



Mikroverunreinigungen – eine Herausforderung für den Gewässerschutz

Mikroverunreinigungen beeinträchtigen die Wasserqualität von Fliessgewässern in der Schweiz. Sie können sich negativ auf Wasserlebewesen auswirken, die Biodiversität reduzieren und Trinkwasserressourcen belasten. Die beschlossenen Massnahmen zum Ausbau von rund 100 Schweizer Kläranlagen werden einen wertvollen Beitrag zur Reduktion der Gewässerbelastung leisten. Es bleiben aber verschiedene andere Herausforderungen für die Zukunft. von Christian Götz

Was sind Mikroverunreinigungen?

Mikroverunreinigungen sind Stoffe, die in Gewässern im Bereich von tiefen Mikrogramm bis Nanogramm pro Liter vorkommen. Häufig wird dabei auf organische Spurenstoffe fokussiert, wobei teilweise auch Schwermetalle miteinbezogen werden. Mikroverunreinigungen können sich in den Konzentrationen, in welchen sie in Gewässern nachgewiesen wurden, negativ auf Wasserlebewesen auswirken (Gälli et al. 2009). Auch können Trinkwasserressourcen belastet werden, da sich diese Stoffe teilweise nicht mit einfachen Wasseraufbereitungsmethoden entfernen las-

sen. Beispiele für Mikroverunreinigungen sind Rückstände von Medikamenten, Pflanzenschutzmitteln, Pflegeprodukten, Haushaltchemikalien, Industriechemikalien und Chemikalien aus dem Materialschutz. Aktuell werden in der Schweiz über 30000 solche künstliche organische Stoffe eingesetzt. Neben Einträgen aus Landwirtschaft und Strassenabwässern werden diese Stoffe hauptsächlich über die Siedlungsentwässerung und ARA in die Gewässer eingetragen. Um diese Einträge zu erfassen ist es essentiell, eine Übersicht über Quellen und Eintragungspfade zu haben. Häufig werden punktuelle und diffuse Einträge unterschieden (Abb. 1).

Punktuelle Stoffeinträge

Die Haupteintragungspfade aus dem Siedlungsraum in oberirdische Gewässer sind der Eintrag mit gereinigtem Abwasser von kommunalen ARA, der Eintrag mit Rohabwasser durch Entlastungen der Mischwasserkanalisation bei Regenwetter und der Eintrag durch Regenkanäle (in Trennkana-lisationen).

In der Schweiz werden heute etwa 70 Prozent aller Siedlungen über Mischwasserkanalisationen entwässert (Maurer & Herlyn 2006). Dabei werden das abfliessende Niederschlagswasser und das häusliche Abwasser in der Kanalisation zusammengeführt. Bei starken Niederschlägen kann die

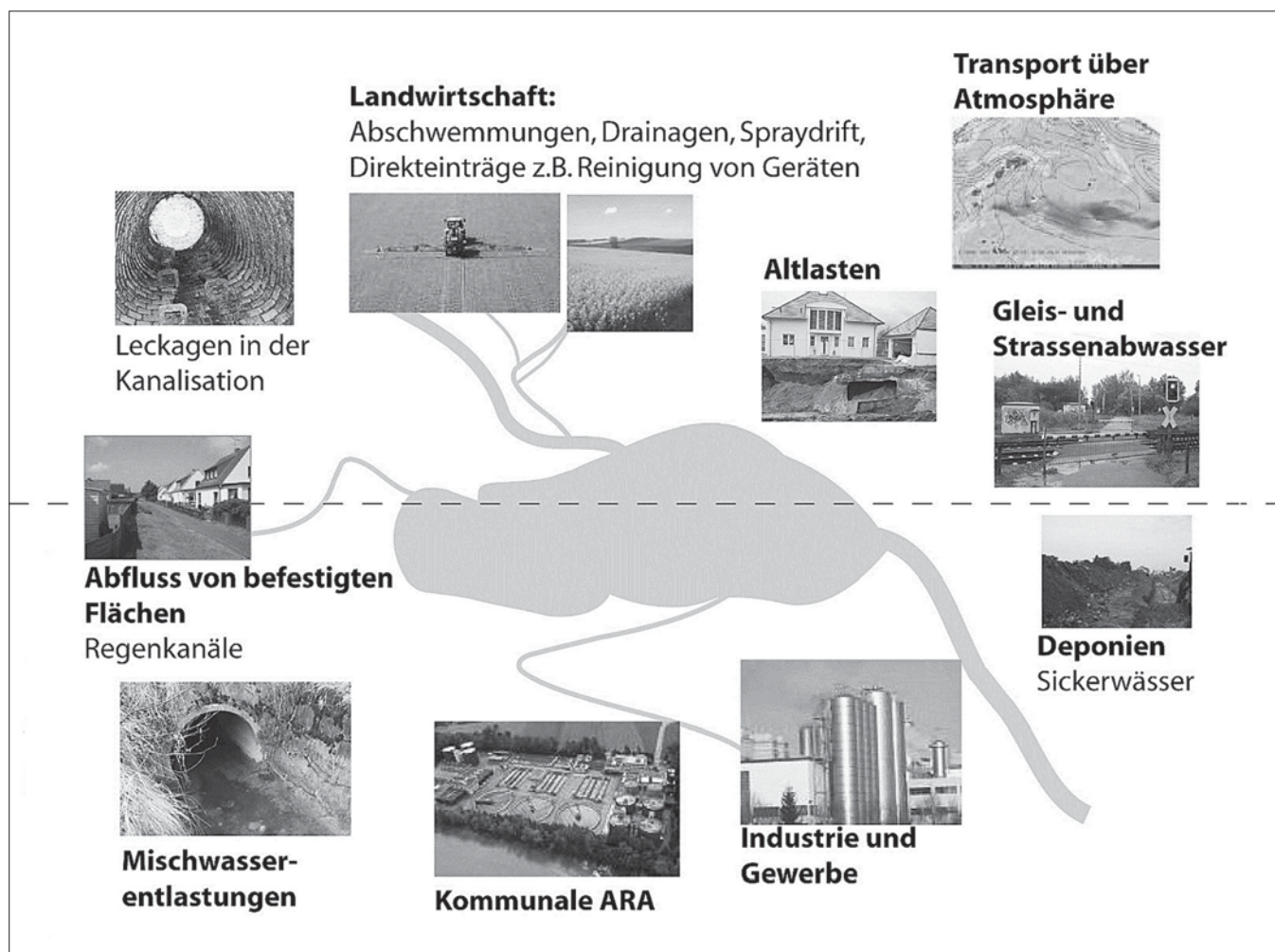
Kapazität der Kanalisation und Regenüberlaufbecken, wie auch die Kapazität der Kläranlage überschritten werden. In diesem Fall wird Rohabwasser (ungereinigtes Abwasser) über die Entlastungen der Mischwasserkanalisationen direkt in die Gewässer eingetragen. Im Jahresmittel wird in der Schweiz rund 2.5 Prozent des Rohabwassers durch Entlastung der Mischwasserkanalisation ungereinigt in Gewässer eingetragen (Maurer & Herlyn 2006).

Abbildung 2 zeigt den Eintrag von Mikroverunreinigungen in Gewässer durch Regenentlastungen der Mischwasserkanalisationen (Rohabwasser) oder Kläranlagen (gereinigtes Abwasser), abhängig von deren Eliminationsrate in der ARA.

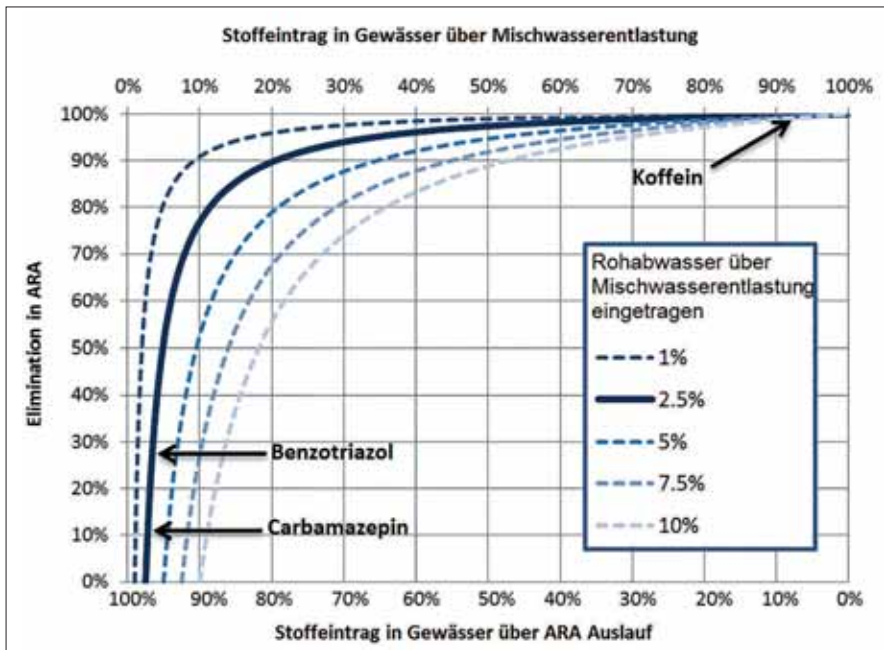
Der Eintrag durch Entlastungen der Mischwasserkanalisationen ist für Stoffe ausschlaggebend, welche in Kläranlagen aus dem Abwasser entfernt werden und daher nicht mit dem gereinigten Abwasser in die Gewässer gelangen. Die meisten problematischen Mikroverunreinigungen aus dem Siedlungsgebiet werden jedoch in der mechanisch-biologischen Reinigung in ARA nicht effizient eliminiert. Für diese persistenten Stoffe ist der Haupteintragspfad in Gewässer der gereinigte Ablauf der ARA. Beispiele für solche schlecht abbaubare Stoffe sind das Korrosionsschutzmittel Benzotriazol und das Antiepileptikum Carbamazepin (Götz et al. 2010). Solche Stoffe lassen sich nur mit einer weitergehenden Abwasserbehandlung, wie einer Ozonung

oder Pulveraktivkohlestufe aus dem Abwasser entfernen. Diese zusätzliche Reinigung erfolgt nach der biologischen Behandlung und Nachklärung des Abwassers und gilt daher als vierte Reinigungsstufe.

Aus diesem Grund wurde durch eine Anpassung der Gesetzgebung im 2017 der Ausbau von rund 100 Kläranlagen mit einer vierten Reinigungsstufe zur Entfernung von Mikroverunreinigungen festgelegt. Dieser Ausbau soll bis 2040 schweizweit realisiert werden. Durch diese Massnahmen wird der Eintrag von Mikroverunreinigungen über ARA in die Gewässer in den nächsten 20 Jahren schweizweit um etwa 50 Prozent reduziert. Diese Massnahmen werden einen wertvollen Beitrag zur Re-



▲ Abbildung 1: Übersicht über verschiedene Eintragspfade von Mikroverunreinigungen in die Gewässer (Götz et al. 2010) .



▲ Abbildung 2: Berechneter Anteil des Stoffeintrages über Mischwasserentlastungen, abhängig von der Eliminationsrate der Stoffe in Kläranlagen. Im Mittel wird etwa 2,5 Prozent des Rohabwassers über Entlastungen der Mischwasserkanalisation ungereinigt in die Gewässer eingetragen.

duktion der Gewässerbelastung leisten. Umso wichtiger bleibt aber eine ganzheitliche Systembetrachtung, welche eine Optimierung der Siedlungsentwässerung auch

im Hinblick auf die Minimierung der Einleitung von Spurenstoffen über Mischwasserüberläufe miteinbezieht.

	Datum Probenahme	SPEAR _{pesticide}
Eschelisbach TG	06.03.15	20.2
	14.07.15	8.5
Weierbach BL	05.03.15	(10.1)
	14.07.15	(12.4)
Mooskanal BE	03.03.15	(30.5)
	13.07.15	(2.2)
Canale Piano di Magadino TI	04.03.15	34
	13.07.15	31.4
La Tsatonire VS	03.03.15	(15.2)
	13.07.15	(21.2)

Zustandsklassen
 ■ sehr gut ■ gut ■ mässig ■ unbefriedigend ■ schlecht

▲ Abbildung 3: Abbildung aus der Publikation von Langer et al. im Aqua & Gas 2017: Auf Artniveau bestimmter SPEAR_{pesticide}-Index an den verschiedenen NAWA SPEZ 2015-Probestellen. Werte in Klammern wurden für Gewässer bestimmt, die für eine Anwendung mit dem SPEAR nicht uneingeschränkt geeignet waren.

Diffuse Stoffeinträge

Bei diffusen Einträgen lässt sich der Ort des Eintrags nicht genau lokalisieren, das heisst der Stoffeintrag erfolgt grossflächig. Beispiele dafür sind Landwirtschaft, Altlasten, Rücklösungen aus Sedimenten, Böden oder Gletschern, sowie Deposition von Stoffen, welche durch die Atmosphäre transportiert wurden. Zum Beispiel Pflanzenschutzmittel, Tierarzneimittel, Mykotoxine, Phytoöstrogene und deren Transformationsprodukte stammen aus landwirtschaftlichen oder natürlichen Quellen und werden diffus in Oberflächengewässer eingetragen. Weitere diffuse Einträge von Mikroverunreinigungen in Oberflächengewässer stammen von Industriechemikalien aus Altlasten. Gewisse Pestizidwirkstoffe werden sowohl in der Landwirtschaft als Pflanzenschutzmittel als auch im Siedlungsbereich als Biozide eingesetzt und werden daher sowohl diffus als auch punktuell in natürliche Gewässer eingetragen. So wird zum Beispiel Diuron, ein Phenylharnstoffderivat, in der Landwirtschaft als Herbizid und in Fassaden von Gebäuden als Materialschutz verwendet.

Diffuse Einträge weisen in der Regel sehr dynamische und teilweise stark saisonabhängige Eintragsmuster auf. Sie sind daher in der Regel schwieriger zu erfassen als punktuelle Einträge. Mit Messprogrammen im Rahmen von NAWA (Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität) wurde der Fokus in den letzten Jahren aber stärker auch auf diese Stoffe gelegt. Mit geeigneten Probenahmekonzepten konnte so die Belastung der Schweizer Gewässer mit Pflanzenschutzmitteln genauer beschrieben werden (Wittmer et al. 2014).

Beurteilung von Mikroverunreinigungen

Dass Mikroverunreinigungen negative Auswirkungen auf Wasserlebewesen haben können und ökotoxikologische Wir-

kungsgrenzen teilweise überschritten werden, ist seit längerem bekannt. Trotzdem haben erst die Untersuchungen zu Arzneimittelrückständen aus den Kläranlagen und die aktuellen Untersuchungen zu Pflanzenschutzmitteln in den Gewässern das Ausmass deutlich gemacht. Unterhalb vieler Kläranlagen kommt es bei Trockenwetter regelmässig zu Überschreitungen von ökotoxikologischen Wirkungsgrenzen (Gälli et al. 2009). Mit dem Ausbau der ARA mit einer vierten Reinigungsstufe (vergl. oben) wird dieses Problem in vielen Fällen deutlich entschärft.

In vielen kleinen Bächen in landwirtschaftlichem Gebiet überschreiten die Pflanzenschutzmittelkonzentrationen den heute in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) festgelegten Wert von 0.1 µg/L und ökotoxikologisch basierte Kriterien während und nach den Applikationsperi-

oden regelmässig. Auch mit direkt wirkungsbasierten Untersuchungen mittels Biotests wurde ein hohes ökotoxikologisches Risiko festgestellt (Langer et al. 2017). In an das Programm NAWA Spez angegliederten Untersuchungen im 2015 wurde auch die Auswirkung von regelmässigen Überschreitungen von ökotoxikologischen Kriterien auf die Artengemeinschaft im Gewässer bestimmt. Dabei wurde der SPEAR-Index berechnet. Der SPEARpesticide ist ein Index, der speziell für Pestizidbelastungen in kleinen Fließgewässern optimiert wurde. Der Index berechnet den Anteil Pflanzenschutzmittel-empfindlicher Wirbelloser im Gewässer (Langer et al. 2017). In der *Abbildung 3* (aus Langer et al. 2017) sind die mittels SPEAR-Index bestimmten Zustandsklassen angegeben.

Diese regelmässigen Überschreitungen von Qualitätskriterien und die einhergehenden Defizite in der Gewässerqualität haben dazu geführt, dass in den letzten Jahren grosse Anstrengungen seitens des Bundes unternommen wurden, die Gewässer besser vor Mikroverunreinigungen zu schützen. Am 6. September 2017 hat der Bundesrat ein Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln verabschiedet. Weitere Anpassungen der GSchV sind in Planung.

Neue gesetzliche Anforderungen in Planung

Auf Basis der oben vorgestellten Arbeiten, weiteren Untersuchungen zu Spurenstoffen in den Gewässern sowie intensiven Recherchen zu den Wirkungen von Mikroverunreinigungen durch das Schweizeri-

▼ *Abbildung 4:* Installieren eines aktiven Probennehmers. Für eine aussagekräftige Messung ist die Probenahme von entscheidender Bedeutung.





▲ Abbildung 5: Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln wird angestrebt (Symbolbild): Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) hat den nationalen Aktionsplan Pflanzenschutzmittel verabschiedet und verschiedene Ressourcenprojekte in diesem Bereich lanciert.

sche Zentrum für angewandte Ökotoxikologie (Oekotoxzentrum), ist unter der Federführung des BAFU eine Ergänzung von Anhang 2 der GSchV für das Jahr 2018 vorgesehen: Es sollen für etwa 50 Mikroverunreinigungen ökotoxikologisch basierte Anforderungen verankert werden. Diese neuen Anforderungen bieten erstmals eine gesetzlich verankerte

Grundlage zur Beurteilung der Wasserqualität bezüglich Mikroverunreinigungen.

Zur Überprüfung dieser neuen Anforderungen bedarf es einer adäquaten Erhebung der Konzentrationsdaten in den Gewässern. Dazu wurden in den letzten

Jahren verschiedene Konzepte erarbeitet. Die richtige Probenahme-strategie hängt vom Stoff respektive dessen Eintragsdynamik in die Gewässer, von der zu überprüfenden Anforderung (akute oder chronische Toxizität) und auch von der Gewässergrösse und Abflussdynamik des Gewässers ab. Im Rahmen des Modulstufen-Konzepts des BAFU – Methoden

zur Untersuchung und Beurteilung der Oberflächengewässer in der Schweiz – wird aktuell vom VSA in Zusammenarbeit mit Bund und Kantonen ein entsprechendes Modul erarbeitet. Dieses soll die adäquate Erhebung der Daten zur Überprüfung der GSchV und eine schweizweit einheitliche Praxis sicherstellen.

Zukünftige Herausforderungen

Für die Reduktion der Einträge von Mikroverunreinigungen über kommunale Kläranlagen ist die gesetzliche Grundlage geschaffen. Die Herausforderung liegt nun in der konkreten Umsetzung. Im Artikel von Christian Abegglen ab Seite 20 in diesem Themenheft wird auf diese Thematik genauer eingegangen.

Neben der verfahrenstechnischen Umsetzung ist es wichtig, in den Gewässern eine entsprechende Erfolgskontrolle durchführen zu können, um die Auswirkungen des Ausbaus beurteilen zu können. Dazu soll unter anderem das oben erwähnte Modul-Stufen-Konzept eine Hilfestellung bieten. Wichtig ist dabei auch, dass die ARA-Einleitungen nicht isoliert betrachtet werden, sondern das Gesamtsystem im Auge behalten wird. Mit einer Optimierung der Siedlungsentwässerung und den Mischwasserentlastungen bei Regenwetter kann ebenfalls ein wichtiger Beitrag zur Reduktion des Eintrags von Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser geleistet werden.

Zur Reduktion der Pflanzenschutzmitteleinträge sind verschiedene Ansätze in der Pipeline und verschiedene Vorschläge vorhanden. Seitens des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) wurde der nationale Aktionsplan Pflanzenschutzmittel verabschiedet und verschiedene Ressourcenprojekte in diesem Bereich lanciert. Mit den Ressourcenprojekten fördert der Bund im Rahmen der verfügbaren Kredite die Verbesserung der Nachhaltigkeit in

der Nutzung von natürlichen Ressourcen in der Landwirtschaft mit Beiträgen. Unter anderem wird auch die Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln angestrebt. Der nationale Aktionsplan Pflanzenschutzmittel wird ab Seite 10 besprochen.

Erst am Anfang steht man mit dem Wissen über organische Spurenstoffe aus Industrie und Gewerbe. Während sich der «Chemikalien-Cocktail» aus dem kommunalen Abwasser zwischen unterschiedlichen Kläranlagen und Regionen nur unwesentlich unterscheidet, variiert die Zusammensetzung von industriellem Abwasser massiv. Solches Abwasser kann, je nach Branche, Betrieb und vorhandener Abwasservorbehandlung, fast keine bis sehr hohe Mengen an problematischen Substanzen mitführen. Eine erste Übersicht soll im VSA Projekt Standortbestimmung zum Stoffeintrag aus Industrie und Gewerbe erstellt werden. Dieses Projekt ist bis Anfang 2019 geplant und dem CC Industrie und Gewerbe des VSA angegliedert.

Obwohl es unseren Gewässern, den darin lebenden Wasserorganismen, unseren Trinkwasserressourcen und nicht zuletzt den Badegewässern im Vergleich zu früher deutlich besser geht, ist es wichtig, im Gewässerschutz nicht nachzulassen und die zukünftigen Herausforderungen anzunehmen. Unsere Gewässer werden unter dem Einfluss des Klimawandels und der Zunahme der Bevölkerungsdichte in der Schweiz in Zukunft noch stärker unter Druck geraten. Umso wichtiger ist die konsequente Weiterführung der Verbesserungen der letzten 60 Jahre und eine proaktive Planung und Anpassung unserer Gewässerschutzgesetzgebung. ♦



Christian Götz

Dr., hat an der ETH Zürich Umweltnaturwissenschaften mit Schwerpunkt Chemie studiert und am

Institut für Chemie- und Bioingenieurwissenschaften promoviert. An der Eawag war er im Bereich Analytik von Spurenstoffen tätig. Seit 2010 leitet er die organische Spurenanalytik der Envilab AG und seit 2016 zusätzlich das CC Gewässer des VSA.

Literatur

- Gälli, R.; Ort, Ch. & Schärer, M. (2009): Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Publikation Umwelt-Wissen. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU).
- Götz, C.W., Kase, R. & Hollender, J. (2010): «Mikroverunreinigungen – Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser». Studie im Auftrag des BAFU. Eawag, Dübendorf.
- Langer, M., Junghans, M., Spycher, S., Koster, M., Baumgartner, C., Vermeissen, E., & Werner, I. (2017): Hohe Ökotoxikologische Risiken in Bächen, Aqua & Gas, 97(4), 58–68.
- Maurer, M. & Herlyn, A. (2006): Zustand, Kosten und Investitionsbedarf der schweizerischen Abwasserentsorgung. Studie im Auftrag des BAFU. Eawag, Dübendorf.
- Wittmer, I., Moschet, C., Simovic, J., Singer, H., Stamm, C., Hollender, J., Junghans M. & Leu, C. (2014): Über 100 Pestizide in Fließgewässern. Programm NAWA Speiz zeigt die hohe Pestizidbelastung der Schweizer Fließgewässer auf. Aqua & Gas, 94(3), 32–43.

Christian Götz

ENVILAB AG
Mühlethalstrasse 25
4800 Zofingen
062 745 70 54
christian.goetz@envilab.ch