

Aktiv gegen Spurenstoffe und Keime: das Forschungsprojekt SchussenAktivplus

Im Rahmen des Projekts SchussenAktivplus untersuchen Wissenschaftler aus unterschiedlichen Fachbereichen, inwieweit sich Chemikalien und Krankheitserreger mit Hilfe verbesserter Technologien zur Reinigung von Abwasser und Mischwasser in Kläranlagen und Regenüberlaufbecken reduzieren lassen. Wie stark können Mensch und Gewässerorganismen davon profitieren?

von Rita Triebkorn und Jutta Schneider-Rapp

Seit jeher ist der Mensch durch die Notwendigkeit, Wasser aufzunehmen und wieder abzugeben, Teil des globalen Wasserkreislaufs und hinterlässt in diesem, vorwiegend über seine Ausscheidungen, Stoffe und Krankheitserreger. Diese Spur im Wasser wurde in der Jungsteinzeit mit dem Wechsel vom Leben als Jäger und Sammler zum eher sesshaften Bauern intensiviert. Seit die Menschen Siedlungen bauen, nutzen sie das Wasser auch, um Felder zu bewässern, Vieh zu tränken sowie Werkzeuge und Gebrauchsgegenstände z.B. aus Metall oder Ton herzustellen. Dadurch gelangten schon sehr früh erste anthropogene Schadstoffe wie Kupfer oder Eisen in

Oberflächengewässer. Mit der industriellen Revolution Anfang des 19. Jahrhunderts verstärkte sich der Stoffeintrag drastisch. Die Anzahl chemische Stoffe, die in der internationalen Datenbank für Chemikalien – dem CAS-Register – erfasst sind, steigt kontinuierlich an und umfasst derzeit mehr als 90 Millionen Substanzen. Hiervon sind aktuell ungefähr 100 000 im Gebrauch. Sehr viele von ihnen lassen sich mit mittlerweile sehr sensitiven analytischen Methoden im Wasserkreislauf nachweisen. Dazu gehören neben Wirkstoffen von Arzneimitteln auch Inhaltsstoffe von Haushaltschemikalien (z.B. Wasch- oder Putzmittel), Körperpflege-

mittel, Pflanzenschutzmittel und Industriechemikalien, aber auch Nahrungs(ergänzungs)mittel wie künstliche Süsstoffe oder Koffein.

In jüngster Zeit stehen neben diesen chemischen Verunreinigungen des Wassers immer häufiger auch Keime im Zentrum des Interesses. Durch den großflächigen Einsatz von Antibiotika zur Behandlung von Menschen und Nutztieren bildeten sich resistente Bakterienstämme, die mittlerweile den Wasserkreislauf erreicht haben und sowohl im Abwasser als auch im Oberflächenwasser nachgewiesen werden können. Ausserdem können auch nicht-resistente Keime, wie *E. coli*-Bakte-

Am Projekt beteiligte Personen:

Universität Tübingen: Rita Triebkorn, Anja Henneberg, Heinz-R. Köhler, Stefanie Kraiss, Diana Maier, Raphaela Osterauer, Katharina Peschke, Simon Schwarz, Merav Seifan, Paul Thellmann
Universität Frankfurt: Sabrina Giebner, Jörg Oehlmann, Matthias Oetken
KIT Karlsruhe: Claudia Gallert, Stefanie Hess, Josef Winter
Universität Stuttgart: Bertram Kuch, Claudia Lange, Jörg Metzger
Universität Brno: Luděk Bláha, Martin Beníšek
Universität Avignon: Magali Rault, Séverine Suchail
ISF Langenargen: Hans Güde, Frauke Lüddecke, Harald Hetzenauer, Brigitte Engesser, Herbert Löffler
TZW Karlsruhe: Marco Scheurer, Frank Sacher, Doreen Richter
Jedele & Partner GmbH: Klaus Jedele, Michael Müller
Ökonsult Stuttgart: Jutta Schneider-Rapp, Klaus Amler
BBW Achberg: Michael Weyhmüller
GÖL Starzach: Karl Wurm
Hydra Konstanz: Peter Rey
Steinbeis-Donau-Zentrum: Jürgen Raizner
AZV Mariatal, Stadt Ravensburg: Ralph-Michael Jung
AV Unteres Schussental: Markus Spieth, Andreas Schmid
Stadt Merklingen: Sven Kneipp
Regierungspräsidium Tübingen: Hans-Joachim Vogel

▼ Die Schussen in der Nähe des Erichkircher Rieds.



Foto: Wikimedia Commons, Krieger

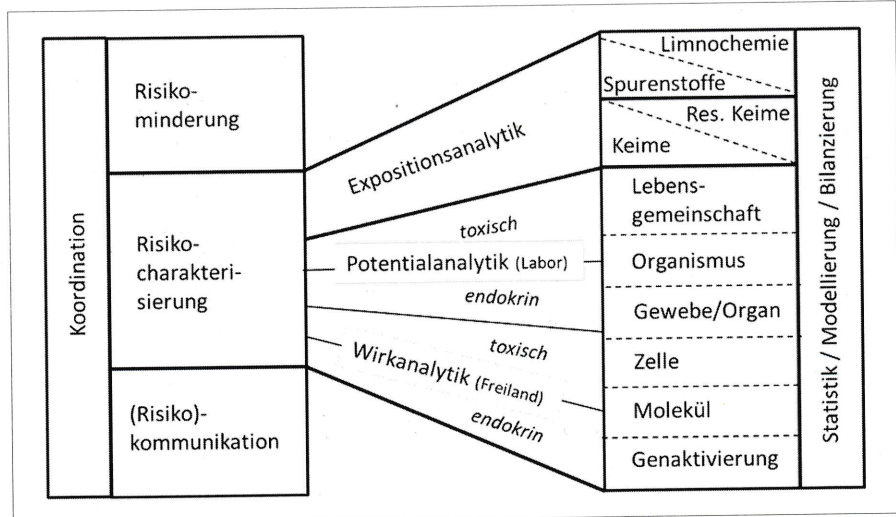
rien oder Legionellen die Wasserressourcen und damit unser Trinkwasser und unsere Badegewässer verunreinigen.

Forschung für sauberes Wasser

Diese Problematik wird zunehmend erkannt. Das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert im Rahmen der Massnahme «Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Keimen im Wasserkreislauf», kurz RiSKWa genannt, zwölf Forschungsprojekte, die sich mit Möglichkeiten der Reduktion von Spurenstoffen (Mikroverunreinigungen) und Krankheitserregern im Wasserkreislauf beschäftigen.

Eines davon ist «SchussenAktivplus», welches das vom Land Baden-Württemberg finanzierte Forschungsprojekt «Schussen-Aktiv» weiterführt. Im Rahmen von SchussenAktiv wurde von 2010 bis 2012 die Belastung des wichtigen Bodenseezuflusses Schussen mit Spurenstoffen und der Gesundheitszustand der in ihr lebenden Organismen untersucht, ehe die Ravensburger Kläranlage Langwiese (AZV Mariatal) mit einer vierten Reinigungsstufe ausgebaut wurde [1].

▼ Elektrofischung in der Schussen durch Projektpartner vom Seeforschungsinstitut Langenargen.



▲ Wesentliche Projektelemente von SchussenAktivplus sind (1) die Risikominderung über verschiedene Technologien zur Reinigung von Abwasser und Mischwasser, (2) die Risikocharakterisierung durch chemisch-analytische und mikrobiologische Verfahren sowie durch Tests, die Wirkpotenziale im Labortest oder tatsächliche Wirkungen in Freilandorganismen anzeigen sowie (3) die Risikokommunikation.

Wie im Vorprojekt steht bei «SchussenAktivplus» die Schussen modellhaft für ein Gewässer in einem dicht besiedelten Einzugsgebiet. Einträge von Spurenstoffen und Keimen über die Schussen in den Bodensee sind sowohl für den Menschen (Trinkwassergewinnung, Badegewässer, Fischverzehr) als auch für Tiere und Pflanzen relevant.

Bei «SchussenAktivplus» arbeiten 22 Partner/innen aus Wissenschaft und Forschung, freier Wirtschaft und öffentlicher Hand bis Mitte 2015 zusammen. Koordiniert von der Universität Tübingen erforschen sie die Risikominderung, Risikobewertung und Risikokommunikation im

Zusammenhang mit Spurenstoffen und Keimen im Wasserkreislauf.

Als Massnahmen zur Risikominderung werden verschiedene Technologien bzw. deren Kombinationen zur Reinigung von Abwasser bzw. Mischwasser modellhaft an den folgenden fünf Testsystemen untersucht:

Testsystem 1:

Kläranlage Langwiese, AZV Mariatal, Ravensburg als Modell für eine grosse Kläranlage, (170 000 Einwohnergleichwerte): Grosstechnischer Ausbau mit einem Pulveraktivkohlefilter.

Testsystem 2:

Kläranlage Eriskirch als Modell für eine mittelgrosse Kläranlage (40 000 EGW): Modellanlage mit Ozonierung vor und Kornkohle nach einem Sandfilter.

Testsystem 3:

Kläranlage Merklingen als Modell für eine kleine Kläranlage (2400 EGW): grosstechnischer Einsatz von Ozon vor einem bestehenden Langsamsandfilter.

Testsystem 4:

Regenüberlaufbecken Mariatal, Ravensburg: Einsatz eines Lamellenklärers zum Feststoffrückhalt.

Testsystem 5:

Retentionsbodenfilter Tettnang als Modell für ein biologisches System nach einem Regenüberlaufbecken.

Um das Risiko von Spurenstoffen und Keimen sowie den Grad der Minderung durch die beschriebenen Massnahmen zu erfassen, arbeitet das Forschungsprojekt mit einer Fülle von Untersuchungsmethoden:

- Die Expositionsanalytik weist Spurenstoffe und Keime inklusive multiresistenter Keime in Abwasser, Oberflächenwasser, Sediment und – im Falle der Spurenstoffe – auch in Fischen und Fischnährtieren nach.
- Die Potenzialanalytik überprüft mit einer grossen Palette an Tests im Labor Parallelproben auf toxische und hormonelle Wirksamkeit. Die auf biologischer Wirkung basierenden Tests geben Hinweise auf potentielle toxische und hormonelle Wirkungen, die bei Mensch, Tieren und Pflanzen auftreten können.
- Die Wirkanalytik erfasst tatsächliche Wirkungen im Ökosystem parallel bei Fischen und wirbellosen Tieren in der Schussen und als Referenz in der weniger belasteten Argen, einem weiteren Bodensee-zufluss. Hierfür werden Tiere (Döbel, Schneider, Flohkrebse) entweder direkt aus Schussen und Argen entnommen oder aktiv in Käfigen oder Bypass-Systemen dem Flusswasser gegenüber exponiert (Bach- und Regenbogenforellen, Flohkrebse, Schnecken). Der Gesundheitszustand der Organismen wird vom genetischen Material über biochemische Prozesse, Zellen und Gewebe bis hin zur Lebensgemeinschaft untersucht. Embryotests mit Forellen zeigen, wie das Flusswasser die Entwicklung von Fischen beeinflusst.

Um das Risiko breit zu kommunizieren, informieren Flyer, Veranstaltungen, Fachvorträge und Pressemeldungen verschiedene Zielgruppen auf nationaler und internationaler Ebene über Inhalte und Ergebnisse des Projekts. Zudem erhält die Bevölkerung vor Ort Informationen zu gewässerökologisch relevanten Fragestellungen, wie zum Beispiel zur richtigen Arzneimittelentsorgung.



Foto: Jutta Schneider-Rapp, Ökonsult, Stuttgart

▲ In der Kläranlage Langwiese (AZV Mariatal, Ravensburg) ist seit Oktober 2013 ein Pulveraktivkohlefilter (im Vordergrund) in Betrieb.

Erste Ergebnisse aus SchussenAktivplus

Für die Reduktion von Spurenstoffen, Keimen, resistenten Keimen und hormonellen bzw. toxischen Wirkpotenzialen aus dem Abwasser erwiesen sich bisher die Kombinationen aus Ozonierung und granulierter Aktivkohle mit oder ohne Sandfilter sowie aus Pulveraktivkohle und Sandfilter vielfach als am effizientesten.

Wie effektiv einzelne Reinigungsverfahren für die Elimination von Spurenstoffen sind, hängt unter anderem davon ab, wie gut sich ein Spurenstoff durch Ozon oxidieren oder an Aktivkohle binden lässt. Leicht biologisch abbaubare Verbindungen wie das Schmerzmittel Ibuprofen werden dagegen bereits bei der herkömmlichen Abwasserreinigung biologisch abgebaut.

Für die Reduktion der Gesamtzellzahl resistenter und nicht resistenter Bakterien (untersucht wurden *E. coli*, Enterokokken und Staphylokokken) waren Kombinationen aus Ozonierung mit nachgeschalteter Filtration (Sandfilter, granuliert Aktivkohle) in der Kläranlage Eriskirch sehr wirksam. Diese Kombinationen reduzierten die Anzahl der Keime um mehrere Zehnerpotenzen. Für nicht-resistente Bakterien konnte der Wert auf oder unter das Niveau des Badegewässergrenzwerts gesenkt werden. Mit Pulveraktivkohle konnte der Grenzwert gerade erreicht werden.

Während für die Elimination von Spurenstoffen und Keimen die Ozonierung sehr bedeutend war, wurden hormonelle und toxische Wirkpotenziale aus dem Abwasser auch durch alleinigen Einsatz einer adsorptiven Stufe (Pulveraktivkohle,

granulierte Aktivkohle) sehr effektiv vermindert.

Als einfaches und naturnahes Verfahren zur weitergehenden Reinigung von Abflüssen aus der Mischwasserkanalisation erwies sich der untersuchte Retentionsbodenfilter. Dieser konnte sowohl Spurenstoffe, Keime und resistente Keime als auch toxische und hormonelle Wirkpotentiale wirksam entfernen. Der Lamellenklärer im Regenüberlaufbecken war dagegen insgesamt wenig effizient.

Die ersten Ergebnisse für im Ablauf der Kläranlage sowie im Bypass der Schussen unterhalb der Anlage exponierte Fische weisen auf positive Auswirkungen der 4. Reinigungsstufe hin. Bei adulten Forellen traten weniger Gewebeschäden und gentoxische Effekte auf. Auch waren Entgiftungsenzyme weniger stark aktiv. Der Schlupferfolg von im Bypass exponierten Bachforellenlarven war unterhalb der Kläranlage im Vergleich zu den Vorjahren erhöht, die Mortalität von Eiern und Larven reduziert. Während bei Larven und Weibchen von Bach- und Regenbogenforellen vor Ausbau der Kläranlage höhere Werte des Eidotterproteins Vitellogenin nachgewiesen wurden als bei im Labor gehaltenen Kontrolltieren, lagen die Werte nach Ausbau der Kläranlage deutlich niedriger. Da für einige Parameter dieser positive Trend allerdings auch bei Tieren zu beobachten war, die an der Argen exponiert wurden, sind für diese Parameter jahresspezifische Einflüsse

nicht auszuschliessen. Zur Absicherung der Daten müssen die Untersuchungen noch ein weiteres Jahr fortgeführt werden.

Auch das Makrozoobenthos zeigte in der Schussen unterhalb der Kläranlage bereits sechs Monate nach Inbetriebnahme der Aktivkohlestufe positive Reaktionen. Bei den belastungsrobusten saprophyten Arten wie Rollegeln und Zuckmückenlarven zeichnete sich ein leichter Rückgang, bei den verschmutzungssensitiven Arten der Hakenkäfer, Steinfliegen und Eintagsfliegen eine deutliche Zunahme des Vorkommens unterhalb der Kläranlagen-Einleitung ab. Bei Flohkrebse wurde vor Inbetriebnahme der 4. Reinigungsstufe eine verringerte Fruchtbarkeit unterhalb der Kläranlage im Vergleich zu oberhalb nachgewiesen. Dies war sechs Monate nach Ausbau der Anlage nicht mehr der Fall.

Die bisherigen Ergebnisse aus «Schussen-Aktivplus» zeigen, dass man Spurenstoffe, Keime, multiresistente Keime und toxische sowie hormonelle Wirkpotenziale aus dem Abwasser sehr effizient mit einer Kombination aus Ozon und granulierter Aktivkohle oder mit einem Pulveraktivkohlefilter eliminieren kann. Ähnlich effektiv wie diese Abwasserreinigungstechnologien arbeitete der untersuchte Retentionsbodenfilter.

Die ersten Ergebnisse für das Ökosystem der Schussen lassen hoffen, dass sich der grosstechnische Ausbau der Kläranlage Langwiese mit einem Pulverkohlefilter positiv auf Fische und Fischnährtiere in der Schussen auswirkt. Da bisher jedoch nur Daten für etwa ein Jahr nach Ausbau der Kläranlage vorliegen, müssen die Untersuchungen weitergeführt werden, um Langzeitaspekte zu erfassen und die Daten vor dem Hintergrund möglicher jahresspezifischer Einflüsse abzusichern.

Sauberes Wasser auch in Zukunft - was kann getan werden?

Von den zahlreichen Chemikalien, die derzeit im Gebrauch sind, können viele als Spurenstoffe in sehr geringen Konzentrationen im Wasserkreislauf nachgewiesen werden. Auf Grund der Komplexität der Stoffgemische und wegen der möglichen unvorhersehbaren Interaktionen der Einzelkomponenten miteinander ist langfristig ein Risiko für Mensch und Umwelt nicht auszuschliessen. Auch Keimbelastungen stellen im Bereich der Trink- und Badewassernutzung ein wachsendes Problem dar, wobei den multiresistenten Keimen eine besondere Bedeutung zukommt. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel ist zu erwarten, dass es durch längere Trockenperioden temporär zu höheren Stoff- und Keimkonzentrationen im Wasserkreislauf kommen wird. Häufigere Starkregenereignisse werden im Zusammenhang mit der Überlastung von Regenüberlaufbecken zum vermehrten Eintrag von ungeklärtem Abwasser in die Gewässer führen. Durch

▼ Bachforellenembryo mit Dottersack. Untersucht wird der Einfluss des Pulveraktivkohlefilters in der Kläranlage Langwiese bei Ravensburg auf die Entwicklung von in einem Bypass der Schussen exponierten Forellen.

Foto: Anja Henneberg, Universität Tübingen



den demographischen Wandel und die damit einhergehende Überalterung der Bevölkerung ist zudem abzusehen, dass der Eintrag von Arzneimitteln in Gewässer zunehmen wird.

Um die lebensnotwendige Ressource Wasser generell, im Speziellen aber auch im Einzugsgebiet des Bodensees vorsorgend und nachhaltig zu schützen, sind risikomindernde Massnahmen bereits jetzt erforderlich.

Als eine mögliche Massnahme am Ende der Kette («end of pipe»-Ansatz) hat sich die Erweiterung von Kläranlagen um eine 4. Reinigungsstufe mit zusätzlichen oxidativen und / oder adsorptiven Verfahren erwiesen. Dass hierdurch gleichzeitig pathogene und resistente Keime, Spurenstoffe sowie toxische und hormonelle Wirkpotenziale im Abwasser und Oberflächenwasser reduziert werden können, und dass sich dies positiv auf das Ökosystem auswirkt, hat das Projekt «SchussenAktivplus» bereits zeigen können. Eine abschliessende Kosten-Nutzung-Bewertung des Projektpartners Jede & Partner, Stuttgart ergab, dass noch Investitionen von 48 Millionen Euro erforderlich wären, um alle Kläranlagen im Einzugsgebiet mit der bereits in Langwiese realisierten Pulveraktivkohlefilteranlage auszurüsten. Würde man nur Kläranlagen mit über 10000 Einwohnergleichwerten mit einem Pulveraktivkohlefilter ausbauen, würde dies 36 Millionen Euro kosten. Damit liessen sich bereits über 90 Prozent des Abwassers im Einzugsgebiet behandeln. Was sich viel anhört, ist für den einzelnen Bürger wenig: Beispielsweise würden bei grösseren Anlagen wie Ravensburg mit einem bereits vorhandenen Sandfilter etwa 10 Euro Mehrkosten pro Jahr anfallen. Damit könnte jeder Bürger einen entscheidenden Beitrag für die Umwelt und den vorsorgenden Schutz der Wasserressourcen leisten. Ein bisher noch ungelöstes Problemfeld betrifft Einträge in

Gewässer über Regenüberlaufbecken. Hier fehlen noch effiziente Technologien, die in der Lage sind, im Starkregenfall, bei dem vielfach ungeklärtes Abwasser in die Gewässer eingetragen wird, Spurenstoffe und Keime effizient zurückzuhalten. Eine mögliche Lösung bieten Retentionsbodenfilter, wie der in «SchussenAktivplus» untersuchte Filter bei Tettnang, für die jedoch eine entsprechend grosse Fläche zur Verfügung stehen muss.

Risikomindernde Massnahmen sollten allerdings nicht nur nachsorgend am Ende der Kette bei der Abwasserreinigung ansetzen, sondern es sollten auch vorsorgende Schritte an der «Quelle» intensiviert werden, um langfristig einen nachhaltigen Schutz der Ressource Wasser garantieren zu können. In diesem Zusammenhang sind sowohl Hersteller als auch Verbraucher gefragt: Hersteller sollten die Produktion umweltverträglicher Produkte forcieren; Verbraucher sollten Produkte, wie Arzneimittel, Reinigungsmittel, Hygieneprodukte oder Körperpflegemittel bewusst, verantwortungsvoll und in der adäquaten Dosierung einsetzen und v.a. Arzneimittelreste oder Produkte mit abgelaufenem Verfallsdatum angemessen und auf keinen Fall über den Ausguss oder die Toilette entsorgen. Dies gilt auch für Reste von Körperpflegemitteln oder Parfums. Im Rahmen von «SchussenAktivplus» wurde zu dieser Thematik ein Informationsflyer erstellt. Arzneimittelmüll kann im Übrigen auch dadurch vermieden werden, dass kleine Packungsgrössen verschrieben oder gekauft werden.

Notwendig ist darüber hinaus, die Bevölkerung für die Thematik zu sensibilisieren. Hierzu sind weiterhin sowohl intensive Aufklärungsarbeit als auch zielgruppenorientierte Kommunikationsmassnahmen von Nöten. ♦



Rita Triebkorn

Prof. Dr. biol., arbeitet seit 2006 an der Universität Tübingen und ist seit 2000 zusätzlich Leiterin des Steinbeis-Transferzentrum für Ökotoxikologie und Ökophysiologie Rottenburg. Arbeitsgebiet: Wirkungsbezogene Ökotoxikologie und Ökophysiologie



Jutta Schneider-Rapp

Stuttgart, Diplom-Agraringenieurin und Diplom-Journalistin. Arbeitsschwerpunkte: Ökologische Landwirtschaft, Naturschutz und Alltagsökologie für Jung und Alt, www.oekonsult-stuttgart.de

Literatur

- [1] Triebkorn, R., Bláha, L., Engesser, B., Güde, H., Henneberg, A., Hetzenauer, H., Köhler, H.-R., Kraiss, S., Kuch, B., Maier, D., Oehlmann, J., Peschke, K., Rault, M., Rey, P., Richter, D., Sacher, F., Suchail, S., Thellmann, P., Weyhmüller, M., Wurm, K. & H.-J. Vogel. (2013): SchussenAktiv – Eine Modellstudie zur Effizienz der Reduktion der Gehalte an anthropogenen Spurenstoffen durch Aktivkohle in Kläranlagen: Expositions- und Effektmonitoring vor Inbetriebnahme der Adsorptionsstufe auf der Kläranlage Langwiese des AZV Mariatal, Ravensburg. Korrespondenz Wasserwirtschaft 8: 427–436.

Weblink

🔗 www.schussenaktivplus.de

Prof. Dr. Rita Triebkorn

Universität Tübingen
Physiologische Ökologie der Tiere
Auf der Morgenstelle 5
D – 72076 Tübingen
rita.triebhorn@uni-tuebingen.de

Jutta Schneider-Rapp

Ökonsult
Gerberstr. 9
D – 70178 Stuttgart
schneider-rapp@oekonsult-stuttgart.de