

# **Antibiotikaresistenzen in Abwässern aus Schlachtbetrieben und innovative technische Ansätze zur Dekontamination**

Thomas Schwartz<sup>1</sup>, Xiaoyu Cong<sup>1</sup>, Peter Krolla<sup>1</sup>, Michael Savin-Hoffmeier<sup>2</sup>, Umer Zeb Khan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karlsruher Institut für Technologie (KIT-CN), Institut für funktionelle Grenzflächen (IFG), 76344 Eggenstein-Leopoldshafen; <sup>2</sup> Universitätsklinikum Bonn, Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit (IHPH), Venusberg, 53127 Bonn

Antibiotikaresistente und fakultativ pathogene Bakterien stellen eine wachsende Gefahr für die öffentliche Gesundheit dar und sollten von daher nicht in die Umwelt gelangen. Schon jetzt zeigt sich, dass innerhalb der Bevölkerung in Deutschland ca. 10% mit multiresistenten Bakterien besiedelt sind, die bei einer negativen Beeinflussung des Immunsystems letztlich auch zu Infektionen führen können. Dezentrale Lösungen an Hotspots des Auftretens und der Verbreitung würden zu einer deutlichen Entlastung von nachfolgenden Bereichen führen. Ein solcher Hotspot des Auftretens sind Abwässer aus Schlachthöfen für Geflügel und Schweinen, die hohes Risikopotential in Hinblick auf fakultativ pathogene Bakterien der ESKAPE Gruppe und unterschiedlichen Kategorien von Antibiotikaresistenzgenen aufweisen. In den letzten Dekaden hat sich die Anzahl sowie die Struktur der Schlachtbetriebe deutlich verändert. Früher gab es verteilt in Städten und Landkreisen viele kommunale Schlachthöfe. Heute gibt es wenige, große Anlagen, die vermehrt in Gebieten mit intensiver Viehzucht stehen. Auch die verwendeten Technologien wurden an die neuen Gegebenheiten angepasst. Wurde früher an Einzelschlachtplätzen geschlachtet, kommen nun sogenannte Schlachtstraßen für je eine Tierart zum Einsatz. In ihnen werden die Prozessschritte zeitlich und räumlich getrennt ausgeführt. Die meisten industriellen Schlachthanlagen sind spezialisiert auf jeweils eine Tierart und können enorme Durchsätze erzielen. Bei Schweinen kann die Schlachtkapazität über 20.000 Tiere pro Tag erreichen; bei Hühnern schlachten die größten Anlagen mehrere hunderttausend Tiere am Tag. Die Konsolidierung hin zu großen Anlagen mit hohen Kapazitäten erfolgt in der Schlachtbranche primär aus wirtschaftlichen Gründen. In modernen, automatisierten Anlagen können Ressourcen auch effizienter genutzt werden. Durch Anforderungen an Lebensmittelsicherheit und Hygiene sind Einsparungen bei Energie- und Wasserverbrauch ab einem gewissen Grad limitiert.

Der Wasserverbrauch in Schlachthanlagen ist grundsätzlich relativ hoch. Die Abwässer aus Schlachthanlagen sind organisch hoch belastet und CSB-Werte können bei über 10.000 mg/L betragen. Deshalb verfügen auch Indirekteinleiter, die weit verbreitet sind in der Branche, meist über eine Abwasservorbehandlung auf der Anlage. Neben diesen hygienisch weniger bedenklichen organischen Abwasserbestandteilen, werden auch fakultativ pathogene Bakterien und damit auch Antibiotikaresistenzgene aus dem Schlachtbetrieb über das Abwasser emittiert.

Ziel ist es, die Ausbreitung von antimikrobiell resistenten Bakterien (ARB), Antibiotikaresistenzgenen (ARG) und anderen gesundheitsrelevanten Mikroorganismen aus Hotspots in das öffentliche Abwassernetz und Umwelt zu stoppen. Durch gezielte und innovative Licht-basierte Maßnahmen vor Ort werden nachfolgende Abwasserbereiche einschließlich der Kläranlagen von der AMR-Belastung entlastet, wodurch deren Freisetzung in die Umwelt verringert wird.

### **Methodische Ansätze zur Quantifizierung von hygienisch kritischen Bakterien und Antibiotikaresistenzgenen**

Im Ablauf von Schlachthöfen (Geflügel und Schweine), die eine Schlachtung im Großbetrieb durchführen, wurde molekularbiologisch die Abundanzen von 6 unterschiedlichen, an die ESKAPE Gruppe der WHO Prioritätenliste angelehnten, fakultativ pathogenen Bakterien (*Enterokokken*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* und *Escherichia coli*) nachgewiesen, die auch als Träger von klinisch relevanten Resistenzen bekannt sind und für nosokomiale Infektionen verantwortlich zeichnen. Zusätzlich wurden insgesamt 14 Antibiotikaresistenzgene mit unterschiedlicher gesundheitlicher Relevanz ausgewählt, deren Abundanzen ebenfalls molekularbiologisch quantifiziert wurden. Es werden nur Abundanzen lebender, intakter Bakterien mittels qPCR erfasst, so dass es möglich ist, die Reduktionseffizienzen der bestehender als auch innovativer Technologien zur Hygienisierung von Abwässern darzustellen.

### **Ergebnisse**

Es wurde deutlich, dass Rohabwässer aus Geflügel- und Schweineschlachthöfen stark mit fakultativ pathogenen Bakterien der ESKAPE-Gruppe, aber auch mit verschiedenen Kategorien klinisch relevanter ARGs, drunter auch ARGs gegen die Gruppe der Reserveantibiotika kontaminiert sind. Die Abundanzen der verschiedenen Gen-Targets nahmen nach physikalisch-chemischen und biologischen Behandlungen

wie einer Kläranlage vor Ort und vor allem nach einer anschließenden Ozonung wie im Falle des Geflügelschlachthofs deutlich ab. Daher wird die Anwendung von Behandlungsverfahren zur wirksamen Reduzierung hygienisch relevanter Bakterien und klinisch wichtiger ARGs empfohlen, und die Ergebnisse belegen den Erfolg kombinierter Technologien, die auf eine starke Reduzierung dieser mikrobiologischen Parameter abzielen. Auch im Falle der Schweineschlachtung zeigte die biologische Behandlung eine Reduktion der bakteriellen Belastung des Abwassers aus dem Betrieb an, die jedoch nicht ausreichend gewertet werden kann, um nachfolgende Bereiche vor antibiotikaresistenten Bakterien mit einem klinische Risikopotential zu schützen.

Die Leistungsfähigkeit verschiedener bereits bestehende Behandlungsprinzipien wurde somit gezeigt. Neuartige Behandlungseinheiten, die als Pilotanlage bereits entworfen sind, demonstrieren die Zerstörung von ARB/ARGs in kontaminiertem Abwasser aus Schlachthöfen auf der Basis von Licht-basierter Technologie (405-450 nm mit unterschiedlicher Bestrahlungszeit und -Energie; Abbildung 1) in Kombination mit Licht-Enhancermoleküle. Ihre Wirksamkeit bei der Zerstörung von kritischen Bakterien in Abwasserströmen aus Schlachthöfen wurde untersucht. Im Vergleich zu bestehenden Methoden sind diese neuartigen Licht und Enhancermolekül-basierten Behandlungslösungen effektiver, haben einen geringeren Platzbedarf und verbrauchen weniger Energie und Ressourcen, was sie zu attraktiven Optionen für die Behandlung an AMR-Hotspots, für die Nachrüstung alter Gebäudeinfrastrukturen und bei begrenztem Platzangebot macht.

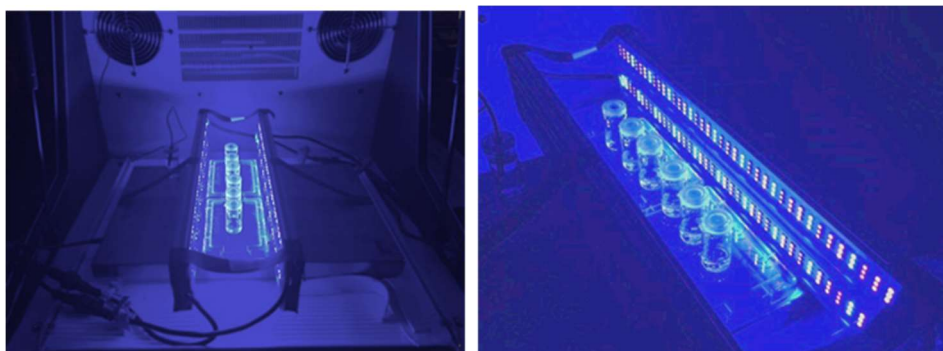


Abbildung 1: Gesamt-Emissionsspektrum eines LED Balkens (405-450nm) einer Pilotanlage .