

Politik für das Toxozän

Warum es einen breiten Diskurs über Chemikalienpolitik braucht

Peter Hanisch und Jens Martin König (Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat, Wiesbaden)

Abstract *This text discusses the need for a comprehensive discussion on chemicals policy. The authors discuss why the crisis of chemical pollution, which has already exceeded its planetary boundary, remains largely unknown to the public. They identify several reasons, including the lack of a central event, known actors, a quantifiable marker and clear causal relationships, which make it difficult for the public to understand and engage with the issue. They also emphasize that there is not even a suitable name for the crisis and suggest the term ›Toxocene‹. By focusing on the examples of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), also known as ›forever chemicals‹, fluorinated greenhouse gases (F-gases), and brominated flame retardants, the text presents the impact of chemical pollution on other environmental crises, such as climate change, biodiversity loss and the circular economy. The authors call for more attention to this issue, urging for ›politics for the Toxocene‹ to effectively address the crisis.*

Keywords *chemical's policy, chemical pollution, environmental crisis, F-gases, fluorinated greenhouse gases, PFAS, per- and polyfluoroalkyl substances, planetary boundaries*

Schlagworte *Chemikalienpolitik, F-Gase, Fluorierte Treibhausgase, Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen, Planetare Grenzen, Umweltkrise, Verschmutzungskrise*

1 Einleitung

Kennen Sie Robert Bilott? Hollywood hat seine Geschichte verfilmt (vgl. *Dark Waters* 2019), die New York Times widmete seiner Arbeit eine Titelstory (vgl. Rich 2016, o. S.). 2017 erhielt er den Alternativen Nobelpreis. Bilott könnte eine Galionsfigur sein. Er ist es aber nicht. Oder wissen Sie, welchem Thema sich dieser Mann seit Jahrzehnten ganz und gar verschrieben hat?

Bilott ist Anwalt und er könnte der Held dieser Geschichte sein. Durch innovative Prozessführung, wissenschaftliche Akribie und ein beachtliches Durchhaltevermögen

gelang ihm im Umweltrecht einer der größten gerichtlichen Erfolge des Jahrhunderts – so beschreibt es die Stiftung, die ihm 2017 den *Right Livelihood Award* verlieh (vgl. *Right Livelihood* 2017, o. S.). Sein Thema: Umwelt- und Gesundheitsgefahren, die von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen ausgehen. Unter dem Kürzel PFAS oder den in den Medien verwendeten Begriffen ›Ewigkeitschemikalien‹ oder ›Jahrhundertgift‹ ist die Stoffgruppe in den vergangenen Jahren zu größerer Bekanntheit gelangt.

In der öffentlichen Debatte haben PFAS damit ein weitaus größeres Thema sichtbar gemacht und so betrachtet sind PFAS-Chemikalien nur die Spitze eines Eisberges oder die Vorboten einer weitaus größeren Krise: Mit der breiten medialen PFAS-Berichterstattung, insbesondere den im Zuge des *The Forever Pollution Project* (2023, o. S.) veröffentlichten Beiträgen in zahlreichen europäischen Leitmedien, ist die Chemikalienbelastung der Umwelt stärker als je zuvor ins allgemeine Bewusstsein gerückt, wenn zunächst auch nur vorübergehend.

Dabei zählt die Umweltbelastung mit Chemikalien für die Europäische Kommission und die Vereinten Nationen neben Klimakrise und Artensterben zu den großen ökologischen Krisen unserer Zeit – und ist zugleich mehr als das, weil sie eng und unmittelbar mit den anderen großen ökologischen Krisen zusammenhängt. Ausdrücklich stellt etwa die Europäische Kommission fest, dass »die Umweltverschmutzung durch Chemikalien [...] planetare Krisen wie den Klimawandel, die Zerstörung von Ökosystemen und den Verlust an Biodiversität [...] verstärkt.« (2020a, 1) Auch wenn sie bislang nicht in diesem Ausmaß wahrgenommen worden ist: Die Umweltbelastung mit Chemikalien verbindet die großen ökologischen Krisen unserer Zeit und verstärkt sie.

Zugleich hat die Umweltbelastung mit Chemikalien auch die ihr gesetzte planetare Grenze bereits weit hinter sich gelassen. Als Anfang 2022 erstmals wissenschaftlich untersucht wurde, wo die Belastungsgrenze unseres Ökosystems für Chemikalien liegt und wie sie quantifiziert werden kann, war das Ergebnis eindeutig – die Grenze ist bereits weit überschritten (vgl. Persson et al. 2022, 1517).

2 Die Krise benennen

Wie kommt es dann, dass die Umweltbelastung mit Chemikalien den meisten dennoch kein Begriff ist und ihr Ausmaß regelmäßig unterschätzt wird? Woran liegt es, dass wir kaum über die Umweltbelastung mit Chemikalien sprechen? Wie können wir in Wissenschaft, Medien, Politik und Gesellschaft besser über die Gefahren schädlicher Chemikalien ins Gespräch kommen und Lösungen finden?

Diese Fragen waren der Ausgangspunkt des Vortrags mit dem wir am 12. Februar 2025 auf Einladung der Deutschen Gesellschaft für Publizistik und Kommunikationswissenschaft (DGPK), der Technischen Universität Darmstadt und der Schader Stiftung die Tagung »Gut für uns und gut für den Planeten? Ökologische Diskurse aus inter- und transdisziplinärer Perspektive« der DGPuK-Fachgruppe Mediensprache – Mediendiskurse eröffnet haben. ›Eine Krise ohne Namen‹ hatten wir den Abend überschrieben – denn wie soll eine öffentliche Debatte entstehen, wenn die Krise, um die es gehen soll, nicht einmal einen gängigen Namen hat? Auch im vorliegenden Beitrag beschäftigen wir uns mit diesen Fragen und versuchen uns – natur- und rechtswissenschaftlich

ausgebildet und in der politischen Beratung tätig – an sprach- und medienwissenschaftlichen Antworten. Während anderswo diskutiert wird, ob angesichts der immer schneller fortschreitenden Erwärmung des Planeten von *Klimawandel*, *Klimakrise* oder *Klimakatastrophe* gesprochen werden sollte, während man die global abnehmende Artenvielfalt wahlweise mit den Begriffen *Biodiversitätsverlust*, *Artensterben* oder *Massenaussterben* bezeichnen kann, bleibt der öffentliche Diskurs zur Umweltbelastung mit Chemikalien in Deutschland nahezu stumm.

Das Bundesumweltministerium verwendet den Begriff ›Verschmutzungskrise‹¹ (vgl. etwa Lemke 2023, o. S.), der an alles Mögliche, aber nicht unbedingt an Chemikalien denken lässt. In der Wissenschaft ist aus der planetaren Grenze für ›chemical pollution‹ (vgl. Rockström et al. 2009) eine solche für ›novel entities‹ (vgl. Steffen et al. 2015, 7) geworden. Während mit dieser neuen Begrifflichkeit sicher fachlich wichtigen Aspekten Rechnung getragen wird, kann sich darunter kaum jemand etwas vorstellen, der nicht intensiv zu der Thematik arbeitet. Wen wundert es, dass solche Begriffe keinen Einzug in den allgemeinen Sprachgebrauch gefunden haben?

3 Warum die Krise ohne Namen öffentlich nicht durchdringt

Der Umweltbelastung mit Chemikalien fehlt es nicht nur an einem greifbaren Namen, sondern eigentlich an allen Attributen, die anderen ökologischen Krisen stärkere Aufmerksamkeit bescherten. Warum das so ist, dafür sehen wir sechs Gründe, die wir vor allem aus Vergleichen mit anderen Umweltkrisen oder -themen herleiten.

1. Zunächst gibt es kein zentrales Ereignis, mit dem die Umweltbelastung mit Chemikalien ins allgemeine Bewusstsein vordringen konnte. Insbesondere fehlt ein Ereignis, durch das sich ein Ort unmittelbar mit einer ökologischen Krise verbindet, so wie etwa die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl seit 1986 für die Risiken der zivilen Nutzung der Kernenergie steht. Mit dieser Katastrophe – wie zuvor schon mit dem Reaktorunfall im Kernkraftwerk Three Mile Island oder später durch die Havarie im Atomkraftwerk Fukushima – rückte die Kernenergie schlagartig in die öffentliche Debatte. Viele Menschen, die die Risiken der zivilen Nutzung der Kernkraft vorher eher als abstrakt, handhabbar oder gering eingeschätzt hatten, bewerteten diese nach den Katastrophen diametral anders (vgl. Weiß et al. 2014, 92). Ein vergleichbares »Momentum der totalen Plötzlichkeit« (Pörksen 2025, 206) hat es für die oft schleichend über Jahrzehnte anwachsende, ubiquitäre und in vielerlei hinsicht ›unsichtbare‹ Umweltbelastung mit Chemikalien nie gegeben.
2. Der Geschichte, die sich zur Umweltbelastung mit Chemikalien erzählen ließe, fehlt es zudem an wirklich bekannten Akteuren. Robert Bilott könnte diese Lücke vielleicht füllen, doch, wie eingangs demonstriert, fehlt ihm eine wichtige Voraussetzung dafür: Prominenz, also eine Bekanntheit wie sie etwa Greta Thunberg oder

1 »Das Erste ist, erfolgreich gegen die drei großen ökologischen Krisen unserer Zeit anzukämpfen, das heißt, die Klimakrise, die Krise des Artensterbens und die Verschmutzungskrise energisch anzugehen.« (Lemke 2023, o. S., Hervorh. i. O.).

Al Gore im Hinblick auf die Klimakrise erreicht haben. An Menschen, die sich dem Kampf gegen eine Umweltkrise verschreiben, kann sich die globale Öffentlichkeit zumindest eine Zeit lang orientieren; ihr Wort hat Gewicht und kann Veränderungen herbeiführen; zumindest erreicht es außerordentlich viele Menschen und schafft damit ein größeres Bewusstsein. Im öffentlichen Diskurs fungieren sie als Helden ihrer jeweiligen Geschichte; sie haben »ein Verständnis dafür, was gerade dran ist, und gehen ins Risiko ohne zu wissen, wie es ausgeht.« (Göpel 2022, 294) Ohne Helden, ohne Helden (vgl. Campbell 2011, 31–32) aber auch keine Heldenreise und ohne Heldenreise keine Möglichkeit für das Publikum, gedanklich und emotional mitzugehen. (vgl. El Quassil und Karig 2021, 33–39)

Aufmerksamkeit durch einen besonderen emotionalen Zugang könnten im Übrigen auch Symbole oder Maskottchen erwirken, so wie beispielsweise das oft verwandte Bild eines Eisbären auf einer kleinen Eisscholle, das vielen als Symbol für den Klimawandel gilt. Was auch immer man von diesem Symbol halten mag – selbst daran fehlt es der chemischen Umweltverschmutzung: Keine Gallionsfigur, keine Heldin und auch kein Maskottchen generieren Aufmerksamkeit für die Umweltbelastung mit Chemikalien.

3. Ebenso gibt es für die Umweltbelastung mit Chemikalien keinen Marker, der eine quantitative Bewertung oder Vergleiche zwischen verschiedenen Belastungsszenarien erlaubt. Anders ist dies etwa beim Klimawandel, zu dem unterschiedlichste Handlungen und neben CO₂ auch weitere Gase beitragen. Gleichwohl kann deren Treibhauseffekt stets in CO₂-Äquivalenten gemessen, bewertet und verglichen werden, so dass es möglich wird, komplexe Zusammenhänge anschaulich darzustellen und vergleichbar zu machen – etwa, wenn die Klimaauswirkungen einer bestimmten Handlung in Flüge zwischen Frankfurt und New York umgerechnet wird. Die Umweltbelastung mit Chemikalien entsteht hingegen aus mehreren hunderttausend verschiedenen Stoffen, die auf die unterschiedlichste Weise wirken. Sie können beispielsweise endokrinschädlich oder krebserregend sein, das Erbgut schädigen oder einzelne Organe beeinträchtigen. Auch sind teilweise nur einzelne Organismen von negativen Eigenschaften bestimmter Chemikalien betroffen, während andere gar keine Auswirkungen davontragen. Und schließlich wirken Chemikalien auch in komplexen Mischungen sehr verschieden, ihre Wirkung kann sich gegenseitig potenzieren (vgl. Europäische Kommission 2020b). All dies macht es extrem schwierig, Chemikalien nach einem allgemeinen Marker zu bewerten, der wissenschaftlichen Kriterien standhält, allgemein nachvollziehbar ist und zu realistischen Ergebnissen führt. Bisher ist es jedenfalls nicht gelungen, einen solchen Marker zu entwickeln.
4. Die oben beispielhaft beschriebenen, komplexen Wirkmechanismen führen auch dazu, dass für die Belastung der Umwelt mit Chemikalien regelmäßig keine Kausalzusammenhänge erkennbar sind. Chemikalien in der Umwelt analytisch nachzuweisen, ihre Wirkmechanismen zu verstehen und wissenschaftlich zu belegen, dauert nicht selten Jahrzehnte – wenn es überhaupt gelingt. Die Wirkung von Chemikalien auf Gesundheit und Umwelt können wir daher höchstens zeitversetzt wahrnehmen und es ist dann ausgeschlossen, dass Kausalzusammenhänge zwischen einem Verursacher und einer ubiquitären Umweltbelastung mit Chemikalien nachgewiesen werden können. Ebenso wenig ist meist erkennbar, ob bestimmte Umweltschäden, Er-

krankungen oder sonstige Auswirkungen überhaupt auf eine Chemikalienbelastung zurückzuführen sind, oder ob sie (zumindest teilweise) auch andere Gründe haben. Wie bei der Klimakrise kann auch bei der Umweltbelastung mit Chemikalien von einem regelrechten »Komplexitätsmonster« (Pörksen 2025, 203) gesprochen werden. Anders ist dies zum Beispiel bei Störfällen in Industrieanlagen, die zwar auch mit Chemikalien zu tun haben, jedoch allenfalls einen Nebenaspekt der hier diskutierten Umweltkrise repräsentieren. Wer noch einmal in das bereits erwähnte Jahr 1986 zurückblickt, wird sich auch an den »Roten Rhein« und das massive Fischsterben erinnern und keinen Zweifel haben, dass dieses durch den damaligen Chemieunfall bei Sandoz ausgelöst worden war. Ursache und Wirkung sind in diesem Beispiel – wenn auch in hoch komplexen Zusammenhängen begründet – ohne besondere Vorkenntnisse für jede und jeden nachvollziehbar.

5. Für das geringe Risikobewusstsein und daraus folgend eine geringe öffentliche Aufmerksamkeit für die Umweltbelastung mit Chemikalien gibt es weitere Gründe. Dies zeigt der Blick auf ein anderes Umweltthema, das zweifelsohne ähnlich komplex ist, ebenfalls kein zentrales Ereignis und auch keinen Marker aufweist, dessen potentielle Risiken aber dennoch in einem ganz anderen Ausmaß öffentlich wahrgenommen werden – die Rede ist von der Gentechnik. Gentechnisch veränderte Organismen werden im Modell der planetaren Grenzen ebenso wie Chemikalien zu den »*novel entities*« gezählt, also zu den neuen Stoffen, die der Mensch der Erde hinzugefügt hat. (vgl. Steffen et al. 2015, 7) Mit den Risiken der Gentechnik geht die Gesellschaft indes ganz anders um: Das Risiko für die (tatsächlichen oder vermeintlichen) Gefahren der Gentechnik wird als so groß bewertet, dass die grüne Gentechnik in Europa quasi keine Anwendung findet (vgl. BfN 2023, 25–27, 103–106). Sei die Furcht vor den Folgen der Gentechnik begründet oder nicht – trotz äußerst komplexer, naturwissenschaftlicher Zusammenhänge und ohne, dass ein »Gentechnik-GAU« passiert wäre, hat dieses Thema längst breite Teile der Bevölkerung erreicht und die starke öffentliche Meinung zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten dieser Technologie verhindert.

Das Bewusstsein für die Risiken von Chemikalien in der Umwelt ist, selbst dort wo diese wissenschaftlich klar nachgewiesen worden sind, im Vergleich zum eher diffusen »Basisrisiko«² (BVerfG 2011, 99) der Gentechnik nur sehr gering ausgeprägt und in der Öffentlichkeit ein Nischenthema. Vielleicht liegt es am Symbol der Anti-Gentechnik-Bewegung, dem wütenden Maiskolben, aber im Gegensatz zur grünen Gentechnik hat unsere Gesellschaft beispielsweise der Entwicklung und dem Einsatz von PFAS-Chemikalien fast gar keine Einschränkungen auferlegt.

6. Zu guter Letzt: Chemie bedeutet komplizierte chemische Strukturen und Reaktionen und ein Fachvokabular, das einer Geheimsprache gleichkommt. Als Schulfach wird Chemie gerne bei erster Gelegenheit abgewählt und Chemikerinnen und Chemiker zählen zu den Prototypen des »Nerds«. Mit »Chemie« weckt man beim Gegen-

2 »Die Annahme eines solchen »Basisrisikos« [...] liegt im Bereich der Einschätzungsprärogative des Gesetzgebers und setzt keinen wissenschaftlich-empirischen Nachweis des realen Gefährdungspotenzials der gentechnisch veränderten Organismen und ihrer Nachkommen voraus.« (BVerfG 2011, 99)

über nur schwer Interesse, auch wenn wir ständig und überall davon umgeben sind und es sich um ein für alle relevantes und wichtiges Thema handelt. Und wie soll das Bewusstsein für die Auswirkungen von Chemikalien auf die Biodiversität wachsen, wenn eine große Zahl relevanter Forschungsarbeiten zu diesem Thema in wenigen und immer gleichen, hochspezialisierten ökotoxikologischen Fachzeitschriften veröffentlicht wird? (vgl. Sylvester et al. 2023)

4 Warum wir uns für mehr Aufmerksamkeit einsetzen

Auch wenn es schwer ist, mit chemikalienpolitischen Themen durchzudringen – es braucht mehr Aufmerksamkeit für die Gefahren schädlicher Chemikalien, soll diesen wirksam begegnet werden. Nichtstun ist keine Option, das Ausmaß der Krise ist groß, was Menschen ebenso aufrütteln wie auch lähmen kann.

Um ins Handeln zu kommen, machen wir das große Thema in unserer Arbeit konkret und suchen dabei das Gespräch und die Zusammenarbeit mit so vielen Akteuren wie möglich. Nur zu gern haben wir daher auch die Einladung der Deutschen Gesellschaft für Publizistik und Kommunikationswissenschaft (DGPK), der Technischen Universität Darmstadt und der Schader Stiftung angenommen, aus unserer Arbeit zu berichten. Ausgewählt hatten wir für unseren Vortrag drei Themen, die uns ganz besonders wichtig sind: fluoridierte Treibhausgase (F-Gase), poly- und perfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) und bromierte Flammschutzmittel.

4.1 Klimaschutz: F-Gase

Kann die Durchsetzung des Chemikalienrechts dazu beitragen, die Klimakrise einzudämmen? Ja, auf jeden Fall und es ist schwer begreiflich, warum das hierzu geltende Recht nicht noch viel intensiver durchgesetzt wird.

Die Chemikalien, um die es in diesem Zusammenhang geht, sind synthetisch hergestellte Gase, die vor allem in Kälte- und Klimaanlage eingesetzt werden: F-Gase oder fluoridierte Treibhausgase. Ihr Treibhausgaspotential übersteigt das von CO₂ in vielen Fällen um das mehrtausendfache (vgl. UBA 2025). Das stärkste Klimagas überhaupt ist ein F-Gas mit dem wenig einprägsamen Namen Schwefelhexafluorid und der chemischen Formel SF₆. Dieses Gas hat ein Treibhausgaspotential von 24.300. (vgl. Europäische Union 2024, 50) Eine Tonne davon fügt dem Klima demnach genauso viel Schaden zu wie 24.300 t CO₂. Kurz gesagt: Es lohnt sich, den Austritt selbst vergleichsweise kleiner Mengen dieses und anderer F-Gase in die Atmosphäre zu unterbinden.

Die Weltgemeinschaft hat dies erkannt und mit dem sogenannten Kigali Amendment (vgl. UN 2016) auf die Klimaschadwirkung von F-Gasen reagiert. In Europa wurde daraus resultierend entschieden, die im Binnenmarkt verfügbare Menge an F-Gasen durch eine Quotenregelung schrittweise zurückzuführen (vgl. Europäische Union 2024). Während die Menge des legal gehandelten Gases in Europa seit 2015 schrittweise sinkt, steigt der Handel mit illegal eingeführten Gasen immer weiter an und entspricht – Schätzungen zufolge – inzwischen mindestens 20–50 Prozent des legalen Marktes (vgl. Environmental Investigation Agency 2021, 16). Obwohl der illegale Handel mit F-Gasen

das Klima und die legitime Wirtschaft in erheblicher Weise schädigt und nationales (z. B. das deutsche Chemikaliengesetz) europäisches (vgl. Europäische Union 2024) und internationales Recht (vgl. UN 2016) unterläuft, ist der staatliche Kontrolldruck bislang gering (vgl. Götze et al. 2024, 94–96). Vieles deutet darauf hin, dass die organisierte Kriminalität diese Lücke nutzt und den illegalen Handel mit fluorierten Treibhausgasen vorantreibt. Gewinnspannen von bis zu 1.000 % sind erreichbar und damit mit dem Drogenhandel vergleichbar; eine geringe Kontrolldichte und äußerst geringe Strafandrohungen machen den illegalen F-Gase-Handel für das organisierte Verbrechen im Vergleich sogar noch attraktiver.

Den Kontrolldruck zu erhöhen und den illegalen Handel zurückzudrängen, ist ein wichtiges Ziel unserer Arbeit. Diese begann im Jahr 2019, als Millionen Menschen in Deutschland für mehr Klimaschutz auf die Straße gingen und wir feststellen mussten, dass die zuständigen Behörden nicht einmal nachvollziehen konnten, ob eine F-Gaslieferung aus der europäischen Quote oder aus illegalen Quellen stammte. Ein Gesetzesentwurf, mit dem wir dies schon Ende 2019 ändern wollten, wurde von der damaligen Bundesregierung – trotz Zustimmung aller Länder im Bundesrat – nur mit großem Zeitverzug umgesetzt. Erst im August 2021 wurde es den Behörden mit Inkrafttreten der §§ 12i und 12j Chemikaliengesetz möglich, die Lieferkette der F-Gase nachzuvollziehen, nun kam es darauf an, diese Möglichkeit auch tatsächlich zu nutzen. Im Januar 2022 startete daher ein von Hessen initiiertes bundesweites Projekt zur Durchsetzung der neuen Regeln, an dem sich 14 weitere Bundesländer beteiligten. Mit der Gründung des »Kompetenzteams Klimagase« im Regierungspräsidium Darmstadt machten wir schon im Juni des gleichen Jahres deutlich, dass Hessen den illegalen Handel mit F-Gasen und den Vollzug der F-Gase-Verordnung auch über den Projektzeitraum hinaus und damit dauerhaft mit höchster Priorität verfolgen wird. Das kleine Team, das im Regierungspräsidium Darmstadt engagiert an der Durchsetzung des Chemikalienrechts arbeitet, konnten wir aus diesem Grund personell leicht verstärken. Der nächste wichtige Schritt erfolgte 2023: Seither werden alle in Hessen ermittelten Verstöße gegen die F-Gase-Verordnung mit strafrechtlicher Relevanz zentral bei der Umweltabteilung der Schwerpunktstaatsanwaltschaft für Wirtschaftsstrafsachen Frankfurt bearbeitet. 2025 wurden die behördlichen Ermittlungen gegen den illegalen Handel mit F-Gasen nochmals verstärkt und im Polizeipräsidium Frankfurt eine gemeinsame Projektgruppe gegründet. Das Kompetenzteam Klimagase des Regierungspräsidiums Darmstadt, die Schwerpunktstaatsanwaltschaft für Wirtschaftsstrafsachen Frankfurt und Datenanalysten der Polizei stimmen in der Projektgruppe unter Federführung des Polizeipräsidiums Frankfurt ihre Arbeit ab, um durch enge Kooperation aller beteiligten Behörden die Ermittlungen gegen den illegalen Handel mit F-Gasen zu intensivieren. Parallel arbeiten wir an Rechtsänderungen im Strafrecht, auch mit dem Ziel, den Strafverfolgungsbehörden alle notwendigen Ermittlungsbefugnisse zu geben, damit dem illegalen F-Gase-Handel Einhalt geboten werden kann. Schließlich sind wir im ständigen Dialog mit der betroffenen Branche und relevanten Akteuren der Zivilgesellschaft, was unsere Arbeit ebenfalls sehr unterstützt. Mit dieser sind wir noch lange nicht am Ziel und doch zeigt sich, wie viel sich gemeinsam erreichen lässt.

4.2 Biodiversität und Gesundheit: PFAS

Trägt eine nachhaltige und sichere Chemie auch zum Kampf gegen das Artensterben und zu einem besseren Gesundheitsschutz bei? Ja, die Regulierung von Chemikalien nimmt dabei sogar eine zentrale Rolle ein, denn nur sie bietet die Chance, Vorgaben für alle Anwendungsbereiche und den gesamten Lebenszyklus problematischer Stoffe zu schaffen.

Am Beispiel PFAS lassen sich diese Möglichkeiten gut erklären, während zugleich deutlich wird, welch enorme Leerstelle bei der Regulierung dieser Stoffgruppe besteht. PFAS steht für poly- und perfluorierte Alkylsubstanzen – damit wird eine Gruppe mit schätzungsweise 10.000 Einzelverbindungen bezeichnet, die ausschließlich anthropogen hergestellt werden. PFAS werden anhand ihrer chemischen Struktur definiert; jede PFAS-Verbindung enthält ein oder mehrere vollständig fluoridierte Methyl-/Methylengruppen³ (vgl. OECD 2021). Da die Bindung zwischen Fluor und Kohlenstoff außerordentlich stark ist, sind PFAS per Stoffdefinition chemisch und thermisch äußerst stabil (vgl. Brunn et al. 2023). Diese Stabilität bedeutet gleichzeitig, dass PFAS-Verbindungen in der Umwelt gar nicht oder nur bis zu ihrem perfluorierten Rest abgebaut werden können. PFAS werden daher im medialen Diskurs auch ›forever chemicals‹ oder ›Ewigkeitschemikalien‹ genannt.

Neben ihrer großen Beständigkeit gegenüber anderen Chemikalien und hohen Temperaturen macht ein weiterer Aspekt PFAS für die Stoffentwicklung attraktiv. PFAS können zugleich wasser-, fett- und schmutzabweisend sein, was sie für die unterschiedlichsten Anwendungen interessant macht. PFAS wurden daher seit den späten 1940er Jahren für zahlreiche Verwendungen entwickelt und produziert, beispielhaft seien hier etwa PFAS in Löschschäumen, imprägnierten Textilien, Pappen, Papieren oder auch in Kosmetika genannt. Heute ist die PFAS-Stoffgruppe derart verbreitet, dass sie in fast jeder Industriebranche und unzähligen Verbraucherprodukten zu finden ist (vgl. Glüge et al. 2020, 2345). Besonders weit verbreitet sind Fluorpolymere, die ebenfalls zur Stoffgruppe der PFAS gehören – zum Beispiel Polytetrafluorethylen (PTFE) das unter dem Handelsnamen ›Teflon‹ gut bekannt ist.

In den vergangenen Jahrzehnten ist jedoch nicht nur die Entwicklung immer weiterer PFAS-Verbindungen und neuer Anwendungsgebiete schnell vorangeschritten, auch der Kenntnisstand zu ihren gefährlichen Eigenschaften sowie ihrer Verbreitung in Umwelt, Nahrungskette und Mensch hat sich fortentwickelt. Alleine die außerordentlich hohe Persistenz der PFAS beziehungsweise ihrer Abbauprodukte macht sie insgesamt zu einer besorgniserregenden Stoffgruppe (vgl. Cousins et al. 2019, 781). Hinzu kommen immer mehr Erkenntnisse zu weiteren problematischen Eigenschaften wie einer sehr hohen Mobilität und Bioakkumulierbarkeit – PFAS können sich über Luft und Wasser leicht verteilen und in der Nahrungskette anreichern. Für einzelne PFAS-Verbindungen sind – teils ohne Wirkschwelle – endokrine Wirkungen, Kanzerogenität, Neurotoxizität oder eine Verringerung der Immunantwort nachgewiesen.

3 PFAS enthalten eine oder mehrere vollständig fluoridierte Methyl- ($-CF_3$) oder Methylengruppen ($-CF_2-$), wobei – etwas vereinfacht – keine unmittelbare Bindung zu einer Amin-, Alkohol- oder Carbonylgruppe bestehen darf (vgl. OECD 2021).

Blicken wir, um diese Entwicklung zu verdeutlichen, auf die im Jahr 2020 vorgenommene, neue wissenschaftliche Bewertung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (*European Food Safety Authority*, EFSA) für die PFAS-Einzelverbindungen Perfluorooctansäure (PFOA), Perfluorononansäure (PFNA), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) (vgl. EFSA 2020). Vergleicht man diese Bewertung mit den ebenso durch die EFSA vorgenommenen Bewertungen aus 2008 (vgl. EFSA 2008), zeigt sich, dass die gruppenbezogene tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge (*tolerable weekly intake*, TWI) – also das, was man ohne gesundheitliche Einschränkungen befürchten zu müssen, pro Woche über Nahrung und Trinkwasser aufnehmen darf – um den Faktor >2.500 abgesenkt wurde. Dies resultierte alleine aus den neuen Erkenntnissen, die in dieser Zeitspanne über PFAS gewonnen worden sind.

PFAS sind längst ubiquitär vorhanden – auf Bundesebene zeigen Untersuchungen des Umweltbundesamtes (UBA), dass Kinder und Jugendliche zwischen 3 und 17 Jahren in Deutschland zu viel PFAS im Blut haben. In einem Fünftel der untersuchten Proben lag die Konzentration für PFOA über dem von der Kommission Human-Biomonitoring festgelegten HBM-I-Wert (vgl. UBA 2023a). Für das Land Hessen zeigt sich die ubiquitäre Belastung der Umwelt mit den von der EFSA bewerteten PFAS in Wildschweinlebern und muskelfleisch. Die vom Hessischen Landeslabor (LHL) gemessenen Konzentrationen waren so hoch, dass eine Verzehrwarnung für Wildschweinleber in Hessen ausgesprochen werden musste (vgl. HMLU 2021, o. S.). Bei all dem gilt es im Auge zu behalten, dass aufgrund großer Defizite bei der Analytik, die von der Antarktis bis zu den Alpen gefundenen PFAS-Umweltkonzentrationen meist nur die Spitze des Eisbergs sein können – untersucht wird regelmäßig nur eine niedrige Zahl (i.d.R. 1–20) an Einzelverbindungen, keinesfalls aber alle 10.000 PFAS und schon gar nicht unbekannte Abbauprodukte teilfluorierter PFAS oder Degradationsprodukte von Fluorpolymeren.

Die immensen Schäden für Gesundheit und Biodiversität motivierten europäische Umweltbehörden schließlich dazu, einen Vorschlag zur Regulierung der PFAS zu machen. Anfang 2023 veröffentlichte die Europäische Chemikalienagentur ECHA den umfangreichen Vorschlag für eine Beschränkung der gesamten PFAS-Stoffgruppe und gab zugleich Gelegenheit zur Stellungnahme (vgl. ECHA 2025, o. S.). Der Vorschlag und der ihm zugrundeliegende wissenschaftliche Bericht werden seither kontrovers diskutiert – über 5.600 bei der ECHA eingegangene Stellungnahmen verdeutlichen dies, denn nie zuvor war die Zahl der Eingaben in einem chemikalienrechtlichen Beschränkungsverfahren auch nur annähernd so groß (vgl. UBA 2023b, o. S.). Vor allem die unterschiedlichen Branchen, in denen PFAS derzeit eingesetzt werden (z.B. die chemische Industrie, Elektrotechnik- und Elektronikindustrie oder Pharma- und Medizinproduktehersteller), meldeten sich dabei zu Wort. All jene hingegen, die von PFAS-Belastungen betroffen sind, etwa Wasserversorger, Landwirte oder Umweltverbände machten von dieser Möglichkeit deutlich weniger Gebrauch.

Bis ein mögliches Verbot beschlossen und etwaige Übergangsfristen vorüber sind, wird es wohl noch etliche Jahre dauern. Es ist aber auch nicht auszuschließen, dass sich die Profiteure des status quo durchsetzen und eine Regulierung ganz oder in wesentlichen Teilen scheitert. Der Eintrag und die immer weitere Akkumulation von PFAS in der Umwelt enden mit dem nun vorliegenden Vorschlag also keineswegs. Vielmehr benötigt der PFAS-Beschränkungs-vorschlag aktive Unterstützung – wenn er nicht scheitern soll.

Selbst wenn das jetzt auf europäischer Ebene diskutierte PFAS-Verbot tatsächlich kommt, werden sich die bereits produzierten PFAS-Chemikalien immer weiter in der Umwelt anreichern: Das Thema PFAS ist gekommen, um zu bleiben und wird Politik, Gesellschaft und gerade auch die Umweltbehörden zukünftig in jedem Fall noch weiter beschäftigen.

Uns ist es dabei ein wichtiges Anliegen, die Problematik der unzureichenden Analytik aufzugreifen, denn jeder künftige Umgang mit diesen Substanzen setzt entsprechende Analytik voraus. Nur so wird es möglich sein, ein genaueres Bild vom Ausmaß der PFAS-Belastung und ihrer Auswirkung auf die Umwelt zu bekommen. Im Auftrag des Landes Hessen soll daher an der Goethe-Universität Frankfurt ein effektbasierter Bio-Test für PFAS als Summenparameter entwickelt werden. Er soll anderen Laboren im Erfolgsfall lizenzfrei zur Verfügung gestellt werden und für sämtliche (Umwelt)-Medien einsetzbar sein. Mithilfe eines solchen Tests, könnte kostengünstig und schnell analysiert werden, ob eine Probe mit PFAS belastet ist oder nicht – ohne den heute für den Nachweis von Einzelverbindungen notwendigen Aufwand und mit einer viel größeren, weil nicht auf wenige PFAS-Verbindungen beschränkten Aussagekraft. Für Umweltverwaltungen, für Unternehmen, für Verbraucherinnen und Verbraucher könnte durch den Test klar werden, wo es sich lohnt, genauer hinzuschauen und wo keine PFAS-Belastung zu befürchten ist.

4.3 Kreislaufwirtschaft: Bromierte Flammschutzmittel

Kann das Chemikalienrecht dazu beitragen, echte Kreislaufwirtschaft zu etablieren? Ja, es ist sogar eine wesentliche Voraussetzung dafür, etwa dort, wo sich Schadstoffe in recycelten Produkten anreichern oder bestimmte Chemikalien die Kreislaufwirtschaft blockieren.

So verhindern zum Beispiel Flammschutzmittel, insbesondere solche, die Brom enthalten, die Kreislaufführung von Matratzen. Bromierte Flammschutzmittel blockieren die chemischen Prozesse, die ablaufen müssen, damit aus alten Schaumstoffmatratzen wieder Schäume für neue Matratzen gewonnen werden können. Zugleich sind diese Flammschutzmittel persistent und haben verschiedene toxische Eigenschaften, unter anderem sind Störungen des Hormonsystems, Karzinogenität, allergische und immunologische Störungen sowie organspezifische Beeinträchtigungen von Leber und Niere nachgewiesen. Funktionierende Kreislaufwirtschaft kann indes nur gelingen, wenn keine gefährlichen Chemikalien in den Produkten eingesetzt werden und sich im Kreislauf anreichern können.

Einen solchen Kreislauf für Matratzen zu etablieren, ist auch wirtschaftlich attraktiv, geht es doch um einen gigantischen Stoffstrom: In Deutschland werden 8,27 Mio. Matratzen pro Jahr entsorgt, ein kleiner Teil davon wird im Downcycling als billiges Füllmaterial stofflich verwertet, der große Rest endet in Müllverbrennungsanlagen. Fossile Rohstoffe gehen dabei verloren. Das muss nicht sein: Neue technische Verfahren stehen für das Recycling von Matratzen zur Verfügung. Sie könnten auch im industriellen Maßstab betrieben werden, wären die rechtlichen Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb gegeben. Diese Voraussetzungen können einzelne Unternehmen nicht selbst schaffen, denn sie betreffen die unterschiedlichsten Industrien – bei Ma-

tratten etwa Hersteller, Händler, Entsorgungsunternehmen und öffentlich-rechtliche Entsorger. Die Marktteilnehmer benötigen daher Unterstützung durch klare Vorgaben des Gesetzgebers, etwa eine Regulierung von Flammenschutzmitteln in Matratzen, deren getrennte Sammlung oder anspruchsvolle Recyklatquoten. Der zuständige Industrieverband wurde in einer Pressemitteilung im Sommer 2024 sehr deutlich: »*Dringend gebraucht werden [...] konkrete Rechtsverordnungen [...]. Ohne die wird es nicht gelingen, möglichst zeitnah echtes Recycling von Matratzen in Deutschland in die Tat umzusetzen, Kreisläufe zu schließen und endliche Ressourcen zu schonen.*« (Fachverband Matratzen-Industrie e.V. 2024, o. S.)

Für entsprechende Änderungen im Chemikalien- und Kreislaufwirtschaftsrecht hat sich Hessen aktiv eingesetzt, im Juni 2024 zunächst in der Umweltministerkonferenz (UMK 2024, 43–45) und sodann Ende Mai 2025 im Bundesrat (2025, 3–5). Wie man das Recycling von Matratzen durch die Regulierung von Chemikalien fördert, das ist nicht nur ein weiteres Beispiel aus unserer Arbeit, sondern zeigt auch, über welche transformative Kraft das (Chemikalien)-Recht verfügt.

5 Toxozän

Die enge Zusammenarbeit von Umweltbehörde, Polizei und Staatsanwaltschaft gegen den illegalen Handel mit F-Gasen; die Entwicklung einer Liste aller PFAS-Verbindungen in den Blick nehmenden Analytik, um ein realistisches Bild der Belastung mit PFAS zu bekommen; politische Initiativen, um die rechtlichen Rahmenbedingungen für echte Kreislaufwirtschaft zu schaffen – in Anbetracht der eingangs geschilderten Dimension der Krise ohne Namen sind dies gewiss nur sehr kleine Schritte. Immerhin: Es sind konkrete Schritte und, was uns ebenfalls sehr wichtig ist, es sind positive Geschichten, die vom Handeln berichten. Davon braucht es mehr und es braucht mehr Dialog, weitere Akteure und mehr öffentliche Aufmerksamkeit, um eine Politik für das Toxozän zu entwickeln.

Der Begriff des ›Toxozäns‹ wird unseres Wissens in der Überschrift dieses Beitrags zum ersten Mal verwendet. Er stammt nicht von uns, sondern von einer Zuhörerin oder einem Zuhörer unseres oben erwähnten Vortrags in der Schader Stiftung. Der Krise einen Namen zu geben – darum hatten wir unser Publikum gegen Ende der Veranstaltung gebeten. ›Umweltvergiftung‹, ›Giftkrise‹, ›Toxizid‹ lauteten einige der Vorschläge. Und eben ›Toxozän‹. Wer weiß, vielleicht bürgert sich der Begriff ein und sorgt dafür, dass die oben genannten Themen stärker im öffentlichen Bewusstsein verankert werden. Es ist an der Zeit.

6 Literatur

Brunn, Hubertus, Gottfried Arnold, Wolfgang Körner, Gerd Rippen, Klaus Günter Steinhäuser und Ingo Valentin. »PFAS: forever chemicals – persistent, bioaccumulative and mobile. Reviewing the status and the need for their phase out and remediation of contaminated sites« *Environmental Sciences Europe*, vol. 243, nr. 20, 2023, doi:10.1186/s12302-023-00721-8.

- Bundesamt für Naturschutz (BfN). »Naturbewusstsein 2023 – Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt«, *bfn.bsz-bw.de*, 2023, <https://bfn.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/1861/file/brs248.pdf>, abgerufen am 26. September 2025.
- Bundesrat. »Beschluss des Bundesrates – Entschließung des Bundesrates »Ein zweites Leben für Matratzen – Recycling ermöglichen.« *Der Bundesrat*, 13. Juni 2025, Drucksache 206/25, [https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2025/0201-0300/206-25\(B\).pdf?__blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2025/0201-0300/206-25(B).pdf?__blob=publicationFile&v=1), abgerufen am 05. September 2025.
- Bundesverfassungsgericht (BVerfG). »Verfassungsmäßigkeit des Gentechnikgesetzes.« *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht*, 2011, S. 94.
- Campbell, Joseph. *Der Heros in tausend Gestalten*, 1949. Insel, 2011.
- Cousins, Ian T., Carla A. Ng, Zhanyun Wang and Martin Scheringer. »Why is high persistence alone a major cause of concern?« *Environmental Science: Processes & Impacts*, 21, 2019, S. 781–791, doi:10.1039/C8EM00515J.
- El Quassil, Samira und Friedemann Karig. *Erzählende Affen. Mythen, Lügen, Utopien. Wie Geschichten unser Leben bestimmen*. 2021. Ullstein, 2023.
- Environmental Investigation Agency (EIA). »Eiskaltes Verbrechen – Der illegale Handel mit HFKW-Kältemitteln in der EU«, *eia-international.org*, 2021, *EIA_UK_Climate_Crime_Report_0721_GERMAN_EIA_report_0208.qxd*, abgerufen am 05. September 2025.
- Europäische Kommission. »Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit – Für eine schadstofffreie Umwelt«, COM (2020a) 667 final, 14. Oktober 2020, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:f815479a-of01-11eb-bc07-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF, abgerufen am 15. Januar 2026.
- Europäische Kommission. »Commission Staff Working Document, Progress report on the assessment and management of combined exposures to multiple chemicals (chemical mixtures) and associated risks«, SWD (2020b) 250 final, 14. Oktober 2020, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020SC0250>, abgerufen am 15. Januar 2026.
- Europäische Union. »Verordnung (EU) 2024/573 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Februar 2024 über fluorierte Treibhausgase, zur Änderung der Richtlinie (EU) 2019/1937 und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 517/2014.« *Das Europäische Parlament und der Rat*, 07. Februar 2024, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32024R0573>, abgerufen am 15. Januar 2026.
- European Chemicals Agency (ECHA). *Registry of restriction intentions until outcome – Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS)*. 09. Oktober 2025, <https://echa.europa.eu/de/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/obo236e18663449b>, abgerufen am 15. Januar 2026.
- European Food Safety Authority (EFSA). »Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts – Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain.« *The EFSA Journal*, vol. 6, no. 7, 2008, 653, p. 1–131, doi:10.2903/j.efsa.2008.653.

- European Food Safety Authority (EFSA). »Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food.« *The EFSA Journal*, vol. 18, no. 9, 2020, e06223, doi:10.2903/j.efsa.2020.6223.
- Fachverband Matratzen-Industrie e. V. »Fachverband Matratzen-Industrie treibt mit EPR-System die Kreislaufwirtschaft voran.« *Fachverband Matratzen-Industrie e.V.*, 20. August 2024, Pressemitteilung.
- Glüge, Juliane, Martin Scheringer, Ian T. Cousins, Jamie C. DeWitt, Gretta Goldenman, Dorte Herzke, Rainer Lohmann, Carla A. Ng, Xenia Trier and Zhanyun Wang. »An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS)«, *Environmental Science: Processes & Impacts*, 22, 2020, S. 2345–2373, doi:10.1039/DoEM00291G.
- Göpel, Maja. *Wir können auch anders. Aufbruch in die Welt von morgen*. Ullstein, 2022.
- Götze, Susanne, Frederik Obermaier und Sophia Stahl. »Illegal? Egal!« *DER SPIEGEL*, Nr. 49, 30. November 2024, S. 94–96.
- Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt (HMLU). »Umweltchemikalie PFC in Wildschweinlebern nachgewiesen – Umweltministerium empfiehlt Verzicht auf Verzehr von Wildschweinleber.« *HMLU*, 23. Februar 2021, <https://landwirtschaft.hessen.de//Presse/Umweltchemikalie-PFC-in-Wildschweinlebern-nachgewiesen>, abgerufen am 15. Januar 2026.
- Lemke, Steffi. »Rede der Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Steffi Lemke, zum Haushaltsgesetz 2024 vor dem Deutschen Bundestag am 5. September 2023 in Berlin.« *Die Bundesregierung*, 05. September 2023, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/newsletter-und-abos/bulletin/rede-der-bundesministerin-fuer-umwelt-naturschutz-nukleare-sicherheit-und-verbraucherschutz-steffi-lemke--2221562>, abgerufen am 15. Januar 2026.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). »Series on Risk Management No. 61: Reconciling Terminology of the Universe of Per- and Polyfluoroalkyl Substances: Recommendations and Practical Guidance.« 2021, <https://www.oecd.org/chemicalsafety/portal-perfluorinated-chemicals/terminology-per-and-polyfluoroalkyl-substances.pdf>, abgerufen am 05. September 2025.
- Persson, Linn, Bethanie M. Carney Almroth, Christopher D. Collins, Sarah Cornell, Cynthia A. de Wit, Miriam L. Diamond, Peter Fantke, Martin Hassellöv, Matthew MacLeod, Morten M. Ryberg, Peter Sogaard Jorgensen, Patricia Villarubia-Gómez, Zhanyun Wang and Michael Zwicky Hauschild. »Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities.« *Environmental Science & Technology*, 2022, S. 1510–1521, doi:10.1021/acs.est.1c04158.
- Pörksen, Bernhard. *Zuhören. Die Kunst, sich der Welt zu öffnen*. Hanser, 2025.
- Rich, Nathaniel. »The Lawyer Who Became DuPont's Worst Nightmare.« *New York Times Magazine*, 06. Januar 2016, <https://www.nytimes.com/2016/01/10/magazine/the-lawyer-who-became-duponts-worst-nightmare.html>, abgerufen am 05. September 2025.
- Right Livelihood. »Awarded 2017 – Robert Bilott.« 2017, <https://rightlivelihood.org/the-change-makers/find-a-laureate/robert-bilott/>, abgerufen am 05. September 2025.
- Rockström, Johan, Steffen Will, Kevin Noone, Åsa Persson, F. Stuart III Chapin, Eric Lambin, Timothy M. Lenton, Marten Scheffer, Carl Folke, Hans Joachim Schellnhu-

- ber, Björn Nykvist, Cynthia A. de Wit, Terry Hughes, Sander van der Leeuw, Henning Rodhe, Sverker Sörlin, Peter K. Snyder, Robert Costanza, Uno Svedin, Malin Falkenmark, Louise Karlberg, Robert W. Corell, Victoria J. Fabry, James Hansen, Brian Walker, Diana Liverman, Katherine Richardson, Paul Crutzen and Jonathan Foley. »Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity.« *Ecology & Society*, vol. 14, nr. 2, art. 32, 2009, <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>, abgerufen am 05. September 2025.
- Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, Stephen R. Carpenter, Wim de Vries, Cynthia A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M. Persson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers and Sverker Sörlin. »Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet.« *Science*, vol. 347, nr. 6223, 2015, doi:10.1126/science.125985.
- Sylvester, Francisco, Fabian G. Weichert, Verónica L. Lozano, Ksenia J. Groh, Miklós Bálint, Lisa Baumann, Claus Bässler, Werner Brack, Barbara Brandl, Joachim Curtius, Paul Dierkes, Petra Döll, Ingo Ebersberger, Sotirios Fragkostefanakis, Eric J. N. Helfrich, Thomas Hickler, Sarah Johann, Jonas Jourdan, Sven Klimpel, Helge Kminek, Florencia Liquin, Darrel Möllendorf, Thomas Mueller, Jörg Oehlmann, Richard Ottermanns, Steffen U. Pauls, Meike Piepenbring, Jakob Pfefferle, Gerit Jasper Schenk, J. F. Scheepens, Martin Scheringer, Sabrina Schiwy, Antje Schlottmann, Flurina Schneider, Lisa M. Schulte, Maria Schulze-Sylvester, Ernst Stelzer, Frederic Strobl, Andrea Sundermann, Klement Tockner, Tobias Tröger, Andreas Vilcinskis, Carolin Völker, Ricarda Winkelmann and Henner Hollert. »Better integration of chemical pollution research will further our understanding of biodiversity loss.« *Nature Ecology & Evolution*, vol. 7, nr. 10, 2023, 1552–1555, doi:10.1038/s41559-023-02117-6.
- The Forever Pollution Project. »Journalists tracking PFAS across Europe.« *foreverpollution.eu*, 2023, <https://foreverpollution.eu/>, abgerufen am 15. Januar 2026.
- Umweltbundesamt (UBA). *Ergebnisbericht, Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen 2014–2017 (GerES V) – Teil 1: Human-Biomonitoring*. UBA, 2023a, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/deutsche-umweltstudie-zur-gesundheit-von-kindern-o>, abgerufen am 05. September 2025.
- Umweltbundesamt (UBA). *ECHA erhält über 5.600 Kommentare zum PFAS-Beschränkungs-vorschlag*. UBA, 25. September 2023b, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/echa-erhaelt-ueber-5600-kommentare-pfas>, abgerufen am 05. September 2025.
- Umweltbundesamt (UBA). *Treibhauspotentiale (Global Warming Potential, GWP) ausgewählter Verbindungen und deren Gemische gemäß Viertem (AR4) und Fünftem (AR5) IPCC Sachstandsbericht sowie Verordnung (EU) 2024/573 (F-Gas-VO) bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren*. UBA, 2025, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/10594/dokumente/2025-05_treibhauspotentiale_gwp_ar4_ar5_vo2024-573_hompage_deutsch.pdf, abgerufen am 05. September 2025.
- Umweltministerkonferenz (UMK). 102. *Umweltministerkonferenz am 07. Juni 2024 in Bad Dürkheim – Endgültiges Ergebnisprotokoll*. UMK, 24. Juni 2024 https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/102umk_endgueltiges_ergebnisprotokoll_1719251905.pdf, abgerufen am 05. September 2025.

United Nations (UN). Vienna Convention. Montreal Protocol. »The Kigali Amendment (2016): The amendment to the Montreal Protocol agreed by the Twenty-Eighth Meeting of the Parties.« *United Nations Environment Programme*, 10–15. Oktober 2016, Kigali, <https://ozone.unep.org/treaties/montreal-protocol/amendments/kigali-amendment-2016-amendment-montreal-protocol-agreed>, abgerufen am 15. Januar 2026.

Weiß, Hans-Jürgen, Sabrina Markutzyk und Bertil Schwotzer. »Deutscher Atomausstieg made in Japan? Zur Rolle von Fukushima als Schlüsselereignis in der Medienberichterstattung über die deutsche Atomdebatte 2011.« *Fukushima und die Folgen – Medienberichterstattung, Öffentliche Meinung, Politische Konsequenzen*, hg. von Jens Wolling und Dorothee Arlt, Universitäts-Verlag Ilmenau, 2014, S. 79–99, <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ss0ar-49396-4>, abgerufen am 05. September 2025.