

## Herausforderungen bei der Abwasserreinigung

Wie lässt sich vermeiden, dass Mikroverunreinigungen wie Arzneimittel, Haushaltschemikalien oder Körperpflegeprodukte in den Wasserzyklus gelangen und auch das Trinkwasser beeinträchtigen? Ein wichtiger Ansatzpunkt ist der Ausbau zahlreicher Kläranlagen mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe. Die Chemikerin Dr. Christa S. McArdell vom Wasserforschungsinstitut Eawag in Dübendorf gibt Einblick in ihre Arbeit. Sie erzählt von der Verbesserung der Reinigungsverfahren und den damit verbundenen Herausforderungen.

### Zur Person

Dr. Christa McArdell arbeitet seit 1996 am Wasserforschungsinstitut Eawag in Dübendorf und leitet eine Forschungsgruppe in der Abteilung Umweltchemie. Sie erforscht Prozesse in der Abwasserbehandlung und Strategien, um Mikroverunreinigungen zu entfernen. Die Eawag gehört zum ETH-Bereich, heute sind 48 % der Angestellten Frauen. Zu ihrer Anfangszeit gab es noch nicht viele Frauen mit leitender Funktion an der Eawag. Dennoch konnte die Chemikerin auch während ihrer familienbedingten Teilzeitphase ihre Position als Gruppenleiterin behalten.



Christa McArdell im Gespräch mit Max Schachtler, dem Geschäftsleiter der Kläranlage Neugut in Dübendorf.

**Frau McArdell, als Leiterin einer Forschungsgruppe befassen Sie sich mit Mikroverunreinigungen im Wasser. Wie hat man überhaupt diese Substanzen entdeckt?**

Es wurden immer präzisere Analysegeräte entwickelt. So konnten mit der Flüssigchromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie (LC-MS) [K4.3] zum ersten Mal sehr polare Stoffe bis zu einer tiefen Konzentration analysiert werden. Polare Stoffe [K6.4] lösen sich gut in polaren Lösungsmitteln wie Wasser. Die Entwicklung dieser Analytik hat damit den ganzen Themenbereich der polaren Spurenstoffe, zu denen auch Arzneimittel und Biozide gehören, geöffnet. Diesem Thema haben wir uns seit den späten 1990er-Jahren speziell angenommen. Mithilfe der leistungsfähigen Analytik hat man festgestellt, dass Mikroverunreinigungen in Kläranlagen schlecht aus dem Abwasser entfernt werden und im Gewässer nachweisbar sind. Das hat Forschungsprojekte ausgelöst: Wo kommen diese Spurenstoffe her, in welchen Konzentrationen sind sie vorhanden, welche Stoffe sind überhaupt vorhanden? Auch die Suche nach unbekanntem Substanzen ist mit den neusten Analysemethoden möglich.

**Wie kritisch sind die Mikroverunreinigungen für die Umwelt?**

Es werden sogenannte Gewässerqualitätskriterien bestimmt. Wenn die Umweltkonzentration eines Stoffs deren Qualitätskriterium überschreitet, zeigt sie ein Risiko für das Ökosystem an. Hier liefert die Ökotoxikologie einen wesentlichen Beitrag. Sie untersucht mit verschiedenen Biotests, welche Effekte bestimmte Mikroverunreinigungen auf Lebewesen haben. Oft belasten schon geringe Konzentrationen die Gewässerorganismen, z. B. in ihrem Frassverhalten, ihrer Anfälligkeit für Krankheiten oder ihrer Reproduktion, lange bevor sie sich tödlich auswirken. Das bekannteste Beispiel für schädliche Effekte sind hormonaktive Stoffe in Gewässern. Als Folge hat man durch Biotests eine Verweiblichung von männlichen Fischen festgestellt.

**Als problematisches Arzneimittel gilt beispielsweise Diclofenac, ein Wirkstoff gegen Schmerzen und Entzündungszustände. Wie lässt sich verhindern, dass dieser Stoff ins Gewässer und damit auch ins Trinkwasser gelangt?**

Diclofenac ist in der Tat ein wichtiges Beispiel, da von diesem Wirkstoff in der Schweiz zum Teil Konzentrationen gemessen wurden, die über dem chronischen Qualitätskriterium fürs Ökosystem liegen (50 Nanogramm pro Liter). Diese und andere Befunde gaben den Ausschlag, dass im Projekt

«Strategie Micropoll» die Frage gestellt wurde: Können wir bei den Kläranlagen technisch etwas verändern, um Diclofenac und andere Mikroverunreinigungen zu entfernen? An dem vom Bundesamt für Umwelt finanzierten Projekt waren Fachleute der Eawag wesentlich beteiligt. Als Folge davon ergab sich, dass im revidierten Gewässerschutzgesetz, das seit Anfang 2016 in Kraft ist, der Einbau einer weiteren Stufe in gewissen Kläranlagen verlangt wird. So sollen in den nächsten 20 Jahren rund 100 von über 700 Kläranlagen mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe zur Entfernung der organischen Mikroverunreinigungen ausgebaut werden.

**Weiss man bereits genau, wie diese Vorgaben technisch umgesetzt werden können?**

Zwei Anwendungen sind im Fokus: Die eine ist die Behandlung des Abwassers durch Ozonung. Dabei wird Ozon in einer weiteren Reinigungsstufe in die bereits biologisch gereinigten Abwässer geleitet. Dort reagieren Ozon und erzeugte OH-Radikale mit den organischen Mikroverunreinigungen und oxidieren diese. Bei diesen chemischen Reaktionen werden die Substanzen aufgebrochen und verlieren damit ihre ursprüngliche Wirkweise. Die andere Anwendung erfolgt mit Aktivkohle. Die Spurenstoffe werden auf der Kohlenoberfläche angelagert (adsorbiert) – danach muss die Kohle entsorgt oder regeneriert werden.

**Können Sie Ihre aktuelle Forschungsaufgabe noch näher beschreiben?**

Mein Forschungsanteil zielt (zunächst) darauf, besser zu verstehen, wie gut die Stoffe in der Aktivkohlebehandlung und der Ozonung unter verschiedenen Bedingungen aus dem Abwasser entfernt werden. Ziel ist es, Mikroverunreinigungen zu 80 % in der Abwasserreinigung zu entfernen. In der Ozonung stellt sich auch die Frage, was dabei entsteht. Die Stoffe werden nicht mineralisiert – das heisst, es entsteht nicht einfach CO<sub>2</sub> und Wasser –, sondern es entstehen dabei andere Substanzen, die Transformationsprodukte. Um zu untersuchen, ob diese Transformationsprodukte ähnlich problematisch oder sogar problematischer sind als die Ausgangsstoffe, wendet man ökotoxikologische Tests an.

**All die Tausende von Transformationsprodukten im ozonbehandelten Abwasser zu identifizieren – das ist wohl fast unmöglich?**

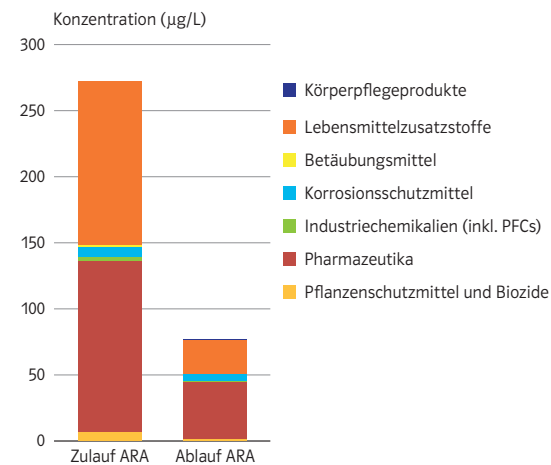
Das ist sehr aufwändig und schwierig. Deshalb widmen meine Kollegen und ich uns in unserer Forschung auch der Frage: Wie können wir voraussagen, welche Stoffe in der Ozonung entste-

hen und wie stabil diese sind? Dabei stützen wir uns auf unser Wissen aus der Laboranalyse von ozonbehandelten Einzelstoffen und entwickeln daraus ein mechanistisches Verständnis von chemischen Reaktionen während der Ozonung.

**Ist die Ozonung ein taugliches Mittel?**

In den meisten angewandten Biotests wird die Wasserqualität durch Ozonung klar verbessert. Jedoch wurde in einzelnen Tests eine teilweise erhöhte Toxizität für bestimmte Arten von Lebewesen festgestellt. Was tun? Es zeigte sich, dass dieser Anstieg der Toxizität durch eine biologische Nachbehandlung (z. B. durch einen Sandfilter) wieder effizient eliminiert werden kann. Deshalb lautet unsere Empfehlung: Wenn eine Ozonung eingeführt wird, dann muss auch ein biologischer Filter verwendet werden. Es sind aber nicht alle Abwässer für eine Behandlung mit Ozon geeignet, insbesondere solche mit starker Industrie- oder Gewerbeabwasser-Belastung. Dann kommt die Behandlung mit Aktivkohle zur Anwendung.

**«Ich bin ständig am Lernen. Besonders spannend sind für mich der Praxisbezug und die Zusammenarbeit mit Fachleuten aus anderen Gebieten. Es ist sehr erfreulich, wenn die Forschung bis in Vorschläge für die Gewässerschutz-Gesetzgebung hineinreicht.»** Dr. Christa McArdell



Durchschnittliche Konzentration von Mikroverunreinigungen in neun Schweizer Kläranlagen ohne zusätzliche Reinigungsstufe: Insbesondere Pharmazeutika werden dabei nicht gut entfernt (Eawag Infotag 2015).

**Elemente**  
Grundlagen der Chemie für Schweizer  
Maturitätsschulen

Ausgabe für die Schweiz  
auf der Grundlage von Elemente Chemie I und II  
aus dem Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart  
1995/1996/1998/2000/2010

**Autor und Bearbeiter**

Markus Stieger  
**Begutachter und Berater**  
Amadeus Bärsch; Adrian Brugger; Peter Waser

**Auftragsseiten**

Anja Fiebiger; Text Pistols

**Spezialseiten**

Carl J. Wiget; Büro für Kommunikation

**Projektleitung**

Nathalie Gygax

**Fachredaktion**

Anja Fiebiger; Text Pistols

**Redaktion**

Tanja Witt; Text Pistols; Nathalie Gygax

**Grafische Gestaltung**

Franziska Hubmann, visualbox

**Unschlag**

KOMA AMOR®, Kunstbüro für Gestaltung

**Unschlagbild Getty Images/Photographer's Choice  
RF/Steven Puetzer**

**Illustrationen** Brigitte Gubler; Klett-Archiv

**Fachfotografen** Thomas Selinacht

**Chemische Formeln/Modelle** Markus Stieger

**Satz Lösungen** tiffany Kreative Lösungen

**Korrektorat** Stefan Zach, z.a.ch GmbH

**Rechte und Bildredaktion** Silvia Isenschmid

**Digitale Umsetzung** Felix Hufnagel;

Arina Wischnevska; Arifleta Sotic

**2. Auflage 2018**

Lizenzausgabe für die Schweiz

© Klett und Balmer AG, Baar 2007

Alle Rechte vorbehalten

Nachdruck, Vervielfältigung jeder Art oder

Verbreitung – auch auszugsweise – nur mit

schriftlicher Genehmigung des Verlags.

ISBN 978-3-264-84-460-3

eBook Schulbuch: ISBN 978-3-264-84-462-7

eBook Schulbuch: ISBN 978-3-264-84-461-0 (wird

nur an Schuladressen ausgeliefert)

www.elemente-chemie.ch; www.klett.ch

info@klett.ch

Mit Zusatzkapiteln  
auf meinklett.ch

# Elemente

Grundlagen der Chemie  
für Schweizer Maturitätsschulen

Klett und Balmer Verlag



Klett