



# Eine Geschichte der Emerging Substances in Österreich

Maria Uhl · Christina Hartmann · Romana Hornek-Gausterer · Karin Kratz · Sigrid Scharf

Angenommen: 6. April 2022 / Online publiziert: 24. Mai 2022

© The Author(s), under exclusive licence to Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) and Springer-Verlag GmbH Austria, ein Teil von Springer Nature 2022

**Zusammenfassung** Im Laufe der Zeit gelangten viele unterschiedliche Stoffgruppen in den Fokus der Aufmerksamkeit und in der Folge wurden ihr Vorkommen, Verhalten und ihre Wirkungen untersucht. Waren es in den 90er-Jahren Waschmittel und die Schaumbildung in Gewässern, wurden später die Ursachen für Verfärbungen im Bereich von Gerbereien erforscht sowie das Vorkommen von Chemikalien und Schadstoffen in der Umgebung von Industriebetrieben. Organochlorpestizide, bromierte Flammschutzmittel, perfluorierte Tenside bzw. PFAS und Organozinnverbindungen sind einige Beispiele von „Emerging Substances“. Nach Pestiziden und Industriechemikalien wurden Arzneimittelwirkstoffe, Kosmetika und Körperpflegemittel zu „Emerging Substances“. Letztlich ist es aber die Wirkung der Stoffe, sei es persistent, bioakkumulierend, mobil, toxisch oder hormonschädigend, die Aufmerksamkeit erregt und gesetzliche Regelungen initiiert. Während die Stoffe und die Methoden, um sie nachzuweisen, sich veränderten, wurden auch die entsprechenden Gesetzesmaterien angepasst. Dies führte wiederum zum Einsatz neuer oder leicht modifizierter Stoffe und Stoffgruppen. Mit innovativen Methoden wie nicht-zielgerichteter Analytik, biologischen Wirktests oder Bioassays versucht man nun, die Vielzahl und die Kombinationswirkungen der vorhandenen Stoffe zu adressieren. Um einen umfassenden Grundwasser- und Gewässerschutz zu gewährleisten,

müssen die Untersuchungs- und Bewertungsmethoden weiterentwickelt werden. Die bereits vorhandenen und neu gewonnenen Kenntnisse müssen schneller in regulatorische Konsequenzen umgesetzt werden. Essenziell für eine umwelt- und gesundheitsverträgliche Entwicklung ist eine umfassende Transformation der Gesellschaft im Hinblick auf eine nachhaltige Nutzung natürlicher Wasserressourcen. Dies ist auf vielen unterschiedlichen Ebenen umzusetzen, auch die Weitergabe von Wissen und Bewusstseinsbildung spielen hier eine bedeutende Rolle.

**Schlüsselwörter** Öffentliche Aufmerksamkeit · Monitoring · Wirkungen · Methoden · Regulatorik · Nachhaltigkeit · Emerging substances

## The history of emerging substances in Austria

**Abstract** Over time, many different groups of substances became the focus of interest, so their occurrence, behaviour and effects were studied. While in the 1990s, it was detergents and the formation of foam in water, later the causes of discolouration around tanneries were researched, as well as the presence of chemicals and pollutants near industrial plants. Organochlorine pesticides, brominated flame retardants, perfluoroalkyl substances or PFAS, organotin compounds are some examples of such Emerging substances. After pesticides and industrial chemicals, active pharmaceutical ingredients, cosmetics and personal care products have also become “Emerging substances”. Ultimately, however, it is the effect of the substances—whether persistent, bioaccumulative, mobile, toxic or even endocrine disruption—that attracts attention and triggers legal regulations. As the substances and the methods for their detection changed, so did the corresponding legislation. This in turn led to the use of new or slightly modified substances and substance groups. Innovative methods

such as non-targeted analytics and biological effect tests or bioassays are now being utilised to address the variety and combined effects of the existing substances. In order to ensure comprehensive groundwater and water protection, the investigation and assessment methods must be developed. Furthermore, the existing and newly acquired knowledge need to be translated into regulatory consequences more quickly. Beyond that, a comprehensive societal transformation with regard to the sustainable use of natural water resources is essential for environmentally sound and healthy development. This must therefore be implemented on many different levels; with knowledge transfer and awareness-raising also having a significant role to play.

**Keywords** Public attention · Monitoring · Impacts · Methods · Regulation · Sustainability · Emerging substances

## 1 Emerging Substances

Emerging Substances, in der Literatur auch „chemicals/contaminants of Emerging concern“ (CECs) oder „neu auftretende Umweltstoffe“ genannt, ist ein Überbegriff für Schadstoffe, die oft schon seit Jahren oder sogar Jahrzehnten vorhanden sind, deren Bedeutung aber erst zu einem späteren Zeitpunkt wahrgenommen wird.

Dazu zählen (i) neu synthetisierte Substanzen, Verbindungen oder Moleküle, die zuvor nicht bekannt waren bzw. erst kürzlich entwickelt wurden (z. B. Nanopartikel oder Ersatzstoffe für Chemikalien, welche bereits Verwendungsbeschränkungen oder Verboten unterliegen), (ii) Schadstoffe von aufkommendem Interesse, von denen zwar bekannt war, dass sie existieren, für die jedoch die Umweltkontaminationsprobleme bisher nicht vollständig erkannt oder erfasst wurden (z. B. Mikroplastik oder Behandlungsnebenprodukte, die eine gewisse Toxizität aufweisen können) sowie (iii) bereits bekannte

Dr. M. Uhl, MTox (✉) ·  
 Mag. Dr. C. Hartmann, MSc MScTox ·  
 Dr. R. Hornek-Gausterer · Dr. K. Kratz  
 Team Studien & Beratung, Unit  
 Umweltbundesamt – Labore,  
 Umweltbundesamt, Spittelauer  
 Lände 5, 1090 Wien, Österreich  
[maria.uhl@umweltbundesamt.at](mailto:maria.uhl@umweltbundesamt.at)

Dr. S. Scharf  
 Unit Umweltbundesamt – Labore,  
 Umweltbundesamt, Spittelauer  
 Lände 5, 1090 Wien, Österreich

Kontaminanten, deren Umwelt- und Gesundheitsrisiken eine Neubewertung erfahren sollten, etwa aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse oder wegen verbesserter Analysemethoden (sodass Stoffe in niedrigen Konzentrationen nachgewiesen werden können, die zuvor nicht nachweisbar waren). Auch neue kommerzielle Verwendungen können zu zusätzlichen Expositionswegen führen (z.B. Blei, Arsen, Cyanotoxine) (Sauvé und Desrosiers 2014).

In Österreich ist die Geschichte der „Emerging Substances“ unter anderem auch mit den Arbeiten des Labors im Umweltbundesamt verknüpft, das als Speziallabor diese Stoffe in der Umwelt häufig erstmalig in Österreich untersucht(e).

## 2 Die Anfänge: Prozesse in der Kläranlage

Anfang der 90er-Jahre standen Stoffe im Fokus, die in großen Mengen in die Umwelt abgegeben wurden und über deren Verhalten und Wirkungen noch wenig bekannt war. Organische Stoffe im Abwasser zum Beispiel wurden damals nicht einzeln nachgewiesen, sondern vorwiegend über Summenparameter erfasst. Heute, fast 40 Jahre später, ist man wieder mit der Entwicklung aussagekräftiger Summenparameter befasst, um große Stoffgruppen, die auch noch nicht identifizierbare Einzelsubstanzen umfassen – wie beispielsweise per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) – leichter analysieren zu können.

Unter den Umweltthemen der ersten Stunde war das Phänomen der Schaumbildung in Gewässern. Es zeigte sich, dass Phosphate, die zur wirksamen Reinigung von Kleidern und Geschirr vor allem wegen des kalkhaltigen Wassers in Waschmitteln eingesetzt wurden, zu einem übermäßigen Pflanzenwachstum durch Überdüngung und Eutrophierung sowie zur Schaumbildung führten. Phosphate wurden daher durch die organischen Komplexbildner EDTA (Ethylendiamintetraessigsäure) und NTA (Nitrilotriessigsäure) ersetzt, ohne dass deren Auswirkungen auf die Umwelt bereits genau bekannt waren. EDTA und NTA sollten in erster Linie jene Ionen komplexieren, die die Härte des Wassers verursachen, also  $Mg^{2+}$  und  $Ca^{2+}$ . Diese Wirkung ist aber nicht auf die Erdalkalimetalle beschränkt. Daher können sie auch Schwermetalle komplexieren und diese in der Umwelt

remobilisieren, nachdem sich diese Metalle im Sediment angereichert haben. Ein Schwerpunkt in jenen Jahren waren gezielte Untersuchungen, um das Verhalten organischer Stoffe in Kläranlagen zu charakterisieren (Scharf et al. 1995a, 1996a).

Lineare Alkylbenzylsulfonate (LAS) sind die mengenmäßig wichtigsten anionisch aktiven Tenside mit hoher Waschkraft. Bereits Mitte der 90er-Jahre lag die Weltproduktion bei ca. 1,5 t/Jahr (Scharf et al. 1995b). Mit der Umweltbundesamt-Studie „LAS in der Umwelt“ rückten weitere Inhaltsstoffe von Waschmitteln in den Fokus. Erstmals war man den Tensiden auf der Spur, die u. a. in Wasch- und Reinigungsmitteln für den Haushalt eingesetzt werden, da sie die Ablösung von Schmutz erleichtern.

## 3 Ursachenforschung

Neben Stoffen, die mengenmäßig von Relevanz waren, wurde ein weiteres Augenmerk auf sichtbare Beeinträchtigungen der Umwelt und eine erste Ursachenforschung gelegt. Die Beobachtung von blau-grünen Verfärbungen im Abstrombereich von Textilverarbeitungsbetrieben führte zum Beispiel zu weitergehenden Untersuchungen von Immission und Emission. Dabei standen organische Summenparameter wie flüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTX) sowie schwerflüchtige lipophile Stoffe im Vordergrund (Scharf et al. 1995c). Die Ergebnisse wurden auch mit der damals gültigen Immissionsrichtlinie aus dem Jahr 1987 und einem Entwurf zu einer Immissionsverordnung (1993) gegenübergestellt, in der organische Einzelstoffe wie beispielsweise EDTA, NTA, Organozinnverbindungen und Organochlorpestizide bereits gelistet waren. Für nicht alle dieser Stoffe gab es bereits Analysemethoden. Erstmals wurden die Emissionsproben im Umweltbundesamt-Labor auch einem qualitativen Screening mittels GC-MSD und GC-IRD auf unbekannte, halbflüchtige organische Stoffe unterworfen. Diesen Methoden kommt heute besondere Bedeutung zu, siehe auch den Beitrag von Worgull et al. (2022, in diesem Heft). Nachgewiesen wurden u. a. chlorierte Benzole, Phosphorsäurealkylester und Nonylphenol, eine Substanz, die Jahre später mehr Interesse erweckte.

Auch die Beeinflussung des Grundwassers im Bereich von Industriestand-

orten rückte in den Fokus (Scharf et al. 1995d). Das Analysespektrum zu chlororganischen Stoffen wurde kontinuierlich erweitert; neben den chlorierten leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen wurden auch Chlorphenole sowie Di- und Trichloressigsäure untersucht, um die spezifische Immissionsituation bei Zellstoffherstellern, die noch die Chlorbleiche anwandten, besser erfassen zu können (Scharf et al. 1996b).

Die Untersuchung von Klärschlamm und auch Überlegungen zur Klärschlammverwertung waren ebenfalls Themen, die bis zum heutigen Tag nicht an Aktualität verloren haben. Für Dioxine und polychlorierte Biphenyle (PCBs) waren Grenzwerte festgelegt, doch die Frage, welche weiteren Stoffe zu finden sind, adressierte das Umweltbundesamt-Labor mit der Studie „Zur Situation der Verwertung und Entsorgung des kommunalen Klärschlammes in Österreich“. Hier wurden erstmals unter anderem LAS und Nonylphenole in österreichischen Klärschlämmen untersucht; damit wurde die Gruppe der chlororganischen Verbindungen erweitert (Scharf et al. 1998).

## 4 Wirkungen

Mit der Stoffgruppe der Nonylphenole wurden die endokrin wirksamen Substanzen oder Xenohormone, die das Hormonsystem von Mensch und Tier beeinflussen und schädigen können, zum Thema. Das Umweltbundesamt war bei der Untersuchung der endokrin wirksamen Stoffe Vorreiter und unter den Top drei der umweltanalytischen Labore in Österreich. So wurde auch ARCEM, ein erstes großes interdisziplinäres Forschungsprojekt zu hormonwirksamen Stoffen in Österreichs Gewässern und deren potenziellem Risiko unter der Mitwirkung aller Universitäten Wiens (Universität Wien, Technische Universität Wien, Medizinische Universität Wien, Universität für Bodenkultur und Veterinärmedizinische Universität) gestartet. Dieses Projekt war auch im europäischen Forschungsumfeld ein Vorreiter, da bereits biologische Wirktests eingesetzt und toxikologische und ökotoxikologische Fragestellungen adressiert wurden. Durch die Untersuchung von Techniken zur Entfernung der Substanzen aus dem Abwasser wurde der Bogen dieser Bund-Bundesländer-Kooperation bis zum Risikomanagement gespannt (Gans et al. 2002a; Scharf et al. 2003).

Die Erkenntnisse dieser Studien lieferten qualitativ hochwertige, valide Daten und zugleich auch neue Forschungsfragen, die in weiteren Projekten adressiert wurden. Das Thema endokrine Disruptoren ist nach wie vor von höchster umweltpolitischer Relevanz. So soll derzeit im Rahmen einer Revision der EU-CLP-Verordnung<sup>1</sup> eine eigene Gefahrenklasse für hormonell schädigende Stoffe eingeführt, und damit eine Verbesserung des Risikomanagements erreicht werden.

## 5 Vielfalt an Stoffgruppen, Erweiterung der Umweltkompartimente

Neben Industriechemikalien wurden zunehmend auch Arzneimittel- und Kosmetikinhaltsstoffe als Kontaminanten in Kläranlagen und in weiterer Folge in Gewässern identifiziert (Hohenblum et al. 2001; Gans et al. 2002b). Nach ersten Pilotstudien folgten österreichweite Untersuchungen (Scharf und Pichler 1998; Sattelberger und Scharf 1998; Gans et al. 1999; Scharf und Sattelberger 1999a, b; Fürhacker et al. 2000; Gangl et al. 2001a, b).

Neben der stetigen Entwicklung und Erweiterung des methodischen Spektrums waren das Verhalten der Stoffe in der Umwelt, die Verlagerung in andere Umweltkompartimente und vergleichende Betrachtungen Gegenstand der Forschungsprojekte, die das Umweltbundesamt in Zusammenarbeit mit Wissenschaft und Landesbehörden durchführte.

1999 wurde erstmals eine Studie zur Problematik von Arzneimittelrückständen in der Umwelt und zu den Verbrauchsdaten einer Vielzahl in Österreich eingesetzter Humanarzneimittel veröffentlicht (Sattelberger 1999). Die Ergebnisse zeigten – im Einklang mit der wissenschaftlichen Fachöffentlichkeit –, dass Arzneimittelrückstände ein Risiko für die aquatische Umwelt bergen können. Im Jahr 2014 wurde neuerlich der Verbrauch analysiert und zusätzlich die Ergebnisse einer Reihe unterschiedlicher österreichischer Untersuchungen zum Nachweis von Arzneimittelwirkstoffen in sämtlichen Umweltmedien betrachtet (Hartmann

2016). In den folgenden Jahren wurden weitere Untersuchungen durchgeführt (Clara et al. 2019; Lindinger et al. 2020).

Die Liste der Substanzen, die ins Interesse rückten, wurde größer. Organozinnverbindungen, perfluorierte Tenside und bromierte Flammschutzmittel wurden erstmalig in Österreich untersucht (Sattelberger et al. 2002; Hohenblum et al. 2003; Moche und Thanner 2004; Uhl et al. 2005). Organozinnverbindungen, zum Antifouling eingesetzt, bewirken schon in geringsten Konzentrationen eine Vermännlichung weiblicher Schnecken. Sie wurden daher bald durch andere Wirkstoffe ersetzt. Perfluorierte Tenside oder per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) wurden erstmalig 2003 im Abwasser österreichischer Kläranlagen untersucht (Hohenblum et al. 2003; González-Barreiro et al. 2006; Clara et al. 2009). Fast 20 Jahre später ist diese Substanzgruppe aktuell wie nie im Fokus: Toxikologische Auswirkungen treten bereits bei weitaus geringeren Konzentrationen auf, als bisher angenommen wurde, weshalb weitreichende Beschränkungen nötig sind. Die Problematik der PFAS-Belastungen des Grundwassers ist im Beitrag von Brielmann und Grath (2022, in diesem Heft) adressiert.

Flammschutzmittel werden vielen Kunststoffen – insbesondere solchen in Elektro- und Elektronikgeräten, aber auch in Textilien und Einrichtungsgegenständen – zugesetzt, um ihre Entflammbarkeit zu hemmen. Dazu zählen beispielsweise chlorierte oder bromierte Verbindungen und Stoffe auf Phosphorbasis, deren Toxizität und Umweltgefährlichkeit bereits bekannt sind und die teilweise bereits durch regulatorische Maßnahmen minimiert wurden, jedoch laufend durch neue Stoffe ersetzt werden. Aufgrund der Zunahme des Verbrauchs elektronischer Güter ist auch der Eintrag dieser Stoffe in die Umwelt exponentiell gestiegen. Zu unterschiedlichen Stoffgruppen wie polybromierten Verbindungen und Stoffen auf Phosphorbasis wurde vom Umweltbundesamt eine Datenbasis geschaffen (Moche und Thanner 2004; Clara et al. 2010a; Hartmann et al. 2016).

Mit den Projekten VALIUM und POSEIDON wurden weitere Forschungsfragen im Zusammenhang mit Arzneimitteln, Körperpflegemitteln und Desinfektionsmitteln adressiert und interdisziplinär bearbeitet (Strenn et al. 2004; Schmid-Ruzicka und Gans 2007). Stoffgruppen wie Phthalate, Moschus-

duftstoffe oder Quarternäre Ammoniumverbindungen gerieten in den Fokus der Aufmerksamkeit (Uhl et al. 2005; Martínez-Carballo et al. 2007a, b; Clara et al. 2010b, 2011). Quaternäre Ammoniumverbindungen werden vielseitig eingesetzt, eine Reihe von Anwendungen besteht auf ihrer bioziden Wirkung bei niedrigen Konzentrationen. Dadurch stellen auch sie ein potenzielles Risiko für die aquatische Umwelt dar (Uhl et al. 2005; Grillitsch et al. 2006).

Auch die Belastungen von Oberflächengewässern sowie von Grund- und Trinkwasser mit Pestiziden wurde zum Thema. Dies betraf nicht nur bereits verbotene Organochlorpestizide, sondern insbesondere auch den zunehmenden Einsatz zahlreicher „neuer“ Pestizide. Es galt die Modellierungen, die bei den Zulassungsverfahren herangezogen werden, zu prüfen und auch eine mögliche Beeinflussung des Grundwassers zu untersuchen. Mit spezifischen Projekten und den ersten Sondermessprogrammen wurde eine Datenlage und Grundlagen für das Risikomanagement geschaffen (Martínez-Carballo et al. 2007c; Loishandl et al. 2011; BMNT 2018; BMLFUW 2010, 2015). Nach Pestiziden und deren Metaboliten wurden zunehmend auch Biozide zum Thema, z. B. mit den Studien „Antifouling-Wirkstoffe in österreichischen Marinas“ oder „Rodentizide in der Umwelt“ (Hauzenberger et al. 2015, 2020).

## 6 Verbesserung der Methoden, Anpassung der Gesetzgebung

Mit methodischen Arbeiten wie beispielsweise der Identifikation geeigneter Parameter wie Koffein und Carbamazepin, ein Antiepileptikum, als Leitsubstanzen für kommunale Belastungen (Schramm et al. 2006) wurden auch holistischere Ansätze zur Erfassung von potenziellen Kontaminanten entwickelt. Die Erkenntnis, dass auch künstliche Zuckerersatzstoffe aufgrund ihrer Langlebigkeit problematisch für die aquatische Umwelt sein können und vermehrt in abwasserbeeinflussten Gewässern nachzuweisen sind, machte sich das Umweltbundesamt mit dem sogenannten Indikatortest für kommunale Verunreinigungen zu Nutze (BMLRT 2020). Die Methoden zur Detektion von Arzneimittelwirkstoffen und Pestiziden bzw. deren Metaboliten wurden weiterentwickelt und zusammengeführt. Heute können mit

<sup>1</sup> Die CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 regelt die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung chemischer Stoffe und Stoffgemische.

der Multimethode insgesamt etwa 100 Arzneimittelwirkstoffe und mit dem Pestizidscreening über 700 Substanzen erfasst werden<sup>2</sup>.

Seit 1991 erfolgt die Untersuchung der Qualität österreichischer Grund- und Fließgewässer gemäß der Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV), aktuell in Brielmann et al. (2018). Details sind in weiteren Beiträgen in diesem Heft beschrieben (Briemann und Grath 2022; Clara et al. 2022).

In Zusammenarbeit mit dem deutschen Fraunhofer-Institut erhob das Umweltbundesamt Daten zum Eintrag gefährlicher Stoffe in Oberflächengewässer. Diese waren Grundlage für die Qualitätszielverordnung zur Beschreibung des guten ökologischen Zustands hinsichtlich chemischer Parameter (QZV Chemie) (Hohenblum et al. 2005). Neben organischen Schadstoffen waren und sind auch anorganische Stoffe wie Uran oder Quecksilber Thema (Wemhöner et al. 2015; Uhl et al. 2021).

## 7 Eintragungspfade, alternative Umweltkompartimente und Mikroplastik

Auf europäischer Ebene wurde an der Ableitung von Umweltqualitätsnormen für den Wasserbereich gearbeitet. Diese wurden auf der Basis human- und ökotoxikologischer Daten abgeleitet. Dabei wurde auch die Sekundärvergiftung von Organismen an der Spitze der Nahrungskette berücksichtigt. Seit der Novelle der GZÜV 2010 ist daher auch eine Trendermittlung als Teil der überblicksweisen Überwachung vorgesehen, die erstmals 2010 in Biota (Fischen) (Uhl et al. 2012; Deutsch und Krämer 2012) und nachfolgend 2013 (Clara et al. 2015) in verschiedenen österreichischen Gewässern (GZÜV-Messstellen) durchgeführt wurde. Im Anhang zum Nationalen Gewässerschutzplan sind grundlegende Informationen zu Vorkommen, (Öko-)Toxizität und Regelungen zu einzelnen Schadstoffen und Schadstoffgruppen zusammengefasst (BMLRT 2019). Im länderübergreifenden Projekt PureAlps 2016–2020 wurden zahlreiche Schadstoffe, darunter Pestizide und Flammschutzmittelwirkstoffe medienübergreifend untersucht (Freier et al. 2020).

Eintragungspfade von Spurenstoffen in die Umwelt wurden in Forschungsprojekten untersucht (Clara et al. 2014, 2016; Amann et al. 2019). Im Projekt TEMPEST lag der Fokus auf der Identifikation der Schadstoffquellen durch die Analyse unterschiedlicher Kanalisationssysteme, darunter auch jene aus Niederschlägen. Diese werden im Detail im Beitrag von Lenz und Gabriel (2022) beschrieben. Auch Mikroplastik stand im Fokus. Dabei wurde der Eintrag von Kunststoffpartikeln aus der Siedlungsentwässerung betrachtet (Clara et al. 2020). Plastik und Mikroplastik wurden bereits 2015 in der Donau untersucht (Hohenblum et al. 2015). Seither ist das Umweltbundesamt tätig, um harmonisierte Mess- und Bewertungsmethoden für Mikroplastik in der Umwelt zu entwickeln. Dies ist im Detail im Beitrag von Worgull et al. (2022, in diesem Heft) beschrieben.

## 8 Aktuelle Themen

Die Untersuchung einzelner Schadstoffe oder Schadstoffgruppen steht grundsätzlich immer auch vor dem Problem der Kosten- und Arbeitsintensität der Analyse sowie der Langwierigkeit der Prozesse. Das betrifft nicht nur den klassischen Ansatz der Risikobewertung einzelner Chemikalien, sondern auch die gemäß Wasserrahmen-Richtlinie (WRRL) geforderten Strategien gegen die Verschmutzung von Wasser. Zusätzlich können die Effekte von Substanzgemischen nicht durch chemische Einzelanalytik erfasst werden. Vor diesem Hintergrund wurde in den letzten Jahren nicht nur eine ganzheitliche Betrachtung der Belastungen von Gewässern mit Chemikalien, sondern auch der Einsatz von biologischen Wirtstests oder auch Bioassays forciert (Braun et al. 2020), wie auch im Detail im Beitrag von Fürhacker et al. (2022, in diesem Heft) ausgeführt.

Auch aktuelle Tagesthemen wie die Covid-19-Pandemie rücken mögliche Problematiken in den Fokus. So wurde vom Umweltbundesamt-Labor 2019 in einer Pilotstudie mittels Non-Target-Analytik in kommunalen Abwasserproben untersucht, ob der erste Lockdown in Österreich im Frühjahr 2020 einen Einfluss auf die stoffliche Zusammensetzung im Zulauf hatte. Tatsächlich konnten Unterschiede identifiziert werden. Am deutlichsten waren diese für Arzneimittelwirkstoffe und ihre Metaboliten sowie für Drogen und ihre Meta-

boliten. Zudem konnte gezeigt werden, dass sich die Non-Target-Analytik als Screening-Tool (Hartmann et al. 2020) bewährt. Diese neuen Methoden sind im Beitrag von Worgull et al. (2022, in diesem Heft) beschrieben.

Weltweit werden derzeit PFAS-Kontaminationen in der Umwelt identifiziert. In Österreich wurde mit dem Projekt POPMON eine medienübergreifende Betrachtung eines Hotspots durchgeführt und erste Risikominierungsmaßnahmen vorgeschlagen (Rauscher-Gabernig et al. 2021).

## 9 Ausblick

Wie anhand der Geschichte der Emerging Substances zu sehen ist, wurde in Österreich bereits eine Vielzahl von Stoffen und Stoffgruppen untersucht, Daten zu ihrem Umweltverhalten und ihren Wirkungen wurden erhoben und somit Grundlagen für regulatorische Maßnahmen geschaffen. Dies wird auch in den nachfolgenden Beiträgen näher erläutert. Die Vielfalt an organischen und anorganischen Substanzen ist jedoch enorm. Die Anzahl an registrierten Substanzen weltweit beträgt 193 Mio.<sup>3</sup> und in Europa sind gemäß den Vorgaben der REACH-Verordnung mehr als 22.800 chemische Substanzen registriert. Mit dem Bevölkerungswachstum und dem Wunsch nach einem hohen Lebensstandard werden die Anzahl und das Produktionsvolumen an Chemikalien weiter steigen, damit aber auch die Belastung von Umwelt und Mensch. Gleichzeitig steigt auch der Bedarf an sauberem Wasser, das als Trinkwasser zur Produktion von Lebensmitteln und für die Herstellung von Produkten benötigt wird. Der Klimawandel wird die Verfügbarkeit von Wasser in ausreichender Menge und entsprechender Qualität jedoch zusätzlich weiter verringern (Kümmerer et al. 2018). Vor dem Hintergrund der begrenzten Wasser-Ressourcen ist es notwendig, die Einträge gefährlicher Stoffe und auch jener Stoffe, deren Ungefährlichkeit noch nicht bewiesen ist, zu minimieren.

Derzeit ist auf EU-Ebene ein Konzept für gesellschaftlich unverzichtbare Verwendungen („essential use“) in Diskussion. Es sollen die „schädlichsten Chemikalien“ („most harmful chemi-

<sup>2</sup> <https://www.umweltbundesamt.at/das-labor/analytik/analysen>.

<sup>3</sup> CAS REGISTRY | CAS (Stand: Februar 2022).



als“) nur dann zugelassen werden, wenn ihre Verwendung für die Gesundheit und Sicherheit oder für die Funktion unserer Gesellschaft von Bedeutung ist und es keine Alternativen gibt, die für die Umwelt und die menschliche Gesundheit akzeptabel wären. Eine geplante generelle Beschränkung zu PFAS zielt etwa darauf ab, die entbehrlichen „non-essential“ Verwendungen zu beschränken.

Darüber hinaus soll es im Rahmen der Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (CLP-Revision) zukünftig möglich sein, langlebige Stoffe mit PBT-/vPvB<sup>4</sup>- und PMT-/vPvM<sup>5</sup>-Eigenschaften zu kennzeichnen. Letztere gel-

<sup>4</sup> persistent, bioakkumulierend, toxisch; sehr persistent, sehr bioakkumulierend.

ten als besonders besorgniserregend, da diese Substanzen sehr lange im Wasserkreislauf verbleiben und damit auch in das Trinkwasser gelangen und dieses kontaminieren können (Arp and Hale 2019). Durch die Einstufung und Kennzeichnung werden die Einsatzmöglichkeiten eingeschränkt und das Risikomanagement verbessert.

Der Wunsch nach der Entwicklung von „sicheren“ Chemikalien rückt immer stärker in den Vordergrund. Computerbasierte Methoden sollen dazu beitragen, Stoffe so zu gestalten, dass diese eine geringere Gefährdung für die Umwelt darstellen (van Dijk et al. 2022). Stoffe könnten auch so erzeugt oder

<sup>5</sup> persistent, mobil und toxisch; sehr persistent und sehr mobil.

designt werden, dass sie im Abwasser schnell und komplett mineralisieren („benign by design“). Einen Ausblick auf Entwicklungen im Bereich der Chemikalienpolitik bietet der Beitrag von Jakl und Perthen-Palmisano (2022, in diesem Heft).

Nimmt die Produktion und Verbreitung neuartiger Chemikalien und Materialien in der Umwelt weiterhin in dem Maße zu wie bisher, kommt es unweigerlich zu einem Überschreiten der planetaren Belastungsgrenzen (Persson et al. 2022). Es gilt nun, die Warnungen der Wissenschaft ernst zu nehmen und die Ansätze der nachhaltigen Entwicklung sowie neue Konzepte – wie etwa die der grünen Chemie, Safe by Design und Essential Use – voranzutreiben und umzusetzen. ■

## Literatur

### Verwendete Literatur

Amann A, Clara M, Gabriel O, Hochedlinger G, Humer M, Humer F, Kittlaus S, Kulcsar S, Scheffknecht C, Trautvetter H, Zessner M, Zoboli O (2019): STOBIMO Spurenstoffe – Stoffbilanzmodellierung für Spurenstoffe auf Einzugsgebietsebene. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien

Arp P, Hale S (2019): REACH: Improvement of guidance methods for the identification and assessment of PMT/vPvM substances. UBA Report Texte 126/2019

BMLFUW (2010): Monitoring von Schadstoffen in Biota. Pilotstudie 2010. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

BMLFUW (2015): Wassergüte in Österreich. Jahresbericht 2014. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

BMLRT (2019): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan Stoffdatenblätter. Hartmann, C., Hornek-Gausterer, R., Lenz, K., Clara, M., Deutsch, K. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien

BMLRT (2020): Untersuchung von Abwasser vor und während der CoVid-19-Pandemie. Non-Target-Analytik als mögliche Methode zur Untersuchung der Auswirkungen der Pandemiemaßnahmen auf die aquatische Umwelt. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien

BMNT (2018): Wassergüte in Österreich. Jahresbericht (2013–2015). Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien

Braun R, Hartmann C, Kreuzinger N, Lenz K, Schaar H, Scheffknecht C (2020): Untersuchung von Abwässern und Gewässern auf unterschiedliche toxikologische Endpunkte. Biologische Wirktests mittels in-vitro-Verfahren. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien

Brielmann H, Wemhöner U, Clara M, Scharf S, Grath J, Zieritz I, Kulcsar S, Schuhmann A, Philippitsch R (2018): Spurenstoffe im Grundwasser – Untersuchungen zum Vorkommen von Quecksilber und 30 ausgewählten organischen Substanzen anthropogener Herkunft. Bundes-

ministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien

Brielmann H, Grath J (2022): Schadstoffe im Grundwasser – Vorgangsweise zur Identifizierung und Priorisierung von neu auftretenden Spurenstoffen. Österr Wasser- und Abfallw. <https://doi.org/10.1007/s00506-022-00870-9>

Clara M, Döberl G, Jahn L, Lampert C, Spira Y, Svardal K (2016): Deponiesickerwasser Untersuchungen zu Zusammensetzung, Abbaubarkeit und Hemmwirkung in biologischen Kläranlagen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

Clara M, Draxler A, Deutsch K (2015): Fischuntersuchungsprogramm 2013 – GZÜV-Untersuchungen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

Clara M, Gans O, Weiss S, Sanz-Escribano D, Scharf S, Scheffknecht C (2009): Perfluoriertes alkyliertes Substanzen in der aquatischen Umwelt: An Austrian case study. Water research 43: 4760–4768

Clara M, Gans O, Windhofer G, Krenn U, Hartl W, Braun K, Scharf S, Scheffknecht C (2011): Occurrence of polycyclic musks in wastewater and receiving water bodies and fate during wastewater treatment. Chemosphere 82:1116–1123

Clara M, Gruber G, Hohenblum P, Hofer T, Kittlaus S, Lenz K, Liebmann B, Liedermann M, Maier R, Mallow O, Pressenlehner M, Pichler M, Polgar B, Rechberger H, Scheffknecht C, Spacek S, Steidl C, Zessner M (2020): TEMPEST – Erfassung von Emissionen ausgewählter Spurenstoffe aus Kanalsystemen, Handlungsoptionen zu deren Minderung und Optimierung einer alternativen Nachweismethode für Kunststoffpartikel in Wasserproben. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien

Clara M, Gruber G, Humer F, Hofer T, Kretschmer F, Ertl T, Scheffknecht C, Windhofer G (2014): BMLFUW (2014): Spurenstoffemissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

Clara M, Hartmann C, Deutsch K (2019): Arzneimittelwirkstoffe und Hormone in Fließgewässern. GZÜV Sondermessprogramm 2017/

2018. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien

Clara M, Kralik M, Miesbauer H, Schabuss M, Scharf S, Vallant B, Wiess S, Grillitsch B (2010b): Pollutants of Priority Concern in Austrian Rivers. Mercury and its compounds Trisphosphates. Wien, 2010, Reports, Band 0253, ISBN: 978-3-99004-054-6

Clara M, Windhofer G, Hartl W, Braun K, Simon M, Gans O, Scheffknecht C, Chovanec A (2010a): Occurrence of phthalates in surface runoff, untreated and treated wastewater and fate during wastewater treatment. Chemosphere 78:1078–1084

Clara M, Deutsch K, Fenz R (2022): Priorisierung und Regulierung von Spurenstoffen. Österr. Wasser- und Abfallw. <https://doi.org/10.1007/s00506-022-00866-5>

Deutsch K, Krämer D (2012): GZÜV Trendermittlung von Schadstoffen in Biota 2010. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

van Dijk J, Flerlage H, Beijer S, Slootweg J C, van Wezel AP (2022): Safe and sustainable by design: A computer-based approach to redesign chemicals for reduced environmental hazards. Chemosphere 296:134050. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134050>

Freier K, Ratz G, Körner W, Janz P, Weiss P, Moche W, Denner M (2020): Pure Alps 2016–2020 Monitoring von persistenten organischen Schadstoffen und Quecksilber im Alpenraum (Immission, Deposition und Biota). Umweltbundesamt GmbH, Wien

Fürhacker M, Scharf S, Weber H (2000): Bisphenol A: emissions from point sources. Chemosphere 41:751–756

Fürhacker M, Schaar H, Kreuzinger N, Lenz K (2022): Biologische Wirktests – Grundlagen und erste Ergebnisse in der aquatischen Umwelt für Österreich. Österr. Wasser- und Abfallw. <https://doi.org/10.1007/s00506-022-00871-8>

Gangl M, Gans O, Scharf S (2001b): Vorkommen von Nonylphenolmonoethoxylat, Nonylphenoldiethoxylat und 4-Nonylphenol in österreichischen Klärschlamm. Vom Wasser 97:233–242

Gangl M, Scharf S, Sattelberger R (2001a): Hormonell wirksame Substanzen in Klärschlamm. Bericht Bd. 136, Umweltbundesamt, Wien

Gans O, Hohenblum P, Lorbeer G, Moche W, Scharf S (2002a): Monitoring auf Steroidhormo-

- ne und ausgewählte Xenöstrogene in Österreich im Rahmen des Projektes ARCEM. UWFS – Z. Umweltchem. Ökotox. 14 (2):119–121
- Gans O, Sattelberger R, Scharf S (2002b):** Ausgewählte Arzneimittelwirkstoffe in Zu- und Abläufen kommunaler Kläranlagen. Vom Wasser 98:165–176
- Gans O, Scharf S, Schmid-Ruzicka S, Schütz C (1999):** Orientierende chemische Untersuchungen auf kommunale Belastungen in Fließgewässern Oberösterreichs. Bericht Bd. 157, Umweltbundesamt, Wien
- González-Barreiro C, Martínez-Carballo E, Sitka A, Scharf S, Gans O (2006):** Method optimization for determination of selected perfluorinated alkylated substances in water samples. Analytical and Bioanalytical Chemistry, Volume 386 (7–8):2123–2132
- Grillitsch B, Gans O, Kreuzinger N, Scharf S, Uhl M, Fuehracker M. (2006):** Environmental risk assessment for quaternary ammonium compounds: a case study from Austria. Water Science & Technology 54 (11–12):111–118
- Hartmann C (2016):** Arzneimittelrückstände in der Umwelt. Report Bd. 573, Umweltbundesamt GmbH, Wien
- Hartmann C, Lenz K, Grabher A-L (2020):** Untersuchung von Abwasser vor und während der CoVid-19-Pandemie. Non-Target-Analytik als mögliche Methode zur Untersuchung der Auswirkungen der Pandemiemaßnahmen auf die aquatische Umwelt. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien
- Hartmann C, Scharf S, Uhl M, Moche W, Weiß S (2016):** Bromierte Flammenschutzmittel in der Umwelt. Report Bd. 577, Umweltbundesamt GmbH, Wien
- Hauzenberger I, Lenz K, Loishandl-Weisz H, Steinbichl P, Offenthaler I (2020):** Rodentizide Wirkstoffe in der Umwelt. Report Bd. 733, Umweltbundesamt GmbH, Wien
- Hauzenberger I, Trimbacher C, Weiß S (2015):** Erste österreichische Fallstudie zu Antifouling-wirkstoffen in der Umwelt. Report Bd. 530, Umweltbundesamt GmbH, Wien
- Hohenblum P, Frischenschlager H, Reisinger H, Konecny R, Uhl M, Mühlegger S, Habersack H, Liedermann M, Gmeiner P, Weidenhiller B, Fischer N, Rindler R (2015):** Plastik in der Donau. Untersuchung zum Vorkommen von Kunststoffen in der Donau in Österreich. Report REP-0547, Umweltbundesamt GmbH, Wien
- Hohenblum P, Scharf S, Sitka A (2003):** Anionische Tenside in österreichischen Industrieabwässern. Vom Wasser 101:155–164
- Hohenblum P, Scharf S, Vogel B (2001):** Untersuchung von Abwässern und Grundwasserkörpern auf ausgewählte Wasch- und Körperpflegemittelinhaltsstoffe in Ostösterreich. Vom Wasser 97:33–44
- Hohenblum P, Hillenbrand T, Marscheider-Weidemann F, Zessner M, Hintermeier G, Windsperger A, Fuehracker M, Nagy M, Hahn M (2005):** Eintrag gefährlicher Stoffe in die Oberflächengewässer Österreichs. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien; Österreich, Umweltbundesamt; Institut für Industrielle Ökologie – IÖ –, St. Pölten; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung – ISI –, Karlsruhe.
- Jakl T, Perthen-Palmsano B (2022):** Stoffradar – auf Neues gefasst sein in der Chemikalienpolitik. Österr. Wasser- und Abfallw. 74 (7–8), in diesem Heft
- Kümmerer K, Dionysiou D D, Olsson O, Fatta-Kassinos D (2018):** A path to clean water. Science 361 (6399):222–224. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aau2405>
- Lenz K, Gabriel O (2022):** Spurenstoffe in Oberflächengewässern und Emissionen. Spurenstoffe in Oberflächengewässern und Emissionen. Österr. Wasser- und Abfallw. <https://doi.org/10.1007/s00506-022-00872-7>
- Lindinger H, Wemhöner U, Scharf S, Weiß S, Gattringer I, Hartmann C (2020):** Arzneimittelwirkstoffe im Grundwasser – Anwendung einer LC-MS-Multimethode. GZÜV-Sondermessprogramm 2018. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien
- Loishandl H, Weisz H, Uhl M, Weiß S, Offenthaler I, Hochedlinger G, Zieritz I, Gattringer I, Scharf S, Gans O, Lindinger H, Fassold E, Haider M (2011):** GZÜV-Sondermessprogramm Pestizide und Metaboliten 2010. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- Martínez-Carballo E, Gans O, Sitka A, Scharf S (2007a):** Determination of Selected Quaternary Ammonium Compounds by Liquid Chromatography with Mass Spectrometry. Part I. Application to Surface, Waste and Indirect Discharge Water Samples in Austria. Environmental Pollution 145:489–496
- Martínez-Carballo E, Gans O, Sitka A, Scharf S (2007b):** Determination of Selected Quaternary Ammonium Compounds by Liquid Chromatography with Mass Spectrometry. Part II. Application to Sediment and Sludge Samples in Austria. Environmental Pollution 146:543–547
- Martínez-Carballo E, Gonzales-Barreiro C, Sitka A, Scharf S, Gans O (2007c):** Determination of selected organophosphate esters in the aquatic environment of Austria. Science of the Total Environment 388:290–299
- Moche W, Thanner G (2004):** Levels of PBDE in Effluents and Sludge from Sewage Treatment Plants in Austria. Conference Proceedings BFR 2004
- Persson L, Carney Almroth BM, Collins CD, Cornell S, de Wit CA, Diamond ML et al. (2022):** Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. In: Environmental science & technology 56 (3), S. 1510–1521. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158>
- Rauscher-Gabernig E, Steinwider J, Plichta V, Klinger K, Milka S, Hauzenberger I, Briellmann H, Hartmann C, Friesl-Hanl W, Lenz K, Moche W, Moser G, Müller-Grabherr D, Offenthaler I, Steinbichl P, Tesar M, Thaler P, Uhl M, Weiss M, Winter B (2021):** POPMON II Risikokommunikation und risikobasiertes Monitoring von persistenten organischen Schadstoffen in verschiedenen Umweltmatrices, Futter- und Lebensmitteln an potenziell belasteten Standorten in Österreich. Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz/Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien
- Sattelberger R (1999):** Arzneimittelrückstände in der Umwelt. Bestandaufnahme und Problemstellung. Report Bd.162, Umweltbundesamt GmbH, Wien
- Sattelberger R, Scharf S (1998):** Abwasseruntersuchung auf östrogenwirksame Substanzen. Pilotstudie HKA Wien. Bericht Bd. 141, Umweltbundesamt, Wien.
- Sattelberger R, Lorbeer G, Scharf S (2002):** Organozinnverbindungen in der Aquatischen Umwelt. Bericht Bd. 214, Umweltbundesamt GmbH, Wien
- Sauvé S, Desrosiers M (2014):** A review of what is an emerging contaminant. Chem Cent J 8(1):15. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-15>
- Scharf S, Pichler W (1998):** Nonylphenole in der Umwelt – Übersicht und erste Analyseergebnisse. Bericht Bd. 121, Umweltbundesamt, Wien.
- Scharf S, Sattelberger R (1999a):** Hormonell wirksame Substanzen in Fließgewässern. Bericht Bd. 150, Umweltbundesamt, Wien.
- Scharf S, Sattelberger R (1999b):** Endokrine Substanzen – Kläranlagen. Bericht Bd. 151, Umweltbundesamt, Wien.
- Scharf S, Frank E, Schütz Ch, Trimbacher C, Hanus-Illnar A, Denner M, Grone F, Lesemann Ch, Seif P, Reisinger P, Remesch Th, Pichler W, Lorbeer G, Hartl W, Moche W, Thanner G (1996a):** Methoden zur Untersuchung von Klärschlamm. Bericht Bd. 047, Umweltbundesamt, Wien.
- Scharf S, Fürst E, Schmid-Ruzicka S, Paumann R, Vogel W (1996b):** Direkteinleitende Zellstoffhersteller. Immissionsituation 1996. Monographie, Bd. 86, Umweltbundesamt, Wien.
- Scharf S, Hobiger G, Seif P (1995b):** LAS in der Umwelt. Literaturstudie und Untersuchung zu Waschmittelinhaltsstoffen. Report Bd. 105, Umweltbundesamt, Wien.
- Scharf S, Lorbeer G, Hanus A, Pichler W (1995a):** Analytische Untersuchung von Klärschlamm. Bericht Bd. 046, Umweltbundesamt, Wien.
- Scharf S, Pichler W, Lorbeer G, Burtscher E (1995c):** Wasserbelastung durch Textilveredlungsbetriebe. Monographie Bd. 68, Umweltbundesamt, Wien.
- Scharf S, Podesser-Korneti L, Stadlbauer H, Krainer H (1995d):** Grundwasseruntersuchungen im Müritzal an Industriealtstandorten. Report Bd. 118, Umweltbundesamt, Wien.
- Scharf S, Schneider M, Zethner G (1998):** Zur Situation der Verwertung und Entsorgung des kommunalen Klärschlammes in Österreich. Monographie Bd. 95, Umweltbundesamt, Wien.
- Scharf S, Gans O, Hohenblum P et al (2003):** ARCEM – Hormonwirksame Stoffe in Österreichs Gewässer – Ein Risiko?. Forschungsbericht [https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub\\_id=1843&cHash=a15b0fd0cd23e1a650cef40f9802491d](https://www.umweltbundesamt.at/studien-reports/publikationsdetail?pub_id=1843&cHash=a15b0fd0cd23e1a650cef40f9802491d). Zugegriffen: 24. März 2022.
- Schmid-Ruzicka S, Gans O (2007):** Erythromycin für Elritzen. Experten im österreichischen Umweltbundesamt haben Gewässer auf Rückstände von Arzneimittelwirkstoffen untersucht. GDCh – Nachrichten aus der Chemie, Zeitschrift der Gesellschaft Deutscher Chemiker 55(09):825–948
- Schramm C, Gans O, Uhl M, Grath J, Scharf S, Zieritz I, Kralik M, Humer F, Scheidleder A (2006):** Carbamazepin und Koffein – Potenzielle Screeningparameter für Verunreinigungen des Grundwassers durch kommunales Abwasser?. Report Bd. 61, Umweltbundesamt Wien
- Strenn B, Clara M, Gans O, Kreuzinger N. (2004):** Carbamazepin, diclofenac, ibuprofen and bezafibrate—investigations on the behaviour of selected pharmaceuticals during wastewater treatment. Water Science and Technology 50(5):269–276
- Uhl M, Gans O, Grillitsch, B, Fuehracker M, Kreuzinger N (2005):** Grundlagen zur Risikoabschätzung für quaternäre Ammoniumverbindungen. Bericht Bd. 271, Umweltbundesamt Wien
- Uhl M, Kaiser A-M, Briellmann H, Dirnböck T, Hartmann C, Kratz K, Lenz K, Liebmann B, Müller-Grabher D, Spangl W, Tesar M, Titz M, Winter B, Fürst A (2021):** Umsetzung des Minamata-Übereinkommens über Quecksilber in Österreich. Datengrundlagen/Monitoring/Status 2020. Wien, 2021, Reports, Band 0785
- Uhl M, Ivo Offenthaler I, Hartl W, Vallant B, Moche W, Konecny R, Clara M, Scharf S, Haunschmid R, Schabuss M, Zornig H (2012):** Monitoring von Schadstoffen in Biota. Pilotstudie 2010. Umweltbundesamt, 2010
- Wemhöner U, Humer F, Schubert G, Berka R, Philippitsch R, Hörhan T (2015):** Uran in Grundwässern Österreichs. Bericht und Karte 1 : 500.000. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

---

Worgull D, Hohenblum P, Köppel S, Denner M, Scharf S (2022): Anforderungen an die moderne Umwelanalytik. Österr. Wasser- und Abfallw. <https://doi.org/10.1007/s00506-022-00865-6>

### *Weiterführende Literatur*

Hartmann C, Hornek-Gausterer R, Lenz K, Clara M, Deutsch K (2019): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan Stoffdatenblätter. Wien, BMLRT

**Hinweis des Verlags** Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.