

Infotag 2015

**Français
au verso**

**Spurenstoffe in Gewässern –
Massnahmen in
der Abwasserreinigung**

Infotag 2015

Spurenstoffe in Gewässern – Massnahmen in der Abwasserreinigung

In unserem Abwasser sind viele Mikroverunreinigungen aus unterschiedlichen Quellen. Trotz des guten Ausbaustandards der Abwasserreinigungsanlagen belasten diese Substanzen unsere Gewässer. Die Gewässerschutzverordnung verlangt deshalb von Schweizer Gemeinden, ab 2016 an spezifischen Standorten technische Massnahmen zur Entfernung von Mikroverunreinigungen in den Kläranlagen umzusetzen. Die Forschung der Eawag war wesentlich daran beteiligt, die Qualitätsstandards für die Gewässer zu erarbeiten und effiziente technische Massnahmen für die Kläranlage zu entwickeln. Der Infotag 2015 gibt einen Überblick über die aktuelle Situation in der Schweiz und zeigt den Stand der Forschung zu den Massnahmen in der Abwasserreinigung und zu Bewertung und Monitoring der Oberflächengewässer.

Die Eawag ist das Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs. Rund 500 Mitarbeitende sind an den Standorten Dübendorf bei Zürich und Kastanienbaum bei Luzern tätig. Neben ihrem Engagement in der Forschung wirkt die Eawag auch in Lehre und Beratung und schlägt damit eine Brücke zwischen Wissenschaft und Praxis. www.eawag.ch

Programm

Moderatoren

Prof. Christof Holliger, Leiter des Labors für Umweltbiotechnologie, EPFL

Marc Bernard, Leiter der Sektion Gewässerschutz der Dienststelle für Umweltschutz, Kanton Wallis

9.20	Grusswort im Namen der EPFL Prof. Patrick Aebischer, Präsident der EPFL	
9.30	Begrüssung und Einführung Prof. Rik Eggen, stellvertretender Direktor der Eawag	
9.35–10.00	Mikroverunreinigungen im Abwasser und in Oberflächengewässern – ein Überblick Dr. Christa McArdell, Abteilung Umweltchemie, Eawag	4
10.00–10.25	Mikroverunreinigungen im Genfersee Audrey Klein, Generalsekretärin der Internationalen Kommission zum Schutz des Genfersees (Cipel)	5
10.25	Kaffeepause	
11.00–11.25	Mikroverunreinigungen: Handlungsbedarf bei der Abwasserreinigung in der Westschweiz – das Beispiel Kanton Waadt Dr. Philippe Vioget, Leiter des Fachbereichs Wasserqualität, Oberflächengewässer und Abwasserreinigung der Generaldirektion Umwelt Kanton Waadt	6
11.25–11.50	Spurenstoffe in den Gewässern: Was macht die Schweiz? Dr. Michael Schärer, Leiter der Sektion Gewässerschutz, Bundesamt für Umwelt	7
11.50–12.15	Diskussion	
12.15–13.45	Stehlunch	
13.45–14.10	Die Bildung von Transformationsprodukten während der Ozonung und deren Schicksal bei der biologischen Nachbehandlung Prof. Urs von Gunten, Leiter des Labors für Wasserqualität und Wasserbehandlung der EPFL und der Gruppe Trinkwasserchemie der Eawag	8
14.10–14.35	Die biologische Abwasserreinigung und die Behandlung mit Aktivkohle Dr. Adriano Joss, Abteilung Verfahrenstechnik, Eawag	9
14.35–15.00	Ökotoxikologische Biotests zur Beurteilung der Wasserqualität Dr. Cornelia Kienle, Aquatische Ökotoxikologin, Oekotoxzentrum Eawag-EPFL	10
15.00–15.15	Diskussion	
15.15–15.40	Kaffeepause	
15.40–16.05	Politische Instrumente zur Regulierung von Mikroverunreinigungen Prof. Karin Ingold, Abteilung Umweltsozialwissenschaften, Eawag / Institut für Politikwissenschaften, Universität Bern	11
16.05–16.30	Revitalisieren und Sanieren: Fließgewässer zwischen Nutzung und Schutz Dr. Christine Weber, Leiterin Programm Fließgewässer Schweiz, Eawag	12
16.30–16.45	Schlussdiskussion	
	Apéro	



Mikroverunreinigungen im Abwasser und in Oberflächengewässern – ein Überblick

Die technische Entwicklung der Analytik ermöglicht es heutzutage, Stoffe nachzuweisen, die nur in geringsten Konzentrationen in Gewässern vorkommen. Damit lassen sich Belastungen durch Mikroverunreinigungen realistischer abschätzen. Auf dieser Grundlage hat der Bund Massnahmen gegen die Einträge aus Kläranlagen beschlossen. Das Problem diffuser Quellen ist ebenfalls erkannt.

Dank dem Bau und der Aufrüstung der Kläranlagen in den letzten 50 Jahren hat sich die Qualität der Schweizer Gewässer bezüglich Nährstoffen stark verbessert. Dadurch änderten sich die Aufgaben und im Verlauf der letzten 15 Jahre wurden vermehrt Mikroverunreinigungen als Problem für die Gewässerqualität erkannt. Infolge des hohen Lebensstandards und auch vermehrt wegen der älter werdenden Bevölkerung gelangen viele Stoffe aus Haushalt, Bau, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft in die Gewässer.

Messungen des Amtes für Umwelt und Energie Basel-Stadt (AUE) in Weil am Rhein – das Amt überwacht die Wasserqualität des Rheins seit gut 20 Jahren – dokumentieren die Eintragspfade von Mikroverunreinigungen. Sie zeigen, ob eine Substanz konstant eingetragen wird und persistent ist oder ob Schwankungen auftreten. Diese ergeben sich bei Einträgen aus Punktquellen, z. B. Mischwasserüberläufen, Industrie und Gewerbe, oder aus diffusen Quellen wie Abschwemmungen von Landwirtschaftsflächen oder Gebäudehüllen bei Regen.

Tiefere Nachweisgrenzen dank besserer Analytik

Mikroverunreinigungen kommen in sehr tiefen Konzentrationen von einigen Mikrogramm pro Liter oder weniger in den Gewässern vor. Ihren Nachweis verdanken wir einer immer leistungsfähigeren Analytik, beispielsweise der Flüssigchromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie (LC-MS). Für die Erfassung der tatsächlichen Belastungen sind die Weiterentwicklung der Analytik und tiefe Nachweisgrenzen wichtig. Das unterstreicht ein kürzlich beendetes Eawag-Projekt. Dieses zeigt, dass Insektizide trotz tiefer Anwendungsmengen aufgrund vieler Überschreitungen der chronischen Gewässerqualitätskriterien viel bedeutsamer sind, als von Monitoring-Programmen erkannt. Mit der heutigen chemischen Analytik ist es vermehrt auch möglich, unbekannte Substanzen in den Gewässern aufzuspüren. Eine entsprechende Methode hat die Eawag für das AUE zur täglichen Überwachung des Rheins entwickelt. Damit ist es heute möglich, Havarien zu erkennen.

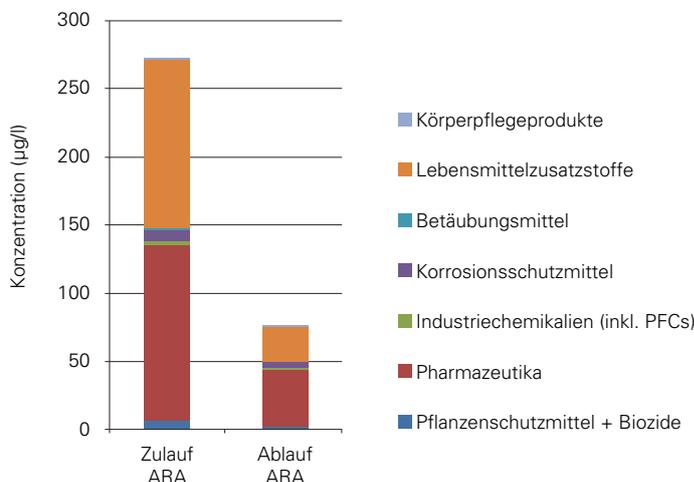
In der Schweiz als Wasserschloss Europas entspringen zwei der wichtigsten europäischen Ströme: Rhein und Rhone. Verglichen mit anderen europäischen Flüssen ist die Belastung mit Mikroverunreinigungen in diesen generell gering. Vor allem in kleinen und mittleren Gewässern treten aber auch in der Schweiz Konzentrationen auf, welche die Umweltqualitätswerte überschreiten, so dass Effekte auf aquatische Lebewesen nicht ausgeschlossen werden können. Der Bund hat in seinem neuen Vorschlag der Gewässerschutzverordnung die Problematik der Mikroverunreinigungen aufgenommen und die Anforderungen an die Wasserqualität ergänzt.

Punktuelle und diffuse Einträge angehen

Abwasser ist einer der Haupteintragspfade von Mikroverunreinigungen in mittelgrossen und grossen Gewässern. Viele polare Stoffe werden in den Kläranlagen nicht eliminiert. Ein Screening der Eawag in neun Schweizer Kläranlagen konnte von rund 450 analysierten Medikamenten, Körperpflegeprodukten, Reinigungsmitteln, Lebensmittelzusätzen, Pflanzenschutzmitteln, Bioziden und Industriechemikalien zwischen 100 und 160 Stoffe im Ablauf nachweisen. Die aufaddierte Konzentrationssumme lag bei rund 70 µg/l, wobei Medikamente und Süsstoffe die grössten Mengen ausmachten (siehe Abbildung). Da in der Schweiz über 30 000 Stoffe im täglichen Gebrauch sind, kann man davon ausgehen, dass Tausende von weiteren Stoffen nicht identifiziert wurden.

Für die Einträge von Mikroverunreinigungen aus kommunalen Kläranlagen sieht das neue Gewässerschutzgesetz Massnahmen vor. So sollen in den nächsten 20 Jahren rund 100 von über 700 Kläranlagen mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe zur Entfernung der organischen Mikroverunreinigungen ausgebaut werden. Die ARA Neugut in Dübendorf ist die erste Schweizer Kläranlage mit erweiterter Behandlung des Abwassers mit Ozon. Die Anlage läuft seit März 2014. Untersuchungen haben gezeigt, dass die 12 Leitsubstanzen mit einer relativ tiefen Ozondosis (0,55 g O₃ pro g DOC) durchschnittlich zu über 80 % eliminiert werden. Die ARA Bachwis in Herisau wurde mit einer Pulveraktivkohle-Stufe ausgebaut und läuft seit Juni 2015.

Neben Punktquellen führen jedoch auch diffuse Einträge (insbesondere aus der Landwirtschaft) zu Spitzenkonzentrationen und Überschreitungen von Qualitätskriterien. Der Bundesrat hat im Mai 2014 die Ausarbeitung eines nationalen Aktionsplans zur Risikominimierung und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln befürwortet, wodurch eine weitere Verbesserung der Schweizer Gewässerqualität bezüglich Mikroverunreinigungen zu erwarten ist.



Durchschnittliche Konzentration von Mikroverunreinigungen in neun Schweizer Kläranlagen (Otto, Singer, Götz 2014, Eawag/Envilab: Fachbericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt).



Mikroverunreinigungen im Genfersee

Fast eine Million Menschen bezieht ihr Trinkwasser aus dem Genfersee. Die Internationale Kommission zum Schutz des Genfersees (Cipel) misst dessen Belastung mit Mikroverunreinigungen seit Jahren regelmässig. Sie unterstützt zudem Massnahmen zur Reduktion dieser Spurenstoffe.

Mit 89 Kubikkilometern ist der Genfersee der grösste Süsswasserspeicher Westeuropas. Die Internationale Kommission zum Schutz des Genfersees (Cipel) überwacht dessen Belastung mit Spurenstoffen, um die Trinkwasserversorgung von rund 900 000 Einwohnern der Gegend sicherzustellen. Im von der Cipel überwachten Gebiet tragen etwa 2,3 Millionen Einwohner durch den täglichen Gebrauch von Kosmetika, Haushaltsprodukten oder Medikamenten zum Eintrag von Mikroverunreinigungen in den See bei. Hinzu kommen Einträge aus der Industrie, welche teilweise einen nicht vernachlässigbaren Teil zur Belastung des Gewässers mit Mikroverunreinigungen beisteuern.

Regelmässiges Monitoring

Die Cipel hat schon vor Jahrzehnten angefangen, die Mikroverunreinigungen in den Gewässern zu überwachen, und konnte diese Tätigkeit dank verbesserter Analytik ab 2004 intensivieren. Heute wird das Wasser jedes Jahr auf ca. 400 Pestizide und 58 Medikamente untersucht. Im Jahr 2004 hat die Cipel bei 2 Pestiziden (dem Herbizid Foramsulfuron und dem Fungizid Metalaxyl) in 30 bis 100 m Tiefe beträchtliche Konzentrationsspitzen gemessen. Dank zusätzlicher Analysen an der Rhone oberhalb des Sees konnte ein Industriegebiet als Quelle identifiziert und das zuständige Amt des Kantons Wallis alarmiert werden. Dieses hat entsprechende Sanierungsmassnahmen eingeleitet. Die Industrie ist für den Eintrag von jährlich mehreren Tonnen von Substanzen in den Genfersee verantwortlich.

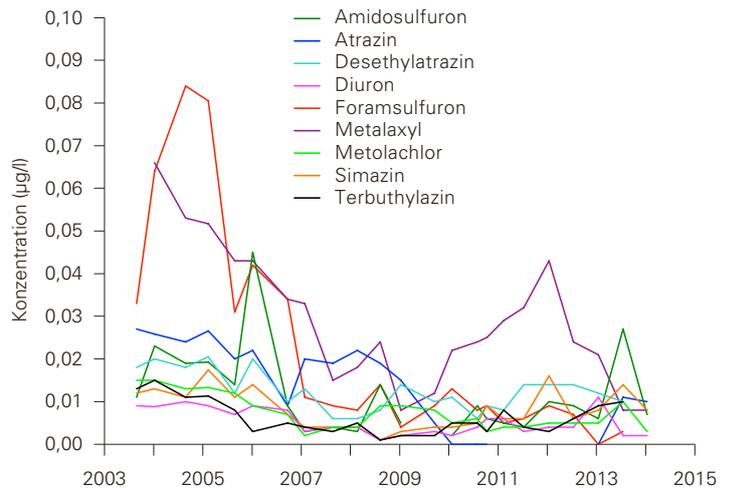
Verschiedene Reduktionsstrategien

Ein nicht vernachlässigbarer Teil der Mikroverunreinigungen gelangt aber auch aus den Haushalten über das Abwasser in den Genfersee. Je nach Substanz können auf diesem Weg jährlich bis zu mehreren hundert Kilogramm aus den Kläranlagen in den See eingetragen werden. Das von der Cipel betreute Areal liegt im Einzugsgebiet von 218 Kläranlagen. Die Einträge von Mikroverunreinigungen via kommunalem Abwasser sind deshalb eine Hauptsorge der Kommission. Mit einer 2012 realisierten Studie wollte die Cipel abschätzen, wie stark die Siedlungsabwässer die Zuflüsse und den See mit Mikroverunreinigungen belasten. Untersucht wurde auch, wie erfolgreich eine vierte Reinigungsstufe mit Ozonung oder Pulveraktivkohle in den Kläranlagen die Einträge in den See reduzieren würden.

Dazu wurden drei Szenarien evaluiert sowie deren jeweilige Investitions- und Unterhaltskosten abgeschätzt. Szenario 1 (Reduktion der Belastung): Die getroffenen Massnahmen sollen die durchschnittliche Belastung des Gewässers mit Mikroverunreinigungen um 50 % (Szenario 1a) beziehungsweise um 80 % (Sze-

nario 1b) reduzieren. Szenario 2: Schutz des Ökosystems. Das Ziel hier ist es, ökotoxikologisch problematische Konzentrationen zu verhindern. Szenario 3 schliesslich basiert auf der Strategie des Bundes zum Ausbau der Kläranlagen gemäss der Revision der Gewässerschutzverordnung.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Vorgaben aller drei Szenarien erreichbar wären. In jedem Fall bräuchte es dazu eine Aufrüstung verschiedener Kläranlagen im Einzugsgebiet. Für das Erreichen des Szenarios 1a müssten 20 Abwassereinigungsanlagen mit einer vierten Reinigungsstufe aufgerüstet werden, für Szenario 2 sind es 86 und für Szenario 3 29. Eine massgebliche Reduktion der Belastung mit Mikroverunreinigungen bringt aber nicht zwingendermassen auch mehr allgemeine Bewusstheit bezüglich eines respektvollen Umgangs mit dem Gewässerraum mit sich.



Entwicklung von Pestizidkonzentrationen in der Mitte des Genfersees in 30 m Tiefe zwischen 2004 und 2014. (Quelle: Cipel)



Mikroverunreinigungen: Handlungsbedarf bei der Abwasserreinigung in der Westschweiz – das Beispiel Kanton Waadt

Der Kanton Waadt steht vor hohen Investitionen, um seine Kläranlagen für die Elimination von Mikroverunreinigungen aufzurüsten. Ein Unterstützungskonzept soll die betroffenen Gemeinden zur Zusammenarbeit animieren. Vom Kanton erhofft man sich finanziellen Support.

Im Kanton Waadt ist die Abwasserbehandlung dezentral organisiert. Sie besteht (Stand Ende 2014) aus 164 kommunalen und regionalen Abwasserreinigungsanlagen (ARA). Die grösseren ARA sollen nun für die Elimination von Mikroverunreinigungen aufgerüstet werden. Die meisten gehören zur ersten Generation von Abwasserreinigungsanlagen und wurden nur für die Behandlung von organischen Stoffen und Phosphor konzipiert.

Die Studie «Plan cantonal micropolluants» (PCM) hat gezeigt, dass es enorme Investitionen braucht, um die Kläranlagen des Kantons auf den nötigen technischen Stand zu bringen. Insbesondere der Ausbau der biologischen Stufe um eine Stickstoffbehandlung (Nitrifikation), die für die zusätzlichen Reinigungsstufen zur Elimination von Mikroverunreinigungen vorausgesetzt wird, dürfte mehr kosten als die zusätzlichen Reinigungsstufen selbst. Diese werden vom Bund grösstenteils finanziert. Diese Situation bietet gleichzeitig aber auch die Chance, das Abwassersystem des Kantons rationeller zu gestalten. So könnten beispielsweise kleinere Anlagen zusammengeschlossen werden, um die Qualität und Effizienz der Abwasserbehandlung insgesamt zu steigern.

Mit einem regionalen Abwasserverbund Synergien nutzen

Der PCM hat gezeigt, dass 14 optimal ausgebaute regionale ARA (mit Kohlenstoff- und Phosphorentfernung, Nitrifikation/Denitrifikation und einer zusätzlichen Reinigungsstufe für die Mikroverunreinigungen) in der Lage wären, das Abwasser von 90 % der Waadtländer Bevölkerung auf dem modernsten technischen Stand zu behandeln. Dieses Projekt würde eine Investition von rund 1,2 Milliarden Franken über die nächsten 20 Jahre verlangen. Davon wären aber nur 10 bis 15 % vom Bund finanziert, den Rest müssten die Gemeinden aufbringen.

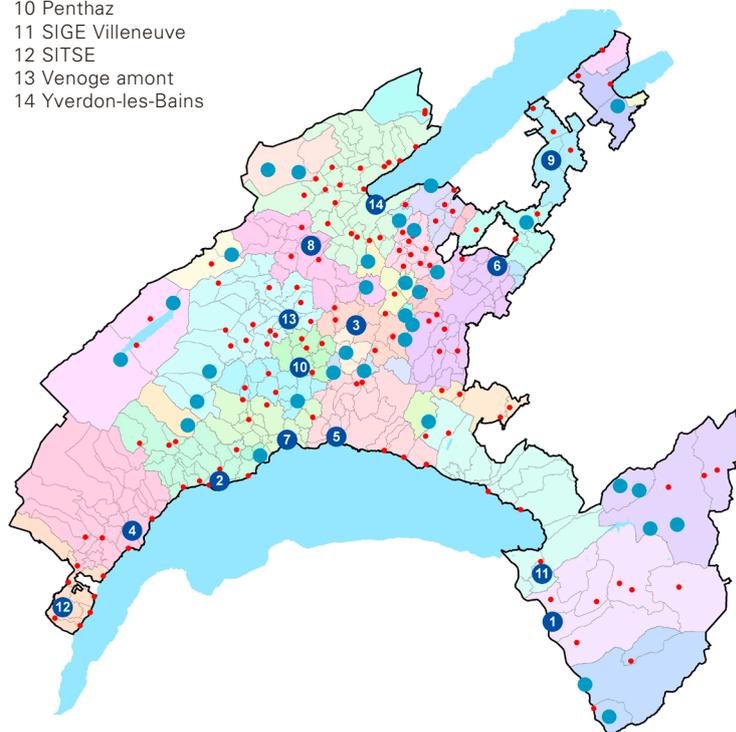
Dieses Vorhaben droht deshalb an der finanziellen Last zu scheitern, die manche Gemeinde alleine nicht tragen kann. Um dies zu verhindern, hat der Kanton Waadt ein Unterstützungskonzept entwickelt. Dieses soll die Gemeinden zur Zusammenarbeit ermutigen, um gemeinsam einen leistungsfähigen und betriebswirtschaftlich sinnvollen Verbund zur regionalen Abwasserbehandlung aufzubauen. Zusätzlich sollen jene Gemeinden, deren Kläranlagen für die Elimination von Mikroverunreinigungen technisch aufgerüstet werden müssen, finanziell entlastet werden. So soll eine Anpassung des kantonalen Gewässerschutzgesetzes den Kanton Waadt dazu verpflichten, 35 % der Investitionskosten für die biologische Reinigung (Nitrifikation, evtl. Denitrifikation) zu übernehmen. Die Einbindung kleinerer Kläranlagen in den regionalen Abwasserverbund soll ebenfalls finanziell unterstützt werden.

Unterstützung vom Regierungsrat

Diese Finanzierungshilfe würde somit den Bundesbeitrag ergänzen. Der Aufwand für den Kanton Waadt beträgt schätzungsweise 200 Millionen Franken, verteilt auf 20 Jahre. Der Waadtländer Regierungsrat hat einer Gesetzesänderung und einem Rahmenkredit von 80 Millionen Franken für die ersten 4 Jahre am 24. Juni 2015 bereits zugestimmt. Demnächst wird die Vorlage dem Kantonsparlament vorgelegt.

Ohne die finanzielle Unterstützung von Seiten des Kantons wird es schwierig werden, den PCM umzusetzen. Es ist anzunehmen, dass sich in diesem Fall die kleinen Abwasserreinigungsanlagen höchstens vereinzelt zusammenschliessen werden. Die Wiedereinführung einer Finanzhilfe des Kantons Waadt würde es hingegen möglich machen, die Abwasserinfrastruktur technisch so aufzurüsten, dass die Gewässer optimal geschützt werden könnten – bei einem erträglichen finanziellen Aufwand für die Gemeinden.

- 1 Aigle
 - 2 Région Aubonne
 - 3 Echallens
 - 4 Gland und Nyon
 - 5 Lausanne
 - 6 Moyenne Broye
 - 7 Morges
 - 8 Orbe
 - 9 Payerne
 - 10 Penthaz
 - 11 SIGE Villeneuve
 - 12 SITSE
 - 13 Venoge amont
 - 14 Yverdon-les-Bains
- ARA mit Behandlung von Mikroverunreinigungen
 - ARA ohne Behandlung von Mikroverunreinigungen
 - potenziell regionalisierbare ARA



Der Plan cantonal micropolluants (PCM) sieht vor, 14 Kläranlagen für eine Elimination von Mikroverunreinigungen aufzurüsten. (Grafik: DGE)



Spurenstoffe in den Gewässern: Was macht die Schweiz?

Mit dem Bau zusätzlicher Reinigungsstufen zur Elimination von Spurenstoffen in ausgewählten ARA übernimmt die Schweiz eine Vorreiterrolle. Massnahmen bei den diffusen Stoffeinträgen aus Siedlungsflächen, Verkehr und Landwirtschaft sowie Massnahmen an der Quelle und bei Industrieeinleitern sind weitere Elemente der schweizerischen Strategie.

In den letzten Jahrzehnten haben die Schweiz und andere europäische Länder die Wasserqualität mit dem Ausbau der Abwasserentsorgungsinfrastruktur und weiteren Massnahmen, z. B. im Bereich des Nährstoffmanagements in der Landwirtschaft, stark verbessert. Wegen der intensiven Nutzung der Wasserressourcen (Bevölkerungsdichte, Landwirtschaft etc.) nimmt aber der Druck auf die Wasserqualität zu. Das Bundesamt für Umwelt hat in den letzten Jahren verschiedene Situationsanalysen durchgeführt, welche die unterschiedlichen Belastungen unserer Gewässer dokumentieren. So stellen in dicht besiedelten Räumen die Ausläufe von Kläranlagen bedeutende Quellen für organische Spurenstoffe dar. In Gewässern mit einem hohen kommunalen Abwasseranteil kann ein breites Spektrum an Stoffen in vergleichsweise hohen Konzentrationen nachgewiesen werden. Ebenso stellen diffuse Stoffeinträge aus Siedlungen und aus der Landwirtschaft grosse Herausforderungen für den Schutz der Pflanzen und Tiere in den Gewässern und für die langfristige Sicherstellung guter Trinkwasserressourcen dar. Zur Reduktion der Spurenstoffeinträge in die Gewässer sind viele verschiedene Massnahmen erforderlich, um der Verschiedenartigkeit der Stoffe und ihrer Eintragswege zu begegnen. Es braucht Massnahmen auf verschiedenen Ebenen, um einen ausreichenden Schutz unserer Gewässer zu gewährleisten.

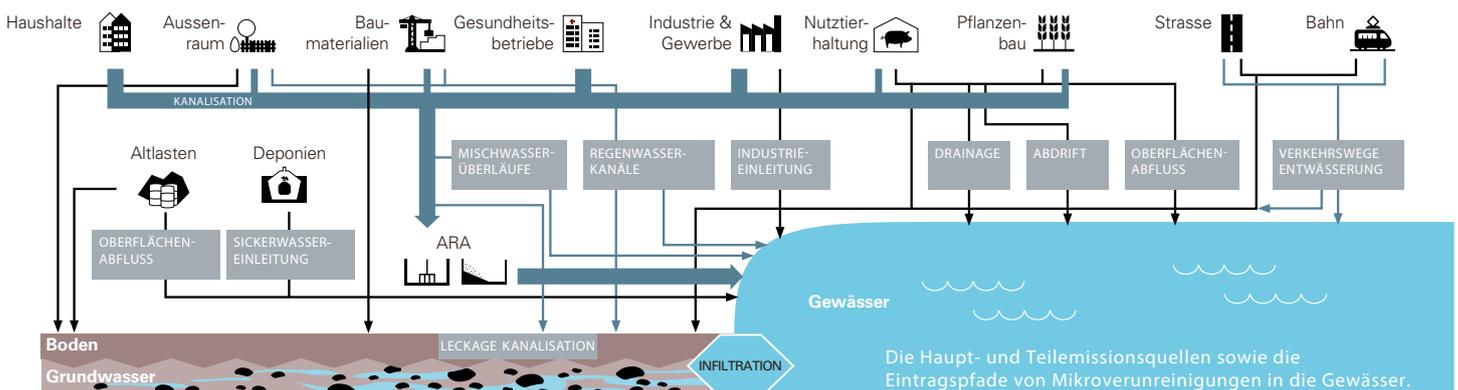
Ozonung und Pulveraktivkohle-Behandlung in Kläranlagen

Die Schweiz setzt ab 2016 eine gezielte Optimierung der Abwasserreinigung um. Im Rahmen von Pilotstudien wurden verschiedene technische Verfahren zur Elimination von Spurenstoffen aus dem Abwasser evaluiert. Dabei hat sich gezeigt, dass sich mit dem Einsatz von Pulveraktivkohle oder Ozon ein breites Spektrum der organischen Spurenstoffe durchschnittlich zu über 80 % entfernen lässt. Die Qualität des behandelten Abwassers verbessert sich deutlich; negative Auswirkungen auf Wasserlebewesen werden

nahezu vollständig eliminiert. Diese Massnahmen sind technisch machbar und finanziell tragbar. Sie werden als sehr wirksame Lösung beurteilt, um eine Vielzahl von Spurenstoffen aus dem kommunalen Abwasser zu eliminieren. Technische Anpassungen werden bei folgenden Abwasserreinigungsanlagen (ARA) als sinnvoll erachtet: (1) bei grossen ARA (Frachtreduktion), (2) bei ARA, die in Fließgewässer mit einem hohen Anteil an gereinigtem Abwasser einleiten (Schutz der Ökosysteme), sowie (3) bei ARA, die in Gewässer einleiten, die zur Trinkwassergewinnung genutzt werden (Schutz der Trinkwasserressourcen). Zur Finanzierung des Ausbaus dieser rund 100 der 700 Kläranlagen wird über eine Änderung des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) eine verursachergerechte Finanzierung geschaffen: Eine bis 2040 befristete Abwasserabgabe finanziert 75 % der Erstinvestitionen von total 1,2 Milliarden Franken über Abgeltungen. Die Umsetzung wird über die angepasste Gewässerschutzverordnung (GSchV) gesteuert, die wie die Änderung des GSchG voraussichtlich am 1.1.2016 in Kraft tritt.

Emissionen an der Quelle vermindern

Die Problematik der Spurenstoffe kann auch in der Entwässerungsplanung und deren Umsetzung noch stärker berücksichtigt werden. Neben technischen Massnahmen, z.B. Adsorbenschichten oder Anlagen zur Behandlung von Strassenabwasser, ist ein bezüglich Stoffrückhalt optimierter Betrieb der gesamten Abwasserinfrastrukturen und deren nachhaltiges Management unabdingbar. Im Bereich der diffusen Einträge aus der Landwirtschaft wird aktuell ein Aktionsplan Pflanzenschutzmittel erarbeitet. Darin werden bis 2016 wirkungsvolle Massnahmen zur Reduktion der Gewässerbelastung zusammengestellt. Anpassungen aller anthropogenen Aktivitäten hinsichtlich einer häuslichen Verwendung der natürlichen Ressourcen sind ein wichtiger, übergeordneter Beitrag für die Reduktion von Umweltbelastungen. Dies gilt auch für die Ausgestaltung von Massnahmen an der Quelle zur Reduktion von Spurenstoffeinträgen in Gewässern – sei es über verantwortungsvolleres Verbraucherverhalten oder über eine Optimierung der Produktion und Verarbeitung bezüglich der Emissionen gewässerrelevanter Stoffe. Es braucht eine effiziente Kombination von quellenbezogenen und nachgeschalteten Massnahmen, um eine ausreichende Emissionsminderung sowie hohe Effizienz und breite Akzeptanz zu erreichen.





Die Bildung von Transformationsprodukten während der Ozonung und deren Schicksal bei der biologischen Nachbehandlung

Bei der Ozonung von Abwasser werden die Zielsubstanzen nicht vollständig mineralisiert, sondern nur chemisch verändert. Die Transformationsprodukte lassen sich mit analytischen Methoden und chemischen Modellen bestimmen. Über den biologischen Abbau von Transformationsprodukten ist noch wenig bekannt. Auch hier gibt es Vorhersagemodelle.

Die Ozonung wird bei der Abwasserbehandlung eingesetzt, um unerwünschte Spurenstoffe zu oxidieren. Zahlreiche Studien zeigen, dass die Ozonung die primäre Wirkung der Spurenstoffe effizient zerstört, obwohl diese nicht mineralisiert, oft sogar nur geringfügig in sogenannte Transformationsprodukte umgewandelt werden. Ozon reagiert zudem mit Matrixkomponenten, wobei Oxidationsnebenprodukte entstehen (siehe Abbildung). Hier spielen vor allem das abwasserbürtige organische Material (AOM) und Bromid eine wichtige Rolle. Durch die Oxidation von Bromid kann Bromat entstehen, für welches das Schweizer Gesetz einen Toleranzwert für Trinkwasser vorgibt. Die Oxidationsnebenprodukte aus dem AOM können meist gut biologisch abgebaut werden. Deshalb wird nach der Ozonung eine biologische Stufe empfohlen. Im Gegensatz dazu kann Bromat biologisch nur unter anaeroben Bedingungen abgebaut und folglich in einer biologischen Stufe nicht entfernt werden. Zur Beurteilung der resultierenden Wasserqualität unter Einbezug dieser Aspekte hat die Eawag kürzlich ein Testverfahren entwickelt. Es dient als Entscheidungshilfe, ob eine Ozonung für ein bestimmtes Abwasser sinnvoll ist.

Vorhersage von Transformationsprodukten

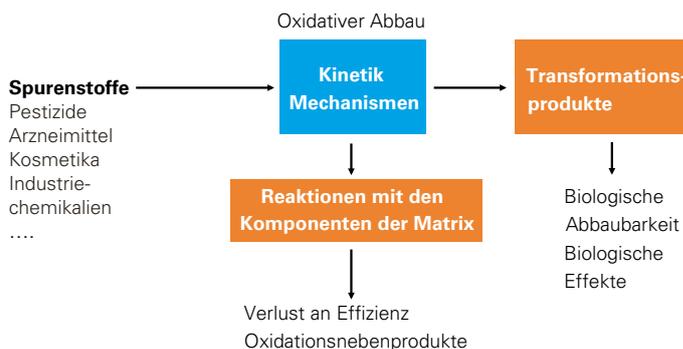
Die Bildung von Transformationsprodukten hängt stark von der Struktur und der Reaktivität der Spurenstoffe mit Ozon und mit während der Ozonung gebildeten Hydroxyl-Radikalen ab. Ozon reagiert sehr selektiv und rasch mit aktivierten aromatischen Verbindungen, neutralen Aminen, Olefinen und schwefelhaltigen Verbindungen. Hydroxyl-Radikale reagieren praktisch mit allen organischen Substanzen, weshalb während der Ozonung von Abwasser meist eine Vielzahl von Transformationsprodukten entsteht. Diese lassen sich mit dem chemischen Verständnis der beiden Oxidationsmittel (Ozon und Hydroxyl-Radikale) vorhersagen und mit hochauflösenden analytischen Methoden messen. Es gibt bereits viele Studien zur Bildung von Transformationsprodukten für zahlreiche Verbindungsklassen. Gegenwärtig entwickelt die Eawag ein internetbasiertes Tool, das die Vorhersage von Transformationsprodukten erleichtert.

Biologische Abbaubarkeit von Transformationsprodukten

Mit biologischen Testsystemen konnte gezeigt werden, dass bei einer Ozonung die ursprüngliche Wirkung von Spurenstoffen (Östrogene, Antibiotika, Virustatika, Herbizide etc.) proportional zu deren Elimination verschwindet. Das bedeutet, dass die Gemische der Transformationsprodukte keine oder nur eine stark verminderte biologische Wirkung haben. In seltenen Fällen konnte für Transformationsprodukte eine für die entsprechenden Edukte nicht beobachtete neue Wirkung nachgewiesen werden (z. B.

östrogene Aktivität und Mutagenität bei der Oxidation von Chinolin). Obwohl die Oxidation von Spurenstoffen die (öko)toxikologischen Effekte in der Regel reduziert, empfiehlt es sich, nach der Ozonung eine zusätzliche Stufe einzubauen. Diese soll die Emission der Transformationsprodukte in die Umwelt minimieren. Die Kombination von Ozonung und biologischer Stufe wird seit vielen Jahren im Trinkwassersektor eingesetzt, um leicht abbaubare Oxidationsnebenprodukte zu eliminieren. Der gleiche Ansatz wird nun für den Abbau von Transformationsprodukten in der Abwasserreinigung geprüft. Für das Antiepileptikum Carbamazepin konnte gezeigt werden, dass zwei der drei wichtigsten Transformationsprodukte in der biologischen Filtration abgebaut werden. Für weitere Transformationsprodukte (verschiedene Aminoxide von tertiären Aminen) konnte kein Abbau der Produkte beobachtet werden.

In einer kürzlich veröffentlichten Eawag-Publikation wurde die biologische Abbaubarkeit von Transformationsprodukten der Ozonung mit Modellen abgeschätzt. Es zeigte sich, dass Transformationsprodukte von aromatischen und olefinischen Verbindungen besser abbaubar sein sollten als deren Edukte. Bei den Aminen ist dagegen keine Verbesserung zu erwarten. Die Voraussage bezüglich der Amine stimmt mit den experimentellen Daten zu den Aminoxiden überein; für die anderen Substanzklassen gibt es nur ungenügende Informationen. Die kommenden Jahre werden zeigen, inwiefern diese Modelle sich für prognostische Zwecke eignen.



Prozesse, die bei einer Ozonung berücksichtigt werden müssen: Ozon und Hydroxyl-Radikale reagieren mit Spurenstoffen und mit Komponenten der Abwassermatrix. Im ersten Fall bilden sich Transformationsprodukte. Im zweiten Fall entstehen Oxidationsnebenprodukte und die Oxidationskraft wird reduziert.



Biologische Abwasserreinigung und Aktivkohle

Nach dem aktuellen Stand des Wissens gibt es kein biologisches Verfahren, das eine ausreichende Elimination von Mikroverunreinigungen aus dem Abwasser ermöglicht. Deshalb soll die biologische Stufe in kommunalen Kläranlagen mit einer nachgeschalteten Stufe zur Ozonung oder Aktivkohlebehandlung ergänzt werden. Aktivkohle als Adsorptionsmedium kann in verschiedenen Varianten eingesetzt werden.

Die mechanisch-biologische Abwasserreinigung hat sich als günstigste Massnahme gegen Eutrophierung unserer Gewässer bewährt. Dabei wird auch ein bedeutender Anteil der Mikroverunreinigungen abgebaut oder zumindest transformiert: Kläranlagen mit Stickstoffelimination bauen rund die Hälfte der Mikroverunreinigungen ab, Anlagen ohne Stickstoffelimination immerhin noch etwa einen Drittel. Die Frage ist deshalb naheliegend, ob die biologische Abwasserreinigung für den Abbau von Mikroverunreinigungen nicht noch weiter optimiert werden kann.

Über zehn Jahre Forschung haben gezeigt, dass sich die Umsatzraten des biologischen Abbaus von Mikroverunreinigungen mit gängigen biochemischen Methoden beschreiben lassen. Wie der Abbau im Detail abläuft, ist aber nach wie vor nicht vollständig verstanden. Das liegt hauptsächlich an der Komplexität und Vielfalt der am Abbau beteiligten Mikroorganismen. Eindeutig ist jedoch, dass sich die gängigen Dimensionierungs- oder Betriebsparameter biologischer Kläranlagen nicht soweit optimieren lassen, dass sich eine Nachbehandlung erübrigen würde. Dabei wurde bereits eine grosse Palette an biologischen Verfahren und Verfahrensoptionen getestet, so z. B. Pilzverfahren, genmodifizierte Biomasse, sehr hohe Schlammalter, mehrstufige biologische Verfahren, die Kombination von aeroben mit anaeroben Verfahren oder Biofilmverfahren.

Pulveraktivkohle im Vorteil gegenüber granulierter Aktivkohle

Die Aktivkohle als Filtrationsmedium hat sich in der Trinkwasseraufbereitung seit Jahrzehnten bewährt. Anwendungen in der Abwasserreinigung funktionieren nach gleichem Prinzip: Bei der Herstellung der Aktivkohle führt der Aktivierungsprozess zu einer sehr starken Vergrösserung der Kohlenoberfläche (etwa die Fläche eines Fussballfeldes pro wenige Gramm Aktivkohle). Damit bei der Abwasserbehandlung eine Sorption der Mikroverunreinigungen stattfindet, muss die Aktivkohle mindestens 20 Minuten in Kontakt mit dem Abwasser sein. Nach der Beladung wird die verbrauchte Aktivkohle wieder abgetrennt und schliesslich durch Verbrennung entsorgt. Die adsorbierten Mikroverunreinigungen werden dabei rückstandlos zu CO₂ und Wasser oxidiert.

Verschiedene Verfahrensvarianten werden heute in der kommunalen Abwasserreinigung eingesetzt: (1) Beim Ulmer Verfahren folgt auf den Kontaktreaktor eine Sedimentation mit einer Rückführung der Pulveraktivkohle (PAK) ins Kontaktbecken. Um den kompletten Rückhalt der PAK zu gewährleisten, wird der Ablauf mit einem Sandfilter filtriert. Versuche im Pilot- und Vollmassstab haben gezeigt, dass die Sedimentation der PAK vor der Sandfiltration nicht

nötig ist. Dies ist von Bedeutung, weil die Sedimentationsstufe eine grosse Fläche beansprucht. Das PAK-Verfahren mit Direktdosierung auf den Sandfilter benötigt dagegen nur einen ähnlich grossen Grundriss wie eine Ozonung. Eine Direktdosierung der PAK in die Biologie ist eine Option für kleinere Anlagen: Weil die Sorption der Mikroverunreinigungen direkt in der Biologie stattfindet, erübrigt sich die Infrastruktur für die Nachbehandlung. Allerdings ist eine höhere PAK-Menge nötig. (2) Bei Verfahren mit granulierter Aktivkohle (GAK; Korngrösse 0,2 bis 1 mm) verbleibt die Aktivkohle deutlich länger im System als bei PAK-Verfahren. Sie wird in der Regel höchstens jährlich getauscht, da das Verfahren sonst nicht wirtschaftlich ist. Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass die GAK-Filtration in der Regel dennoch grössere Mengen an Aktivkohle erfordert und gegenüber PAK-Verfahren nicht konkurrenzfähig ist.

Kombination von Ozonung und Aktivkohle

In laufenden Forschungsprojekten wird abgeklärt, ob die Kombination von Ozonung und PAK oder GAK interessante Optionen darstellt, z. B. an Standorten, an denen nur eine reduzierte Ozonung möglich ist. Bei der Entscheidung, ob sich ein Aktivkohleverfahren oder eine Ozonung besser für einen bestimmten Standort eignet, sind folgende Faktoren wichtig: (1) Die Zusammensetzung des Abwassers (siehe Beitrag von Urs von Gunten); bei einem erhöhten Bromidgehalt, Industrieabwasser oder Farbstoffen kann eine Ozonung ungeeignet sein, während sich Aktivkohleverfahren meist anwenden lassen. (2) In der Regel ist der Aufwand für Aktivkohleverfahren leicht höher (Kosten, gesamter Energieverbrauch inklusive Aktivierung der Kohle). (3) In der Aktivkohlestufe werden keine Transformationsprodukte gebildet; dies ist nur von Bedeutung, falls bei der Ozonung relevante Transformationsprodukte gebildet werden (z. B. Bromat oder NDMA).



Pilotanlage zur Dosierung von Aktivkohle direkt auf den Sandfilter in der ARA Ergolz 1 in Sissach (BL). Sie besteht aus zwei Kohlesilos und einer Wägeinheit mit Befeuchtung (ganz rechts im Bild).



Ökotoxikologische Biotests zur Beurteilung der Wasserqualität

Umweltchemikalien können vielfältige Auswirkungen auf Wasserlebewesen haben. Ökotoxikologische Biotests dienen dazu, diese Effekte zu erfassen und zu beurteilen. Sie eignen sich für die Beurteilung von Abwasser und von Gewässern.

Biotests sind Analysemethoden, die lebende Zellen, Organismen oder Gemeinschaften einsetzen, um deren Reaktion auf eine Schadstoffbelastung zu messen. Damit lassen sich toxische Wirkungen von Einzelstoffen oder Stoffgemischen beurteilen. Biotests mit Organismen wie Wasserflöhen, Glanzwürmern oder Fischen erfassen die Wirkung aller Substanzen in einer Wasserprobe, auf die diese Organismen empfindlich reagieren. Mit einem einzigen wirksspezifischen Biotest kann man zudem die Kombinationswirkung sämtlicher vorhandener Einzelstoffe mit demselben Wirkmechanismus testen. Dies ist von Vorteil, wenn die Stoffe chemisch-analytisch schwer nachweisbar sind, wie z. B. östrogen aktive Stoffe. Biotests stellen eine sinnvolle Ergänzung zur klassischen Spurenanalytik dar, um z. B. die Elimination schädlicher Stoffe in Abwasserreinigungsverfahren zu messen. Damit lässt sich überprüfen, ob die Verfahren nicht nur die Konzentrationen an Spurenstoffen verringern, sondern auch deren Auswirkungen auf Wasserlebewesen. Zudem können Biotests Effekte erfassen, die von Umwandlungsprodukten verursacht werden. Je nach Ziel werden Biotests unter standardisierten Bedingungen im Labor (*in vitro*, *in vivo*) oder im Feld (*in situ*) durchgeführt.

Beurteilung von Abwasser

Das Projekt «Strategie Micropoll» des Bundesamts für Umwelt untersuchte, welche Biotests sich eignen, um die Elimination von Mikroverunreinigungen in Kläranlagen zu überprüfen. Einbezogen wurden zellbasierte (*in vitro*) und organismische Biotests (*in vivo*), um eine breite Palette von ökotoxikologischen Wirkungen auf Zellen und Organismen verschiedener Ernährungsstufen abzudecken. Biotests zur Leistungsbeurteilung von weiter gehenden Abwasserreinigungsverfahren, wie z. B. der Ozonung oder der Behandlung mit Pulveraktivkohle (PAK), haben sich als relevant und nützlich erwiesen. So hat unter anderem eine Pilotstudie in der Kläranlage Vidy (Lausanne) ergeben, dass sich In-vitro-Biotests, die spezifische Effekte (z.B. eine Hemmung der Photosynthese oder östrogene Aktivität) anzeigen, hierfür am besten eignen. Auch bestimmte In-vivo-Biotests, etwa der «Fish early life stage toxicity test» mit Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*), weisen die Vorteile der Ozonung und der PAK-Behandlung nach. Risiken durch biologisch abbaubare Umwandlungsprodukte, die bei der Ozonung entstehen, lassen sich mit einem abschliessenden Filtrationsschritt mit biologischer Aktivität (z. B. einen Sandfilter) eliminieren. Es wurde gezeigt, dass die weitergehende Abwasserreinigung ein breites Spektrum ökotoxikologischer Effekte zu mehr als 80 % entfernt. Beide Behandlungsmethoden waren ähnlich effizient.

Beurteilung von abwasserbelasteten Gewässern

Innerhalb des Modul-Stufen-Konzepts wurde im Rahmen der Arbeiten zu einem Modul Ökotoxikologie in den letzten Jahren ein erstes

Grobbeurteilungskonzept entwickelt, um die Wasserqualität von abwasserbelasteten Gewässern mit Biotests zu beurteilen. Das Konzept besteht aus Probenahme im Abwasser, Aufbereitung der Proben (inkl. Aufkonzentrierung mittels Festphasenextraktion), Durchführung der Biotests und Beurteilung der Effekte (siehe Abbildung). Die Biotests sollen sensitiv, wirkungsbasiert, einfach durchführbar, kostengünstig und gut interpretierbar sein. Für eine Grobbeurteilung wurden zunächst die ökotoxikologisch relevanten Substanzgruppen der herbizid wirkenden sogenannten PS-II-hemmenden Stoffe und der östrogen aktiven Stoffe ausgewählt. Erstere können das für die Photosynthese wichtige Photosystem II (PS II) von Algen hemmen, so dass diese nicht mehr wachsen. PS-II-hemmende Stoffe lassen sich mit dem kombinierten Algentest mit einzelligen Grünalgen (*Pseudokirchneriella subcapitata*) erfassen. Dieser Test ist einfach und kostengünstig und hat in zahlreichen Studien gute und robuste Ergebnisse geliefert. Um Belastungen mit östrogen aktiven Stoffen zu ermitteln, eignet sich der «Yeast estrogen screen» (YES). Dieser Biotest basiert auf genetisch veränderten Hefen (*Saccharomyces cerevisiae*) und ist ebenfalls robust. Die Messwerte des Algentests und des YES werden mithilfe von Zustandsklassen ökotoxikologisch beurteilt. Hierfür fliessen auch Vorschläge für chronische Umweltqualitätskriterien von östrogen aktiven und PS-II-hemmenden Stoffen ein.

Schlussfolgerungen

Die vorgestellte Methode ist für die Beurteilung von abwasserbelasteten Gewässern konzipiert und stellt einen ersten Schritt hin zu einer integrativen Beurteilung der Wasserqualität dar. Die dazu vorgeschlagenen Biotests sind als Ergänzung zur üblichen Einzelstoffbeurteilung gedacht und ermöglichen es, eine breite Palette umweltrelevanter organischer Spurenstoffe gesamtheitlich zu erfassen.



Elemente des vorgeschlagenen Grobbeurteilungskonzepts für die Beurteilung von abwasserbelasteten Oberflächengewässern mit östrogen aktiven und PS-II-hemmenden Stoffen.



Politische Instrumente zur Regulierung von Mikroverunreinigungen

Wie Mikroverunreinigungen in den Gewässern reduziert werden sollen, ist auch ein politischer Entscheid. Ob die politischen Akteure in der Schweiz eher präventive oder reaktive Massnahmen bevorzugen, hängt von ihrer Rolle ab.

Mikroverunreinigungen, die über das Abwasser in die Gewässer gelangen, sind eines der komplexesten Probleme, mit dem unsere Gesellschaft und speziell die Entscheidungsträger konfrontiert sind. Noch immer bestehen Wissenslücken bezüglich des Verhaltens von Mikroverunreinigungen und Unsicherheiten über geeignete Massnahmen. Wir wissen, dass Mikroverunreinigungen über Punktquellen oder diffus in Gewässer eingetragen werden. Während Erstere durch fortschrittliche technische Lösungen bei der Abwasserreinigung grösstenteils aus den Gewässern entfernt werden können, sollten Letztere durch Einschränkungen oder Verbote bei der eigentlichen Nutzung reguliert werden. Diese Nutzung betrifft aber die Landwirtschaft, die Industrie und Siedlungsgebiete gleichermaßen, weshalb sich folgende Fragen stellen: Wo sollen Massnahmen ansetzen? Welche Sektoren und Zielgruppen sollen aktuelle und zukünftige Regulierungen betreffen? Welches sind dabei die Präferenzen der politischen Elite und wie können politische Mehrheiten und allfällige Kompromisslösungen geschaffen werden?

Massnahmen an der Quelle oder «end of pipe»?

Um diese Fragen zu beantworten, haben wir über 40 Akteure der politischen Elite in der Schweiz befragt. Konkret sind das Vertreterinnen und Vertreter der parlamentarischen Parteien, der wirtschaftlichen Interessenverbände und von Umweltorganisationen sowie Konsumentenschützer u. v. a. Abgefragt wurde der Zustimmunggrad für Massnahmen, die entweder an der Quelle oder aber «end-of-Pipe» ansetzen, um die Belastung mit Mikroverunreinigungen zu reduzieren. Die Untersuchung zeigt, dass die Akteure insgesamt End-of-Pipe-Massnahmen wie das Aufrüsten von Abwasserreinigungsanlagen leicht favorisieren (siehe Abbildung). Die Wissenschaft weist dabei die höchste Zustimmung für solche Lösungen auf. Die staatlichen Akteure votierten eher ausgewogen, das heisst, dass sie einen Mix aus präventiven und reaktiven Massnahmen bevorzugen. Die Akteure, welche die Verantwortung für die Umsetzung von End-of-Pipe-Massnahmen tragen (in der Grafik als «Zielgruppe End-of-Pipe» bezeichnet), darunter Kantone und Abwasserverbände, weisen die höchste Zustimmung für präventive Massnahmen an der Quelle auf. Akteure aus der Landwirtschaft, Wirtschaft und Industrie, welche die Verantwortung für die Umsetzung von Massnahmen an der Quelle tragen («Zielgruppe Quelle»), bevorzugen tendenziell eher End-of-Pipe-Lösungen.

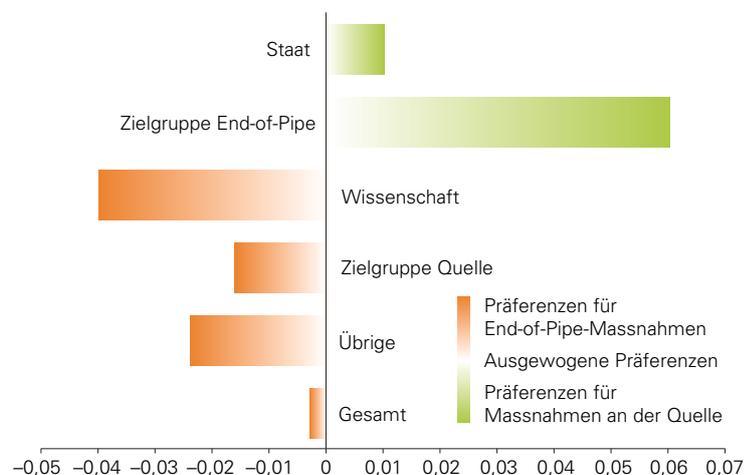
Politische Beteiligung fördert Kompromisse

Diese Resultate zeigen, dass sich eine Mehrheit der Schweizer Akteure grundsätzlich für das Aufrüsten der Abwasserreinigungsanlagen ausspricht. Dies stellt mit ein Grund dar, weshalb sich der Bund zu einer solchen Lösung entschlossen hat. Vor al-

lem international eingebundene Akteure haben diese Massnahme bevorzugt, da die Schweiz so unmittelbar und wirkungsvoll ihre Verantwortung als Oberliegerin vieler europäischer Gewässer wahrnehmen kann.

Weiter ist aber auch klar, dass sich die Schweizer Politik zur Regulierung von Mikroverunreinigungen weiterentwickeln und nicht ausschliesslich auf End-of-Pipe-Lösungen fokussieren wird. Offen ist die Frage, wie sich Mehrheiten für politische Instrumente schaffen lassen, die an der Quelle ansetzen. Unsere Analyse der politischen Elite hat gezeigt, dass es durchaus Zielgruppen gibt, die bereit wären, weitere Massnahmen und Kosten in Kauf zu nehmen. Zum einen zeigen die Ergebnisse aus dem Gewässerschutz, aber auch aus dem Klima- und Energiebereich, dass vor allem Akteure, die sich stark und mehrfach am politischen Prozess beteiligen, tendenziell eher Kompromisslösungen eingehen. Zum anderen haben sich in unserer Befragung auch Landwirtschafts- und Wirtschaftsverbände für Massnahmen an der Quelle ausgesprochen, solange diese verhältnismässig bleiben. Und schliesslich sind es vor allem staatliche Akteure wie das Bundesamt für Umwelt, die den Entscheidungsprozess in Richtung Massnahmenmix vorantreiben möchten und auch stark mitprägen.

Immer wieder werden wir mit der Frage konfrontiert, ob das Schweizer Modell auch in Europa anwendbar wäre. Grundsätzlich gilt für andere Länder dasselbe wie für die Schweiz: Eine effiziente und effektive Regulierung von Mikroverunreinigungen muss über einzelne Instrumente wie die Anwendung von Umweltqualitätsnormen oder die Festsetzung von Grenzwerten hinausgehen. Es werden weitere Monitoring- und Anreizmechanismen nötig sein, um der Komplexität des Problems besser gerecht zu werden.



Bei der Reduktion von Mikroverunreinigungen in den Gewässern bevorzugen die befragten Akteure im Durchschnitt eher End-of-Pipe-Massnahmen. Ein Wert von +1 weist auf eine starke Präferenz für Massnahmen an der Quelle hin, einer von -1 auf die Bevorzugung von End-of-Pipe-Ansätzen.



Revitalisieren und Sanieren: Fließgewässer zwischen Nutzung und Schutz

Das Programm Fließgewässer Schweiz hat zum Ziel, offene Fragen zur Fließgewässerrevitalisierung und -sanierung mit praxisnahen Forschungsprojekten zu beantworten. Zudem soll es den Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen Praxis und Wissenschaft fördern.

Hochdynamisch und von überdurchschnittlicher Artenvielfalt – dies sind zwei Hauptcharakteristika der meisten Fließgewässer, auch in der Schweiz. Gleichzeitig gehören Fließgewässer zu den am stärksten genutzten Ökosystemen. Kanalisierung, Hochwasserschutz, Abwasserableitung oder Wasserkraftnutzung haben ihre Spuren hinterlassen. Viele Fließgewässer sind in ihrer Struktur und Funktion stark beeinträchtigt. Die Revision des Gewässerschutzgesetzes im Jahr 2011 hat umfangreiche Aufwertungen unserer Gewässer angestoßen. So werden in den kommenden 80 Jahren 4000 kanalisierte Flusskilometer revitalisiert. Die negativen ökologischen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung wie Schwall/Sunk oder die Unterbrechung der Fischwanderung sind bis ins Jahr 2030 zu sanieren. Bis Ende 2018 soll der Gewässerraum raumplanerisch gesichert und extensiv genutzt sein.

Die Aufwertungen sind als Generationenaufgabe angelegt. Sie bieten allen Beteiligten die grosse Chance, gemeinsam mehr über unsere Fließgewässer, ihre Dynamik und Funktionsweise zu lernen und noch besser zu verstehen, wie sich Revitalisierungs- und Sanierungsmassnahmen auswirken. Diese Chance darf man ohne Übertreibung als historisch für die Schweiz und weltweit einzigartig bezeichnen. Mit dem Programm Fließgewässer Schweiz wollen die Eawag und das Bundesamt für Umwelt (Bafu) einen längerfristigen Beitrag zu diesem Lernprozess leisten. Zum einen sollen offene Fragen zur Fließgewässerrevitalisierung und -sanierung mit praxisnahen Forschungsprojekten beantwortet werden. Zum anderen sollen der Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen Praxis und Wissenschaft gefördert werden.

Mehr Geschiebe für die Flüsse

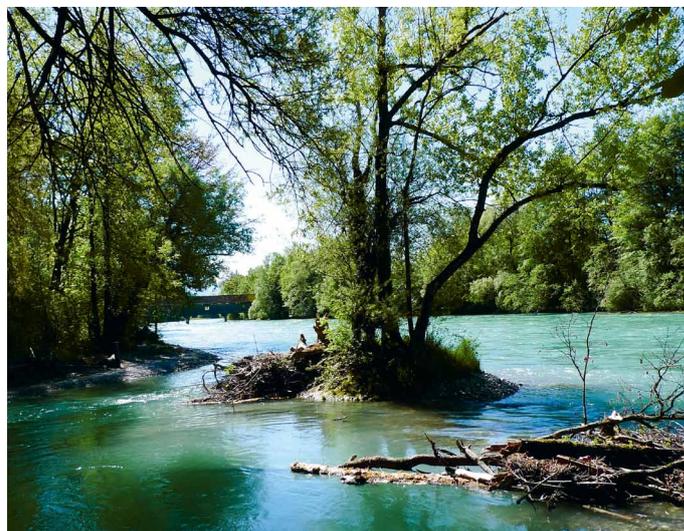
Eines der ersten Projekte befasst sich mit der Geschiebe- und Habitatsdynamik. Das vierjährige Projekt ist eine Zusammenarbeit zwischen Ökologen und Flussbauingenieuren verschiedener Schweizer Forschungsinstitutionen. Der Schwerpunkt liegt auf dem Geschieberegime. In vielen Schweizer Fließgewässern fehlt der Nachschub an Geschiebe: Kies und andere Feststoffe werden an Stauanlagen oder in Geschiebesammlern zurückgehalten. Auch ist in den stark kanalisierten Gewässern der Eintrag von Feststoffen von den Ufern verringert. Die Flussbauer entwickeln Massnahmen, mit denen sich das Geschiebe an Stauanlagen durchleiten oder flussabwärts künstlich anreichern lässt. Die Ökologen untersuchen die Auswirkungen von Geschiebedefizit und Aufwertungsmassnahmen auf das Lebensraumangebot in Auen und auf das Nahrungsnetz. Wir nutzen Feldaufnahmen und arbeiten mit Versuchsrinnen und Computermodellen. Neben wissenschaftlichen Artikeln entstehen Praxisprodukte, so eine Merkblattsammlung und ein Kurs.

Es braucht einheitliche Wirkungskontrollen

Eine zweite Forschungsaktivität ist diesen Sommer angelaufen und konzentriert sich auf die Wirkungskontrolle bei Revitalisierungsprojekten. Mit Wirkungskontrollen lässt sich nachweisen, ob bei einer Revitalisierung tatsächlich die geplanten Verbesserungen herbeigeführt werden konnten. In der Schweiz werden solche Evaluationen sehr unterschiedlich durchgeführt. So werden etwa unterschiedliche Messgrößen über unterschiedliche Zeiträume erhoben. Durch die Verwendung heterogener Methoden vergeben wir die Chance, gemeinsam und projektübergreifend für zukünftige Projekte zu lernen und so den vom Bund geforderten effizienten Einsatz der Mittel zu verbessern. Zusammen mit dem Bafu sowie nationalen und internationalen Partnern erarbeiten wir im Rahmen eines zweijährigen Projekts Vorschläge für eine einheitlichere und längerfristige Erhebung der Wirkungskontrolle.

Eine Plattform für den Erfahrungsaustausch

Für die Revitalisierung und Sanierung unserer Gewässer setzen sich viele verschiedene Beteiligte ein – Gemeinderäte, Wasserbauingenieure, Landwirte, Forschende, Vogelschützer. Alle bringen ihre eigenen wertvollen Erfahrungen und Kenntnisse mit. Auch wenn die Zusammenarbeit nicht immer ohne Meinungsverschiedenheiten funktioniert: Nur die Berücksichtigung unterschiedlicher Blickwinkel erlaubt es, tragfähige Sanierungs- und Revitalisierungsprojekte zu entwickeln. Entsprechend wichtig sind Plattformen, auf denen sich die Akteure austauschen können. Eine solche Plattform wurde mit der Arbeitsgruppe «Renaturierung der Gewässer» vor ein paar Monaten geschaffen. Die Arbeitsgruppe ist der Wasser-Agenda 21 angeschlossen, dem Akteursnetzwerk der Schweizer Wasserwirtschaft. Der Arbeitsgruppe gehören Vertreter verschiedenster Interessenverbände und Institutionen an. Neben Veranstaltungen bietet die interaktive Website www.plattform-renaturierung.ch die Möglichkeit für Vernetzung, Wissensaustausch und den Start neuer Projekte.



Revitalisierter Abschnitt an der Aare.

Notizen

A series of horizontal dotted lines for taking notes.