



Potenzial des Abwassermonitorings über eine SARS-CoV-2-Abwassersurveillance hinaus

Potential of wastewater monitoring beyond SARS-CoV-2 wastewater surveillance

Positionspapier der Kommission Environmental Public Health (KomEPH) zum Abwassermonitoring

Kontakt

Prof. Dr. Caroline Herr | Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit Bayern | Pfarrstr. 3 | 80538 München | E-Mail: caroline.herr@lgl.bayern.de

Zusammenfassung

Die Kommission möchte mit diesem Positionspapier die bisherige Forschung zum Abwassermonitoring kompakt erläutern und neue Potenziale über die bisherigen Anwendungen und Zielsetzungen hinaus aufzeigen. Dieses Potenzial gilt es nach der erfolgreichen Etablierung im Rahmen der COVID-19-Pandemie nun zum Gesundheitsschutz der Bevölkerung zu erhalten.

Abstract

With this position paper, the Commission would like to provide a concise explanation of the research conducted to date on wastewater monitoring and highlight new potential beyond the existing applications and objectives. Following its successful establishment in the context of the COVID-19 pandemic, this potential must now be preserved to protect the health of the population.





Quelle: kelly/pexels

Hintergrund

Abwassermonitoring ist die kontinuierliche Überwachung von Krankheitserregern oder deren Bestandteilen im Abwasser zur Unterstützung der epidemiologischen Lagebewertung. Das Prinzip, das Auftreten beziehungsweise die Häufigkeit von Krankheitserregern mit Hilfe von Abwasserproben zu überwachen, wurde bereits in den 1930er beziehungsweise 1940er Jahren für die Surveillance von Polioviren entwickelt und ist seitdem ein wichtiges Instrument, um die Eradikation dieses Erregers zu unterstützen (Metcalf et al., [1995](#); Melnick [1947](#); Paul et al., [1940](#)). Mit dem Beginn der COVID-19-Pandemie erlangte die Abwassersurveillance über die Überwachung von Polioviren hinaus weltweit an Bedeutung. Seitdem wird sie kontinuierlich in vielen Ländern ausgebaut und auf weitere Krankheitserreger ausgeweitet. Zudem konnten bereits verschiedenste Erreger aber auch Spurenstoffe, zum Beispiel Medikamente und Drogen beziehungsweise deren Metabolite, im Abwasser nachgewiesen und quantifiziert werden (Fontanals et al., [2023](#); Salgueiro-Gonzalez et al., [2024](#)).

Auch in Deutschland wurden zu Beginn der Pandemie, gefördert über die Europäische Kommission und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), mehrere Forschungsprojekte durchgeführt, um den Mehrwert einer abwasserbasierten Überwachung zu evaluieren. Seit November 2022 fördert das Bundesministerium für Gesundheit (BMG) das Vorhaben „Abwassermonitoring für die epidemiologische Lagebewertung“ (AMELAG) mit dem erklärten Ziel, eine bundesweite Abwassersurveillance für

SARS-CoV-2 und seine Varianten zu etablieren. Die Organisation und die Durchführung liegen bei den Bundesbehörden Robert Koch-Institut (RKI) und Umweltbundesamt (UBA). Beteiligt sind alle Bundesländer mit insgesamt 168 Standorten, die zum Teil auch mit Landesmitteln finanziert werden. Außerdem beteiligt sind das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), mehrere Labore und Universitäten sowie der Sanitätsdienst der Bundeswehr. Die Ziele von AMELAG sind die Etablierung, die Weiterentwicklung und Harmonisierung von Nachweismethoden, das regelmäßige Veröffentlichen von Abwassermessdaten und die Implementierung der Methoden für die Überwachung weiterer Erreger (z.B. Influenza-A- und B-Virus, Respiratorisches Synzytial-Virus). In mehreren Forschungsprojekten im RKI, UBA und in universitären Forschungseinrichtungen werden zudem Fragestellungen bearbeitet, welche unter anderem die Überwachung von antimikrobiellen Resistenzen, die Optimierung von Methoden sowie das Zusammenführen von Abwasser- und anderen Daten zur epidemiologischen Datenbewertung betreffen (RKI, [2024](#); UBA, [2024](#)).

Technische Möglichkeiten

Krankheitserreger und deren Bestandteile gelangen unter anderem über Stuhl, Urin und Speichel ins Abwasser und über das Kanalsystem an die Kläranlage. Dort werden zweimal wöchentlich sogenannte 24-Stunden-Mischproben am Zulauf der Kläranlage entnommen. Die Proben werden vor Ort homogenisiert, gekühlt zum Labor transportiert und dort aufbereitet. Mittels gängiger PCR-Methoden werden die in den Abwasserproben enthaltenen Virusfragmente quantifiziert und auf einen Liter Abwasser hochgerechnet. Die Daten werden bundesweit zentral gesammelt, auf Plausibilität geprüft und ausgewertet. Einige Proben werden mittels Sequenzierung auf Virusvarianten untersucht. Die Daten aller Standorte sowie ein bundesweiter Gesamtindikator erscheinen im Wochenbericht der Abwassersurveillance. Eine genaue Beschreibung der Methoden ist in Form Technischer Leitfäden auf [der Abwassersurveillance-Seite des RKI](#) sowie in einem kürzlich erschienenen Artikel beschrieben (Marquar et al., [2024](#)).

Rahmenbedingungen

Bei der Abwassersurveillance sind die gute Zusammenarbeit und Kommunikation verschiedener Institutionen der Gesundheits-, Umwelt- und Dienstleistungsseite von zentraler Bedeutung. Dazu zählen neben den Kläranlagen und Laboren auch verschiedene Behörden auf Landes- und Bundesebene. Da die Zuständigkeiten in den Bundesländern variieren, ist die Etablierung der Abwassersurveillance in Deutschland ein komplexes Unterfangen. Für einige Bundesländer gibt es Verwaltungsvereinbarungen mit dem Bund. Diese Bundesländer schließen wiederum mit Kläranlagen Verträge, während für andere Länder der Bund direkt mit den jeweiligen Kläranlagen Verträge abschließt. Die vertraglichen Absprachen schaffen dabei nicht nur eine Verbindlichkeit, welche die regelmäßige Probenahme und Datenübermittlung sicherstellt, sondern regeln zudem auch die Aufwandsentschädigungen für die Probenahmen auf den Kläranlagen beziehungsweise die Kostenübernahme für die Laboranalytik. Unterschiedlich wird auch die PCR-Analytik realisiert. Während in manchen Bundesländern die Analysen durch landeseigene Labore

durchgeführt werden, wird in anderen Bundesländern die Analytik durch den Bund als Bundesanalytik organisiert und zum Teil auch durchgeführt.

Die Schaffung und Aufrechterhaltung eines bundesweiten Abwassersurveillance-Netzwerks, in dem verschiedenste Stakeholder von der Kläranlage bis zum Ministerium eingebunden beziehungsweise informiert werden, ist ein zentraler Pfeiler in AMELAG. Hierfür werden eine Vielzahl von Veranstaltungen zur Vernetzung und zur Förderung des Austauschs für alle relevanten Gruppen in Form von Kolloquien, Symposien, Workshops, Teamtagen, Newslettern sowie Zusatzveranstaltungen für den Austausch zu speziellen Themen unter dem Dach von AMELAG durchgeführt.

Bei der momentanen Novellierung der Kommunalen Abwasserrichtlinie (91/271/EWG von 1991) wird erstmals in Artikel 17 die Einrichtung eines nationalen Systems für die Koordinierung und Zusammenarbeit zwischen den Gesundheits- und Umweltministerien gefordert. Im Fokus steht zudem die Überwachung antimikrobieller Resistenzen. Ungeklärt sind hier beispielsweise noch die Zuständigkeiten für Probenahme, Auswertung und vor allem die Finanzierung.

Darüber hinaus bestehen internationale Netzwerke und Projekte, in welche die Abwassersurveillance in Deutschland eingebunden ist, wie zum Beispiel die Joint Action [↗ EU-Wastewater Integrated Surveillance for Public Health \(EU-WISH\)](#) und das [↗ Global Consortium for Wastewater and Environmental Surveillance for Public Health \(GLOWACON\)](#).

Potenzial der Methode

Epidemiologische Fragestellungen

Während der COVID-19-Pandemie hat sich die Abwassersurveillance als wertvolles Instrument zur Überwachung von Infektionserregern erwiesen. In Deutschland konnte dies eindrucksvoll in dem bundesweiten Projekt AMELAG gezeigt werden, bei dem insgesamt 168 Kläranlagen eingebunden sind, wodurch circa 35 Prozent der Gesamtbevölkerung überwacht werden können (RKI, [2024](#)). So konnten die unterschiedlichen Infektionswellen gut nachgezeichnet werden und bis zum Wegfall der Testpflicht deckten sich die erhobenen Trendverläufe gut mit den Inzidenzen.

Neben SARS-CoV-2 kann die Abwassersurveillance unter anderem für die (frühzeitige) Erkennung und Erfassung der jährlichen Grippewellen genutzt werden, wodurch Gesundheitsbehörden zeitnah und gegebenenfalls präventiv reagieren könnten (de Melo, [2012](#)). Da sich Influenzaviren in der Regel zuerst in jüngeren Bevölkerungsgruppen ausbreiten, bei dieser Personengruppe oft aufgrund der meist schwächeren Symptomatik mittels etablierter Surveillancesysteme seltener frühzeitig erfasst werden, könnte das Abwassermonitoring hier eine effektive Ergänzung im Sinne der Überwachung bieten.

Während der COVID-19-Pandemie hat sich auch gezeigt, dass das Abwassermonitoring wertvoll ist, wenn herkömmliche Überwachungsstrategien durch Faktoren wie begrenzte Testkapazitäten oder Meldeverzögerungen eingeschränkt sind. Zudem ist die Erfassung nicht an die Symptomatik und Krankheitsschwere gekoppelt, wodurch auch asymptomatische Träger erfasst werden, die in den herkömmlichen Systemen nicht oder kaum

erfasst werden (Bivins et al., 2020). Dies bedeutet jedoch wiederum, dass die Abwassersurveillance keine Aussage über die Krankheitsschwere machen kann.

In den letzten Monaten hat sich die Abwassersurveillance für SARS-CoV-2 nicht als Frühwarnsystem verstanden, sondern wurde als Echtzeit-Monitoringsystem genutzt, um epidemiologische Trends zu erfassen und so gegebenenfalls Maßnahmen einleiten zu können. Es ist somit eine sinnvolle Ergänzung zu bestehenden infektionsepidemiologischen Surveillance-Systemen und trägt dazu bei, die öffentliche Gesundheitsüberwachung zu stärken, wie beispielsweise über das [Infektionsradar des Bundes](#).

Am Beispiel eines Klimawandel-bezogenen Gesundheitsaspekts

Auch für die Überwachung von klimawandelrelevanten, vektorübertragenen Viren wie Dengue-Virus, Zika-Virus und West-Nil-Virus ist die Methode des Abwassermonitorings interessant und wird daher zurzeit in vielen Ländern intensiv untersucht (Wolfe et al., 2024; Kuhn et al., 2024; Wong, 2024). Diese und andere Viren, die hauptsächlich durch Mücken übertragen werden, sind bereits seit Jahren in vielen tropischen und subtropischen Regionen der Welt eine Herausforderung für die öffentliche Gesundheit. Auf Grund des Klimawandels ist davon auszugehen, dass die genannten Krankheitserreger in näherer Zukunft auch in Zentraleuropa eine größere Rolle spielen werden (Semenza & Paz, 2021). Das Abwassermonitoring könnte hier bestehende Systeme unterstützen und Informationen über die geografische Verbreitung und Saisonalität dieser Erreger liefern. Dies kann den Gesundheitsbehörden in den betroffenen Gebieten ermöglichen, frühzeitig Maßnahmen zur Eindämmung von Ausbrüchen zu ergreifen.

Die Einbindung des Abwassermonitorings in globale Gesundheitsüberwachungsnetzwerke könnte die Fähigkeit ergänzen und verbessern, Krankheitsausbrüche vorherzusagen und so zur globalen Gesundheitsresilienz beitragen.

Das Potenzial des Abwassermonitorings geht über die Bestimmung von Virusfrachten, welche zur Verbreitung von Krankheitserregern in der Bevölkerung genutzt werden, deutlich hinaus. So können auch zahlreiche Spurenstoffe und deren Metabolite erhoben werden (Choi et al., 2018). Als wichtige Beispiele sind Drogenrückstände im Abwasser zu nennen, darunter zum Beispiel Substanzen wie Fentanyl (Salgueira-Gonzalez et al., 2024). Auch lassen sich viele Medikamentenrückstände erfassen, welche Rückschlüsse auf den Verbrauch in der Bevölkerung und der Industrie zulassen. Viele pharmazeutische Chemikalien, Haushaltschemikalien, Biozide und Pflanzenpathogene sind dabei als weitere mögliche Zielparameter zu nennen, deren Bestimmung im Abwasser wertvolle Informationen liefern könnte (Fontanals et al., 2023; Picó & Barceló, 2021; Lopardo et al., 2019). Diese vielfältigen Zielgrößen können in der Gesamtheit somit einen Überblick über die Gesundheit von Menschen, Tieren und Umwelt in einer ganzen Stadt oder einem Landkreis geben und können als eine Art Fingerabdruck genutzt werden (Kasprzyk-Hordén et al., 2022). Es gibt dabei für viele Substanzen noch Forschungsbedarf im One Health-Kontext, um bessere Methoden zur Erfassung und effektive Methoden zur epidemiologischen Bewertung zu erarbeiten (Robins et al., 2022). Die aufgebauten Strukturen im Bereich Kommunikation, Vernetzung, Infrastruktur wie beispielsweise Proben-transport und Laborexpertise in AMELAG sind eine wichtige Voraussetzung, auf deren Basis weitere nationale und internationale Forschungsinstitute, Behörden und Firmen eingebunden werden können.

Ein solcher Ausbau wird den Nutzen des Monitorings für das Gesundheitssystem weiter erhöhen.

Zahlreiche weitere Anwendungsfälle für eine Abwassersurveillance, die für Deutschland kürzlich beschrieben wurden, sind zudem denkbar (Schattschneider et al., [2024](#)).

Nachhaltigkeit

Die Abwassersurveillance könnte unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit einen Vorteil bieten. Dies ist dadurch begründet, dass die Proben aus einem gemischten Pool von Individuen (Pool-Proben) aus Abwasserströmen anstatt von Einzelpersonen analysiert werden. Somit liefert eine einzige Probe Informationen über viele Menschen, womit der Bedarf an Ressourcen wie Testkits und Personal erheblich sinkt. In Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung könnte das Abwassermonitoring somit kostengünstiger sein als andere Methoden.

Klassischerweise werden die Abwasserproben in den Kläranlagen entnommen, womit bereits vorhandene Infrastruktur genutzt wird. Weiter können auch Kanalsammelstellen durch Mitarbeitende der städtischen Klärwerke, beispielsweise durch Schöpfproben, beprobt werden. Durch effiziente Nutzung der Infrastruktur wird der Transportaufwand reduziert und folglich der CO₂-Fußabdruck der Überwachung verringert.

Außerdem kann das Abwassermonitoring dazu beitragen, Ausbrüche schnell zu erkennen und so gezielte Maßnahmen und Reaktionen einzuleiten, was zur zielgerichteten Vorbereitung des Gesundheitssystems auf Lageänderungen genutzt werden kann und so auch eine Entlastung bedeutet. Durch diese ressourceneffiziente Nutzung und die breite Abdeckung der Bevölkerung stellt die Abwassersurveillance ein nachhaltiges Überwachungssystem dar.

Limitationen

Mit Hilfe der Abwassersurveillance kann die Infektionsdynamik von Krankheitserregern überwacht werden, es kann dabei jedoch keine Aussage über die Krankheitsschwere oder die Belastung des Gesundheitssystems gemacht werden. Das heißt für die Interpretation der Daten sollten die Daten anderer Surveillancesysteme einbezogen werden. Nach aktuellem Stand kann aus der gemessenen Viruslast nicht präzise auf eine Inzidenz oder Prävalenz geschlossen werden. Zudem ist ein direkter Vergleich von Viruslasten verschiedener Standorte unterschiedlicher Kanalsysteme und Labormethoden schwierig beziehungsweise kaum möglich. Weiterhin können die erhobenen Daten aufgrund der Komplexität des Abwassers und aufgrund äußerer Einflüsse, wie zum Beispiel Regenereignissen, stark variieren. Hier besteht weiterer Forschungs- und Harmonisierungsbedarf.

Die Abwassersurveillance, wie sie in AMELAG etabliert wurde, bettet sich in die Landschaft bestehender infektionsepidemiologischer Systeme ein und kann diese ergänzen, aber nicht ersetzen. Sie dient zudem nicht dazu, einzelne Infektionsherde oder gar infizierte Personen zu identifizieren.

Fazit

Trotz der Limitationen beinhaltet das Abwassermonitoring eine infektionsepidemiologische Überwachung von Erregern, die, wie hier aufgezeigt, insbesondere bei SARS-CoV-2 bereits ein hohes Potenzial aufweist. Abwassermonitoring kann als ein ergänzendes System gesehen werden, das sich in die Landschaft bestehender Surveillance-systeme einordnet, die anderen Systeme dabei aber nicht ersetzt.

Weitere Anwendungsfälle sind dabei denkbar oder werden zum Teil in einigen Ländern bereits durchgeführt. Beispielsweise könnte die Erfassung von klimawandelrelevanten vektorübertragenen Viren eine regionale Aussage über deren Verbreitung ermöglichen, lange bevor die Erfassung über Symptome erfolgen kann. Auch für das Aufspüren von Spurenstoffen und deren Metaboliten, wie Drogen- oder Medikamentenrückstände kann das Abwassermonitoring genutzt werden.

Dieses Potenzial gilt es nach der erfolgreichen Etablierung im Rahmen der COVID-19-Pandemie nun zu erhalten, indem das Abwassermonitoring verstetigt und erweitert wird. Auf diesem Gebiet ist weiterhin Forschung und eine Pilotierung spezieller Anwendungsfälle mit anschließender Evaluation notwendig.

Die Kommission Environmental Public Health, die sowohl das RKI als auch das UBA berät, sieht eine Verstetigung des Abwassermonitorings (des AMELAG-Vorhabens) als einen wichtigen Beitrag zum Gesundheitsschutz der Bevölkerung und Stärkung der Öffentlichen Gesundheit.

Mitglieder der Kommission „Environmental Public Health“

Prof. Dr. Gabriele Bolte (Institut für Public Health und Pflegeforschung, Universität Bremen), Prof. Dr. Caroline Herr (Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit Bayern), Prof. Dr. Astrid Heutelbeck (Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Universitätsklinikum Jena), Dr. Henk Hilderink (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Hilversum), Prof. Dr. Barbara Hoffmann (Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Universitätsklinikum Düsseldorf), Prof. Dr. Claudia Hornberg (Medizinische Fakultät OWL, Universität Bielefeld), Prof. Dr. Thomas Kraus (Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Uniklinik RWTH Aachen), Prof. Dr. Tobia Lakes (Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin), Prof. Dr. Andreas Matzarakis (Umweltmeteorologie, Universität Freiburg), Dr. Odile Mekel (Landeszentrum Gesundheit Nordrhein-Westfalen), Prof. Dr. Dennis Nowak (Instituts- und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Ludwig-Maximilians-Universität Klinikum München), Prof. Dr. Annette Peters (Institut für Epidemiologie, Helmholtz Zentrum München), Dr. Martina Ragetti (Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut, Basel – Allschwil), Prof. Dr. Doreen Reifegerste (Fakultät für Gesundheitswissenschaften, Universität Bielefeld), Dr. Alexandra Schneider (Institut für Epidemiologie, Helmholtz Zentrum München), Prof. Dr. Claudia Traidl-Hoffmann (Medizinische Fakultät – Lehrstuhl für Umweltmedizin, Universität Augsburg), Prof. Dr. Hajo Zeeb (Leibniz-Institut für Präventionsforschung und Epidemiologie – BIPS und Universität Bremen)

Danksagung

Wir danken dem AMELAG-Vorhaben für die kritische Durchsicht und Aufbereitung dieser Stellungnahme. 

Literatur

- [1] Bivins, A., North, D., Ahmad, A. et al. (2020). Wastewater-Based Epidemiology: Global Collaborative to Maximize Contributions in the Fight Against COVID-19. *Environ Sci Technol.* Jul 7;54 (13), 77547757. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02388>
- [2] Choi, P. M., Tschärke, B. J., Donner, E. et al. (2018). Wastewater-based epidemiology biomarkers: Past, present and future, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 105, 453469. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.06.004>
- [3] Fontanals, N., Pocurull, E., Montes, R. et al. (2023). A new analytical method to determine trace level concentrations of pharmaceuticals in influent wastewater: A tool to monitor human use patterns, *Microchemical Journal*, 193, 109131. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2023.109131>
- [4] Kasprzyk-Hordern, B., Adams, B., Adewale, I. D. et al. (2022). Wastewater-based epidemiology in hazard forecasting and early-warning systems for global health risks, *Environment International*, 161, 107143. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107143>
- [5] Kuhn, K. G., Shelton, K., Sanchez, G. J. et al. (2024). Wastewater Detection of Emerging Vector-Borne Diseases: West Nile Virus in Oklahoma. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4805820>
- [6] Lopardo, L., Petrie, B., Proctor, K. et al. (2019). Estimation of community-wide exposure to bisphenol A via water fingerprinting, *Environment International*, 125, 18. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.12.048>
- [7] Marquar, N., Pütz, P., Buchholz, U. et al. (2024). SARS-CoV-2-Abwassersurveillance in Deutschland im Rahmen des Projekts AMELAG. *Epid Bull* 2024 (34), 1626
- [8] Melnick, J. L. (1947). Poliomyelitis virus in urban sewage in epidemic and nonepidemic times. *American Journal of Hygiene* 1947, 45 (2), 240253
- [9] de Melo, T., Islam, G., Simmons, D. B. D. et al. (2023). An alternative method for monitoring and interpreting influenza A in communities using wastewater surveillance. *Front Public Health.* Jul 27, 11, 1141136. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1141136>
- [10] Metcalf, T. G., Melnick, J. L. & Estes, M. K. (1995). Environmental virology: from detection of virus in sewage and water by isolation to identification by molecular biology – a trip of over 50 years. *Annu Rev Microbiol*, 49, 416487
- [11] Paul, J. R., Trask, J. D. & Gard II, S. (1940). Poliomyelitic virus in urban sewage. *Journal of Experimental Medicine*, 71 (6), 765777
- [12] Picó, Y. & Barceló, D. (2021). Identification of biomarkers in wastewater-based epidemiology: Main approaches and analytical methods, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 145, 116465. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116465>
- [13] RKI – Robert Koch-Institut. (2024). „Projekt AMELAG: Abwassermonitoring zur epidemiologischen Lagebewertung“. <https://www.rki.de/DE/Content/Institut/OrgEinheiten/Abt3/FG32/Abwassersurveillance/Abwassersurveillance.html>

- [14] Robins, K. Leonard, A. F. C., Farkas, K. et al. (2022). Research needs for optimising wastewater-based epidemiology monitoring for public health protection. *J Water Health* 1 September 2022, 20 (9), 1284–1313. <https://doi.org/10.2166/wh.2022.026>
- [15] Schattschneider, A., Greiner, T., Beyer, S. et al. (2024). Abwasser enthält Informationen für die Öffentliche Gesundheit: Mögliche Anwendungen für eine Abwassersurveillance. *Epid Bull*, 2024, 34, 315.
- [16] Salgueiro-Gonzalez, N., Béen, F., Bijlsma, L. et al. (2024). Influent wastewater analysis to investigate emerging trends of new psychoactive substances use in Europe, *Water Research*, 254, 121390. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121390>
- [17] Semenza, J. C. & Paz, S. (2021). Climate change and infectious disease in Europe: Impact, projection and adaptation. *Lancet Reg Health Eur.* 2021 Oct;9:100230. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2021.100230>
- [18] UBA – Umweltbundesamt. (2024). AMELAG Abwassermonitoring für die epidemiologische Lagebewertung. <https://www.umweltbundesamt.de/amelag>
- [19] Wolfe, M. K., Paulos, A. H., Zulli, A. et al. (2024). Wastewater Detection of Emerging Arbovirus Infections: Case Study of Dengue in the United States. *Environmental Science & Technology Letters*, 11 (1), 915. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.3c00769>
- [20] Wong, J. C. C., Tay, M., Hapuarachchi, H. C. et al. (2024). Case report: Zika surveillance complemented with wastewater and mosquito testing. *EBioMedicine*. Mar;101:105020. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2024.105020>