

Arzneimittelrückstände in der aquatischen Umwelt

Siedlungswasserwirtschaftler auf Spurensuche

Johannes Pinnekamp, Laurence Palmowski, Volker Linnemann

RWTH Aachen, Institut für Siedlungswasserwirtschaft

Arzneimittel erhöhen sowohl die Lebensqualität als auch die Lebenserwartung. Sie werden als unverzichtbare Produkte geschätzt. In Deutschland werden jährlich rund 8.000 Tonnen an Humanarzneimitteln mit potenzieller Umweltrelevanz verbraucht. Dabei werden circa 1.200 Arzneimittelwirkstoffe eingesetzt. Der wachsende Wohlstand, das zunehmende Durchschnittsalter der Bevölkerung und der damit verknüpfte steigende Arzneimittelkonsum lassen einen weiteren Anstieg der Nutzung dieser Produkte vermuten.

Die meisten Arzneimittel werden im Körper nicht vollständig abgebaut, sondern nur metabolisiert. Die Rückstände gelangen durch menschliche Ausscheidungen ins Abwasser. Durch eine nicht sachgerechte Entsorgung von Altarzneimitteln über die Toilette oder den Ausguss erreichen Wirkstoffe ebenfalls das Abwasser und damit die kommunalen Kläranlagen. Aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften werden Arzneimittelrückstände oft nur unzureichend durch die Verfahren der konventionellen Abwasserreinigung aus dem Abwasser entfernt. Durch Einleiten des nach heutigem Standard geklärten Abwassers in die Gewässer gelangen diese Stoffe in die Oberflächengewässer.

Tierarzneimittel gelangen durch Gülleausbringung auf Felder sowie durch direkte Auswaschung tierischer Ausscheidungen bei Regen in die aquatische Umwelt. Diese diffusen Quellen lassen sich aufgrund ihrer großflächigen Ausbreitung jedoch nur schwierig erfassen.

In den Oberflächengewässern und im Grundwasser sowie im daraus gewonnenen Trinkwasser sind Arzneimittelrückstände mit moderner Analytik in sehr geringen Konzentrationen messbar, siehe Abbildung 2. Toxikologische Wirkungen auf Mensch und Umwelt werden für einzelne Stoffe vermutet beziehungsweise nachgewiesen. Aus diesen Gründen rücken Arzneimittelrückstände im Wasser zusehends in das Blickfeld der Öffentlichkeit.

Zur Minderung der Belastung der aquatischen Umwelt mit Arzneimittelrückständen sind breit gefächerte Bestrebungen unerlässlich. So gilt es, umweltfreundlichere Arzneimittel zu entwickeln, die bei gleicher Wirksamkeit im Körper besser in der Umwelt abgebaut werden können. Eine Gesundheitsförderung kann ebenfalls dazu beitragen, den Bedarf an Arzneimitteln zu reduzieren. Eine angemessene Kommunikation mit Arzneimittelnutzern sowie Fortbildungen von Ärzten und pflegendem Personal zu Umweltauswirkungen von Arzneimitteln sind notwendig. Solche Maßnahmen wurden im Rahmen eines vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) koordinierten Projektes entwickelt.



Abb. 1: Mitarbeiterinnen des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen nehmen Proben im Belebtecken der Abwasserreinigungsanlage Aachen-Soers. (Foto: Peter Winandy)

Bei den Kommunikations- und Bildungsmaßnahmen ist wichtig zu vermitteln, dass es sich bei den Bestrebungen zur Minderung von Arzneimittelrückständen in der Umwelt zuallererst um Vorsorge handelt und nicht um den Schutz vor konkreten Gefährdungen.

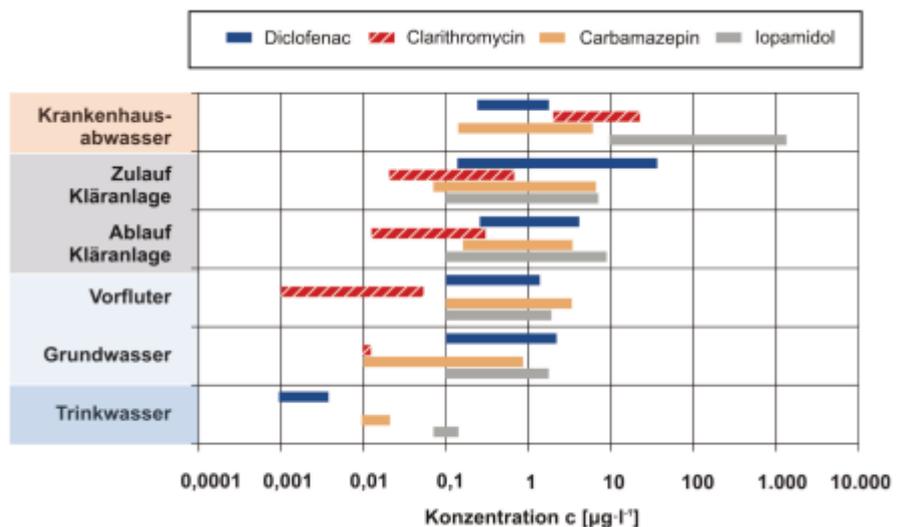


Abb. 2: Konzentration ausgewählter Arzneimittelrückstände in der aquatischen Umwelt. Diclofenac ist ein Schmerzmittel, Clarithromycin ein Antibiotikum zur Behandlung bakterieller Infektionen wie Lungen- oder Mandelentzündungen. Carbamazepin wirkt gegen Epilepsie und bei psychischen Erkrankungen. Iopamidol wird als Kontrastmittel zur Darstellung von Blutgefäßen eingesetzt. (Quelle: Beier, 2010)

Zudem kann durch Ertüchtigung der Abwasserreinigung mit weitergehenden Verfahren der Eintrag von Arzneimittelrückständen in die aquatische Umwelt vermindert werden.

Am Institut für Siedlungswasserwirtschaft werden solche Verfahren und Verfahrenskombinationen vom Labormaßstab bis hin zur Großtechnik untersucht. Schwerpunkt der Untersuchungen ist die Bestimmung der Effizienz der Verfahren sowie der optimalen Betriebseinstellungen, etwa Verweilzeit, Kontaktzeit oder Dosis. Fragen der Prozessführung und der Integration der neuartigen Verfahren in den Kläranlagenprozess stehen ebenfalls im Mittelpunkt.

Die verschiedenen Verfahren zur Elimination von Arzneimittelrückständen lassen sich in oxidative, adsorptive und membranbasierte Verfahren einteilen. Zu den oxidativen Verfahren zählt die Anwendung von Ozon, einem sehr starken Oxidationsmittel. Hierbei werden die Inhaltsstoffe des Abwassers, darunter auch Arzneimittelrückstände, chemisch oxidiert. Da Ozon sehr instabil ist, wird es kurz vor seiner Anwendung auf der Kläranlage erzeugt und direkt in Kontakt mit dem Abwasser gebracht. Dabei sind Aspekte der Prozessführung, wie ein effizienter Ozoneintrag und eine ausreichende Reaktionszeit, von großer Bedeutung für die Effizienz. Ebenfalls wichtig für die Effizienz, aber auch für den Energiebedarf und die Kosten einer Ozonung, ist die eingesetzte Ozondosis. Das Institut für Siedlungswasserwirtschaft wird die großtechnische Ozonbehandlung – erstmalig mit dem gesamten Volumenstrom einer Kläranlage – in der Anlage Aachen-Soers wissenschaftlich begleiten.

Mit den in der Praxis angewendeten Ozondosen werden die Inhaltstoffe des Abwassers nicht vollständig mineralisiert, sondern zu neuen Substanzen umgewandelt. Diese so genannten Transformationsprodukte sind meistens, jedoch nicht immer, leichter biologisch abbaubar als die ursprünglichen Arzneimittel. Zum Schutz der Gewässer vor den Transformationsprodukten wird nach der Ozonung eine biologische Nachbehandlung empfohlen.

Als Erweiterung der Ozonung wurden die so genannten Advanced Oxidation Processes, kurz AOP, entwickelt. Dabei handelt es sich um Kombinationen von Ozon, UV-Strahlung und chemischen Oxidationsmitteln. Bei diesen Verfahren ist die Bildung von Hydroxyl-Radikalen maßgeblich, da sie eines der stärksten Oxidationsmittel im Wasser sind. Dadurch können die meisten organischen Verbindungen oxidiert werden. Das Institut für Siedlungswasserwirtschaft ermit-



Abb. 3: Einsatz von Aktivkohle zur Elimination von Arzneimittelrückständen – vom Labormaßstab (links) bis hin zur großtechnischen Umsetzung auf Kläranlagen (rechts).
(Fotos: Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Siedlungsabfallwirtschaft)

telt die optimalen Dosiermengen und Kontaktzeiten verschiedener Kombinationen für die Elimination von Arzneimitteln.

Zu den adsorptiven Verfahren gehört der Einsatz von Aktivkohle. An der sehr großen Oberfläche des porigen Materials – in der Größenordnung von 1.000 Quadratmeter pro Gramm – lagern sich organische Verbindungen an, darunter auch Arzneimittelrückstände. Die Aktivkohle wird entweder in pulverisierter Form als konzentrierte Suspension in das vorgereinigte Abwasser eingeehrt oder in Form von granulierter Aktivkohle in durchströmten Filtern eingesetzt.

In verschiedenen Projekten wird die Eignung unterschiedlicher Aktivkohlen untersucht. Dabei zeigt sich ein komplexer Zusammenhang zwischen der Abwasserzusammensetzung und der Elimination einzelner Stoffe. Betriebsparameter wie die notwendige Dosiermenge, Kontaktzeit oder Filtergeschwindigkeit werden optimiert. Kosten sowie Energie- und Betriebsmittelbedarf sollen dabei minimal gehalten werden. Verfahrenstechnisch stehen Fragen zur Bauweise und Rückspülung von Filtern, zur Abtrennung der pulverisierten Kohle, zum Beispiel mit Sandfiltern, Tuchfiltern oder Membranen, sowie zu deren Rückführung in die biologische Stufe im Mittelpunkt. Bei der Verwendung von granulierter Kohle ist eine Reaktivierung der Kohle nach Erschöpfung ihrer Aufnahmefähigkeit möglich. Hierzu werden thermische und neuartige Verfahren, beispielsweise mit Mikrowellen, untersucht.

Neben der Behandlung des Abwassers auf kommunalen Kläranlagen stellt die Minderung der Emissionen von Arzneimittelrück-



ständen an der Eintragsquelle einen möglichen Ansatz dar. Dieser konnte für allgemeine Krankenhäuser und andere Einrichtungen des Gesundheitswesens in verschiedenen Projekten verfolgt werden.

Im Pilotmaßstab wurde die Leistungsfähigkeit einer Membrananlage mit nachgeschalteten weitergehenden Behandlungsstufen hinsichtlich der Elimination von Arzneimitteln aus Krankenhausabwasser untersucht. Es zeigte sich, dass die Membrantechnik eine gute Vorbehandlung ermöglicht. Weitergehende Behandlungsstufen wie Aktivkohleadsorption, Ozonung oder Nanofiltration bewirkten eine signifikante Elimination von Arzneimitteln. Die Ozonung erwies sich in diesem Fall als die wirtschaftlichste Option, sodass dieses Verfahren großtechnisch umgesetzt wurde.

Für weitere Einrichtungen des Gesundheitswesens, wie psychiatrische Kliniken oder Pflegeheime, wurden Kombinationen von Membranbioreaktor und einer weiteren Technologie halbtechnisch sowie labortechnisch untersucht. Die drei eingesetzten Verfahrenskombinationen sind zur Elimination der untersuchten Arzneimittelrückstände sowie von antibiotikaresistenten Krankheitserregern und toxisch wirkenden Substanzen geeignet. Keine Technologie eliminiert jedoch alle Verunreinigungen vollständig. Die konkreten Dosiermengen sowie Betriebseinstellungen sind an die organische Belastung des jeweiligen Abwassers und die Zielsetzung anzupassen. Hierzu wurden im Rahmen des Projektes Empfehlungen zur Verfahrensauslegung in Abhängigkeit der organischen Belastung und des Einrichtungstyps erarbeitet. Dabei ist zu beachten, dass eine separate Behandlung der Abwässer aus Einrich-

tungen des Gesundheitswesens nur in Einzelfällen sinnvoll ist.

Bei starken Niederschlägen kann ein Teil des mit Regenwasser gemischten Abwassers aufgrund bautechnischer Beschränkungen nicht in der Kläranlage gereinigt werden. In solchen Situationen erfolgt in der Regel lediglich ein Rückhalt der Feststoffe und somit keine Elimination der gelösten Arzneimittelrückstände aus dem Abwasser. Untersucht wird daher der Einsatz von Bodenfiltern als Technik zur Mischwasserbehandlung mit dem Ziel, diese Stoffe zurückzuhalten und gegebenenfalls abzubauen.

Für die Untersuchung der Arzneimittelrückstände in Umweltproben in sehr niedrigen Konzentrationen, dem so genannten Ultra-spurenbereich, verfügt das Institut für Siedlungswasserwirtschaft über ein modernes umweltanalytisches Laboratorium. Hier werden durch ein interdisziplinäres Team aus Biologen, Ökotoxikologen und Chemikern unter anderem an Großgeräten Analysen zu organischen Spurenstoffen, Elementen, Nährstoffen und summarischen Parametern sowie mikrobiologische und ökotoxikologische Tests durchgeführt. Seit 2014 ist das umweltanalytische Labor auch ein Gerätezentrum an der RWTH, das internen und externen Forschergruppen, unter anderem in DFG-Vorhaben, sein Know-how zur Verfügung stellt.

In der Zukunft wird – basierend auf dem Vorsorgeprinzip – ein Ausbau einzelner Kläranlagen mit Verfahren zur gezielten

Elimination von Arzneimittelrückständen und anderen Spurenstoffen erfolgen. In welchem Umfang dies geschehen wird, ist derzeit nicht absehbar. Die Ergebnisse der unternommenen Forschungsprojekte demonstrieren die Eignung der untersuchten Technologien für die bevorstehende Aufgabe. Eine vollständige Elimination aller unerwünschten Stoffe ist jedoch mit keinem der Verfahren möglich. So bleibt für jede Anwendung das beste Verfahren mit dem besten Kosten-Nutzen-Verhältnis zu ermitteln.

Autoren:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp ist Direktor des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Inhaber des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft und Siedlungsabfallwirtschaft.

Dr.-Ing. Laurence Palmowski ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und leitet die Forschungsgruppe Abwasserbehandlung.

Dr. agr. Dipl.-Chem. Volker Linnemann ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und leitet das Umweltanalytische Laboratorium.

Quelle

*RWTH THEMEN 2/2015,
ISSN-Nr. 0179-079X*



Abb. 4: Eine Mitarbeiterin entnimmt eine Stammkultur der Wasserlinse *Lemna minor*. Im Vordergrund ein Becherglas mit Arzneimitteln, deren Spuren im Abwasser gefunden wurden. (Foto: Peter Winandy)