickelte Bewertungsmethode für Effekte auf die Biodiversität soll nun auf europäischer Ebene diskutiert und verankert werden.

Pressemitteilung vom 28.02.2022



EFSA publishes report on pesticide residues on food

EFSA has published its latest European Union report on pesticide residues in food. The report covers the analysis of more than 88,000 food samples collected across the European Union in 2020. Data was obtained from the official national control activities carried out by EU Member States, as well as Iceland and Norway. The report also includes a subset of data from the EU-coordinated control programme (EU MACP) and the national control programmes (MANCP).

From the 88,141 samples analysed, a vast majority, 94.9% fell within legal limits. In contrast, maximum residue levels (MRL) were exceeded in 5.1% of the samples, which is an increase compared to 2019 (3.9%).

The data was used to complete a risk assessment analysis about dietary exposure to pesticide residues. This analysis suggested that the examined food commodities are unlikely to pose a consumer health risk. In the rare cases where the exposure for a specific pesticide/product combination was calculated to exceed the health-based guidance value, and for those pesticides for which no limit values could be established, the competent authorities took appropriate and proportionate corrective measures to address potential risks to consumers.

The full report, which covers the results by pesticide residues and by type of food products, as well as dietary exposure and risk assessments, is available at:

<https://multimedia.efsa.europa.eu/pesticides-report-2020>

Press release April 14, 2022



Consultation: ECHA proposes restriction on PFASs in fire-fighting foams

Firefighting foams containing PFASs have caused many cases of environmental contamination in the EU, both in soil and drinking water. All PFASs, or their breakdown products, are very persistent and some are known to harm human health or the environment. The combination of persistence and the potential to cause harm means that it is important to minimise further releases of these substances to reduce the likelihood of, potentially irreversible, harm in the future.

ECHA has assessed the strengths and weaknesses of five different options to control the risks of PFASs in firefighting foams. The proposed option would ban the placing on the market, use and export of all PFASs in firefighting foams after use or sector-specific transition periods. These transition periods would give time for industry to replace PFAS-

containing foams without compromising fire safety. During the transition periods, those still using PFAS-based foams will have to ensure that releases to the environment are minimised. Expired foams and any waste foams would also need to be appropriately disposed.

The consultation on this proposed restriction will start on 23/03/2022 and end on 23/09/2022.

How to submit a comment in the consultation on the proposed restriction

Please read the consultation guidance that describes the relevant information that should be submitted. It is available here:

https://echa.europa.eu/documents/10162/13641/public_consultation_guidance_en.pdf/7c4705d5-ad01-43ed-a611-06f1426a595c .

Beyond the tip of the iceberg: Suspect screening reveals point source-specific patterns of emerging and novel per- and polyfluoroalkyl substances in German and Chinese rivers

Only a few dozens of the several thousand existing per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are monitored using conventional target analysis. This study employed suspect screening to examine patterns of emerging and novel PFAS in German and Chinese river water affected by industrial point sources. In total, 86 PFAS were (tentatively) identified and grouped into 18 structure categories. Homologue patterns revealed distinct differences between fluoropolymer production sites of the two countries. In the Chinese Xiaqing River Basin, the C8 homologue was the most prevalent compound of the emerging series of chlorinated perfluoroalkyl carboxylic acids (Cl-PFCAs) and perfluoroalkylether carboxylic acids (PFECAs). In contrast, C6 and shorter homologues were dominant in the German Alz River. This indicates that the phaseout of long-chain compounds in Europe and their ongoing production in Asian countries also apply to unregulated emerging PFAS classes. Additional characteristics to differentiate the point sources were the peak area ratio of perfluorobutane sulfonic acid (PFBS) versus the emerging compound hydro-substituted PFBS (H-PFBS) as well as the occurrence of byproducts of the sulfonated tetrafluoroethylene-based polymer Nafion. The large number of identified unregulated PFAS underlines the importance of a grouping approach on a regulatory level, whereas the revealed contamination patterns can be used to estimate, prioritize, and minimize contributions of specific sources.

H. Joerss et al., Environmental Science & Technology 2022, 56 (9), 5456-5465, <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c07987>



ECHA-Report on PFAS Cleaning Technologies

In Konkretisierung des „ANNEX XV RESTRICTION REPORT“ on per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in firefighting foams wurde am 23.03.2022 von der ECHA ein Dossier (Version 2.0) zu Technologien für die Behandlung von Umweltkontaminationen mit PFAS veröffentlicht. Das Dossier umfasst 280 Seiten.

Weitere Informationen unter: <https://echa.europa.eu/de/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas>



UBA-Pressemitteilung: Menschen in Europa teilweise bedenklich hoch mit Schad- stoffen belastet

Europäische Human-Biomonitoring-Initiative zieht Bilanz

Die Menschen in Europa sind teilweise bedenklich hoch mit Schadstoffen belastet. Das ist das Fazit der vom UBA koordinierten europäischen Human-Biomonitoring-Initiative HBM4EU, das vom 27.-28. April auf der internationalen Abschlusskonferenz des Projekts in Brüssel vorgestellt wurde. So wurden Weichmacher in allen untersuchten Kindern und Jugendlichen gefunden, auch polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS), die zum Beispiel in beschichteten Pfannen verwendet werden, sind in teilweise zu hohen Mengen im Blut vorhanden. Für viele der untersuchten Substanzen, so die Initiative, besteht seitens der Politik daher weiterhin Handlungsbedarf. HBM4EU erhob erstmals vergleichbar und nachvollziehbar Daten über die Belastung der EU-Bevölkerung mit wichtigen Chemikalien.

Einige Ergebnisse:

Weichmacher: Es wurden bedenklich hohe Belastungen mit Weichmachern in der europäischen Bevölkerung nachgewiesen, obwohl diese bereits streng reguliert sind. In allen untersuchten Kindern und Jugendlichen wurden fortpflanzungsschädigende Weichmacher gefunden. Insgesamt konnte zwar eine Abnahme der mittleren Belastung mit regulierten Weichmachern beobachtet werden, allerdings ist die Belastung mit der Summe aller Weichmacher bei ca. 17 Prozent immer noch zu hoch. Gleichzeitig ist die Belastung mit Stoffen, die die „alten“ Weichmacher ersetzt haben, angestiegen.

PFAS: Perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) wurden im Blut aller untersuchten Jugendlichen aus Europa nachgewiesen. Bis zu einem Viertel der Jugendlichen ist mit Konzentrationen belastet, bei denen gesundheitliche Wirkungen nicht mehr mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen werden können. Bei den Belastungen handelt es sich vorwiegend um bereits

verbotene, jedoch äußerst langlebige Verbindungen. Diese Daten, so HBM4EU, unterstreichen die Notwendigkeit PFAS grundsätzlich zu verbieten, insbesondere da eine Vielzahl der Ersatzstoffe ähnliche problematische Eigenschaften aufweist wie die bereits regulierten PFAS. Nur in wenigen Bereichen, in denen PFAs noch unersetzlich sind, sollten sie weiter verwendet werden dürfen.

Mischungen: Ein weiterer Untersuchungsschwerpunkt von HBM4EU lag auf der Untersuchung von Chemikaliengemischen. Im Monitoring wurde eine Vielzahl von Industriechemikalien im Körper nachgewiesen. Die Bewertung der Auswirkungen dieses Chemikaliencocktails auf die Gesundheit ist Bestandteil aktueller Forschungen. HBM4EU hat typische Mischungen und Mischungseffekte untersucht. Dabei zeigte sich, dass die aktuelle Chemikalienbewertung weiterentwickelt werden muss, um die gleichzeitige Belastung durch viele Chemikalien angemessen berücksichtigen zu können.

HBM4EU zeigt: Das Human-Biomonitoring hat sich als sehr gute Methode zur Erfassung der Schadstoffbelastung etabliert. HBM4EU hat mit seinen Ergebnissen den Grundstein gelegt, in der EU ein langfristiges, nachhaltiges Human Biomonitoring zu etablieren. HBM4EU endet im Juni 2022 nach einer Laufzeit von fünfeneinhalb Jahren. Die Arbeit wird fortgeführt in der Europäischen Partnerschaft für Risikobewertung von Chemikalien (PARC), welche mit einer Laufzeit von sieben Jahren unter „Horizon Europe“ von der Europäischen Kommission gefördert wird.

UBA Pressemitteilung 22/2022 vom 27.04.2022, gekürzt (<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/menschen-in-europa-teilweise-bedenklich-hoch>)

UBA-/BfR-Pressemitteilung: „PARC“: EU- Forschungspartnerschaft zur Risikobewertung von Chemikalien startet

Wie gefährlich sind Chemikalien, die wir alltäglich verwenden und mit denen wir in Kontakt kommen? Neue Wege bei der Bewertung von chemischen Stoffen geht die am 11. Mai 2022 in Paris ins Leben gerufene „PARC“-Initiative der Europäischen Union (EU). „PARC“ steht für „European Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals“ („Europäische Partnerschaft für die Bewertung von Risiken durch Chemikalien“). Ziel ist, das Wissen um chemische Substanzen zu verbessern, um so die Gesundheit der Menschen und die Umwelt besser zu schützen. Das Programm hat ein Fördervolumen von insgesamt 400 Millionen € für die nächsten sieben Jahre. Von deutscher Seite führend beteiligt sind das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und das Umweltbundesamt (UBA).

200 Institutionen aus 28 Ländern und drei EU-Behörden sind an PARC beteiligt. Koordiniert wird die Partnerschaft von

ANSES, der französischen Behörde für Lebensmittelsicherheit, Umweltschutz und Arbeitsschutz. Es soll die Chemikalienstrategie der EU und den „Europäischen Green Deal“ unterstützen, dessen Ziel eine deutliche Minderung von gesundheitsschädlichen Stoffen ist. Finanziert wird PARC zu einer Hälfte durch die EU aus Mitteln von Horizont Europa, dem Europäischen Rahmenprogramm für Forschung und Innovation. Die andere Hälfte bringen die jeweiligen Partnerländer auf. Das BfR leitet im Rahmen von PARC das Arbeitspaket Toxikologie. Das UBA leitet das Arbeitspaket „Monitoring und Belastung“.

PARC basiert auf den Strukturen und Erkenntnissen früherer Vorhaben, unter anderem „European Human Biomonitoring Initiative“ (HBM4EU), die Flugschiff-Maßnahme „Mechanism-based Toxicity Testing and Risk Assessment for the 21st Century“ (EU-ToxRisk), dem „Animal-free Safety Assessment of Chemicals“ (ASPIS)-Cluster und dem „European Cluster to Improve Identification of Endocrine Disruptors“ (EURION).

Das PARC-Programm verfolgt drei Hauptziele:

- Weiterentwicklung eines EU-weiten, fächerübergreifenden Netzwerkes – mit dessen Hilfe sollen Forschung und Innovation in der Chemikalienbewertung gefördert werden und deren Ergebnisse in die Regulierung von Chemikalien Eingang finden
- Initiierung gemeinsamer EU-Forschungsprojekte bei dringlichen Themen – auf diese Weise soll die Risikobewertung unterstützt und auf neue Herausforderungen reagiert werden
- Stärkung bereits existierender Forschungskapazitäten – zugleich sollen EU-weite, fächerübergreifende Plattformen aufgebaut werden, um der Risikobewertung von Chemikalien neue Impulse zu geben

Im vom BfR verantworteten Arbeitspaket geht es um folgende Ziele:

- Verbesserung des gesundheitlichen Verbraucherschutzes durch das Schließen von Datenlücken für die Risikobewertung von möglicherweise gefährlichen Stoffen
- Entwicklung und Verbesserung innovativer und prädiktiver Methoden, die unmittelbar zur Identifizierung chemischer Gefahren, zur Risikobewertung und zur Regulierung dieser Stoffe beitragen
- Verbesserung von Risikobewertungskonzepten zum Schutz der Gesundheit und der Umwelt
- Weiterentwicklung von Methoden, die alternativ zum Tierversuch eingesetzt werden können
- Aufbau eines europaweiten Netzwerkes von Toxikologinnen und Toxikologen als Beitrag zu einem einheitlichen Vorgehen bei der Risikobewertung von Chemikalien in Europa

Im vom UBA verantworteten Arbeitspaket geht es um folgende Ziele:

- Etablierung eines EU-weiten, nachhaltigen Human-Biomonitorings u. a. in Fortführung der HBM4EU-Arbeiten
- Integration der Betrachtung von Umwelt- und Gesundheitsbelastung im Sinne des Ansatzes der planetaren Gesundheit
- Weiterentwicklung bestehender Monitoringprogramme zur Berücksichtigung weiterer Stoffgruppen und Mischungen
- Systematische Etablierung von Monitoringergebnissen als Instrument für die erstmalige oder erneute Zulassung gefährlicher Stoffe
- Entwicklung von innovativen analytischen Methoden, um Schadstoffe in geringen Konzentrationen aufzuspüren

Darüber hinaus ist das UBA u. a. aktiv im Arbeitspaket „Innovation in Regulatory Risk Assessment“ („Innovationen in der regulatorischen Risikobewertung“). Hier sollen neue innovative Konzepte erarbeitet werden, um die bestehenden Bewertungs- und Wissenslücken zu schließen, um so die Regulation von Chemikalien insgesamt zu verbessern und sicherer zu machen.

Pressemitteilung 18/2022 vom 13.05.2022, gekürzt, vollständiger Text:

https://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2022/18/parc_eu_forschungspartnerschaft_zur_risikobewertung_von_chemikalien_startet-297340.html

Exposure to contemporary and emerging chemicals in commerce among pregnant women in the United States: The environmental influences on Child Health Outcome (ECHO) program

Prenatal chemical exposures can influence maternal and child health; however, few industrial chemicals are routinely bio-monitored. We assessed an extensive panel of contemporary and emerging chemicals in 171 pregnant women across the United States (U.S.) and Puerto Rico in the Environmental influences on Child Health Outcomes (ECHO) Program. We simultaneously measured urinary concentrations of 89 analytes (103 total chemicals representing 73 parent compounds) in nine chemical groups: bactericides, benzophenones, bisphenols, fungicides and herbicides, insecticides, organophosphate esters (OPEs), parabens, phthalates/alternative plasticizers, and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). We estimated associations of creatinine-adjusted concentrations with sociodemographic and specimen characteristics. Among our diverse prenatal population (60% non-Hispanic Black or Hispanic), we detected 73 of 89 analytes in ≥ 1 participant and 36 in $>50\%$ of participants. Five analytes not currently included in the U.S. biomonitoring were detected in $\geq 90\%$ of samples: benzophenone-1, thiamethoxam, mono-2-(propyl-6-carboxy-

hexyl) phthalate, monocarboxy isooctyl phthalate, and monohydroxy-iso-decyl phthalate. Many analyte concentrations were higher among women of Hispanic ethnicity compared to those of non-Hispanic White women. Concentrations of certain chemicals decreased with the calendar year, whereas concentrations of their replacements increased. Our largest study to date identified widespread exposures to prevalent and understudied chemicals in a diverse sample of pregnant women in the U.S.

Buckley, Jessie P. et al., Environmental Science & Technology, May 2022,

<https://doi.org/10.1021/acs.est.1c08942>

From cohorts to molecules: Adverse impacts of endocrine disrupting mixtures

Convergent evidence associates exposure to endocrine disrupting chemicals (EDCs) with major human diseases, even at regulation-compliant concentrations. This might be because humans are exposed to EDC mixtures, whereas chemical regulation is based on a risk assessment of individual compounds. Here, we developed a mixture-centered risk assessment strategy that integrates epidemiological and experimental evidence. We identified that exposure to an EDC mixture in early pregnancy is associated with language delay in offspring. At human-relevant concentrations, this mixture disrupted hormone-regulated and disease-relevant regulatory networks in human brain organoids and in the model organisms *Xenopus leavis* and *Danio rerio*, as well as behavioral responses. Reinterrogating epidemiological data, we found that up to 54% of the children had prenatal exposures above experimentally derived levels of concern, reaching, for the upper decile compared with the lowest decile of exposure, a 3.3 times higher risk of language delay.

Caporale, N. et al., SCIENCE 2022, Vol. 375, Issue 6582,

DOI: [10.1126/science.abe8244](https://doi.org/10.1126/science.abe8244)



Die UBA Datenbank „PHARMS-UBA“ – „Arzneimittel in der Umwelt“

Rückstände von Arzneimitteln treten weltweit in der Umwelt auf. Die zeigt die aktualisierte Datenbank des Umweltbundesamtes „PHARMS-UBA“. Die Rückstände wurden in 89 Ländern aller UN-Regionen gemessen. Für Deutschland wurden 414 Wirkstoffe oder deren Transformationsprodukte mit Umweltfunden gezählt, 749 für die Länder der Europäischen Union und 992 weltweit.

Seit langem ist bekannt, dass Arzneimittelrückstände häufig in der aquatischen Umwelt industrialisierter Länder auftreten.

Auch in Entwicklungs- und Schwellenländern gibt es in den letzten Jahren mehr Informationen über das Vorkommen pharmazeutischer Rückstände in der Umwelt. Eine präzise und umfassende Übersicht über die relevanten Wirkstoffe, deren Konzentrationen in der Umwelt und über deren möglichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Ökosystem steht immer noch aus. Die weltweite Exposition durch Arzneimittelwirkstoffen verursacht große Mengen an Informationen. Diese will das Umweltbundesamt durch eine öffentlich verfügbare Datenbank organisieren. Im Forschungsprojekt "Pharmaceuticals in the environment - occurrence, effects and options for action" wurden 2014 weltweite Umweltkonzentrationen (MEC - Measured Environmental Concentrations) von Human- und Tierarzneimittelrückständen in einer Datenbank gesammelt. Die jetzt zur Verfügung stehende Aktualisierung ergänzt die Datenbank um weltweit veröffentlichten Umweltkonzentrationen aus den Jahren 2017 bis 2020.

Die Datenbank ist jetzt auf 276.895 Einträge angewachsen. In der Umwelt von 89 Ländern aller UN-Regionen wurden Wirkstoffe oder deren Transformationsprodukte gemessen. Insgesamt wurden weltweit 992 unterschiedliche pharmazeutische Substanzen oberhalb deren Nachweisgrenzen der jeweils angewendeten analytischen Methode gemessen. Alleine in Deutschland wurden 414 Wirkstoffe oberhalb ihrer Nachweisgrenze gemessen, sowie 749 Wirkstoffe in den Ländern der europäischen Union. Die meisten Substanzen wurden im Ablauf von Kläranlagen nachgewiesen. In Oberflächenwasser, Grund- und Trinkwasser wurden weltweit 703 und in Deutschland 198 Wirkstoffe oberhalb der nachweisgrenzen gemessen. 37 Arzneimittelwirkstoffe wurden in der aquatischen Umwelt in allen 5 UN-Regionen nachgewiesen.

Für die Datenbank wurden 2,062 Publikationen ausführlich begutachtet und analysiert. Für 61 Matrizes konnten Umweltkonzentrationen von Wirkstoffen von Human- und Tierarzneimitteln zusammengetragen werden. Die meisten Rückstände wurden in den Matrizes Oberflächenwasser, Grundwasser, Leitungs-/Trinkwasser sowie Boden und Sediment gefunden.

Die 992 pharmazeutischen Substanzen wurden in 61 Matrizes insgesamt nachgewiesen. Die Matrizes mit den meisten Umweltkonzentrationen sind Oberflächenwasser, Grundwasser, Uferfiltrat, Brunnenwasser, Leitungs-/Trinkwasser, Abwasser, Klärschlamm und Kläranlagenabläufe, Gülle, Boden, Sediment und Schwebstoffe. Weitere Matrizes wurden unterschieden. Zwischen Leitungs- und Trinkwasser wurde nicht unterschieden, da eine Abgrenzung zur Nutzung von Leitungs- und Trinkwasser in den unterschiedlichen Ländern aus den Publikationen nicht immer klar ersichtlich war.

Weitere Informationen unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/arzneimittel/die-uba-datenbank-arzneimittel-in-der-umwelt>

Unsere neuen Mitglieder

Neuaufnahmen in die Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie vom 15.02. bis 12.05.2022

Banari, Veronica, FG-Eintritt: 12.05.2022

Brunn, Hubertus (Prof.Dr.), FG-Eintritt: 21.02.2022

Chargui, Laila (B.Sc.), FG-Eintritt: 09.05.2022

Dettmer, Maximilian (B.Sc.), FG-Eintritt: 07.04.2022

Estelmann, Arne, FG-Eintritt: 24.03.2022

Freeling, Finnian (M.Sc.), FG-Eintritt: 30.03.2022

Jaschik, Lukas (M.Sc.), FG-Eintritt: 29.03.2022

Paschinger, Werner (M.Sc.), FG-Eintritt: 21.02.2022

Pitulle, Gina Lee, FG-Eintritt: 23.02.2022

Tcendina, Elizaveta, FG-Eintritt: 15.03.2022

Wachtler, Alexa, FG-Eintritt: 14.03.2022

Weltmeyer, Antonia (M.Sc.), FG-Eintritt: 15.03.2022

Geburtstage

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

Geburtstagsliste Juli bis September 2022

60 Jährige

Karsten Wienecke, Geburtstag 13.07.1962

Prof. Dr. Volker Birke, Geburtstag 19.07.1962

Prof. Dr. Josef Hofmann, Geburtstag 12.08.1962

Dr. Ute Resch-Genger, Geburtstag 14.08.1962

Dr. Rolf Buschmann, Geburtstag 12.09.1962

Dr. Andreas Wais, Geburtstag 23.09.1962

Dr. Achim Ried, Geburtstag 26.09.1962

Prof.Dr. Gerhard Andreas Wiesmüller, Geburtstag 30.09.1962

65 Jährige

Dr. Susanne Trebert Haeberlin, Geburtstag 04.07.1957

Dr. Rainer Rechtsteiner, Geburtstag 11.07.1957

Dr. Dieter Krattenmacher, Geburtstag 25.07.1957

Prof. Dr. Joachim Roll, Geburtstag 04.08.1957

Matthias Bothe, Geburtstag 27.08.1957

Prof. Dr. Achim Habekost, Geburtstag 27.08.1957

Norbert Hinzelmann, Geburtstag 04.09.1957

70 Jährige

Dr. Peter Lepom, Geburtstag 12.07.1952

Dr. Friedbert Pistel, Geburtstag 22.09.1952

75 Jährige

Prof. Dr. Bernd Ondruschka, Geburtstag 28.07.1947

80 Jährige

Prof. Dr. Wolfgang Jaeschke, Geburtstag 15.08.1942

Dr. Sabine Eikmann, Geburtstag 14.09.1942

85 Jährige

Dr. Reinhard Broddack, Geburtstag 22.09.1937