



MEMBRANTECHNIK ZUR VERMEIDUNG VON ANTIBIOTIKA-RESISTENZEN IN GEWÄSSERN

**Positionspapier der
Deutschen Gesellschaft für Membrantechnik**



Deutsche Gesellschaft
für **Membrantechnik**



DGMT website



DGMT on LinkedIn

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber

Deutsche Gesellschaft für Membrantechnik (DGMT) e.V.
Arbeitskreis Mikroschadstoffe
Universitätsstr. 2
45141 Essen

t : +49 (0)201.183-4299
e: info@dgmt.org
w: www.dgmt.org

Autorinnen und Autoren

Franziska Blauth (Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA))
André Lerch (Technische Universität Dresden)
Ramona Osterloh (3M Deutschland GmbH)
Steffen Richter (Blue Foot Membranes GmbH)
Werner Ruppricht (MANN+HUMMEL Water & Fluid Solutions GmbH)
Winfried Schmidt

Copyright und Haftung

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der DGMT und der Autor:innen ausgeschlossen ist.

Bildnachweise

Titel: pexel.com - 159211 (pixabay) & istockphoto.com 505209754 (tuachanwatthana)

© DGMT Juni 2022

01 DIE DGMT SIEHT HANDLUNGSBEDARF

Am 2. und 3. März 2021 veranstaltete die DGMT einen Stakeholder-Dialog zum Thema Verbreitung von multiresistenten Bakterien über den Abwasserpfad. Zahlreiche Teilnehmer:innen aus unterschiedlichen Bereichen der Wasserwirtschaft informierten sich über den aktuellen Wissensstand und diskutierten intensiv die Problematik. Dass Abwässer sowie zahlreiche Prozesse in der Landwirtschaft für den Eintrag von multiresistenten Bakterien in die Umwelt von großer Bedeutung sind, ist mittlerweile unstrittig [1]. Eine Vielfalt von Untersuchungen belegt inzwischen die Verbreitung von multiresistenten Bakterien in der Umwelt. So konnten zum Beispiel an verschiedenen Kläranlagen im Ablauf sowohl antibiotikaresistente Bakterien als auch Antibiotikaresistenzgene, im Weiteren zusammengefasst als Resistenzen bezeichnet, nachgewiesen werden. Im Rahmen des HyReKA-Projektes wurde ebenfalls nachgewiesen, dass deren Verbreitung im Gewässer umso höher ist, je stärker der Siedlungseinfluss und damit die eingeleitete Kläranlagenablaufmenge ist [2].

Der Verbreitung von Resistenzen kommt wegen deren Persistenz und Vermehrungsfähigkeit eine besondere Bedeutung zu, da sie damit ein erhöhtes Gesundheitsrisiko darstellt. Man geht davon aus, dass im Jahr 2050 mehr Menschen an Infektionen mit multiresistenten Bakterien sterben werden als an Krebs [3]. Gleichzeitig nimmt die Bereitschaft der Pharmaunternehmen ab, neue Antibiotika zu entwickeln und auf den Markt zu bringen, da durch die immer schneller auftretenden Resistenzen die Wirtschaftlichkeit der Entwicklung neuer Antibiotika nicht mehr gegeben ist [4].

Diese Entwicklungen sieht die DGMT als Anlass, geeignete technische Verfahren und Prozesse vorzustellen, um die Verbreitung von Resistenzen über den Abwasserpfad zu reduzieren oder gänzlich verhindern. Zahlreiche Untersuchungen belegen hier das Potential der Membrantechnik im Hinblick auf Wirksamkeit und Effizienz, vornehmlich in der Anwendung als Hybridverfahren, wie beispielsweise Membranverfahren mit Pulveraktivkohle. Dies kann im Kontext mit anderen Maßnahmen (z.B. Nutzungsverhalten) zur Problemlösung signifikant beitragen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind an zahlreichen Kläranlagen sogenannte 4. Reinigungsstufen zur Elimination von Spurenstoffen geplant oder bereits gebaut. Diese sind aber nicht oder nur teilweise in der Lage, die Verbreitung von Resistenzen in die Umwelt zu verhindern oder zu vermindern. Um auch zukünftig eine wirtschaftliche Abwasserreinigung zu ermöglichen, ist es daher sinnvoll, bei den aktuellen Planungen die Thematik der Entfernung von Resistenzen zu berücksichtigen. Die Nutzung von Hybridverfahren im Zusammenhang mit Membrantechnik ermöglicht es, neben den Resistenzen auch Spurenstoffe und Mikroplastik zu einem großen Teil zurückzuhalten.

Das vorliegende Positionspapier informiert über die oben genannte Problematik im Abwasser sowie über deren Wirkung und Risiken. Es zeigt technische Lösungsmöglichkeiten auf, die mit Hilfe der Membrantechnik zur Verfügung stehen. Ziel ist es, sowohl gesellschaftliche wie auch politische Akzeptanz für eine weiterreichende Abwasserreinigung zu erzeugen.

Die DGMT richtet sich mit diesem Papier an diejenigen in der Politik, der Industrie, den Umweltverbänden und den Kommunen, die in der Lage sind, zur Lösung der Problematik beizutragen und entsprechende Maßnahmen zu unterstützen sowie an alle, die sich über die Herausforderung und Lösungsansätze informieren wollen.

02 BEITRAG DER MEMBRANTECHNIK ZUR ENTFERNUNG VON RESISTENZEN

Membrantrenntechnik ist eine Technologie, bei der mit Hilfe einer filtrierenden Trennschicht im Wasser unlösliche Stoffe sowie, je nach Membranart, gelöste Stoffe zurückgehalten werden können. Für den Rückhalt von Bakterien, Viren und Bakterienbestandteilen (Plasmide, Proteine, DNA-Bruchstücke) eignen sich Membranen in besonderer Weise. Die unterschiedlichen Einsatzbereiche richten sich nach der Porengröße und der jeweiligen Trenngrenze der Membran.

Für den Rückhalt von Bakterien und Viren sind Membranen bereits seit mehreren Jahrzehnten in unterschiedlichen Industriezweigen Stand der Technik. So werden Membranen zur Sterilfiltration flüssiger Lebensmittel (Bier, Wein, Fruchtsaft, Molkereiprodukte) eingesetzt. Ebenso finden sie für die Sterilisation in der pharmazeutischen Industrie in vielen Prozessen Anwendung. Für die Trinkwasseraufbereitung von z. B. Quell-, Grund- und Oberflächenwasser kommen sie bereits jetzt bei der Abtrennung von Trübstoffen, Bakterien und Viren erfolgreich zum Einsatz.

In der kommunalen Abwasserbehandlung haben sich seit vielen Jahren Membranbioreaktoren (MBR) in Kläranlagen bewährt und etabliert. Hier dient die Membran dazu, die die zur Abwasserreinigung eingesetzte Biomasse (Bakterien) zurückzuhalten. Der dadurch erzeugte gereinigte Abwasserstrom, hält die Anforderungen an die Qualität in Binnengewässern gemäß Richtlinie 2006/7/EG (Badegewässerrichtlinie, [5]) sicher ein. Mit den Bakterien werden auch Resistenzen zurückgehalten. Während in konventionellen Kläranlagen die Entfernungsleistung bei ca. 3,5 Log-Entfernungsstufen liegt, beträgt sie bei MBR-Anlagen bis zu 7 Log-Entfernungsstufen (vgl. Abb. 1 und Abb. 2).

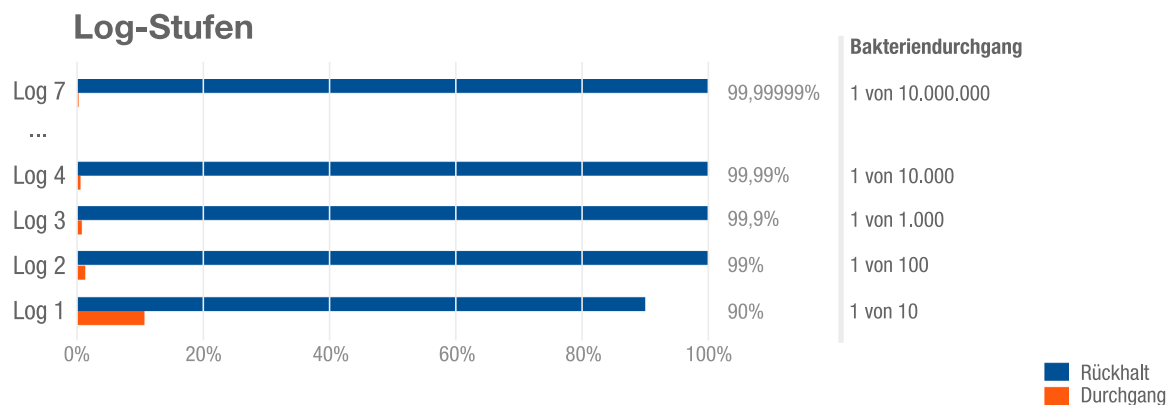


Abb. 1: Rückhalt von Bakterien in Log-Stufen. Eine Log-Stufe beschreibt den Rückhalt um eine Zehnerpotenz. Log 1 beschreibt somit eine Reduktion von 90 % Bakterien.

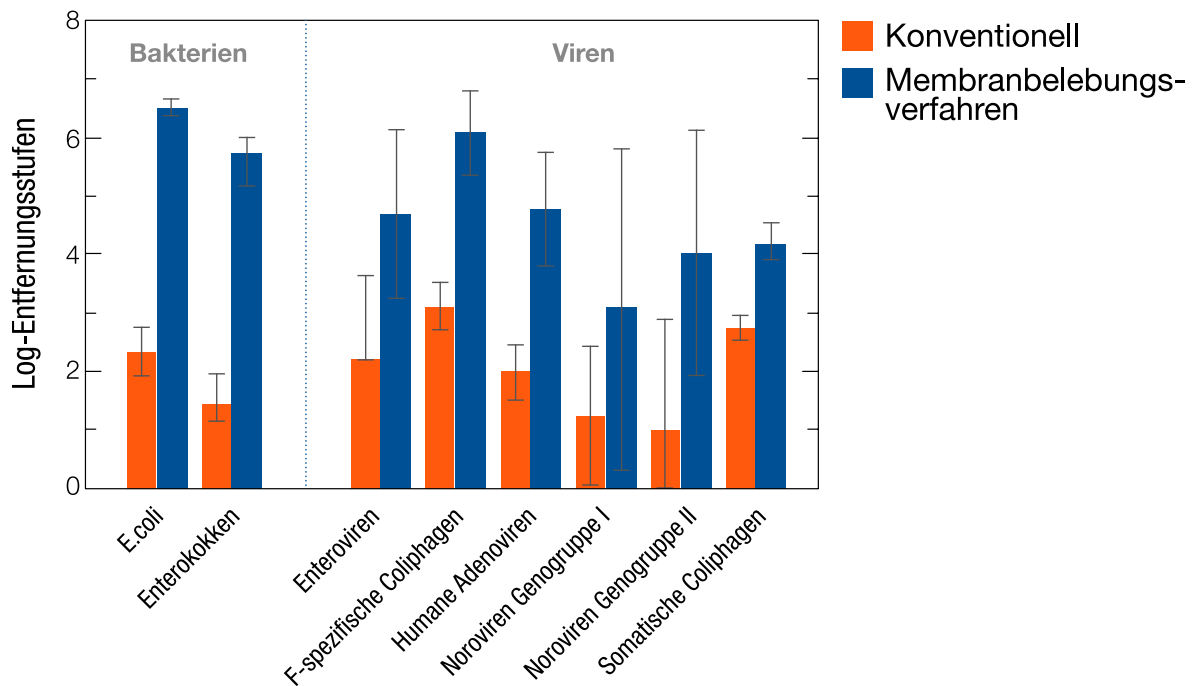


Abb. 2: Vergleich von konventionellen Belebungsverfahren und Membranbelebungsverfahren bezüglich der Entfernung typischer Bakterien und Viren (zusammengestellte Literaturdaten aus [6])

Darüber hinaus ist in mehreren Projekten und Praxisstudien die Anwendung von Membranen in Kombination mit anderen Verfahren zur Spurenstoffelimination, z.B. Oxidation in Kombination mit keramischen Membranen oder der Einsatz von Pulveraktivkohle in MBR-Anlagen, positiv bewertet worden. So lässt sich die 4. Reinigungsstufe mit dem Einsatz von Membrantechnik kombinieren und zusätzlich um den Rückhalt von Resistenzen erweitern.

So kann mit der Membrantechnik mit verschiedenen verfahrenstechnischen Varianten die Rückhaltung der Resistenzen aus dem Wasser realisiert werden. Ihre Barrierewirkung führt eine Reduktion des Eintrages in die Umwelt herbei und minimiert damit das potentielle Risiko durch die unkontrollierte Verbreitung der Resistenzen.

03 RELEVANTE EINTRAGSPFADE FÜR RESISTENZEN

Es existiert eine Vielzahl möglicher Eintragspfade für Resistenzen in die Umwelt:

- kommunales Abwasser mit und ohne Klinikanteil
- Abwasser der Pharmaindustrie
- Abwasser der Landwirtschaft / Gülle
- Abwasser von Schlachtbetrieben
- Klärschlamm bei bodenbezogener Verwertung

Für die DGMT sind kommunales und industrielles Abwasser von besonderem Interesse. Die Belastung von Abwasser unterschiedlicher Herkunft mit Resistenzen ist in vielen Studien belegt worden. In Deutschland sind besonders die Verbundprojekte des BMBF-Förderprogramms RiSKWa [7], das HyReka Projekt [8] und das ANTIREs Projekt [9] zu nennen.

Abwässer aus Kliniken und ähnlichen Einrichtungen sind, bezogen auf die Resistenzen, mit höheren Konzentrationen belastet. Diese Resistenzen entstehen u.a. bei der Einnahme von Antibiotika und finden sich in den Ausscheidungen der Patient:innen wieder. Durch die relativ hohen Konzentrationen dieser Antibiotika (Spurenstoffe) im Klinikabwasser, können auch Resistenzen im Abwasser zusätzlich neu gebildet werden.

Die Behandlung dieser Abwässer in konventionellen Kläranlagen liefert nicht die erforderliche hygienische Reduktion bezogen auf die Resistenzen, da diese Kläranlagen in der Regel nicht dafür ausgelegt sind. Hohe Konzentrationen von Resistenzen im Abwasser mit Klinikanteil liefern auch im Ablauf der Kläranlagen entsprechend höhere Konzentrationen. Diese Beobachtung im Rahmen des HyReka Projektes ist auch im ANTIREs Projekt bestätigt worden. Im internationalen Vergleich werden diese Erkenntnisse manifestiert [10]. Damit sind die Abwässer von Kliniken und ähnlichen Einrichtungen als Hot-Spots für den Eintrag von Resistenzen in die Umwelt zu bezeichnen.

Aber auch in nicht klinikbelasteten Siedlungsabwässern sind nennenswerte Resistenzen nachzuweisen [11]. Der Gebrauch von Antibiotika im häuslichen Bereich ist dafür die Ursache. Trotz des um ca. 25% niedrigeren Gehalts, bezogen auf die klinikbelasteten Abwässer [12], sind kommunale Kläranlagen für die Bewertung der Einleitung in die Umwelt relevant. Im Ablauf der betrachteten Anlagen wurde zum Teil sogar eine höhere relative Anzahl bestimmter Resistenzgene als im Zulauf festgestellt, die nicht direkt von der Antibiotikakonzentration abhängig ist [13]. Damit spielt die Fracht aufgrund der großen kommunalen Abwassermengen eine wichtige Rolle für die Risikobewertung.

04 FAZIT, DENKANSTÖSSE UND NOTWENDIGEMASSNAHMEN

Über die kommunale und industrielle Abwasserreinigung gelangen Resistenzen in die Umwelt, die zu einem erhöhten gesundheitlichen Risiko führen können. Dieses Risiko wird sich zukünftig über die zunehmende Anreicherung und eigenständige Vermehrung von Resistenzen in der Umwelt weiter erhöhen. Aus diesem Grunde ergibt sich für die DGMT die Notwendigkeit, die Diskussion über diese Herausforderung sowohl gesellschaftlich und politisch als auch technologisch breiter aufzustellen und entsprechend zu führen. Ziel muss es dabei sein, die Verbreitung von Resistenzen über den Abwasserpfad weitestgehend zu verhindern und Technologien wie die Membrantechnik, die schon in anderen Bereichen ihre Eignung zur Abtrennung von Bakterien, Viren, Genen und Partikeln unter Beweis gestellt hat, als geeigneten Lösungsansatz zu fördern.

Die DGMT hält es daher für zwingend erforderlich:

1. die gesellschaftliche und politische Diskussion über Mikroschadstoffe und Mikroplastik im Abwasser um das Thema Resistenzen zu erweitern, um das Bewusstsein in der Gesellschaft für diese neue Herausforderung und die Akzeptanz für entsprechende Maßnahmen zu erhöhen,
2. gesetzliche Vorgaben und Grenzwerte für resistente Keime bei der Einleitung von gereinigten Abwässern in die Vorfluter (Bäche, Flüsse) zu definieren,
3. die Membrantechnik und deren Anwendung als wirksame Maßnahme, um die Verbreitung von Resistenzen über das Abwasser in die Umwelt zu vermeiden, vorzustellen und in die laufende Diskussion um mögliche Lösungsansätze zu bringen,
4. Projekte mit Membranverfahren, auch als Hybridverfahren zur weitergehenden Elimination von Mikroschadstoffen und Mikroplastik (4.+5. Reinigungsstufe) aus Abwasser auch weiterhin öffentlich zu fördern. Kläranlagen, die in kleine Vorfluter oder Badegewässer einleiten, sollten hierbei als Schlüsselprojekte in den Fokus rücken.

05 QUELLEN

- (1) Bürgmann, H., Imminger, S. (2017) Antibiotikaresistenzen im Trinkwasser? *Aqua & Gas*, 97(10), 60-66.
- (2) BMBF-Forschungsvorhaben zu Antibiotikaresistenzen im Wasserkreislauf (HyReKA), <http://www.hyreka.net/>
- (3) UK Government and Wellcome Trust. Review on Antimicrobial Resistance (AMR), <https://amr-review.org/home.html>
- (4) Kupferschmidt, K. (2016) Resistance fighters. *Science* 352:758-761.
- (5) Richtlinie 2006/7/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Februar 2006, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:064:0037:0051:DE:PDF>
- (6) Kang, X., L. Shuai, W. Xiaomao, C. Chunsheng, H. Xia (2019) Current state and challenges of full-scale membrane bioreactor applications: A critical review. *Bioresource Technology*, Volume 271, Pages 473-481.
- (7) BMBF-Fördermaßnahme „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf“ (RiSKWa), <http://riskwa.de/>
- (8) Hygienisch-medizinische Relevanz und Kontrolle Antibiotika-resistenter Krankheitserreger in klinischen, landwirtschaftlichen und kommunalen Abwässern und deren Bedeutung in Rohwässern, Vorläufiger Synthese- und Abschlussbericht, Stand Juli 2020
- (9) Verbreitungswege von Antibiotika-Resistenzen in kommunalen Abwässern (ANTIRES), <https://www.infectcontrol.de/antires.html>
- (10) Hassoun-Kheir, N., Stabholz, Y., Kreft, J.-U., de la Cruz, R., Romalde, J. L., Nesme, J., Sørensen, S. J., Smets, B. F., Graham, D., Paul, M. (2020) Comparison of antibiotic-resistant bacteria and antibiotic resistance genes abundance in hospital and community wastewater: A systematic review. *Science of The Total Environment*, Volume 743.
- (11) Alexander, J., Hembach, N., Schwartz, T. (2020) Evaluation of antibiotic resistance dissemination by wastewater treatment plant effluents with different catchment areas in Germany. *Scientific Reports* 2020 10:1, 10(1), 1–9.
- (12) Paulus, G. K., Hornstra, L. M., Alygizakis, N., Slobodnik, J., Thomaidis, N., & Medema, G. (2019) The impact of on-site hospital wastewater treatment on the downstream communal wastewater system in terms of antibiotics and antibiotic resistance genes. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222(4), 635–644.
- (13) Schneider, D., Aßmann, N., Wicke, D., Poehlein, A., Daniel, R. (2020) Metagenomes of Wastewater at Different Treatment Stages in Central Germany. *Microbiol Resour Announce* 9

