STOFFEINTRÄGE AUS INDUSTRIE UND GEWERBE IN GEWÄSSER

SITUATIONSANALYSE ZEIGT HANDLUNGSBEDARF

Eine schweizweite Situationsanalyse ergab, dass mit dem gereinigten Betriebsabwasser aus Industrie- und Gewerbebetrieben Mikroverunreinigungen in die Gewässer gelangen. Darüber hinaus identifizierte sie die relevanten Branchen und Prozesse und zeigte punktuellen Handlungsbedarf auf. Damit wurde der Grundstein für weitere Verbesserungen gelegt.

Pascal Wunderlin, Plattform VSA «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen»*
Fabienne Eugster, Plattform VSA «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen»
Rebekka Gulde, Plattform VSA «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen»

RÉSUMÉ

APPORTS DE SUBSTANCES ISSUES DE L'INDUSTRIE ET DE L'ARTISANAT DANS LES MILIEUX AQUATIQUES: UNE ANALYSE DE LA SITUATION À L'ÉCHELLE SUISSE MONTRE QU'IL FAUT AGIR

La pollution des eaux par des substances nocives provenant de l'industrie et de l'artisanat a diminué au cours des dernières décennies. Les entreprises sont aujourd'hui raccordées à une station centrale d'épuration des eaux usées, traitent leurs eaux usées lorsqu'elles ne respectent pas les exigences de l'annexe 3.2. de l'OEaux et ont continuellement optimisé leurs processus. Elles respectent donc en général les exigences légales en matière de rejet d'eaux usées industrielles. Jusqu'à présent, l'accent a toutefois été mis sur les polluants «classiques» tels que les métaux lourds ou les hydrocarbures. Ces substances ont des valeurs de rejet fixées par la loi. Pour les micropolluants en revanche, il n'existe pas de valeurs de rejet spécifiques aux substances et aux eaux usées. L'autorité compétente devrait les définir au cas par cas. Cependant, ni la plupart des entreprises ni les autorités ne recensent systématiquement les micropolluants. Ceux issus de l'industrie et de l'artisanat sont rejetés dans les eaux avec les eaux usées épurées. On y trouve des substances en grandes quantités, d'autres ayant potentiellement des répercussions sur l'écologie des eaux et certaines qui parviennent jusque dans les ressources en eau potable. Ces exemples montrent qu'il est nécessaire d'agir ponctuellement dans les entreprises. Se-

> S. 69

EINLEITUNG

Dank flächendeckender Abwasserreinigung, Phosphatverbot sowie Vorbehandlung von industriellem Abwasser hat sich die Gewässerqualität seit den 1960er-Jahren massiv verbessert. Dies zeigt sich darin, dass wir heute wieder überall baden können. Im Fokus stehen nicht mehr schäumende Flüsse, sondern optisch unsichtbare und geruchlose Mikroverunreinigungen. Es handelt sich dabei um organisch-synthetische Stoffe, die in den Gewässern in Kleinstkonzentrationen vorkommen *(Box 1)*.

MIKROVERUNREINIGUNGEN BELASTEN DIE GEWÄSSER

Mikroverunreinigungen stammen aus der Landwirtschaft, aus Siedlungen und aus Industrie und Gewerbe *(Fig. 1)*. Sie gelangen sowohl «diffus» in die Gewässer, z. B. über Abschwemmung oder Drainagen, als auch «punktuell» über die Infrastruktur der Siedlungsentwässerung. Dazu gehören beispielsweise zentrale Abwasserreinigungsanlagen (ARA) oder Mischwasserentlastungen. Verschiedene Massnahmen setzen deshalb an diesen Quellen an. So werden Einträge aus der Landwirtschaft durch den Aktionsplan Pflanzenschutzmittel reduziert [1] und ausgewählte ARA mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe ausgebaut [2]. Auch bei der Behandlung von Strassenabwasser oder bei der Sanierung von Altlasten werden laufend Fortschritte er-

** Kontakt: pascal.wunderlin@vsa.ch*

(Foto: © AdobeStock)

WAS SIND MIKROVERUNREINIGUNGEN?
Der Artikel fokussiert auf die Verunreinigung der Gewässer mit organisch-synthetischen Stoffen aus Industrie- und Gewerbebetrieben. Damit sind Chemikalien gemeint, die in Betrieben hergestellt, verarbeitet, eingesetzt oder entsorgt werden. Diese Stoffe können mit dem gereinigten Betriebsabwasser über die ARA oder bei Starkregenereignissen auch über die im Kanalnetz vorhandenen Entlastungen in die Gewässer gelangen. Dort liegen diese Stoffe in geringen Konzentrationen vor: im Mikrogramm-pro-Liter-(µg/l)- oder Nanogramm-pro-Liter-(ng/l)-Bereich. Daher heissen diese Stoffe «Mikroverunreinigungen» oder «organische Spurenstoffe». In diesem Artikel wird der Begriff «Mikroverunreinigungen» verwendet.

Box 1

zielt. Ergänzend dazu setzen zahlreiche bereits heute etablierte Massnahmen bei der Zulassung, der Anwendung und der Entsorgung von Stoffen an.

BEITRAG AUS INDUSTRIE UND GEWERBE UNKLAR

Auch die industriell-gewerblichen Aktivitäten stellen eine Quelle für Mikroverunreinigungen dar. Eine schweizweite Übersicht über die daraus resultierende Belastung der Gewässer fehlt allerdings. Aus diesem Grund forderte der Bundesrat in einem Bericht vom Juni 2017 «Massnahmen an der Quelle zur Reduktion von Mikroverunreinigungen in den Gewässern» [3] den Wissensstand zu verbessern und entsprechende Massnahmen zu prüfen.
Dazu führte der VSA gemeinsam mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) und weiteren Expertinnen und Experten die vorliegende Situationsanalyse zu Stoffeinträgen aus Industrie und Gewerbe in Gewässer durch. Das Ziel des Projekts bestand darin, den aktuellen Wissensstand zu erfassen und daraus den Handlungsbedarf für die kommenden Jahre abzuleiten. Die Situationsanalyse wurde im April 2022 veröffentlicht (*Box 2;* [4]). Dieser Artikel fasst die wichtigsten Erkenntnisse daraus zusammen.

PUNKTUELLER HANDLUNGSBEDARF

Seit den 1960er-Jahren führten verschiedene Massnahmen dazu, dass die Belastung der Gewässer mit Schadstoffen aus Industrie und Gewerbe abnahm. Als Beispiele sind zu nennen:
- Installation einer betriebsinternen Behandlung der Abwässer, wenn die Anforderungen gemäss Anhang 3.2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) nicht eingehalten werden (siehe *Box 3*):

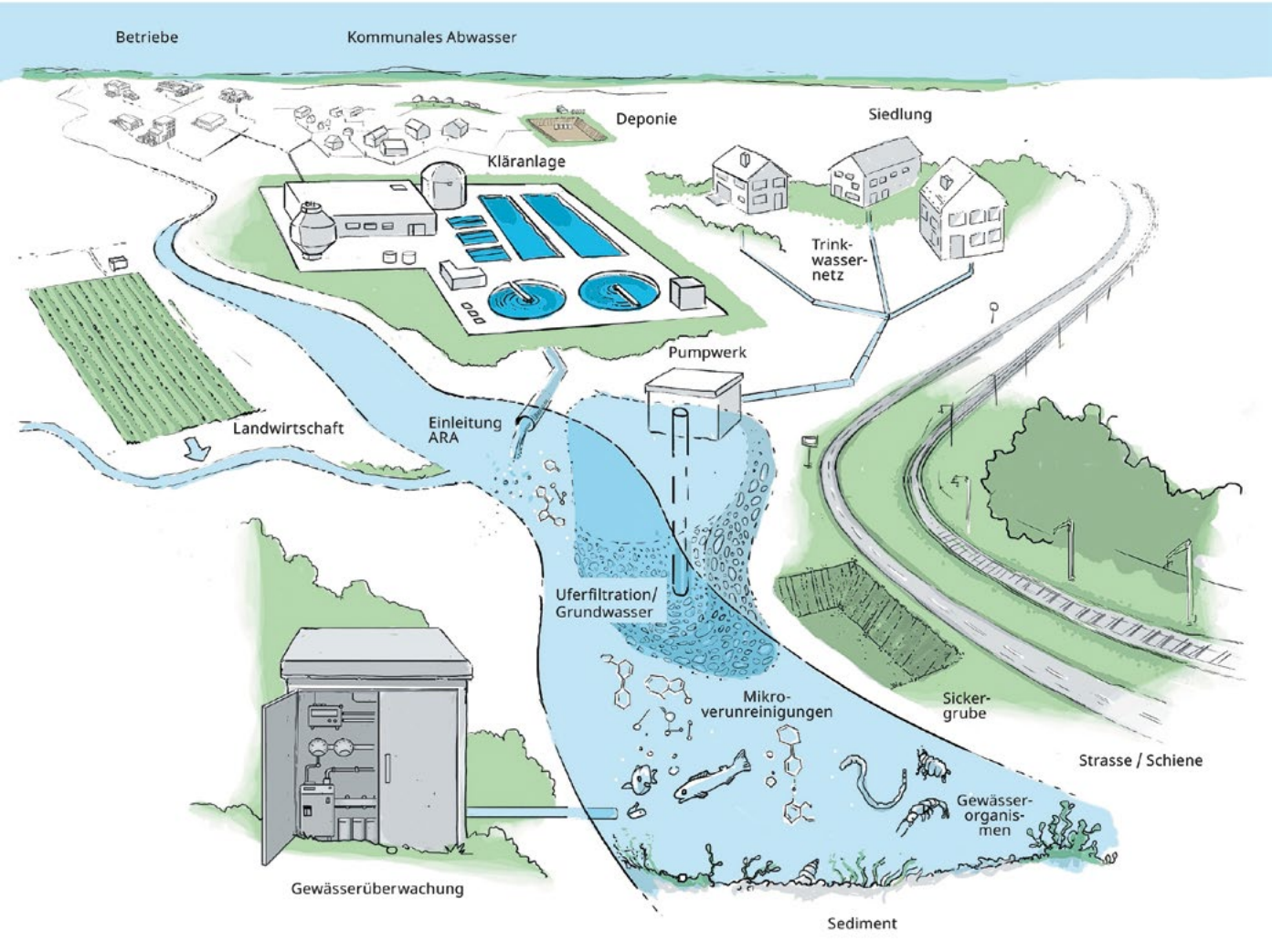

Fig. 1 Übersicht über Eintragsquellen von Mikroverunreinigungen in die Gewässer.

Dadurch werden Schadstoffe wie Schwermetalle oder Kohlenwasserstoffe noch im Betrieb aus dem Abwasser entfernt.
- Optimierung der Produktionsprozesse, sodass weniger Abwasser und weniger Schadstoffe anfallen.

Auch wurden die Industrie- und Gewerbebetriebe flächendeckend an eine zentrale oder betriebseigene ARA angeschlossen. Heute existieren in der Schweiz schätzungsweise 20 000 bis 30 000 abwasserrelevante Betriebe. Die ARA eliminiert weitere Schadstoffe aus diesen Abwässern, sofern diese nicht über eine Regenentlastung direkt ins Gewässer gelangen. Rund 50 Betriebe in der Schweiz reinigen ihr Abwasser selbst und leiten es direkt in das Gewässer ein. Industrie- und Gewerbebetriebe setzen viele verschiedene Stoffe um. Das heisst: Die Betriebe stellen diese Stoffe her, verarbeiten sie, setzen sie ein oder entsorgen diese. Organisch-synthetische Stoffe gehören zum modernen Alltag. Es befinden sich heute weltweit rund 100 000 Chemikalien im Umlauf [5]. Die europäische Chemikalienagentur allein hat rund 26 000 Stoffe in ihrer Datenbank registriert [6]. Die Anzahl nimmt zu: 1930 wurden rund 1 Million Tonnen an Stoffen produziert, heute sind es jährlich über 400 Millionen Tonnen [5]. Trotz des grossen technischen Fortschritts der letzten Jahre gelangen Mikroverunreinigungen wie Ausgangsstoffe, Zwischen-, Neben- und Umwandlungsprodukte, Wirkstoffe oder Lösungsmittel mit dem gereinigten Betriebsabwasser in die Gewässer. Das zeigen verschiedene Stoffbefunde in der Schweiz.

BERICHT ÜBER SITUATIONSANALYSE

Die Ergebnisse der Situationsanalyse «Stoffeinträge aus Industrie und Gewerbe in Gewässer» sind in einem Bericht zusammengefasst, der auf der Website der VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen» unter Publikationen zu finden ist:
https://micropoll.ch/Mediathek/situationsanalyse-stoffeintraege-aus-industrie-und-gewerbe-in-gewaesser/

Box 2

WELCHE GESETZLICHEN VORGABEN GELTEN FÜR INDUSTRIE- UND GEWERBEBETRIEBE IN DER SCHWEIZ?

Geltende Grundsätze der Gewässerschutzgesetzgebung sind die Sorgfaltspflicht, das Verursacherprinzip sowie das Verschmutzungsverbot. Im Anhang 3.2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) sind zudem Anforderungen an Industrieabwasser und der Grundsatz des Stands der Technik festgelegt. Demnach müssen die Produktionsprozesse und die Abwasserbehandlung von Industrie- und Gewerbebetrieben dem aktuellen Stand der Technik entsprechen (mehr Informationen dazu in [7]). Dieser entwickelt sich laufend weiter. Daher dokumentiert der VSA im Rahmen von Leitfäden und Merkblättern den aktuellen Stand der Technik (siehe [7]). Das harmonisiert den schweizweiten Vollzug und hilft, innerhalb einer Branche einen einheitlichen Stand der Technik zu verbreiten.

Zudem benötigt jeder Betrieb, der Industrieabwasser in ein Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation einleitet, eine Bewilligung der zuständigen kantonalen Behörde. Diese prüft periodisch, ob der Betrieb die Vorgaben einhält. Die sogenannte Einleitbewilligung enthält vielmals nur die Anforderungen gemäss Anhang 3.2 GSchV. Darunter fallen beispielsweise die Schwermetalle. Diese Anforderungen kann die zuständige Behörde verschärfen oder erleichtern. Eine Verschärfung erfolgt beispielsweise, wenn durch das Betriebsabwasser die zentrale ARA ihre Anforderungen nicht mehr einhalten kann.

Für Mikroverunreinigungen muss die zuständige Behörde für jeden Einzelfall konkrete Anforderungen festlegen, die sie unter anderem auf Grund des jeweils aktuellen Stands der Technik definiert. Weil die gewässerrelevanten Mikroverunreinigungen vielfach gar nicht bekannt sind, ist dieser Prozess äusserst anspruchsvoll. Deshalb existieren bisher nur in Einzelfällen Einleitbewilligungen mit konkreten Anforderungen für Mikroverunreinigungen.

Box 3

MIKROVERUNREINIGUNGEN AUS INDUSTRIE UND GEWERBE GELANGEN IN DIE GEWÄSSER

Die Situationsanalyse berücksichtigte verfügbare Messkampagnen mit Fokus auf industriell-gewerbliche Einleitungen, darunter die Rheinüberwachungsstation in Weil bei Basel (RÜS), die Messstelle in der Rhone bei der Porte du Scex *(Fig. 2)*, kantonale Untersuchungen von verschiedensten ARA-Abläufen und weitere Spezialuntersuchungen (siehe *Fig. 5*).

DIE RHEINÜBERWACHUNGSSTATION MISST TÄGLICH

Die RÜS überwacht täglich über 500 wasserlösliche Einzelstoffe und sucht zudem nach unbekannten Mikroverunreinigungen.

Das Spektrum an detektierten Stoffen, die auf betriebliche Einleitungen zurückzuführen sind, ist gross: Es reicht von Arzneimitteln über Lösungsmittel bis hin zu Nebenprodukten oder Ausgangsstoffen für die chemische Synthese. Immer wieder werden aber auch betriebliche Einleitungen von unbekannten Stoffen registriert [8].

Die Einleitungen erfolgen entweder stossweise oder kontinuierlich *(Fig. 3)*. Letztere sind jedoch schwierig zu erkennen, weil starke Konzentrationsveränderungen ausbleiben. Dies ist nicht der Fall bei stossweisen Einleitungen. Das bedeutet: Stossweise Einleitungen fallen eher auf als kontinuierliche Einleitungen.

Die Frachten an einzelnen Stoffen können beträchtlich sein: Es gab beispielsweise stossweise Einträge von bis zu 100 Kilogramm pro Tag. Bei kontinuierlichen Einleitungen kamen in Einzelfällen über das Jahr aufsummiert bis zu 20 Tonnen zusammen.

Der Rhein versorgt rund 30 Millionen Menschen mit Trinkwasser und dessen Überwachung ist daher von grosser Bedeutung. Die RÜS wird seit 1993 als Folge des Brands auf dem Industrieareal Schweizerhalle im Jahr 1986 betrieben. Sie ist bis heute einmalig in der Schweiz. Das heisst, dass in den anderen Regionen der Schweiz die stoffliche Belastung der Oberflächengewässer nicht in diesem Umfang überwacht wird.

Befunde der RÜS führen zum Schutz der flussabwärts liegenden Trinkwasserfassungen zu raschen betrieblichen Massnahmen, sofern der einleitende Betrieb identifiziert werden kann. Dadurch nahmen die Stoffeinleitungen und die Meldefälle über die Jahre ab.

RHONE VON BETRIEBLICHEN EINLEITUNGEN EBENFALLS BETROFFEN

Der Genfersee dient seinerseits für über 800 000 Menschen als Trinkwasserressource. Er wird zu rund drei Vierteln aus der Rhone gespeist [10]. Die Messstelle an der Porte du Scex überwacht unter anderem auch die Stoffeinträge in die Rhone aus den Industrien im Einzugsgebiet. Dabei werden in Wochenmischproben ausgewählte Mikroverunreinigungen aus betrieblichen Quellen überwacht. Dazu gehören Wirkstoffe und Lösungsmittel [11, 12].

Die eingeleiteten Mengen können beträchtlich sein: Im Jahr 2014 gelangten beispielsweise rund 6 Tonnen des Lösungsmittels 1,4-Dioxan *(Fig. 4)* in die Rhone [13]. Diese Einleitungen gingen in den Folgejahren deutlich zurück, aufgrund von betrieblichen Massnahmen.

Fig. 2 Übersicht über die beiden Einzugsgebiete, die durch die Rheinüberwachungsstation in Weil bei Basel und durch die Messstelle an der Porte du Scex erfasst werden. (Quelle der Schweiz-Karte: Bundesamt für Landestopographie)

AUCH UNTERSUCHUNGEN IM ABWASSER ZEIGEN AUFFÄLLIGE STOFFEINLEITUNGEN

In verschiedenen Kantonen erfolgten Untersuchungen von ARA-Abläufen mit einem Fokus auf betriebliche Stoffeinleitungen *(Fig. 5)*. Dabei wurden jeweils zwischen 40 und rund 450 Mikroverunreinigungen analysiert.

Figur 6 zeigt ausgewählte Stoffbefunde, die auf einzelne Industrie- und Gewerbebetriebe zurückzuführen sind. Das Spektrum an detektierten Stoffen ist breit und variiert je nach Standort und

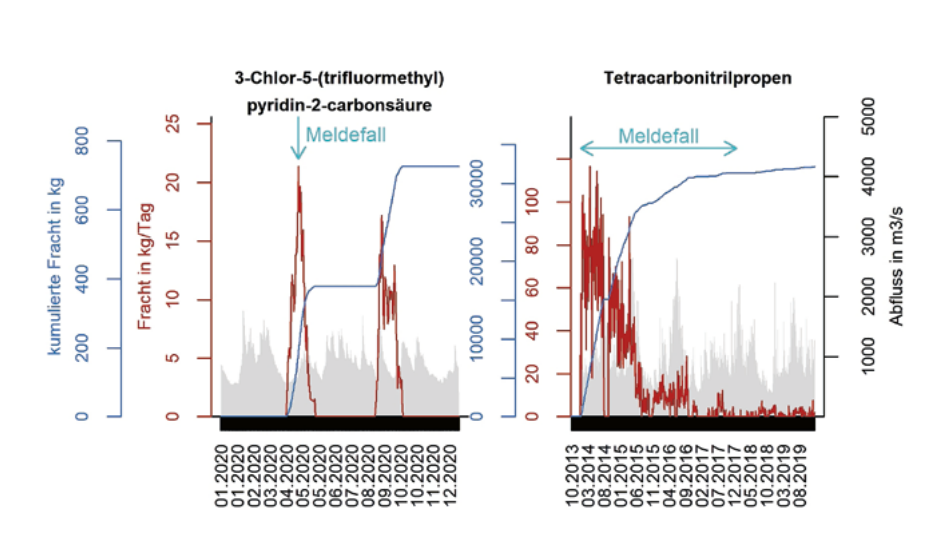

Fig. 3 Beispiele von Stoffeinleitungen in den Rhein gemessen an der RÜS (Daten aus [9]). Die 3-Chlor-5-(trifluormethyl)pyridin-2-carbonsäure (links) fiel im Jahr 2020 durch ihr Signalmuster auf, das auf eine stossweise Einleitung hindeutete. Diese Substanz war zu Beginn unbekannt, ihre Struktur konnte jedoch aufgeklärt werden. Tetracarbonitrilpropen (rechts) ist ein Beispiel für eine kontinuierliche Einleitung. Hellgrau hinterlegt ist der Rheinabfluss.

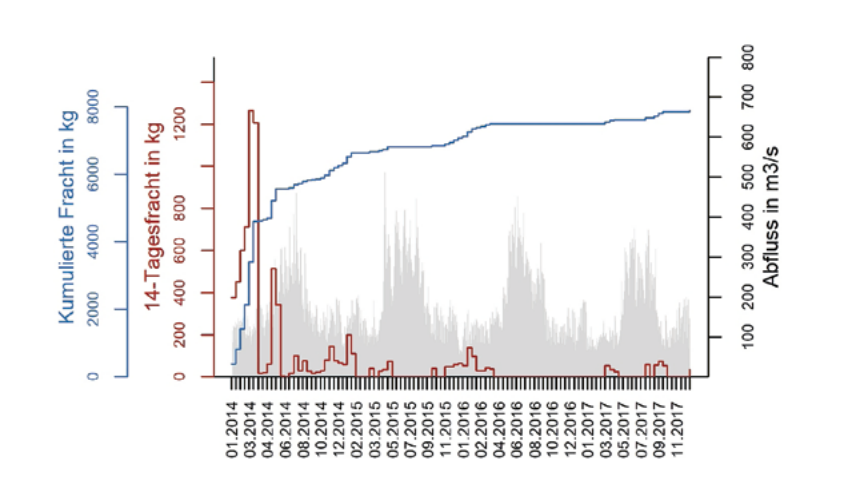

Fig. 4 Kumulierte 1,4-Dioxan-Frachten bei der Messstelle Porte du Scex über 14 Tage (blau) basierend auf Wochenmischproben. Die 14-tägige Fracht wurde auf eine mittlere Tagesfracht (rot) umgerechnet (Daten aus [13]). Grau hinterlegt ist der Abfluss der Rhone bei der Messstelle Porte du Scex.

betrieblicher Tätigkeit im Einzugsgebiet: Arzneimittel, Biozide, Lösungsmittel und weitere Stoffen, wie Ausgangsstoffe für die chemische Synthese, wurden nachgewiesen.

Gut abbaubare Stoffe können bei einer stossweisen Einleitung von grossen Mengen die ARA vorübergehend überlasten und in erhöhten Mengen in die Gewässer gelangen. Überdies sind unter den Befunden auch Stoffe mit ökotoxischer Wirkung (z. B. die Biozide Diuron und Carbendazim). Solche Stoffe können bereits in kleinsten Konzentrationen negative Effekte auf die Wasserlebewesen entfalten.

Mit dem gereinigten Betriebsabwasser können auch viele unbekannte Stoffe in die Gewässer gelangen. Dies zeigen neuste Untersuchungen mittels Spezialanalytik. Damit konnten in einem ARA-Ablauf über 1700 unbekannte Stoffe detektiert werden, die auf einen herstellenden Pharmabetrieb zurückzuführen waren [23]. Darunter gab es auch Stoffe, die in grossen Mengen eingeleitet wurden. In einer anderen Untersuchung [22] wurden mittels dieser Spezialanalytik verschiedene ARA-Abläufe miteinander verglichen. Einige ARA zeigten spezielle Abwasserzusammensetzungen, die auf industrielle Einleitungen hindeuten.

BEKANNT IST WAS GEMESSEN WIRD: SCHWEIZWEITE ÜBERSICHT FEHLT

Der Grossteil der bekannten industriell-gewerblichen Stoffeinleitungen ist auf Betriebe der chemisch-pharmazeutischen Industrie zurückzuführen. Einige dieser Betriebe überwachen ihre Abwässer entsprechend. Andererseits sind ihre Produktionsmengen oftmals gross, weswegen sie auch entsprechend grosse Stoffmengen einleiten. Damit ist die Quellenzuordnung einfacher.

Diese Beispiele zeigen das erfolgreiche Zusammenspiel aus Messung, Quellenidentifikation, Behörde und Betrieb. Die Rolle der zuständigen Behörde ist dabei zentral, denn diese ordnet die not-

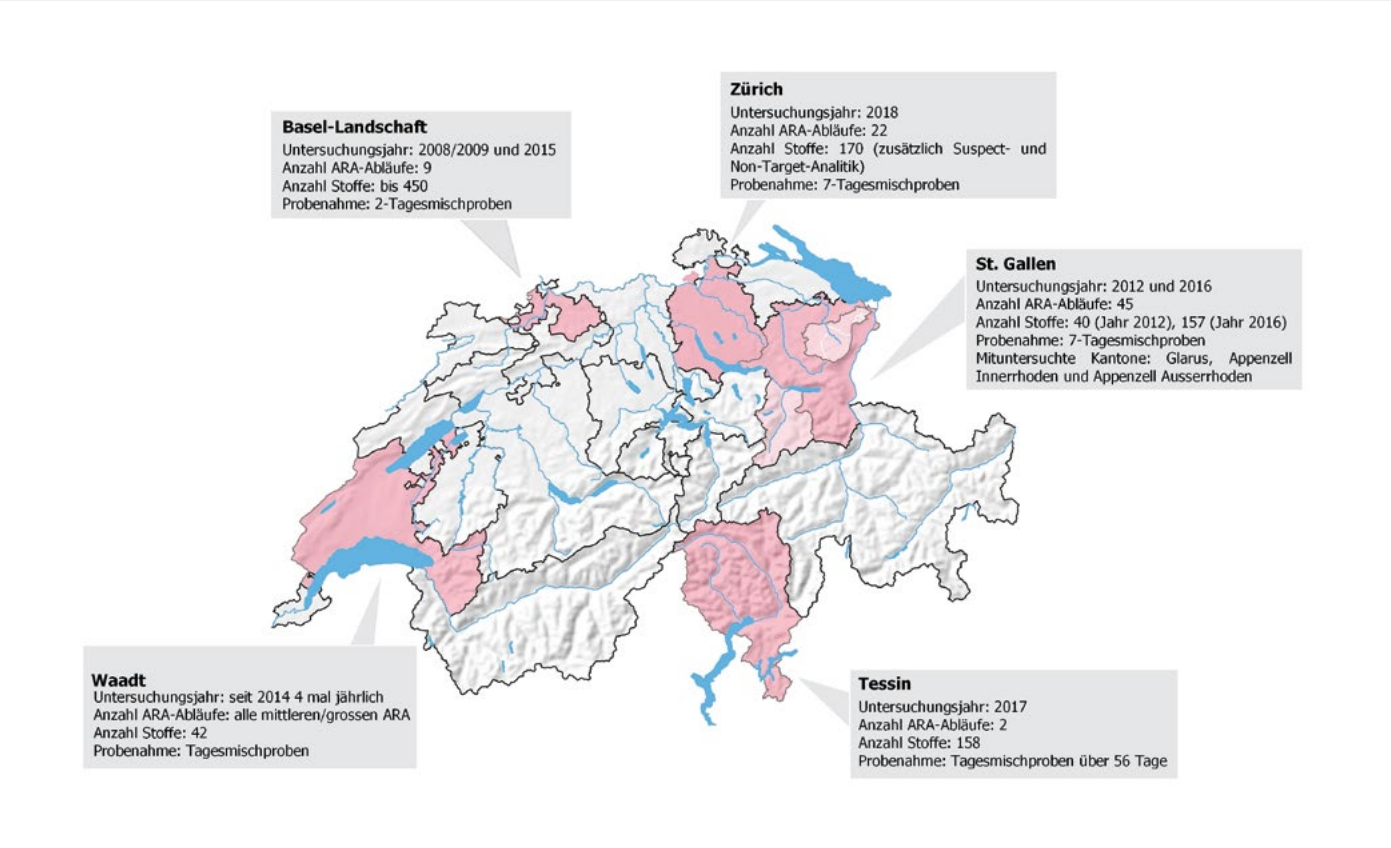

Fig. 5 Übersicht über Untersuchungen der ARA-Abläufe in verschiedenen Kantonen [14–22].

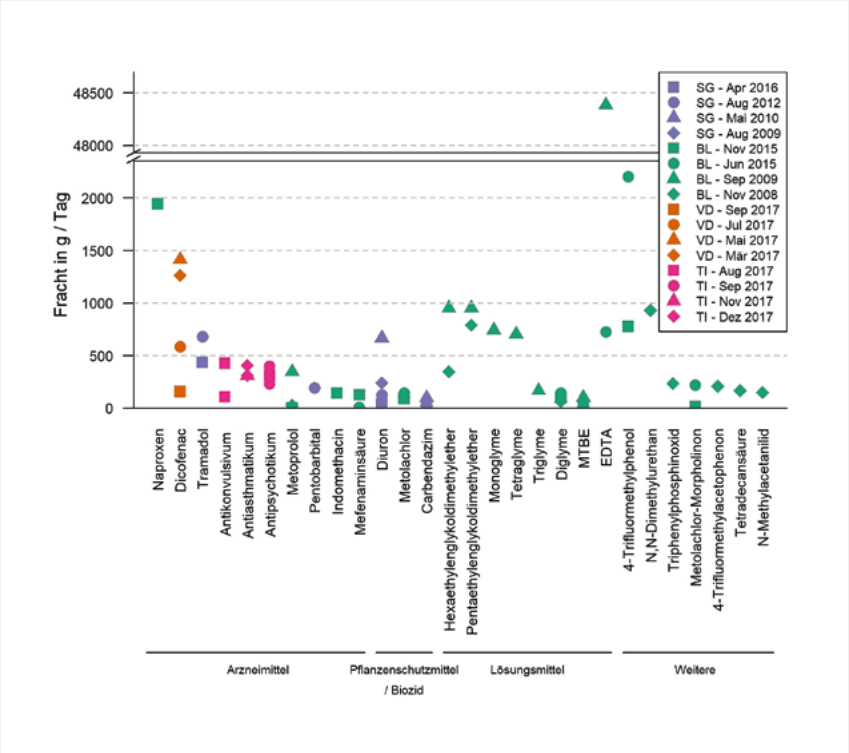

Fig. 6 Stoffbefunde in ARA-Abläufen, die auf eine betriebliche Quelle zurückzuführen sind. Dargestellt sind die Stoffe mit den grössten Frachten (> 100 g/Tag) der Messkampagnen aus den Kantonen St. Gallen (dabei wurden auch ARA der Kantone AI, AR und GL miterfasst), Basel-Landschaft, Waadt und Tessin.

wendigen Massnahmen an und überwacht deren Umsetzung.

An verschiedenen Standorten über die Schweiz verteilt gelangen unterschiedliche Stoffe aus Betrieben in die Gewässer. Darunter befinden sich Substanzen, die in verschiedener Weise problematisch sind. Einige werden in grossen Mengen eingeleitet. Andere haben eine ökotoxikologische Wirkung und überschreiten lokal im Gewässer die Umweltqualitätsziele. Wieder andere gelangen bis in die Trinkwasserressourcen und wirken sich auf die Wasseraufbereitung aus (z. B. [24]).

Mobile und schwer abbaubare Stoffe können sich entlang eines Fliessgewässers aufsummieren. Über die Wirkung solcher Stoffgemische ist heute sehr wenig bekannt. Diese kann sich aber von der Wirkung der Einzelstoffe unterscheiden. Auch kann es vorkommen, dass eine Substanz basierend auf neusten Erkenntnissen als toxisch(er) eingestuft wird, als bis dahin angenommen. Im Sinne des Vorsorgeprinzips sollten daher auch möglichst wenige mobile und schwerabbaubare Stoffe in die Gewässer gelangen.

Die vorliegende Situationsanalyse zeigt neben den Stoffbefunden aber auch grosse Wissenslücken über betriebliche Stoffeinleitungen in die Gewässer. Die Behörden können nur schwer einschätzen, wie stark die Gewässer belastet sind. Zudem fehlen bei den meisten abwasserrelevanten Branchen systematische Untersuchungen bezüglich der Mikroverunreinigungen und daher fehlen auch die Stoffbefunde.

PRIORISIERTE BRANCHEN UND PROZESSE

In der Schweiz existieren Tausende von Betrieben, die Industrieabwasser ableiten. Diese kommen insbesondere in den dicht besiedelten Regionen des Mittellands mit einigen geographischen Hotspots vor *(Fig. 7)*. Fast alle leiten ihr Abwasser auf eine zentrale ARA, wenige behandeln ihr Abwasser in einer betriebseigenen ARA.

Zahlreiche Stoffe und Produkte kommen in den verschiedenen Betrieben und Branchen zum Einsatz. Bei Wasch-, Reinigungs- oder Desinfektionsprozessen kommen diese Stoffe mit Wasser in Kontakt und gelangen ins Abwasser. In den Betrieben fehlen oftmals die Kenntnisse über einzelne Inhaltsstoffe. Mögliche Gründe dafür sind:

- Die Funktion des Produkts steht in der betrieblichen Anwendung im Fokus und nicht deren Inhaltsstoffe.
- Die Einzelstoffe sind unbekannt, weil sie beispielsweise in den Produktdatenblättern unterhalb des Schwellenwerts für die Deklaration liegen oder

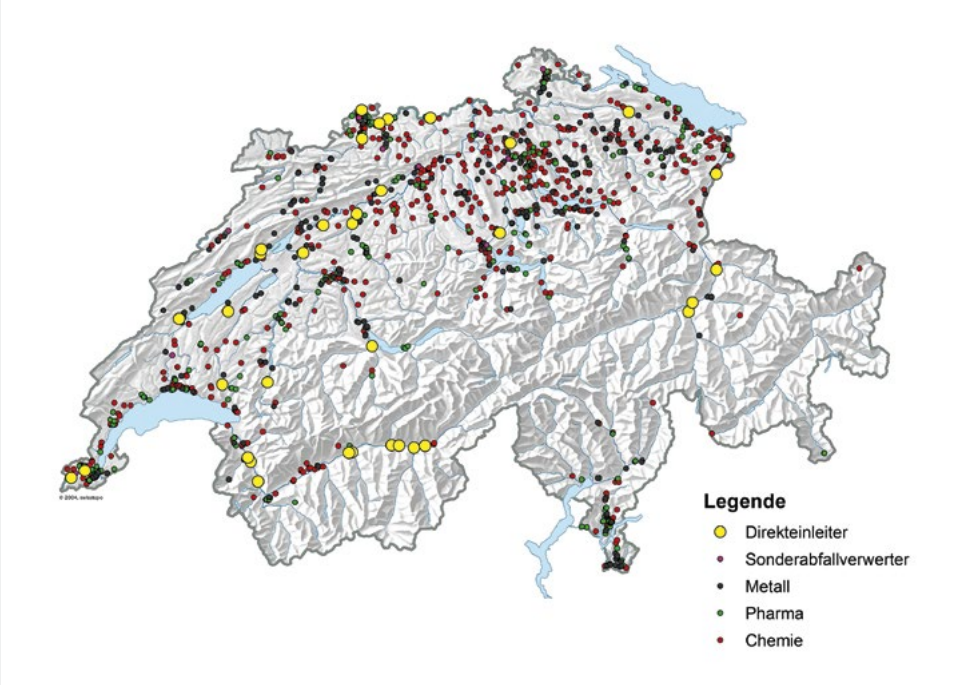

Fig. 7 Geographische Übersicht über direkt und indirekt einleitende Betriebe in der Schweiz. (Quellen: Schweiz-Karte: Bundesamt für Landestopographie; Sonderabfallverwerter: https://vbsa.ch/anlagegruppen/sonderabfall/; Daten Direkteinleiter: Erhebung bei Kantonen; restliche Daten: BFS – GWS, HESTA, ETS, AVOL)

in der betrieblichen Anwendung bzw. während der Behandlung des Abwassers gebildet werden (z. B. Transformationsprodukte).
- Grosse und häufig ändernde Stoffvielfalt.

Die meisten Betriebe richten ihre Abwasserbehandlung auf die «klassischen» Parameter gemäss Anhang 3.2 GSchV aus (siehe *Box 3*). Dazu zählen beispielsweise einige Schwermetalle. Die Betriebe überwachen diese Parameter periodisch. Die Konzentrationen und Frachten sind daher bekannt und die diesbezüglichen Anforderungen an die Einleitung in der Regel eingehalten. Eine Ausnahme stellen Betriebe der chemisch-pharmazeutischen Industrie dar: Einige dieser Betriebe überwachen auch priorisierte Mikroverunreinigungen systematisch.
Anhand der vorgängig dokumentierten Stoffbefunde und gemäss Einschätzung von Expertinnen und Experten, die im Rahmen dieser Situationsanalyse befragt wurden, lassen sich die folgenden Branchen und Prozesse als relevant für den Eintrag von Mikroverunreinigungen in die Gewässer einstufen (geordnet nach ansteigender Anzahl Betriebe in der Schweiz):
- Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen
- Chemisch-pharmazeutische Industrie (synthetisierende und verarbeitende Betriebe)
- Metalloberflächenbehandlung/Galvanik
- Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln
- Wäschereien
- Auto-/Transportgewerbe
- Malergewerbe

Branchenübergreifend wurden zudem Kühl- und Heizprozesse priorisiert. Bei weiteren Tätigkeiten, die schweizweit nur noch wenige Betriebe durchführen, sind Stoffeinträge in die Gewässer ebenfalls nicht ausgeschlossen. Beispiele hierfür sind: Textilveredlung, Tabakherstellung, Verarbeitung von Explosivstoffen, Papier-/Kartonherstellung.

DANK
An alle, die zur Situationsanalyse und dem Bericht darüber in der einen oder anderen Form beigetragen haben, geht ein grosses Dankeschön:
- Projektleitung: *M. Schärer* (BAFU), *M. Sommer* (AUE, Basel), *C. Götz* (AWEL, Zürich), *P. Locher* (AWA, Bern), *S. Zimmermann-Steffens* (BAFU).
- Begleitgruppe: *C. Arnold* (Syngenta, Monthey; vorher scienceindustries, Zürich), *E. Butscher* (ehemals uwe, Luzern), *F. Dapples* und *J.-P. Meusy* (DGE, Lausanne), *C. Götz* (AWEL, Zürich), *R. Kottelat* (ESCO conseil, Yverdon-les-Bains), *L. Kren* (scienceindustries, Zürich), *S. Lehmann* (BAFU, Bern), *P. Locher* (AWA, Bern), *D. Obrist* (Dienststelle für Umwelt, Sion), *M. Ruff* (AWA, Bern), *C. Roth* (Swissmem, Zürich), *M. Schärer* (BAFU), *H. Singer* (Eawag, Dübendorf), *M. Sommer* (AUE, Basel), *D. Utinger* (BUD, Liestal), *T. von Kürten* (AFRY Schweiz AG, Zürich), *T. Wintgens* (RWTH, Aachen; vorher FHNW, Muttenz), *E. Zwicker* (ehemals AFU, St. Gallen).
- Redaktionsteam: *P. Dell'Ava* (ehemals AWEL, Zürich), *A. Häner* (F. Hoffmann-La Roche AG, Basel), *D. Obrist* (Dienststelle für Umwelt, Sion), *S. Zimmermann-Steffens* (BAFU).
- Kantonale Vollzugsstellen
- Rheinüberwachungsstation bei Basel (namentlich *S. Ruppe*, AUE, Basel)

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus der vorliegenden Situationsanalyse leiten sich die folgenden Schlussfolgerungen ab:

Bekannte Stoffeinleitungen zeigen punktuellen Handlungsbedarf

Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe gelangen mit dem gereinigten Abwasser in die Gewässer. Einzelfälle zeigen, dass sich darunter Stoffe in grossen Mengen befinden, Stoffe mit potenziellen Auswirkungen auf die Gewässerökologie wie auch Stoffe, die bis in die Trinkwasserressourcen gelangen. Diese Beispiele zeigen punktuellen Handlungsbedarf in den Betrieben auf. Eine schweizweite Abschätzung des Risikos der Stoffeinleitungen aus Industrie- und Gewebebetrieben ist aufgrund der aktuellen Datenlagen allerdings nicht möglich.

Relevante Branchen und Prozesse identifiziert

Betriebe mit bekannten Stoffeinleitungen stammen oft aus der chemisch-pharmazeutischen Industrie, weil bei einigen dieser Betriebe eine gezielte Überwachung solcher Mikroverunreinigungen stattfindet. Bei anderen abwasserrelevanten Branchen der Schweiz gibt es hingegen keine systematische Erfassung solcher Stoffeinleitungen. Gemäss Experteneinschätzungen sind folgende Branchen und Prozesse für weitergehende Abklärungen zu priorisieren:
- Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen
- Chemische-pharmazeutische Industrie (synthetisierende und verarbeitende Betriebe)
- Metalloberflächenbehandlung/Galvanik
- Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln

Weitere relevante Branchen und Prozesse sind: Wäschereien, Malergewerbe, das Auto-/Transportgewerbe sowie Heiz- und Kühlprozesse, die branchenübergreifend zur Anwendung kommen.

Wirksamer Vollzug nur mit numerischen Anforderungswerten

Der heutige Vollzug funktioniert gut für Parameter mit numerischen Anforderungen. Mikroverunreinigungen stellen den Vollzug aber vor grosse Herausforderungen, weil keine abwasserseitigen, stoffspezifischen Einleitwerte vorliegen. Solche Werte sind im Einzelfall durch die Behörde festzulegen, was selten umgesetzt wird. Einerseits fehlt dazu für die meisten Betriebsabwässer das Wissen über die relevanten Mikroverunreinigungen als auch ein einheitliches Verständnis des Stands der Technik (siehe *Box 3*). Anderseits wurden bei der Vergabe der Einleitbewilligungen früher in den meisten Fällen nur die numerisch geregelten Parameter berücksichtigt und keine weitergehenden Messungen durchgeführt oder verlangt. Bei der Überprüfung von Einleitbewilligungen müssen über die nächsten Jahre diese Aspekte systematisch miteinbezogen werden.

AUSBLICK

Das Ziel ist, die Situation in der nahen Zukunft zu verbessern. Der VSA wird daher in den kommenden Jahren mehr Wissen zu Stoffeinträgen aus Industrie und Gewerbe in Gewässer aufbauen. Dazu wird unter anderem eine Übersicht über die abwasserrelevanten Mikroverunreinigungen aus den priorisierten Branchen erstellt. Erste Projekte haben die Fachleute des VSA zusammen mit

dem BAFU, der Eawag und den jeweiligen Branchen lanciert. Der VSA integriert dieses Wissen in öffentlich zugängliche Dokumente (z. B. Leitfäden und Merkblätter des CC «Industrie und Gewerbe»). Aus diesen Arbeiten entstehen für die jeweiligen Branchen Listen mit Stoffen, priorisiert nach deren Relevanz. Des Weiteren erarbeitet der VSA Hilfestellungen für den Umgang mit Mikroverunreinigungen zuhanden der Behörden und Betriebe.

BIBLIOGRAPHIE

[1] *Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bericht des Bundesrates (2017). https://www.blw.admin.ch/dam/blw/de/dokumente/Nachhaltige%20Produktion/Pflanzenschutz/AktionsplanPflanzenschutzmittel/Aktionsplan_Pflanzenschutzmittel_de.pdf.download.pdf/Aktionsplan_Pflanzenschutzmittel_de.pdf [30.8.2022].*

[2] *BAFU (2016): Mikroverunreinigungen: Startschuss zum Ausbau der Kläranlagen. https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen/rss-feeds/nach-dienststellen/alle-mitteilungen.msg-id-61763.html (30.8.2022)*

[3] *Massnahmen an der Quelle zur Reduktion der Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats 12.3090 Hêche vom 7. März 2012. https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/48684.pdf (30.8.2022)*

[4] *Wunderlin, P.; Gulde, R. (2022): Situationsanalyse «Stoffeinträge aus Industrie und Gewerbe in Gewässer». VSA, Glattbrugg. https://micropoll.ch/wp-content/uploads/2022/04/20220404_Situationsanalyse_DE_Final.pdf (30.8.2022)*

[5] *BAFU: Chemikalien: Das Wichtigste in Kürze». https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/inkuerze.html (30.8.2022)*

[6] *ECHA, European Chemicals Agency. https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/registered-substances (30.8.2022)*

[7] *VSA-Merkblatt «Stand der Technik» (2022). https://vsa.ch/Mediathek/stand-der-technik-merkblatt/?media_filter_one=industrie-und-gewerbe (Zugriff am 8.8.2022)*

[8] *Mazacek, J. et al.. (2016): Vom Unfall zur präventiven Überwachung – Rheinüberwachungsstation (RÜS). Aqua & Gas, 11/2016: 66–75*

[9] *Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt; Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS). https://www.aue.bs.ch/umweltanalytik/rheinueberwachungsstation-weil-am-rhein.html (30.8.2022)*

[10] *CIPEL, Internationale Kommission zum Schutz der Gewässer des Genfer Sees. https://www.cipel.org/de/ (30.8.2022)*

[11] *Bernard, M.; Mange, P. (2016): Micropolluants dans les eaux du Rhône amont. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2015, 115–131*

[12] *Bernard, M.; Fauquet, L.; Mange, P. (2017): Micropolluants dans les eaux du Rhône amont. Rapp. Comm. int. prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2016, 125–144*

[13] *Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagnes 2014/15/16/17*

[14] *Daten aus: https://www.vd.ch/themes/environnement/eaux/protection-des-eaux-epuration-pgee-agriculture-biologie-et-chimie-des-eaux/evacuation-et-epuration-des-eaux/stations-depuration-des-eaux-usees-step/ (6.2.2020)*

[15] *Mikroverunreinigungen in Baselbieter Oberflächengewässern. Untersuchungsresultate 2008/2009*

[16] *Mikroverunreinigungen in Baselbieter Oberflächengewässern. Untersuchung 2015*

[17] *Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen (2013): Spurenstoffe im Abwasser – Suche nach relevanten Emissionsquellen, Ergebnisse der Messkampagne 2012*

[18] *Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen (2016): Mikroverunreinigungen in Abläufen von Abwasserreinigungsanlagen – Suche nach relevanten Emissionsquellen, Ergebnisse der Messkampagne 2016*

[19] *Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen (2010): Mikroverunreinigungen im gereinigten Abwasser von kommunalen ARA – Messkampagnen 2009*

[20] *Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen (2010): Mikroverunreinigungen im gereinigten Abwasser von kommunalen ARA – Kurzbericht zur Messkampagne vom Mai 2010*

[21] *Anliker, S. et al. (2020): Quantification of active ingredient losses from formulating pharmaceutical industries and contribution to wastewater treatment plant emissions. Environ. Sci. Technol. 54(23): 15046–15056*

[22] *Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (2021): Mikroverunreinigungen: Messkampagne zu Belastungen aus Industrie und Gewerbe.*

[23] *Anliker, S. et al. (2020): Assessing Emissions from Pharmaceutical Manufacturing Based on Temporal High-Resolution Mass Spectrometry Data. Environ. Sci. Technol. 54(7): 4110–4120*

[24] *NZZ (2020): https://www.nzz.ch/schweiz/krebserregender-stoff-schon-laenger-im-basler-trinkwasser-als-gedacht-ld.1525955 (7.2.2020)*

> SUITE DU RÉSUMÉ

lon les estimations d'experts et expertes, les branches et processus suivants sont à considérer de plus près: traitement physico-chimique de déchets liquides spéciaux, industrie chimique et pharmaceutique (synthèse et transformation), traitement de surfaces métalliques/galvanisation ainsi que fabrication et transformation de denrées alimentaires. D'autres secteurs et processus pertinents sont: les blanchisseries, les métiers de la peinture, l'industrie automobile/des transports ainsi que les processus de chauffage et de refroidissement, qui sont utilisés dans tous les secteurs. L'analyse de la situation montre les défis à relever dans la gestion des micropolluants: de nombreux apports et leur impact sur les milieux aquatiques sont encore inconnus et une gestion coordonnée et systématique de ces substances dans les eaux usées des entreprises fait défaut à l'échelle suisse. C'est pourquoi le VSA va, dans les années à venir, acquérir davantage de connaissances sur les apports de substances provenant de l'industrie et de l'artisanat dans les milieux aquatiques et développer des aides correspondantes pour les autorités et les entreprises. Pour ce faire, il travaille en étroite collaboration avec des expertes et experts des branches prioritaires, des autorités et de la recherche.