



## Arzneimittel in der Umwelt – ein unterschätztes Problem - Situation und Lösungsansätze für ein nachhaltiges Management –

Klaus Günter Steinhäuser ([klaus-g.steinhaeuser@posteo.de](mailto:klaus-g.steinhaeuser@posteo.de)), Hans-Joachim Grommelt ([hans-joachim.grommelt@web.de](mailto:hans-joachim.grommelt@web.de)) und Erik Petersen ([umweltmedizin@erik-petersen.de](mailto:umweltmedizin@erik-petersen.de))

### Abstract

In wachsendem Maß werden in der Umwelt Arzneimittelwirkstoffe gefunden. Eine Trendwende ist nicht zu erwarten, der Arzneimittelverbrauch wird auch zukünftig nicht zuletzt aufgrund der Bevölkerungsentwicklung deutlich steigen. Da die Wirkstoffe physiologisch hochaktive Chemikalien sind, ist mit schädigenden Wirkungen auf Wasser- und Bodenorganismen zu rechnen. Antibiotikaresistente Bakterien stellen ein zusätzliches Problem dar. Zur Entlastung der Umwelt ist ein Maßnahmenbündel erforderlich. Es umfasst die Entwicklung umweltverträglicher Wirkstoffe, eine Verbesserung der Umweltrisikobewertung im Rahmen der Zulassung sowie Maßnahmen zur Reduzierung der Einträge in die Umwelt sowie zur Senkung des Arzneimittelverbrauchs. Nachfolgend stellen wir die wichtigsten Inhalte der Position des BUND zum Thema „Arzneimittel in der Umwelt“ dar (BUND 2020).

### Einleitung - Problemstellung

Arzneimittel – ein Umweltproblem? Arzneimittel werden üblicherweise mit Gesundheit assoziiert und haben deshalb einen weitaus besseren Ruf als Pestizide oder Industriechemikalien. Seit Mitte der 1980er Jahre berichteten Wissenschaftler\*innen zunehmend über Arzneimittelfunde in Gewässern und Böden. Da es sich um physiologisch hochaktive Stoffe handelt, dürfte deren chronische Exposition für Umweltorganismen nicht ohne Folgen sein. Unter den Humanarzneimitteln rechnet das Umweltbundesamt (UBA) mit ca. 2.300 Wirkstoffen in etwa 31.000 Medikamenten bei einem Jahresverbrauch von ca. 30.000 t. Im Vordergrund stehen Analgetika, Antirheumatika, Antibiotika, Antiepileptika, Blutdrucksenker und  $\beta$ -Rezeptorenblocker. Zwar sind etwa 1.100 Wirkstoffe Mineralien, Peptide, Elektrolyte oder Vitamine und daher kaum umweltrelevant. Es bleiben jedoch ca. 1.200 Wirkstoffe mit einem Jahresverbrauch von ca. 8.000 t, die durchaus Probleme verursachen können (UBA 2018). Schätzungen zufolge gelangen 88 % der Humanarzneimittel über menschliche Ausscheidungen ins Abwasser. Der Eintrag durch unsachgemäße Entsorgung von Resten über Toilette oder Spüle wird auf 10 % geschätzt, wohingegen die restlichen 2 % aus Produktionsabwässern stammen.

Auch Tiere werden mit Pharmaka behandelt, insbesondere in der Massentierhaltung von lebensmittelliefernden Tieren wie Rinder, Schweine und Hühner. Hier wird mit 430 Wirkstoffen (davon 270 umweltrelevant) gerechnet (UBA 2018). Dominierend sind Antibiotika mit ca. 670 t im Jahr 2019 (BVL 2020), deren Verbrauch damit in der gleichen Größenordnung liegt wie in der Humanmedizin. Immer noch sind auch Antibiotika wie Colistin oder Makrolide in Gebrauch, die in der Human-

medizin wichtige Reserveantibiotika sind. Veterinärarzneimittel gelangen überwiegend über tierische Ausscheidungen wie Stallmist und Gülle in die Umwelt. Daher ist Boden das wichtigste Zielkompartiment.

Es ist somit nicht erstaunlich, dass viele Wirkstoffe in der Umwelt wiedergefunden werden. Viele Wirkstoffe werden in Kläranlagen nicht abgebaut, sondern entweder an Klärschlamm adsorbiert (z.B. Ciprofloxacin 3-21 mg/kg Trockenmasse) oder finden sich im Abwasser bei der Einleitung ins Gewässer (z.B. Diclofenac ca. 1  $\mu$ g/l). Die gemessenen Konzentrationen übertreffen teilweise deutlich die (Vorschläge für) Umweltqualitätsnormen (UQN) für Oberflächengewässer gemäß EU-Richtlinie 2013/39/EU oder Oberflächenwasserverordnung (OwV). Mit dem Oberflächenwasser ist auch das Grundwasser betroffen und in einigen Fällen auch das Trinkwasser, so dass das UBA für einige Wirkstoffe gesundheitliche Orientierungswerte ableitete (UBA 2019).

Besonders problematisch sind persistente Wirkstoffe, die, einmal in die Umwelt entlassen, wenn überhaupt, nur sehr langsam abgebaut werden. In der EU sind persistente und bioakkumulierende (PBT- und vPVB-Stoffe) sowie auch persistente und mobile (PMT- und vPvM-Stoffe) Chemikalien streng geregelt (Europäische Kommission 2020a). In der Humanmedizin spielen die hochmobilen, sonst aber ungiftigen jodhaltigen Röntgenkontrastmittel und Gadolinium-Chelate für die MRT-Untersuchungen eine besondere Rolle, da sie in Kläranlagen nicht zurückgehalten werden.

### Rechtliche Situation

Arzneimittel sind zuzulassen. Seit 2006 schreibt das EU-Recht vor, dass bei Arzneimitteln die Umweltwirkungen zu bewerten sind. Die Vorgehensweise ist in Leitfäden der EMA für Human- (EMA 2018) und Tierarzneimittel (EMA 2006) beschrieben. Übersteigt die errechnete Exposition die Wirkschwellen, wird ein Risiko festgestellt, das zu reduzieren ist. Es ist zwar ein Fortschritt, dass die Umweltwirkungen überhaupt eine Rolle bei der Zulassung spielen, aber das Verfahren hat mehrere Defizite:

- Es werden nur die Wirkstoffe bewertet, nicht die evtl. die Wirkung verstärkenden Beistoffe.
- Kombinationswirkungen bleiben unberücksichtigt. So werden zum Beispiel die den Blutdruck senkenden Sartane nicht gemeinsam bewertet. Es bleibt sogar unberücksichtigt, wenn ein Wirkstoff in anderen Präparaten oder in Kombination mit einer anderen Wirksubstanz eingesetzt wird.

- Besondere Wirkmechanismen oder extreme Wirkstärken bleiben größtenteils unberücksichtigt. Zwar werden Antibiotika und Hormone gesondert betrachtet; aber auch bei Antimykotika, Antiparasitika, Zytostatika und Neuropharmaka führt die angegebene Standardbewertung nicht zu einer sicheren Einschätzung des Risikos. Auch versagt der Ansatz bei den an Bedeutung gewinnenden Nanomedikamenten, bei denen die Wirkungen nicht nur auf der chemischen Zusammensetzung sondern auch auf physikalisch-chemischen Parametern wie Größe oder Oberflächenladung beruhen.
- Bei der Zulassung von Humanarzneimitteln ist das Ergebnis weitgehend folgenlos; denn die Umweltrisiken werden bei der Nutzen-Risiko-Abwägung nicht einbezogen. So können auch extrem umweltgefährliche Präparate eine Zulassung erhalten, wobei die Umweltrisiken nicht einmal an Apotheker\*innen und Ärzt\*innen kommuniziert werden. Selbstverständlich hat die Gesundheit Vorrang und soll in die Therapiefreiheit der Ärzt\*innen nicht eingegriffen werden. Sehr häufig stehen jedoch weniger umweltbelastende Alternativen zur Verfügung. Grundsätzlich muss deshalb die Versagung der Zulassung aus Umweltgründen bei Humanarzneimitteln möglich sein.
- Schließlich ist anzumerken, dass sich nach wie vor zahlreiche Medikamente auf dem Markt befinden, bei deren Zulassung vor 2006 keine Umweltprüfung stattgefunden hat. Das UBA fordert deshalb ein Monographiesystem zur Schließung dieser Lücken.

Werden in Oberflächengewässern verbreitet Arzneimittelwirkstoffe in erhöhter Konzentration nachgewiesen, sind sie als gefährliche Stoffe gemäß EU RL 2013/39/EU zu betrachten. Umweltqualitätsnormen sind abzuleiten und Maßnahmenpläne zur Minderung zu erarbeiten. Letzteres ist bei Medikamenten besonders schwierig, da sie über Ausscheidungen eingetragen werden und Maßnahmen mit dem Schutzziel Gesundheit kollidieren können. Der Spurenstoffdialog des BMU hat Runde Tische zu ausgewählten Spurenstoffen eingerichtet, darunter auch das Schmerzmittel Diclofenac und jodhaltige Röntgenkontrastmittel. Die bisherige Praxis einer aufwändigen und kontroversen Diskussion zeigt, dass angesichts mehrerer hundert relevanter Spurenstoffe auf diese Weise keine Problemlösung in angemessener Zeit gefunden werden wird.

Die EU-Kommission ist sich der Defizite bei den Umweltrisiken der Pharmaprodukte bewusst und veröffentlichte 2019 einen „Strategischen Ansatz für Arzneimittel in der Umwelt“ mit diversen Vorschlägen und Absichtserklärungen (Europäische Kommission 2019). Inzwischen hat die EU-Kommission eine Pharmastrategie für Europa publiziert, die eine Beziehung zum „European Green Deal“ herstellt und auch Vorschläge zur Verbesserung der Umweltprüfung enthält (Europäische Kommission 2020b).

## Antibiotika-Resistenzen

Die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen ist ein herausragendes Problem sowohl in der Human- als auch in der Veterinärmedizin. Ein übermäßiger, unbedachter Gebrauch, z.B. auch bei viralen Erkältungskrankheiten, führt zur Verbreitung resistenter Keime. Offensichtlich ist auch die Umwelt Reservoir und Quelle resistenter Bakterien, denn sogar bei niedrigen Konzentrationen können Antibiotika die Entwicklung von Resistenzen induzieren (Chow L.K.M. et al. 2021). Die Verwendung auch von Reserve- und Breitbandantibiotika in der Tiermedizin führt zur Entstehung multiresistenter Keime wie MRSA und ESBL, die vor allem in Schweinegülle nachgewiesen werden (Dittmann K. et al. 2016, Greenpeace 2020). Multiresistente Bakterien sind ein gravierendes Problem in Krankenhäusern bei nosokomialen Infektionen und werden von der WHO als eines der dringlichsten Themen benannt (WHO 2015). Offenbar ist der Anreiz für die Industrie, neue Wirkstoffe zu entwickeln, gering. In der letzten Dekade waren unter 239 Neuzulassungen nur neun Antibiotika – alle aus bekannten Wirkstoffklassen. Es bedarf klarer Regeln und Eingrenzung notwendiger Antibiotika-Behandlungen, staatlicher Förderung, auch von Alternativen zur Behandlung mit Antibiotika wie der Phagentherapie (Häusler T. 2003).

## Maßnahmen – Lösungsansätze

Will man die Belastung der Umwelt durch Medikamente senken, sind fünf Wege zu beschreiten:

### ➤ Entwicklung und Verwendung umweltverträglicher Medikamente:

Arzneimittelwirkstoffe sollen zwar ausreichend stabil sein, um ihre Wirkung im Organismus zu entfalten, aber nicht persistent und damit ein potenzielles Umweltproblem darstellen. Dies bedeutet, dass bei der Entwicklung neuer Wirkstoffe deren Umweltverträglichkeit einen größeren Stellenwert bekommen muss. Erste Erfolge einer ‚Green Pharmacy‘ zeigen, dass ohne Verlust der Wirksamkeit „Sollbruchstellen“ in Wirkstoffe eingebaut werden können, die deren Abbaubarkeit fördern (Kümmerer und Hempel 2010, Kümmerer K. 2019). Oft gibt es auch umweltverträgliche Alternativen, die denselben therapeutischen Zweck erfüllen. Ein Klassifikationssystem, wie es in Schweden eingeführt ist, ermöglicht es Ärzt\*innen die umweltverträgliche Alternative zu wählen (Wennmalm A. et al. 2009, TAB 2019). Die Änderung der Verschreibungspraxis kann auch erreicht werden, wenn das System der Pharmakovigilanz (Erfassung der Nebenwirkungen und Risiken nach der Zulassung) durch eine Ökopharmakovigilanz ergänzt wird (He b-s. 2017). Ein gezieltes Nachzulassungsmonitoring kann helfen, die Verbreitung von Arzneimittelrückständen in der Umwelt zu erfassen.

### ➤ Verbesserung der Umweltprüfung bei der Zulassung

Die Bewertungsleitfäden sind entsprechend dem Stand der Wissenschaft weiterzuentwickeln. Dies betrifft beispielsweise die Berücksichtigung von Kombinationswirkungen, spezielle Wirkmechanismen, eine Anpassung mit der Entwicklung der

Chemikalienbewertung, wie sie zum Beispiel im „one substance – one assessment“-Ansatz in der „Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit“ der EU-Kommission gefordert wird (Europäische Kommission 2020). Ferner ist die Entstehung von Antibiotikaresistenzen in die Umweltbewertung zu integrieren, beispielsweise durch Bestimmung der „minimum selectable concentration“ nach Bengtson (Bengtson-Palme J. 2016). Zentral ist aber vor allem, dass die Umweltprüfung von Humanarzneimitteln nicht folgenlos ist, d.h. die Risiko-Nutzen-Abwägung kann zur Versagung der Zulassung führen.

## ➤ **Minderung der Einträge von Arzneimitteln in die Umwelt**

Ein Teil der Einträge in Boden und Gewässer resultiert aus der unsachgemäßen Entsorgung von Arzneimittelresten über Toilette oder Spüle. Hier helfen neben verstärkten Aufklärungskampagnen für Verbraucher\*innen geringere Packungsgrößen und eine geordnete Sammlung der Reste über die Apotheken anstelle über die derzeitige regional sehr unterschiedliche Abfallsammlung und –entsorgung.

In Bezug auf Abwasser sind sowohl Maßnahmen an der Quelle als auch ein Ausbau der Kläranlagen erforderlich. So kann nach Röntgen- und MRT-Untersuchungen der Urin der Patient\*innen in Urinbeuteln aufgefangen und entsorgt werden. Gesundheitseinrichtungen wie Krankenhäuser oder radiologische Praxen können Hotspots der Abwasserbelastung mit Medikamenten sein. Hier kann es weiterhelfen, den Teilstrom dezentral zu behandeln, was im Übrigen auch die Einträge von Desinfektionsmitteln und pathogenen Keimen ins Abwasser mindern würde. Gleichwohl wird das kommunale Abwasser durch die Verwendung von Medikamenten in Privathaushalten so stark belastet sein, dass eine weitergehende Behandlung notwendig ist. Die verbreitete dreistufige Behandlung in Kläranlagen reicht dazu nicht aus. Die mangelnde Elimination von Mikroschadstoffen, darunter Arzneimitteln, ist ein wesentlicher Grund für den notwendigen, schrittweisen Ausbau mit einer vierten Reinigungsstufe (Aktivkohle oder UV/Ozon). Die chemische Vielfalt der Pharmaka verhindert zwar, dass alle Medikamente gleich gut abgebaut werden. Jedoch zeigen Untersuchungen eine sehr deutliche Verbesserung der Abwasserqualität (Triebskorn R. 2017). Schließlich entsteht bei der Abwasserreinigung Klärschlamm, der immer noch auf Feldern ausgebracht werden darf. Er enthält Medikamentenreste und zahlreiche teilweise resistente Keime – ein weiterer Grund, um das endgültige Ende der landwirtschaftlichen Entsorgung von Klärschlamm zu fordern.

## ➤ **Minderung des Verbrauchs von Arzneimitteln**

Will man den Trend zu höherem Arzneimittelverbrauch trotz zunehmender Alterung der Gesellschaft umkehren, bedarf es bei Ärzt\*innen, Pflegekräften und Patient\*innen eines stärkeren Bewusstseins, dass nicht jede Unpässlichkeit mit Medikamenten bekämpft werden muss. Die Mehrheit der Beschäftigten in Medizinberufen ist nicht informiert, dass Arzneimittel die Umwelt gefährden können. Besonders nicht verschreibungs-

pflichtige Medikamente stellen ein Problem dar. Deshalb sollte die Werbung für Medikamente grundsätzlich untersagt werden. Benötigt ein Patient ein Medikament, sollte er vorher von einem Arzt oder Apotheker beraten werden. Umweltgefährdende Arzneimittel wie Diclofenac sollten künftig grundsätzlich verschreibungspflichtig sein.

## ➤ **Übergreifende Maßnahmen in der Landwirtschaft**

Die heutige industrielle Tierproduktion ist ohne die intensive Anwendung von Tierarzneimitteln nicht denkbar. Ein wesentlicher Ansatzpunkt liegt darin, die Haltungsbedingungen für die Tiere zu verbessern, - eine Forderung, die auch aus Gründen des Tierschutzes keinen Aufschub duldet (HWCH 2017). Verbesserte Stallhygiene sowie Bewegungsmöglichkeiten für die Tiere beispielweise durch Weidehaltung tragen wesentlich zu einer Minderung des Arzneimittelverbrauchs bei. Schließlich hilft die Einhaltung der Regeln für eine bedarfsgerechte Ausbringung von Wirtschaftsdünger, die Belastung der Böden mit Arzneimittelresten und resistenten Keimen zu mindern.

## **Schlussbemerkung**

Letztlich sind die geschilderten Maßnahmen Teil einer nachhaltigen Umstellung des Gesundheitswesens und der Landwirtschaft entsprechend den Nachhaltigkeitszielen (Sustainable Development Goals) der Vereinten Nationen (UN 2015). Auch der One Health-Ansatz der Weltgesundheitsorganisation (WHO) verfolgt das Ziel eines nachhaltigen Gesundheitswesens (WHO 2021). In Bezug auf Arzneimittel erfordert dies eine erweiterte Herstellerverantwortung (extended producer responsibility). Dies ist umso wichtiger, als aufgrund der weltweiten Vernetzung der Pharmahersteller die Massenproduktion von Wirk- und Beistoffen überwiegend in Asien stattfindet – oft unter Bedingungen, die nicht den europäischen Standards entsprechen. Diese Verantwortung muss sich auf den gesamten Lebenszyklus der Arzneimittel beziehen, was bedeutet, dass im Sinne des Verursacherprinzips eine finanzielle Beteiligung an den genannten Maßnahmen zu fordern ist. Zum Gelingen einer Umstellung müssen aber auch Ärzt\*innen, Apotheker\*innen, Landwirt\*innen und nicht zuletzt auch Patient\*innen ihrer Verantwortung gerecht werden.

## **Literatur**

- Bengtsson-Palme, J., Larsson, D.G.J. (2016): Concentrations of antibiotics predicted to select for resistant bacteria: Proposed limits for environmental regulation. *Environment International* 86, 140–149, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412015300817?via%3Dihub>
- BUND – Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (2020): Arzneimittel in der Umwelt. BUNDposition 70, Berlin, BUND-Position 70: Arzneimittel in der Umwelt
- BVL - Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2020): Abgabe an Antibiotika in der Tiermedizin sinkt weiter. Mengen für Fluorchinolone und Cephalosporine der 3. und 4. Generation auf niedrigstem Wert seit 2011. Pressemitteilung 29.07.2020,

- [https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/05\\_tierarzneimittel/2020/2020\\_07\\_29\\_PI\\_Antibiotikaabgabe.html](https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/05_tierarzneimittel/2020/2020_07_29_PI_Antibiotikaabgabe.html)
- Chow L.K.M. et al. (2021): A survey of sub-inhibitory concentrations of antibiotics in the environment. [Journal of Environmental Sciences 99, 21–27](https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.101111)
- Dittmann, K., Dahms, C., Kramer, A., Cuny, C., Cuypers, B., Hübner, N.-O. (2016): One-Health-Ansatz in einem regionalen Netzwerk: Vorkommen von Methicillin-resistenten Staphylococcus aureus-Stämmen (MRSA) und ESBL (Extended Spectrum  $\beta$ -Lactamasen)-bildenden Bakterien in landwirtschaftlichen Nutztieren und bei Mitarbeitern der Betriebe in Mecklenburg-Vorpommern. *Umwelt-Hygiene-Arbeitsmedizin* 21(6), 289-295.
- EMA - European Medicines Agency (2006): Guideline on environmental impact assessment for veterinary medicinal products in support of the VICH guidelines GL6 and GL38, [https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/guideline-environmental-impact-assessment-veterinary-medicinal-products-support-vich-guidelines-gl6\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/guideline-environmental-impact-assessment-veterinary-medicinal-products-support-vich-guidelines-gl6_en.pdf).
- EMA – European Medicines Agency (2018) Guideline on the environmental risk assessment of medicinal products for human use. Draft, [https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/draft-guideline-environmental-risk-assessment-medicinal-products-human-use-revision-1\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/draft-guideline-environmental-risk-assessment-medicinal-products-human-use-revision-1_en.pdf)
- European Commission (2019): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, and the European Economic and Social Committee, European Union Strategic Approach to Pharmaceuticals in the Environment. COM(2019) 128 final, Brussels, 11.3.2019, [https://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/pdf/strategic\\_approach\\_pharmaceuticals\\_env.PDF](https://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/pdf/strategic_approach_pharmaceuticals_env.PDF)
- European Commission (2020a): Communication from the Commission to the European Parliament the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Chemicals Strategy for Sustainability towards a Toxic-Free Environment. COM(2020) 667 final, Brussels, 14.10.2020, resource.html (europa.eu)
- European Commission (2020b): Communication from the Commission to the European Parliament the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Pharmaceutical Strategy for Europe. COM(2020) 761 final, Brussels, 25.11.2020, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0761&from=EN>
- Greenpeace (2020): Gefahr vom Acker. Antibiotikaresistente Keime und Antibiotika in der Gülle, Testergebnisse von Proben aus fünf Bundesländern und aus der Nähe von Heilbädern und Kurorten. März 2020, Hamburg, [https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/2020-03\\_gpd\\_report\\_gefahr\\_vom\\_acker\\_quellestest.pdf](https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/2020-03_gpd_report_gefahr_vom_acker_quellestest.pdf)
- He B-S. et al. (2017): Eco-pharmacovigilance of non-steroidal anti-inflammatory drugs: Necessity and opportunities. *Chemosphere* 181, 178-189, Eco-pharmacovigilance of non-steroidal anti-inflammatory drugs: Necessity and opportunities - PubMed (nih.gov)
- HCWH - Health Care without Harm (2017): 20 Organisations sign declaration expressing serious concern about pharmaceuticals in the environment in the EU. Press release, 16.11.2017, <https://www.hcwh.org/2017/11/16/20-organisations-sign-declaration-expressing-serious-concern-about-pharmaceuticals-in-the-environment-in-the-eu/>
- <https://noharm-europe.org/articles/press-release/europe/20-organisations-sign-declaration-expressing-serious-concern-about>
- Häusler T. (2003): *Gesund durch Viren – Ein Ausweg aus der Antibiotikakrise*. Piper, München-Zürich, ISBN 3-492-04520-0
- Kümmerer, K. (2019): From a problem to a business opportunity-design of pharmaceuticals for environmental biodegradability. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 12, 100136, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352554118301906>
- Kümmerer K. und Hempel M. (2010) *Green and Sustainable Pharmacy*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg ISBN 978-3-642-05198-2, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-05199-9>
- TAB – Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (Hrsg.) (2019): *Arzneimittelrückstände in Trinkwasser und Gewässern*. Endbericht zum TA-Bericht, Berlin, <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab183.pdf>
- Triebskorn, R. (Hrsg.)(2017): *Weitergehende Abwasserreinigung – Ein wirksames und bezahlbares Instrument zur Verminderung von Spurenstoffen und Keimen im Wasserkreislauf*, <https://publikationen.uni-tuebingen.de/xmlui/handle/10900/74316>
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2018): *Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern*. Hintergrund, Februar 2018, Dessau-Roßlau, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba\\_pos\\_mikroverunreinigung\\_final\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_pos_mikroverunreinigung_final_bf.pdf)
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2019): *Liste der nach GOW bewerteten Stoffe*, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/liste\\_der\\_nach\\_gow\\_bewerteten\\_stoffe\\_201903-1.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/liste_der_nach_gow_bewerteten_stoffe_201903-1.pdf) (abgerufen 25.07.2021)
- Wennmalm A. et al. (2009): Pharmaceutical management through environmental product labeling in Sweden. *Environment International* 35, 775-777
- WHO (2021) *One Health, One Health* (who.int) (abgerufen 25.07.2021)
- WHO – World Health Organization (2015): *Global action plan on antimicrobial resistance*. Genf, [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/193736/1/9789241509763\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/193736/1/9789241509763_eng.pdf)

## Korrespondenzadresse

Dr. Klaus Günter Steinhäuser  
Derfflingerstr. 14  
12249 Berlin  
E-Mail: [klaus-g.steinhaeuser@posteo.de](mailto:klaus-g.steinhaeuser@posteo.de)