



Zu viel, zu wenig, nie genug? - Ergebnisse eines Expertenworkshops zu aktuellen Stärken und Schwächen des Immissionsmonitorings persistenter Chemikalien

Christa Barkschat (christa.barkschat@lfu.bayern.de), Patricia Darmstadt (patricia.darmstadt@lfu.bayern.de), Korbinian Freier (korbinian.freier@lfu.bayern.de), Wolfgang Körner (wolfgang.koerner@lfu.bayern.de)

Zusammenfassung

Das stoffliche Monitoring ist ein grundlegender Schritt zum Verständnis des Verhaltens von Chemikalien in der Umwelt und den Eintragungspfaden in Ökosysteme. Im Rahmen der Abschlussveranstaltung des Projekts „OPTIMON“ („Optimierung des immissionsökologischen Umweltmonitorings“) wurde diskutiert, wie man stoffliches Monitoring trotz eingeschränkter Ressourcen realisieren kann, wie die gewonnenen Daten besser für die Reglementierung von Stoffen genutzt werden können und welche Erfolge verzeichnet werden können. Ein zentrales Ergebnis der Diskussion war, dass stoffliches Monitoring ein wichtiges Instrument für die Stoffbewertung ist, sowohl als Grundlage für komplexe Bewertungsmodelle als auch zur Validierung von Modellen.

Einleitung

Am 24. und 25. Juni 2024 fand am Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) in Wielenbach die Abschlussveranstaltung des Projekts OPTIMON statt. Die Kernfrage des Projekts und der Veranstaltung war: Wie lässt sich das Umweltmonitoring von persistenten Chemikalien optimieren – und das nicht nur in Hinblick auf die konkrete Realisierung, sondern auch mit Blick auf die Datennutzung? Es diskutierten zu Strategien und Erfahrungen Vertreter von nationalen Behörden (Umweltbundesamt und Umweltbundesamt GmbH Österreich), Landesbehörden (LfU Bayern und der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg) und Forschungsinstitutionen (Max-Planck-Institut für Chemie, Deutscher Wetterdienst, Umweltforschungsstation Schneefernerhaus und Masaryk-Universität in Brno).

Im Workshop wurden, basierend auf Präsentationen wesentlicher Projektergebnisse und weiterer Monitoringprogramme anderer Institutionen, die Zukunftsmöglichkeiten eines stoffbezogenen Umweltmonitorings besprochen. Der folgende Artikel spiegelt nicht die Meinung des LfU wider, sondern präsentiert die Diskussionsinhalte. Die Zusammenfassung hat nicht den Anspruch vollständig zu sein, sondern bezieht sich auf Aspekte, die die Autorinnen und Autoren auf Basis der Diskussionsintensität als Schwerpunktthemen bewerten.

Das LfU-Projekt OPTIMON und ein Überblick über die Vorträge

Der erste Tag widmete sich dem Thema „Schadstoffmonitoring in der Luft - Monitoring realisieren“. Michael Gierig, Patricia Darmstadt, Jutta Köhler und Christa Barkschat stellten die

neuesten Entwicklungen am LfU in Bayern im Monitoring von Umweltchemikalien in der Luft vor.



Abb. 1. Luftprobenahme zu Dioxinen und PCB im alpinen Raum. Quelle: LfU.

Im Projekt OPTIMON wurde das Dauerbeobachtungsprogramm zum Eintrag von Schadstoffen über die Luft und den Niederschlag in die Umwelt überarbeitet und neu strukturiert. Dabei wurden das Messnetz, das Parameterspektrum sowie die Untersuchungsmethoden angepasst. Das bis 2024 projektbasierte Monitoring persistenter organischer Schadstoffe (POP) in den Alpen wurde in ein gesichertes Langzeitmonitoring überführt (Abb. 1), im Flachland eine neue Referenzstation im städtischen Hintergrund in Nürnberg (Abb. 2) zur Messung von POP eingerichtet und ein Messnetz zur Bestimmung von PFAS in Depositionsproben aufgebaut. Details hierzu enthält der Abschlussbericht zum Projekt OPTIMON [1].

Wolfgang Moche von der Umweltbundesamt GmbH Österreich stellte die Ergebnisse des Monitorings am Hohen Sonnblick vor, welches in Kooperation mit dem Monitoring an der Zugspitze durch das LfU stattfindet. Wie an der Zugspitze werden zahlreiche verschiedene POPs im Alpenraum nachgewiesen. Im Rahmen der Diskussion zeigte sich, dass die bestehende

19-jährige Messreihe nur aufgrund von hohem Eigenengagement der Beteiligten weitergeführt werden konnte. Zum Abschluss des ersten Tages stellte Manfred Sengl (LfU) die Datenbanken des NORMAN-Networks und deren Nutzung vor [2].



Abb. 2: Probenahme an einer Station im städtischen Flachland. Quelle: LfU.

Der zweite Tag stand unter dem Motto „Daten nutzen und Zusammenarbeit stärken“. Ludovic Mayer von der RECETOX-Masaryk Universität präsentierte die Ergebnisse der PESPAT (Pan-European Study of Pesticides Atmospheric Transport)-Studie, bei der im Frühjahr 2020 in 17 europäischen Ländern Luftproben gesammelt und auf 76 Pestizide untersucht wurden [3]. Die Studie zeigte, dass 22 Pestizide an entlegenen Orten weitab ihrer Verwendung nachgewiesen werden konnten und das Potential zum atmosphärischen Ferntransport (LRAT) bei der Risikobewertung unterschätzt wird.

Caren Rauert (UBA) verwies in ihrem Vortrag ebenfalls auf die Nützlichkeit von Monitoringdaten, um die Bewertung und Regulierung von Stoffen als POP unter der Stockholm-Konvention und unter dem EU-Chemikalienrecht REACH zu verbessern. Gleichzeitig zeigte sie die Problematik der Verwertung von Monitoringdaten in hoch standardisierten Regulierungsprozessen wie REACH auf, da sie durch ihre Heterogenität im Studiendesign oft als ungeeignet oder nicht repräsentativ bewertet werden und sehr differenziert betrachtet werden müssen. Im Anschluss präsentierte Jan Koschorreck (UBA) die Umweltprobenbank und wie diese für das Biodiversitätsmonitoring genutzt werden kann. Es wurde schnell deutlich, dass in einer Multistressoren-Umwelt einige Faktoren besser kontrolliert werden können als andere: So kann die Belastung durch Chemikalien durch Regulierungen zielgerichtet reduziert

werden, während weiche Faktoren, wie beispielsweise die Veränderung der Ökosysteme, eher schwierig zu beeinflussen sind.

Die Kernfrage: Was kann Monitoring leisten?

2009 entwickelten Rockström et al. ein Modell, das die planetaren Belastungsgrenzen veranschaulicht [4]. Die Belastung der Erde durch den Eintrag von Chemikalien in die Ökosysteme ist einer der multiplen Stressoren, die auf unsere Umwelt einwirken.

In der Diskussion kristallisierten sich drei Bereiche heraus, in denen das stoffliche Monitoring unverzichtbar oder durch gesetzliche Aufträge obligatorisch ist: (1) nach dem Prinzip der Vorsorge neu in der Umwelt auftretende Stoffe oder Stoffmischungen zu identifizieren und deren Umweltverhalten zu verstehen, (2) die Regulierung bekannter Stoffe durch Dokumentation ihres Vorkommens zu unterstützen und (3) die Überwachung feststehender Grenzwerte sicherzustellen.

Im Folgenden möchten wir Denkanstöße der Diskussions Teilnehmer wiedergeben, die besonders intensiv diskutiert wurden.

Die Herausforderungen bei der Vorsorge

Die Gesellschaft steht vor einer immensen Herausforderung: Nahezu täglich kommen neue Chemikalien auf den Markt; insbesondere Chemikalien, die außerhalb der EU oder in kleinen Mengen produziert werden, sind schwer zu erfassen. Das Gefühl, Entwicklungen hinterher zu hinken, nur im Bereich der Nachsorge tätig zu sein und sehenden Auges *regrettable substitutions* [5] hinnehmen zu müssen, dominierte die vergangenen Jahre und wurde auch beim OPTIMON-Workshop immer wieder ins Feld geführt.

Entsprechend wichtig ist die Frage, ob die richtigen bzw. relevanten Stoffe gemessen werden [6]. Diese Frage – darüber herrschte Einigkeit – muss in regelmäßigen Abständen gestellt werden. Neben der laufenden Priorisierung von Stoffen, die noch nicht gesetzlich geregelt sind [7] oder gerade neu in die Beschränkung aufgenommen wurden, wie beispielsweise UV-Lichtschutzmittel [8], ist es auch nötig, offen über die Vor- und Nachteile eines gesetzlichen Auftrags zu sprechen. So kann beispielsweise die Überwachung von bereits weit unterschrittenen Immissionsgrenzwerten, wie es beispielsweise für den Benzoljahresmittelwert der Fall ist, Messkapazitäten binden, die dann für aktuelle Stoffe fehlen.

Mit der Non-Target-Analytik [9] eröffnet sich die Möglichkeit bis dato unbekannte Stoffe zu identifizieren und in eine Routineüberwachung zu integrieren. Über eine Kopplung mit Struktur-Aktivitäts-Beziehungen (Quantitative Structure Activity Relationship - QSAR) könnten zumindest ein Teil der problematischen Stoffe schnell identifiziert werden. Vereinzelt gelungen ist dies bisher im Bereich Oberflächengewässer. Allerdings besteht auch hier die Einschränkung, dass man bei der

Non-Target-Analytik je nach Probenaufarbeitung und Messmethoden immer noch keine vollständige Erfassung der Inhaltsstoffe einer Probe hat. Nichtsdestotrotz ließe sich durch die Verbindung von Non-Target-Analytik und QSAR und einer Ausweitung der Methodik auf Luft und Biota der für die *ex-post* Regulierung von Chemikalien zeitlich limitierende Faktor des Umweltmonitorings erheblich beschleunigen.

Da niemand sicher vorhersagen kann, welches die Problemstoffe der Zukunft sein werden, ist es unerlässlich, repräsentative Probendatenbanken aufzubauen. Durch rückwirkende Analysen kann eine Zeitreise in die Vergangenheit unternommen werden und nach dem ersten Auftauchen eines Stoffes oder seinen Metaboliten gesucht werden. Die große Herausforderung besteht darin, die Probenahme, Lagerung und Konservierung so zu vereinheitlichen, dass diese später auch nutzbar sind. Probendatenbanken sind aber *per se* in den eingelagerten Mengen an Proben finanziell und technisch limitiert. Ein regelmäßiger Abgleich zwischen laufenden Monitoringprogrammen und Probenbanken ist daher erforderlich.

Der Beitrag der Umweltüberwachung bei der Regulierung von Chemikalien

Bereits 2019 kritisierte ein Evaluierungsbericht zu REACH, dass europäische Behörden über ein Jahrzehnt benötigen, um schädliche Chemikalien in ihrer Verwendung zu stoppen beziehungsweise einzuschränken [10]. Ob Monitoringdaten in ihrer aktuellen Form einen wesentlichen Beitrag zur Beschleunigung der Verfahrens leisten können, wird in den Berichten nicht diskutiert. Was jedoch häufig unterschätzt wird ist, dass bereits die Diskussion über eine potentielle Regulierung häufig zu Wendepunkten in der Produktion und Nutzung führt und dadurch verringerte Emissionen zur Folge hat. So veröffentlichte die ECHA im März 2023 eine Strategie für die Regulierung bromierter Flammschutzmittel, die in der Umwelt als persistent gelten [11]. Darunter fällt auch Decabromdiphenylethan (DBDPE), das als Ersatzstoff für den bereits regulierten Decabromdiphenylether gilt. Doch obwohl für DBDPE als Ersatzstoff ein anhaltender Anstieg der Umweltkonzentrationen zu erwarten wäre, können wir diesen aus den bisherigen Luft- und Depositionsmessungen an der Zugspitze nicht bestätigen.

Ein anderer Bereich, in dem Umweltmonitoring nach Ansicht der Teilnehmer wertvolle Beiträge bei der Chemikalienregulierung liefern kann, ist die Festlegung von Bewertungsfaktoren für Mischungstoxizitäten, da die Monitoringdaten eindeutig belegen, dass in der Umwelt verschiedene Mischungen an Chemikalien nachweisbar sind [12]. Die Europäische Kommission beabsichtigt, einen Mixture Assessment Factor (MAF) in die REACH-Verordnung aufzunehmen, um Mischungstoxizitäten aus unbeabsichtigt auftretenden Gemischen zu berücksichtigen. Mit einem breit gefächerten Analytenspektrum aus bereits regulierten, noch in der Evaluierung befindlichen Stoffen und Non-Target-Analytik kann durch die Umweltüberwachung das simultane Auftreten mehrerer Substanzen dokumentiert werden. Der Abgleich mit realen Szenarien aus dem

Monitoring und vorhergesagter unwirksamer Konzentrationen (PNEC) ist wichtig, um möglichst spezifische Berechnungsfaktoren für Kombinationseffekte zu erstellen.

Unerlässlich ist das Umweltmonitoring, wenn es darum geht, das tatsächliche Vorkommen von Chemikalien in der Umwelt zu überprüfen. Es bestehen bereits sehr gute Modelle zur Vorhersage des Potentials zur Persistenz und zum atmosphärischen Ferntransport [13], die auch bei der Evaluierung neuer POPs im Rahmen der Stockholm Konvention genutzt werden. Diese Modelle sind besonders bei stark hydrophoben Verbindungen wie PCB sehr zuverlässig. Bei polaren Verbindungen, die nicht hauptsächlich in Biota akkumulieren, den PMT-Substanzen (persistent, mobil, toxisch), werden Persistenz und Ferntransport unvollständig erfasst. In solchen Fällen dienen Umweltmonitoringdaten als Referenz und tragen dazu bei, diese Modelle weiter zu verfeinern [14].

Einige Monitoringdaten können allerdings nicht im standardisierten Vorgehen der Chemikalienregulierung genutzt werden, da die Studien nicht die Kriterien zur Reproduzierbarkeit und Replikation erfüllen oder zu heterogen in ihrem Design sind. Hier wäre es hilfreich, die Anforderungen an das Monitoring durch sogenannte Guidance Dokumente zu definieren.

Einheitliche Standards sind auch nötig, um die Daten für die Chemikalienregulierung besser nutzbar zu machen. Welche Daten müssen zwingend hinterlegt werden, wie sieht ein repräsentatives Studiendesign beim Monitoring aus? Dies sind Fragen, die idealerweise auf europäischer Ebene geklärt werden müssen.

Wohin mit den Daten?

Die besten Daten sind wertlos, wenn sie nicht genutzt werden. Die Bandbreite der Datenbanken reicht von öffentlich zugänglichen, in denen nicht nur Daten bereitgestellt, sondern auch Bewertungshilfen mitgeliefert werden, bis hin zu vertraulichen Fachdatenbanken.

Die Umweltprobenbank des Bundes besticht mit ihrer ansprechenden, klaren Aufmachung und kann auch von interessierten Laien genutzt werden [15]. Sie ermöglicht nicht nur die Datenrecherche, sondern stellt auch ein Archiv an repräsentativen Proben bereit. Das europäische Äquivalent dazu ist die NORMAN Datenbank [2]. Die Daten spezifischer internationaler Luftmonitoring-Programme zu POP werden unter anderem in die EBAS Datenbank eingespeist [16]. Zusätzlich gibt es die IPCHEM-Plattform (IPCHEM = Information Platform for Chemical Monitoring) der Europäischen Kommission, die eine webbasierte Infrastruktur bietet, über die der Zugriff auf Monitoringdaten aus verschiedenen Datenquellen möglich wird [17].

So wurde im Laufe der Diskussionen schnell klar: Datenbanken gibt es zahlreiche. Die Daten einzuspeisen gelingt manchen Institutionen automatisiert ohne viel Aufwand (so zum Beispiel

für Stationen des europäischen Kooperationsprogramms zur Überwachung und Bewertung der weiträumigen Transports von Luftschadstoffen in Europa). Anderen fehlen Kapazitäten, um Daten entsprechend aufzuarbeiten und einzupflegen.

Kommunikation: Tue Gutes und rede darüber

Umweltüberwachung ist ohne Zweifel das aussagekräftigste Mittel, um Veränderungen unserer Ökosysteme erfassen zu können und als solches sollte dies auch an die Bevölkerung kommuniziert werden. Nur eine offene Kommunikation kann aufklären und die Unterstützung für die Förderung von Messprogrammen sicherstellen. Beispielhaft ist dies für PFAS geschehen, wenngleich der überwiegende Teil der Kommunikations-Initiativen nicht von Fachbehörden, sondern von Massenmedien ausgingen. So wurde durch Karten [18], Schaubilder und teils auch griffigen Termini wie „Ewigkeitschemikalien“ ein Bewusstsein für die Umweltbelastung geschaffen.

In diesem Zusammenhang wurde auf dem Workshop intensiv über die Frage diskutiert, in wie weit es gewollt ist, spezifische Fachdaten öffentlich zugänglich zu machen, wie viele Metadaten zur Verfügung gestellt werden sollten, ob eine Bewertung der Daten zwangsläufig mitgeliefert werden sollte. Die Diskussionen zeigten, dass es von enormer Bedeutung ist, sich fachlich einig zu sein, auf welche Art und Weise das Ziel der Verfügbarmachung von Daten verfolgt werden soll. Die Rolle der Behörden bei der Bereitstellung der Daten ist essenziell, um eine Qualitätssicherung zu gewährleisten. Analytikdaten auf ihre Plausibilität hin zu überprüfen ist zeitaufwendig und erfordert Expertise, wie sie von Umweltämtern gewährleistet werden kann. Gleichzeitig ist eine Einordnung der Daten hilfreich und wichtig, um Fehlinterpretationen zu verhindern; auch hier sind die Umweltbehörden gefragt. In unserer Umwelt treten anthropogene Chemikalien ubiquitär auf, allerdings überwiegend in Spurenkonzentrationen, für die keine problematische Wirkungen anzunehmen sind. Das Verständnis für den Unterschied zwischen Spurenkonzentrationen und Wirkungsschwellen liegt in der Öffentlichkeit überwiegend nicht vor. Es geht also zum einen darum, über die Daten zu informieren und zum anderen, die Bedeutung der gemessenen Konzentrationen einzuordnen und die Funktion des Chemikalienmonitorings als Frühwarnsystem zu betonen.

Der Klimawandel: Ein dringender Appell, Monitoringprogramme langfristig zu betreiben und zu fördern!

Durch den Klimawandel kommt es zu einer umfassenden Veränderung der Ökosysteme und auf vielen Ebenen kann es somit auch zu einer veränderten Chemikalienbelastung kommen. Er kann physikalisch-chemische sowie biologische Prozesse beeinflussen, wodurch indirekt die Bioakkumulation und der Ferntransport von persistenten Chemikalien betroffen ist. Darüber hinaus kann es zur Freisetzung von Sekundäremissionen kommen. [19, 20, 21]

Einzelne Messdaten geben allerdings immer nur eine Momentaufnahme wieder. Um Veränderungen, wie die oben genann-

ten, zu verstehen, sind beständige Messreihen notwendig. Ebenso werden für Modelle und Vorhersagen langfristig angelegte Messprogramme gebraucht. Alle Teilnehmer wünschten sich hier dauerhafte Förderungen, vor allem in länderübergreifenden Programmen.

Literatur

- [1] Abschlussbericht des Projekts OPTIMON, https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/projekte_alpenschutz/purealps/publikationen/index.htm
- [2] NORMAN Database System, <https://www.norman-network.com/nds/common/>, aufgerufen am 28.01.2025.
- [3] L. Mayer, C. Degrendele, P. Šenk, J. Kohoutek, P. Příbylová, P. Kukučka, L. Melymuk, A. Durand, S. Ravier, A. Alastuey, A. R. Baker, U. Baltensperger, K. Baumann-Stanzer, T. Biermann, P. Bohlin-Nizzetto, D. Ceburnis, S. Conil, C. Couret, A. Degórska, E. Diapouli, S. Eckhardt, K. Eleftheriadis, G. L. Forster, K. Freier, F. Gheusi, M. I. Gini, H. Hellén, S. Henne, H. Herrmann, A. Holubová Šmejkalová, U. Hörrak, C. Hüglin, H. Junninen, A. Kristensson, L. Langrene, J. Levula, M. Lothon, E. Ludewig, U. Makkonen, J. Matejovičová, N. Mihalopoulos, V. Mináriková, W. Moche, S. M. Noe, N. Pérez, T. Petäjä, V. Pont, L. Poulain, E. Quivet, G. Ratz, T. Rehm, S. Reimann, I. Simmons, J. E. Sonke, M. Sorribas, R. Spoor, D. P. J. Swart, V. Vasilatou, H. Wortham, M. Yela, P. Zampas, C. Zellweger Fäsi, K. Tørseth, P. Laj, J. Klánová, G. Lammel, Widespread pesticide distribution in the European atmosphere questions their degradability in air, *Environ Sci Technol.* 2024, 58(7):3342-3352. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c08488>
- [4] J. Rockström, W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, E. F. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer M., C. Folke, H.-J. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, K. P. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, J. A. Foley, A safe operating space for humanity, *Nature* 2009, 461 (24), 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- [5] A. Maertens, E. Golden, T. Hartung, Avoiding regrettable substitutions: green toxicology for sustainable chemistry, *ACS Sustainable Chem Eng* 2021, 9 (23), 7749-7758. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c09435>
- [6] W. Körner, Terrestrisches Umweltmonitoring – Messen wir die richtigen Stoffe?, *Mitt Umweltchem Ökotox* 2023, 29 (3), 68-72.
- [7] ECHA, Verzeichnis der zulassungspflichtigen Stoffe, <https://echa.europa.eu/de/authorisation-list>, aufgerufen am 28.01.2025.
- [8] The new POPs under the Stockholm Convention, SC-11/11: Listing of UV-328, <https://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/TheNewPOPs/tabid/2511/Default.aspx>, aufgerufen am 28.01.2025

- [9] E. L. Schymanski, H. P. Singer, J. Slobodnik, I. M. Ipolyi, P. Oswald, M. Krauss, T. Schulze, P. Haglund, T. Letzel, S. Grosse, N. S. Thomaidis, A. Bletsou, C. Zwiener, M. Ibáñez, T. Portolés, R. de Boer, M. J. Reid, M. Onghena, U. Kunkel, W. Schulz, A. Guillon, N. Noyon, G. Leroy, P. Bados, S. Bogialli, D. Stipaničev, P. Rostkowski, J. Hollender, Non-target screening with high-resolution mass spectrometry: critical review using a collaborative trial on water analysis, *Anal Bioanal Chem* 2015, 407, 6237–6255. <https://doi.org/10.1007/s00216-015-8681-7>
- [10] Chemical evaluation. Achievements, challenges and recommendations after a decade of REACH. European Environmental Bureau. 2019. <https://eeb.org/wp-content/uploads/2019/07/Report-Substance-Evaluation-under-REACH.pdf>
- [11] ECHA, Regulatory strategy for flame retardants 2023, Link: https://echa.europa.eu/documents/10162/2082415/flame_retardants_strategy_en.pdf, <https://data.europa.eu/doi/10.2823/854233>
- [12] G. Treu, J. Schulze, W. Galert, E. Hassold, Regulatory and practical considerations on the implementation of a mixture allocation factor in REACH, *Environ Sci Eur* 2024, 36: 101, 1-19. <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00910-z>
- [13] OECD Screening tool for overall persistence (Pov) and long-range transport potential (LRTP), <https://www.oecd.org/en/data/tools/screening-tool-for-overall-persistence-and-long-range-transport-potential.html>
- [14] R. Sühring, M. Scheringer, T. F. M. Rodgers, L. M. Jantunenae, M. L. Diamond, Evaluation of the OECD POV and LRTP screening tool for estimating the long-range transport of organophosphate esters, *Environ Sci Processes Impacts*, 2020, 22, 207-216. <https://doi.org/10.1039/C9EM00410F>
- [15] Umweltprobenbank des Bundes, <https://www.umweltprobenbank.de/de>, aufgerufen am 28.01.2025.
- [16] EBAS ist eine Datenbankinfrastruktur, die vom NILU - Norwegisches Institut für Luftforschung - entwickelt und betrieben wird. Als die Datenbank 1995 eingerichtet wurde, sollte sie nur als Speicher für EMEP-Daten (www.emep.org) dienen. Damals stand EBAS als Akronym für „EMEP-Database“. Im Laufe der Zeit wurde die Datenbank auch von anderen internationalen Organisationen als Infrastruktur genutzt. Der Name EBAS wurde beibehalten, bezieht sich aber nicht mehr allein auf das EMEP Programm. <https://ebas.nilu.no/>
- [17] S. Comero, S. D. Costa, A. Cusinato, P. Korytar, S. Kephapoulos, S. Bopp, B. M. Gawlik, A conceptual data quality framework for IPCHEM – The European Commission Information Platform for chemical monitoring, *TrAC Trends Anal Chem* 2020, 127, 115879. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.115879>
- [18] The Forever Pollution Project journalists tracking PFAS across Europe, <https://foreverpollution.eu/>, aufgerufen am 28.01.2025.
- [19] C. A. de Wit, K. Vorkamp, D. Muir, Influence of climate change on persistent organic pollutants and chemicals of emerging concern in the Arctic: state of knowledge and recommendations for future research, *Environ Sci Processes Impacts*, 2022, 24, 1530-1543. <https://doi.org/10.1039/D1EM00531F>
- [20] H. Hung, C. Halsall, H. Ball, T. Bidleman, J. Dachs, A. De Silva, M. Hermanson, R. Kallenborn, D. Muir, R. Sühring, X. Wang and S. Wilson, Climate change influence on the levels and trends of persistent organic pollutants (POPs) and chemicals of emerging Arctic concern (CEACs) in the Arctic physical environment – a review, *Environ Sci Processes Impacts*, 2022,24, 1577-1615. <https://doi.org/10.1039/D1EM00485A>
- [21] D. Costopoulou, L. Leondiadis, M. Rose, Climate change influence on the trends of BFRs in the environment and food, *Chemosphere*, 2024, 367, 143578. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.143578>

Korrespondenzadressen

Dr. Christa Barkschat
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Referat 74 – Organische Analytik
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
E-Mail: christa.barkschat@lfu.bayern.de

Patricia Darmstadt
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Referat 76 – Stofftestlabor, Umweltmonitoring
Demollstraße 31
82407 Wielenbach
E-Mail: patricia.darmstadt@lfu.bayern.de