

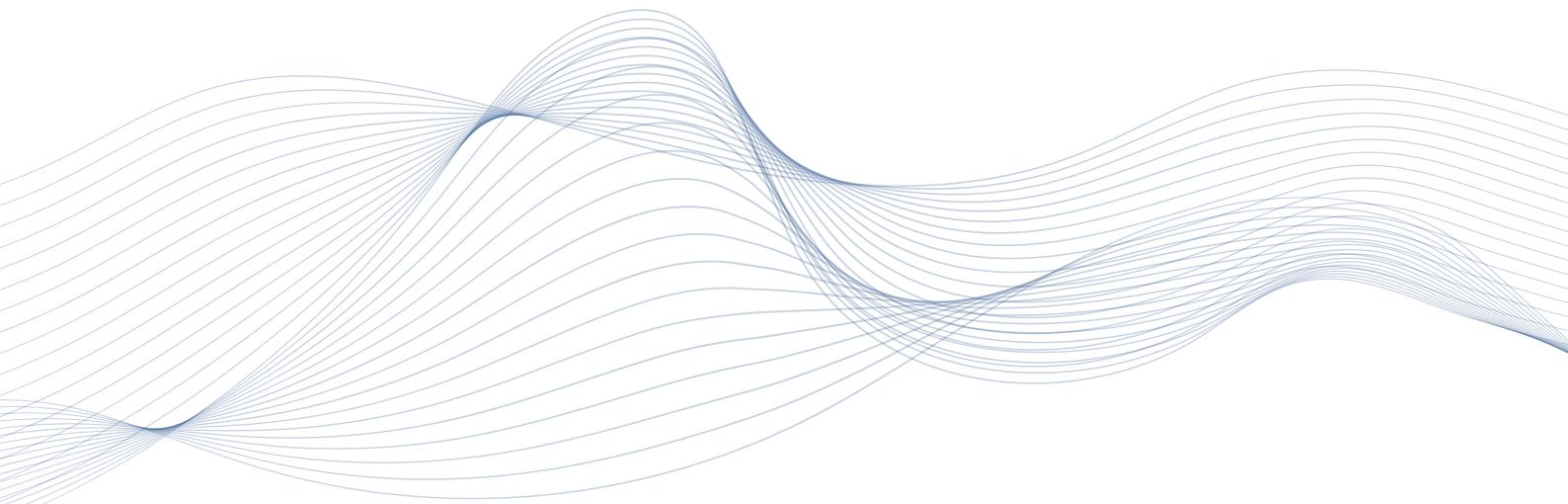


Christ&Company

Spurenstoffe im Wasser und Abwasser – Herausforderungen für Mensch, Umwelt und Unternehmen (Kurzfassung)

Autorinnen: Mira Jessenberger, Freya Banke-Wallis, Dr. Beate Kummer

Stand: 12. Januar 2026



Christ & Company GmbH & Co. KG

Kurfürstendamm 212 • 10719 Berlin
www.christ-company.com



Einordnung und Problemstellung

Die Belastung von Oberflächengewässern, Grundwasser und Abwasser mit Mikroplastik, Mikroschadstoffen und weiteren organischen Spurenstoffen stellt eine der größten aktuellen Herausforderungen für den Gewässer- und Umweltschutz dar. Diese Stoffe treten überwiegend in sehr geringen Konzentrationen unterhalb von 1 µg/L auf, zeichnen sich jedoch häufig durch hohe Persistenz, Bioakkumulation und toxikologische Relevanz aus. Zahlreiche Studien zeigen, dass bereits diese niedrigen Konzentrationen ökologische Wirkungen entfalten und potenziell auch Risiken für die menschliche Gesundheit bergen können (Bertling et al., 2018; Bajer et al., 2023). Besonders problematisch ist dabei, dass viele dieser Stoffe kontinuierlich in die Umwelt eingetragen werden und somit trotz geringer Einzelkonzentrationen eine dauerhafte Exposition aquatischer Organismen verursachen.

Fortschritte in der analytischen Chemie haben dazu geführt, dass eine stetig wachsende Zahl anthropogener Stoffe im Wasserkreislauf nachgewiesen werden kann. Diese verbesserte Detektionsfähigkeit erhöht jedoch zugleich die Anforderungen an Bewertung und Regulierung, da Nachweisbarkeit allein keine Aussage über Umweltrelevanz oder Gefährdungspotenzial erlaubt. Vor diesem Hintergrund gewinnen risikobasierte Bewertungsansätze zunehmend an Bedeutung, um zwischen ökologisch relevanten Belastungen und vernachlässigbaren Konzentrationen zu unterscheiden. Zugleich wird deutlich, dass bestehende Bewertungsinstrumente bislang nur begrenzt geeignet sind, die Effekte komplexer Stoffgemische sowie langfristiger chronischer Expositionen adäquat abzubilden (Fuhrmann et al., 2021).

Begriffsdefinitionen und stoffliche Abgrenzung

Mikroplastik – auch als „synthetische Polymermikropartikel“ (SPM) bezeichnet – wird als Oberbegriff für kleine Kunststoffpartikel und -fasern definiert und weist eine Partikelgröße von weniger als fünf Millimetern auf. Über die Zeit hat sich in einer Vielzahl wissenschaftlicher Arbeiten eine großenbasierte Klassifizierung in Makro-, Meso-, Mikro- und Nanoplastik etabliert, wobei die Übergänge fließend sind (Thompson et al., 2004; Scheer et al., 2022; Europäische Kommission, 2023). Abhängig von Polymerart, Dichte, Form und Oberflächenbeschaffenheit kann Mikroplastik im Wasser schwimmen, suspendiert vorliegen oder sedimentieren. Diese Eigenschaften beeinflussen Transport, Verbleib und ökologische Wirkung erheblich. Zudem können Mikroplastikpartikel als Träger für weitere Schadstoffe dienen, indem sie organische Schadstoffe oder Schwermetalle an ihrer Oberfläche adsorbieren. Nach ihrer Herkunft wird zwischen primärem und sekundärem Mikroplastik unterschieden. Primäres Mikroplastik Typ A entsteht bereits während der Herstellung von Produkten wie Kosmetika, Reinigungsmitteln oder industriellen Pulverlacken in Form von Pellets oder Mikrobeads. Primäres Mikroplastik Typ B wird während der Nutzung freigesetzt, etwa durch Reifenabrieb, das Waschen synthetischer Textilien oder den Abrieb von Farben und Lacken. Sekundäres Mikroplastik entsteht durch physikalische, chemische und biologische Zersetzungsprozesse größerer Kunststoffteile in der Umwelt unter Einwirkung von UV-Strahlung, Niederschlag und mechanischer Belastung. In Deutschland werden allein durch Reifenabrieb jährlich über 100.000 Tonnen Mikroplastik freigesetzt (Miklos et al., 2016; Bertling et al., 2018; Venghaus et al., 2021).

Mikroschadstoffe stellen eine heterogene Gruppe überwiegend gelöster oder nanoskaliger chemischer Substanzen dar, die sich deutlich von partikulärem Mikroplastik unterscheiden. Dazu zählen Arzneimittelwirkstoffe, Pflanzenschutzmittel, Industriechemikalien, hormonaktive Substanzen sowie per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS). Letztere zeichnen sich durch extrem stabile C-F-Bindungen



aus, die einen biologischen, chemischen oder physikalischen Abbau nahezu unmöglich machen und zu langfristiger Akkumulation in Umwelt und Organismen führen. PFAS werden daher häufig als „Ewigkeitschemikalien“ bezeichnet und sind heute in nahezu allen Umweltkompartimenten nachweisbar (Buck et al., 2011; Glüge et al., 2020; Ramboll 2025).

Der Begriff der Spurenstoffe fungiert als übergeordnete Kategorie für anthropogene organische Stoffe, die in sehr geringen Konzentrationen nachweisbar sind. Innerhalb dieser Gruppe nehmen „prioritäre Stoffe“ eine besondere Stellung ein. Sie werden im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie aufgrund ihres hohen Umwelt- oder Gesundheitsrisikos identifiziert und unterliegen verbindlichen Umweltqualitätsnormen. Darüber hinaus existieren sogenannte „prioritär gefährliche Stoffe“, für die langfristig eine vollständige Einstellung der Emissionen angestrebt wird.

Die fehlende einheitliche Definition für Mikroplastik und viele weitere Spurenstoffe stellt jedoch weiterhin ein strukturelles Defizit dar, das sowohl die wissenschaftliche Vergleichbarkeit als auch die regulatorische Steuerung erschwert (UBA, 2015; Ramboll, 2025).

Regulatorischer Rahmen und aktuelle Herausforderungen

Der rechtliche Rahmen auf europäischer und nationaler Ebene ist durch eine Vielzahl von Richtlinien und Verordnungen geprägt. Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (2000/60/EG) verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Erreichung des „guten chemischen Zustands“ und zur Überwachung „prioritärer Stoffe“. Im Rahmen eines regelmäßigen Monitorings werden Stoffkonzentrationen in Gewässern erfasst, mit Umweltqualitätsnormen abgeglichen und bei Bedarf in Bewirtschaftungspläne sowie Maßnahmenprogramme überführt.

Im Rahmen der Novellierung der Kommunalabwasserrichtlinie (KARL) (EU 2024/3019) wurde die Bedeutung von Mikroschadstoffen deutlich ausgeweitet. Sie sieht den verpflichtenden Ausbau der vierten Reinigungsstufe für größere Kläranlagen bis 2045 vor. Hierzu zählen unter anderen Verfahren wie Ozonierung, Aktivkohlefiltration oder Membranverfahren, die gezielt Arzneimittelrückstände, hormonaktive Substanzen und Industriechemikalien zurückhalten können. Neu eingeführt wurde darüber hinaus eine erweiterte Herstellerverantwortung, durch die Produzenten potenzieller Schadstoffquellen – etwa aus der Pharma- oder Chemieindustrie – an der Finanzierung der Abwasserreinigung beteiligt werden. Damit wird das Prinzip der Kostenverursachung erstmals explizit auf den Bereich der Mikroschadstoffe übertragen. Diese nun auf EU-Ebene beschlossene Kostenverteilung lässt sich auf der Grundlage neuer Studien jedoch wissenschaftlich nicht rechtfertigen (Ramboll, 2025; DHI 2025).

Ergänzt wird dieser Rahmen durch die Mikroplastikverordnung (EU 2023/2055) sowie die REACH-Verordnung (EG 1907/2006). Die Mikroplastikverordnung verbietet das Inverkehrbringen von Produkten mit absichtlich zugesetztem Mikroplastik wie in Kosmetika, Reinigungsmitteln oder Sportplatzgranulaten. Hersteller müssen Produkte kennzeichnen, über Freisetzungsmengen berichten und Entsorgungshinweise bereitstellen. Übergangsfristen von vier bis zwölf Jahren geben Unternehmen Zeit für umweltverträgliche Alternativen. Die REACH-Verordnung erweitert diesen stoffrechtlichen Rahmen durch verpflichtende Risikobewertungen und Registrierungspflichten für Chemikalienhersteller.

Auf nationaler Ebene bildet in Deutschland das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) den zentralen rechtlichen Rahmen des Gewässerschutzes und konkretisiert Einleitungsregelungen, während Oberflächen-(OGewV) und Grundwasserverordnungen (GrwV) Umweltqualitätsnormen (UQN) und Beobachtungslisten für neu auftretende Schadstoffe wie Mikroplastik festlegen. Die Spurenstoffstrategie

des Bundes (SZB) adressiert insbesondere die Belastungen durch Arzneimittelrückständen, Pflanzenschutzmittel und Industriechemikalien, die bereits in sehr niedrigen Konzentrationen Gewässerökosysteme nachweislich beeinträchtigen können. Die Strategie verfolgt einen vorsorgeorientierten Ansatz, indem sie auf Reduktion bereits an der Quelle abzielt.

Trotz dieses dichten Regelwerks erreichen derzeit nur rund 29 % der europäischen Oberflächengewässer den guten chemischen Zustand (EEA, 2024). Unterschiedliche Umsetzungsstände in den Mitgliedstaaten, fehlende einheitliche Definitionen und offene Fragen der Kostenverteilung, insbesondere im Rahmen der Herstellerverantwortung, erschweren die praktische Umsetzung. Zudem wird kritisiert, dass die Fokussierung auf wenige Sektoren der tatsächlichen Vielfalt der Eintragspfade nicht gerecht wird.

Quellen und Eintragspfade in die aquatische Umwelt

Die Eintragspfade von Mikroplastik und Spurenstoffen in die aquatische Umwelt sind vielfältig und komplex. Kommunale Kläranlagen stellen einen zentralen Knotenpunkt dar, da sie Abwässer aus Haushalten, Industrie, Medizin und Landwirtschaft bündeln. Nach Schätzungen erfolgen rund 92 % der Spurenstoffeinträge über kommunale Abwasserströme, da viele persistente Substanzen in konventionellen Reinigungsstufen nicht vollständig entfernt werden (Golovko et al., 2021; Ofrydopoulou et al., 2022). Dabei ist eine eindeutige Zuordnung der Stoffe zu einzelnen Verursachersektoren in der Regel nicht möglich, da viele Substanzen aus unterschiedlichen Anwendungen stammen (Scheer et al., 2022).

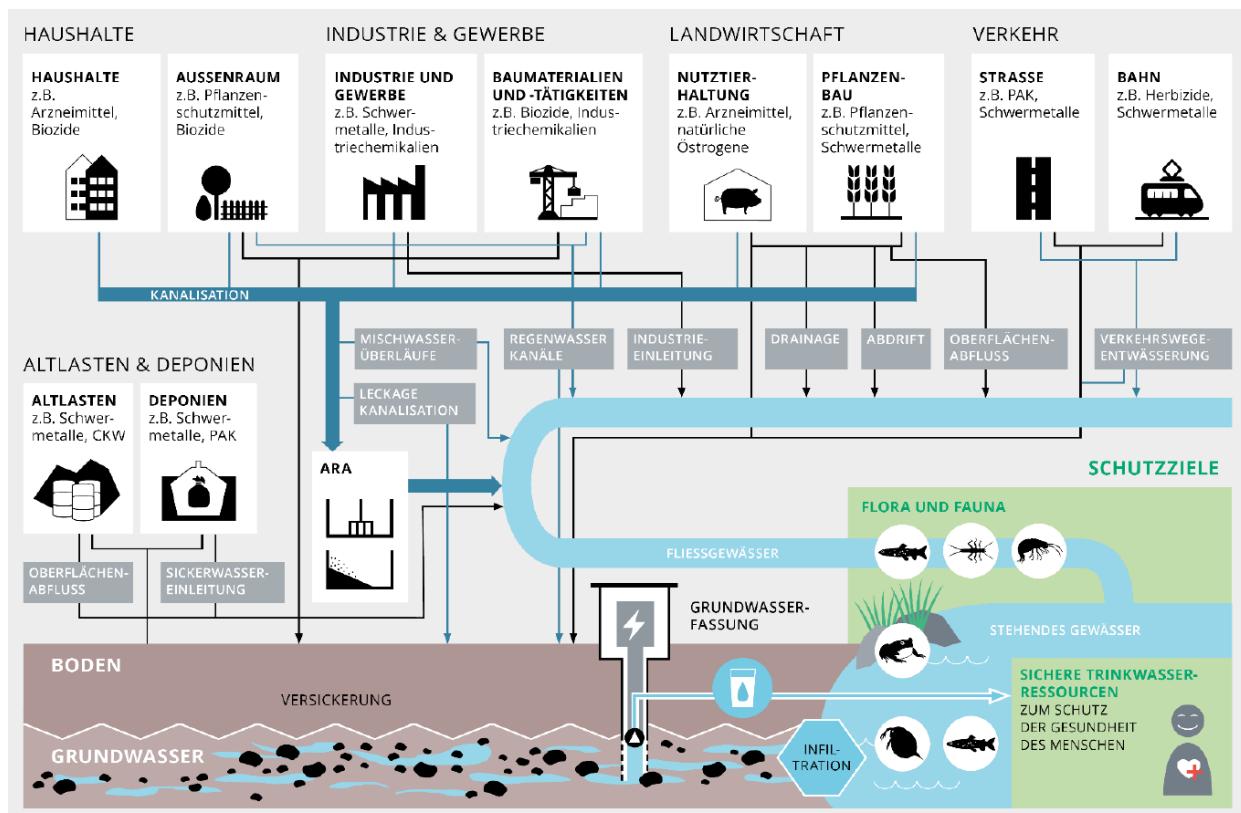


Abbildung 1: Eintragspfade für Spurenstoffe in die aquatische Umwelt (Quelle: Schärer, 2019)

Darüber hinaus tragen diffuse Quellen erheblich zur Belastung bei. Landwirtschaftliche Flächen sind eine wesentliche Quelle für Pestizide und Nitrate, Verkehrsflächen setzen durch Reifen- und Bremsabrieb große Mengen Mikroplastik frei, und atmosphärischer Eintrag sowie Regenwasserabflüsse erschweren

eine gezielte Erfassung. Diese diffusen Pfade entziehen sich häufig klassischen Kontroll- und Genehmigungsmechanismen und stellen eine besondere Herausforderung für den Gewässerschutz dar (Brandes, 2020; Waldschläger, 2019).

Risikobewertung und Umweltrelevanz

Eine fundierte Risikobewertung bildet die Grundlage für wirksame Maßnahmen zur Reduktion von Spurenstoffen. Neben der gemessenen Konzentration sind Persistenz, Bioakkumulation, Toxizität und Exposition entscheidende Kriterien. Zur Bewertung werden Parameter wie PNEC-Werte (Predicted No Effect Concentration), NOEC-Werte (No Observed Effect Concentration) sowie Umweltqualitätsnormen herangezogen. Überschreitungen dieser Schwellenwerte weisen auf potenziellen Handlungsbedarf hin. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Umweltqualitätsnormen in der Regel stoffbezogen abgeleitet werden und Wechselwirkungen zwischen Stoffen bislang kaum berücksichtigt sind.

Für einzelne Stoffe liegen bereits belastbare Daten vor. So überschreitet der Arzneimittelwirkstoff Diclofenac in vielen Gewässern den PNEC-Wert von 0,05 µg/L und verursacht nachweislich chronische Schäden bei Fischen und anderen aquatischen Organismen. Für zahlreiche weitere Stoffe fehlen jedoch noch toxikologische Langzeitdaten, insbesondere zu Stoffgemischen und kumulativen Effekten, was die Ableitung belastbarer Grenzwerte erschwert (ECHA, 2022; SCHEER 2022).

Abwasserbehandlung und technische Möglichkeiten der Schadstoffentfernung

Konventionelle Kläranlagen der ersten bis dritten Reinigungsstufe sind in der Lage, einen großen Teil des partikulären Mikroplastiks mechanisch und biologisch zurückzuhalten. Eliminationsraten von bis zu 99,9 % werden insbesondere bei Einsatz von Feinsieben erreicht. Gleichzeitig kommt es zu einer Akkumulation der Partikel im Klärschlamm, der häufig landwirtschaftlich verwertet wird und somit einen Verlagerungspfad in Böden und Nahrungsketten eröffnet (Schuhn & Sturm, 2020). Die Entsorgung und Verwertung von Klärschlamm gewinnt vor diesem Hintergrund zunehmend an Bedeutung für den vorsorgenden Gewässerschutz (Bodzek & Pohl, 2022).

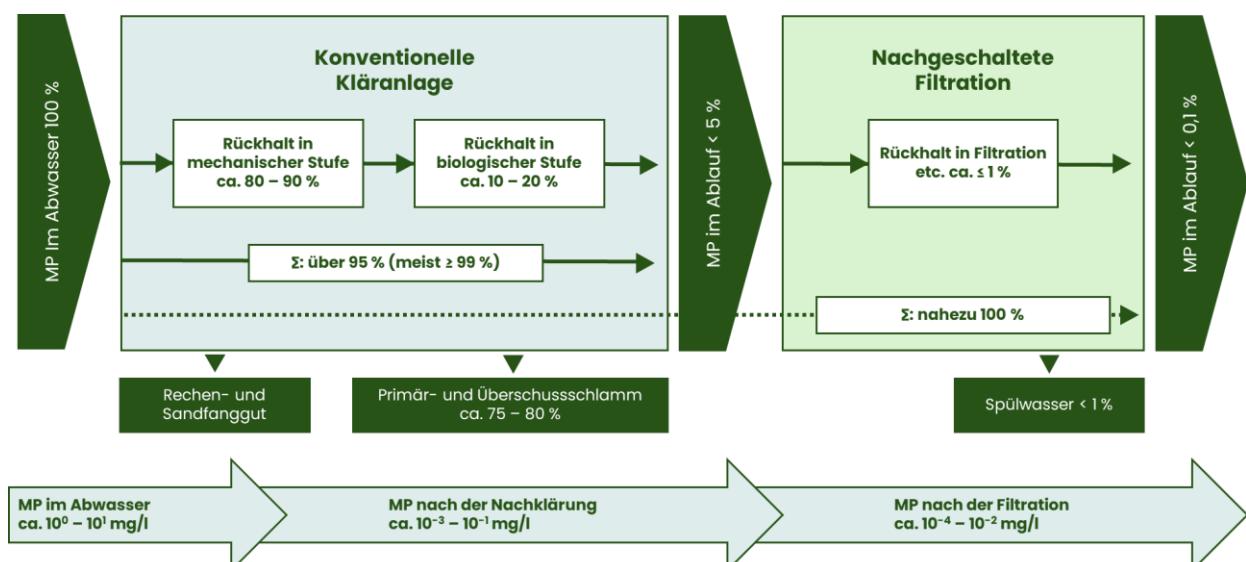


Abbildung 2: Größenordnungen von Eliminationsraten und Massenkonzentrationen für Mikroplastik in kommunalen Kläranlagen
(Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Scheer et al., 2022)



Persistente Mikroschadstoffe werden hingegen in konventionellen Reinigungsstufen nur unzureichend entfernt. Die vierte Reinigungsstufe stellt daher eine zentrale Ergänzung dar. Verfahren wie Ozonierung, Aktivkohlefiltration und Membrantechnologien erreichen Eliminationsraten von über 90 %, sind jedoch mit zusätzlichen Kosten und erhöhtem Energiebedarf verbunden (UBA, 2015; Bodzek & Pohl, 2022). Innovative hybride Verfahren, die physikalische, chemische und biologische Prozesse kombinieren, werden daher zunehmend als zukunftsfähige Ergänzung diskutiert.

Integrierte Lösungsansätze

Ein nachhaltiger Schutz der Gewässer erfordert einen integrierten, sektorübergreifenden Ansatz. Quellenreduktion stellt dabei den wirksamsten Hebel dar, etwa durch mikroplastikfreie Produkte, angepasste landwirtschaftliche Praktiken und emissionsärmere Verkehrskonzepte. Technische Maßnahmen in der Abwasserbehandlung sind unverzichtbar, müssen jedoch durch faire, risikobasierte Finanzierungsmodelle und eine stärkere Harmonisierung von Definitionen und Umweltqualitätsnormen ergänzt werden. Langfristig ist eine stärkere Ausrichtung der Regulierung am tatsächlichen Risiko für Mensch und Umwelt erforderlich.

Nachhaltiger Gewässerschutz erfordert die enge Zusammenarbeit zwischen Wasserwirtschaft, Industrie, Landwirtschaft, Wissenschaft und Politik. Nur durch diesen integrierten Ansatz lassen sich die ambitionierten Ziele der EU-Wasserpolitik bis 2045 erreichen und saubere Gewässer für zukünftige Generationen sichern.

LITERATURVERZEICHNIS

Bajer, K., Buttenschön, K.-K., & Zulawski, M. (2023). Mikroplastik: Der unsichtbare Begleiter Herkunft, Nachweis, Auswirkungen und unser Umgang damit. *Itt Perspektive, Working Paper*(68).

Bertling, J., Bertling, R., & Hamann, L. (2018). Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. *Fraunhofer-Institut Für Umwelt-, Sicherheits- Und Energietechnik UMSICHT*. <https://doi.org/10.24406/UMSICHT-N-497117>

Bodzek, M., & Pohl, A. (2022). Removal of microplastics in unit processes used in water and wastewater treatment: A review. *Archives of Environmental Protection*, 48(4), 102–128. <https://doi.org/10.24425/aep.2022.143713>

Brandes, E., Cieplik, S., Fiener, P., Henseler, M., Hermann, M., Klasmeier, J., Kreins, P., Piehl, S., Shiravani, G., Wendland, F., & Wurpts, A. (2020). *Modellbasierte Forschung zu Mikroplastik in der Umwelt – Synthesepapier. BMBF-Forschungsschwerpunkt „Plastik in der Umwelt“*.

Buck, R. C., Franklin, J., & Berger, U. (2011). Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 7(4), 513–541. <https://doi.org/10.1002/ieam.258>

Bundesministerium der Justiz. (2009). *Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)*.

Bundesministerium der Justiz. (2010). *Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung – GrWV)*.

Bundesministerium der Justiz. (2016). *Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV)*.

Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2023). *Nationale Wasserstrategie. Kabinettsbeschluss vom 15. März 2023*.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). (2017). *Ergebnisse aus dem Stakeholder-Dialog ‘Spurenstoffstrategie des Bundes’ – Policy Paper*.

DHI (2025). *Extended producer responsibility of Cosmetic ingredients in wastewater*.

Europäische Kommission. (2006). Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission. <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1907/oj>

Europäische Kommission. (2023). Verordnung (EU) 2023/2055 der Kommission vom 25. September 2023 zur Änderung von Anhang XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) hinsichtlich synthetischer Polymermikropartikel (Amtsblatt der Europäischen Union L 238/67). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R2055&qid=1695982167507>

Europäische Kommission & Generaldirektion Binnenmarkt, Industrie, Unternehmertum und KMU. (2023). Verordnung (EU) 2023/2055 der Kommission vom 25. September 2023 zur Änderung von Anhang XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) hinsichtlich synthetischer Polymermikropartikel (Text von Bedeutung für den EWR). <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/2055/oj>

Europäische Union. (2006). Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission. <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1907/oj>

Europäische Union. (2007). Amtliches Journal der Europäischen Union: L 136 / 3–280, Berichtigung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH). Amtsblatt der Europäischen Union. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:136:0003:0280:de:PDF>

Europäische Union. (2008). Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (Text von Bedeutung für den EWR). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1272>

Europäische Union. (2020). *Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.* <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>

Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union. (2000). *Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.* <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>

Europäisches Parlament & Rat der Europäischen Union. (2024). *Richtlinie (EU) 2024/3019 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. November 2024 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Neufassung) (Text von Bedeutung für den EWR).* <http://data.europa.eu/eli/dir/2024/3019/oj>

European Chemicals Agency (ECHA). (2020). Committee for Risk Assessment (RAC), Committee for Socio-economic Analysis (SEAC). *Background Document to the Opinion on the Annex XV report proposing restrictions on intentionally added microplastics.*

European Environment Agency (EEA). (2024). *Europe's state of water 2024: The need for improved water resilience.* Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/02236>

Fuhrmann, T., Urban, I., & Scheer, H. (2021). Mikroplastik-Emissionen aus Kläranlagen. Welche Rolle spielt die Abwasserbehandlung? *Korrespondenz Abwasser, Abfall,* 68(9), 730–741.

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 polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environmental Science Processes & Impacts,* 22, 2345–2373. <https://doi.org/10.1039/d0em00291g>

Golovko, O., Örn, S., Sörengård, M., Friberg, K., Nassazzi, W., Lai, F. Y., & Ahrens, L. (2021). Occurrence and removal of chemicals of emerging concern in wastewater treatment plants and their impact on receiving water systems. *Science of The Total Environment,* 754. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142122>

Miklos, D., Obermaier, N., & Jekel, M. (2016). Mikroplastik: Entwicklung eines Umweltbewertungskonzepts. Erste Überlegungen zur Relevanz von synthetischen Polymeren in der Umwelt. *Umweltbundesamt,* 32.

Ofrydopoulou, A., Christina Nannou, C., Evgenidou, E., Christodoulou, A., & Lambropoulou, D. (2022). Assessment of a wide array of organic micropollutants of emerging concern in wastewater treatment plants in Greece: Occurrence, removals, mass loading and potential risks. *Science of The Total Environment,* 802. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149860>

Ramboll. (2025). *Mikroschadstoffe in kommunalem Abwasser. Literatur Review hinsichtlich Quellen von Mikroschadstoffen in Abwasser (Environment & Health).* https://www.pharmadeutschland.de/index.php?id=1&type=565&file=redakteur_filesystem/public/Weitere_oeffentliche_Dateien/20250514_Ramboll-Gutachten_Deutsch.pdf

Schärer, M. (2019). Finanzierung von Maßnahmen zum Schutz der Gewässer vor Spurenstoffen – Beispiel Schweiz.

Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (SCHEER). (2022). *Final opinion on Draft Environmental Quality Standards for priority substances under the Water Framework Directive – Diclofenac.*

Scheer, H., Fuhrmann, T., Wulf, P., Urban, I., Barjenbruch, M., Lau, P., Reinhold, L., Stein, J., Bauerfeld, K., Scheele, J., Jakobi, A. P., Loges, B., Hänschen, R., Schmelz, K.-G., Nafo, I., Holte, A., Grabbe, U., Fundneider, T., & Meyer, S. (2022). Verbundprojekt REPLAWA: Reduktion des Eintrags von Plastik über das Abwasser in die aquatische Umwelt Schlussbericht. *Plastik in Der Umwelt (REPLAWA).*

Schuhmacher, K., & Sturm, M. (2020). Microplastic Pollution and Reduction Strategies. In *Handbook of Microplastics in the Environment,* I–33. Springer.

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2015). *Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern. Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge (UBA-Positionspapier).*

Venghaus, D., Schmerwitz, F., Reiber, J., Sommer, H., Lindow, F., Herper, D., Pohrt, R., & Barjenbruch, M. (2021). *Abschlussbericht. Reifenabrieb in der Umwelt – RAU.* BMBF-Vorhaben Förderkennzeichen I3NKE011A.

Waldschläger, K. (2019). *Mikroplastik in der aquatischen Umwelt. Quellen, Senken und Transportpfade.*