

## WASSERWIEDERVERWENDUNG ZUR LANDWIRTSCHAFTLICHEN BEWÄSSERUNG: Membranbioreaktor (MBR)

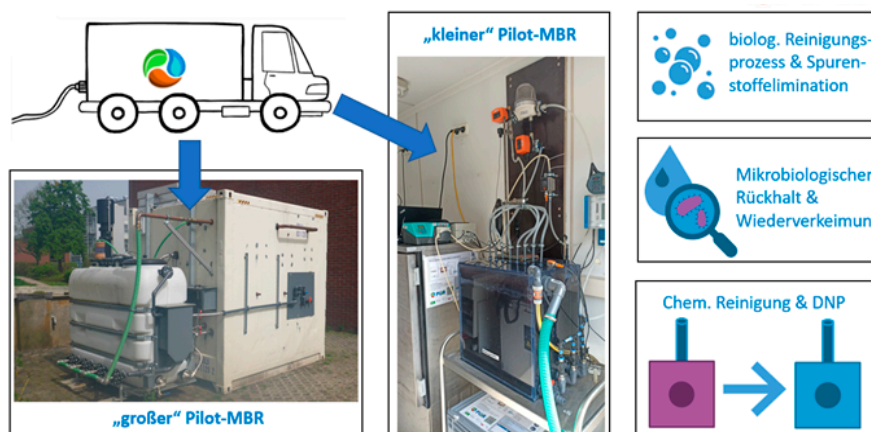


### EINFÜHRUNG

Ein Hindernis für die Wiederverwendung von aufbereitetem Wasser sind die oft großen Entfernungen zwischen den Kläranlagen in der Nähe urbaner Zentren und den landwirtschaftlich genutzten Flächen. Der Bau von Leitungssystemen für die zeitweilige Bewässerung während Trockenperioden ist in vielen Fällen ökonomisch nicht umsetzbar. Zur lokalen Wiederverwendung aufbereiteter häuslicher Abwässer aus abflusslosen Sammelgruben wurde im Rahmen des Projekts PU<sub>2</sub>R ein Membranbioreaktorsystem entwickelt, das eine bedarfsangepasste dezentrale Abwasserbehandlung zur Einhaltung hygienischer und chemischer Anforderungen bei gleichzeitigem Erhalt von Nährstoffen gewährleistet und als mobile Anlage eingesetzt werden soll. In umfangreichen Begleitunter-

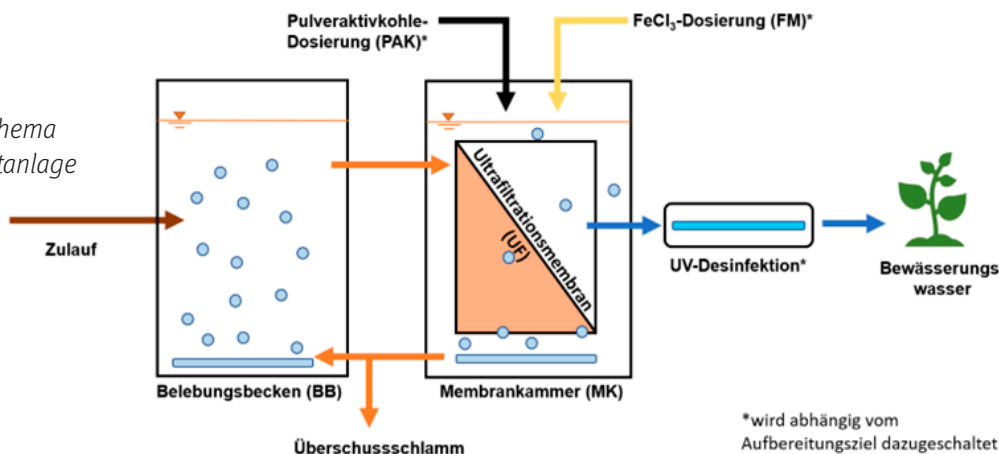
suchungen werden Spurenstoffgehalte im Boden und in den Pflanzen ermittelt und eine Umsetzung in die Praxis bewertet.

Abbildung 1: Übersicht zu den Versuchsanlagen und Forschungszielen



### BESCHREIBUNG DER VERFAHRENSKETTE

Abbildung 2:  
Verfahrensschema  
der MBR-Pilotanlage



**Zulauf:** vorgeklärtes Abwasser  
**BB:** 2,3 m<sup>3</sup> Volumen, ausgestattet mit Membranbelüftern und einer Umwälzpumpe; Betrieb mit C-Elimination und optional Nitrifikation und Denitrifikation  
**MK:** Membrankammer mit 1,1 m<sup>3</sup> Volumen, ausgestattet mit einer Umwälzpumpe  
**UF:** PES-Membran mit 0,04 µm Porenweite, Flux zwischen 10 und 36 l/(m<sup>2</sup>·h), Crossflow bis 30 m<sup>3</sup>/h; Barriere für Bakterien und Viren

**PAK:** zur Elimination von Spurenstoffen, Dosierung als Suspension mit 5 bis 50 mg/l PAK  
**FM:** zur chemischen Fällung von Ortho-Phosphat  
**UV:** zusätzliche Desinfektion des Bewässerungswassers  
**BW:** dient zur Bewässerung von Lysimetern und eines Versuchsfelds

\*wird abhängig vom  
Aufbereitungsziel dazugeschaltet

## UNTERSUCHUNGSZIELE

- De-/semizentrale Abwasserbehandlung zur lokalen Wiederverwendung häuslicher Abwässer aus abflusslosen Sammelgruben
- Optimierung flexibler Abwasserbehandlungsverfahren hinsichtlich des Nährstoffhalts, um Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen des aufbereiteten Wassers an den veränderlichen Nährstoffbedarf der Pflanzen anpassen und außerhalb der Vegetationsperiode auf ein Minimum reduzieren zu können (Beeinflussung der Nährstoffkonzentrationen durch gezielte Steuerung von Schlammalter und Belüftung)
- Physikalische Entfernung von Krankheitserregern mittels Ultrafiltrationsmembran mit 0,04 µm Porengröße
- Integration einer nachgeschalteten UV-Desinfektion
- Zusätzliche Elimination persistenter organischer Spurenstoffe durch Pulveraktivkohledosierung in den MBR

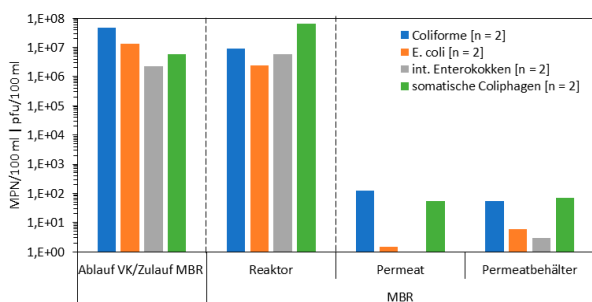


Abbildung 3: Konzentrationen von Indikatororganismen in den Verfahrensstufen (15,8 °C Wassertemperatur im Reaktor, 10,1 l/h Netto-Durchfluss bzw. 14,0 l/(m<sup>2</sup>\*h) Netto-Flux, ca. 6,5 h Reaktor-Aufenthaltszeit, ca. 3,5 h Aufenthaltszeit im Permeatbehälter)

## ERGEBNISSE

- ▶ Die Membran ist eine ausreichende Barriere, um die mikrobiologischen Anforderungen eines Bewässerungswassers der Klasse A (EU-VO 2020/741) zu erreichen (vgl. Abbildung 3).
- ▶ Durch den Einsatz von Pulveraktivkohle ab einer Dosis von 20 mg/l PAK konnten Spurenstoffe substanziell eliminiert werden. Hierbei hat sich die Membran als effektive Barriere für die beladene Aktivkohle bewiesen (vgl. Abbildung 4).
- ▶ Im Anschluss an die chemische Reinigung der Membranen mit Natriumhypochlorit wurden auch 35 Minuten nach Wiederaufnahme der Filtration noch adsorbierbare halogenierte Substanzen (AOX) als Desinfektionsnebenprodukte im Permeat in Konzentrationen nachgewiesen, die je nach Anwendungszweck bei der Wasserwiederverwendung relevant sein können.

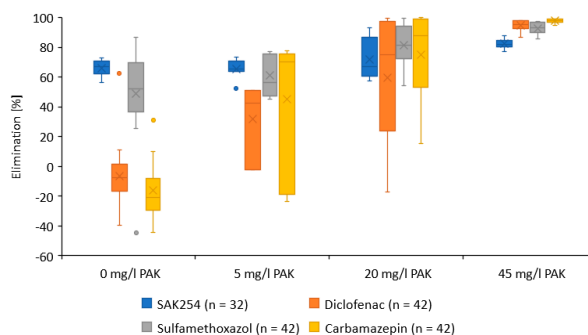


Abbildung 4: Elimination verschiedener Leitparameter zur Spurenstoffelimination mit Pulveraktivkohle in Abhängigkeit von der Pulveraktivkohledosierung in den MBR-Zulauf

## LITERATURVERWEISE

- Abschlussbericht PU2R
- Dittmann, D., Seelig, A. H., Thalmann, M., Wilkes, T., Junghans, V., Zahn, D., Klitzke, S., Peters, A., Haberkamp, J., Reemtsma, T., Ruhl, A. S. (2024): Potential and risks of water reuse in Brandenburg (Germany) – an interdisciplinary case study. *Water Reuse* 14(1), 1-15
- Haberkamp, J., Tievesch, C., Roß, M., Eschrich, R., Sandyk, E., Dittmann, D., Fischer, A., Werner, M., Ruhl, A. S. (2023): Decentralized wastewater treatment with a small-scale membrane bioreactor for agricultural water reuse. 13th IWA International Conference on Water Reclamation and Reuse, Chennai (Indien)

## STANDORT

Umweltbundesamt/KA Stahnsdorf

## ZEITRAUM

05/2022 – 10/2024

## BETRIEB DURCH

FH Münster, Umweltbundesamt

## KONTAKT:

haberkamp@fh-muenster.de  
aaron.bauer@uba.de



<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/wasser-bewirtschaften/wasserwiederverwendung/verbundprojekt-zur-wiederverwendung-von-haueslichem>

<https://bmbf-wave.de/Verbundprojekte+nach+Themenfeldern/Kommunales+Abwasser/PU2R.html>

