

## Kurzzusammenfassung

Freiberg, den 28.09.2023

### **Abschluss des Projektes PhoBAn**

### **Photochemische und biologische Elimination von Antibiotika**

---

**Laufzeit:** : 01.10.2020 bis 30.09.2023

**Projekträger / Fördermittelgeber:** EuroNorm / BMWK (INNO-KOM)

**Förderkennzeichen:** 49 MF 200026

#### **Kurzfassung/Abstract:**

Antibiotika sind seit ihrer Entdeckung und medizinischen Verwendung das wichtigste Werkzeug für die Behandlung von bakteriellen Infektionskrankheiten. Daher werden sie in der Human- und Veterinärmedizin eingesetzt, um krankheitserregende Mikroorganismen zu bekämpfen. Je nach Antibiotikum wird zwischen 10 % und 90 % des Ausgangsstoffes metabolisiert [1]. Sowohl die unmetabolisierten als auch die metabolisierten Transformationsprodukte werden ausgeschieden und gelangen ins Abwasser und anschließend in die Kläranlage [2]. Darüber hinaus werden Antibiotika durch unsachgemäße Entsorgung über die Kanalisation in die Abwässer eingeleitet, wodurch diese ebenfalls in die Kläranlage gelangen. In Anhängigkeit der einzelnen Antibiotika, werden diese langsam durch Mikroorganismen metabolisiert, adsorbieren am Klärschlamm, verändern das Mikrobiom im Klärwerk oder gelangen unmetabolisiert in den Vorfluter [2]. Besonders der Austrag von unmetabolisierten Antibiotika oder deren Transformationsprodukte ist kritisch für aquatische Systeme. Bakterien besitzen die natürliche Eigenschaft (z. B. durch Mutation oder Gentransfer) sich an wechselnde Umweltbedingungen anzupassen. Dies bedeutet, dass krankheitserregende Bakterien Resistenzen gegen ein oder sogar mehrere Antibiotika ausbilden. Aktuelle Untersuchungen von Murray et al. (2022) [3] zu antibiotikaresistenten Bakterien haben gezeigt, dass jährlich ca. 1,27 Mio. Menschen weltweit an Infektionen mit resistenten Mikroorganismen sterben, wobei man bisher von 700.000 in 2020 ausgegangen ist [4]. Um die Ausbildung dieser Resistenzen zu minimieren gilt es, geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Diese umfassen z. B. die zielgerichtete und sachgerechte Anwendung von Antibiotika, richtiger Umgang mit multiresistenten Erregern oder Minimierung des Eintrags von Antibiotika in die Umwelt.

Das Ziel des Vorhabens „PhoBAn“ war, ein Verfahren zur Entfernung von Arzneimitteln (insb. Antibiotika) aus Wasser mittels eines Kombiverfahrens aus photochemischer Oxidation und Adsorptionsreaktors zu entwickeln. Weiterhin galt es in der gleichen Prozessstufe die Abtötung oder Inaktivierung von jeglichen Krankheitserregern (auch multiresistenten Mikroorganismen) zu gewährleisten. Aufgrund der Vielzahl an eingesetzten Antibiotika, wurde im vorliegenden Projekt

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Antibiotika unterschiedlicher Wirkstoffgruppen ausgesucht, welche in Kläranlagenabläufen, Gewässern oder Uferfiltraten nachgewiesen werden konnten. Dies umfasst Clarithromycin, Moxifloxacin und Sulfamethoxazol. Der Einfluss von Verweilzeit, pH-Wert, Sauerstoffkonzentration und der Wassermatrix wurde eruiert. Die Elimination der Antibiotika wurde mittels TOC, HPLC-MS/MS und SAK<sub>254</sub> bestimmt. Mittels Leistungsmessung wurde der  $E_E$  (engl. electrical energy per order, eingesetzte elektrische Energie je Volumeneinheit in kWh/m<sup>3</sup>) bestimmt. Die Charakterisierung der UV-Lampe erfolgte über das Glukose-Aktinometer. Die Bewertung der Ökotoxikologie der Transformationsprodukte erfolgte mit *Aliivibrio fischeri* und *Lepidium sativum*.

Die photochemische Degradierung der Antibiotika unter der Bildung von Transformationsprodukten konnte nachgewiesen werden. Die Abbaugeschwindigkeit hängt von der chemischen Struktur ab, wobei Sulfamethoxazol am schnellsten und Clarithromycin am langsamsten abgebaut wird (Abbildung 1). Sowohl für den pH-Wert als auch die Sauerstoffkonzentration konnte keine signifikante Veränderung in der Abbaukinetik beobachtet werden. Ein Einfluss der Behandlung auf die Ökotoxizität konnte nicht festgestellt werden. Vielmehr hat sich gezeigt, dass die Transformationsprodukte biologisch abbaubar sind und somit in einer nachgeschalteten biologischen Stufe eliminiert werden. Weiterhin konnte die simultane Desinfektion des Wassers nachgewiesen werden. Entscheidend für technische Anwendung des Verfahrens ist die Abwassermatrix. Sowohl gelöste organische Verbindungen als auch Trübstoffe mindern die Transmission des UV-Lichts und somit die Initiierung der photochemischen Reaktionen. Daher ist das Verfahren am besten für Punktquellen mit hohen Konzentrationen und kleinen Abwassermengen geeignet ist, da im Vergleich zu anderen Verfahren die benötigte elektrische Energiemenge je Menge Abwasser größer ist. Dies können z.B. Krankenhäuser, Reha-Zentren oder in der Tiermastanlagen sein.

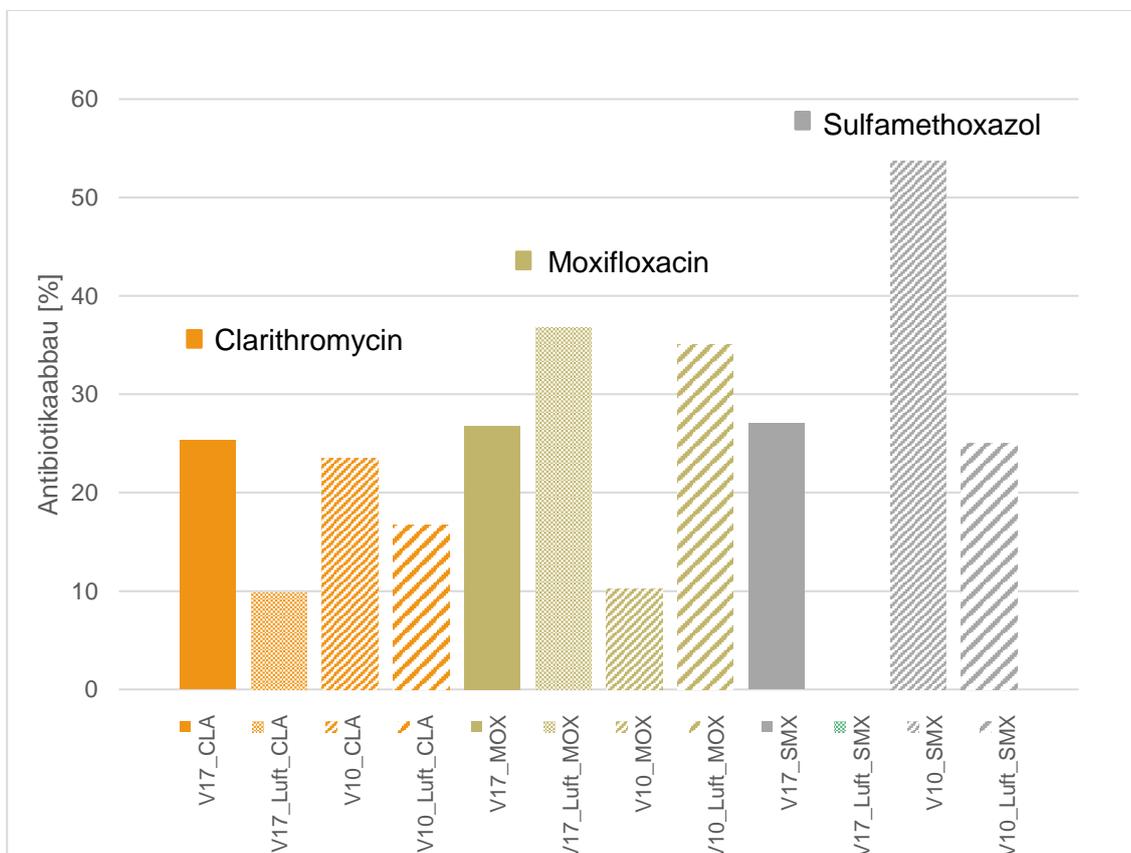


Abbildung 1: Prozentualer Antibiotikaabbau von Clarithromycin (CLA), Moxifloxacin (MOX) und Sulfamethoxazol (SMX) in Abwasser in kontinuierlicher Versuchsanlage für verschiedene Volumenströme (17 und 10 L/min) und in Abhängigkeit von Belüftung (Luft) oder ohne Belüftung [DBI]

## Mehr Informationen

### Über die DBI-Gruppe

Die **DBI-Unternehmensgruppe** bedient die gesamte Wertschöpfungskette gasförmiger Energie-Träger von der Förderung über die Speicherung, den Netztransport bis hin zur effizienten, umweltschonenden Verwendung erneuerbarer Energieträger wie u.a. Grünem Wasserstoff. Die **DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH** vereinigt sowohl die Entwicklung neuer Technologien für den Einsatz regenerativer gasförmiger Energieträger als auch die Einführung innovativer Technologien in die Praxis. Das Tochterunternehmen, die **DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg**, erforscht die grundlagenorientierten Fragestellungen.



[www.dbi-gruppe.de](http://www.dbi-gruppe.de)

### Kontaktdaten Ansprechpartner/in

#### DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg

Halsbrücker Straße 34, 09599 Freiberg

Energieversorgungssysteme

#### Dr. Andreas Hänel

Andreas.Haenel@dbi-gruppe.de

Telefon: +49 3731 4195 - 304

### Literatur

- [1] N. Adler, F. Balzer,, K. Blondzik, F. Brauer, I. Chorus, I. Ebert, T. Fiedler, T. Grummt, J. Heidemeier, A. Hein, M. Helmecke, F. Hilliges, I. Kirst, J. Klasen, S. Konradi, B. Krause, A. Küster, C. Otto, U. Pirntke, A. Roskosch, J. Schönfeld, H.-C. Selinka, R. Szewzyk, K. Westphal-Settele, W. Straff, *Antibiotika und Antibiotikaresistenzen in der Umwelt* **2018**.
- [2] R. Alexy, *Antibiotika in der aquatischen Umwelt: Eintrag, Elimination und Wirkung auf Bakterien* **2003**.
- [3] C. J. L. Murray, K. S. Ikuta, F. Sharara, L. Swetschinski, G. Robles Aguilar, et al., M. Naghavi, *The Lancet* **2022**. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0.
- [4] P. Shrestha, B. S. Cooper, J. Coast, R. Oppong, N. Do Thi Thuy, et al., Y. Lubell, *Antimicrobial resistance and infection control* **2018**, 7, 98. DOI: 10.1186/s13756-018-0384-3.