

Mikroschadstoffe in kommunalem Abwasser

Literatur Review hinsichtlich Quellen von Mikroschadstoffen in Abwasser

März 2025

Haftungsausschluss: Der Bericht basiert auf der Analyse bereits veröffentlichter Forschungsergebnisse, die aktualisiert, neu interpretiert oder überarbeitet werden können. Die Autoren lehnen jegliche Haftung für Verluste oder Schäden ab, die sich aus dem Vertrauen auf die in diesem Bericht enthaltenen Informationen ergeben. Die Leser werden ermutigt, ihre eigenen, unabhängigen Nachforschungen anzustellen und die hier zitierten Originalquellen zu konsultieren, um ein umfassenderes Verständnis zu erlangen.

Inhalt

Zusammenfassung	3
1. Einführung	5
1.1 Hintergrund	5
1.2 Zweck und Zielsetzung	5
1.3 Beschränkungen	6
2. Literatursuche	6
2.1 Methodik	6
2.2 Überprüfung	8
3. Ergebnisse und Diskussion	8
3.1 Die Definition von Mikroschadstoffen	8
3.2 Allgemeine Konzentrationsmuster	9
3.3 Quelle der Mikroschadstoffen	10
3.4 Ansätze zur Messung von Mikroschadstoffen in Abwässern ¹¹	
3.5 Im Abwasser identifizierte Stoffe	12
3.6 Einseitigkeit der Kategorisierung	29
3.7 Wichtige Studien aus der wissenschaftlichen Literatur	30
3.8 Mikroschadstoffen im Fokus der Behörden	37
4. Schlussfolgerung	38
5. Referenzen	39
Anhänge	I
Anhang 1 - Im Rahmen dieses Projekts im Abwasser identifizierte Stoffe	II
Anhang 2 - Überwachungsdatenbanken für Wasser	XVI
Anhang 3 - Liste der Dokumentenprüfung mit Leitfragen	XVII

Zusammenfassung

ZIELE

Die Ramboll Deutschland GmbH (Ramboll) wurde von Clifford Chance beauftragt, wissenschaftliche, technische, regulatorische und strategische Beratungsleistungen im Bereich der Datenerhebung und -bewertung zu sogenannten Mikroschadstoffen in Abwässern zu erbringen. Anlass ist die Neufassung der EU-Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (UWWTD).

In der Folgenabschätzung zur Richtliniennovelle wird angenommen, dass insbesondere Arzneimittel – und in geringerem Maße auch Körperpflegeprodukte – einen wesentlichen Anteil potenziell schädlicher Stoffe im Abwasser ausmachen. Daher sollen deren Hersteller in allen EU-Mitgliedstaaten künftig maßgeblich zum Bau und Betrieb einer vierten (quaternären) Reinigungsstufe für kommunales Abwasser beitragen.

Das im März 2025 abgeschlossene Projekt knüpft an frühere Arbeiten an, die Ramboll im Auftrag des Bundesverbands der Arzneimittel-Hersteller e. V. (heute Pharma Deutschland), des Bundesverbands der Pharmazeutischen Industrie e. V., von Pro Generika e. V. sowie des Verbands Forschender Arzneimittelhersteller e. V. durchgeführt hat. Im Rahmen des Projekts wurde eine umfassende Literaturrecherche zu Mikroschadstoffen in kommunalem Abwasser vorgenommen. Diese wurde für den Betrachtungszeitraum der letzten zwei Jahre aktualisiert und erweitert.

Ergänzend zum bisherigen Ansatz integrierte Ramboll zusätzliche Scoping-Reviews (Task 1) sowie eine neue Datenbankrecherche (Task 2). Beide Aufgaben fokussierten sich vorrangig auf potenzielle Mikroschadstoffen außerhalb des Arzneimittelsektors, wobei nicht der Anspruch auf Vollständigkeit im Vordergrund stand.

Wichtigste Ergebnisse

- In der wissenschaftlichen Fachliteratur finden sich eindeutige und belastbare Belege dafür, dass eine Vielzahl chemischer Substanzen unter die Definition von „Mikroschadstoffen“ gemäß Artikel 2 Absatz 17 der EU-Richtlinie fällt. Diese Stoffe stammen aus zahlreichen verschiedenen Quellen, darunter Produkte, Anwendungen sowie sonstige Ursprünge.
- Laut veröffentlichter Literatur lassen sich Mikroschadstoffen unter anderem auf folgende Bereiche zurückführen: Pflanzenschutzmittel, Lebensmittelzusatzstoffe (z. B. Süßstoffe, Koffein), Tierarzneimittel, Humanarzneimittel, Körperpflegeprodukte, Biozide, Industriechemikalien (z. B. PFAS, Flammschutzmittel, Weichmacher, Korrosionsschutzmittel) sowie weitere Quellen.
- Die gemessenen Konzentrationen dieser Mikroschadstoffen bewegen sich überwiegend im ppb- bis unteren ppm-Bereich und variieren erheblich in Abhängigkeit von Faktoren wie Region, Umweltbedingungen, Wetter, Jahreszeit sowie eingesetzter Analysemethoden. Für Arzneimittel wurden in der vorliegenden Studie deutlich geringere Konzentrationen festgestellt – im niedrigen ppb- oder sogar ppt-Bereich (ng/l) –, wobei auch hier signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Studien bestehen.
- Studien zu (emergenten) Mikroschadstoffen im Abwasser konzentrieren sich in der Regel auf spezifische Substanzklassen und erfassen daher nur einen Teilbereich des gesamten Mikroschadstoffspektrums. Selbst umfassende Zielanalysen mit über 200 Substanzen liefern kein vollständiges Bild.

- Die Veröffentlichungen zum non-target Screening (nicht zielgerichtete Analytik) im Abwasser sind bislang begrenzt und verdeutlichen die analytischen Herausforderungen bei der Bewertung der komplexen Zusammensetzung mikroverunreinigter Abwassermatrizes sowie bei der Rückverfolgung der Quellen. Die wissenschaftliche Diskussion betont die Notwendigkeit methodischer Weiterentwicklungen, etwa durch (i) harmonisierte Protokolle und Qualitätsstandards, (ii) geeignete Infrastrukturen für Datenmanagement, Auswertung und Austausch sowie (iii) ausreichende Ressourcen und fachlich qualifiziertes Personal in Forschung und Regulierung (Hollender et al., 2019).
- Die Auswertung der Literatur zeigt, dass Arzneimittel mit Abstand die am häufigsten untersuchte Substanzgruppe darstellen, die unter Mikroschadstoffe fällt. Dies legt nahe, dass die wissenschaftliche Aufmerksamkeit unverhältnismäßig stark auf eine Teilmenge möglicher Mikroschadstoffen gerichtet ist, wodurch andere relevante Quellen potenziell unterrepräsentiert bleiben.
- Um ein möglichst vollständiges und repräsentatives Bild der in einer Abwasserprobe enthaltenen Mikroschadstoffen aller Herkunftsbereiche zu erhalten, sind weiterführende Studien notwendig. Diese sollten kombinierte Ansätze aus nicht zielgerichtetem und verdachtsbasiertem Screening sowie quantitativer Analytik (z. B. mittels gezielter Methoden) umfassen.
- Die öffentliche Literatur belegt eindeutig, dass Mikroschadstoffen im kommunalen Abwasser aus einer Vielzahl heterogener Quellen stammen. Eine ausschließliche Fokussierung auf Humanarzneimittel und Kosmetika als Hauptverursacher lässt sich durch die Datenlage nicht rechtfertigen.
- Der Wirkungsfolgenbericht der EU-Kommission (Impact Assessment) kommt zu dem Schluss, dass Humanarzneimittel für 59 % der eingeleiteten Stoffmengen und 66 % der gesamten toxischen Belastung in Kläranlagen verantwortlich seien. Diese

Angaben konnten weder durch die Literatur validiert noch durch unabhängige Studien zuverlässig belegt werden.

1. Einführung

1.1 Hintergrund

Im Jahr 2023 bewertete Ramboll die Datenqualität und die zugrunde liegenden Annahmen im Folgenabschätzungsbericht der Europäischen Kommission vom 26. Oktober 2022 (EU COM, 2022a), der die Grundlage für die geplante Überarbeitung der EU-Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (UWWTD) bildet.

Der Bericht gelangt zu dem Ergebnis, dass Humanarzneimittel 59 % der in Kläranlagen eingeleiteten Stoffmengen (im Vergleich zu 14 % aus Körperpflegeprodukten – PCP), 48 % der chronisch-toxischen Belastung (17 % für PCP) sowie 66 % der gesamten toxischen Belastung auf Basis der „Predicted No Effect Concentration“ (PNEC) ausmachen (26 % für PCP). Vor diesem Hintergrund wird ein erheblicher Finanzierungsbeitrag der Hersteller von Humanarzneimitteln zur Errichtung und zum Betrieb einer vierten Reinigungsstufe in allen EU-Mitgliedstaaten gefordert.

Ramboll unterzog den Bericht einer detaillierten Prüfung, einschließlich der maßgeblich zitierten Quellen, und führte ergänzend eine unabhängige Literaturrecherche durch. Dabei wurden relevante Studien und Veröffentlichungen zu Mikroschadstoffen im kommunalen Abwasser analysiert.

Insgesamt stellte Ramboll fest, dass der Folgenabschätzungsbericht keine ausreichende Transparenz darüber bietet, wie die Beiträge einzelner Sektoren zur Gesamtbelastung durch Mikroschadstoffen berechnet wurden. Zudem deuten weitere von Ramboll identifizierte Studien darauf hin, dass die Konzentrationen pharmazeutischer Rückstände im Abwasser deutlich geringer ausfallen als im Bericht angenommen. Da pharmazeutische Substanzen, die am besten untersuchte Gruppe von

Mikroschadstoffen darstellen, besteht die Gefahr einer Überbewertung ihres tatsächlichen Anteils an der Gesamtbelastung.

Mit dem vorliegenden Projekt, das im März 2025 abgeschlossen wurde, sollten die bisherigen Ergebnisse durch zusätzliche und aktuellere wissenschaftliche Literatur überprüft und präzisiert werden.

Mikroschadstoff: ein Stoff im Sinne von Artikel 3 Absatz 1 der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates (32), einschließlich seiner Abbauprodukte, der gewöhnlich in der aquatischen Umwelt, in kommunalem Abwasser oder in Klärschlamm vorkommt und der auf der Grundlage der einschlägigen Kriterien in Anhang I Teile 3 und 4 der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 auch in geringen Konzentrationen als umwelt- oder gesundheitsgefährdend angesehen werden kann. [Definition, wie sie in der Neufassung der UWWTD verwendet wird.]

1.2 Zweck und Zielsetzung

Die Ramboll Deutschland GmbH (Ramboll) wurde von Clifford Chance mit der Erbringung wissenschaftlicher, technischer, regulatorischer und strategischer Beratungsleistungen im Zusammenhang mit der Datenerhebung und -bewertung zu sogenannten Mikroschadstoffen (MP) im Abwasser beauftragt. Hintergrund ist die geplante Neufassung der EU-Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (UWWTD).

Das Projekt knüpft an frühere Arbeiten an, die Ramboll im Auftrag des Bundesverbands der Arzneimittel-Hersteller e. V. (heute: Pharma Deutschland), des Bundesverbands der Pharmazeutischen Industrie e. V., von Pro Generika e. V. sowie des Verbands Forschender Arzneimittelhersteller e. V. durchgeführt hat. Im Rahmen dieses Projekts wurde die bestehende Literaturrecherche

auf den Zeitraum der letzten zwei Jahre aktualisiert und inhaltlich erweitert.

Zur Ergänzung des bisherigen methodischen Ansatzes integrierte Ramboll zwei weitere Arbeitspakete: Zum einen wurden zusätzliche Scoping-Reviews durchgeführt (Aufgabe 1), zum anderen eine umfassende Datenbankrecherche vorgenommen (Aufgabe 2). Der Fokus beider Aufgaben lag auf der Erfassung potenzieller Mikroschadstoffen außerhalb des Arzneimittelsektors – ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

1.3 Beschränkungen

Ramboll stützte sich bei seiner Analyse auf öffentlich zugängliche Informationen, vom Auftraggeber bereitgestellte Daten sowie auf eigenes fachliches Know-how. Ziel war nicht die Durchführung einer umfassenden, systematischen Literaturrecherche, sondern die gezielte Identifikation zusätzlicher Studien, die im Hinblick auf die Beantwortung der folgenden zentralen Forschungsfragen als relevant angesehen wurden.

Aufgrund der großen Menge vorhandener Daten und Publikationen konzentrierte sich Ramboll auf Forschungsarbeiten aus EU-Mitgliedstaaten, die in den letzten fünf Jahren veröffentlicht wurden. Die Auswahl der öffentlich verfügbaren Quellen erfolgte nach den von Ramboll definierten Bewertungskriterien sowie auf Grundlage professionellen Ermessens.

1. Welches sind - gemäß der öffentlichen wissenschaftlichen Literatur - potenzielle Quellen von "Mikroschadstoffen" im Sinne von Artikel 2 Nummer 17 der UWWTD?
1. Gibt es eine einseitige/selektive Bewertung in der öffentlichen wissenschaftlichen Literatur - wobei die am intensivsten untersuchten Quellen die Pharma- und Kosmetikindustrie sind?
2. Gibt es der öffentlichen Literatur zufolge Anhaltspunkte dafür, dass auch andere Quellen von Mikroschadstoffen (d.

h. Nicht-Pharma- und Nicht-Kosmetikprodukte) für eine relevante Verschmutzung verantwortlich gemacht werden sollten, die die Anwendung eines Vorsorgekonzepts rechtfertigen könnten, demzufolge nur Quellen von Mikroschadstoffen aus Pharma- und Kosmetikprodukten den Anforderungen der Verursacher- bzw. erweiterten Herstellerverantwortung unterworfen werden sollten?

2. Literatursuche

2.1 Methodik

Ramboll hatte zuvor eine Literaturrecherche mit dem folgenden Suchbegriff durchgeführt:

Alter Suchbegriff: (*"Micropollutant*" OR "Micro-pollutant*"*) AND (*"Urban Wastewater" OR "Domestic Wastewater" OR "Sewage Wastewater"*)

Die Suche wurde in den folgenden Datenbanken durchgeführt und konzentrierte sich auf Literatur, die nach 2018 veröffentlicht wurde (die Suche wurde im Januar 2023 durchgeführt):

- [PubMed](#), von der National Library of Medicine des U.S. Department of Health and Human Services (HHS),
- [Europe PubMed Central](#) (EuropePMC) vom Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie - Europäisches Institut für Bioinformatik und

Auf diese Weise wurden 37 relevante Artikel ermittelt und geprüft.

Da aktuelle Informationen aus den letzten zwei Jahren (Februar 2023-Dezember 2024) in der vorherigen Suche nicht berücksichtigt wurden, wurde die Literatursuche in diesem Projekt aktualisiert und erweitert.

Bei Scoping-Tests wurde festgestellt, dass „Mikroschadstoffe“ in der wissenschaftlichen Literatur auch unter anderen Bezeichnungen wie „chemicals of emerging concern“ zu finden sind. Daher wurden

auch Synonyme für Mikroschadstoffe in den Suchbegriff aufgenommen. Außerdem wurde der Suchbegriff auf Abwasser im Allgemeinen und nicht auf bestimmte Kategorien ausgedehnt. Es wurden mehrere Suchbegriffe getestet; der vielversprechendste wurde für die weitere Arbeit verwendet.

Neuer Suchbegriff: ("Micropollutant*" OR "Micro-pollutant*" OR "Substances of concern" OR "chemicals of emerging concern" OR "contaminants of emerging concern" OR "emerging contaminants" OR impurities) AND (wastewater OR "waste-water" OR "waste water" OR effluent)

Dieser neue Suchbegriff ergab in der Datenbank PubMed eine Gesamtzahl von 3.426 Treffern (1.865 seit 2020 veröffentlicht). Bei der Durchsicht der Titel wurde jedoch festgestellt, dass die breitere Suche zu einer deutlich höheren Anzahl nicht relevanter Ergebnisse geführt hatte.

[SCOPUS](#) wurde als eine für diese Forschungsfrage besser geeignete Datenbank identifiziert. Während PubMed und EuropePMC sich in erster Linie auf biomedizinische und biowissenschaftliche Literatur konzentrieren, deckt SCOPUS ein breiteres Spektrum relevanter Disziplinen ab, einschließlich Sozial-, Ingenieur- und Naturwissenschaften, und bietet somit eine multidisziplinäre Perspektive. Ein weiterer großer Vorteil von SCOPUS besteht darin, dass die Suche mit Kategorien versehen werden kann, wodurch die Ergebnisse bereits auf geeignetere Ergebnisse eingegrenzt werden.

Tabelle1 : Anzahl der Treffer für den alten und den neu definierten Suchbegriff in SCOPUS.

SCOPUS	Alter Suchbegriff	Neuer Suchbegriff
Treffer insgesamt	281	11.176

¹ Die folgenden Kategorien wurden zur Eingrenzung der Suche verwendet: (A) Themenbereich: Umweltwissenschaften, (B) Dokumenttyp: Begrenzt auf Artikel/Review/Buchkapitel, (C):

Treffer für seit 2020 veröffentlichte Artikel	142	4.907
Anwendung der relevanten Kategorien ¹	Nicht getestet	1.163

Die 1163 Treffer wurden anhand des Titels und der Zusammenfassung mit Hilfe der Software [DistillerSR](#), einer Literaturübersichtssoftware zur Vereinfachung des Screenings, nach relevanten Veröffentlichungen durchsucht. Die Relevanz wurde nach persönlichem Ermessen bewertet. Wie bei dem vorangegangenen Projekt wurde festgestellt, dass sich eine beträchtliche Anzahl von Artikeln auf technische Aspekte verschiedener Behandlungstechnologien konzentrierte, die für diese Überprüfung als irrelevant angesehen wurden.

Neben der Datenbank SCOPUS wurden die folgenden zusätzlichen Quellen verwendet:

- Allgemeine Google-Suche
- Gezielte Suche in PubMed / EuropePMC
- Datenbanken und Veröffentlichungen von Behörden (EU COM, ECHA, nationale Behörden)

Insgesamt wurden in diesem Projekt 49 Artikel identifiziert, die für Mikroschadstoffen in Abwässern relevant sind (mit Schwerpunkt auf anderen Mikroschadstoffen als den bereits umfassend untersuchten Arzneimitteln). Diese Artikel wurden anschließend überprüft. Dabei wurde davon ausgegangen, dass 13 davon sehr relevante Ergebnisse enthalten und als Schlüsselstudien betrachtet werden. Studien, die als Schlüsselstudien betrachtet werden, werden in Kapitel 3 näher erläutert.

Schlüsselwörter: ausgewählte relevante Schlüsselwörter, z. B. Mikroschadstoffen, Abwasser, (D): Land: Ausgenommen Nicht-EU-Länder.

2.2 Überprüfung

Ramboll überprüfte alle identifizierten Studien, die als relevant eingestuft wurden, unter Berücksichtigung der folgenden Fragen:

- Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?
- Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?
- Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?
- Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?
- Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
- Sonstige relevante Informationen und Kommentare

Darüber hinaus wurden aus den identifizierten Studien exemplarische Informationen zu ausgewählten Stoffen für verschiedene Stoffgruppen extrahiert. Die Auswahl erfolgte von Fall zu Fall und je nachdem, wie leicht die Daten zugänglich waren. Ziel dieser Übung war es, einige Beispiele für einzelne im Abwasser vorkommende Stoffe zu sammeln, die potenziell unter die Definition von Mikroschadstoffen fallen.

3. Ergebnisse und Diskussion

Mikroschadstoffe im Abwasser sind ein wachsendes Umweltproblem mit vielfältigen Auswirkungen auf die Gesundheit der Ökosysteme und die Sicherheit des Menschen (Eggen et al., 2014; Rogowska et al., 2020). Sie können durch Haushaltsabwässer, landwirtschaftliche Abwässer, Industrieabwässer und die unsachgemäße Entsorgung von Chemikalien ins Abwasser gelangen.

Das Hauptproblem liegt in ihrer Persistenz und weiten Verbreitung in der Umwelt, da herkömmliche Kläranlagen oft nicht in der Lage sind, diese Verbindungen vollständig zu entfernen. In den letzten Jahrzehnten lag der Schwerpunkt auf der Analyse von Verbindungen

wie endokrin wirksamen Chemikalien (EDCs) und pharmazeutischen Substanzen (Rogowska et al., 2020), so dass das Bewusstsein für Mikroschadstoffe gestiegen ist.

Das wachsende Bewusstsein für das Vorhandensein von Mikroschadstoffen in Gewässern hat zu verstärkten Forschungsarbeiten und Bemühungen um die Entwicklung fortschrittlicher Behandlungstechnologien geführt, um dieser Herausforderung zu begegnen (Belete et al., 2023).

3.1 Die Definition von Mikroschadstoffen

Die Definition von Mikroschadstoffen als Stoffe, die auf der Grundlage der Kriterien in den Teilen 3 und 4 von Anhang I der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 als gefährlich für die Umwelt oder die menschliche Gesundheit angesehen werden können, stellt einen vorsorglichen Ansatz für den Umweltschutz dar. Diese breitere Definition ist von Bedeutung, da sie den Anwendungsbereich nicht auf Stoffe mit einer harmonisierten CLP-Einstufung beschränkt (keines der angesprochenen Arzneimittel hat eine harmonisierte Einstufung, siehe Anhang 1), wie es in anderen Rechtsvorschriften häufig der Fall ist. Durch die Einbeziehung von Stoffen, die die relevanten Gefahrenkriterien auch ohne eine offizielle harmonisierte Einstufung erfüllen könnten, ermöglicht dieser Ansatz eine proaktivere Haltung beim Umgang mit potenziellen Umwelt- und Gesundheitsrisiken. Es wird hierbei anerkannt, dass der Prozess der offiziellen Einstufung von Stoffen zeitaufwändig sein kann und dass neu auftretende Schadstoffe Risiken darstellen können, bevor sie offiziell anerkannt werden. Er bringt jedoch auch Herausforderungen bei der Umsetzung und Überwachung mit sich, da er eine differenziertere, unsichere und fallweise Bewertung von Stoffen erfordert, die unter diese breitere Definition von Mikroschadstoffen fallen können.

Bei der Anwendung des Vorsorgeprinzips auf Mikroschadstoffe scheint es von entscheidender Bedeutung zu sein, ein breites

Spektrum von Stoffen aus verschiedenen Sektoren zu berücksichtigen. Dieser umfassende Ansatz ist unerlässlich, da Mikroschadstoffe aus verschiedenen Quellen in mehreren Sektoren stammen, wie viele der betrachteten Studien zeigen. Die Forschungsbemühungen tragen dieser Tatsache Rechnung und machen weitere Fortschritte bei der Identifizierung des komplexen Bildes der Abwasserverschmutzung.

3.2 Allgemeine Konzentrationsmuster

Spurenmengen von Mikroschadstoffen sind in Umweltproben nachweisbar, wobei die Konzentrationen in der Regel zwischen Teilen pro Milliarde (ppb) und Teilen pro Billion (ppt) liegen (Belete et al., 2023). Diese Werte, ausgedrückt in Mikrogramm pro Liter ($\mu\text{g/L}$) bis Nanogramm pro Liter (ng/L), verdeutlichen die Empfindlichkeit der Analysemethoden, die zur genauen Messung und Überwachung dieser Stoffe in verschiedenen Umweltmatrizes erforderlich sind. Die aktuellen Ergebnisse in der Literatur entsprechen diesen niedrigen Konzentrationen in Abwasserproben; in den Abwasserproben liegt die typische Konzentration im ppb- bis niedrigen ppm-Bereich (parts per million).

Maßeinheiten und Konzentrationsanalogien

1 Teil pro Milliarde (ppb) = 1.000 Teile pro Billion (ppt)

1 Teil pro Milliarde (ppb) = 0,001 Teile pro Million (ppm)

1 ppm = 1 Milligramm/Liter (mg/l)

1 ppb = 1 Mikrogramm/Liter ($\mu\text{g/l}$)

1 ppt = 1 Nanogramm/Liter (ng/l)

Analogien

- 1 ppm ist ungefähr ein Teelöffel Substanz in 50 Litern Wasser
- 1 ppb entspricht etwa einem Teelöffel der Substanz in 50.000 Litern Wasser
- 1 ppt entspricht etwa einem Teelöffel einer Substanz, die in 50.000.000 Litern Wasser gelöst ist.

Die Richtlinie 2020/2184 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch sieht Parameterwerte für Trinkwasser als Schwellenwerte für bestimmte Stoffe vor. Für organische Pestizide liegt dieser Wert bei $0,1 \mu\text{g/L}$, dasselbe gilt für die Summe der PFAS² und einige andere Chemikalien. Die überwiegende Mehrheit hat deutlich höhere Parameterwerte.

Am Beispiel von Koffein gibt die EFSA einen sicheren Wert für die menschliche Aufnahme von $400 \text{ mg pro Tag an}^3$. Diese Konzentration ist in 250 - 700 ml schwarzem bzw. Instantkaffee enthalten (Petrović et al., 2020).

Es sei darauf hingewiesen, dass die Substitution und Verringerung von Chemikalien in vielen Industriezweigen möglich sind, dass jedoch für einige Chemikalien eine wissenschaftlich abgeleitete Dosis-Wirkungs-Kurve angibt, wie weit eine Verringerung der Konzentration möglich ist, um die angestrebte Wirkung zu gewährleisten. Dies gilt insbesondere für Arzneimittel, bei denen die Dosis-Wirkungs-Kurve anzeigt, dass eine weitere Verringerung der Konzentration nicht möglich ist, um die angestrebte Wirkung zu erzielen.

² Hierbei handelt es sich um eine Untergruppe von "PFAS Total"-Stoffen, die einen Perfluoralkylanteil mit drei oder mehr Kohlenstoffatomen (d. h. $-\text{C}_n\text{F}_{2n-}$, $n \geq 3$) oder einen Perfluoralkyletheranteil mit zwei oder mehr Kohlenstoffatomen (d. h. $-\text{C}_n\text{F}_2\text{nOC}_m\text{F}_{2m-}$, n und $m \geq 1$) enthalten

³ [Koffein | EFSA](#)

3.3 Quelle der Mikroschadstoffe

Auch wenn der Schwerpunkt der vorliegenden Studie nicht auf der Ermittlung spezifischer Quellen lag und zusätzliche Anstrengungen erforderlich wären, um die Quellen der in der vorliegenden Studie ermittelten Stoffe im Einzelnen zu bestimmen, könnte eine nicht erschöpfende Liste die folgenden Quellen von Mikroschadstoffen außer Arzneimitteln und Körperpflegeprodukten umfassen:

(1) Bona Fide Produkte/Anwendungen/Verwendungen

- Veterinär- und Heimtierpflegeprodukte
- Biozide/behandelte Artikel
- Schädlingsbekämpfung (z. B. Pestizide, Insektizide, Rodentizide usw.)
- Waschmittel und Bleichmittel
- heimische Pflanzenschutzmittel, Düngemittel, Wachstumsförderer, Fungizide, Herbizide, Unkrautvernichter, Moosentferner usw.
- Haushaltsreinigungsmittel (Küchenreinigungsmittel, Badreinigungsmittel, Bodenreinigungsmittel, Teppichreinigungsmittel, Fungizide usw.)
- Geschirrspültableten, Klarspüler, Wasserenthärter, Waschmaschinenpulver/-tableten, Weichspüler, Fleckentferner, Farbverstärker, sonstige Textilreinigungsmittel
- Altpapier, Toilettenpapier, Feuchttücher, Taschentücher, Windeln, Babycremes
- Vape- und Tabakerzeugnisse, einschließlich Rückstände von E-Liquids
- Wachs, Harze, Duft- und Aromastoffe

ENVIRONMENT & HEALTH

- Lebens- und Futtermittel (Konservierungsmittel, künstliche Süßstoffe, Lebensmittelfarbstoffe, Metaboliten sowie Rückstände von Pestiziden in Lebens- und Futtermitteln)
- Reinigungs- und Pflegemittel für den Haushalt (einschließlich Schuhcreme, Silberpolitur, Lederpflegemittel, Fensterreinigungsmittel, Präparate für Tierpräparate, Tenside, Duftstoffe, Lösungsmittel usw.)
- Reinigungs- und Pflegeprodukte für Kraftfahrzeuge und Fahrräder (einschließlich Schmiermittel, Polituren, Dreckentferner, Korrosionsschutzmittel usw.)
- Tinten, Farbstoffe, Lacke, Beschichtungen, Klebstoffe usw.
- Kunststoff und Gummi (Polymerausgangsstoffe, Flammenschutzmittel, Farbstoffe, UV-Schutzmittel, Technik)
- Konservierungsstoffe
- Textilien
- Verpackung
- medizinische Geräte und elektronische Ausrüstung
- Batterien
- Wasser- und Abwassertransportmaterialien und -infrastruktur (z. B. Kunststoffe, Zement, Keramik, Metalle, Dichtstoffe usw.)

(2) Unerlaubte und illegale Produkte/Abfälle

- illegale Abfälle (einschließlich industrieller, chemischer, gefährlicher Abfälle usw.)
- illegale Drogen und Pharmazeutika

(3) Andere Quellen

- Verwendung und Entsorgung von kosmetischen und pharmazeutischen Produkten, die außerhalb der EU gekauft und innerhalb der EU/des EWR, z. B. in Irland, verwendet werden.
- Auswaschung aus bestehenden Deponien

3.4 Ansätze zur Messung von Mikroschadstoffen in Abwässern

In der Vergangenheit haben Forscher gezielte Ansätze verwendet, die sich auf den Nachweis vordefinierter Chemikalien konzentrieren, um organische Mikroschadstoffe zu identifizieren (Krauss et al., 2010), zitiert in (Lai et al., 2021). Bei der Zielanalyse werden die Stoffe anhand von Referenzstandards untersucht, um ihre Identifizierung und Quantifizierung zu ermöglichen. In vielen Überwachungsstudien und -kampagnen ist das gezielte Screening nach wie vor eine gängige Technik, und die meisten in dieser Studie identifizierten Veröffentlichungen beruhen auf einem solchen gezielten Screening. Es ist wichtig zu erkennen, dass sich die gezielte Analyse von Wasserverunreinigungen in der Regel auf eine begrenzte Auswahl von Chemikalien konzentriert, die das tatsächliche Verschmutzungsprofil in den Gewässern möglicherweise nicht vollständig widerspiegelt. Bei diesem Ansatz besteht auch **die Gefahr von verzerrten Ergebnissen, wenn die Auswahl der Analyten nicht repräsentativ für die Zusammensetzung der Probe ist.**

In den letzten Jahren wurden Non-Target-Screening-Ansätze als vielversprechende Methoden diskutiert, die dazu beitragen könnten, diese Wissenslücke in Zukunft zu schließen. Beim Non-Target-Screening handelt es sich um eine Technik, mit der unbekannte Verbindungen in einer Probe identifiziert werden können, ohne dass ihr Vorhandensein vorher bekannt ist. Im Zusammenhang mit dem Non-Target-Screening gibt es noch einige Herausforderungen, was die erfolgreiche Qualifizierung von Analyten betrifft.

In einer kürzlich durchgeführten dänischen Studie wurden 4094 eindeutige Substanzen beobachtet (1482 davon wurden als Hintergrund herausgefiltert), von denen die chemische Struktur von 785 Verbindungen auf der Grundlage eines Vergleichs der Massenspektren mit internen experimentellen Daten sowie mit anderen Bibliotheken ermittelt werden konnte. Nur 451 davon konnten einer der im Rahmen des Projekts (Aggerbeck et al., 2024) vorgesehenen Verbindungsklassen (z. B. Arzneimittel) zugeordnet werden. Eine retrospektive, nicht zielgerichtete Analyse von Abwasserproben, die 2018 in der Schweiz gesammelt wurden, ergab eine bestätigte und 21 vorläufige Substanzidentifizierungen, was auf das Vorhandensein einer Vielzahl von Verbindungen, einschließlich Herstellungsreagenzien, Klebstoffen, Pestiziden und Arzneimitteln in den Proben hinweist (Lai et al., 2021).

In der wissenschaftlichen Literatur wird auf die Notwendigkeit der Weiterentwicklung nicht zielgerichteter Methoden hingewiesen und die Bedeutung (i) standardisierter Protokolle und Qualitätsanforderungen, (ii) von Infrastrukturen für eine effiziente Datenverwaltung, -auswertung und -weitergabe und (iii) angemessener Ressourcen und gut ausgebildeter Mitarbeiter in den Forschungs- und Zulassungsbehörden in ganz Europa betont (Hollender et al., 2019).

Die hochauflösende Massenspektrometrie (HRMS) in Kombination mit der Flüssigkeitschromatographie (LC-HRMS) wird zunehmend in der Umweltanalytik durch Screening-Techniken für suspect und non-target Stoffe eingesetzt. Diese Verfahren ermöglichen eine umfassende und detaillierte Untersuchung der Probenzusammensetzung, ohne dass eine vorherige Kenntnis der vorhandenen Stoffe erforderlich ist (Armin et al., 2025). In jüngster Zeit haben Forscher eine nicht zielgerichtete Methode entwickelt, die sie für die Analyse von Industrieabwässern optimiert haben (Armin et al., 2025; Purschke, 2020), aber diese Methode könnte auch für andere Matrices geeignet sein, z. B. für ländliche Abwässer.

Flusswasser ist zwar nicht direkt mit Abwasser gleichzusetzen, aber die Zusammensetzung der Mikroschadstoffe gibt wichtige Einblicke in die umfassenderen Umweltauswirkungen dieser Stoffe. In einer kürzlich durchgeführten Studie über die Quellen der chemischen Verschmutzung des Rheins auf der Grundlage von zeitlichen Hochfrequenz-LC-HRMS-Überwachungsdaten wurden fast 3000 Verbindungen als äußerst wichtig für die Bewirtschaftung der Wasserqualität durch eine neu entwickelte Priorisierungsstrategie (Chonova, 2025) **identifiziert. In dieser Studie sind nur 2,8 % der priorisierten Profile (d. h. 83 Profile) regelmäßig überwachte Ziele.** Die Autoren stellen fest, dass die chemische Struktur, der Ursprung und die Auswirkungen auf die Umwelt bei Tausenden von hochexponierten Verbindungen noch immer nicht geklärt sind. Sie gehen davon aus, dass die Hälfte von ihnen aus unregelmäßigen Emissionsquellen stammt, möglicherweise aus der Industrie.

Noch schwieriger wird es, wenn es in einem zweiten Schritt zur Quantifizierung kommen soll. In Japan wurden in einer kürzlich durchgeführten Studie die Abwässer von Kläranlagen untersucht und 734 Profile identifiziert, die in ausgewählten Kläranlagen in Japan häufig nachgewiesen wurden (Pandey et al., 2024). In dieser Studie wurden jedoch nur fünf ausgewählte Stoffe in einem zweiten Schritt durch gezielte Analyse quantifiziert.

Bei dieser Literaturdurchsicht wurden nur wenige Studien gefunden, die einen kombinierten Ansatz mit einer Ziel-, Verdachts- und Nicht-Ziel-Screening-Analyse von Trink- und Abwasser verwendeten (für weitere Einzelheiten siehe Abschnitt 3.6). In einer Studie wurden 51 Stoffe durch ein quantitatives Screening der Abwässer von Kläranlagen identifiziert (Hinnenkamp et al., 2022).

Um ein repräsentatives Bild einer Abwasserprobe zu erhalten, indem alle bekannten und unbekannt Mikroschadstoffe identifiziert werden, sind weitere Forschungsarbeiten erforderlich, die kombinierte Ansätze

aus non-targeted, suspect screening und quantitativer Analyse (z. B. durch gezielte Methoden) verwenden.

3.5 Im Abwasser identifizierte Stoffe

Aus der Literatur wurden u.a. Stoffe der folgenden Stoffgruppen im Abwasser identifiziert:

- Pharmazeutika
- Körperpflegeprodukte
- Pestizide
- PFAS
- Industrielle Chemikalien
 - Oberflächenmodifikatoren
 - Tenside
 - Siloxane
 - Kunststoffadditive
 - Flammenhemmende Mittel
 - Lichtstabilisator
 - Prozesschemikalien
 - Korrosionsschutzmittel
 - Reinigungsmittel
 - Klebstoffe
 - Lösungsmittel
 - Andere
- Lebensmittelzutaten/Zusatzstoffe
 - Süßstoffe
 - Koffein

Die Stoffe wurden so gruppiert, dass sie dem Zweck dieser Studie entsprechen; es ist möglich, dass einige Stoffe für mehr als eine Gruppe relevant sind. Beispiele für Stoffe werden im Folgenden für jede Stoffgruppe erörtert. Eine Liste weiterer Stoffe, die in den Studien gefunden wurden, findet sich in Anhang 1.

3.5.1 Pharmazeutika

Pharmazeutika standen nicht im Mittelpunkt dieser Überprüfung. Im folgenden Abschnitt werden jedoch ausgewählte Pharmazeutika ausführlicher behandelt. Da Arzneimittel nach wie vor eine der am häufigsten untersuchten Stoffgruppen im Abwasser sind, besteht ein spezifisches Risiko für verzerrte Ergebnisse in Abhängigkeit von der Auswahl der Analyten. In einer kritischen Übersichtsarbeit, *Quantitative and qualitative approaches for CEC prioritization when reusing reclaimed water for irrigation needs* (Verlicchi et al., 2023), weisen die Autoren beispielsweise auf wichtige Wissenslücken hin und empfehlen, dass künftige Forschungsarbeiten die Überwachungsuntersuchungen für behandeltes Abwasser ausweiten sollten, um nicht nur Pharmazeutika, sondern auch andere, weniger erforschte Klassen von Schadstoffen, die Anlass zu Besorgnis geben (CECs), einzubeziehen. In einer vom BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft) vorgeschlagenen fondsbasierten Lösung wurden fünf APIs (Active Pharmaceutical Ingredients) unter den Top 10 der im Abwasser enthaltenen Spurenstoffe identifiziert: Ibuprofen, Diclofenac, 17β-Östradiol, Carbamazepin und Clarithromycin (Czichy et al., 2020) (Tabelle2).⁴ Auf der Grundlage dieser Daten wird in der EU-Durchführbarkeitsstudie über ein EPR-System für Mikroschadstoffe ein besonderer Schwerpunkt auf diese Stoffe gelegt (Bio Innovation Services & EU COM, 2022).

Tabelle2 : Liste der von (Czichy et al., 2020) identifizierten Arzneimittel und der entsprechenden Konzentrationsschwellenwerte für die Umwelt.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration
----------	-----	---

		Wert	Typ	Quelle
Ibuprofen	15687-27-1	0,022 µg/L	EQS-Vorschlag	(SCHEER, 2022)
Diclofenac	15307-86-5	0,05 µg/L	EQS-Vorschlag	(Finckh, Beckers, et al., 2022)
17β-Östradiol	50-28-2	NA	NA	NA
Carbamazepin	298-46-4	0,5 µg/L	AA-EQS (Süßwasser)	(UBA, 2014)
Clarithromycin	81103-11-9	0,12 µg/L	EQS-Vorschlag	(Finckh, Beckers, et al., 2022)

Insgesamt liegen zwar alle nachgewiesenen Stoffe in sehr niedrigen ppb- oder sogar ppt-Konzentrationen vor, doch gibt es für die fünf ausgewählten Wirkstoffe signifikante Unterschiede in den Konzentrationen zwischen den verschiedenen Studien, wie im Folgenden für die einzelnen Stoffe gezeigt wird (in den ausgewählten Studien, die in dieser Übersicht näher untersucht wurden, wurden keine Daten zu 17β-Östradiol gefunden).

Ibuprofen

In einer Studie hat die konventionelle, schwach belastete Belebtschlamm Behandlung mit Kohlenstoff, Stickstoffentfernung (Nitrifikation und Denitrifikation) und chemischer Phosphorfällung bereits eine effiziente Eliminierung von Ibuprofen erreicht, und die Gehalte lagen in allen Abwasserproben von drei Kläranlagen in Österreich unter der LOQ (Reif et al., 2023). In einer anderen Studie wurde Ibuprofen im Abwasser von 8 Kläranlagen aus dem Donaeinzugsgebiet mit Werten zwischen <LOQ und 624,63 ng/L

⁴ Diese Arbeit stützt sich auf Studiendaten zu 51 Abwasserstoffen (Spurenstoffe aus Haushalten und Industrie), die bei der Analyse von 151 Spurenstoffen im Ruhrgebiet (Deutschland) ermittelt

wurden. Da Ramboll keinen Zugang zu den Rohdaten hat, ist die Repräsentativität dieser Ergebnisse unklar.

gefunden, während in derselben Studie die in den Zulaufproben gemessenen Höchstkonzentrationen von Ibuprofen viel niedriger waren (maximal 1,3 ng/L), was auf eine negative Elimination hindeutet (siehe auch Carbamazepin) (Ng et al., 2023). Die höchste im Abwasser festgestellte Ibuprofen-Konzentration (624,63 ng/L) übersteigt die Umweltqualitätsnorm von 22 ng/L (SCHEER, 2022) um mehr als das 28-fache.

Carbamazepin

Eine negative Entfernung wurde auch für Carbamazepin in einer Studie beobachtet, in der die Substanz in allen untersuchten Abwasserproben von Kläranlagen mit Konzentrationen von 28-343 ng/L (für Zulaufproben 21-181 ng/L) gefunden wurde (Ng et al., 2023). Die Autoren wiesen darauf hin, dass sich Carbamazepin als Nebenprodukt seiner konjugierten Substanzen bilden kann, die während der biologischen Behandlung in ihre freie Form (Carbamazepin) zurückkehren können. Dies kann zu einer negativen Entfernung führen. Die Carbamazepin-Konzentration schwankt in den einzelnen Studien erheblich, wobei die Werte unter und über der Umweltqualitätsnorm von 0,5 µg/L (500 ng/L) liegen; Beispiele für andere ermittelte Konzentrationen von Carbamazepin im Abwasser von Kläranlagen aus anderen Studien sind 114,5 ng/L nachgewiesen in Kläranlagen in Österreich (Kaiser et al., 2021), 417,5 ng/L bis 16.482 ng/L nachgewiesen in Kläranlagen in den Niederlanden (Narain-Ford, Van Wezel, et al., 2022), 395,7 ng/L (mittlere Konzentration) nachgewiesen in Kläranlagen in Deutschland (Muschket et al., 2024).

Diclofenac

Diclofenac wurde in einer Studie mit 52 Kläranlagen aus 15 EU-Ländern mit einer mittleren Konzentration von 1419,4 ng/L gefunden (Finckh, Beckers, et al., 2022). Diclofenac wurde in den Abwässern von Kläranlagen aus dem Donaueinzugsgebiet in Konzentrationen zwischen 280 und 1312 ng/L gefunden (Ng et al., 2023). Beide Konzentrationen liegen deutlich über der Umweltqualitätsnorm von

50 ng/L. Die Konzentrationen für Diclofenac schwankten in den Studien erheblich, wobei die Werte in der Regel über der Umweltqualitätsnorm lagen, z. B. 305 ng/L in einem Kläranlagenausfluss in Serbien (Bogunović et al., 2021).

Clarithromycin

Clarithromycin wurde im Abwasser von 7 Kläranlagen aus dem Donaueinzugsgebiet gemessen, wobei die Werte von <LOQ bis 3 ng/L reichten, und die Autoren kamen zu dem Schluss, dass es in diesen Kläranlagen effizient entfernt wird (Ng et al., 2023). In einer Kläranlage in Schweden wurde Clarithromycin in einer Konzentration von 36 ng/L im Abwasser vor der 4-Behandlungsstufe gefunden (Svahn & Borg, 2024). Diese Werte liegen unter der Umweltqualitätsnorm von 120 ng/L. Clarithromycin wurde in unterschiedlichen Konzentrationen in 56 Kläranlagenabwässern aus 15 europäischen Ländern gefunden, wobei die Konzentrationen von <LOQ bis 1174,7 ng/L reichten (Finckh, Beckers, et al., 2022).

3.5.2 Körperpflegeprodukte

Körperpflegeprodukte (PCPs) sind eine weitere, bereits umfassender untersuchte Stoffgruppe in Abwässern. Da PCPs überall auf der Welt in großem Umfang verwendet werden, gelangen große Mengen in die Kanalisation, was Abwässer zur Hauptverschmutzungsquelle für die Umwelt macht (Posada-Ureta et al., 2012) zitiert in (Tasselli et al., 2021). Drei Stoffe wurden exemplarisch für die weitere Diskussion ausgewählt, da sie Teil mehrerer veröffentlichter Analysen waren, die im Rahmen der aktuellen Literaturrecherche ausgewertet wurden, und in vergleichsweise hohen Konzentrationen vorkamen. Die Stoffe sind zusammen mit den relevanten Umweltkonzentrationsschwellenwerten in der Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle3 : Liste ausgewählter Stoffe, die mit Körperpflegeprodukten in Verbindung gebracht werden, und entsprechende Konzentrationsschwellenwerte für die Umwelt.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		
		Wert	Typ	Quelle
Galaxolid (HHCB)	1222-05-5	6,8 µg/L	PNEC	Kurzprofil - ECHA
Methylparaben	99-76-3	2,4 µg/L	PNEC	Kurzprofil - ECHA
Oxybenzon (BP-3)	131-57-7	0,67 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA

Galaxolid

Galaxolid ist ein polyzyklischer Moschusduftstoff (PMF), der nur teilweise abbaubar ist und daher von herkömmlichen Kläranlagen nicht entfernt wird. Daher sind synthetische Moschusverbindungen in verschiedenen Kompartimenten wie Flüssen und landwirtschaftlichen Feldern, die mit Klärschlamm gedüngt wurden, vorhanden und können sich dort bioakkumulieren. So fand (García-Galán et al., 2021) Galaxolid in einer durchschnittlichen Konzentration von 191 ± 27 ng/L in einem Gemisch aus Be- und Entwässerungswasser. (Tasselli et al., 2021) fanden Galaxolid und andere PMFs im Wasser und im Schlamm einer Kläranlage in Norditalien.

Methylparaben

Methylparaben wird in einer Vielzahl von Körperpflegeprodukten wie Shampoos, Cremes und Kosmetika verwendet, weil es das Wachstum von Bakterien, Schimmel und Hefepilzen verhindert. Die

Substanz ist giftig für Wasserlebewesen und hat langanhaltende Auswirkungen. In einer von (Ferreiro et al., 2020) durchgeführten Studie wurden vier Stunden lang stündlich Proben im Zufluss einer Kläranlage in Biskaya (Spanien) genommen, die Konzentrationen zwischen $2,094 \pm 0,067$ µg/L - $8,4 \pm 0,25$ µg/L für Methylparaben ergaben, die unter (für die untere Grenze) und über (für die obere Grenze) der PNEC liegen. Eine weitere Studie von (Montes et al., 2023), in der 93 Proben von Fluss- und Küstenwasser sowie von unbehandeltem und behandeltem Abwasser aus 33 Standorten in Nordportugal und Galicien, Spanien, untersucht wurden, zeigte, dass Methyl-4-hydroxybenzoat (Methylparaben) in Konzentrationen von 0,025 - 1,15 µg/L im unbehandelten Kläranlagenzufluss und von 0,006 - 0,48 µg/L im behandelten Kläranlagenabfluss vorhanden war. In derselben Studie wurde Methylparaben mit einem RQ von 1,39 bewertet, was einem mäßigen Risiko für aquatische Arten entspricht und mit Werten unterhalb der PNEC korreliert.

Oxybenzone

Oxybenzon (BP-3) ist eine Chemikalie, die häufig in Sonnenschutzmitteln verwendet wird, um einen UV-Schutz mit breitem Spektrum zu bieten. Neben seiner primären Rolle in Sonnenschutzmitteln wird Oxybenzon auch in Produkten wie Beschichtungen, Pflastern, Knetmasse, Fingerfarben und anderen Produkten verwendet, die den Abbau durch UV-Strahlen verhindern sollen. Es sind jedoch Bedenken hinsichtlich seiner Auswirkungen auf die Umwelt aufgekommen, insbesondere im Zusammenhang mit dem Bleichen von Korallen. Aufgrund dieser Bedenken wurde seine Verwendung in Sonnenschutzmitteln in mehreren Ländern geregelt. Im Jahr 2022 nahm die Europäische Kommission Oxybenzon in ihre Beobachtungsliste auf, da sie davon ausgeht, dass es ein erhebliches Risiko für die aquatische Umwelt darstellen kann⁵. Aufgrund

⁵ [L_2022197EN.01011701.xml](#)

unzureichender Überwachungsdaten ist eine endgültige Risikobewertung jedoch nicht möglich.

In Italien wurden in einer Studie BP-3-Konzentrationen von $0,66 \pm 0,07 \mu\text{g/L}$ in Wasserproben nach primärer Sedimentation und $0,30 \pm 0,03 \mu\text{g/L}$ in behandeltem Abwasser aus einer kommunalen Kläranlage (Spina et al., 2020) festgestellt. Eine weitere Studie von (Montes et al., 2023), die in Spanien und Portugal durchgeführt wurde, untersuchte sechs Kläranlagenstandorte und fand BP-3-Konzentrationen im Rohabwasser von 0,157 bis 2,162 $\mu\text{g/L}$ und im behandelten Abwasser von 0,023 bis 1,385 $\mu\text{g/L}$. Die in dem Bericht durchgeführte Risikobewertung basierte auf den PNEC-Werten aus der NORMAN-Datenbank, wo der PNEC-Wert für Süßwasser 1,54 $\mu\text{g/L}$ und der PNEC-Wert für Meerwasser 0,154 $\mu\text{g/L}$ beträgt (Montes et al., 2023). Auf der Grundlage der gemessenen BP-3-Konzentrationen und dieser PNEC-Schwellenwerte ergab die Bewertung, dass BP-3 ein potenzielles Risiko für die Küstenumwelt, nicht jedoch für die Süßwasserumwelt darstellen könnte (Montes et al., 2023). Im Vergleich dazu wurde in der ECHA-Datenbank ein niedrigerer PNEC-Wert von 0,67 $\mu\text{g/L}$ für Süßwasser und 0,067 $\mu\text{g/L}$ für die Meeresumwelt festgelegt. Diese Werte deuten darauf hin, dass einige der in Kläranlagenabwässern gemessenen Höchstkonzentrationen mehr als doppelt so hoch wie der PNEC-Wert für Süßwasser und bis zu 20 Mal höher als der PNEC-Wert für die Meeresumwelt waren, insbesondere in Küstengebieten, in denen einige Abwässer ins Meer eingeleitet werden. Daher stellt BP-3 ein potenzielles Risiko sowohl für Süßwasser als auch für die Küstenumwelt dar, wenn alle PNEC-Werte der ECHA und von Montes et al. (2023) berücksichtigt werden.

Darüber hinaus wurde in einer in Spanien durchgeführten Studie die maximale Konzentration von BP-3 in Bewässerungswasser bewertet, das eine Mischung aus aufbereitetem Wasser aus Kläranlagenabwässern und Oberflächenwasser ist. Die Konzentrationen reichten von 0,16 bis 4,18 $\mu\text{g/L}$, und es wurde ein Risikoquotient von 6,24 berechnet, der im Rahmen des Berichts

(García-Vara et al., 2023) als mäßiges Umweltrisiko eingestuft wurde. Dies unterstreicht noch einmal die Umweltrelevanz von BP-3, insbesondere in aquatischen Systemen, wo die Konzentrationen des Stoffes Risiken für das Ökosystem darstellen können.

3.5.3 Pestizide

In mehreren Studien wurden Pestizide sowohl in den Zufluss- als auch in den Abwasserproben nachgewiesen, was auf ihre unzureichende Entfernung in der Kläranlage hinweist.

In einer Studie wurden 18 Pestizide in Abwässern und 6 in Zuflüssen quantifiziert. Terbutryn, Propiconazol und Tebuconazol, die alle häufig als Biozide verwendet werden, wurden am häufigsten nachgewiesen und kamen in über 85 % der Proben in Konzentrationen von 9 bis 156 ng/L vor. Im Gegensatz dazu wurden 14 der 18 Pestizide in weniger als 20 % der Proben gefunden, und Azoxystrobin, Metconazol und Paclobutrazol wurden nur in der Kläranlage in einem kleinen Dorf in Otterup nachgewiesen, was auf eine mögliche lokale Quelle hinweist (Kilpinen et al., 2023).

In der Studie von (Montes et al., 2023) wurden sechs der acht untersuchten Pestizide im Abwasser gefunden (Nachweishäufigkeit (DF) >80 %), die alle auch im Flusswasser vorhanden waren, während nur DEET und Diuron im Küstenwasser nachgewiesen wurden, was auf eine abnehmende Prävalenz von Pestiziden hindeutet. In behandelten Proben wurden niedrigere Durchschnittskonzentrationen festgestellt als in Rohproben. Der Studie zufolge wurde Diuron sowohl in Fluss- als auch in Küstengewässern nachgewiesen, während Tertbutryn und Metolachlor nur in Flüssen vorkamen. Ferner wurde berichtet, dass Propanil in allen Gewässertypen die höchsten Konzentrationen aufwies, im Abwasser jedoch nur in geringem Maße nachgewiesen wurde, was auf lokale Kontaminationsquellen schließen lässt (Montes et al., 2023). Die durchschnittlichen Konzentrationen von

Pestiziden in rohem und behandeltem Abwasser aus dieser Studie sind in der Abbildung4 dargestellt.

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse zu den Pestiziden, die in höheren Konzentrationen nachgewiesen wurden, sowie die potenziellen Risiken für Mensch und Umwelt erörtert. Eine Liste der ausgewählten Pestizide zeigt Tabelle4.

Tabelle4 : Liste der ausgewählten Pestizide und der entsprechenden Umweltkonzentrationsschwellenwerte.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		Quelle
		Wert	Typ	
Carbendazim	10605-21-7	0,15 µg/L	PNEC	(García-Vara et al., 2023)
Chlortoluron	15545-48-9	0,6 µg/L	Jährliche durchschnittliche Umweltqualitätsnormen (AA EQS)	(Finckh, Beckers, et al., 2022)
N,N-Diethyl-m-toluamid (DEET)	134-62-3	88 µg/L	PNEC	(García-Vara et al., 2023)
Diuron	330-54-1	0,32 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA (Datum des Zugriffs: 30.1.2025)
Fenpropimorph	67564-91-4	0,016 µg/L	PNEC (Süßwasser)	REACH-Dossier (Datum des Zugriffs: 30.1.2025)

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		Quelle
		Wert	Typ	
Imidacloprid	138261-41-3	0 µg/l	PNEC (Süßwasser)	REACH-Dossier (Datum des Zugriffs: 30.1.2025)
Propanil	709-98-8	0,2 µg/L	Jahresdurchschnitt QS	(Finckh, Beckers, et al., 2022)
Terbutryn	886-50-0	0,065 µg/L	PNEC	(García-Vara et al., 2023)

Carbendazim

Carbendazim, ein Fungizid, wurde sowohl in Spanien als auch in Deutschland in behandelten Abwässern und Bewässerungsproben nachgewiesen, wobei die Konzentrationen erheblich schwanken. In Spanien erreichte die maximale Konzentration im Abwasser 0,62 µg/L (Lopez-Herguedas et al., 2022), während Bewässerungswasser, das aufbereitetes und Oberflächenwasser enthält, Werte von 0,156 µg/L (García-Vara et al., 2023) aufwies. Die im Abwasser festgestellte Konzentration liegt deutlich über dem PNEC-Wert, während die Konzentration im Bewässerungswasser den PNEC-Wert von 0,15 µg/L nur geringfügig überschreitet und einen relativ niedrigen RQ von 0,356 ergibt, was auf ein geringes ökologisches Risiko schließen lässt (García-Vara et al., 2023). In Deutschland wurde Carbendazim in behandelten Abwasserproben in Konzentrationen von bis zu 0,012 µg/L (Weitere et al., 2021) nachgewiesen, was weit unter dem PNEC-Wert liegt.

Chlortoluron

Die von (López-Herguedas et al. 2022) durchgeführte Studie berichtet über den Nachweis des Herbizids Chlortoluron im Abwasser von fünf Kläranlagen in Spanien, wobei in einer der Kläranlagen im Sommer und im Winter eine Höchstkonzentration von 7,45 µg/L festgestellt wurde. Dieser Wert ist deutlich höher als der Wert der Umweltqualitätsnorm AA. Die durchgeführte Risikobewertung ergab, dass dieses Herbizid zu denjenigen gehört, die das größte Risiko für Algen darstellen. Im Gegensatz dazu wurde Chlortoluron in Deutschland in keiner der vor- und nachgeschalteten Kläranlagenproben nachgewiesen (Weitere et al., 2021).

Diethyltoluamid (DEET)

In der Studie von (Lopez-Herguedas et al., 2022) wurde DEET, ein gebräuchliches Insektenschutzmittel, in den Abwässern von 5 Kläranlagen in Spanien während des Sommers und Herbstes mit einer maximalen Konzentration von 0,78 µg/L nachgewiesen. In ihrer Risikobewertung wurde DEET als eine der Substanzen identifiziert, die ein erhebliches Risiko für Fische darstellen, mit einem $RQ > 1$ (López-Herguedas et al. 2022). In einer ähnlichen Kampagne berichtete (García-Vara et al., 2023) über maximale DEET-Konzentrationen von 0,277 µg/L im Sommer. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse berechneten sie einen RQ-Wert von 0,003 und kamen zu dem Schluss, dass das Pestizid kein toxikologisches Risiko darstellt.

Diuron

Diuron, ein Herbizid mit möglicherweise krebserregenden und endokrinschädigenden Eigenschaften, wurde in ganz Europa in Abwässern und Umweltgewässern nachgewiesen. In Spanien und Portugal lagen die durchschnittlichen Konzentrationen in den Zuflüssen zwischen 0,017 und 0,461 µg/L, in den behandelten Abwässern zwischen 0,050 und 0,309 µg/L (Montes et al., 2023). In Spanien erreichten die Konzentrationen von Diuron in

Abwasserproben, die im Sommer und Winter entnommen wurden, Spitzenwerte von 0,090 µg/L (Lopez-Herguedas et al., 2022). Garcia-Vara et al. stellten eine Höchstkonzentration von 0,027 µg/L in wiederaufbereitetem Bewässerungswasser fest. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse berechneten sie einen RQ-Wert von 0,383 und kamen zu dem Schluss, dass dieses Herbizid ein geringes toxikologisches Risiko darstellt (García-Vara et al., 2023). In Österreich wurde in einer Studie über Konzentrationen <LOD in Kläranlagenabwässern berichtet (Reif et al., 2023).

Die in Abwässern festgestellten Werte sind in der Regel niedriger als die PNEC-Werte für Süßwasser. Aufgrund der Variabilität der beobachteten Konzentrationen ist bei der Interpretation der Ergebnisse jedoch Vorsicht geboten, da es erhebliche regionale Unterschiede gibt.

Fenpropimorph

In der Studie von (Lopez-Herguedas et al., 2022) wurde eine maximale Konzentration von 1.860 µg/L Fenpropimorph, einem Pestizid, im Abwasser von 5 Kläranlagen in Spanien während des Sommers und Herbstes festgestellt. Dieser Wert ist deutlich höher als der PNEC-Wert von 0,016 µg/L für Süßwasser.

Imidacloprid

Imidacloprid, ein weit verbreitetes Pestizid, wurde in Abwasserproben aus verschiedenen Regionen in unterschiedlichen Konzentrationen nachgewiesen.

In Schweden wurden 0,006 µg/L in Proben aus Kläranlagen vor der 4-Reinigungsstufe gemessen (Svahn & Borg, 2024), während in Spanien im Sommer und Herbst Höchstkonzentrationen von 0,440 µg/L im Abwasser von Kläranlagen erreicht wurden (Lopez-Herguedas et al., 2022). Eine Studie entlang der Donau in 10 EU-Ländern ergab eine Spitzenkonzentration von 0,328 µg/L (Ng et al 2023). Alle Werte liegen über dem PNEC-Schwellenwert von 0 µg/L für Süßwasser. Risikobewertungen ergaben sehr geringe Risiken für

die menschliche Gesundheit (LoQ RQ <2) für behandeltes Abwasser, aber sehr hohe Risiken für die Gesundheit von Ökosystemen (log RQ >2) sowohl für rohes als auch für behandeltes Abwasser, was die Umweltpersistenz dieses Pestizids und die potenziellen ökologischen Auswirkungen unterstreicht (Neale et al., 2023).

Propanil

In der Studie von (Montes et al., 2023) wurde Propanil, ein Pestizid, sowohl in Roh- als auch in behandelten Abwasserproben in Spanien und Portugal nachgewiesen. Im Zulauf lagen die durchschnittlichen Propanilkonzentrationen zwischen 0,167 und 1,109 µg/L, während die Werte im behandelten Abwasser zwischen 0,088 und 1,196 µg/L schwankten, wobei einige Werte auch über dem QS-Wert von 0,200 µg/L lagen. Trotz der höchsten Konzentrationen, die in allen Proben festgestellt wurden, ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass der DF mit weniger als 25 % im Abwasser recht niedrig war, was darauf hindeutet, dass die Kontamination aus anderen Quellen als der Kläranlage selbst stammen könnte (Montes et al., 2023).

Terbutryn

Terbutryn wurde in verschiedenen Abwasser- und Umweltproben in Spanien, Portugal und Dänemark nachgewiesen. In Spanien und Portugal lagen die durchschnittlichen Konzentrationen in den Zuflüssen zwischen 0,019 und 0,228 µg/L, während behandelte Abwässer durchschnittliche Konzentrationen zwischen 0,002 und 0,361 µg/L enthielten (Montes et al., 2023). Die maximale Konzentration in Bewässerungswasser, einer Mischung aus aufbereitetem und Oberflächenwasser, betrug 0,176 µg/L (García-Vara et al., 2023). Dies übersteigt den PNEC-Wert von 0,065 µg/L, was einen RQ-Wert von 2,70 ergibt, der auf ökologische Bedenken hinweist (García-Vara et al., 2023). (Kilpinen et al., 2023) berichteten über Terbutryn in allen Zufluss- und Abflussproben von Kläranlagen in Dänemark, wobei die Zuflusskonzentrationen typischerweise zwischen 0,011 und 0,059 µg/L lagen und im Juni 2020 auf 0,509 µg/L anstiegen. Die Abwasserwerte stiegen

dementsprechend auf 0,106 µg/L im Juni und 0,156 µg/L im Juli, verglichen mit typischen Werten von 0,036 ng/L bis 0,041 µg/L. Der RQ-Wert für *R. subcapitata* reichte von 2,4 bis 81, was auf ein erhebliches ökologisches Risiko hindeutet (Kilpinen et al., 2023). Terbutryn wird in erster Linie als Herbizid zur Gras- und Unkrautbekämpfung eingesetzt, dient aber auch als Algizid in der Textilproduktion und als Biozid in Baumaterialien (Kilpinen et al., 2023).

3.5.4 PFAS

Es wird davon ausgegangen, dass mehrere Tausend Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS) existieren, und es ist daher eine Herausforderung, ein größeres Spektrum dieser Verbindungen gleichzeitig in einer Probe analytisch zu bestimmen. Im Oktober 2022 schlug die Kommission Qualitätsnormen für die Summe von 24 PFAS, einschließlich PFOS, in Oberflächen- und Grundwasser vor, die sich auf ein Gutachten der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) stützen und durch Stellungnahmen des Wissenschaftlichen Ausschusses „Gesundheit, Umwelt und neu auftretende Risiken“ untermauert werden. Der vorgeschlagene Standard für Oberflächen- und Grundwasser beträgt 4,4 ng/l (als PFOA-Äquivalente) (EU COM, 2022b).

Die meisten Abwasseranalysen zielen in erster Linie auf eine begrenzte Anzahl gut erforschter PFAS ab, mit besonderem Schwerpunkt auf Perfluoralkylsäuren (PFAA) (Thompson et al., 2022), zitiert in (Ruyle et al., 2025). Der TOP-Assay wandelt Vorläuferverbindungen - von denen viele nicht über die für die Quantifizierung erforderlichen handelsüblichen Analysestandards verfügen - in PFAA um, die quantifiziert werden können. In einer Studie von (Kaiser et al., 2021), in der der TOP-Test verwendet wurde, wurde in Abwasserproben einer Kläranlage in Österreich ein geschätzter PFAS-Gesamtgehalt von 840 ng/L gemessen, was 91,1 % über den Ergebnissen der PFAS-Zielanalyse lag. Den Autoren zufolge deutet dies auf das Vorhandensein von unbekanntem

Vorläufern hin, die üblicherweise nicht überwacht werden. Die Studie zeigt die Komplexität von PFAS in Abwässern und ihre verschiedenen Quellen.

Im Folgenden werden einige Konzentrationswerte vorgestellt, die für ausgewählte bekannte PFAS gefunden wurden.

Tabelle5 : Liste ausgewählter PFAS und entsprechende Konzentrationsschwellenwerte für die Umwelt.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		
		Wert	Typ	Quelle
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)	1763-23-1	0,65 ng/L	AA-EQS	(EU COM, 2011)
Pentafluorobutansäure (PFBA)	375-73-5	0,4 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Norman Ecotox Database, zitiert in (Montes et al., 2023)

Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)

In Spanien und Portugal lagen die durchschnittlichen Konzentrationen in den Zuflüssen zwischen <LOQ-233 ng/L und in den behandelten Abwässern zwischen <LOQ-44 ng/L in einer Studie (Montes et al., 2023). PFOS wurde auch in einem Fluss in Frankreich in der Nähe einer Kläranlage mit Werten von bis zu 34 ng/L (weit über der EU-Umweltqualitätsnorm (UQN) von 0,65 ng/L) (Ayoub et al., 2022) nachgewiesen. In einer anderen Studie aus Österreich wurde PFOS im Abwasser in einer Konzentration von 2,77 ng/L gefunden (Kaiser et al., 2021).

Pentafluorobutansäure (PFBA)

Für PFBA wurden in Spanien und Portugal durchschnittliche Konzentrationen von <LOQ-115 ng/L im behandelten Abwasser festgestellt (die Konzentration im Zulauf lag bei <LOQ-87 ng/L) (Montes et al., 2023). In Deutschland wurden in einer Studie Konzentrationen von <LOD-719 ng/L im behandelten Abwasser festgestellt (Weitere et al., 2021).

Relativ hohe Konzentrationen wurden in der wissenschaftlichen Literatur auch für andere, noch weniger untersuchte PFAS in Abwässern gemeldet. So fand (Finckh, Beckers, et al., 2022) 6:2-Fluortelomersulfonsäure mit einer mittleren Konzentration von 283,85 ng/L in 56 Abwasserproben aus 52 europäischen Kläranlagen. In einer anderen Studie wurde Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) in den Abwässern von Kläranlagen in einem spanischen Flusseinzugsgebiet mit einer außergewöhnlich hohen Konzentration von bis zu 936,1 ng/L in einer Kläranlage gefunden (Beltrán De Heredia et al., 2024).

3.5.5 Industrielle Chemikalien

Industriechemikalien werden häufig in Abwässern nachgewiesen, was auf ihre weit verbreitete Verwendung in der Produktion, in Konsumgütern und in industriellen Prozessen zurückzuführen ist. Diese Stoffe gelangen über industrielle Einleitungen, Haushaltsabwässer und Abflüsse in die Kläranlagen und verbleiben oft auch nach der Behandlung im Abwasser.

In Abwasserproben, die aus 26 Abwasserquellen in 8 Kläranlagen entnommen wurden, wurden verschiedene Industriechemikalien in Spurenkonzentrationen nachgewiesen, darunter butyliertes Hydroxytoluol, ein synthetisches Antioxidans, das als Konservierungsmittel in Lebensmitteln, Kosmetika und Industrieprodukten verwendet wird, in einer Bandbreite von 0,0001 µg/L bis 0,0006 µg/L. Anilin, ein aromatisches Amin, das bei der Herstellung von Farbstoffen, Gummichemikalien und Pestiziden

verwendet wird, bewegte sich zwischen 0,0004 µg/L und 0,0007 µg/L. 3-Methylphenol, das bei der Synthese von Arzneimitteln, Duftstoffen und als Zwischenprodukt bei der chemischen Herstellung verwendet wird, hatte eine Konzentration von 0,0004 µg/L. 9-Methylacridin, das in der organischen Synthese verwendet wird, reichte von 0,0002 µg/L bis 0,0006 µg/L. 1,2,3-Benzotriazol, ein Korrosionsschutzmittel und Zwischenprodukt der organischen Synthese, variierte von 0,0003 µg/L bis 0,003 µg/L. 1,3-Diphenylguanidin, das als Vulkanisationsbeschleuniger in der Kautschukherstellung und als Zwischenprodukt in der organischen Synthese verwendet wird, reichte von 0,00007 µg/L bis 0,0009 µg/L. 1,7-Dimethylxanthin, ein Koffeinmetabolit, der als Zwischenprodukt in der organischen Synthese verwendet wird, lag zwischen 0,003 µg/L und 0,006 µg/L. Und schließlich 2-Phenoxyethanol, ein Glykolether-Lösungsmittel und Konservierungsmittel, bewegte sich zwischen 0,0007 µg/L und 0,001 µg/L (Kilpinen et al., 2023).

In nächsten Abschnitt werden das Vorhandensein und die Auswirkungen der wichtigsten Industriechemikalien in Abwässern untersucht, wobei der Schwerpunkt auf ihrem Nachweis in Abflussströmen liegt.

3.5.5.1 Oberflächenmodifikatoren

3.5.5.1.1 Tenside

Tenside, die häufig in Haushalts- und Industriewaschmitteln, Reinigungsmitteln und verschiedenen industriellen Anwendungen zu finden sind, tragen zur Verunreinigung von Abwässern bei. Aufgrund ihres weit verbreiteten Einsatzes gelangen diese Chemikalien häufig in das Abwasser, wo sie sich persistent halten können.

Tabelle6 : Liste der ausgewählten Tenside und der entsprechenden Konzentrationsschwellenwerte für die Umwelt.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		
		Wert	Typ	Quelle
Benzolsulfonsäure, 4-C10-13-sec-Alkylderivate (Vertreter der Alkylbenzolsulfonate)	85536-14-7	268 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decin-4,7-diol (TMDD)	126-86-3	1000 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA

Alkylbenzolsulfonate

Alkylbenzolsulfonate sind eine Gruppe anionischer Tenside, die als einige der ältesten und am häufigsten verwendeten synthetischen Detergenzien bekannt sind. Sie sind in einer Vielzahl von Körperpflege- und Haushaltsreinigungsprodukten enthalten. Handelsübliche lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS) sind eine Mischung mit unterschiedlichen Alkylkettenlängen. In diesen handelsüblichen Mischungen liegen die Alkylkettenlängen in der Regel zwischen 10 und 14 Kohlenstoffatomen (C10-C14).

LAS-Tenside wurden in den höchsten Konzentrationen sowohl in Zulauf- als auch in Ablaufproben von Kläranlagen in Griechenland (Gago-Ferrero et al., 2020) gefunden. Im Zulauf erreichte C11-LAS die höchste Konzentration von 431 µg/L, während im behandelten Abwasser die höchste Konzentration von 17 µg/L für C12-LAS gemessen wurde.

In Abwasserproben aus dem mittleren Donaeinzugsgebiet wurden LAS-Tenside in Konzentrationen von über 2000 µg/L (Terzić et al., 2008) zitiert in (Đurišić-Mladenović et al., 2024) nachgewiesen. In der ursprünglichen Studie von Terzić et al. 2008 wurden diese hohen

Werte keiner bestimmten Quelle zugeordnet, sondern es wurde festgestellt, dass sie in allen untersuchten kommunalen Abwasserproben gleichmäßig vorhanden waren.

2,4,7,9-Tetramethyl-5-decin-4,7-diol (TMDD)

Ein weiteres Tensid und Entschäumer, TMDD, wurde in Abwasserproben von Kläranlagen in Spanien in Konzentrationen zwischen 205 ng/L und 325 ng/L nachgewiesen (García-Galán et al., 2021). TMDD wird als gefährlich für die aquatische Umwelt eingestuft und kann langanhaltende schädliche Auswirkungen auf das Leben im Wasser haben. TMDD wird in der Industrie häufig zur Senkung der Oberflächenspannung von Beschichtungen, Klebstoffen, Farben und Druckfarben sowie in Pestizidformulierungen und in Haushaltsprodukten wie Toiletten- und Küchenpapier verwendet (Guedez & Püttmann, 2014), zitiert in (García-Galán et al., 2021).

3.5.5.1.2 Siloxane

Siloxane werden häufig in Körperpflegeprodukten, industriellen Anwendungen und Herstellungsverfahren verwendet. Ähnlich wie Tenside, die im Haushalt und in der Industrie weit verbreitet sind, können Siloxane aufgrund ihrer umfangreichen Verwendung zu einer Verunreinigung des Abwassers beitragen. Sobald sie in die Umwelt gelangen, sind sie bekanntermaßen persistent und bioakkumulierbar, was Bedenken hinsichtlich ihrer potenziellen Auswirkungen auf die Wasserqualität und die Ökosysteme weckt. Aufgrund dieser Umweltrisiken werden zunehmend Regulierungsmaßnahmen eingeführt, um die Verwendung und Freisetzung bestimmter Siloxane, insbesondere in Konsumgütern und industriellen Prozessen, einzuschränken und so ihre langfristigen Auswirkungen zu mindern. In diesem Abschnitt werden Beispiele für Siloxane vorgestellt, die in Abwassersystemen nachgewiesen wurden.

Tabelle7 : Liste ausgewählter Siloxane und der entsprechenden Umweltkonzentrationsschwellenwerte.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		
		Wert	Typ	Quelle
Hexa-Methylcyclotrisiloxan (D3)	541-05-9	78 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA (Datum des Zugriffs: 30.1.2025)
Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)	556-67-2	1,5 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA (Datum des Zugriffs: 30.1.2025)
Decamethylcyclopentasiloxan (D5)	541-02-6	1,2 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA (Datum des Zugriffs: 30.1.2025)
Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6)	540-97-6	NA	NA	NA
Octamethyltrisiloxan (L3)	107-51-7	NA	NA	NA
Decamethyltetrasiloxan (L4)	141-62-8	NA	NA	NA
Dodecamethylpentasiloxan (L5)	141-63-9	NA	NA	NA

Die Studie von (Salgado et al., 2022) liefert Konzentrationen verschiedener Siloxane in Abwässern in Portugal, wobei insbesondere primäre und sekundäre Abwässer, sowohl rohe als auch gefilterte, analysiert wurden.

Decamethylcyclopentasiloxan (D5) und Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6) waren die am häufigsten vorkommenden Siloxane, wobei die höchste durchschnittliche Konzentration von D5 mit 0,954 µg/L im gefilterten primären Abwasser erreicht wurde. Beide Verbindungen wiesen geringere Konzentrationen in sekundären und gefilterten Abwässern auf. Hexamethylcyclotrisiloxan (D3) und Octamethylcyclotetrasiloxan (D4) wurden in mäßigen Durchschnittskonzentrationen nachgewiesen (0,127-0,246 µg/L), während Dodecamethylpentasiloxan (L5) in niedrigen Durchschnittskonzentrationen nachgewiesen wurde (<LOD-0,016 µg/L). Octamethyltrisiloxan (L3) und Decamethyltetrasiloxan (L4) lagen in allen Proben <LOD (Salgado et al., 2022).

3.5.5.2 Kunststoffadditive

3.5.5.2.1 Flammenhemmende Mittel

Flammschutzmittel sind Chemikalien, die Materialien zugesetzt werden, um die Ausbreitung von Feuer zu verhindern oder zu verlangsamen. Sie werden häufig in Produkten wie Möbeln, Elektronik und Baumaterialien verwendet, um die Brandsicherheit zu erhöhen. In diesem Abschnitt werden Beispiele für Flammschutzmittel genannt, die in Abwassersystemen nachgewiesen wurden.

Flammschutzmittel wurden in gemessenen Konzentrationen in Abwasserproben von Kläranlagen in Spanien und Deutschland gefunden.

Tabelle8 : Liste ausgewählter Flammschutzmittel und entsprechende Konzentrationsschwellenwerte für die Umwelt.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		
		Wert	Typ	Quelle
Tributylphosphat (TBP)	126-73-8	35 - 82 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA (Datum des Zugriffs: 30.1.2025)
Tris(2-Chlorethyl)phosphat (TCEP)	115-96-8	4 µg/L	Niedrigster PNEC-Wert (Süßwasser)	(Finckh, Buchinger, et al., 2022)
Tris(2-Butoxyethyl)phosphat (TBEP)	78-51-3	24 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Brief Profile - ECHA (Datum des Zugriffs: 30.1.2025)
Tris(1-chlor-2-propyl)phosphat (TCPP)	13674-84-5	420 - 640 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA (Datum des Zugriffs: 30.1.2025)

In Spanien wurde Tributylphosphat (TBP) in einer Konzentration von 54 ± 4 ng/L nachgewiesen, während Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP) mit 284 ± 29 ng/L gefunden wurde (García-Galán et al., 2021). In Deutschland wiesen behandelte Kläranlagenabwässer höhere Werte an Flammschutzmitteln auf, darunter Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBEP) mit 336 ng/L und Tris(1-chlor-2-propyl)phosphat (TCPP) mit 864 ng/L, die in die Ammer eingeleitet wurden (Müller et al., 2020). Alle Flammschutzmittel liegen unter den PNEC-Werten (Süßwasser). Andere Flammschutzmittel wie

Melamin und Bisphenol A wurden ebenfalls nachgewiesen, diese werden jedoch in anderen Abschnitten behandelt, da diese Stoffe auch andere Funktionen haben.

3.5.5.2.2 Lichtstabilisatoren

Lichtstabilisatoren werden häufig als Zusatzstoffe in Kunststoffen und verschiedenen industriellen Anwendungen verwendet, um die Materialien vor dem durch UV-Strahlung verursachten Abbau zu schützen. Es wurde jedoch berichtet, dass diese Stoffe in der Umwelt persistent, bioakkumulierbar und toxisch (PBT) sind, was erhebliche Umweltrisiken mit sich bringen kann. Im Mai 2023 wurde UV-328 aufgrund seiner PBT-Eigenschaften als persistenter organischer Schadstoff (POP) in das Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe aufgenommen. Außerdem wurden mehrere Lichtstabilisatoren aufgrund ihrer Umweltauswirkungen in die SVHC-Kandidaten- und Zulassungslisten aufgenommen. So wurde beispielsweise UV-329 aufgrund seiner vPvB-Eigenschaften im Jahr 2024 in die SVHC-Liste aufgenommen.

Tabelle9 : Liste ausgewählter Lichtstabilisatoren und entsprechende Konzentrationsschwellenwerte für die Umwelt.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		Quelle
		Wert	Typ	
UV-328	25973-55-1	10 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil ECHA -
UV-329	3147-75-9	NA	NA	NA

In einer Studie wurde das Vorhandensein von Lichtstabilisatoren in verschiedenen aquatischen Systemen (Kläranlagen-, Meerwasser- und Fischproben) gemessen. Alle anvisierten Lichtstabilisatoren (UV P, UV 326, UV 327, UV 328, UV 329, UV 360) wurden in allen

Abwasserbehandlungsproben (sowohl im Zufluss als auch im Abfluss) nachgewiesen, wobei die Konzentrationen zwischen 0,01 und 1,9 µg/L lagen. In der Studie wurde berichtet, dass die Konzentrationen in den Zuflüssen höher waren als in den Abflüssen, was wahrscheinlich auf die Adsorption der Verbindungen an Schwebstoffe während der Behandlung zurückzuführen ist. UV-329 war die am häufigsten nachgewiesene Verbindung, die in 33 % der Zulaufproben (0,1-1,9 µg/L) und 10 % der Ablaufproben (0,05-0,57 µg/L) gefunden wurde, was auf eine unvollständige Entfernung hindeutet (Torres-Padrón et al., 2020).

3.5.5.3 Prozesschemikalien

3.5.5.3.1 Korrosionsschutzmittel

In folgendem Abschnitt werden Korrosionsinhibitoren betrachtet, d.h. chemische Stoffe, die den Korrosionsprozess bei verschiedenen Materialien, insbesondere Metallen, verhindern oder verlangsamen sollen. Aufgrund ihrer weit verbreiteten Verwendung gelangen Korrosionsinhibitoren häufig in Abwasserströme. Das Vorhandensein - insbesondere alter Inhibitoren - in Abwässern gibt Anlass zur Sorge um die Umwelt. Einige organische Inhibitoren können für Wasserlebewesen giftig sein und in der Umwelt verbleiben (Ahmed et al., 2024).

Die vorliegenden Literaturrecherchen ergaben Daten hauptsächlich zu den gebräuchlichsten und weit verbreiteten **Benzotriazolderivaten** (z. B. BTA, 4-Methylbenzotriazol, 5-Methylbenzotriazol) und **Triazolen** (z. B. 1,2,3-Benzotriazol, 1,2,4-Triazol), die häufig zum Schutz von Metallen, insbesondere von Kupfer und seinen Legierungen, eingesetzt werden.

Tabelle10: Liste ausgewählter Korrosionsinhibitoren und entsprechende Konzentrationsschwellenwerte für die Umwelt.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		Quelle
		Wert	Typ	
5-Methylbenzotriazol	29385-43-1	8 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil ECHA -
5-Methyl-1H-benzotriazol				
Tolyltriazol				
Benzotriazol	95-14-7	97 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil ECHA -
1H-Benzotriazol				

5- Methylbenzo-triazol

In Proben von Kläranlagenabwässern des Nachklärbeckens aus Deutschland wurde Tolyltriazol in Konzentrationen von bis zu 16,8 µg/L (Neef et al., 2022) gefunden, was über dem im REACH-Registrierungsdossier angegebenen voraussichtlichen Wirkungsgrad liegt. (Finckh, Buchinger, et al., 2022) berichtete über einen mittleren Konzentrationswert von 1,8 µg/L in 56 Abwasserproben aus 52 europäischen Kläranlagen.

1H-Benzotriazol

In einer sehr aktuellen Studie aus Schweden wurde ein durchschnittlicher Benzotriazol-Gehalt von 386 ng/L im Abwasser einer Kläranlage vor der 4. Reinigungsstufe festgestellt (Svahn & Borg, 2024). In Proben aus dem Kläranlagenablauf des Nachklärbeckens aus Deutschland wurde Benzotriazol in Konzentrationen von bis zu 15,8 µg/L gefunden (Neef et al., 2022). (Kaiser et al., 2021) berichteten über 1,31 µg/L im Abwasser einer Kläranlage in Österreich. (Finckh, Buchinger, et al., 2022) maßen 56

Abwasserproben aus 52 europäischen Kläranlagen und berechneten einen Medianwert von 3,59 µg/L für 1H-Benzotriazol.

3.5.5.3.2 Reinigungsmittel

Reinigungsmittel, die im Haushalt und in der Industrie häufig verwendet werden, enthalten oft Substanzen, die in Abwassersystemen verbleiben können. Dieser Abschnitt enthält Studien, in denen die Arten und Konzentrationen von Reinigungsmitteln in Abwässern ermittelt wurden.

Tabelle11 : Liste der ausgewählten Reinigungsmittel und der entsprechenden Konzentrationsschwellenwerte für die Umwelt.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		
		Wert	Typ	Quelle
Sulfamat	5329-14-6	70 µg/L	PNEC (Abgeleitet)	(Freeling et al., 2020)

Sulfamat

Sulfaminsäure ist eine in großen Mengen hergestellte Chemikalie, die häufig zur Entfernung von Kesselstein und zur chemischen Reinigung verwendet wird. Sie ist auch ein gängiges Vorprodukt für die Herstellung von Süßstoffen. Sulfamat, das Anion der Sulfaminsäure, wurde im Zu- und Ablauf von 5 Kläranlagen in Deutschland gemessen; die Konzentrationen lagen zwischen 520 µg/L und 1900 µg/L bzw. zwischen 490 µg/L und 1600 µg/L (Freeling et al., 2020). Es wurde auch festgestellt, dass Kläranlagenabwässer die Hauptquelle für Sulfamat im Oberflächenwasser sind. Ungefähr 30 % der gemeldeten Sulfamatkonzentrationen im Grund- und Oberflächenwasser überschreiten den PNEC-Wert. Eine konservative, auf dem Risikoquotienten basierende Analyse deutet darauf hin, dass mögliche Auswirkungen von Sulfamat auf Wasserorganismen in abwasserbeeinflussten Gewässern in

Deutschland noch nicht ausgeschlossen werden können (Freeling et al., 2020). Darüber hinaus waren die typischen Sulfamatkonzentrationen im Abwasser von Kläranlagen in Deutschland mehr als 1000-mal höher als die Abwasserkonzentrationen der gebräuchlichen Arzneimittel Carbamazepin und Diclofenac, die im Allgemeinen im Bereich von 0,05 bis 0,5 µg/L nachgewiesen werden (Freeling et al., 2020).

3.5.5.3.3 Klebstoffe

Klebstoffe, die in Branchen wie der Bau-, Verpackungs- und Automobilindustrie weit verbreitet sind, können verschiedene chemische Komponenten ins Abwasser abgeben. Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über Studien, die Klebstoffe oder deren Rückstände im Abwasser nachgewiesen haben.

Tabelle12 : Liste der ausgewählten Klebstoffe und der entsprechenden Konzentrationsschwellenwerte für die Umwelt.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		
		Wert	Typ	Quelle
Isophorondiamin	2855-13-2	60 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - EC H A
Melamin	108-78-1	510 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA

Isophorondiamin

Isophorondiamin wird in großem Umfang bei der Herstellung von Beschichtungen, Klebstoffen und Farben verwendet, da es die Haltbarkeit und chemische Beständigkeit von Epoxidformulierungen verbessert. Die Abwässer von sechs kommunalen Kläranlagen in

Deutschland (n = 38) wurden auf 127 mutmaßlich persistente und mobile Chemikalien untersucht. Eine der nachgewiesenen Chemikalien, Isophorondiamin, eine Substanz, die üblicherweise als Härter in hitzegehärteten Epoxiden verwendet wird, wurde mit einer mittleren Konzentration von 0,192 µg/L in Flussproben gefunden. Für Kläranlagenabwässer liegen keine Daten vor. (Muschket et al., 2024)

3.5.5.4 Andere

Tabelle13 : Liste ausgewählter anderer ermittelter Industriechemikalien und entsprechender Umweltkonzentrations-schwellenwerte.

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		
		Wert	Typ	Quelle
2-Benzothiazolsulfonsäure	941-57-1	NA	NA	NA
Bisphenol A	80-05-7	23 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Brief Pro file - ECHA

2-Benzothiazolsulfonsäure

Benzothiazolderivate werden vor allem als Vulkanisationsbeschleuniger in der Reifenherstellung verwendet. In einem wässrigen Medium wandeln sich einige dieser Stoffe in 2-Benzothiazolsulfonsäure⁶ um. 2-Benzothiazolsulfonsäure wurde in Abwasserproben aus 15 EU-Ländern nachgewiesen, mit einer mittleren Konzentration von 0,92 µg/L in 56 Proben aus 52 Kläranlagen (Finckh, Buchinger, et al., 2022). Darüber hinaus wurde eine maximale Konzentration von 0,15 µg/L an 2-

⁶ [Benzothiazol_2_sulfonsaeure_12.pdf](#)

Benzothiazolsulfonsäure in Abwasserproben aus 11 Kläranlagen entlang der Donau in 10 EU-Ländern gefunden (Ng et al., 2023). Dieser Befund unterstreicht das weit verbreitete Vorkommen dieser Substanz in europäischen Abwässern.

Bisphenol A

Bisphenol A (BPA) wird hauptsächlich als Kunststoffmonomer und bei der Herstellung von Epoxidharzen verwendet. Es ist auch in kleineren Mengen in verschiedenen Materialien enthalten, darunter auch in Flammschutzmitteln.

BPA wurde in ganz Europa in Abwässern und Oberflächengewässern nachgewiesen, wobei die Konzentrationen je nach Standort variieren. Die niedrigsten gemeldeten Werte wurden in behandelten Abwässern aus zwei kommunalen Kläranlagen in Rumänien gefunden und lagen zwischen 0,006 und 0,075 µg/L. Eine Bewertung kam zu dem Schluss, dass BPA bei diesen Konzentrationen ein geringes Risiko für die aquatische Umwelt darstellt (Chiriac et al., 2020). In einem Fluss in der Nähe einer Kläranlage in Frankreich reichten die Werte von 0,08 bis 0,24 µg/L (Ayoub et al., 2022). In 10 EU-Ländern entlang der Donau wurden im Rahmen der Joint Danube Survey 4 (JDS4) (Ng et al., 2023) Konzentrationen von bis zu 0,12 µg/L in Abwässern aus der Abwasserbehandlung gemessen.

Die in Kläranlagen festgestellten Werte von Bisphenol A (BPA) wiesen erhebliche Schwankungen auf. Die Konzentrationen im Zulauf lagen in einem weiten Bereich, wobei der niedrigste Wert bei 0,33 µg/L und der höchste bei 910 µg/L lag. Im Gegensatz dazu waren die Konzentrationen im Abwasser im Allgemeinen niedriger und reichten von unter der Nachweisgrenze von 0,01 µg/L bis zu einem Maximum von 0,65 µg/L (Tappert et al., 2024). Eine kommunale Kläranlage in Italien meldete 0,51 µg/L im Abwasser der Kläranlage, das am Ende des Prozesses gesammelt wurde, wobei die Ergebnisse darauf hindeuten, dass selbst extrem niedrige BPA-Konzentrationen (< 0,000001 µg/L) den Hormonstoffwechsel bei

Amphibien und Fischen in verschiedenen Entwicklungsstadien stören könnten. (Spina et al., 2020)

Eine repräsentative Konzentration (C_{rep}) von 0,63 µg/L wurde auf der Grundlage von drei neueren Literaturquellen aus verschiedenen geografischen Regionen geschätzt. Dieser Wert wurde durch Mittelwertbildung der drei höchsten gemeldeten Konzentrationen ermittelt, wobei für jede Quelle die Höchstwerte zwischen Zu- und Ablauf verwendet wurden. (Manetti & Tomei, 2024)

Die höchste Konzentration wurde in Spanien festgestellt, wo 9,98 µg/L im primären Abwasser einer kommunalen Kläranlage im Baskenland gemessen wurden (Lopez-Herguedas et al., 2024)

Während einige Studien auf ein geringes Umweltrisiko hinweisen, geben andere Anlass zu Bedenken, insbesondere hinsichtlich der möglichen Auswirkungen auf Wasserorganismen bei sehr niedrigen Konzentrationen. Alle gemessenen BPA-Konzentrationen in behandelten Abwässern, über die in diesem Abschnitt berichtet wird, lagen jedoch unter den PNEC-Werten für Süßwasser, was in diesen Fällen auf ein minimales unmittelbares Risiko schließen lässt.

3.5.6 Lebensmittelinhaltsstoffe / Zusatzstoffe

Lebensmittelinhaltsstoffe werden im Allgemeinen nicht als Mikroschadstoffe eingestuft, können aber zur Wasserverschmutzung beitragen und die Abwasserbehandlung beeinträchtigen. Das ökologische Risiko von Süßungsmitteln als eine Gruppe wird jedoch noch diskutiert, wie im folgenden Kapitel gezeigt wird. Auch auf Koffein wird im Laufe dieses Kapitels eingegangen.

3.5.6.1 Süßstoffe

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		
		Wert	Typ	Quelle
Acesulfam (K)	55589-62-3	2,2 mg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA
		0,724 mg/L		Norman Ecotox Database, zitiert in (Montes et al., 2023)
Sucralose	56038-13-2	0,93 mg/L	PNEC (aquatisch)	(Tollefsen et al., 2012)

Sucralose

In einer Studie von Kilpinen et al. wurden vier Lebensmittelzusatzstoffe sowohl im Zufluss als auch im Abfluss von Kläranlagen in Dänemark quantifiziert. Sucralose wurde in einem Konzentrationsbereich von 21,3-63,1 µg/L im Abwasser gemessen. (Kilpinen et al., 2023)

Eine Studie, in der 232 Chemikalien im Zu- und Ablauf von Kläranlagen in Australien gemessen wurden, ergab einen Medianwert von 38,339 mg/L im Ablauf von Kläranlagen in Australien (Nicht-EU) (Linge et al., 2021). Man könnte sich fragen, inwieweit die australische Technologie, mit der der EU vergleichbar ist, diese Ergebnisse werden deshalb nur aufgezeigt, um das Bild zu vervollständigen.

(Finckh, Beckers, et al., 2022) hat 56 Abwasserproben aus 52 europäischen Kläranlagen gemessen und den Medianwert der Sucralosekonzentration von 15,3 µg/L unter den 30 höchsten Medianwerten eingestuft.

(Lewis & Tzilivakis, 2021) kam zu dem Schluss, dass Sucralose, da sie vom menschlichen Körper nicht nennenswert verstoffwechselt wird, ein hohes Potenzial zur Verunreinigung der aquatischen Umwelt hat, insbesondere weil sie in Kläranlagen nicht wirksam entfernt wird. Sucralose ist nicht leicht biologisch abbaubar, gilt in aquatischen Systemen als persistent und scheint keine signifikanten Umwandlungsprodukte oder Metaboliten zu erzeugen. Zahlreiche Studien haben das weit verbreitete Vorkommen von Sucralose in Oberflächengewässern, Meeres- und Küstengewässern, Grundwasser und sogar Trinkwasser dokumentiert. Die verfügbaren Daten deuten darauf hin, dass Sucralose für Wasserorganismen nicht sehr giftig ist. Weitere Forschungsarbeiten sind erforderlich, um die potenzielle Toxizität von Sucralose in der terrestrischen Umwelt zu bewerten und die allgemeinen Umweltrisiken besser zu verstehen.

Acesulfam

(Finckh, Beckers, et al., 2022) hat 56 Abwasserproben aus 52 europäischen Kläranlagen gemessen und die mittlere Acesulfam-Konzentration von 1,9 µg/L unter den 30 höchsten mittleren Konzentrationen eingestuft.

Obwohl Acesulfam-K für Wasserorganismen nicht sehr giftig zu sein scheint, bestehen Bedenken hinsichtlich einer langfristigen Exposition, da Studien darauf hindeuten, dass es den oxidativen Stress in Wasserlebewesen erhöhen kann. Außerdem hat die Forschung gezeigt, dass Acesulfam-K durch verschiedene Abbauprozesse umgewandelt wird. Studien, in denen diese Umwandlungsprodukte in Gewässern untersucht wurden, haben ihr Vorhandensein bestätigt, wobei viele dieser Nebenprodukte als giftiger gelten als die Ausgangsverbindung (Lewis & Tzilivakis, 2021).

Im Jahr 2021 bewertete (Lewis & Tzilivakis, 2021) im Auftrag der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) die Umweltauswirkungen künstlicher Süßstoffe anhand einer systematischen Literaturübersicht. Die Autoren kommen zu dem

Schluss, dass zahlreiche Studien das weit verbreitete Vorkommen von Acesulfam-K, Sucralose, Cyclamaten und Saccharin in Oberflächengewässern, Grundwasser, Küsten- und Meeresumwelt belegen. Oft wird das Argument angeführt, dass die gemessenen Werte weit unter dem festgelegten PNEC-Wert liegen (was in vorliegender Untersuchung bestätigt wurde). Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass die EFSA auch darauf hingewiesen hat, dass weitere Forschungsarbeiten erforderlich sind, um die potenzielle Toxizität von Sucralose in der terrestrischen Umwelt zu bewerten und die allgemeinen Umweltrisiken besser zu verstehen. In Bezug auf Acesulfam heißt es in dem Papier, dass seine Persistenz und der hohe weltweite Verbrauch darauf hindeuten, dass die Umweltkonzentrationen im Laufe der Zeit wahrscheinlich ansteigen werden. Dies wird von der EFSA als sehr besorgniserregend angesehen, auch wenn die begrenzten verfügbaren Daten über die ökologische Toxizität und die Auswirkungen auf die biologische Vielfalt für eine gewisse Unsicherheit sorgen. Die EFSA kommt zu dem Schluss, dass es derzeit keine stichhaltigen Beweise für eine Schädigung der Ökosysteme oder der biologischen Vielfalt bei den derzeitigen Konzentrationen gibt, aber es kann nicht davon ausgegangen werden, dass dies auch in Zukunft der Fall sein wird.

3.5.6.2 Koffein

Koffein (CAF) und sein Metabolit Theophyllin gelten als Indikatoren für die anthropogene Verschmutzung der aquatischen Umwelt.

Tabelle14 : Schwellenwert der Umweltkonzentration für Koffein

Substanz	CAS	Schwellenwert für die Umweltkonzentration		
		Wert	Typ	Quelle
Koffein (CAF)	58-08-2	87 µg/L	PNEC (Süßwasser)	Kurzprofil - ECHA

(Diogo et al., 2023) fasst die CAF-Konzentrationen aus verschiedenen Wasserproben weltweit zusammen. In Europa wurde die höchste Konzentration für den Zufluss einer Kläranlage im Vereinigten Königreich mit 150 µg/L gemeldet. In Flüssen und Seen reichten die Konzentrationen von <0,004 bis 1,27 µg/L, während für Meerwasser Konzentrationen von 0,016 bis 0,058 µg/L gemeldet wurden. In weiteren Studien wurden CAF-Konzentrationen in schwedischen Kläranlagen untersucht, wobei Konzentrationen von 22±3,8 ng/L in verschiedenen Stadien der Kläranlage (Ullberg et al., 2021) und 64.000 ng/L in Zuflussproben (Golovko et al., 2021) festgestellt wurden.

(Diogo et al., 2023) untersuchten die chronischen Auswirkungen subletaler Konzentrationen (zwischen 0,16 und 50 µg/L) von CAF in einer 28-tägigen Studie an *Danio rerio*. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die Exposition gegenüber CAF eine signifikante Störung der antioxidativen Abwehrmechanismen (Superoxid-Dismutase, SOD; Glutathion-Reduktase, GRed und Glutathion-Gehalt, GSH) hervorruft, die zellulären Energieverteilungsmechanismen (Laktat-Dehydrogenase, LDH-Aktivität und Lipidgehalt) etwas beeinträchtigt und bei der höchsten Konzentration für neuro-oxidative Störungen verantwortlich ist.

3.6 Einseitigkeit der Kategorisierung

Während im obigen Kapitel Stoffe bestimmten Kategorien zugeordnet wurden, muss betont werden, dass die Kategorisierung eine weitere Ebene der Verzerrung einführen kann, da eine Reihe von Stoffen nicht nur einer Kategorie zugeordnet werden kann. Als Beispiel möchten wir Benzotriazol (CAS-Nr. 95-14-7) anführen, das eine aktive REACH-Registrierung hat und somit auch andere Verwendungen als im Pharmasektor hat. Ein weiteres prominentes Beispiel ist Koffein, das ein pharmazeutischer Stoff, aber auch ein bekannter Lebensmittelzusatzstoff ist. Darüber hinaus ist bekannt, dass es in kosmetischen Produkten verwendet wird.

Außerdem ist hervorzuheben, dass in keiner der bewerteten Studien zwischen veterinär- und humanpharmakologischen Stoffen unterschieden wird, ähnlich wie in der Pistocchi-Studie, auf die im Folgenden näher eingegangen wird. Darin werden beide Arten von pharmazeutischen Stoffen angesprochen, während die (neue) UWWTD nur Produkte in Anhang III aufnimmt, die sich auf die menschliche Gesundheit beziehen.

3.7 Wichtige Studien aus der wissenschaftlichen Literatur

Das folgende Kapitel fasst ausgewählte Schlüsselstudien zusammen, die von besonderem Interesse sind, wenn es um die Identifizierung von Mikroschadstoffen im Abwasser geht. Die Schlüsselstudien wurden auf der Grundlage der Informationen ausgewählt, die sie liefern. Viele der verfügbaren Studien konzentrieren sich auf verschiedene Behandlungstechnologien und bieten kein umfassendes Bild der im Abwasser vorhandenen Chemikalien. Die Schlüsselstudien liefern jedoch meist ein umfassenderes Bild der Chemikalien und der möglichen sektoralen Verteilung als andere Studien.

Die Studie von Pistocchi et al. 2022, auf die in der Durchführbarkeitsstudie⁷ und der Folgenabschätzung⁸ häufig verwiesen wird und die als Grundlage für die geplante Verteilung nach dem Verursacherprinzip dient, bewertet die potenzielle Verringerung der Toxizität von Abwasser durch fortschrittliche Behandlungslösungen in europäischen Anlagen. In Ermangelung eines umfassenden Referenzdatensatzes für überwachte Stoffe entwickelten die Forscher eine so genannte Liste von "Total Pollution Proxy substances" (TPPS), die 1.337 Stoffe umfasst, die regelmäßig in Abwässern vorkommen. Diese Liste wurde unter Verwendung verschiedener Datensätze zusammengestellt, darunter europäische Überwachungskampagnen (z. B. Finkch et al. 2022), die

niederländische WATSON-Datenbank, Expertenurteile und Stoffe, die vom deutschen Umweltbundesamt als PMT identifiziert wurden oder im Rahmen der EU-Wassergesetzgebung geregelt sind. Da die Stoffe nicht in spezifische Gruppen eingeteilt sind und die Liste sehr umfangreich ist, ist es schwierig, Rückschlüsse auf die Verteilung und Prävalenz bestimmter Stoffgruppen zu ziehen. In der Studie wird auf der Grundlage von (Alygizakis et al., 2018; Menger et al., 2021; Muir et al., 2019; Schulze et al., 2019) zitiert in (Pistocchi et al., 2022)) festgestellt, dass es keinen einfachen Weg gibt, um festzustellen, ob eine bestimmte Liste von Stoffen alle bedenklichen Chemikalien angemessen repräsentiert. Das Bewusstsein beschränkt sich auf die Stoffe, die man aktiv misst, während zahlreiche andere Chemikalien in der Technosphäre unerkannt bleiben und als "unbekannte Unbekannte" ein potenzielles künftiges Problem darstellen. Die Pistocchi-Studie liefert keine prozentuale Verteilung der Stoffe auf die einzelnen Sektoren, sondern stellt lediglich fest, dass *„die Liste mehrere Arzneimittel und Körperpflegeprodukte, im Haushalt verwendete Stoffe, Metaboliten und Umwandlungsprodukte sowie anorganische Stoffe einschließlich Metalle umfasst“* (Pistocchi et al., 2022). Darüber hinaus weisen die Autoren der Studie selbst auf Datenlücken hin, wie z. B.: sie deckt etwa 90 % der TPPS in Bezug auf die physikalisch-chemischen Eigenschaften ab, auch wenn diese in der Regel indirekt geschätzt werden, konnte nur für 688 TPPS (von 1.337) eine Zuordnung zu einer Zulaufkonzentration erreicht werden, und die Toxizitätsschwellenwerte reichen von 419 (31,3 %) für chronische HC50 bis 602 (45,0 %) für PNEC.

3.7.1 Ausgewählte Studien zur Abwasseranalyse mit gezielten Ansätzen

In einer von (Finckh, Beckers, et al., 2022) durchgeführten Studie wurden 56 Abwasserproben aus 52 Kläranlagen in ganz Europa untersucht, um das Vorhandensein von 499 neu auftretenden

⁷ [Durchführbarkeit eines EPR-Systems für Mikroschadstoffen - Amt für Veröffentlichungen der EU](#)

⁸ [Folgenabschätzung](#)

Chemikalien (ECs) und die damit verbundenen potenziellen Risiken für die Umwelt zu bewerten. Mittels Festphasenextraktion und anschließendem breit angelegtem chemischem Target-Screening identifizierten die Forscher 366 Verbindungen, deren Konzentrationen von < 1 ng/L bis > 100 µg/L reichten. Zu den entdeckten Substanzen gehörten Arzneimittel, Pestizide, Tenside, Lebensmittel-, Kunststoff- und Gummizusätze, Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS), UV-Filter und Korrosionsinhibitoren, die insgesamt als "Sonstige" kategorisiert wurden. Insgesamt wurden 111 Arzneimittel, 96 Pestizide und 98 andere Ausgangsverbindungen sowie 12, 39 bzw. 10 Umwandlungsprodukte (TP) nachgewiesen (Abbildung 1, rechts). Die Nachweisraten im Vergleich zur Anzahl der analysierten Verbindungen zeigen relativ konstante Ergebnisse innerhalb der drei Kategorien Arzneimittel (79 %), Pestizide (69 %) und Sonstige (73 %) (Abbildung 1, links).

Sehr hohe Höchstkonzentrationen wurden für mehrere Industriechemikalien ermittelt, darunter Hexa(methoxymethyl)-melamin (HMMM) (461 µg/L), Tetrapropylammonium (117 µg/L), Triethylphosphat (88 µg/L), Cyclohexylamin (70 µg/L), 2,4-Dichlorbenzoesäure (20 µg/L), m-Xylen-4-sulfonsäure (19 µg/L), Tetraglyme (19 µg/L) und Aminoacetanilid (12 µg/L). Die zweithöchste Höchstkonzentration konnte dem Narkosemittel Secobarbital (150 µg/L) zugeordnet werden; auch Pentobarbital (14 µg/L) konnte im selben Abwasser nachgewiesen werden.

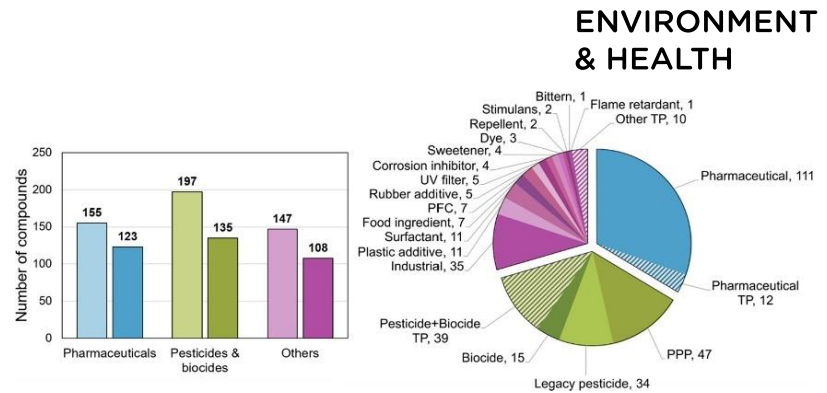


Abbildung 1. Ergebnisse des quantitativen LC-HRMS-Screenings. Links: Anzahl der analysierten (heller Balken) im Vergleich zu den nachgewiesenen (dunkler Balken) Zielverbindungen je Verwendungsgruppen-Kategorie. Rechts: Kuchendiagramm der nachgewiesenen Zielverbindungen pro Verwendungskategorie: Arzneimittel (blau), Pestizide und Biozide (grün), Sonstige (violett) (Finckh, Beckers, et al., 2022).

Die 2019 durchgeführte Studie "The Joint Danube Survey (JDS4)" konzentrierte sich auf das Vorkommen mehrerer hundert neu identifizierter CEC in den Gewässern des Donaeinzugsgebiets, einschließlich des Abwassers aus ausgewählten Kläranlagen. Insgesamt 419 CEC, die während der JDS4 in Abwässern gefunden wurden, wurden in die Analyse einbezogen, von denen 311 CEC in behandeltem Abwasser, das aus Kläranlagen abgeleitet wird, und 306 CEC in Abwasser, das in Kläranlagen eingeleitet wird, nachgewiesen wurden. Nur 198 Stoffe wurden sowohl in den Zuflüssen als auch in den Abflüssen zu/von Kläranlagen gefunden. Der größte Anteil der nachgewiesenen KKW entfiel auf Arzneimittel, wobei insgesamt 165 Stoffe 39,4 % aller im Abwasser nachgewiesenen KKW ausmachten (Abbildung 2 (Ansorge et al., 2024)).

Naphthalinsulfonsäure wurde mit 77 ng/L im behandelten Abwasser nachgewiesen, was auf eine teilweise Entfernung hinweist.

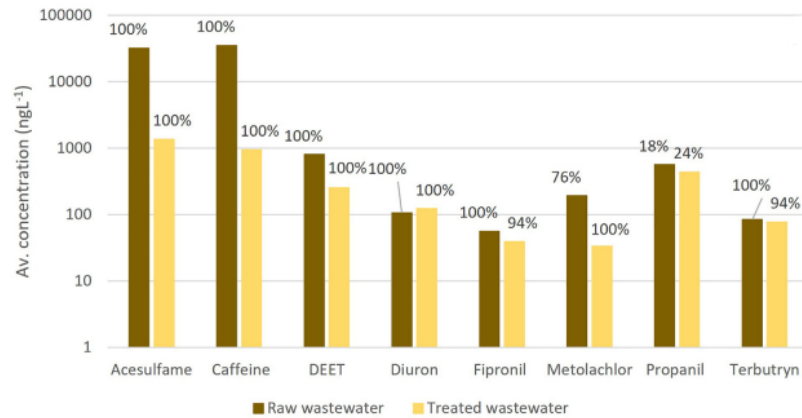


Abbildung4. Durchschnittliche Konzentration und DF von Lebensmittelzusatzstoffen und Pestiziden in behandeltem und Rohabwasser.

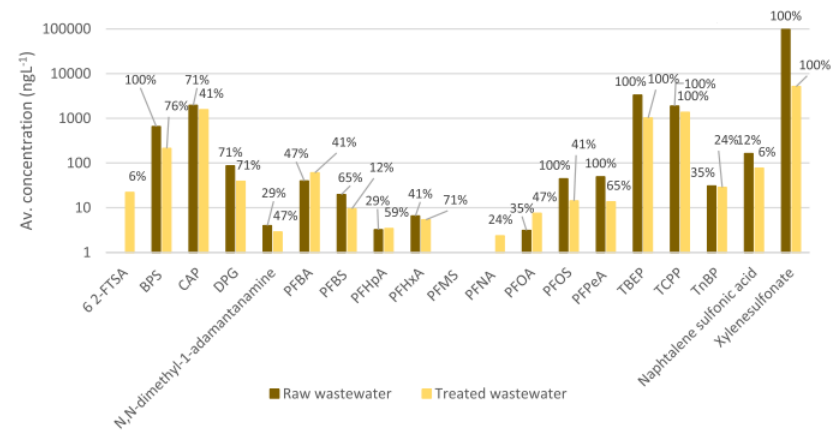


Abbildung5. Durchschnittliche Konzentration von Industriechemikalien und Reinigungsmitteln in behandeltem Abwasser und Rohabwasser.

(Golovko et al., 2021) untersuchte das Vorkommen von 164 vordefinierten Ziel-CECs (96 Pharmazeutika, 34 Pestizide, 10 PFAS, 3 Parabene, 9 Industriechemikalien, 4 Körperpflegeprodukte, 3 Stimulanzien, 2 Vitamine und andere CECs) in Zufluss- und Abflussproben von 15 Kläranlagen in Schweden. Von den 164 CECs wurden 119 in mindestens einer Probe nachgewiesen. Die mittleren Konzentrationen in Abwasserzufluss und -abfluss reichten von 0,11 ng/L für Propylparaben bis zu 64.000 ng/L für Koffein in Abwasserproben, und die höchste Konzentration sowie die größte Häufigkeit des Nachweises wurden für 15 Arzneimittel, drei Industriechemikalien und die Stimulanzien Koffein (64.000 ng/L) und Nikotin (9.600 ng/L) festgestellt. Zu den am häufigsten in den Zu- und Abflüssen von Kläranlagen, im Klärschlamm und im Oberflächenwasser nachgewiesenen CEC gehörten Industriechemikalien wie Tetraethylenglykol, Laureth-5 und DEHPA. Darüber hinaus wurden ein Körperpflegemittel (Sulibenzon), mehrere Arzneimittel (Diclofenac, Losartan, Venlafaxin, Lamotrigin, Carbamazepin, Tramadol, Fexofenadin, Citalopram, Bicalutamid,

Metformin) sowie die Stimulanzen Koffein und Nikotin ebenfalls häufig nachgewiesen.

(Ofrydopoulou et al., 2022) bewertete das Kontaminationsprofil, die Entfernungseffizienz und die potenziellen Risiken im Zusammenhang mit einem breiten Spektrum neu auftretender Schadstoffe (ECs) in zwei Kläranlagen in Thessaloniki, Griechenland. Insgesamt wurden 172 ECs untersucht, darunter Arzneimittel und Körperpflegeprodukte (PPCPs), illegale Drogen, perfluorierte Verbindungen (PFCs) und Organophosphat-Flammschutzmittel (OPFRs). Von diesen wurden 80 Verbindungen identifiziert, was 46 % des gesamten Anwendungsbereichs der Methode entspricht. Die mittleren Konzentrationen variierten von ng^{-1} bis μg^{-1} . Die Konzentrationen im Zulauf waren im Allgemeinen höher als im Ablauf, wobei Verbindungen wie Koffein, Paracetamol und blutdrucksenkende Mittel am häufigsten vorkamen. Die Entfernungseffizienz variierte erheblich, wobei einige Verbindungen wie UV-Filter fast vollständig entfernt wurden, während andere wie Lamotrigin eine negative Entfernungseffizienz aufwiesen. Das ökotoxikologische Risiko wurde sowohl für einzelne Verbindungen als auch für Gemische bewertet, wobei sich herausstellte, dass einige Schadstoffe ein hohes ökologisches Risiko darstellen, insbesondere in Gewässern.

3.7.2 Ausgewählte Studien zur Abwasseranalyse mit kombinierten zielgerichteten und nicht zielgerichteten Ansätzen

Eine aktuelle dänische Studie (Aggerbeck et al., 2024) untersuchte unbekannte Schadstoffe in Abwasserproben von drei Kläranlagen im Großraum Kopenhagen, die unterschiedlich weit von der Stadt, von Krankenhäusern, von der Industrie und von ländlichen Gebieten entfernt sind. Die Autoren beobachteten 4094 einzigartige Substanzen, von denen sie die chemische Struktur von 785 Verbindungen bestätigen konnten, von denen 451 einer Verbindungsklasse zugeordnet werden konnten (eine bestätigte

Substanz mit eigenen experimentellen Daten zu Retentionszeit und Fragmentierungsspektren). **Es wird festgestellt, dass Therapeutika und Arzneimittel 37 - 45 % der annotierten Verbindungen ausmachen.** Abbildung 6 zeigt die Zusammensetzung und die Anteile der verschiedenen Klassen im Verhältnis zur Gesamtzahl der Verbindungen in der Probe. Jeder Balken steht für eine einzelne Probe. Insgesamt wurden neun Proben an drei Standorten untersucht. Die in jeder Probe nachgewiesenen Moleküle sind gestapelt und nach Verbindungsklassen kategorisiert, wobei unterschiedliche Farben verwendet werden.

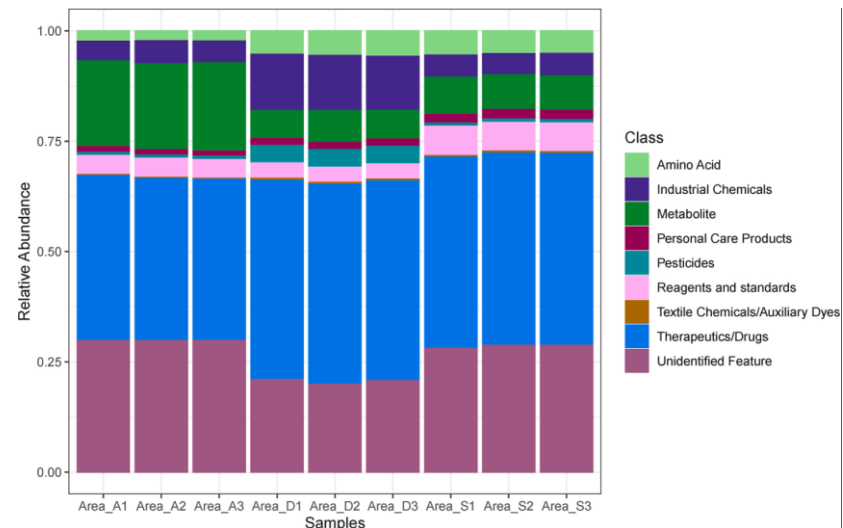


Abbildung 6. Zusammensetzung der Verbindungsfläche bestimmter Klassen, bezogen auf die Gesamtzahl der Verbindungen in der Probe. Quelle: (Aggerbeck et al., 2024)

Die Studie von (Hinnenkamp et al., 2022) untersuchte Mikroschadstoffe in Wasserproben aus verschiedenen Stufen der Trinkwassergewinnung, die durch Kläranlagenabwässer beeinflusst sind. In der Studie wurde ein kombinierter Ansatz mit einer Ziel-,

Verdachts- und Nicht-Ziel-Screening-Analyse (target, suspect & non-target screening) für ein umfassenderes Screening organischer Mikroschadstoffe verwendet. Bei einem quantitativen Screening der Kläranlagenabwässer wurden insgesamt 51 Substanzen identifiziert, von denen 19 auch in der Trinkwasserprobe gefunden wurden. Die Konzentrationen der nachgewiesenen Verbindungen variierten, wobei die höchsten Werte in Kläranlagenabwässern gefunden wurden. Zu den Substanzen (ohne Arzneimittel) mit Konzentrationsbereichen von 100 ng/L bis > 1000 ng/L in Kläranlagen gehörten 1H-Benzotriazol, 4-Methyl-1H-Benzotriazol, 2-Amino-1H-benzimidazol und Diethyltoluamid (DEET) (Industriechemikalie). Die Untersuchung machte deutlich, wie wichtig es ist, verschiedene Screening-Methoden zu kombinieren, um die Identifizierungssicherheit zu erhöhen, und unterstrich die Notwendigkeit einer gründlichen Überwachung, um Mikroschadstoffe in Wasseraufbereitungssystemen wirksam zu kontrollieren. Bei 65 % (15 von 23) der in der Trinkwasserprobe nachgewiesenen Verbindungen handelte es sich um Arzneimittel und ihre Umwandlungsprodukte. Die Bewertung des Gesundheitsrisikos ergab, dass die festgestellten Konzentrationen keine unmittelbare Gefahr darstellen.

In der Studie von (Lopez-Herguedas et al., 2022) wurde das Kontaminationsprofil der Abwässer von Kläranlagen im Einzugsgebiet des Flusses Henares mit einer Ziel- und Verdachtsanalyse ermittelt. Es wird eindeutig festgestellt, dass *"die Anzahl der CEC in den Abwässern von Kläranlagen oft so groß ist, dass ergänzende Ansätze zur konventionellen Zielanalyse durchgeführt werden müssen"* (Lopez-Herguedas et al., 2022). Proben aus fünf Kläranlagen wurden im Sommer und Herbst entnommen. In allen Proben wurden 162 vordefinierten Stoffe durch gezielte Ansätze gemessen. Zu den vordefinierten Stoffen gehörten 6 Industriechemikalien, 51 Pestizide (d. h. 10 Insektizide, 26

Herbizide, 15 Fungizide), 2 Chemikalien für Körperpflegeprodukte sowie 103 Arzneimittel. 82 der 162 neu auftretenden Schadstoffe wurden durch die Zielanalyse entdeckt. Die folgende Tabelle zeigt die Anzahl der Zielsubstanzen pro Produktkategorie im Vergleich zur Anzahl der gefundenen Substanzen in dieser Kategorie.

Kategorie	Anzahl der Zielsubstanzen	Anzahl der bestätigten/gefundenen Stoffe davon	Prozent
Industrielle Chemikalien	6	3	50%
Pestizide	51	17	33%
Körperpflegeprodukte	2	0	0%
Pharmazeutika	103	62	60%

Aus der Studie geht hervor, dass von den 82 untersuchten Analyten 76 % der quantifizierten Verbindungen auf Arzneimittel, 21 % auf Pestizide und 3 % auf Industriechemikalien entfielen. Berücksichtigt man jedoch die Tatsache, dass etwa 63 % der untersuchten Stoffe Arzneimittel waren, sind diese Zahlen irreführend und müssen in Relation zu dieser Überrepräsentation gesetzt werden.

Das ergänzende Verdachtsscreening kommentierte weitere 215 Chemikalien (176 vorläufig als wahrscheinliche Strukturen und 39 als vorläufige Kandidaten gemäß der Klassifizierung von (Schymanski et al., 2014)) aus einer Liste von über 40.000 Verbindungen (basierend auf der NORMAN-Datenbank¹⁰), die insgesamt 297 "identifizierte" Substanzen ergeben. Neben häufig nachgewiesenen Arzneimitteln konnten auch Pestizide (Herbizide und Fungizide), PCP und Industriechemikalien in Kläranlagenabwässern durch Verdachtsscreening nachgewiesen

¹⁰ [WILLKOMMEN IM NORMAN NETZWERK | NORMAN](#)

werden. Die in der Studie vorgenommenen Bewertungen des Risikoquotienten (RQ) zeigten, dass Arzneimittel und Pestizide ein erhebliches ökologisches Risiko in dem Gebiet darstellen.

Die Studie von (Lopez-Herguedas et al., 2024) untersuchte polare Schadstoffe in den Abwässern der Kläranlage Galindo im Baskenland, Spanien. Über einen Zeitraum von neun Wochen wurden 24-Stunden-Mischproben aus der Erstbehandlung, der konventionellen Belebtschlamm-Nachbehandlung (CAS) und einer Membranbioreaktor-Pilotanlage (MBR) entnommen und analysiert. In der Studie wurden fortschrittliche Analysemethoden zur Identifizierung und Quantifizierung einer Reihe von bedenklichen Schadstoffen (CEC) eingesetzt. Durch die Kombination eines Verdachtsscreening-Ansatzes (LC-HRMS) und einer Multitarget-Analyse (GC-MS) konnten etwa 200 Verbindungen in den Abwässern der Kläranlage nachgewiesen werden. Für das Verdachtsscreening wurde die NORMAN SusDat-Datenbank als Verdachtsliste verwendet, von der 184 Verbindungen annotiert werden konnten (82 quantifiziert, 92 vorläufig identifiziert und 10 als vorläufige Kandidaten nach der Kategorisierung durch (Schymanski et al., 2014)). Weitere 14 Substanzen wurden durch gezielte Analysen quantifiziert. Leider haben die Autoren keine Kategorisierung der quantifizierten Stoffe vorgenommen (82 verdächtige Screening-Stoffe + 14 gezielte Stoffe), aber eine Ramboll-interne High-Level-Analyse ergab 60 Arzneimittel, 9 Chemikalien für Körperpflegeprodukte, 12 Pestizide und 15 Industriechemikalien. Die Multi-Target-Analyse ergab weitere 16 Verbindungen - 3 Pestizide, 10 Industriechemikalien und 3 mit Körperpflegeprodukten verbundene Stoffe. Das bedeutet, dass die Studie das Vorhandensein von 112 Substanzen bestätigte, die sich wie folgt kategorisieren lassen: 60 Arzneimittel (~ 53%), 12

Körperpflegeprodukte (~ 11%), 15 Pestizide (~ 13%) und 25 Industriechemikalien (~ 22%).

In den ergänzenden Unterlagen sind 113¹¹ vorläufig identifizierte oder vorläufige Kandidaten aufgeführt, die sich nach einer Ramboll-internen Analyse auf hohem Niveau wie folgt kategorisieren lassen: 57 Pharmazeutika (50%), 2 Pestizide (2%), 48 Industriechemikalien (42%) und 6 PPC-verwandte Stoffe (5%). Die in der Studie gemessenen Chemikalien mit den höchsten Konzentrationen, mit Ausnahme von pharmazeutischen Chemikalien, waren wie folgt Industriechemikalien einschließlich Caprolactam (29248 ng/L), Bisphenol A (9979 ng/L), Bisphenol S (2196 ng/L), 1H-Benzotriazol (5879 ng/L), 2-Hydroxybenzothiazol (2252 ng/L) und Benzophenon (1685 ng/L); Pestizide wie Lindan (4342 ng/L) und sein Nebenprodukt Beta-Hexachlorcyclohexan (36702 ng/L). Außerdem wurde eine Gruppe von PAK wie Acenaphthylen (4398 ng/L), Phenanthren (2749 ng/L), Acenaphthen (2291 ng/L) und Anthracen (893 ng/L) gefunden. Schließlich wurden auch signifikante Konzentrationen von Nahrungsergänzungsmitteln wie Koffein (35537 ng/L) und Cotinin (3894 ng/L) gemessen.

Die Studie von (Kilpinen et al., 2024) untersuchte die zeitlichen Trends und Quellen von 150 organischen Mikroschadstoffen in Abwasser über drei Monate hinweg, wobei 168 Abwasser- und 10 Zulaufproben analysiert wurden. Es wurden sowohl gezielte als auch verdächtige Screening-Ansätze angewandt, die die vollständige Quantifizierung von 64 Mikroschadstoffen und die Identifizierung von 90 zusätzlichen Verbindungen durch verdächtige Screenings ermöglichten. Die Studie ergab, dass Schlüsselereignisse wie Regen und industrielle Einleitungen die Zusammensetzung und die Konzentrationen von Mikroschadstoffen im Abwasser des Zuflusses beeinflussen. Es wurde festgestellt, dass PFAS-Verbindungen, Chemikalien für die Reifenabnutzung und Biozide mit

¹¹ In den ergänzenden Unterlagen werden 113 Stoffe angegeben, während im Text 102 Stoffe genannt werden)

Regenereignissen korrelierten. Industrielle Einleitungen wurden mit erhöhten Konzentrationen von Arzneimitteln wie Amitriptylin und Citalopram in Verbindung gebracht, die die Abwasserqualität über längere Zeiträume beeinträchtigen. Die höchsten Konzentrationen wurden bei Süßungsmitteln und Lebensmittelzutaten (Sucralose 34590,02 ng/L und Koffein 6169,10 ng/L) gemessen, gefolgt von Arzneimitteln (z. B. Furosemid 4898,74 ng/L) und Industriechemikalien (1,2,3-Benzotriazol 1330,58 ng/L). Die PFAS reichten von 8,51 ng/L (PFHxA) bis 0,75 ng/L (PFNA).

In der Studie von (Kizgin et al., 2024) wurden verschiedene Chemikalien im Abwasser einer Kläranlage (Schweiz) mit Hilfe von Biologischen Frühwarnsystemen (BEWS) und hochauflösender Massenspektrometrie untersucht und identifiziert. Zu den Zielverbindungen gehörten Lidocain (ein Lokalanästhetikum), Xylazin (ein Beruhigungsmittel für Tiere) und Aminoantipyrin (ein Analgetikum). Diese Verbindungen wurden zwar nachgewiesen, jedoch in zu geringen Konzentrationen, um signifikante Verhaltenseffekte bei den Testorganismen zu verursachen. In der Studie wurde auch eine Nicht-Ziel-Verbindung, Carbofuran, ein in der Schweiz und der EU verbotenes Insektizid, nachgewiesen. Carbofuran wurde in einer Konzentration von etwa 1,4 µg/L nachgewiesen. Außerdem wurden Herbizide wie 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D) und ihr Metabolit 2,4-Dichlorphenol (2,4-DCP) nachgewiesen. Die Studie verdeutlichte die Notwendigkeit einer Überwachung sowohl von Ziel- als auch von Nicht-Ziel-Chemikalien, da unerwartete Verbindungen wie Carbofuran wesentlich zu den beobachteten Toxizitätsreaktionen beitrugen.

(García-Vara et al., 2023) untersuchte die Verunreinigung von Bewässerungswasser durch CECs im Agrarpark Baix Llobregat (Spanien). Im Rahmen der Untersuchung wurden 158 CEC in dem

für die Bewässerung verwendeten Wasser identifiziert und halbquantifiziert, das aus rückgewonnenem Abwasser stammt, das verschiedenen Behandlungen unterzogen wurde, aber immer noch zahlreiche Schadstoffe enthält. Zu den identifizierten CECs gehören unter anderem Arzneimittel (die mehr als 50 % der vorläufig identifizierten CECs ausmachen), Industriechemikalien und Pestizide. Die CEC-Konzentrationen reichten von 0,3 ng/L für 2-(3,4-Dimethoxyphenyl)-5-methylamino-2-isopropylvaleronitril bis 97 µg/L für Caprolactam.

Das Umweltrisiko jeder vorläufig identifizierten Verbindung wurde durch Berechnung ihres Risikoquotienten (RQ) bewertet, indem die höchste gefundene Konzentration mit den Werten der vorhergesagten Konzentration ohne Wirkung (PNEC) verglichen wurde. Was das ökotoxikologische Risiko betrifft, so wiesen 14 der 119 identifizierten CEC einen individuellen RQ von über 1 auf und wiesen somit eine für die aquatische Umwelt potenziell toxische Konzentration auf. Das höchste Risiko (RQ > 10) wurde zwei Arzneimitteln (O-Desmethyl-Venlafaxin und Venlafaxin) und Galaxolidon (ein Metabolit des Körperpflegemittels Galaxolid) zugeordnet. Ein mäßiges Risiko (1 < RQ < 10) wurde für mehrere Industriechemikalien (2-Ethylhexyl-Diphenyl-Phosphat, N-Phenyl-1-Naphthylamin und Caprolactam), Arzneimittel (Carbamazepin, Sulfamethoxazol und Temazepam), Reifenabriebmittel (N,N'-Diphenylguanidin), den UV-Filter Oxybenzon sowie Koffein und seinen Metaboliten Theophyllin vorhergesagt.

3.8 Mikroschadstoffe im Fokus der Behörden

Das Deutsche Zentrum für Mikroschadstoffe¹² identifiziert und bewertet relevante Mikroschadstoffe in Gewässern. Die relevanten Mikroschadstoffe werden in Kurzdossiers zusammengestellt und nach dem aktuellen Stand des Wissens bewertet. Zu den relevanten Mikroschadstoffen gehören bisher 14 Stoffe (2

¹² [Relevante Mikroschadstoffen | Umweltbundesamt](#)

Lebensmittelzusatzstoffe, 5 Arzneimittel, 6 Industriechemikalien und 1 Pestizid).

In der jüngsten Bewertung der Europäischen Umweltagentur zum Zustand der Gewässer in Europa 2024, die sich auf die von 19 Mitgliedstaaten übermittelten Daten stützt, heißt es, dass eine Vielzahl von Mikroschadstoffen wie Metalle und Biozide in kommunalem Abwasser zu finden sind: *„Eine große Anzahl von Mikroschadstoffen wie Metalle, Biozide und Arzneimittel können in kommunalem Abwasser gefunden werden, wobei 92 % der Resttoxizität in kommunalem Abwasser aus dem pharmazeutischen und kosmetischen Sektor stammen“* (zitiert in (EEA, 2024). Die 92 % werden in diesem Bericht weder reflektiert noch gerechtfertigt. Anhand der zitierten Verweise im Bericht der EEA wurden weder Belege für diese Aussage noch unterstützende Hintergrunddaten (oder Berechnungen) gefunden.

Es wird davon ausgegangen, dass diese Zahl aus der Folgenabschätzung der EU-Kommission stammt. Wie von der Europäischen Kommission mitgeteilt, beruhen die Berechnungen, die zu der Zahl von 92 % führten, hauptsächlich auf (Pistocchi et al., 2022), auf die auch im EEA-Bericht verwiesen wird. Weitere Einzelheiten und Einschränkungen dieser Studie, wenn sie als Grundlage für rechtliche Schritte verwendet wird, finden sie in Abschnitt 3.4.1.

4. Schlussfolgerung

Der vorliegende Bericht enthält eine kritische Überprüfung der verfügbaren Literatur, die die Ergebnisse eines Projekts aus dem Jahr 2023 ergänzt. Er zeigt eine große Vielfalt von Stoffen, die in Abwässern gefunden wurden, und große Unterschiede bei den Ansätzen zur Analyse und Überwachung von Mikroschadstoffen.

Der IA-Bericht der Kommission kam zu dem Schluss, dass Humanarzneimittel 59 % der in die Kläranlagen eingeleiteten

Mengen und 66 % der gesamten toxischen Belastung ausmachen. Diese Zahlen konnten weder bestätigt werden, noch waren in der Literatur eindeutige, zuverlässige Zahlen zu finden.

Die Gefahr einer potenziellen Fehlallokation von Anteilen auf verschiedene Sektoren wird jedoch durch die Tatsache unterstrichen, dass sich die überwiegende Mehrheit, der im Rahmen dieses Projekts gesichteten Literatur auf die selektive Messung von Mikroschadstoffen konzentrierte, die sich häufig auf Substanzen aus Arzneimitteln und Körperpflegeprodukten konzentriert, wobei die Gefahr besteht, dass andere potenzielle Verursacher übersehen werden.

Es wird davon ausgegangen, dass dieser selektive Ansatz von mehreren Faktoren bestimmt wird, darunter der unterschiedliche Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse, die Prioritäten der Behörden und der Forschung, die Verfügbarkeit von Analysemethoden sowie die öffentliche und politische Aufmerksamkeit. Pharmazeutika haben in der Vergangenheit bei der Erforschung von Mikroschadstoffen in Abwässern große Beachtung gefunden, was zum Teil auf ihre potenziellen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und aquatische Ökosysteme sowie auf die umfassende behördliche Aufsicht und die Verfügbarkeit von Überwachungsdaten zurückzuführen ist. Diese Fokussierung hat manchmal dazu geführt, dass pharmazeutischen Verbindungen Vorrang bei der Auswahl vor anderen Schadstoffen eingeräumt wurde, nicht unbedingt, weil sie größere Risiken darstellen, sondern weil sie häufiger untersucht und besser dokumentiert werden. Das Vorhandensein von Arzneimitteln in der Umwelt ist weithin diskutiert worden, was möglicherweise den Forschungsschwerpunkt beeinflussen könnte. Aufgrund dieser Faktoren scheinen viele andere Mikroschadstoffe, wie Industriechemikalien, Pestizide und Haushaltschemikalien, weniger Aufmerksamkeit zu erhalten. Es muss jedoch betont werden, dass eine systematische Bewertung der gesamten verfügbaren Literatur fehlt, um die Schlussfolgerungen und Ergebnisse unserer Projekte zu bestätigen. Dennoch konnte

gezeigt werden, dass es viele Veröffentlichungen gibt, die das Risiko einer Über- oder Unterrepräsentation von Stoffen bestätigen, die in der Folgenabschätzung der EU-Kommission nicht berücksichtigt wurden.

Projekte, in denen Gewässer auf Mikroschadstoffe untersucht werden, ohne dass die zu untersuchenden Stoffe im Voraus festgelegt werden, unterstreichen die große Anzahl von Stoffen, die in Gewässern vorkommen können und die in den meisten Abwassermessprojekten weniger untersucht werden. Versuche zum Verdachtsscreening in Abwasserproben stehen im Einklang mit diesen Erkenntnissen und zeigen die Fülle der unterschiedlichen Substanzen. Dies unterstreicht die Wahrnehmung eines Missverständnisses.

Obwohl im Rahmen unserer Projekte keine genaue Zuordnung von Mikroschadstoffen zu bestimmten Industriezweigen möglich ist, konnte bestätigt werden, dass eine Vielzahl von nicht-pharmazeutischen Stoffen zur Belastung des Abwassers mit Mikroschadstoffen beiträgt, z. B. Industriechemikalien wie Korrosionsschutzmittel und Flammschutzmittel, die in Produktionsprozessen verwendet werden, Pestizide und Herbizide aus der Landwirtschaft und dem städtischen Bereich sowie Haushaltschemikalien wie Wasch- und Reinigungsmittel und Kunststoffzusätze. Wenn man sich also bei der Festlegung der Kostenteilung auf die derzeit verfügbaren Abwasserdaten stützt, kann man die Komplexität der Verschmutzung durch Mikroschadstoffe in der aquatischen Umwelt übersehen.

Es konnten keine Daten ermittelt werden, die absolute Aussagen über den prozentualen Anteil von Mikroschadstoffen im kommunalen Abwasser erlauben. Dies liegt zum einen daran, dass verschiedene analytische Ansätze mit unterschiedlichen Schwerpunkten und Einschränkungen untersucht werden, zum anderen aber auch an dem erheblichen Einfluss externer Faktoren. Die Konzentration von Mikroschadstoffen in kommunalen Abwässern ist sehr variabel und

unterliegt zahlreichen Einflüssen. Niederschlagsereignisse und damit verbundene Mischwasserüberläufe können die Zusammensetzung und Konzentration von Schadstoffen erheblich verändern (Gooré Bi et al., 2015; Mutzner et al., 2022). Darüber hinaus tragen industrielle Produktionszyklen und saisonale Schwankungen bei der Verwendung von Stoffen zur Variabilität der Mikroschadstoffwerte bei. Das komplexe Zusammenspiel dieser Faktoren macht es schwierig, einheitliche, absolute Prozentsätze für Mikroschadstoffe in kommunalem Abwasser festzulegen. Erweiterte Überwachungsprogramme und Verdachtsscreenings im Abwasser könnten eine mögliche Lösung sein, um ein realistisches Bild der im Abwasser vorhandenen Mikroschadstoffe zu erhalten, auf dem spätere gesetzliche Maßnahmen aufbauen könnten.

5. Referenzen

- Aggerbeck, M. R., Frøkjær, E. E., Johansen, A., Ellegaard-Jensen, L., Hansen, L. H., & Hansen, M. (2024). Non-target analysis of Danish wastewater treatment plant effluent: Statistical analysis of chemical fingerprinting as a step toward a future monitoring tool. *Environmental Research*, 257, 119242. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119242>
- Ahmed, M., Amin, S., & A. Mohamed, A. (2024). Current and emerging trends of inorganic, organic and eco-friendly corrosion inhibitors. *RSC Advances*, 14(43), 31877–31920. <https://doi.org/10.1039/D4RA05662K>
- Alygizakis, N. A., Samanipour, S., Hollender, J., Ibáñez, M., Kaserzon, S., Kokkali, V., van Leerdam, J. A., Mueller, J. F., Pijnappels, M., Reid, M. J., Schymanski, E. L., Slobodnik, J., Thomaidis, N. S., & Thomas, K. V. (2018). Exploring the Potential of a Global Emerging Contaminant Early Warning Network through the Use of Retrospective Suspect Screening with High-Resolution Mass Spectrometry. *Environmental Science & Technology*, 52(9), 5135–5144. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b00365>
- Ansorge, L., Stejskalová, L., & Soldán, P. (2024). Nové znečišťující látky v odpadních vodách – výsledky Společného průzkumu

- Dunaje 4 pohledem šedé vodní stopy. *Vodohospodářské Technicko-Ekonomické Informace*, 66(1), 38.
<https://doi.org/10.46555/VTEI.2023.11.002>
- Armin, R., Wachendorf, J., Weber, M., & Schmidt, T. C. (2025). Enhanced industrial wastewater monitoring: Method development for non-target screening of highly polar substances using ZIC-HILIC-HRMS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 417(1), 167–181.
<https://doi.org/10.1007/s00216-024-05635-9>
- Ayoub, H., Potier, O., Koubaissy, B., Pontvianne, S., Lenouvel, A., Guignard, C., Poirot, H., Toufaily, J., Hamieh, T., & Roques-Carmes, T. (2022). A Short Cost-Effective Methodology for Tracing the Temporal and Spatial Anthropogenic Inputs of Micropollutants into Ecosystems: Verified Mass-Balance Approach Applied to River Confluence and WWTP Release. *Water*, 14(24), 4100. <https://doi.org/10.3390/w14244100>
- Belete, B., Desye, B., Ambelu, A., & Yenew, C. (2023). Micropollutant Removal Efficiency of Advanced Wastewater Treatment Plants: A Systematic Review. *Environmental Health Insights*, 17, 11786302231195158.
<https://doi.org/10.1177/11786302231195158>
- Beltrán De Heredia, I., González-Gaya, B., Zuloaga, O., Garrido, I., Acosta, T., Etxebarria, N., & Ruiz-Romera, E. (2024). Occurrence of emerging contaminants in three river basins impacted by wastewater treatment plant effluents: Spatio-seasonal patterns and environmental risk assessment. *Science of The Total Environment*, 946, 174062.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174062>
- Bio Innovation Services, & EU COM. (2022). *Feasibility of an EPR system for micro-pollutants – Final report*. Publications Office of the European Union.
<https://doi.org/10.2779/591975>
- Bogunović, M., Ivančev-Tumbas, I., Česen, M., Sekulić, T. D., Prodanović, J., Tubić, A., Heath, D., & Heath, E. (2021). Removal of selected emerging micropollutants from wastewater treatment plant effluent by advanced non-oxidative treatment—A lab-scale case study from Serbia. *Science of The Total Environment*, 765, 142764.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142764>
- Chiriac, F. L., Paun, I., Pirvu, F., Pascu, L. F., & Galaon, T. (2020). Occurrence and Fate of Bisphenol A and its Congeners in Two Wastewater Treatment Plants and Receiving Surface Waters in Romania. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(2), 435–446.
<https://doi.org/10.1002/etc.4929>
- Chonova, T. (2025). *Unveiling industrial emissions in a large European river: Insights from data mining of high-frequency measurements*.
- Czichy, C., Oelmann, M., & Schitthelm, D. (2020). Fund-based solution as an economic instrument for a financing of trace element reduction measures according to the polluter-pays principle. *WATER RESEARCH*.
- Delli Compagni, R., Gabrielli, M., Polesel, F., Turolla, A., Trapp, S., Vezzaro, L., & Antonelli, M. (2020). Risk assessment of contaminants of emerging concern in the context of wastewater reuse for irrigation: An integrated modelling approach. *Chemosphere*, 242, 125185.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125185>
- Diogo, B. S., Antunes, S. C., Pinto, I., Amorim, J., Teixeira, C., Teles, L. O., Golovko, O., Žlábek, V., Carvalho, A. P., & Rodrigues, S. (2023). Insights into environmental caffeine contamination in ecotoxicological biomarkers and potential health effects of Danio rerio. *Heliyon*, 9(9), e19875.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19875>
- Đurišić-Mladenović, N., Živančev, J., Antić, I., Rakić, D., Buljovčić, M., Pajin, B., Llorca, M., & Farre, M. (2024). Occurrence of contaminants of emerging concern in different water samples from the lower part of the Danube River Middle Basin – A review. *Environmental Pollution*, 363, 125128.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125128>
- Eggen, R. I. L., Hollender, J., Joss, A., Schärer, M., & Stamm, C. (2014). Reducing the Discharge of Micropollutants in the Aquatic Environment: The Benefits of Upgrading Wastewater Treatment Plants. *Environmental Science & Technology*, 48(14), 7683–7689.
<https://doi.org/10.1021/es500907n>
- EU COM. (2011). *PFOS EQS dossier 2011*.
<https://circabc.europa.eu/sd/a/027ff47c-038b-4929-a84c-da3359acecee/PFOS%20EQS%20dossier%202011.pdf>
- EU COM. (2022a). *COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT IMPACT ASSESSMENT Accompanying the document Proposal for a Directive of the European Parliament and of*

- the Council concerning urban wastewater treatment (recast).
- EU COM. (2022b). *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy, Directive 2006/118/EC on the protection of groundwater against pollution and deterioration and Directive 2008/105/EC on environmental quality standards in the field of water policy (ANNEX)*.
- European Environment Agency. (2024). *Europe's state of water 2024: The need for improved water resilience*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/02236>
- Ferreiro, C., Gómez-Motos, I., Lombraña, J. I., De Luis, A., Villota, N., Ros, O., & Etxebarria, N. (2020). Contaminants of Emerging Concern Removal in an Effluent of Wastewater Treatment Plant under Biological and Continuous Mode Ultrafiltration Treatment. *Sustainability*, 12(2), 725. <https://doi.org/10.3390/su12020725>
- Finckh, S., Beckers, L.-M., Busch, W., Carmona, E., Dulio, V., Kramer, L., Krauss, M., Posthuma, L., Schulze, T., Slootweg, J., Von der Ohe, P. C., & Brack, W. (2022). A risk based assessment approach for chemical mixtures from wastewater treatment plant effluents. *Environment International*, 164, 107234. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107234>
- Finckh, S., Buchinger, S., Escher, B. I., Hollert, H., König, M., Krauss, M., Leekitratanapisan, W., Schiwiy, S., Schlichting, R., Shuliakovich, A., & Brack, W. (2022). Endocrine disrupting chemicals entering European rivers: Occurrence and adverse mixture effects in treated wastewater. *Environment International*, 170, 107608. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107608>
- Finckh, S., Carmona, E., Borchardt, D., Büttner, O., Krauss, M., Schulze, T., Yang, S., & Brack, W. (2024). Mapping chemical footprints of organic micropollutants in European streams. *Environment International*, 183, 108371. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108371>
- Freeling, F., Scheurer, M., Sandholzer, A., Armbruster, D., Nödler, K., Schulz, M., Ternes, T. A., & Wick, A. (2020). Under the radar – Exceptionally high environmental concentrations of the high production volume chemical sulfamic acid in the urban water cycle. *Water Research*, 175, 115706. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115706>
- Gago-Ferrero, P., Bletsou, A. A., Damalas, D. E., Aalizadeh, R., Alygizakis, N. A., Singer, H. P., Hollender, J., & Thomaidis, N. S. (2020). Wide-scope target screening of >2000 emerging contaminants in wastewater samples with UPLC-Q-ToF-HRMS/MS and smart evaluation of its performance through the validation of 195 selected representative analytes. *Journal of Hazardous Materials*, 387, 121712. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121712>
- García-Galán, M. J., Matamoros, V., Uggetti, E., Díez-Montero, R., & García, J. (2021). Removal and environmental risk assessment of contaminants of emerging concern from irrigation waters in a semi-closed microalgae photobioreactor. *Environmental Research*, 194, 110278. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110278>
- García-Vara, M., Orlando-Véliz, D., Bonansea, R. I., Postigo, C., & López De Alda, M. (2023). Prioritization of organic contaminants in a reclaimed water irrigation system using wide-scope LC-HRMS screening. *Journal of Hazardous Materials*, 459, 132119. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132119>
- Golovko, O., Örn, S., Söregård, M., Frieberg, 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, 142122. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142122>
- Gooré Bi, E., Monette, F., & Gasperi, J. (2015). Analysis of the influence of rainfall variables on urban effluents concentrations and fluxes in wet weather. *Journal of Hydrology*, 523, 320–332. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.017>
- Guedez, A. A., & Püttmann, W. (2014). Printing ink and paper recycling sources of TMDD in wastewater and rivers. *Science of The Total Environment*, 468–469, 671–676. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.046>
- Guillossou, R., Le Roux, J., Goffin, A., Mailler, R., Varrault, G., Vulliet, E., Morlay, C., Nauleau, F., Guérin, S., Rocher, V., & Gaspéri, J. (2021). Fluorescence excitation/emission matrices as a tool to monitor the removal of organic

- micropollutants from wastewater effluents by adsorption onto activated carbon. *Water Research*, 190, 116749. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116749>
- Hinnenkamp, V., Balsaa, P., & Schmidt, T. C. (2022). Target, suspect and non-target screening analysis from wastewater treatment plant effluents to drinking water using collision cross section values as additional identification criterion. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 414(1), 425–438. <https://doi.org/10.1007/s00216-021-03263-1>
- Hollender, J., van Bavel, B., Dulio, V., Farmen, E., Furtmann, K., Koschorreck, J., Kunkel, U., Krauss, M., Munthe, J., Schlabach, M., Slobodnik, J., Stroomberg, G., Termes, T., Thomaidis, N. S., Togola, A., & Tornero, V. (2019). High resolution mass spectrometry-based non-target screening can support regulatory environmental monitoring and chemicals management. *Environmental Sciences Europe*, 31(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s12302-019-0225-x>
- Ianes, J., Cantoni, B., Polesel, F., Remigi, E. U., Vezzano, L., & Antonelli, M. (2024). Monitoring (micro-)pollutants in wastewater treatment plants: Comparing discharges in wet- and dry-weather. *Environmental Research*, 263, 120132. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.120132>
- Jelic, A., Gros, M., Ginebreda, A., Cespedes-Sánchez, R., Ventura, F., Petrovic, M., & Barcelo, D. (2011). Occurrence, partition and removal of pharmaceuticals in sewage water and sludge during wastewater treatment. *Water Research*, 45(3), 1165–1176. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.11.010>
- Jucyte-Cicine, A., Lorre, E., Petkuvienė, J., Gasiunaite, Z. R., Politi, T., Vybernaite-Lubiene, I., & Zilius, M. (2024). Coastal wastewater treatment plants as a source of endocrine disrupting micropollutants: A case study of Lithuania in the Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 200, 116084. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116084>
- Kaiser, A.-M., Saracevic, E., Schaar, H. P., Weiss, S., & Hornek-Gausterer, R. (2021). Ozone as oxidizing agent for the total oxidizable precursor (TOP) assay and as a preceding step for activated carbon treatments concerning per- and polyfluoroalkyl substance removal. *Journal of Environmental Management*, 300, 113692. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113692>
- Kilpinen, K., Devers, J., Castro, M., Tisler, S., Jørgensen, M. B., Mortensen, P., & Christensen, J. H. (2023). Catchment area, fate, and environmental risks investigation of micropollutants in Danish wastewater. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(57), 121107–121123. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30331-z>
- Kilpinen, K., Tisler, S., Jørgensen, M. B., Mortensen, P., & Christensen, J. H. (2024). Temporal trends and sources of organic micropollutants in wastewater. *Science of The Total Environment*, 957, 177555. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177555>
- Kizgin, A., Schmidt, D., Bosshard, J., Singer, H., Hollender, J., Morgenroth, E., Kienle, C., & Langer, M. (2024). Integrating Biological Early Warning Systems with High-Resolution Online Chemical Monitoring in Wastewater Treatment Plants. *Environmental Science & Technology*, 58(52), 23148–23159. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c07316>
- Krauss, M., Singer, H., & Hollender, J. (2010). LC–high resolution MS in environmental analysis: From target screening to the identification of unknowns. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397(3), 943–951. <https://doi.org/10.1007/s00216-010-3608-9>
- Lai, A., Singh, R. R., Kovalova, L., Jaeggi, O., Kondić, T., & Schymanski, E. L. (2021). Retrospective non-target analysis to support regulatory water monitoring: From masses of interest to recommendations via in silico workflows. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00475-1>
- Langeveld, J. G., Post, J., Makris, K. F., Palsma, B., Kuiper, M., & Liefting, E. (2023). Monitoring organic micropollutants in stormwater runoff with the method of fingerprinting. *Water Research*, 235, 119883. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119883>
- Lewis, K., & Tzilivakis, J. (2021). Review and synthesis of data on the potential environmental impact of artificial sweeteners. *EFSA Supporting Publications*, 18(10), 6918E. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2021.EN-6918>
- Linge, K. L., Liew, D., Gruchlik, Y., Busetto, F., Ryan, U., & Joll, C. A. (2021). Chemical removal in waste stabilisation pond

- systems of varying configuration. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 7(9), 1587–1599. <https://doi.org/10.1039/D1EW00129A>
- Lopez-Herguedas, N., González-Gaya, B., Castelblanco-Boyacá, N., Rico, A., Etxebarria, N., Olivares, M., Prieto, A., & Zuloaga, O. (2022). Characterization of the contamination fingerprint of wastewater treatment plant effluents in the Henares River Basin (central Spain) based on target and suspect screening analysis. *Science of The Total Environment*, 806, 151262. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151262>
- Lopez-Herguedas, N., Irazola, M., Alvarez-Mora, I., Mijangos, L., Bilbao, D., Etxebarria, N., Zuloaga, O., Olivares, M., & Prieto, A. (2024). Evaluating membrane bioreactor treatment for the elimination of emerging contaminants using different analytical methods. *Journal of Hazardous Materials*, 463, 132833. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132833>
- Manetti, M., & Tomei, M. C. (2024). Anaerobic removal of contaminants of emerging concern in municipal wastewater: Eco-toxicological risk evaluation and strategic selection of optimal treatment. *Science of The Total Environment*, 912, 168895. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168895>
- Menger, F., Ahrens, L., Wiberg, K., & Gago-Ferrero, P. (2021). Suspect screening based on market data of polar halogenated micropollutants in river water affected by wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 401, 123377. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123377>
- Montes, R., Méndez, S., Cobas, J., Carro, N., Neuparth, T., Alves, N., Santos, M. M., Quintana, J. B., & Rodil, R. (2023). Occurrence of persistent and mobile chemicals and other contaminants of emerging concern in Spanish and Portuguese wastewater treatment plants, transnational river basins and coastal water. *Science of The Total Environment*, 885, 163737. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163737>
- Muir, D., Zhang, X., De Wit, C. A., Vorkamp, K., & Wilson, S. (2019). Identifying further chemicals of emerging arctic concern based on 'in silico' screening of chemical inventories. *Emerging Contaminants*, 5, 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2019.05.005>
- Müller, M. E., Werneburg, M., Glaser, C., Schwientek, M., Zarfl, C., Escher, B. I., & Zwiener, C. (2020). Influence of Emission Sources and Tributaries on the Spatial and Temporal Patterns of Micropollutant Mixtures and Associated Effects in a Small River. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 39(7), 1382–1391. <https://doi.org/10.1002/etc.4726>
- Muschket, M., Neuwald, I. J., Zahn, D., Seelig, A. H., Kuckelkorn, J., Knepper, T. P., & Reemtsma, T. (2024). Fate of persistent and mobile chemicals in the water cycle: From municipal wastewater discharges to river bank filtrate. *Water Research*, 266, 122436. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122436>
- Mutzner, L., Furrer, V., Castebrunet, H., Dittmer, U., Fuchs, S., Gernjak, W., Gromaire, M.-C., Matzinger, A., Mikkelsen, P. S., Selbig, W. R., & Vezzaro, L. (2022). A decade of monitoring micropollutants in urban wet-weather flows: What did we learn? *Water Research*, 223, 118968. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118968>
- Narain-Ford, D. M., Van Wezel, A. P., Helmus, R., Dekker, S. C., & Bartholomeus, R. P. (2022). Soil self-cleaning capacity: Removal of organic compounds during sub-surface irrigation with sewage effluent. *Water Research*, 226, 119303. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119303>
- Narain-Ford, D. M., van Wezel, A. P., Helmus, R., Dekker, S. C., & Bartholomeus, R. P. (2022). Soil self-cleaning capacity: Removal of organic compounds during sub-surface irrigation with sewage effluent. *Water Research*, 226, 119303. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119303>
- Nas, B., Argun, M. E., Dolu, T., Ateş, H., Yel, E., Koyuncu, S., Dinç, S., & Kara, M. (2020). Occurrence, loadings and removal of EU-priority polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in wastewater and sludge by advanced biological treatment, stabilization pond and constructed wetland. *Journal of Environmental Management*, 268, 110580. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110580>
- Nas, B., Ateş, H., Dolu, T., Yel, E., Argun, M. E., Koyuncu, S., Kara, M., & Dinç, S. (2022). Evaluation of occurrence, fate and removal of priority phthalate esters (PAEs) in wastewater and sewage sludge by advanced biological treatment,

- waste stabilization pond and constructed wetland. *Chemosphere*, 295, 133864. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133864>
- Nas, B., Yel, E., Argun, M. E., Dinc, S., Kara, M., Koyuncu, S., Dolu, T., & Ateş, H. (2023). Fate and removal of pesticides in solid and liquid phases of metropolitan, urban and rural-scale wastewater treatment plants. *Journal of Water Process Engineering*, 53, 103680. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103680>
- Neale, P. A., Melvin, S. D., Hancock, M., & Leusch, F. D. L. (2023). ECHIDNA (Emerging CHEMicals Database for National Awareness): A framework to prioritise contaminants of emerging concern in water. *Journal of Water and Health*, jwh2023190. <https://doi.org/10.2166/wh.2023.190>
- Neef, J., Leverenz, D., & Launay, M. A. (2022). Performance of Micropollutant Removal during Wet-Weather Conditions in Advanced Treatment Stages on a Full-Scale WWTP. *Water*, 14(20), 3281. <https://doi.org/10.3390/w14203281>
- Ng, K., Alygizakis, N., Niķa, M.-C., Galani, A., Oswald, P., Oswaldova, M., Ćirka, L., Kunkel, U., Macherius, A., Sengl, M., Mariani, G., Tavazzi, S., Skejo, H., Gawlik, B. M., Thomaidis, N. S., & Slobodnik, J. (2023). Wide-scope target screening characterization of legacy and emerging contaminants in the Danube River Basin by liquid and gas chromatography coupled with high-resolution mass spectrometry. *Water Research*, 230, 119539. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119539>
- Ofrydopoulou, A., 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, 149860. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149860>
- Ort, C., Lawrence, M. G., Rieckermann, J., & Joss, A. (2010). Sampling for Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) and Illicit Drugs in Wastewater Systems: Are Your Conclusions Valid? A Critical Review. *Environmental Science & Technology*, 44(16), 6024–6035. <https://doi.org/10.1021/es100779n>
- Pandey, A., Kasuga, I., Furumai, H., & Kurisu, F. (2024). Non-target liquid chromatography high-resolution mass spectrometry screening to prioritize unregulated micropollutants that persist through domestic wastewater treatment. *Science of The Total Environment*, 947, 174486. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174486>
- Petrović, S. M., Savić, S. R., Zvezdanović, J. B., Mladenović-Ranisavljević, I., Cvetković, D. J., & Cvetanović, A. D. (2020). Benefits and risks of commercially available coffee beverages from Western Balkan. *Chemical Papers*, 74(3), 847–857. <https://doi.org/10.1007/s11696-019-00916-5>
- Pistocchi, A., Alygizakis, N. A., Brack, W., Boxall, A., Cousins, I. T., Drewes, J. E., Finckh, S., Gallé, T., Launay, M. A., McLachlan, M. S., Petrovic, M., Schulze, T., Slobodnik, J., Ternes, T., Van Wezel, A., Verlicchi, P., & Whalley, C. (2022). European scale assessment of the potential of ozonation and activated carbon treatment to reduce micropollutant emissions with wastewater. *Science of The Total Environment*, 848, 157124. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157124>
- Posada-Ureta, O., Olivares, M., Navarro, P., Vallejo, A., Zuloaga, O., & Etxebarria, N. (2012). Membrane assisted solvent extraction coupled to large volume injection-gas chromatography–mass spectrometry for trace analysis of synthetic musks in environmental water samples. *Journal of Chromatography A*, 1227, 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.12.104>
- Proctor, K., Petrie, B., Lopardo, L., Muñoz, D. C., Rice, J., Barden, R., Arnot, T., & Kasprzyk-Hordern, B. (2021). Micropollutant fluxes in urban environment – A catchment perspective. *Journal of Hazardous Materials*, 401, 123745. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123745>
- Purschke, K. (2020). *Environmental Forensics of Industrial Wastewater based on Non-Target Screening*. <https://doi.org/10.17185/dupublico/72815>
- Rapp-Wright, H., Regan, F., White, B., & Barron, L. P. (2023). A year-long study of the occurrence and risk of over 140 contaminants of emerging concern in wastewater influent, effluent and receiving waters in the Republic of Ireland. *Science of The Total Environment*, 860, 160379. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160379>

- Reif, D., Weisz, L., Kobsik, K., Schaar, H., Saracevic, E., Krampe, J., & Kreuzinger, N. (2023). Adsorption/precipitation prototype agent for simultaneous removal of phosphorus and organic micropollutants from wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *11*(3), 110117. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110117>
- Rogowska, J., Cieszyńska-Semenowicz, M., Ratajczyk, W., & Wolska, L. (2020). Micropollutants in treated wastewater. *Ambio*, *49*(2), 487–503. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01219-5>
- Ruyle, B. J., Pennoyer, E. H., Vojta, S., Becanova, J., Islam, M., Webster, T. F., Heiger-Bernays, W., Lohmann, R., Westerhoff, P., Schaefer, C. E., & Sunderland, E. M. (2025). High organofluorine concentrations in municipal wastewater affect downstream drinking water supplies for millions of Americans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *122*(3), e2417156122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2417156122>
- Salgado, E. M., Gonçalves, A. L., Sánchez-Soberón, F., Ratola, N., & Pires, J. C. M. (2022). Microalgal Cultures for the Bioremediation of Urban Wastewaters in the Presence of Siloxanes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(5), 2634. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052634>
- SCHEER. (2022). *Final Opinion on Draft Environmental Quality Standards for Priority Substances under the Water Framework Directive – ibuprofen*.
- Scheurer, M., Sandholzer, A., Schnabel, T., Schneider-Werres, S., Schaffer, M., Börnick, H., & Beier, S. (2022). Persistent and mobile organic chemicals in water resources: Occurrence and removal options for water utilities. *Water Supply*, *22*(2), 1575–1592. <https://doi.org/10.2166/ws.2021.336>
- Schulze, S., Zahn, D., Montes, R., Rodil, R., Quintana, J. B., Knepper, T. P., Reemtsma, T., & Berger, U. (2019). Occurrence of emerging persistent and mobile organic contaminants in European water samples. *Water Research*, *153*, 80–90. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.01.008>
- Schymanski, E. L., Jeon, J., Gulde, R., Fenner, K., Ruff, M., Singer, H. P., & Hollender, J. (2014). Identifying Small Molecules via High Resolution Mass Spectrometry: Communicating Confidence. *Environmental Science & Technology*, *48*(4), 2097–2098. <https://doi.org/10.1021/es5002105>
- Seelig, A. H., Zahn, D., & Reemtsma, T. (2024). Sources of persistent and mobile chemicals in municipal wastewater: A sewer perspective in Leipzig, Germany. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33259-0>
- Spina, F., Gea, M., Bicchi, C., Cordero, C., Schilirò, T., & Varese, G. C. (2020). Ecofriendly laccases treatment to challenge micropollutants issue in municipal wastewaters. *Environmental Pollution*, *257*, 113579. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113579>
- Svahn, O., & Borg, S. (2024). Assessment of full-scale 4th treatment step for micro pollutant removal in Sweden: Sand and GAC filter combo. *Science of The Total Environment*, *906*, 167424. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167424>
- Tappert, L., Bunge, M., Hoehne, D., Dlugi, I., Fetters, K., Fischer, B., Mueller, G., Bock, M., & Gestermann, S. (2024). Bisphenol A in surface waters in Germany: Part I. Reassessment of sources and emissions pathways for FlowEQ modeling. *Integrated Environmental Assessment and Management*, *20*(1), 211–225. <https://doi.org/10.1002/ieam.4805>
- Tasselli, S., Valenti, E., & Guzzella, L. (2021). Polycyclic musk fragrance (PMF) removal, adsorption and biodegradation in a conventional activated sludge wastewater treatment plant in Northern Italy. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(28), 38054–38064. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13433-4>
- Ternes, T. A., Herrmann, N., Bonerz, M., Knacker, T., Siegrist, H., & Joss, A. (2004). A rapid method to measure the solid-water distribution coefficient (K_d) for pharmaceuticals and musk fragrances in sewage sludge. *Water Research*, *38*(19), 4075–4084. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.07.015>
- Terzić, S., Senta, I., Ahel, M., Gros, M., Petrović, M., Barcelo, D., Müller, J., Knepper, T., Martí, I., Ventura, F., Jovančić, P., & Jabučar, D. (2008). Occurrence and fate of emerging wastewater contaminants in Western Balkan Region.

- Science of The Total Environment*, 399(1–3), 66–77.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.003>
- Thompson, K. A., Mortazavian, S., Gonzalez, D. J., Bott, C., Hooper, J., Schaefer, C. E., & Dickenson, E. R. V. (2022). Poly- and Perfluoroalkyl Substances in Municipal Wastewater Treatment Plants in the United States: Seasonal Patterns and Meta-Analysis of Long-Term Trends and Average Concentrations. *ACS ES&T Water*, 2(5), 690–700. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.1c00377>
- Tollefsen, K. E., Nizzetto, L., & Huggett, D. B. (2012). Presence, fate and effects of the intense sweetener sucralose in the aquatic environment. *Science of The Total Environment*, 438, 510–516.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.060>
- Torres-Padrón, M. E., Montesdeoca-Esponda, S., Santana-Viera, S., Guedes-Alonso, R., Herrera-Melián, J. A., Sosa-Ferrera, Z., & Santana-Rodríguez, J. J. (2020). An Update of the Occurrence of Organic Contaminants of Emerging Concern in the Canary Islands (Spain). *Water*, 12(9), 2548.
<https://doi.org/10.3390/w12092548>
- UBA. (2014). *EQS DATASHEET ENVIRONMENTAL QUALITY STANDARD CARBAMAZEPINE*.
<https://webtox.uba.de/webETOX/public/basics/literatur/download.do?id=12>
- Ullberg, M., Lavonen, E., Köhler, S. J., Golovko, O., & Wiberg, K. (2021). Pilot-scale removal of organic micropollutants and natural organic matter from drinking water using ozonation followed by granular activated carbon. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 7(3), 535–548.
<https://doi.org/10.1039/D0EW00933D>
- Verlicchi, P., Lacasa, E., & Grillini, V. (2023). Quantitative and qualitative approaches for CEC prioritization when reusing reclaimed water for irrigation needs – A critical review. *Science of The Total Environment*, 900, 165735.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165735>
- Weitere, M., Altenburger, R., Anlanger, C., Baborowski, M., Bärlund, I., Beckers, L.-M., Borchardt, D., Brack, W., Brase, L., Busch, W., Chatzinotas, A., Deutschmann, B., Eligehausen, J., Frank, K., Graeber, D., Griebler, C., Hagemann, J., Herzsprung, P., Hollert, H., ... Brauns, M. (2021). Disentangling multiple chemical and non-chemical

stressors in a lotic ecosystem using a longitudinal approach. *Science of The Total Environment*, 769, 144324.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144324>

Anhänge

ANHANG1 - STOFFE, DIE IM RAHMEN DES VORLIEGENDEN PROJEKTS IM ABWASSER IDENTIFIZIERT WURDEN

Abbildung 7 : Stoffe, die in den untersuchten Studien im Abwasser untersucht wurden (nicht erschöpfende Liste) und ihr entsprechender rechtlicher Status (sofern auf der ECHA-Webseite verfügbar). Die Auswahl erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit; umfassendere Daten zur Konzentration von Stoffen sind in einigen Datenbanken zu finden (einige Beispiele für verfügbare Datenbanken werden im Folgenden vorgestellt).

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Pharmazeutika	Acetaminophen	103-90-2	-	-	-	-
Pharmazeutika	10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin	35079-97-1	-	-	-	-
Pharmazeutika	Hydrochlorothiazid	58-93-5	-	-	-	-
Pharmazeutika	Lamotrigin	84057-84-1	-	-	-	-
Pharmazeutika	Acetaminophen	103-90-2	-	-	-	-
Pharmazeutika	Losartan	114798-26-4	-	-	-	-
Pharmazeutika	Diatrizoesäure	117-96-4	-	-	-	-
Pharmazeutika	Primidon	125-33-7	-	-	-	-
Pharmazeutika	Atorvastatin	134523-00-5	-	-	-	-
Pharmazeutika	Lidocain	137-58-6	-	-	-	-
Pharmazeutika	Valsartan	137862-53-4	-	-	-	-
Pharmazeutika	Irbesartan	138402-11-6	-	-	-	-
Pharmazeutika	Candesartan	139481-59-7	-	-	-	-
Pharmazeutika	Eprosartanmesylat	144143-96-4	-	-	-	-
Pharmazeutika	Olmesartan	144689-24-7	-	-	-	-

¹³ Harmonisierte Einstufungen sind nur für bestimmte Stoffe verfügbar. Harmonisierte Einstufungen sind in Anhang VI der CLP-Verordnung aufgeführt und sollten von allen Herstellern, Importeuren oder nachgeschalteten Anwendern solcher Stoffe und von Gemischen, die solche Stoffe enthalten, angewendet werden. Bitte beachten Sie, dass, wenn keine harmonisierte Einstufung verfügbar ist, dies nicht unbedingt bedeutet, dass der Stoff keine CLP-Einstufung hat. Hersteller, Importeure oder nachgeschaltete Anwender müssen gefährliche Stoffe (selbst) einstufen und kennzeichnen. Die daraus resultierenden gemeldeten CLP-Einstufungen sind auf der Website der ECHA verfügbar, weisen aber oft eine große Vielfalt für einzelne Stoffe auf.

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Pharmazeutika	Telmisartan	144701-48-4	-	-	-	-
Pharmazeutika	Diclofenac	15307-86-5	-	-	-	-
Pharmazeutika	Sulpirid	15676-16-1	-	-	-	-
Pharmazeutika	N-Formyl-4-aminoantipyrin	1672-58-8	-	-	-	-
Pharmazeutika	Ketoprofen	22071-15-4	-	-	-	-
Pharmazeutika	Naproxen	22204-53-1	-	-	-	-
Pharmazeutika	Oxypurinol	2465-59-0	-	-	-	-
Pharmazeutika	Tramadol	27203-92-5	-	-	-	-
Pharmazeutika	Atenolol	29122-68-7	-	-	-	-
Pharmazeutika	10,11-Dihydro-10-hydroxycarbamazepin	29331-92-8	-	-	-	-
Pharmazeutika	Carbamazepin	298-46-4	-	-	-	-
Pharmazeutika	Mexiletine	31828-71-4	-	-	-	-
Pharmazeutika	Climbazol	38083-17-9	-	-	-	-
Pharmazeutika	Sotalol	3930-20-9	-	-	-	-
Pharmazeutika	Bezafibrat	41859-67-0	-	-	-	-
Pharmazeutika	Genistein	446-72-0	-	-	-	-
Pharmazeutika	Tiaprid	51012-32-9	-	-	-	-
Pharmazeutika	Metoprolol	51384-51-1	-	-	-	-
Pharmazeutika	Propranolol	525-66-6	-	-	-	-
Pharmazeutika	Flufenaminsäure	530-78-9	-	-	-	-
Pharmazeutika	Flecainid	54143-55-4	-	-	-	-
Pharmazeutika	Furosemid	54-31-9	-	-	-	-
Pharmazeutika	Amitriptylin	549-18-8	-	-	-	-
Pharmazeutika	Metoprolol-Säure	56392-14-4	-	-	-	-
Pharmazeutika	Phenytoin	57-41-0	-	-	-	-
Pharmazeutika	Progesteron	57-83-0	-	-	-	-

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Pharmazeutika	Testosteron	58-22-0	-	-	-	-
Pharmazeutika	Theophyllin	58-55-9	-	-	-	-
Pharmazeutika	Citalopram	59729-33-8	-	-	-	-
Pharmazeutika	Oxazepam	604-75-1	-	-	-	-
Pharmazeutika	Mirtazapin	61337-67-5	-	-	-	-
Pharmazeutika	Gabapentin-Lactam	64744-50-9	-	-	-	-
Pharmazeutika	Metformin	657-24-9	-	-	-	-
Pharmazeutika	Ranitidin	66357-35-5	-	-	-	-
Pharmazeutika	Bisoprolol	66722-44-9	-	-	-	-
Pharmazeutika	Norfloxacin	70458-96-7	-	-	-	-
Pharmazeutika	Amisulprid	71675-85-9	-	-	-	-
Pharmazeutika	Sulfamethoxazol	723-46-6	-	-	-	-
Pharmazeutika	trimethoprim	738-70-5	-	-	-	-
Pharmazeutika	Amantadin	768-94-5	-	-	-	-
Pharmazeutika	Clarithromycin	81103-11-9	-	-	-	-
Pharmazeutika	4-Aminoantipyrin	83-07-8	-	-	-	-
Pharmazeutika	N-Acetyl-4-aminoantipyrin	83-15-8	-	-	-	-
Pharmazeutika	Cetirizin	83881-51-0	-	-	-	-
Pharmazeutika	Azithromycin	83905-01-5	-	-	-	-
Pharmazeutika	Lamotrigin	84057-84-1	-	-	-	-
Pharmazeutika	Ciprofloxacin	85721-33-1	-	-	-	-
Pharmazeutika	Fluconazol	86386-73-4	-	-	-	-
Pharmazeutika	Bicalutamid	90357-06-5	-	-	-	-
Pharmazeutika	O-Desmethylvenlafaxin	93413-62-8	-	-	-	-
Pharmazeutika	Venlafaxin	93413-69-5	-	-	-	-
PFAS	Perfluorooctansulfonsäure (PFOS)	1763-23-1	-	-	Ja	Karz. 1B

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
PFAS	Perfluorpentansäure (PFPeA)	2706-90-3	-	-	-	-
PFAS	6:2 Fluortelomer-Sulfonsäure	27619-97-2	-	-	-	-
PFAS	Perfluorhexansäure	307-24-4	-	-	-	-
PFAS	Pentadecafluorooctansäure (PFOA)	335-67-1	SVHC	Vorschlag für eine Einschränkung wird derzeit geprüft	Ja	Karz. 1B Muta. 1B Asp. Tox. 1
PFAS	Pentafluorobutansäure (PFBA)	375-22-4	-	Vorschlag für eine Einschränkung wird derzeit geprüft	-	-
PFAS	Perfluoro-n-heptansäure (PFHpA)	375-85-9	SVHC	Vorschlag für eine Einschränkung wird derzeit geprüft	Ja	Karz. 1B Muta. 1B Asp. Tox. 1
PFAS	Perfluor-n-nonanosäure (PFNA)	375-95-1	SVHC	Aufgeführt	Ja	Karz. 1B Muta. 1B Asp. Tox. 1
PFAS	Perfluorpropionsäure	422-64-0	-	Vorschlag für eine Einschränkung wird derzeit geprüft	-	-
PFAS	Perfluorobutansulfonat (PFBS)	45187-15-3	-	Vorschlag für eine Einschränkung wird derzeit geprüft	-	-
PFAS	Perfluorosulfonamid	754-91-6	-	Vorschlag für eine Einschränkung wird derzeit geprüft	-	-
Pestizide	Tebuconazol	107534-96-3	-	-	-	Akute Tox. 4 * Aquatisch Akut 1 Chronisch Wassergefährden d 1
Pestizide	Thiacloprid	111988-49-9	-	-	-	%

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Pestizide	Fipronil	120068-37-3	-	-	-	Asp. Tox. 1
Pestizide	Acetamiprid	135410-20-7	-	-	-	-
Pestizide	Imidacloprid	138261-41-3	-	-	-	-
Pestizide	Atraton	1610-17-9	-	-	-	-
Pestizide	Atrazin (ATZ)	1912-24-9	-	-	-	-
Pestizide	Metribuzin	21087-64-9	-	-	-	Aquatisch Chronisch 1
Pestizide	Chlorpyrifos (CPR)	2921-88-2	-	-	-	Aquatisch Chronisch 4
Pestizide	Diuron	330-54-1	-	-	-	Haut Sens. 1 Aquatisch Chronisch 2
Pestizide	Isoproturon	34123-59-6	-	-	-	Hautreizung. 2 Augenschäd. 1 Haut Sens. 1 Aquatisch Chronisch 2
Pestizide	Chlorfenvinphos (CFV)	470-90-6	-	-	-	Augenschäden. 1
Pestizide	Metolachlor	51218-45-2	-	-	-	-
Pestizide	Propanil	709-98-8	-	-	-	-
Pestizide	Fenoxycarb	72490-01-8	-	-	-	Aquatisch Chronisch 4
Pestizide	Ametryn	834-12-8	-	-	-	-
Pestizide	Terbutryn	886-50-0	-	-	-	-
Pestizide	Dinoseb (Subitex)	88-85-7	SVHC	-	Ja	Karz. 1B
Körperpflegeprodukte	Mepiquat	15302-91-7	-	-	-	-
Körperpflegeprodukte	Oxybenzone	131-57-7	-	-	-	-
Körperpflegeprodukte	Diethyltoluamid (DEET)	134-62-3	-	-	-	-
Körperpflegeprodukte	Methylparaben	99-76-3	-	-	-	-

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Industrielle Chemikalien	Tri-Isobutylphosphat	126-71-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tris(1-chlor-2-propyl)phosphat	13674-84-5	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Phenylbenzimidazolsulfonsäure	27503-81-7	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Hexa(methoxymethyl)melamin	3089-11-0	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Benzophenon-4	4065-45-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	4,4-Diaminodiphenylmethan	101-77-9	SVHC	-	-	-
Industrielle Chemikalien	1,3-Diphenylguanidin	102-06-7	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tripropylamin	102-69-2	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	p-Toluolsulfonsäure	104-15-4	-	-	Ja	Karz. 2 Repr. 1B Lakt. Akut Tox. 4 Akute Tox. 4 STOT RE 1 Augenschäd. 1
Industrielle Chemikalien	Caprolactam	105-60-2	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Dibutylphosphat	107-66-4	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Bis(fluorosulfonyl)imid	1079129-48-8	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Melamin	108-78-1	SVHC	-	-	-

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Industrielle Chemikalien	Cyanursäure	108-80-5	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Cyclohexylamin	108-91-8	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	2-[2-(3-Aminopropoxy)ethoxy]ethanol	112-33-4	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tris(trifluormethansulfonyl)methanid	114395-69-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tris(2-Chlorethyl)phosphat	115-96-8	SVHC	-	-	Augenschäden. 1 Haut Sens. 1 Chronisch Wassergefährdend 3
Industrielle Chemikalien	o-Dianisidin	119-90-4	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Sulfanilsäure	121-47-1	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Galaxolid	1222-05-5	-	-	-	Akute Tox. 4 * Augenreiz. 2 Chronisch Wassergefährdend 3
Industrielle Chemikalien	4'-Aminoacetanilid	122-80-5	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Hexafluorophosphat	1257647-66-7	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tri-n-Butylphosphat (TnBP)	126-73-8	-	-	-	Aquatisch Chronisch 4
Industrielle Chemikalien	2,4,7,9-Tetramethyldec-5-in-4,7-diol (TMDD)	126-86-3	-	-	-	-

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Industrielle Chemikalien	3-Nitrobenzolsulfonat	127-68-4	-	-	Ja	Karz. 1B
Industrielle Chemikalien	Tri-(2-chlorisopropyl)phosphat	13674-84-5	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	5-Methyl-1H-benzotriazol	136-85-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Decamethyltetrasiloxan(L4)	141-62-8	Der Stoff ist/war Teil einer Bewertung wie folgt: vPvB (Artikel 57e) Status: Absicht	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tetraphenylborat	143-66-8	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Trifluormethansulfonsäure (PFMS)	1493-13-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	2-Methyl-2-propen-1-sulfonsäure	1561-92-8	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Bis(trifluormethansulfonyl)imid	161401-25-8	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tetrabutylammonium	1643-19-2	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tributylmethylphosphonium	1702-42-7	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	2-(2-(Dimethylamino)ethoxy)ethanol	1704-62-7	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	3,5-Di-tert-Butylsalicylsäure	19715-19-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Trimethylsulfonium	2181-42-2	-	-	-	-

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Industrielle Chemikalien	Dicyclohexylsulfosuccinat	23386-52-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Beta-Methylcholin	2382-43-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Dimethylbenzolsulfonsäure (Isomeregemisch)	25241-16-1, 1300-72-7	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Xylensulfonat	25321-41-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Trihexyl(tetradecyl)phosphonium	258864-54-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	4,4'-Bis(2-sulfostyryl)biphenyl	27344-41-8	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	1,4-Diazabicyclo[2.2.2]octan	280-57-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Isophorondiamin	2855-13-2	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	1,2,4-Triazol	288-88-0	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Bis(2-dimethylaminoethyl)methylamin	3030-47-5	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Vinylsulfonsäure	3039-83-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tributylmethylammonium	3085-79-8	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	3-Sulfonatopropylacrylat	31098-20-1	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	1-Ethyl-4-methylpyridinium	32353-49-4	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Ethylsulfat	342573-75-5	-	-	-	-

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Industrielle Chemikalien	Tricyanomethanid	36603-80-2	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	N,N-Dimethyl-1-adamantanamin	3717-40-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tris(pentafluorethyl)trifluorphosphat	377739-43-0	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Dimethyl-5-sulfoisophthalat	3965-55-7	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Cyanoguanidin	461-58-5	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Denatonium	47324-98-1	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Benzo(a)pyren	50-32-8	SVHC	Aufgeführt	-	Flam. Liq. 2 Akute Tox. 3 * Akute Tox. 3 * Akute Tox. 3 * Aquatisch Chronisch 2
Industrielle Chemikalien	Methacrylamido-Propyltrimethylammonium	51410-72-1	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	2-Acrylamido-2-methylpropansulfonsäure	5165-97-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	N,N,N-Trimethylethanammonium	51-93-4	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	N-(3-(Dimethylamino)-propyl)methacrylamid	5205-93-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	3-Allyloxy-2-hydroxy-1-propansulfonat	52556-42-0	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	4-Hydroxy-1-(2-hydroxyethyl)-2,2,6,6-tetramethylpiperidin	52722-86-8	-	-	-	-

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Industrielle Chemikalien	Sulfaminsäure	5329-14-6	-	-	Ja	Karz. 2 Aquatisch Akut 1 Chronisch Wassergefährden d 1
Industrielle Chemikalien	1-(3,3-Dimethyl-2-oxo-butyl)-pyridinium	5397-45-5	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Decamethylcyclopentasiloxan (D5)	541-02-6	SVHC	Aufgeführt	-	-
Industrielle Chemikalien	6-Methyl-1,3,5-Triazin-Diamin	542-02-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)	556-67-2	SVHC	Aufgeführt	-	Selbstreaktion. D **** Haut Sens. 1 Aquatisch Akut 1 Chronisch Wassergefährden d 1
Industrielle Chemikalien	Benzyltrimethylammonium	56-93-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Hexadecyltrimethylammonium	57-09-0	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	1-Cetylpyridinium	6004-24-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	2-(Methylthio)benzothiazol	615-22-5	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	2-Pyrrolidon	616-45-5	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	2-Morpholinoethanol	622-40-2	-	-	-	-

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Industrielle Chemikalien	Benzalkonium	63449-41-2	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	3-Methylsulfanilat	63450-43-1	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	2,2'-Dimorpholinyl-diethyl-ether	6425-39-4	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	1-Methyl-3-octylimidazolium	64697-40-1	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	1-Butyl-4-methylpyridinium	65350-59-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	p-Toluolsulfonamid	70-55-3	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	4-(2-Hydroxyethyl)piperazin-1-ethansulfonsäure	7365-45-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Triethylcitrat	77-93-0	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Triethylphosphat	78-40-0	-	-	-	Aquatisch Chronisch 4
Industrielle Chemikalien	Tributoxyethylphosphat (TBEP)	78-51-3	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Triphenylphosphinoxid	791-28-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	6-PPD (N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylendiamin) und das Transformationsprodukt 6-PPDC (N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylendiamin chinon)	793-24-8	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Bisphenol S (BPS)	80-09-1	SVHC	-	-	Akute Tox. 4 * STOT RE 2 *

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
						Aquatisch Chronisch 3
Industrielle Chemikalien	1,5-Naphthalindisulfonsäure	81-04-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Vincubine	826-36-8	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tris(2-hydroxyethyl)isocyanurat	839-90-7	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Naphthalinsulfonsäure	85-47-2	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	1-Butylpyridinium	874-80-6	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Tetrafluoroborat	886059-84-3	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	m-Xylol-4-Sulfonsäure	88-61-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	N,N-Diethylanilin	91-66-7	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Benzoguanamin	91-76-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Methyloctylpyrrolidinium	927021-43-0	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	2-Hydroxybenzothiazol	934-34-9	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	2-Benzothiazolsulfonsäure	941-57-1	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	1H-Benzotriazol	95-14-7	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Benzothiazol	95-16-9	-	-	-	-

Stoffgruppe	Name des Stoffes	CAS	SVHC	Beschränkung (REACH)	CMR	Harmonisierte CLP-Einstufung ¹³
Industrielle Chemikalien	1,3-Di-o-Tolylguanidin	97-39-2	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	Benzolsulfonsäure	98-11-3	-	-	-	-
Industrielle Chemikalien	1-Butyl-2,3-dimethylimidazolium	98892-75-2	-	-	-	-
Lebensmittelzutaten	Cyclamat	100-88-9	-	-	-	-
Lebensmittelzutaten	Acesulfam	55589-62-3	-	-	-	-
Lebensmittelzutaten	Sucralose	56038-13-2	-	-	-	-
Lebensmittelzutaten	Koffein	58-08-2	-	-	-	-
Lebensmittelzutaten	Saccharin	81-07-2	-	-	-	-

ANHANG 2 - ÜBERWACHUNGSDATENBANKEN FÜR WASSER

Zusätzlich zu den nationalen Programmen und der wissenschaftlichen Literatur gibt es verschiedene Umweltdatenbanken für Oberflächengewässer (und teilweise Abwasser). Einige davon werden im Folgenden vorgestellt.

Das NORMAN-Netz hat eine Datenbank für das Vorkommen chemischer Stoffe namens [EMPODAT](#) entwickelt. Dabei handelt es sich um eine Datenbank mit georeferenzierten Überwachungs- und Biomonitoring-Daten zu neu auftretenden Stoffen in den folgenden Matrices: Wasser (einschließlich Abwasser), Sedimente, Biota, SPM, Boden, Klärschlamm und Luft. Die Datenbank ist frei zugänglich und enthält 4.567 Stoffe und 96.107.746 Datenpunkte (Stand: Januar 2025). Die Daten über Abwasser machen etwa 26 % der Gesamtdaten aus, sind jedoch relativ alt (derzeit sind keine Daten enthalten, die nach 2020 erhoben wurden). Die Datenbank enthält Daten aus verschiedenen Verwendungskategorien, darunter Biozide, Flammschutzmittel, Lebensmittelzusatzstoffe, Chemikalien mit Lebensmittelkontakt, Industriechemikalien, Metalle und ihre Verbindungen, Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS), Körperpflegemittel (PCP), Arzneimittel, Pflanzenschutzmittel (PSM) und Kunststoffzusatzstoffe.

Water Research Australia hat in Zusammenarbeit mit der Griffith University eine chemische Informationsdatenbank namens [ECHIDNA](#) (Emerging CHEMicals Database for National Awareness) entwickelt, um die wissenschaftlich fundierte Entscheidungsfindung und das Management von "Contaminants of Emerging Concern" (CEC) zu unterstützen. ECHIDNA setzt Prioritäten für fast 1.800 potenzielle CEC, die gängige Verbindungsklassen wie DBPs, Herbizide, Arzneimittel, Per- und Polyfluoralkylverbindungen und Transformationsprodukte abdecken. Die CEC werden zunächst auf der Grundlage einer In-silico-Bewertung ihrer persistenten, bioakkumulierbaren und toxischen (PBT) Eigenschaften und dann auf der Grundlage von Daten zur Toxizität, zum Vorkommen und zur Entfernung prioritärer Chemikalien eingestuft. Risikoquotienten (RQ) sowohl für die menschliche Gesundheit als auch für die Gesundheit des Ökosystems werden geschätzt, um die Entscheidungsfindung beim Management zu unterstützen, wenn keine gesetzlichen Vorgaben vorliegen. Ramboll hat keinen Zugang zu dieser Datenbank, aber einem Forschungsartikel über die Entwicklung der Datenbank zufolge wurden Daten über das Vorkommen aus der wissenschaftlichen Literatur und der NORMAN-Datenbank (Neale et al., 2023) gesammelt. Es wurde festgestellt, dass die Daten über das Vorkommen aufgrund der geringen aktiven Überwachung von KEK begrenzt sein können und die Werte erforderlichenfalls anhand der verfügbaren Entnahmedaten extrapoliert werden.

Die Datenbank der [RIWA](#) (River Water Association) enthält Informationen über festgestellte Stoffe in verschiedenen Flüssen in den Niederlanden, insbesondere in der Maas. Die RIWA-Organisation konzentriert sich auf die Überwachung und Verbesserung der Qualität von Flusswasser. Zu den Stoffen gehören Arzneimittel, industrielle Verbindungen und Pestizide. Diese Datenbank ist nicht frei zugänglich.

ANHANG 3 - LISTE DER DOKUMENTENPRÜFUNG MIT LEITFRAGEN

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
(Finckh et al., 2024)	A risk-based assessment approach for chemical mixtures from wastewater treatment plant effluents	Umfassendes chemisches Target-Screening von 499 neuen Chemikalien, darunter - Pharmazeutika - Pestizide - andere Ausgangsverbindungen (Tenside, Lebensmittel, Kunststoff- und Gummizusätze, PFAS, UV-Filter, Korrosionsschutzmittel)	Es liegen keine Informationen über den Gesamtanteil der gemessenen Wasserproben vor, aber 32 Chemikalien wurden im Konsens als besonders besorgniserregend eingestuft, darunter ein hoher Anteil (66 %) an Pestiziden und Bioziden. Ermittelte mittlere Konzentrationen (µg/L) für die gemeldeten Stoffe für 499 Mikroschadstoffe Top 5: Sucralose (Süßstoff): 15,346 µg/L 1H-Benzotriazol (Korrosionsinhibitor): 3.590 µg/L Hydrochlorothiazid (Pharmazeutikum): 2,340 µg/L Acesulfam (Süßstoff): 1,896 µg/L 5-Methyl-1H-benzotriazol (Korrosionsschutzmittel): 1,781 µg/L	Die entdeckten Chemikalien wurden nach kritischen Informationen kategorisiert, die für die Risikobewertung und die Festlegung von Prioritäten für das Management relevant sind, darunter: (1) Häufigkeit des Auftretens, (2) gemessene Konzentrationen, (3) Verwendungsgruppen, (4) Persistenz und Bioakkumulation und (5) Wirkungsweisen.	56 Abwasserproben aus 52 europäischen Kläranlagen wurden auf das Vorkommen von 499 neu auftretenden Chemikalien (ECs) und die damit verbundenen potenziellen Risiken für die Umwelt untersucht.	NA
(Ayoub et al., 2022)	A Short Cost-Effective Methodology for Tracing the Temporal and Spatial Anthropogenic Inputs of Micropollutants into Ecosystems: Verified Mass-Balance Approach Applied to River Confluence and WWTP Release	1 Kunststoffzusatzstoff (Bisphenol A) 17 Pharmazeutika 1 PCP (Triclosan) 2 PFAS (PFOA und PFOS)	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Allerdings gibt es Informationen über die Konzentrationen, zum Beispiel: - Clarithromycin: 639 ng/L (Oktober): 140 ng/L (Januar) - Bisphenol A: 236 ng/L (September); 80-90 ng/L (Januar, Oktober) - PFOS: an allen Standorten mit Werten von bis zu 34 ng/L nachgewiesen (deutlich über der EU-Umweltqualitätsnorm (UQN) von 0,65 ng/L) - PFOA: weniger häufig nachgewiesen mit einer Höchstkonzentration von 15,7 ng/L Die Konzentrationen anderer Mikroschadstoffe werden in der Studie angegeben. Die Schätzung des möglichen Massenflusses von Mikroschadstoffen aus der Kläranlage (Durchschnittswert): PFOS: 10 g/Tag Bisphenol A: 93 g/Tag Clarithromycin: 218 g/Tag	Nein	Die Konzentrationen von Mikroschadstoffen wurden an mehreren Flussstellen in Frankreich gemessen, wobei die höchsten Konzentrationen in der Meurthe flussabwärts der Kläranlage und flussaufwärts des Zusammenflusses festgestellt wurden. Darüber hinaus wurde in der Studie der potenzielle Massenfluss von Mikroschadstoffen aus der Kläranlage geschätzt. Neben Clarithromycin wies auch Bisphenol A mit durchschnittlich 93 g/Tag einen hohen Massenstrom auf. Weitere Analysen ergaben, dass Bisphenol A auch in der Kläranlage in Nancy, Frankreich, nur schlecht entfernt wird.	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
(Rapp-Wright et al., 2023)	A year-long study of the occurrence and risk of over 140 contaminants of emerging concern in wastewater influent, effluent and receiving waters in the Republic of Ireland	Untersuchung von 140 besonders besorgniserregenden Schadstoffen (CEC), darunter Arzneimittel, Pestizide und PCPs	Keine Angaben über den Gesamtanteil der Mikroschadstoffe. Insgesamt wurden 58 CECs nachgewiesen. Neben Pharmazeutika und PCP wurden auch Pestizide nachgewiesen - 11 Pestizide im Zufluss, 6 im Abfluss und 1 im Oberflächenwasser. Propamocarb wurde in allen Matrices gefunden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit Ausnahme von Propamocarb offenbar alle Pestizide vor der Einleitung aus diesen Kläranlagen in die natürliche Umwelt entfernt werden.	Die Umwelttrisiken für CEC wurden anhand von RQs geschätzt, die im Abwasser und im Vorfluter berechnet wurden, indem die gemessene Umweltkonzentration in jeder Matrix an jedem Standort durch den niedrigsten PNEC-Wert aus der NORMAN-Ökotoxikologie-Datenbank dividiert wurde. Die durchgeführte ERA zeigte, dass die Gesamt-RQ für alle CECs in Oberflächengewässern um eine Größenordnung niedriger war als in Abwässern. Die meisten CECs in Oberflächengewässern stellten ein geringeres Risiko dar, mit Ausnahme von E2 und EE2, die im ländlichen Raum ein mittleres Risiko darstellten (RQs von 3,5 bzw. 1,1).	Zufluss, Abfluss und aufnehmendes Oberflächenwasser in städtischen und ländlichen Gebieten (insgesamt 72 Proben) in Irland über einen Zeitraum von 12 Monaten im Zeitraum 2018-2019.	NA
(Torres-Padrón et al., 2020)	An update of the occurrence of organic contaminants of emerging concern in the Canary Islands (Spain)	6 UV-Stabilisatoren 8 zytostatische Verbindungen 15 Steroidverbindungen	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Es gibt Informationen über die Konzentrationen von Mikroschadstoffen, die im Rahmen der Studie gemessen wurden: - UV-Stabilisatoren wurden an allen Standorten nachgewiesen, wobei die Konzentrationen von 13,12 bis 1933 ng/L reichten. Die Konzentrationen im Zulauf waren höher als die Konzentrationen im Ablauf, was wahrscheinlich auf die Adsorption der Verbindungen an Schwebstoffe während der Behandlung zurückzuführen ist. UV-329 war die am häufigsten nachgewiesene Verbindung, die in 33 % der Zulaufproben (106-1933 ng/L) und 10 % der Ablaufproben (49,54-570,9 ng/L) gefunden wurde, was auf eine unvollständige Entfernung hinweist.	Nein	Zulauf- und Ablaufproben von 5 Kläranlagen auf der Insel Gran Canaria wurden entnommen. Detaillierte Angaben zu den beprobten Kläranlagen sind in der Studie enthalten.	NA
(Manetti & Tomei, 2024)	Anaerobic removal of contaminants of emerging concern in municipal wastewater: Eco-toxicological risk evaluation and strategic	21 analysierte CEC: Pharmazeutika, Körperpflegeprodukte, Weichmacher, Stimulanzien	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Durchschnittliche Häufigkeit der in Kläranlagenabwässern gefundenen CECs aus anderen Literaturstudien. Am häufigsten	Risikoquotient (RQ), definiert als vorhergesagte Umweltkonzentration (PEC)/ vorhergesagte Konzentration ohne Auswirkungen (PNEC)	Literaturübersicht und Risikobewertung	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
	selection of optimal treatment		gefunden: TMP, CBZ, BPA, CAF, HHCB, AHTN, AZT, CIP, DCF, GEM, TCS			
(Ofrydopoulou et al., 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	Insgesamt 172 neu auftretende Kontaminanten, darunter - 135 PPCPs (Pharmazeutika und Körperpflegeprodukte)- 17 IDs (illegale Drogen)- 11 PFCs (Poly- und Perfluoralkylstoffe)- 9 OPFRs (Organophosphat-Flammschutzmittel) und	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. 80 Verbindungen (46 % des Gesamtumfangs der Methode) wurden mindestens in einer Probe nachgewiesen. Die durchschnittlichen Abwasserkonzentrationen reichten von unter den Bestimmungsgrenzen der Methode (<MQL) bis zu bemerkenswert hohen Werten (µg L-1-Skala), wie z. B. für Koffein, Acetaminophen, Diclofenac, Irbesartan und Valsartan, unter anderem.	Ökotoxikologische Risikobewertung einschließlich Risikoquotient (RQ), Risikoquotient unter Berücksichtigung der Häufigkeit (RQf) und toxische Einheiten (TU)	Zufluss und Abfluss von zwei Kläranlagen in Griechenland	Es wurde darauf hingewiesen, dass mehr ökotoxikologische Daten über die chronische Exposition für bestimmte allgegenwärtige Gruppen (z. B. Blutdrucksenker) erfasst werden müssen, um künftige Gefahrenuntersuchungen zu modulieren.
(Svahn & Borg, 2024)	Assessment of full-scale 4th treatment step for micro pollutant removal in Sweden: Sand and GAC filter combo	22 Pharmazeutika 1 Industriechemikalie (Korrosionsinhibitor) 1 Pestizid	Keine Angaben über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Angegeben sind die Konzentrationen der gemessenen Mikroschadstoffe. Die Konzentrationen von Nicht-Arzneimitteln waren wie folgt: - Benzotriazol: 386 ng/L - Imidacloprid: 6 ng/L	Nein	Probenahme vor der 4. Behandlungsstufe der Kläranlage in Schweden.	NA
(Kilpinen et al., 2023)	Catchment area, fate, and environmental risks investigation of micropollutants in Danish wastewater	291 Zielmikroschadstoffe (vollständige Liste in SI), darunter Arzneimittel, PCP, Pestizide, Industriechemikalien usw.	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Von den 291 analysierten Mikroschadstoffen wurden 79 entweder im Zufluss oder im Abfluss von mindestens einer Kläranlage identifiziert und quantifiziert. Die Verteilung dieser Mikroschadstoffe stellt sich wie folgt dar: - Pharmazeutika: 12 wurden in Zulaufproben und 16 in Ablaufproben quantifiziert. - Antibiotika: 8 wurden sowohl im Zufluss als auch im Abfluss nachgewiesen. - Lebensmittelzusatzstoffe: 4 wurden sowohl in den Zuflüssen als auch in den Abflüssen gefunden. - Industriechemikalien: 8 wurden sowohl im einfließenden als auch im ausfließenden Abwasser gefunden, 8 nur im ausfließenden Abwasser und 9 nur im einfließenden Abwasser. - Pestizide: 18 wurden im Abwasser des Zuflusses quantifiziert, während 6 nur im Abwasser des Zuflusses gefunden wurden. - Sonstige Mikroschadstoffe: 8 gemischte Schadstoffe wurden im Abwasser des	Zur Abschätzung des Umweltrisikos der quantifizierten Mikroschadstoffe wurden die RQs nach der folgenden Gleichung berechnet: RQ=MEC/PNEC.	Zulauf- (n=20) und Ablaufproben (n=26) von 8 Kläranlagen mit Belebtschlammbehandlung. Die Proben wurden zwischen Juni und Juli 2020 entnommen und befinden sich alle in Dänemark. Sechs von ihnen befinden sich in größeren Städten und 2 in kleineren Dörfern.	Wie in der Studie berichtet, sind die Nachweishäufigkeiten aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der analysierten Abwasserproben aus Zulauf (n=20) und Ablauf (n=26) verzerrt. Zulaufproben wurden von 5 Kläranlagen und Ablaufproben von 8 Kläranlagen gesammelt.

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
			Abflusses und 13 im Abwasser des Zuflusses nachgewiesen.			
(Lopez-Herguedas et al., 2022)	Characterization of the contamination fingerprint of wastewater treatment plant effluents in the Henares River Basin (central Spain) based on target and suspect screening analysis	Kombinierter Ansatz aus Verdacht, Screening und gezieltem Ansatz. Die Liste der 162 Zielverbindungen, die als besorgniserregende Kontaminanten (CEC) betrachtet werden, umfasst: - 103 Pharmazeutika- 2 Körperpflegeprodukte- 51 Pestizide- 6 Industriechemikalien	Beim Verdachtsscreening wurden 297 Chemikalien aus einer Verdachtsliste mit über 40.000 Verbindungen. Die Zielanalyse ergab 82 von 162 neuen Schadstoffen. Anteil der 82 CEC, die quantifiziert wurden: - 76 % der quantifizierten Verbindungen waren Arzneimittel, - 21% auf Pestizide und - 3 % auf Industriechemikalien.	Schließlich wurde eine Risikopriorisierung auf der Grundlage von Risikoquotienten (RQs) für Algen, Wirbellose und Fische vorgenommen. Azithromycin, Diuron, Chlortoluron, Clarithromycin, Sertralin und Sulfamethoxazol wurden als die Stoffe mit dem größten Risiko für Algen ermittelt. Bei den Wirbellosen waren die Verbindungen mit den höchsten RQs Carbendazim, Fenoxycarb und Eprosartan, bei den Fischen Acetaminophen, DEET, Carbendazim, Koffein, Fluconazol und Azithromycin.	Abwässer von fünf Kläranlagen im Einzugsgebiet des Flusses Henares (Zentralspanien) während zweier Probenahmekampagnen (Sommer und Herbst).	NA
(Jucyte-Cicine et al., 2024)	Coastal wastewater treatment plants as a source of endocrine disrupting micropollutants: a case study of Lithuania in the Baltic Sea	Weichmacher, Östrogene, Phthalsäureester, Steroidale Hormone	Keine Angaben über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber Konzentration der Stoffe.	NA	144 Proben aus Kläranlagen in zwei Seebädern in Litauen > Bewertung der Abwasser- und Abflussqualität	NA
(Ferreiro et al., 2020)	Contaminants of emerging concern removal in an effluent of wastewater treatment plant under biological and continuous mode ultrafiltration treatment	39 bedenkliche Kontaminanten (CEC) wurden überwacht, darunter Arzneimittel (n= 25), industrielle Zusatzstoffe (n= 5), Lebensmittelzusatzstoffe (n= 4), Herbizide (n=4) und PCPs (n=1)	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. In der Studie angegebene Konzentrationen. 3 Lebensmittelzusatzstoffe gehörten zu den 10 CECs mit den höchsten Konzentrationen in den Zuflussproben.	Zur Bewertung der Toxizität von UF-Zufluss- und - Abflussproben wurden Microtox®-Toxizitäts-Bioassays durchgeführt.	Zufluss aus der biologischen Kläranlage in Spanien.	NA
(Weitere et al., 2021)	Disentangling multiple chemical and non-chemical stressors in a lotic ecosystem using a longitudinal approach	Messung von 149 organischen Verbindungen, darunter Pharmazeutika und Körperpflegeprodukte (PCP), Pestizide, Biozide und industrielle Verbindungen	Keine Angaben über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber Konzentration der Stoffe.	Kläranlagen waren die vorherrschende Quelle der toxischen Belastung, was zu einem raschen Anstieg der Toxizität für Wirbellose und Algen führte, die nur eine Größenordnung unter den akuten toxischen Werten lag. Diese Toxizität korreliert negativ mit dem Anteil der wirbellosen Arten, die empfindlich auf Pestizide reagieren (SPEARpesticides-	Deutschland, flussaufwärts und flussabwärts von größeren Punktquellen (Kläranlagen, Regenwasserkanalisation) und Nebenflüssen	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
				Index), was wahrscheinlich zu dem als Reaktion auf Kläranlagenabwässer festgestellten Verlust der biologischen Vielfalt beiträgt.		
(Spina et al., 2020)	Ecofriendly laccases treatment to challenge micropollutants issue in municipal wastewaters	15 Verbindungen wurden untersucht: Pestizide (1), Körperpflegemittel (2), Lacke (1), Weichmacher (3), Herbizide (2), Tenside (1), und Arzneimittel (3)	Keine Informationen über den Gesamtanteil der gemessenen Wasserprobe. Die Konzentration der einzelnen Verbindungen wurde erörtert. Die am häufigsten vorkommenden waren Bis(2-ethylhexyl)phthalat, Diethylphthalat und Ketoprofen (am häufigsten)	Zwei In-vitro-Tests (E-Screen-Test und MELN-Assay) wurden zur Bewertung der östrogenen Aktivität verwendet. Das Ziel dieser Studie war es, das tatsächliche Potenzial der enzymatischen Behandlung einiger Mikroschadstoffe wie EDCs, Pharmazeutika, PCPs usw. in realen kommunalen Abwässern zu untersuchen.	kommunale WTP in Italien (Turin)	NA
(Ansorge et al., 2024)	Emerging contaminants in wastewater – results of Joint Danube Survey 4 evaluated via the grey water footprint	419 MKW, darunter Arzneimittel, Agrarchemikalien, Antibiotika, Antipsychotika, Drogenmissbrauch und Tabakhaltsstoffe, Lebensmittelzusatzstoffe, Industriechemikalien und andere.	Der größte Anteil der nachgewiesenen CECs waren zum Teil Arzneimittel. Mit insgesamt 165 Substanzen machen sie 39,4 % aller im Abwasser nachgewiesenen CEC aus. Insgesamt wurden 419 CEC, die während der JDS4 in Abwässern gefunden wurden, in die Analyse einbezogen. Davon wurden 311 CEC in behandeltem Abwasser, das aus Kläranlagen abgeleitet wurde, und 306 CEC in Abwasser, das in Kläranlagen eingeleitet wurde, nachgewiesen. Nur 198 Stoffe wurden sowohl in den Zuflüssen als auch in den Abflüssen zu/von Kläranlagen gefunden.	Ja Daten auch mit PNECs vorgelegt	Gewässer des Donaeinzugsgebiets, einschließlich Abwässer aus ausgewählten Kläranlagen (im Papier nicht angegeben)	Die Autoren erklärten, dass der Vergleich der Ergebnisse dieser Studie mit anderen Studien die wichtigsten Probleme aufzeigt, mit denen sich solche Studien derzeit auseinandersetzen müssen. Das erste Problem ist die Auswahl der PNEC-Werte. Für bestimmte CECs finden sich in der Literatur sehr unterschiedliche PNEC-Werte. Literatur sehr unterschiedliche PNEC-Werte, die sich um mehrere Größenordnungen unterscheiden können. Das zweite Problem ist die Selektivität der meisten Studien, die in der Regel nur eine Auswahl einiger weniger CECs umfassen. Unter diesem Gesichtspunkt stellte die JDS4-Studie einen einzigartigen Datensatz zur Verfügung, auch wenn sie nur 11 ausgewählte Kläranlagen im Donaeinzugsgebiet erfasste. Die verfügbaren Daten erlaubten jedoch keine Bewertung der absoluten Signifikanz, für die man die Gesamtmenge bestimmter CECs im überwachten

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
						Abwasser kennen muss, nicht nur die maximalen und minimalen Konzentrationen. Die Variabilität von CECs im Abwasser unterliegt jedoch einer saisonalen und täglichen Dynamik. Die tägliche Dynamik kann durch die Entnahme von 24-Stunden-Mischproben unterdrückt werden. Die saisonale Dynamik kann durch die Screening-Messungen innerhalb von JDS4 nicht erfasst werden. Es ist davon auszugehen, dass diese Daten auch kurzfristige Schwankungen widerspiegeln, die durch eine Reihe anderer Faktoren verursacht werden.
(Pistocchi et al., 2022)	European scale assessment of the potential of ozonation and activated carbon treatment to reduce micropollutant emissions with wastewater	Zusammenstellung einer Liste von 1337 Chemikalien, die häufig in Abwässern vorkommen, auf der Grundlage mehrerer verschiedener Datensätze. Eine Zuordnung der Stoffe zu bestimmten Gruppen wird nicht vorgenommen. In der Studie heißt es, dass "die Liste mehrere Arzneimittel und Körperpflegeprodukte enthält, Stoffe, die in Haushalten verwendet werden, Metaboliten und Umwandlungsprodukte sowie anorganische Stoffe einschließlich Metalle".	In der Studie wurde für jeden Stoff eine repräsentative, einheitliche Konzentration im Rohabwasser, das in die Kläranlage gelangt, angenommen, um einen Vergleich der Abwasserbehandlungsszenarien unabhängig von der spezifischen Zusammensetzung des Abwassers in jeder Anlage zu ermöglichen. Die Zuordnung der Konzentrationen erfolgte auf der Grundlage verfügbarer Datenbanken. Eine Zuweisung von Stoffen zu bestimmten Gruppen wird nicht vorgenommen. In der Studie heißt es, dass "die Liste mehrere Arzneimittel und Körperpflegeprodukte enthält, Stoffe, die im Haushalt verwendet werden, Metaboliten und Umwandlungsprodukte sowie anorganische Stoffe einschließlich Metalle". Die Konzentrationen in Abwässern wurden auch geschätzt. Hierfür wurden die Gleichungen des SimpleTreat-Modells v. 4.0 verwendet. Weitere Einzelheiten sind in der Studie enthalten.	In der Studie wurde die Toxizität der Mischung anhand mehrerer Schwellenwerte (einschließlich EC50 für Fische, Krebstiere, D. magna und Algen), HC50 und PNEC bewertet.	Die Studie stützt sich auf andere Datenbanken, darunter: - eine Messkampagne im Rahmen der 4. gemeinsamen Donauvermessung (JDS4, http://www.danubesurvey.org/jds4/about), - die oben erwähnte niederländische WATSON-Datenbank, - die Messungen der Kampagne von Finckh et al., 2022, - Konzentrationen, die aus Emissionsschätzungen abgeleitet wurden, die im European Environmental Footprint 3.0 (Saouter et al., 2020).	Einige der in der Studie genannten Unsicherheiten und Einschränkungen: auf Annahmen beruhende Schätzung der relativen Toxizität, begrenzter Schadstoffumfang - einige Stoffe wurden möglicherweise übersehen, Annahme einheitlicher Konzentrationen und fehlende systematische Überwachung
(Lopez-Herguedas et al., 2024)	Evaluating membrane bioreactor treatment for the elimination of emerging contaminants	Die Kombination eines Verdächtigen-Screening-Ansatzes mit hochauflösender Tandem-Flüssigkeitschromatographie	Keine Angaben zum Gesamtanteil in der gemessenen Wasserprobe. Insgesamt 96 Verbindungen, darunter PPCPs, Pestizide, industrielle Wirkstoffe, Phthalate und Hormone wurden	Ja, Berechnung des Risiko-RQ; Das Umweltrisiko, das von den nicht eliminierten Verbindungen nach beiden Behandlungen ausgeht, ist	21 Proben aus einer Kläranlage im Baskenland, Spanien	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
	using different analytical methods	Massenspektrometrie (LC-HRMS) und der Multitarget-Analyse durch Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) ermöglichte den Nachweis von etwa 200 Verbindungen in den Abwässern der Kläranlage.	in allen untersuchten Abwässern quantifiziert. Das ergänzende Material enthält Daten für einzelne Mikroschadstoffe (ohne Angaben zur Quellengruppe).	ähnlich, wobei Anthracen, Clarithromycin, Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) und Dilantin die bedenklichsten Schadstoffe sind (RQ > 1).		
(Nas et al., 2022)	Evaluation of occurrence, fate and removal of priority phthalate esters (PAEs) in wastewater and sewage sludge by advanced biological treatment, waste stabilization pond and constructed wetland	Phthalat-Ester (PAEs): - Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) - Di-n-octylphthalat (DNOP) - Benzylbutylphthalat (BBP)	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber Konzentration auf PAEs.	Nein	Abwasser- und Schlammlösungen von drei verschiedenen Kläranlagen in Konya, Türkei	NA
(Nas et al., 2023)	Fate and removal of pesticides in solid and liquid phases of metropolitan, urban and rural-scale wastewater treatment plants	Pestizide, Atrazin (ATZ), Chlorpyrifos (CPR) und Chlorfenvinphos (CFV)	Keine Angaben über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber Konzentration der Stoffe.	Nein	Proben aus drei verschiedenen Kläranlagen	NA
(Muschket et al., 2024)	Fate of persistent and mobile chemicals in the water cycle: From municipal wastewater discharges to river bank filtrate	127 PM (persistente und mobile) Chemikalien:- 105 REACH-registrierte Industriechemikalien- 4 Pharmazeutika- 7 Umwandlungsprodukte- 1 Pestizid- 2 Süßstoffe	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben.Unter den 20 häufigsten Stoffen, die in Oberflächengewässern gefunden wurden, waren viele Industriechemikalien (REACH), Arzneimittel, Süßstoffe und Verarbeitungsprodukte.	Nach Ansicht der Studienautoren scheinen alle diese Chemikalien das regulatorische Kriterium für die Einstufung als "mobil" oder "sehr mobil" zu erfüllen.Gesundheitsbezogene Indikatorwerte (HRIV) für ausgewählte Stoffe.	Untersucht wurden Abwässer und Oberflächenwasser. Das Abwasser von sechs deutschen Kläranlagen (von 52.000 bis 1.350.000 Einwohnerwerten), alle mit mechanischer und biologischer Reinigungsstufe, wurde zwischen Januar und Oktober 2021 drei- bis vierzehnmal (n = 38) gesammelt.	NA
(Guillossou et al., 2021)	Fluorescence excitation/emission matrices as a tool to monitor the removal of organic micropollutants from wastewater effluents by adsorption onto activated carbon	20 Pharmazeutika 5 Pestizide 2 Hormone 1 perfluorierte Säure	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber Informationen über die Konzentration der einzelnen Verbindungen.	Nein	Probenahme von Abwasser aus der Kläranlage Seine Centre	NA
(Müller et al., 2020)	Influence of Emission Sources and Tributaries on the Spatial and Temporal Patterns of Micropollutant Mixtures	97 organische Mikroschadstoffe (Zielverbindungen) - Pestizide - Pharmazeutika	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Zwei Probenahmestellen an einem Fluss (Ammer, Deutschland) nach einem Unwetterereignis	Es wurden zwei Bioassays durchgeführt, die die Reaktion auf oxidativen Stress (AREC32) und die Induktion der durch Kohlenwasserstoffrezeptoren aktivierten Luciferase-	Messungen an 2 verschiedenen Probenahmestellen	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
	and Associated Effects in a Small River	- Industrie- und Haushaltschemikalien	Probenahmestelle 1: 11 Pestizide, 9 Pharmazeutika, 7 Industrie- und Haushaltschemikalien Probenahmestelle 2: 10 Pestizide, 17 Pharmazeutika, 6 Industrie- und Haushaltschemikalien (Hinweis: Das ergänzende Material enthält die gemessenen Konzentrationen aller Zielsubstanzen)	Genexpression (AhR-CALUX) abdecken. Die Mischungseffekte aller Chemikalien wurden bewertet.		
(Diogo et al., 2023)	Insights into environmental caffeine contamination in ecotoxicological biomarkers and potential health effects of Danio rerio	Koffein	Koffeinkonzentrationen in verschiedenen Gewässern und Regionen werden angeführt	Die Studienergebnisse deuten darauf hin, dass umweltrelevante Konzentrationen von Koffein die Stoffwechselwege in D.rerio beeinflussen, d.h. Koffein induziert: i) erhebliche Störungen der antioxidativen Abwehrwege (SOD, GRed und GSH); ii) die zellulären Mechanismen der Energieallokation sind in gewissem Maße betroffen, wie z.B. die LDH-Aktivität und der Lipidgehalt; iii) die höchsten Konzentrationen von Koffein waren für neuro-oxidative Störungen in D.rerio verantwortlich	Übersicht über Studien zu wissenschaftlichen Studien über Koffein	NA
(Kizgin et al., 2024)	Integrating Biological Early Warning Systems with High-Resolution Online Chemical Monitoring in Wastewater Treatment Plants	Gemischter zielgerichteter und nicht zielgerichteter Ansatz. Arzneimittel (gezieltes Screening) und Insektizide (2,4-Dichlorphenol, Carbofuran) (nicht gezieltes Screening) und Industriechemikalien (Tributylphosphat) (nicht gezieltes Screening).	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber die Konzentration wird angegeben. 2,4-Dichlorphenol (1.000 ug/L) Carbofuran (1,4 ug/L) Tributylphosphat (15,3 ug/L) Lidocain (1,2 ug/L) Xylazin (1,8 ug/L) Aminoantipyrin (4,2 ug/L)	Nein	Messung von Proben in einer großtechnischen Kläranlage (Kanton St. Gallen, Schweiz), die kommunale Abwässer von etwa 39 000 Einwohnergleichwerten (3,6 Mio. m ³ /a) aufnimmt.	Die Autoren weisen darauf hin, dass die Ergebnisse aufgrund von Matrixeffekten mit Vorsicht zu genießen sind.
(Salgado et al., 2022)	Microalgal Cultures for the Bioremediation of Urban Wastewaters in the Presence of Siloxanes	Es wurden 7 Siloxane untersucht: D3-D6 und L3-L5	Konzentrationen von Siloxanen im primären Abwasser (roh und gefiltert) und im sekundären Abwasser (roh und gefiltert)	Nein	Proben von Abwässern (primär und sekundär) aus einer portugiesischen Kläranlage mit über 10.000 EW.	NA
(Proctor et al., 2021)	Micropollutant fluxes in urban environment – A catchment perspective	In der Studie wurden 142 CEC in einem Flusseinzugsgebiet untersucht, das von 5 städtischen Gebieten beeinflusst wird.	Die Studie ergab, dass ein breites Spektrum an Schadstoffen nachgewiesen wurde, wobei 112 von 138 CEC in der wässrigen Phase (ZuflussAQ) und 74 von 96 in den festen Partikeln (ZuflussSPM) gefunden wurden. Davon waren 39 Chemikalien durchgängig in allen Proben in beiden Phasen vorhanden.	Nein	Die Proben wurden an 7 aufeinanderfolgenden Tagen zwischen Juni und Oktober 2015 in 5 Kläranlagen im Vereinigten Königreich entnommen. Die Kläranlagen hatten unterschiedliche	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
			<p>Dazu gehörten Antidepressiva, Analgetika, Stimulanzien wie Kokain und Industriechemikalien wie Bisphenol A (BPA) und benzophenone-1.</p> <p>Die chemische Zusammensetzung unterschied sich deutlich zwischen den beiden Phasen. Die wässrige Phase enthielt vor allem Lifestyle-Chemikalien wie Koffein und Nikotin, nichtsteroidale entzündungshemmende Medikamente (NSAIDs) und Antidiabetika, wobei über 96 % dieser Verbindungen in dieser Phase enthalten waren. Im Gegensatz dazu wurde die feste Phase von BPA dominiert, das 69,6 % der Belastung ausmachte, gefolgt von Antidepressiva mit 12,9 % und Antimykotika mit 4,1 %.</p>		<p>Behandlungstechnologien und bedienten unterschiedlich große Bevölkerungsgruppen. Die Probenahmeverfahren umfassten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - volumenproportionale Probenahme für den Zufluss Abwasser. - zeitproportionale Probenahme für den Abfluss. - Stichproben für Flusswasser flussaufwärts und flussabwärts der Einleitungsstellen sowie für Faulschlamm in zwei Kläranlagen. <p>Dieser Ansatz ermöglichte eine umfassende Datenerhebung zu Abwasser und Umweltbedingungen.</p>	
(Lanes et al., 2024)	Monitoring (micro-)pollutants in wastewater treatment plants: Comparing discharges in wet- and dry-weather	<p>78 Zielverbindungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - 7 konventionelle Schadstoffe - 19 Metalle - 52 Mikroschadstoffe (23 Pestizide, 25 PFAS, MEBICAR, 2-Methyl-5-Methylthio-1,3,4-Thiadiazol (MMtTD), Dimetridazol (DMZ) und Tris(2-Chlorethyl)phosphat (TCEP)) 	<p>Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber Informationen über die Konzentration für einzelne Verbindungen.</p> <p>Von den 78 analysierten Verbindungen lagen 3/19 Metalle, 12/23 Pestizide und 18/25 PFAS in allen Proben unterhalb der LOQ.</p>	<p>Die Ökotoxizität wurde durch Immobilisierung an Daphnia magna analysiert. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Proben mit den höchsten Nährstoffkonzentrationen, d. h. die zu Beginn des Ereignisses (Sturm) oder während kleiner Regenereignisse gesammelten Proben, eine höhere Toxizität aufweisen, während am Ende der Ereignisse, wenn die Konzentrationen von Pestiziden höher, die Konzentrationen von konventionellen Schadstoffen und Metallen jedoch niedriger sind, die Toxizität ebenfalls geringer ist.</p>	<p>Eine Kläranlage am Stadtrand von Mailand wurde bei trockenem und nassem Wetter beprobt</p>	NA
(Langeveld et al., 2023)	Monitoring organic micropollutants in stormwater runoff with the method of fingerprinting	<p>Die Konzentration von 403 organischen Mikroschadstoffen im Regenwasser wurde mit der Fingerprint-Methode geschätzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 254 Pestizide - 28 Organochlorpestizide 	<p>Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber die Konzentration wurde geschätzt.</p> <p>Nachgewiesene Mikroschadstoffe im Regenwasseranteil in Kläranlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> - 24 von 254 Pestiziden - 6 von 28 Organochlorpestiziden 	Nein	<p>Proben, die am Zufluss von 5 verschiedenen Kläranlagen in den Niederlanden entnommen wurden; der Anteil des Regenwasserabflusses in der Kläranlage wurde berechnet und die Konzentrationen von Mikroschadstoffen wurden mit</p>	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
		- 63 Pharmazeutika - 15 PAKs - 7 PCBs - 33 andere Stoffe	- 45 von 63 Pestiziden - 15 von 15 PAKs - 2 von 7 PCBs - 20 von 33 sonstigen Stoffen		einer neuen Methode, dem so genannten Fingerprinting, ermittelt.	
(Aggerbeck et al., 2024)	Non-target Analysis of Wastewater Treatment Plant Effluents: Chemical Fingerprinting as a Monitoring Tool.	Ein Nicht-Ziel-Screening ohne Analyten von besonderem Interesse vor der Durchführung der Forschung. Die Analyse ergab Stoffe, die zu mehreren verschiedenen Gruppen gehören: Natürliche Stoffe: - Aminosäuren- Endogene Metaboliten Synthetische Stoffe: - Industriechemikalien- PCP- Pestizide- Reagenzien und Standards- Therapeutika und Arzneimittel	4094 eindeutige Substanzen wurden in den Wasserproben nachgewiesen, wobei 1482 als Hintergrundrauschen herausgefiltert wurden. Zur Kategorisierung der Stoffe wurde ein mehrstufiges Identifizierungssystem verwendet, das von bestätigten Verbindungen mit experimentellen Daten bis hin zu solchen reicht, die nur durch Massenspektrometriedaten identifiziert wurden. Mit diesem System wurden 785 Verbindungen bestätigt, von denen 451 Verbindungsklassen zugeordnet wurden. 38 Verbindungen wurden mit hausinternen Bibliotheken bestätigt. Darüber hinaus identifizierte Compound Discoverer 16 Verbindungen, die sich in ihrem Vorkommen zwischen den Standorten erheblich unterschieden. Dazu gehörten 10 Verbindungen aus der Kategorie Therapeutika und Arzneimittel (z. B. das Antibiotikum Clarithromycin und das Antikonvulsivum Oxcarbazepin), 4 Pestizide (z. B. Propiconazol und Prosulfocarb), 1 Flammschutzmittel (Tributylphosphat) und 1 Körperpflegemittel (die Sonnenschutzmittelkomponente 2-Ethylhexylsalicylat).	NA	Abwasserproben aus 3 Kläranlagen in Dänemark mit einem Wassergehalt von 12.000 bis 400.000 und unterschiedlicher Nähe zu Städten, Krankenhäusern, Industrie und ländlichen Gebieten.	Einige in der Studie erwähnte Einschränkungen: - Verzerrung durch vorgefertigte Bibliotheken (der Rückgriff auf bereits bestehende Bibliotheken zur Identifizierung von Verbindungen kann zu einer Verzerrung führen, insbesondere in Bezug auf bekannte Substanzen, was sich im höheren Anteil der identifizierten Therapeutika und Arzneimittel zeigt. Diese Verzerrung kann im Laufe der Zeit abnehmen, wenn mehr Verbindungen zu den Bibliotheken hinzugefügt werden) - Begrenzte Stichprobengröße (die Studie untersuchte nur eine kleine Anzahl von Proben aus drei Kläranlagen, was es schwierig macht, allgemeine Aussagen zu treffen) - Bedenken hinsichtlich der Zytotoxizität (die Auswirkungen der identifizierten Verbindungen, insbesondere der Metaboliten aus verschiedenen Quellen, auf mikrobielle Gemeinschaften müssen weiter untersucht werden) - Probleme bei der Quantifizierung (im Rahmen der Studie wurden Verbindungen in sehr niedrigen Konzentrationen nachgewiesen, aber das bloße Vorhandensein einer Verbindung bedeutet nicht unbedingt, dass sie ein erhebliches Risiko darstellt) - rechnerische Herausforderungen (die

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
						Analyse großer Datensätze, die Tausende von Verbindungen enthalten, bereitet rechnerische Schwierigkeiten)
(Chiriac et al., 2020)	Occurrence and Fate of Bisphenol A and its Congeners in Two Wastewater Treatment Plants and Receiving Surface Waters in Romania	Bisphenol A und seine Kongenere	Bisphenol A: 69,9-75,2 ng/L 4-Hydroxyacetophenon: 17,8-20,8 ng/L	Die ermittelten Konzentrationen stellen kein Risiko für die menschliche Gesundheit dar, wenn sie als Trinkwasserquellen genutzt würden. Darüber hinaus stellen die in den Abwässern ermittelten BPA- und BPS-Werte nur ein geringes Risiko für aquatische Organismen dar.	Die Proben stammen aus den kommunalen Kläranlagen der Städte Braila und Targu-Jiu. Die Stadt Braila (A) liegt im östlichen Teil Rumäniens, während die Stadt Targu-Jiu (B) im südwestlichen Teil Rumäniens liegt.	NA
(Golovko et al., 2021)	Occurrence and removal of chemicals of emerging concern in wastewater treatment plants and their impact on receiving water systems	Gezielte Analyse von 164 besorgniserregenden Kontaminanten (CECs): - 96 Pharmazeutika - 4 Körperpflegeprodukte - 9 Industriechemikalien - 10 Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFASs) - 34 Pestizide - 3 Parabene - 3 Stimulanzien - 2 Vitamine - 1 Droge - 1 Fettsäure - 1 Isoflavone	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. 119 von 154 Ziel-CECs wurden in den meisten Proben nachgewiesen, darunter Arzneimittel, Körperpflegeprodukte, Industriechemikalien, PFAS, Pestizide, Parabene, Stimulanzien und Vitamine. Die wichtigsten Gruppen waren NSAIDs (nichtsteroidale entzündungshemmende Medikamente), Stimulanzien, Antidiabetika und Industriechemikalien. Die höchsten Konzentrationen und eine hohe Nachweishäufigkeit (> 50 %) wurden für drei Industriechemikalien, 15 Arzneimittel und die Stimulanzien Koffein und Nikotin festgestellt. Bei den einzelnen CEC wurden die höchsten Konzentrationen für Metformin (bis zu 54.000 ng/L), Koffein (64.000 ng/L) und Nikotin (9600 ng/L) im Abwasserzufluss und -abfluss festgestellt.	Nein	Abwasserproben aus 15 schwedischen Kläranlagen im Zulauf und Ablauf	NA
(Đurišić-Mladenović et al., 2024)	Occurrence of contaminants of emerging concern in different water samples from the lower part of the Danube River Middle Basin – A review	70 besonders besorgniserregende Schadstoffe (CECs) in Abwässern - Pharmazeutika - Industriechemikalien - PFAS - Pestizide - Körperpflegeprodukte	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Die höchste Konzentration von CEC in Abwässern wurde für pharmazeutisch aktive Verbindungen festgestellt, gefolgt von Pestiziden und Industriechemikalien. Der höchste Wert in Abwasserproben lag bei mehr als 2000 µg/L für lineares Alkylbenzolsulfonat (das zu den Industriechemikalien gezählt wird). Der höchste Wert an Arzneimitteln (39,15 µg/L Carboxy-Cyclophosphamid) wurde in einer	Nein	Überprüfung von 38 wissenschaftlichen Arbeiten, in denen über das Vorkommen von CECs in verschiedenen Wassertypen aus den Ländern des unteren Teils des mittleren Donaubeckens berichtet wurde	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
			Probe aus Slowenien gefunden, die Krankenhausabwässer repräsentiert. Im unteren Teil des mittleren Donaubeckens waren die Werte für Arzneimittel ähnlich, mit Höchstwerten um 20 µg/L. Die PFAS-Gehalte in Abwässern weisen in der gesamten Region eine ähnliche Bandbreite an Konzentrationen auf.			
(Beltrán De Heredia et al., 2024)	Occurrence of emerging contaminants in three river basins impacted by wastewater treatment plant effluents: Spatio-seasonal patterns and environmental risk assessment	Gezielte Analyse von 270 Verbindungen - Pharmazeutika - andere Konsumgüter - Pestizide - Industriechemikalien	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Von den 270 Verbindungen wurden 68 Analyten überhaupt nicht nachgewiesen. 187 Verbindungen wurden in mindestens einer Kläranlage nachgewiesen: - 115 Pharmazeutika - 7 andere Konsumgüter - 32 Pestizide - 33 Industriechemikalien	Nein	Die Proben wurden in drei Flusseinzugsgebieten im Baskenland (Nordspanien) entnommen. Diese Flusseinzugsgebiete wurden ausgewählt, da sie durch die behandelten Abwässer aus Kläranlagen belastet sind.	NA
(Montes et al., 2023)	Occurrence of persistent and mobile chemicals and other contaminants of emerging concern in Spanish and Portuguese wastewater treatment plants, transnational river basins and coastal water	Untersuchte CECs: PPCPs und ihre Metaboliten (n=22), Pestizide (n=8), Lebensmittelzusatzstoffe (n=2), Industriechemikalien (n=18) und Reinigungsmittel (2).	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, Konzentrationen in der Studie, die sowohl rohes als auch behandeltes Abwasser einschließt.	RQ wurden für jeden Stoff berechnet.	Rohabwasser und gereinigtes Abwasser aus Kläranlagen in Spanien und Portugal.	NA
(Nas et al., 2020)	Occurrence, loadings and removal of EU-priority polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in wastewater and sludge by advanced biological treatment, stabilization pond and constructed wetland	8 polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffverbindungen (PAH), die von der Europäischen Union (EU) als prioritäre Mikroschadstoffe anerkannt wurden von der Europäischen Union (EU) anerkannt wurden, wurden im Abwasser analysiert Benzo[a]pyren (B[a]P) Benzo[b]fluoranthen (B[b]F) Benzo[g,h,i]perylene (B[g,h,i]P) Benzo[k]fluoranthen (B[k]F) Fluoranthen (FLU) Naphthalin (NAP) Anthracen (ANT) Indeno(1,2,3-cd)pyren ([1,2,3-cd]P)	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Ausgewählte CECs durchschnittliche Konzentrationen: Siehe Registerkarte "Ausgewählte Stoffe"	Nein	Türkei - drei verschiedene Kläranlagen an unterschiedlichen Orten in derselben Stadt zwischen September 2017 und August 2018 über ein Jahr Großkläranlage (Konya), in der es industrielle Aktivitäten gibt Mittelgroße Kläranlage (Eregli), in der es nur begrenzte industrielle Aktivitäten gibt, Kleine Kläranlage (Zincirlikuyu), in der es keine industriellen Aktivitäten gibt.	NA
(Kaiser et al., 2021)	Ozone as oxidizing agent for the total oxidizable precursor (TOP) assay	13 PFAS, 1 Korrosionsinhibitor (Benzotriazol (BTA)), 2 Arzneimittel (Carbamazepin	PFAS-Konzentrationen im Abwasser (ng/L): PFBA (11.01) PFPeA (3.91)	Nein	Abwässer aus Kläranlagen in Österreich. Keine weiteren Details in der Studie.	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
	and as a preceding step for activated carbon treatments concerning per- and polyfluoroalkyl substance removal	(CBZ) und Trimethoprim (TMP))	<p>PFHxA (6,83) PFHpA (1,54) PFOA (12,71) PFNA (0,70) PFDA (0,57) PFUnDA (<LOD) PFBS (2,16) PFHxS (1,14) PFOS (2,77) DONA (2,62) GenX (4,45)</p> <p>Andere Stoffe: BTA (1311,3) CBZ (114,5) TMP (38,2)</p>			
(Neef et al., 2022)	Performance of Micropollutant Removal during Wet-Weather Conditions in Advanced Treatment Stages on a Full-Scale WWTP	In den aus der Kläranlage entnommenen Proben wurden insgesamt 26 organische Mikroschadstoffe gemessen: Pharmazeutika (n=12) Lebensmittel (n=1) Korrosionsschutzmittel (n=2) Industriechemikalien (n=4) Flammschutzmittel (n=3) Insektenschutzmittel (n=2) Herbizid (n=2)	<p>Keine Angaben zum Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber Konzentrationen im Ablauf des Nachklärbeckens werden angegeben.</p> <p>Die höchsten Konzentrationen wurden sowohl bei trockenem als auch bei nassem Wetter für die Korrosionsinhibitoren 1H-Benzotriazol und Tolyltriazol festgestellt. Bei trockenem Wetter erreichten ihre Konzentrationen 15,8 µg/L bzw. 16,8 µg/L, was doppelt so hoch ist wie die in den Proben bei nassem Wetter festgestellten Werte. Diese Konzentrationen sind bis zu 100 Mal höher als die für Ibuprofen oder das Herbizid Tertbutyl gemessenen Werte. Darüber hinaus werden die Konzentrationen im Abwasser nach der PAC-Behandlung und im Abwasser nach dem GAC-Filter angegeben. Die Untersuchung ergab, dass bei beiden Verfahren unterschiedliche Entfernungseleistungen zu beobachten sind, die mit Einflüssen wie HRT, Zulaufkonzentrationen, pH-Wert, Temperatur und unterschiedlichen Eigenschaften der beiden Aktivkohleprodukte zusammenhängen (die Konzentrationen sind nur in der Abbildung dargestellt).</p>	Nein	Eine Fallstudie, die auf der Kläranlage in Mannheim, Deutschland, durchgeführt wurde. Die Kläranlage hat eine Größe von 725.000 EW und einen Zufluss von rund 78.000 m3 pro Tag. Etwa 50 % des Abwasservolumens stammt aus der chemischen Industrie, der metallverarbeitenden Industrie und der Lebensmittelindustrie. Die Kläranlage verfügt über eine vollwertige zusätzliche Behandlungsstufe mit PAC im Teilstrombetrieb und einen GAC-Filter für weitere Untersuchungen zur Entfernung von Mikroschadstoffen. Beide Behandlungsstufen wurden einmal bei Trockenwetter und zweimal bei Regenwetter beprobt.	Einige der in der Studie ermittelten Unwägbarkeiten: 1. unkontrollierbare äußere Einflüsse wie Regenereignisse 2. begrenzte Probenahme und zeitlicher Umfang 3. Ressourcenbeschränkungen 4. Fehlen einer breiteren Validierung 5. Die Ergebnisse können nicht über die untersuchten spezifischen Bedingungen hinaus verallgemeinert werden (z. B. feuchte Wetterbedingungen in Mannheim)
(Scheurer et al., 2022)	Persistent and mobile organic chemicals in water resources: Occurrence and removal options for water utilities	26 Persistente und mobile Stoffe (PM)	Für den Rhein werden die Stoffkonzentrationen und für Rhein und Alb die quantitative Verteilung der Stoffe an den verschiedenen Probenahmestellen dargestellt.	NA	> 120 Oberflächenwasserproben von verschiedenen Probenahmestellen an Alb und Rhein	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
(Ullberg et al., 2021)	Pilot-scale removal of organic micropollutants and natural organic matter from drinking water using ozonation followed by granular activated carbon	99 Zielverbindungen: - PFAS - Pharmazeutika - andere organische Mikroschadstoffe	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber Konzentration der Stoffe. In einer Kläranlage in Görvåln, Schweden, wurden 29 Verbindungen nachgewiesen (22 Arzneimittel, 2 PFAS, 6 andere OMP), und die Substanzkonzentrationen des einfließenden Abwassers sind dargestellt. Die höchsten Konzentrationen wurden für Koffein (22+-3,8 ng/L) und Tolytriazol (13+-6,9 ng/L) festgestellt.	NA	Messungen (Probenahmestellen auf verschiedenen Stufen einer Kläranlage)	NA
(Tasselli et al., 2021)	Polycyclic musk fragrance (PMF) removal, adsorption and biodegradation in a conventional activated sludge wastewater treatment plant in Northern Italy. The wastewater treatment plant (WWTP) pipeline includes initial treatment stages such as coarse screening and primary settling, followed by a conventional activated sludge (CAS) system comprising an anoxic tank and an aerobic tank. The final stage involves tertiary treatment, which consists of filtration and ultraviolet (UV) disinfection.	5 polyzyklische Moschusduftstoffe (PMF)	Die PMF-Konzentration wurde diskutiert. Galaxolid (HHCB) war die Verbindung mit den höchsten Konzentrationen und lag zusammen mit HHCB-Lacton im µg L-1-Bereich.	In anderen Studien werden die folgenden Gefahren genannt: - Die akute Toxizität für Wasserorganismen reicht von Hunderten von µg L-1 bis zu Mengen von <20 mg/L - es liegen derzeit keine Daten zur chronischen Toxizität vor, und es wurden nur wenige Studien zu subchronischen Wirkungen veröffentlicht - oxidativer Stress	Messungen (Wasser- und Schlammproben in einer Kläranlage in Norditalien)	NA
(García-Vara et al., 2023)	Prioritization of organic contaminants in a reclaimed water irrigation system using wide-scope LC-HRMS screening	Verdachtsscreening von Proben ohne vordefinierte Auswahl von Analyten	Es wurden 158 besorgniserregende Schadstoffe (CECs) identifiziert, darunter Arzneimittel, Industriechemikalien und Pestizide sowie andere. Mehr als 50 % der vorläufig identifizierten CECs waren Arzneimittel, was mit dem häuslichen Ursprung des Abwassers in Einklang zu bringen ist. Pharmazeutika, Pestizide und Industriechemikalien waren die in den untersuchten Gewässern am häufigsten nachgewiesenen CEC-Klassen. Im Wasser, das im Winter und im Sommer zur Bewässerung verwendet wird, wurden halbquantifizierte Konzentrationen der CECs gefunden.	Ja, PNEC-Werte und RQ abgeleitet: Hinsichtlich des ökotoxikologischen Risikos wiesen 14 der 119 vorläufig identifizierten CECs einen individuellen RQ-Wert von über 1 auf und wiesen somit eine für die aquatische Umwelt potenziell toxische Konzentration auf. Davon würde O-Desmethyl-Venlafaxin mit einem RQ-Wert von 175 das höchste Risiko darstellen; danach würden	Überwachung des Zuflusses (A) und des Abflusses (B) von Wasseraufbereitungsanlagen (WRP) städtischen und industriellen Ursprungs in Spanien. In die Kanäle eingeleitetes aufbereitetes Wasser (C) und flussabwärts für die Bewässerung entnommenes Wasser (Mischung aus aufbereitetem Wasser und Oberflächenwasser) (D).	Wie von den Autoren angegeben, weist dieser Ansatz einige analytische Einschränkungen auf, z. B. werden hochpolare und apolare Verbindungen möglicherweise nicht erfasst, und in den verwendeten Verdächtigenlisten fehlen Verbindungen (z. B. Umwandlungsprodukte).

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
				Venlafaxin und Galaxolidon (ein Metabolit des Körperpflegemittels Galaxolid) ein hohes Risiko (RQ > 10) und die übrigen Verbindungen ein mäßiges Risiko (1 < RQ < 10) aufweisen. Zu dieser letzten Kategorie gehörten Industriechemikalien (2-Ethylhexyl-Diphenyl-Phosphat, N-Phenyl-1-Naphthylamin und Caprolactam), Arzneimittel (Carbamazepin, Sulfamethoxazol und Temazepam), Reifenabriebmittel (N,N'-Diphenylguanidin) sowie Koffein und sein Metabolit Theophyllin.		
(García-Galán et al., 2021)	Removal and environmental risk assessment of contaminants of emerging concern from irrigation waters in a semi-closed microalgae photobioreactor	Es wurden 13 bedenkliche Schadstoffe (Contaminants of Emerging Concern, CEC) untersucht: - 6 Pharmazeutika, - 4 Körperpflegeprodukte, - 2 flammhemmende Mittel und - 1 Tensid	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Konzentrationen werden bereitgestellt. Durchschnittliche Konzentrationen ausgewählter CECs : - Diclofenac (DCF): 1106 ± 111 ng/g - Carbamazepin (CBZ): 717 ± 59 ng/g - N,N-Diethyl-m-Toluamid (DEET): 699 ± 90 ng/g - Tris(2-Chlorethyl)phosphat (TCEP): 284 ± 29 ng/g - Surfinol 104 (TMDD): 256 ± 42 ng/g	Ja, Ökotoxizitätspunkte und Gefahrenquotienten geschätzt.	Aufbereitetes Abwasser aus einer städtischen Kläranlage und landwirtschaftliche Abwässer von landwirtschaftlichen Flächen (Bewässerungswasser) aus Spanien	NA
(Bogunović et al., 2021)	Removal of selected emerging micropollutants from wastewater treatment plant effluent by advanced non-oxidative treatment - A lab-scale case study from Serbia	Es wurden 48 Mikroschadstoffe analysiert, darunter pharmazeutische Wirkstoffe, Bisphenole, Parabene und UV-Filter. Beispiele für Stoffe sind: 2,4-Dihydroxybenzophenon (DH-BP) Bisphenol F (BPF) Bisphenol S (BPS) Ketoprofen (KP) Diclofenac (DF) Carbamazepin (CBZ)	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Informationen über die Konzentration sind enthalten. Nur 16 Stoffe lagen in mindestens einer Probe über der LOQ.	Nein	Die Abwasserproben wurden dreimal im September und Oktober und Oktober 2017 in der kommunalen Kläranlage "Vodokanal" Sombor in Serbien.	NA
(Delli Compagni et al., 2020)	Risk assessment of contaminants of emerging concern in the context of wastewater reuse for irrigation: An	13 Kontaminanten, die Anlass zu Besorgnis geben (CECs): - Clarithromycin (CLA)- Sulfamethoxazol (SMX)- Diclofenac (DCF)- Ibuprofen	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber vorhergesagte Konzentration.	Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit wurden bewertet	Vorhersage der CEC-Konzentrationen anhand des Flussmodells in Dänemark; Anwendung des Modells auf eine Fallstudie in Italien	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
	integrated modelling approach	(IBU)- Paracetamol (PAR)- Carbamazepin (CBZ)- Furosemid (FUR)- 17-a-Ethinylestradiol (EE2)- 17-b-Östradiol (E2)- Estron (E1) - Perfluorooctansäure (PFOA) - Perfluoroktansulfonat (PFOS)- Triclosan (TCS)				
(Narain-Ford, van Wezel, et al., 2022)	Soil self-cleaning capacity: Removal of organic compounds during sub-surface irrigation with sewage effluent	89 Besonders besorgniserregende Schadstoffe (CoEC) - Herbizide, Industriechemikalien, Arzneimittel, Körperpflegeprodukte und deren Umwandlungsprodukte.	Keine Angaben zum Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, aber gemessene Konzentrationen der gemessenen Stoffe. Top 5: 1H-Benzotriazol (Industriechemikalien)Metoprolol (Arzneimittel)Sotalol (Arzneimittel)Triethylphosphat (Industriechemikalien)Furosemid (pharmazeutisch)	Die CoECs werden vier Persistenz-Mobilitäts-Klassen zugeordnet, d. h. hohe Persistenz und hohe Mobilität (PM), hohe Persistenz und geringe Mobilität (Pm), geringe Persistenz und hohe Mobilität (pM) und geringe Persistenz und geringe Mobilität (pm)	Kläranlagenabwasser aus 1 Kläranlage in den Niederlanden. Es wurden fünf Probenahme-Episoden von September 2017 bis April 2019 durchgeführt.	NA
(Seelig et al., 2024)	Sources of persistent and mobile chemicals in municipal wastewater: a sewer perspective in Leipzig, Germany	67 PM (Persistenz-Mobilität) Chemikalien	Keine Informationen über den Gesamtanteil der gemessenen Wasserprobe, aber Konzentration ausgewählter Analyten. CSA (4-Isopropylbenzolsulfonsäure) wies die höchste Konzentration in einer einzigen Probe auf (11 mg L-1). Sie wurde in fast jeder Probe nachgewiesen, allerdings in sehr unterschiedlichen Konzentrationen, die über zwei Größenordnungen liegen. Dies zeigt sich auch an den vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Chemikalie. CSA wird in großem Umfang in der Industrie, im verarbeitenden Gewerbe und in Haushaltsprodukten wie Bleichmitteln und Lufterfrischern verwendet oder zur Herstellung von Tensiden eingesetzt. In dieser Studie wurden die höchsten Konzentrationen von CSA in den Abwässern von Pflegeheimen und in Proben aus der Verkehrs- und Reinigungsindustrie gefunden.	NA	19 Abwasserproben wurden in der Kanalisation von Leipzig Abwassersystem von Leipzig, Deutschland, aus verschiedenen Einzugsgebieten kategorisiert in klinische, häusliche und industrielle Abwässer.	NA
(Hinnenkamp et al., 2022)	Target, suspect and non-target screening analysis from wastewater treatment plant effluents to drinking water using collision crosssection values as additional identification criterion	In dem aus den Kläranlagen abgeleiteten behandelten Wasser wurden insgesamt 51 Stoffe in unterschiedlichen Konzentrationsbereichen gefunden. Von diesen Stoffen wurden 19 auch in der Trinkwasserprobe nachgewiesen.	In Kläranlagenabwässern (n=2) nachgewiesene Stoffe im Konzentrationsbereich >1000 ng/L beim quantitativen Screening: Korrosionsinhibitor (1H-Benzotriazol)Arzneimittel (4-Aminoantipyrin, Candesartan, Carbamazepin, Diclofenac, Gabapentin, Metoprolol, Telmisartan, Valsartan, Valsartansäure).	Der Studie zufolge gibt es derzeit keine gesetzlichen Grenzwerte für die im Trinkwasser nachgewiesenen Verbindungen. Für 10 dieser Verbindungen gibt es jedoch gesundheitsbezogene Richtwerte: 0,3 µg/L: für Stoffe wie 10,11-Dihydroxy-10,11-dihydrocarbamazepin, Candesartan, Carbamazepin	In der Studie wurden mehrere Umweltkompartimente untersucht, darunter Trinkwasser, Oberflächenwasser, Rohwasser, Prozesswasser und zwei Kläranlagenabwässer.	In der Studie heißt es, dass das Non-Target-Screening, bei dem unbekannte Verbindungen in Wasser analysiert werden, mit Herausforderungen wie der Komplexität der Daten und dem Bedarf an fortschrittlichen Verarbeitungstechniken konfrontiert ist.

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
				und Valsartansäure.1 µg/L: für Gabapentin, Gabapentin-Lactam und Iopamidol.3 µg/L: für 1H-Benzotriazol, Chlorthalonil M-12 und Methyldephenyl-Chloridazon. Die Studie kam zu dem Schluss, dass derzeit kein Risiko für die menschliche Gesundheit mit den Konzentrationen dieser Stoffe in den untersuchten Trinkwasserproben verbunden ist.		Priorisierungsmethoden helfen dabei, die relevantesten Merkmale zu identifizieren, und Datenquellen wie ChemSpider oder PubChem helfen beim Abgleich der entdeckten Verbindungen mit bekannten Substanzen. Einige Substanzen sind jedoch so neu, dass sie mit diesen Methoden allein nicht identifiziert werden können.
(Kilpinen et al., 2024)	Temporal trends and sources of organic micropollutants in wastewater	Es wurden sowohl gezielte als auch verdächtige Screening-Ansätze angewandt, die eine vollständige Quantifizierung von 64 Mikroschadstoffen und die Identifizierung von 90 weiteren Verbindungen durch ein verdächtiges Screening ermöglichten. Biozide: 12 Pharmazeutika: 35 Süßstoffe: 2 Körperpflegeprodukte und Zusatzstoffe: 5 Persistente organische Schadstoffe (POPs): 7 Natürliche Verbindungen und Metaboliten: 3	Keine Angaben über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, 64 Mikroschadstoffe wurden quantifiziert. Die Konzentrationen wurden in der Studie angegeben.	Nein	168 Abwasserproben in Dänemark über drei Monate aus derselben Kläranlage	NA
(Freeling et al., 2020)	Under the radar – Exceptionally high environmental concentrations of the high production volume chemical	Nur Sulfaminsäure	Die Sulfamatkonzentrationen in den Zu- und Abflüssen der untersuchten Kläranlagen reichten von 520 mg/L bis 1900 mg/L und von 490 mg/L bis 1600 mg/L. Dies bedeutet, dass typische Sulfamatkonzentrationen im Kläranlagenablauf in Deutschland mehr als 1000-mal höher sind als die Abwasserkonzentrationen der häufig verwendeten Arzneimittel CBZ und Diclofenac, die im Allgemeinen im mittleren ng/L-Bereich nachgewiesen werden	Ja, Gefahren werden diskutiert.	Messung der Zu- und Abflüsse von fünf konventionellen Kläranlagen (d.h. konventionellen Belebtschlammanlagen) in Deutschland	NA
(Ng et al., 2023)	Wide-scope target screening characterization of legacy and emerging contaminants in the	Gezieltes Screening von 212 besorgniserregenden Schadstoffen (CEC) - PPCPs, Industriechemikalien und PSM	Es werden keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben, die Konzentrationen der einzelnen CECs zur Verfügung gestellt.	Die Erwähnung bei den CECs steht auf der Beobachtungsliste die durch den Durchführungsbeschluss	11 Kläranlagen entlang der Donau in 10 EU-Ländern	NA

Referenz	Titel	Welche Mikroschadstoffe werden berücksichtigt?	Gibt es Angaben zu Mengenverhältnissen (Gesamtanteil an Mikroschadstoffen, Untergruppen von Mikroschadstoffen, spezifische Stoffe)?	Gibt es einen Hinweis auf die Toxizität/Gefährlichkeit der Mikroschadstoffe?	Aus welcher Quelle stammen die Daten (z. B. Messungen, andere Studien)?	Unsicherheiten / Gültigkeit der Daten
	Danube River Basin by liquid and gas chromatography coupled with high-resolution mass spectrometry			der Kommission (EU 2018/840)		
(Gago-Ferrero et al., 2020)	Wide-scope target screening of >2000 emerging contaminants in wastewater samples with UPLC-Q-ToF-HRMS/MS and smart evaluation of its performance through the validation of 195 selected representative analytes	Gezieltes Screening von mehr als 2000 neu auftretenden Schadstoffen in Abwasserproben und intelligente Bewertung der Leistungsfähigkeit durch die Validierung von 195 ausgewählten repräsentativen Analyten: - 66 Pestizide - 215 Arzneimittel - 4 Süßstoffe - 10 perfluorierte Verbindungen - 8 Aminosäuren - 31 Industriechemikalien	Keine Informationen über den Gesamtanteil in den gemessenen Wasserproben. Informationen über die Konzentrationen sind verfügbar. LAS-Tenside, Metformin und sein Metabolit Guanylarnstoff sowie N-Desmethylvenlafaxin wiesen die höchsten Konzentrationen auf	Nein	Zulauf- und Ablaufwasserproben wurden am 15. März 2014 in der Kläranlage von Athen (Griechenland) entnommen.	NA