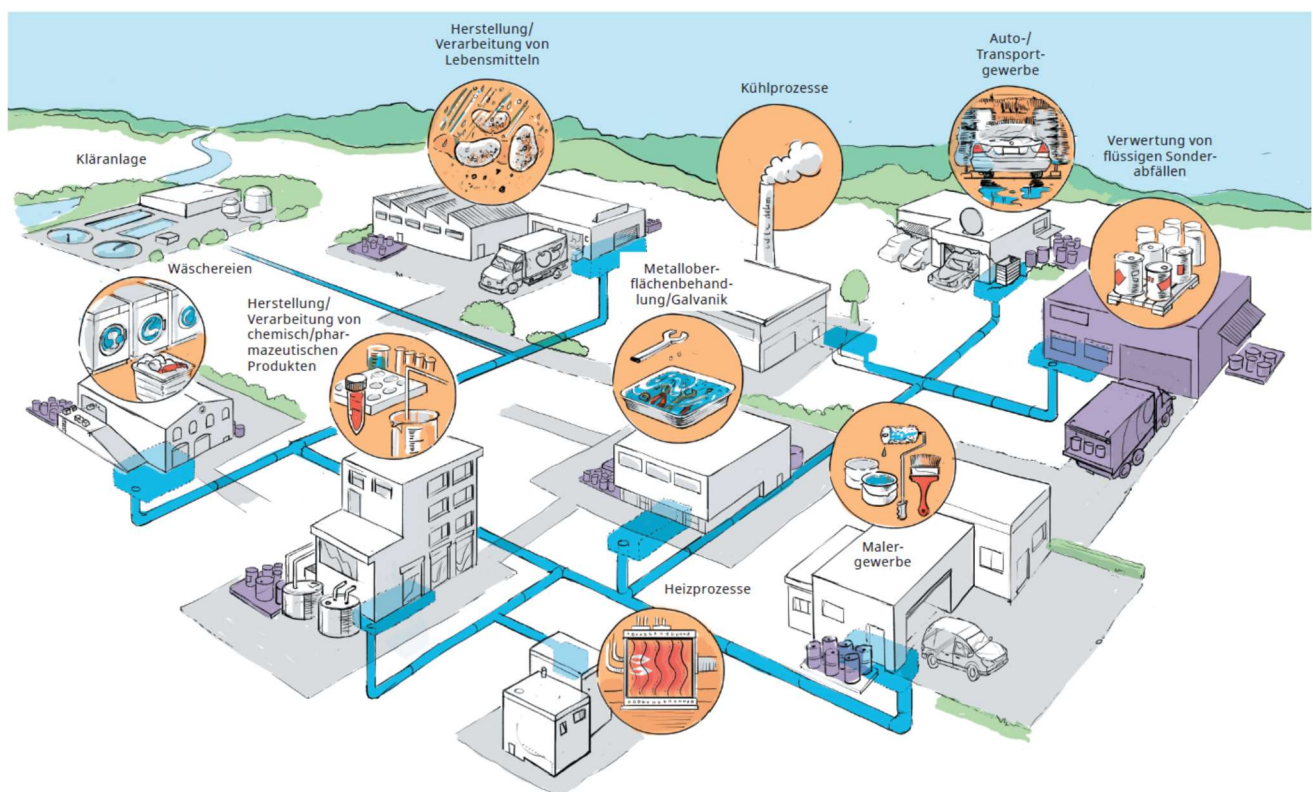


STOFFEINTRÄGE AUS INDUSTRIE UND GEWERBE IN GEWÄSSER

Situationsanalyse



Stand: 7. März 2022

Impressum

Die vorliegende Publikation wurde mit aller Sorgfalt und nach bestem Gewissen erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität kann der VSA jedoch keine Gewähr übernehmen. Haftungsansprüche wegen Schäden materieller oder immaterieller Art, welche durch die Anwendung der Publikation entstehen können, werden ausgeschlossen.

Autoren

Pascal Wunderlin, VSA Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen», Glattbrugg
Rebekka Gulde, VSA Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen», Glattbrugg

Projektleitung

Michael Schärer, BAFU, Bern
Markus Sommer, AUE, Basel
Christian Götz, AWEL, Zürich
Patrick Locher, AWA, Bern
Saskia Zimmermann-Steffens, BAFU, Bern
Pascal Wunderlin, VSA Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen», Glattbrugg

Begleitgruppe

Cédric Arnold, Syngenta, Monthey (vorher scienceindustries, Zürich)
Ernst Butscher, ehemals uwe, Luzern
Florence Dapples / Jean-Pierre Meusy, DGE, Lausanne
Christian Götz, AWEL, Zürich
Régis Kottelat, ESCO conseil, Yverdon-les-Bains
Linda Kren, scienceindustries, Zürich
Sébastien Lehmann, BAFU, Bern
Patrick Locher, AWA, Bern
Daniel Obrist, Dienststelle für Umwelt, Sion
Matthias Ruff, AWA, Bern
Christine Roth, Swissmem, Zürich
Michael Schärer, BAFU, Bern
Heinz Singer, Eawag, Dübendorf
Markus Sommer, AUE, Basel
Dominic Uttinger, BUD, Liestal
Thomas von Kürten, AFRY Schweiz AG, Zürich
Thomas Wintgens, RWTH, Aachen (vorher FHNW, Muttenz)
Elmar Zwicker, ehemals AFU, St. Gallen

Redaktionsteam

Peter Dell'Ava, ehemals AWEL, Zürich
Andreas Häner, F. Hoffmann-La Roche AG, Basel
Daniel Obrist, Dienststelle für Umwelt, Sion
Saskia Zimmermann-Steffens, BAFU, Bern

Danksagung

Ein grosses Dankeschön geht an alle Personen, die in irgendeiner Form zu dieser Situationsanalyse beigetragen haben. Insbesondere ein grosses Dankeschön an die kantonalen Vollzugsstellen, die Rheinüberwachungsstation bei Basel (namentlich Steffen Ruppe), Michèle Heeb, Ann-Kathrin Ostermeyer, Judith Riedo, Anne Dax, Katja Mettler (alle ehemals VSA), Fabienne Eugster (VSA), Andreas Buser, Urs von Arx, Urs Helg und Luc Hächler (alle BAFU) für ihre wertvollen Beiträge zu diesem Bericht.

Herausgeber

Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute
Association suisse des professionnels de la protection des eaux
Associazione svizzera dei professionisti della protezione delle acque

Titelbild, Illustrationen

Zeichenfabrik, Roland Ryser, Zürich (www.zeichenfabrik.ch) / Kuno Strassmann, Zürich (www.kun-st.ch)

Bezugsquelle

VSA, Europastrasse 3, Postfach, CH-8152 Glattbrugg,
Telefon 043 343 70 70, sekretariat@vsa.ch, www.vsa.ch

Zitierung

Wunderlin, P., Gulde, R. (2022). Situationsanalyse «Stoffeinträge aus Industrie und Gewerbe in Gewässer».
Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA), Glattbrugg.

INHALT

Zusammenfassung

6

1 Einleitung

8

- 1.1 Hintergrund 8
- 1.2 Zielsetzung und Vorgehen 10
- 1.3 Projektorganisation 11
- 1.4 Projektabgrenzung und Begriffe 11

2 Rechtliche Grundlagen und deren Umsetzung

13

- 2.1 Zentrale Grundsätze der Gewässerschutzgesetzgebung 13
- 2.2 Zuständige Behörde bewilligt die Einleitung von verschmutztem Abwasser und überwacht die Umsetzung der betrieblichen Massnahmen 13
- 2.3 Allgemeine und branchenspezifische Anforderungen gemäss Anhang 3.2 GSchV auf wenige Parameter und Einzelstoffe beschränkt 14
- 2.4 Mikroverunreinigungen stärker zu berücksichtigen 16
- 2.5 Herausforderung Stand der Technik 16
- 2.6 Rolle der Chemikalienregulierung 17

3 Belastung der Gewässer durch Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe

18

- 3.1 Untersuchungen im Abwasser 18
 - 3.1.1 Wissensstand bezüglich Parametern mit allgemeinen und spezifischen Anforderungen hoch 18
 - 3.1.2 Beispiele von Mikroverunreinigungen in gereinigten Betriebsabwässern 19
- 3.2 Beispiele von Mikroverunreinigungen aus Betrieben in den Gewässern 25
 - 3.2.1 Rhein bei Basel 27
 - 3.2.2 Rhone bei Porte du Scex 31
- 3.3 Weitere Oberflächengewässer 33
- 3.4 Grundwasser 34
- 3.5 Einordnung der Stoffbefunde 35

4 Priorisierte Branchen und Prozesse

36

- 4.1 Tausende von Betrieben mit Abwasseranfall 36
- 4.2 Priorisierte Branchen und Prozesse 38
- 4.3 Produktvielfalt gross - Kenntnisse über enthaltene Einzelstoffe gering 38
- 4.4 Betriebliche Massnahmen oftmals auf «klassische» Parameter ausgerichtet – Mikroverunreinigungen noch zu wenig im Fokus 40

4.5	Vertiefte Betrachtung abwasserrelevanter Branchen und Prozesse	42
4.5.1	Branchen und Prozesse von schweizweiter Relevanz	42
4.5.2	Branchen und Prozesse von lokaler Relevanz	47
4.5.3	Weitere Branchen und Prozesse mit Stoffen im Betriebsabwasser	48
5	Schlussfolgerungen	49
6	Ausblick	51
7	Anhang	52
A1.	Verfügbare Aus- und Weiterbildungsangebote im Bereich betrieblicher Gewässerschutz	52
A2.	Kantonale Dokumente zu einzelnen Branchen	53
A3.	Auswirkungen auf ARA	58
A4.	Stoffbefunde in ARA-Abläufen	63
A5.	Meldefälle von betrieblichen Einleitungen bei der Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS) 2013-2020	66
A6.	Branchensteckbriefe von schweizweit relevanten Branchen und Prozessen	87
A7.	Übersicht über eingesetzte Stoffe in Betrieben	107

ZUSAMMENFASSUNG

Die Belastung der Gewässer mit Schadstoffen aus Industrie und Gewerbe hat über die letzten Jahrzehnte deutlich abgenommen

Fast alle Betriebe sind heute an eine zentrale Abwasserreinigungsanlage (ARA) angeschlossen und behandeln in vielen Fällen ihr Abwasser zusätzlich vor der Einleitung in die Kanalisation. Dadurch werden Schadstoffe wie Schwermetalle, Öl- und Fettreste noch im Betrieb aus dem Abwasser entfernt. Viele Betriebe haben zudem ihre Produktionsprozesse sowie wasserintensiven Wasch- und Reinigungsprozesse laufend optimiert, so dass möglichst wenig Abwasser anfällt. Gemäss der Gewässerschutzgesetzgebung sind die Betriebe verpflichtet, solche nach dem Stand der Technik üblichen Massnahmen zu treffen, soweit sie technisch machbar und wirtschaftlich tragbar sind. Die bestehenden allgemeinen und besonderen Anforderungen an die Einleitung von Industrieabwasser gemäss Gewässerschutzverordnung werden heute in der Regel eingehalten.

Mikroverunreinigungen gelangen mit dem gereinigten Betriebsabwasser in die Gewässer – eine schweizweite Übersicht fehlt

Da die vorgereinigten Betriebsabwässer noch einer zentralen oder betriebseigenen ARA zugeleitet werden, findet dort eine weitere Elimination von Schadstoffen statt, soweit die Abwässer nicht über eine Regenentlastung direkt ins Gewässer gelangen. Trotz des grossen technischen Fortschritts gelangen Mikroverunreinigungen¹ wie Ausgangsstoffe, Zwischen-, Neben- und Umwandlungsprodukte, Wirkstoffe oder Lösungsmittel mit dem gereinigten Betriebsabwasser in die Gewässer. Das zeigen verschiedene Stoffbefunde in der Schweiz. Es ist beispielsweise nachweislich vorgekommen, dass ein einzelner Betrieb über wenige Tage bis zu einer Tonne eines Stoffes einleitet. Unter den Befunden hat es aber auch Stoffe mit potentiellen Auswirkungen auf die Gewässerökologie sowie gut wasserlösliche und schwer abbaubare 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 Gewerbebetrieben ist aufgrund der aktuellen Datenlagen allerdings nicht möglich.

Relevante Branchen und Prozesse identifiziert

Betriebe mit bekannten Stoffeinleitungen stammen vielmals aus der chemisch-pharmazeutischen Industrie, weil bei einigen dieser Betriebe eine entsprechende Überwachung stattfindet. Bei den anderen abwasserrelevanten Branchen der Schweiz fehlen solche Befunde, weil keine systematische Erfassung von Stoffeinleitungen erfolgt. Nach Einschätzungen von Expertinnen und Experten sind jedoch die folgenden Branchen und Prozesse für Einträge von Mikroverunreinigungen in die Gewässer zu priorisieren (geordnet nach ansteigender Anzahl Betriebe in der Schweiz):

- Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen
- Chemische-pharmazeutische Industrie (synthetisierende und verarbeitende Betriebe)
- Metalloberflächenbehandlung/Galvanik
- Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln

¹ Der Bericht fokussiert auf die Verunreinigung der Gewässer mit organisch-synthetischen Stoffen aus Industrie- und Gewerbebetrieben. Damit sind organische Stoffe gemeint, die Betriebe herstellen, verarbeiten, einsetzen oder entsorgen. Diese Stoffe können mit dem gereinigten Betriebsabwasser über die ARA oder bei Starkregenereignissen über die vorhandenen Kanalisationsentlastungen in die Gewässer gelangen und kommen dort in der Regel in geringen Konzentrationen (im µg/L- oder ng/L-Bereich) vor. Daher werden diese Stoffe in den Gewässern als «Mikroverunreinigungen» oder als «organische Spurenstoffe» bezeichnet. In diesem Bericht wird der Begriff «Mikroverunreinigungen» verwendet.

Darunter hat es einige relevante Direkteinleiter, insbesondere aus der chemisch-pharmazeutischen Industrie. Weitere priorisierte Branchen sind:

- Wäschereien
- Malergewerbe
- Auto-/Transportgewerbe

Bei Kühl- und Heizprozessen, welche branchenübergreifend zum Einsatz kommen, fällt ebenfalls Abwasser an. Darin können verschiedene Zusatzstoffe enthalten sein. Bei weiteren Tätigkeiten, die schweizweit nur noch wenige Betriebe durchführen (z.B. Veredlung von Textilien), sind Stoffeinträge in die Gewässer ebenfalls nicht ausgeschlossen.

Heutiger Vollzug funktioniert gut für Stoffe mit numerischen Anforderungen – Mikroverunreinigungen stellen diesen vor grosse Herausforderungen

Der Vollzug funktioniert gut für bekannte Stoffe und Parameter mit klaren Vorgaben, wie beispielsweise die allgemeinen und besonderen Anforderungen des Anhang 3.2 GSchV. Für Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe existieren in der GSchV abwasserseitig jedoch keine stoffspezifischen Einleitwerte - die Festlegung erfolgt im Einzelfall. Die Situationsanalyse zeigt jedoch klar, dass sowohl die Betriebe selbst als auch die Vollzugsbehörden oft nur sehr beschränkt in der Lage sind die in den Betriebsabwässern enthaltenen Mikroverunreinigungen zu erfassen und zu beurteilen.

Besseres Verständnis der Stoffeinträge aus den priorisierten Branchen erarbeiten und Behörden und Betriebe im Umgang mit Mikroverunreinigungen unterstützen

Das Ziel muss daher sein, diese Situation in den kommenden Jahren zu verbessern. Insbesondere gilt es: (i) eine Übersicht über die abwasserrelevanten Mikroverunreinigungen für die priorisierten Branchen und Prozesse zu erarbeiten und in den Kontext zum Stand der Technik zu stellen, (ii) Hilfestellungen für den Umgang mit Mikroverunreinigungen zuhanden der Behörden und Betriebe zu entwickeln, um diese bei der Identifikation, Beurteilung und Ableitung von Massnahmen zu unterstützen, und (iii) das erarbeitete Wissen unter den Akteuren bekannt zu machen und den resultierenden Handlungsbedarf laufend zu prüfen.

1 EINLEITUNG

Das Wichtigste in Kürze

- **Die Belastung der Gewässer mit Schadstoffen aus Industrie und Gewerbe hat über die letzten Jahrzehnte deutlich abgenommen**, weil verschiedenste Massnahmen umgesetzt wurden. Dazu gehören: Anschluss von Betrieben an ARA und deren kontinuierliche Optimierung, gezielte Vorbehandlung von Betriebsabwasser vor der Einleitung in die öffentliche Kanalisation oder in die betriebseigene ARA, Weiterentwicklung des Stands der Technik, Optimierung der Produktionsprozesse, interkantonale Zusammenarbeit, sowie Messkampagnen zur Erfassung der Belastungen in den Gewässern.
- **Mikroverunreinigungen aus verschiedensten Quellen sind eine grosse Herausforderung für den Gewässerschutz.** Ein schweizweiter Überblick über den Beitrag aus Industrie und Gewerbe fehlt. Gemäss dem Bundesrat ist dieser Wissensstand zu verbessern und basierend darauf sind vertiefte Massnahmen zu prüfen.
- **Situationsanalyse notwendig zur Beurteilung der aktuellen Lage und zur Festlegung der Themenschwerpunkte für die nächsten Jahre:** Die vorliegende Situationsanalyse zu «Stoffeinträgen aus Industrie und Gewerbe in Gewässer» wurde durch den VSA in enger Zusammenarbeit mit dem BAFU und unter Einbezug verschiedenster Expertinnen und Experten erarbeitet.

1.1 Hintergrund

Abwässer aus Industrie und Gewerbe wurden noch in den 1950er Jahren grösstenteils ungereinigt in die Gewässer eingeleitet. Zusammen mit anderen Einträgen (z.B. Nährstoffe aus dem kommunalen Abwasser) führte dies zu einem entsprechend schlechten Gewässerzustand: beispielsweise bildeten sich Algenteppeiche in den Seen oder Fische starben wegen des Sauerstoffmangels. Teilweise war sogar das Baden in Flüssen und Seen aus hygienischen Gründen verboten².

Seit den 1960er Jahren führten verschiedene Massnahmen dazu, dass die Belastung der Gewässer mit Schadstoffen aus Industrie und Gewerbe abnahm. Die Betriebe (und Haushalte) schloss man zunehmend an Abwasserreinigungsanlagen (ARA) an³. Zudem führten verschärfte gesetzliche Vorgaben (z.B. Verordnung über Abwassereinleitungen von 1975⁴ oder die Gewässerschutzverordnung von 1998⁵) dazu, dass viele Betriebe ihr Abwasser zusätzlich vorbehandelten, bevor sie es in die öffentliche Kanalisation einleiteten. Dazu kam, dass in den 1990er und 2000er Jahren sich die Branchenstruktur der Schweizer Industrie stark wandelte. Insbesondere die standardisierten, energie- und arbeitsintensiven Produktionsprozesse wie die Herstellung von chemischen Grundstoffen oder die Eisen- und Stahlindustrie wurden zunehmend ins Ausland verlagert. In der Schweiz verblieben sind primär wertschöpfungs-, kapital- und forschungsintensive Aktivitäten wie beispielsweise die Biotechnologie oder die Produktion von Präzisionsinstrumenten und Feinchemikalien.

Der Einsatz von organisch-synthetischen Stoffen gehört mittlerweile zum modernen Alltag. Beispiele solcher Stoffe sind: Arzneimittel, Wasch- und Reinigungsmittel, Lösungsmittel oder Zusatzstoffe. Die Vielfalt dieser Stoffe ist sehr gross. Es befinden sich heute weltweit rund

² Siehe: Schweizer Abwasserreinigung - Eine Erfolgsgeschichte.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/dossiers/internationaler-tag-des-wassers-2017.html> [11.2.2020].

³ Ebd.

⁴ Verordnung über Abwassereinleitungen vom 8. Dezember 1975, 814.225.21.

⁵ Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998, SR 814.201.

100'000 Chemikalien im Umlauf⁶. Allein in der Datenbank der europäischen Chemikalienagentur sind rund 26'000 Stoffe (Stand: Februar 2022) registriert⁷. Während 1930 weltweit noch rund 1 Million Tonnen an Stoffen produziert wurden, sind es heute jährlich über 400 Millionen Tonnen⁸.

Ein Teil dieser Stoffe gelangt mit dem gereinigten Abwasser bis in die Gewässer. Zwar sind die Konzentrationen dieser Stoffe in den Gewässern in den meisten Fällen gering (im µg/L- oder ng/L-Bereich). Trotzdem gibt es darunter Stoffe, die Wasserlebewesen schädigen können. Die gleichzeitige Einleitung von verschiedenen Stoffen kann zudem zu sogenannten Mischungstoxizitäten führen⁹. Gut wassergängige und schwer abbaubare Stoffe können bis ins Trinkwasser gelangen.

Die Problematik von Mikroverunreinigungen in den Gewässern wird durch den Klimawandel verschärft. Denn in der Schweiz werden im Sommerhalbjahr die Niederschläge voraussichtlich zurückgehen und somit die Niedrigwasserbedingungen in den Gewässern des Mittellandes zunehmen. So war beispielsweise der Sommer 2018 extrem trocken und der Wasserstand in Fliessgewässern aussergewöhnlich tief¹⁰. Dadurch erreichen Stoffe wie Mikroverunreinigungen wegen der schlechteren Verdünnungsverhältnisse höhere Konzentrationen in den Gewässern¹¹. Dies belastet die Wasserlebewesen zusätzlich zu den hohen Wassertemperaturen im Sommer. Grosse, zentrale ARA mit einem hohen Ausbaustandard an grossen Gewässern wären diesbezüglich ideal.

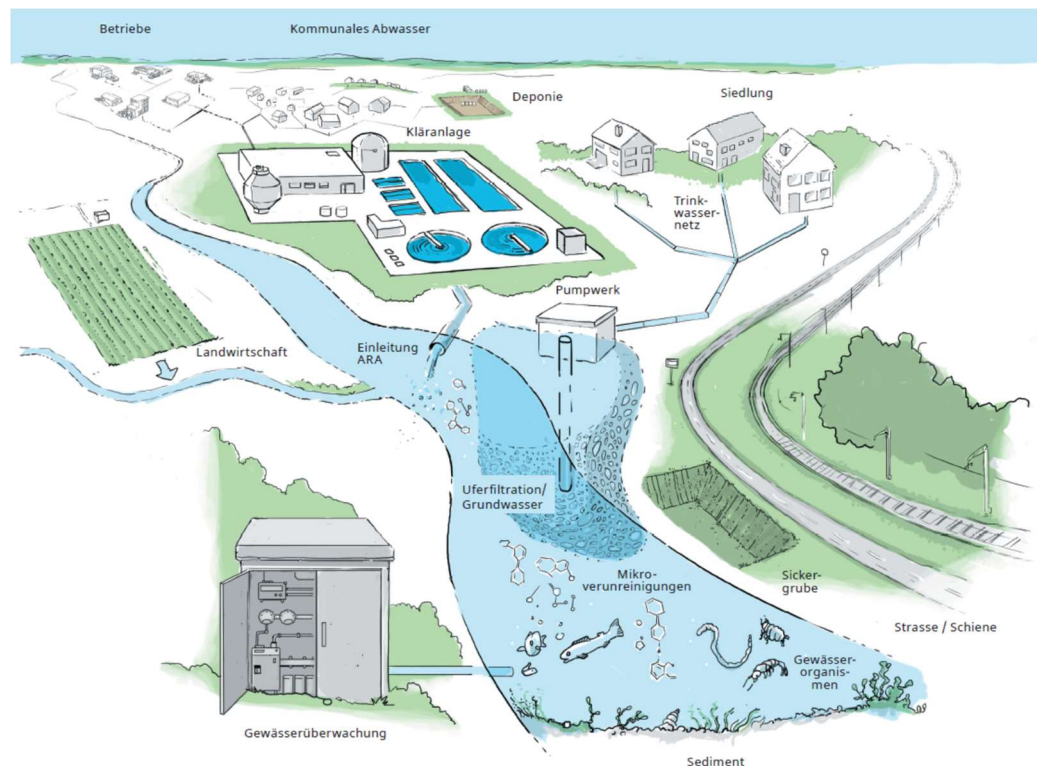


Abb. 1 Übersicht über Eintragsquellen von Mikroverunreinigungen in die Gewässer. Dazu gehören insbesondere landwirtschaftliche Aktivitäten sowie Aktivitäten im Siedlungsbereich.

⁶ Siehe: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/inkuerze.html> [11.2.2020].

⁷ Siehe: <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/registered-substances> [3.2.2022].

⁸ Siehe: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/inkuerze.html> [11.2.2020].

⁹ Götz, C.W., R. Kase und J. Hollender (2011). Mikroverunreinigungen - Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser - Studie im Auftrag des BAFU. Eawag, Dübendorf.

¹⁰ BAFU et al. (Hrsg.) 2019: Hitze und Trockenheit im Sommer 2018. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1909: 91 S.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/publikationen-studien/publikationen/hitze-und-trockenheit.html> [28.3.2020].

¹¹ Zürcher Umweltp Praxis Nr. 94: Lehren aus dem Trockensommer 2018. Wasser: Wieviel Wasser ist zu wenig? https://kofu-zup.ch/asp/db/pdf/ZUP94-19_Trockensommer_2018_Wasser%2007.31.08.pdf [25.1.2021].

In der Schweiz sind die relevanten Quellen für Mikroverunreinigungen landwirtschaftliche Aktivitäten, sowie Aktivitäten im Siedlungsbereich (z.B. Privathaushalte, Industrie- und Gewerbebetriebe, Aussenbereich) (**Abb. 1**). Die Stoffeinträge aus diesen Aktivitäten erfolgen entweder diffus (z.B. über Abschwemmung oder Drainagen) oder punktuell über die Infrastruktur zur Siedlungsentwässerung (z.B. durch ARA oder Mischwasserentlastungen)¹². Verschiedene Massnahmen setzen deshalb an diesen Quellen an. So werden Einträge aus der Landwirtschaft durch den Aktionsplan Pflanzenschutzmittel reduziert¹³ und ausgewählte ARA mit einer zusätzlichen Reinigungsstufe ausgebaut¹⁴. Auch bei der Behandlung von Strassenabwasser oder bei der Sanierung von Altlasten werden laufend Fortschritte erzielt. Ergänzend dazu setzen zahlreiche, bereits heute etablierte Massnahmen bei der Zulassung, der Anwendung und der Entsorgung von Stoffen an.

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 soll gemäss dem Bundesrats-Bericht vom Juni 2017 «Massnahmen an der Quelle zur Reduktion von Mikroverunreinigungen in den Gewässern»¹⁵ der Wissensstand verbessert und vertiefte Massnahmen geprüft werden.

Die Belastung der Gewässer mit Schadstoffen aus Industrie und Gewerbe hat über die letzten Jahrzehnte zwar deutlich abgenommen, weil verschiedene Massnahmen (z.B. Anschluss an ARA und gezielte Vorbehandlung des betrieblichen Abwassers vor der Einleitung in die öffentliche Kanalisation oder in die betriebseigene ARA) umgesetzt wurden. Heute stellen Mikroverunreinigungen jedoch eine grosse Herausforderung für den Gewässerschutz dar. Verschiedene Massnahmen setzen daher an den relevanten Quellen an. Auch aus Industrie- und Gewerbebetrieben gelangen Mikroverunreinigungen in die Gewässer. Allerdings fehlt eine Schweizweite Übersicht dazu. Daher sind gemäss dem Bundesrat dieser Wissensstand zu verbessern und basierend darauf entsprechende Massnahmen zu prüfen.

1.2 Zielsetzung und Vorgehen

Das Ziel dieses Berichts ist eine Bestandsaufnahme der Gewässerbelastung mit Stoffen aus Industrie und Gewerbe und basierend darauf die Identifikation des Handlungsbedarfs für die kommenden Jahre.

Bei der Erarbeitung dieses Berichts wurde stufenweise vorgegangen: (1) In einem ersten Schritt erfolgte eine Befragung der kantonalen Fachstellen aus den Bereichen Industrie und Gewerbe, Abwasserreinigung und Gewässer sowie von ausgewählten Branchenverbänden. (2) Im Weiteren wurden öffentlich zugängliche Daten aus Untersuchungen und Berichten

¹² 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.news.admin.ch/news/message/attachments/48684.pdf> [6.2.2020].

¹³ 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 [6.2.2020].

¹⁴ BAFU (2016). Mikroverunreinigungen: Startschuss zum Ausbau der Kläranlagen. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/dossiers/mikroverunreinigungen-ausbau-kläranlagen.html> [6.2.2020].

¹⁵ 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.news.admin.ch/news/message/attachments/48684.pdf> [6.2.2020].

zusammengetragen und ausgewertet. (3) Zu identifizierten Wissenslücken erfolgten vertiefende Studien^{16,17,18,19,20}.

Die Aussagen des Berichts basieren auf Wissen und Erfahrungen von Expertinnen und Experten sowie auf öffentlich verfügbaren Untersuchungen und Berichten. Die verfügbaren Informationen sind zwischen den Branchen und einzelnen Betrieben sehr unterschiedlich. Diese Randbedingung ergibt den Detaillierungsgrad des Berichts.

Der Bericht richtet sich an die kantonalen Fachstellen aus den Bereichen Industrie und Gewerbe, Abwasserreinigung und Gewässerüberwachung, an die Fachleute des betrieblichen Umweltschutzes in den Betrieben und Branchenverbänden sowie an die interessierte Öffentlichkeit. Die kantonalen Fachstellen im Bereich Industrie und Gewerbe stellen neben den Betrieben eine zentrale Zielgruppe dar, weil diese die Anforderungen im Rahmen der Einleitbewilligung festlegen und deren Umsetzung überwachen.

Dieser Bericht präsentiert eine Bestandsaufnahme zu Stoffeinträgen aus Industrie und Gewerbe in die Gewässer. Da verfügbare Daten aus Untersuchungen zwischen den einzelnen Branchen sehr unterschiedlich sind, wurden zusätzlich Experteneinschätzungen miteinbezogen. Neben den Betrieben stellen die kantonalen Fachstellen im Bereich Industrie und Gewerbe eine zentrale Zielgruppe des Berichts dar.

1.3 Projektorganisation

Das Projekt wurde vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) und dem Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) initiiert und geleitet. Die Durchführung und Koordination erfolgte durch die Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen» des VSA. Zur Erarbeitung des Berichts wurden Expertinnen und Experten und relevante Akteure in einer Begleitgruppe und einem Redaktionsteam einbezogen.

Der Bericht wurde durch den VSA in enger Zusammenarbeit mit dem BAFU und unter Einbezug verschiedener Akteure und Expertinnen und Experten erarbeitet.

1.4 Projektabgrenzung und Begriffe

Der Bericht fokussiert auf die Verunreinigung der Gewässer mit organisch-synthetischen Stoffen aus Industrie- und Gewerbebetrieben. Damit sind organische Stoffe gemeint, die Betriebe herstellen, verarbeiten, einsetzen oder entsorgen. Diese Stoffe können mit dem gereinigten Betriebsabwasser über die ARA oder bei Starkregenereignissen über die vorhandenen Kanalisationsentlastungen in die Gewässer gelangen und kommen dort in der Regel in geringen Konzentrationen (im µg/L- oder ng/L-Bereich) vor. Daher werden diese Stoffe in den Gewässern als «Mikroverunreinigungen» oder als «organische Spurenstoffe» bezeichnet. In diesem Bericht wird der Begriff «Mikroverunreinigungen» verwendet.

«Industriebetriebe» und «Gewerbebetriebe» werden in diesem Bericht als «Betriebe» bezeichnet. Die Begriffe «Industrieabwasser» und «Betriebsabwasser» werden synonym verwendet. Gemäss Anhang 3.2 GSchV ist damit Abwasser aus gewerblichen und industriellen Betrieben und damit vergleichbares Abwasser gemeint.

Im Weiteren wird unterschieden zwischen direkt einleitenden Betrieben (sogenannte Direkteinleiter) und indirekt einleitenden Betrieben (sogenannte Indirekteinleiter). Direkteinleiter

¹⁶ I. O'Connor, I. Erny, A. Spörri (2018). Sonderabfallentsorgung und Abwasser – Übersicht über die Schweizer Sonderabfallentsorgung und Grobanalyse des Wassergefährdungspotenzials. EBP Schweiz AG.

¹⁷ Envirochemie et al., 2020. Abwasserrelevanz von Kreisläufen zu Kühl- und Heizzwecken in der Schweiz: Übersicht über Systeme und Stoffe.

¹⁸ A.-K. McCall, Ch. Niederer (2018). Übersicht Abwasserrelevante Prozesse und Stoffe in Industrie und Gewerbe. Arcadis Schweiz AG.

¹⁹ Braun, Ch. (2020). Vergleich der Grenzwerte der Schweizerischen Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) mit den Emissionswerten aus den Durchführungsbeschlüssen zu den Schlussfolgerungen der besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäss Richtlinie 2010/75/EU (Industrieemissionsrichtlinie). Arcadis Schweiz AG.

²⁰ VSA (2022). Verfahren zur betrieblichen Abwasserbehandlung: Verfahrensübersicht, Effizienz und Optimierungspotential.

leiten ihr Betriebsabwasser nach einer entsprechenden betriebsinternen Behandlung (z.B. durch eine betriebseigene Industrie-ARA) direkt in das Gewässer ein. Bei biologischen Behandlungsverfahren (z.B. Belebtschlammverfahren) wird in der Regel auch ein Teil kommunales Abwasser mitbehandelt, damit ausreichend Nährstoffe für das Wachstum der Mikroorganismen verfügbar sind. Indirekteinleiter leiten ihr Betriebsabwasser nach einer allfälligen betriebsinternen Vorbehandlung in die öffentliche Kanalisation und somit auf eine zentrale ARA.

Dieser Bericht fokussiert auf betriebliche Normalbedingungen und betrachtet keine Gewässerunreinigungen durch ausserordentliche Ereignisse wie Havarien oder Löschwassereinleitungen. Um ausserordentliche Ereignisse zu verhindern existieren klare Vorgaben²¹ und diverse Leitfäden^{22,23,24}. Auch auf Stoffeinträge durch Mischwasserentlastung aus dem Kanalisationsnetz, welche ebenfalls einen relevanten Beitrag zur Gewässerbelastung leisten können (z.B. Einleitung von Betriebsabwasser während Phasen mit aktiver Mischwasserentlastung), wird in diesem Bericht nicht explizit eingegangen.

Dieser Bericht betrachtet ausdrücklich nicht die Bereiche Schwimmbäder, Fassaden- und Tunnelreinigung, Kiesaufbereitung, Deponien und Baustellen. Die hier gewonnenen Erkenntnisse können aber auch für diese Bereiche genutzt werden. Für Betriebe des Gesundheitswesens (z.B. Spitäler), welche eine weitere Quelle von Mikroverunreinigungen darstellen, wird eine separate Bestandsaufnahme erarbeitet.

Der vorliegende Bericht fokussiert auf die Verunreinigung der Gewässer durch Mikroverunreinigungen aus Industrie- und Gewerbebetrieben. Damit sind Stoffe gemeint, die Betriebe herstellen, verarbeiten, einsetzen oder entsorgen und in den Gewässern in geringen Konzentrationen (im µg/L- oder ng/L-Bereich) vorkommen. Der Bericht betrachtet insbesondere die betrieblichen Normalbedingungen. Nicht berücksichtigt wurden Bereiche wie Schwimmbäder, Fassaden- und Tunnelreinigung, Deponien, Baustellen oder Betriebe des Gesundheitswesens (z.B. Spitäler).

²¹ Störfallverordnung (StFV) vom 27. Februar 1991, SR 814.012

²² Leitfaden «Lagerung gefährlicher Stoffe» - Leitfaden für die Praxis. Überarbeitete Auflage 2018. https://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/180529173348_Lagerung_gefaehrlicher_Stoffe_d_web.pdf [6.2.2020].

²³ Leitfaden «Löschwasserrückhaltung» - Leitfaden für die Praxis. 1. Auflage Oktober 2015 (Juni 2016: Ergänzt mit Kanton BL). https://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/160725165445_Loeschwasserrueckhaltung_2016_mit_BL.pdf [6.2.2020].

²⁴ Leitfaden «Absicherung und Entwässerung von Güterumschlagsplätzen». 2. Auflage November 2016. https://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/161114161424_Leitfaden_Absicherung_Gueterumschlagplaetze_web.pdf [6.2.2020].

2 RECHTLICHE GRUNDLAGEN UND DEREN UMSETZUNG

Das Wichtigste in Kürze

- **Die zuständige Behörde bewilligt die Einleitung von verschmutztem Abwasser und überwacht die Umsetzung der betrieblichen Massnahmen.** Die Rolle der Behörde ist zentral, denn sie vollzieht die gesetzlichen Vorgaben. Die betrieblichen Massnahmen sind auf diese Vorgaben ausgerichtet. Die Einleitbewilligungen für Betriebsabwasser beziehen sich aber vorwiegend auf die numerischen Anforderungen gemäss dem Anhang 3.2 GSchV.
- **Mikroverunreinigungen müssen stärker berücksichtigt werden, stellen Vollzug und Betriebe aber vor grosse Herausforderungen.** Die grosse Stoffvielfalt in den Betrieben wird durch die numerischen Anforderungen im Anhang 3.2 GSchV nicht annähernd abgedeckt. Daher legt die Behörde im Einzelfall die Anforderungen für die Einleitung von Mikroverunreinigungen fest. Vielfach fehlt der zuständigen Behörde aber das Wissen über die (relevanten) Mikroverunreinigungen im Betriebsabwasser. Zudem fehlt auch oftmals das Wissen über den Stand der Technik und die daraus resultierenden Anforderungen.
- **Rolle der Chemikalienregulierung:** Die Hersteller und Importeure von Produkten sind verpflichtet, über die notwendigen Daten zu verfügen, um die Risiken für Mensch und Umwelt beurteilen zu können. Dies führt zu einem zunehmend besseren Wissen über die gewässerseitig, problematischen Produktinhaltsstoffe. Darüber hinaus entlasten Anwendungsbeschränkungen oder Anwendungsverbote die Gewässer von besonders problematischen Stoffeinträgen.

2.1 Zentrale Grundsätze der Gewässerschutzgesetzgebung

Im Gewässerschutzgesetz (GSchG)²⁵ sind die folgenden zentralen Grundsätze verankert:

- **Sorgfaltspflicht (Art 3 GSchG):** jedermann ist dazu verpflichtet, alle nach den Umständen gebotene Sorgfalt anzuwenden, um nachteilige Einwirkungen auf die Gewässer zu vermeiden.
- **Verursacherprinzip (Art. 3a GSchG):** der Verursacher hat die Kosten für Massnahmen zu tragen.
- **Verschmutzungsverbot (Art. 6 Abs. 1 GSchG):** es ist untersagt, Stoffe, die Wasser verunreinigen können, [...] in ein Gewässer einzubringen oder versickern zu lassen.

Zentrale Grundsätze der Gewässerschutzgesetzgebung sind die Sorgfaltspflicht, das Verursacherprinzip, sowie das Verschmutzungsverbot.

2.2 Zuständige Behörde bewilligt die Einleitung von verschmutztem Abwasser und überwacht die Umsetzung der betrieblichen Massnahmen

Die Einleitung von verschmutztem Abwasser in ein Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation muss durch die zuständige Behörde bewilligt werden (Art. 6 und 7 GSchV). Diese Einleitbewilligung für Industrieabwasser stützt sich auf den Anhang 3.2 GSchV. Jeder Betrieb, der Industrieabwasser in ein Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation einleitet, muss somit über eine Bewilligung verfügen. Beispiele zeigen jedoch, dass nicht in allen Fällen eine Einleitbewilligung vorliegt.

Die zuständige Behörde überprüft die Betriebe periodisch, ob die Einleitbedingungen eingehalten werden. Sie kann dabei die Datenerhebung an die Betriebe delegieren (Art. 15 GSchV). Gewerbebetriebe wenden oftmals sehr ähnliche Prozesse an. Daher setzen viele Kantone

²⁵ Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) vom 24. Januar 1991, SR 814.20.

bei diesen Branchen (z.B. im Auto- und Transportgewerbe und Malergewerbe²⁶) auf zum Teil kantonsübergreifende Branchenlösungen.

Der Betrieb ist dafür verantwortlich, dass betriebseigene Abwasservorbehandlungsanlagen fachgerecht betrieben, gewartet, unterhalten und überwacht werden (Art. 13 GSchV). Dazu muss das Betriebspersonal über die notwendigen Fachkenntnisse verfügen. Hierzu sind die Aus- und Weiterbildungsangebote sehr wichtig (im Anhang A1 ist eine Übersicht über verfügbare Angebote im Bereich betrieblicher Umweltschutz zusammengestellt).

Die zuständige Behörde bewilligt die Einleitung von Industrieabwasser, stützt sich dabei auf den Anhang 3.2 GSchV und überprüft periodisch deren Einhaltung. Die zuständigen Fachpersonen in den Betrieben müssen über das notwendige Fachwissen verfügen, sodass ein fachgerechter Betrieb und Unterhalt der Abwasservorbehandlungsanlagen sichergestellt ist.

2.3 Allgemeine und branchenspezifische Anforderungen gemäss Anhang 3.2 GSchV auf wenige Parameter und Einzelstoffe beschränkt

Bei der Einleitung von Industrieabwasser in die öffentliche Kanalisation oder in Gewässer gelten die allgemeinen und besonderen (branchenspezifischen) Anforderungen gemäss Anhang 3.2 GSchV. Diese Anforderungen können durch die Behörde verschärft oder erleichtert werden. Eine Verschärfung erfolgt, wenn beispielsweise bedingt durch das Betriebsabwasser die zentrale ARA ihre Anforderungen nicht mehr einhalten kann. In einem solchen Fall ist das Betriebsabwasser entsprechend vorzubehandeln. Die Grenzwerte sind meist als Konzentrationen festgelegt. Es ist daher nicht gestattet die Abwässer zu verdünnen, sodass diese Anforderungen eingehalten werden.

Allgemeine Anforderungen gelten für Summenparameter (z.B. gesamte ungelöste Stoffe, gesamten Kohlenwasserstoffe) und für einzelne Stoffe (z.B. Metalle, Cyanide; **Tab. 1**). Für einige davon gelten strengere, besondere Anforderungen. Besondere Anforderungen gelten für ausgewählte Prozesse und Branchen, wie beispielsweise die Oberflächenbehandlung/Galvanik (**Tab. 1**). Einige dieser Branchen mit besonderen Anforderungen sind heute in der Schweiz nicht mehr weit verbreitet oder gar nicht mehr vertreten. Dazu gehört beispielsweise die Eisen- und Stahlindustrie, oder die Herstellung von quecksilberhaltigen Primärbatterien. Besondere Anforderungen gelten für Stoffe, wie beispielsweise Dichlorethan, Tri-/Tetrachlorethen oder Quecksilber - zudem ist deren Anwendung heute stark eingeschränkt.

Ein Vergleich mit den EU-Dokumenten zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) für ausgewählte Branchen zeigt, dass die gleichen oder ähnliche Parameter geregelt sind²⁷. Die Grenzwerte in den BVT-Dokumenten liegen tendenziell etwas tiefer als in der GSchV (bis zu einem Faktor 2). Für die Direkteinleitung von Abwasser aus der chemischen Industrie liegen die Grenzwerte für Chrom, Kupfer, Nickel und Zink sogar um den Faktor 10 oder mehr unterhalb derjenigen der GSchV. Solche Abweichungen sind auf unterschiedliche Rahmenbedingungen (z.B. darf in der EU der Klärschlamm in der Landwirtschaft verwertet werden) und auf die Entwicklung des Stands der Technik zurückzuführen: die BVT-Dokumente wurden rund 20 Jahre nach der GSchV erarbeitet.

²⁶ Siehe: <https://www.kvu.ch/de/themen/wasser?dossier=174> [29.1.2021].

²⁷ Braun, Ch. (2020). Vergleich der Grenzwerte der Schweizerischen Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) mit den Emissionswerten aus den Durchführungsbeschlüssen zu den Schlussfolgerungen der besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäss Richtlinie 2010/75/EU (Industrieemissionsrichtlinie). Arcadis Schweiz AG.

Tab. 1 Übersicht über Parameter mit allgemeinen Anforderungen sowie über Branchen mit besonderen Anforderungen. Quelle²⁸.

Allgemeine Anforderungen	• pH-Wert • Temperatur • Durchsichtigkeit • Gesamte ungelöste Stoffe²⁹ • Metalle: Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel, Zink • Cyanide • Gesamte Kohlenwasserstoffe • Leichtflüchtige chlorierte oder halogenierte Kohlenwasserstoffe
Branchen mit besonderen Anforderungen	• Lebensmittelverarbeitung • Sekundäre Eisen- und Stahlindustrie • Oberflächenbehandlung/Galvanik • Chemische Industrie: - Herstellung von Chlor durch Alkalichloridelektrolyse - Herstellung von Cadmiumpigmenten • Herstellung von Papier, Karton und Zellstoff • Versorgungs-, Entsorgungsbetriebe: - Filterwasser aus der Wasseraufbereitung - Kehrlichtverbrennungsanlagen - Aufbereitung quecksilberhaltiger Abfälle - Entsilberung von Fixierbädern - Entsilberung von Bleichfixierbädern • Weitere Branchen: - Fotografische Prozesse - Herstellung von quecksilberhaltigen Primärbatterien - Herstellung von anderen Primärbatterien und von Sekundärbatterien - Prozesse, bei denen gezielt mit pathogenen Mikroorganismen umgegangen wird - Zahnarztpraxen und Zahn-kliniken

Allgemeine und besondere Anforderungen für die Einleitung von Industrieabwasser gemäss Anhang 3.2 GSchV bestehen für gewisse Summenparameter und wenige Einzelstoffe. Diese Anforderungen stammen aus den 1990er Jahren und entsprechen dem damaligen Stand der Technik. Einige der Branchen sind heute in der Schweiz nicht mehr weit verbreitet oder gar nicht mehr vertreten. Zudem liegen in den neueren BVT-Dokumenten der EU diese Anforderungen tendenziell tiefer, was u.a. auch die Weiterentwicklung des Stands der Technik widerspiegelt.

²⁸ Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998, SR 814.201; Anhang 3.2 (allgemeine Anforderungen und besondere Anforderungen für bestimmte Stoffe aus bestimmten Branchen).

²⁹ Anforderung an die Einleitung ins Gewässer.

2.4 Mikroverunreinigungen stärker zu berücksichtigen

Die allgemeinen und besonderen Anforderungen für die Einleitung von Industrieabwasser berücksichtigt die Stoffvielfalt in einem Betrieb zu wenig. Daher legt die Behörde diese Anforderungen im Einzelfall fest, unter anderem auch unter Berücksichtigung der gewässerseitigen numerischen Anforderungen gemäss Anhang 2 GSchV. Solche spezifischen Vorgaben bleiben allerdings auf Betriebe beschränkt, wo einzelne relevante Mikroverunreinigungen bekannt sind oder in Untersuchungskampagnen nachgewiesen wurden (siehe Kap. 3). Zum Teil verlangen die zuständigen Behörden aktuelle Stofflisten von priorisierten Betrieben und nehmen anhand der verfügbaren Informationen (z.B. aus den Sicherheitsdatenblättern³⁰) eine (Grob)Beurteilung vor. Es ist daher sehr wichtig, dass sich die Qualität der Sicherheitsdatenblätter weiter verbessert – denn nicht deklarierte Stoffe verunmöglichen eine korrekte Beurteilung der Produkte. Bei sehr dynamischen Betrieben, wie beispielsweise Lohnbetrieben, ist es vollzugsseitig fast unmöglich, die aktuellen Stoffe zu kennen und für jeden Stoff entsprechende Einleitbedingungen vorzuschreiben.

Die zuständige Behörde legt Anforderungen für die Einleitung von Mikroverunreinigungen fest. Dies ist auf Einzelfälle beschränkt, wo das Wissen über die abwasserrelevanten Mikroverunreinigungen vorhanden ist (z.B. anhand von Stoffbefunden in den Gewässern oder anhand der Informationen aus den Sicherheitsdatenblättern). Vielmals fehlt jedoch das Wissen über die abwasserrelevanten Mikroverunreinigungen.

2.5 Herausforderung Stand der Technik

Betriebe sind verpflichtet, nach dem Stand der Technik³¹ übliche Massnahmen zu treffen, soweit sie technisch machbar und wirtschaftlich tragbar sind (Anhang 3.2 GSchV). Bezüglich der Mikroverunreinigungen zeigt sich in der Praxis, dass es häufig nicht klar ist, welches der aktuelle Stand der Technik ist und welche Anforderungen diesem Stand der Technik entsprechen. Das hat zur Folge, dass sich der Stand der Technik, sowie die Beurteilung der wirtschaftlichen Tragbarkeit und der Verhältnismässigkeit von Kanton zu Kanton unterscheidet.

Eine Harmonisierung des schweizweiten Vollzugs und eine branchenweite Verbreitung des gleichen Stands der Technik ist daher wichtig. Dazu dienen (inter-)kantonale Merkblätter und Vollzugshilfen des Bundes, aber insbesondere auch die Merkblätter und Leitfäden des VSA, welche für kleine und mittelgrosse Betriebe mit ähnlichen Prozessen den aktuellen Stand der Technik dokumentieren³². Ein Beispiel dazu ist die Metallverarbeitung/Oberflächenbehandlung (eine Übersicht über weitere verfügbare Dokumente ist im Anhang A2 gegeben). Im Weiteren führt der VSA innerhalb seines Kompetenzzentrums Industrie & Gewerbe eine Arbeitsgruppe zum «Stand der Technik»³³, welche Betriebe und Behörden bei konkreten Fragen unterstützt. Bei diesen Aktivitäten sind die Mikroverunreinigungen stärker miteinzubeziehen.

Betriebe sind gesetzlich dazu verpflichtet, Massnahmen nach dem Stand der Technik zu treffen. Vielmals fehlt jedoch das Wissen über den Stand der Technik und die daraus resultierenden Anforderungen. Das hat zur Folge, dass sich der Stand der Technik, sowie die Beurteilung der wirtschaftlichen Tragbarkeit und der Verhältnismässigkeit von Kanton zu Kanton

³⁰ Das Sicherheitsdatenblatt in der Schweiz. <https://www.anmeldestelle.admin.ch/chem/de/home/themen/pflicht-hersteller/selbstkontrolle/sicherheitsdatenblatt-sdb.html> [1.5.2020].

³¹ Der Stand der Technik meint ein bestimmtes technologisches Niveau mit einem fortschrittlichen Entwicklungsstand. Die technischen Verfahren müssen sich in der praktischen Anwendung bewährt haben oder in der Praxis sicher durchführbar sein. Zudem müssen die Verfahren wirtschaftlich tragbar sein. Dies ist nicht identisch mit der individuellen betriebswirtschaftlichen Zumutbarkeit. Der Stand der Technik entwickelt sich laufend weiter und muss daher periodisch überprüft und wenn nötig angepasst werden. Quelle: Stand der Technik im Gewässerschutz, Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 2001. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/uv-umwelt-vollzug/stand_der_technikimgewaesserschutzlerlaeuterungenzumbegriffstandd.pdf.download.pdf/stand_der_technikimgewaesserschutzlerlaeuterungenzumbegriffstandd.pdf [6.2.2020].

³² Siehe VSA CC Industrie und Gewerbe: <https://vsa.ch/fachbereiche-cc/industrie-gewerbe/> [21.12.2020].

³³ Siehe: <https://vsa.ch/fachbereiche-cc/industrie-gewerbe/stand-der-technik/> [29.1.2021].

unterscheidet. Vollzugsunterstützende Dokumente, wie beispielsweise Leitfäden und Merkblätter des VSA, sind daher sehr wichtig für die Praxis.

2.6 Rolle der Chemikalienregulierung

Für die meisten chemischen Produkte gilt für das Inverkehrbringen die Selbstkontrolle. Das bedeutet, dass die Hersteller und Importeure die gefährlichen Eigenschaften der Inhaltsstoffe ermitteln und diese gemäss den Regeln des global harmonisierten Systems (GHS) einstufen, kennzeichnen und verpacken³⁴. Zudem müssen Hersteller und Importeure für gewisse Stoffe gemäss Art. 19 ChemV³⁵ ein Sicherheitsdatenblatt erstellen und dieses den Anwendern zur Verfügung stellen³⁶. Ein Ziel des Schweizer Chemikalienrechts ist, dass die Hersteller und Importeure für alle Produkte, die sie in Verkehr bringen, über die erforderlichen Daten verfügen, um die Risiken für die Umwelt und für die Gesundheit des Menschen zu beurteilen. Die Qualität der Sicherheitsdatenblätter hat sich zwar in den letzten Jahren verbessert, deren Aussagekraft ist aber aufgrund unvollständiger Angaben nach wie vor sehr limitiert.

Bestimmte als besonders besorgniserregend geltende Stoffe (SVHC) müssen durch risikoärmere Alternativen ersetzt werden. Dazu gehören Stoffe, für die keine sicheren Schwellenwerte für den Schutz der menschlichen Gesundheit beziehungsweise von Lebewesen in der Umwelt abgeleitet werden können, unterhalb denen keine schädlichen Effekte zu erwarten sind. Dabei handelt es sich um persistente, bioakkumulierbare und toxische Stoffe (PBT-Stoffe), um sehr persistente und sehr bioakkumulierbare Stoffe (vPvB-Stoffe), um endokrin wirksame Stoffe und um bestimmte kanzerogene, mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe (CMR-Stoffe). Der Bundesrat hat zudem die Möglichkeit Einschränkungen und Verbote für die Herstellung, das Inverkehrbringen oder die Verwendung der entsprechenden Produkte zu erlassen. Für gewisse Produkte – wie Biozid-Produkte oder Pflanzenschutzmittel – ist zudem eine Zulassung durch die Behörden erforderlich.

Die Hersteller und Importeure von Produkten müssen über die notwendigen Daten verfügen, um die Risiken für Mensch und Umwelt zu beurteilen. Dies führt zu einem zunehmend besseren Wissen über die gewässerseitig, problematischen Produktinhaltsstoffe. Darüber hinaus tragen Anwendungsbeschränkungen oder Anwendungsverbote zur Entlastung der Gewässer von besonders problematischen Stoffeinträgen bei.

³⁴ Nicht gemäss (UN) GHS, sondern gemäss der (EU) CLP-Verordnung, die das (UN) GHS mit den für die EU kompatiblen Modulen des GHS umsetzt.

³⁵ Verordnung über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (Chemikalienverordnung, ChemV) vom 5. Juni 2015 (Stand am 1. Februar 2022), SR 813.11.

³⁶ Das Sicherheitsdatenblatt in der Schweiz. <https://www.anmeldestelle.admin.ch/chem/de/home/themen/pflicht-hersteller/selbstkontrolle/sicherheitsdatenblatt-sdb.html> [1.5.2020].

3 BELASTUNG DER GEWÄSSER DURCH MIKRO- VERUNREINIGUNGEN AUS INDUSTRIE UND GEWERBE

Das Wichtigste in Kürze

- **Die bestehenden allgemeinen und besonderen Anforderungen an die Einleitung von Industrieabwasser gemäss GSchV Anhang 3.2 werden heute in der Regel eingehalten.** Die Belastung der Gewässer mit Stoffen aus Industrie- und Gewerbebetrieben hat daher über die letzten Jahrzehnte deutlich abgenommen.
- **Mikroverunreinigungen gelangen mit dem gereinigten betrieblichen Abwasser in die Gewässer.** Das zeigen verschiedene Untersuchungen von ARA-Abläufen und von Gewässern. Solche Einleitungen erfolgen entweder stossweise oder kontinuierlich. Je nach Standort und betrieblicher Tätigkeit hat es unter den Stoffen Arzneimittelwirkstoffe, Biozide, Lösungsmittel und weitere Stoffe wie Ausgangsstoffe für die chemische Synthese. Es gibt auch Beispiele mit unbekannten Stoffen im gereinigten Betriebsabwasser.
- **Einleitung von grossen Frachten, von Stoffen mit Auswirkungen auf die Gewässerökologie sowie von Stoffen, die in Trinkwasserressourcen gelangen.** Die nachgewiesenen, eingeleiteten Stoffmengen können bis zu mehreren Kilogramm pro Tag ausmachen. Solche stossweisen Einleitungen erfolgen meistens über mehrere Tage verteilt. Dadurch kommen grosse Mengen zusammen. Es gibt Beispiele, bei denen in einem Jahr rund 6 Tonnen 1,4-Dioxan in die Rhone eingeleitet wurde oder rund 20 Tonnen Tetracarbonitrilpropen in den Rhein. Unter den Beispielen sind auch Stoffe mit Auswirkungen auf die Gewässerökologie (z.B. Diuron) sowie gut wasserlösliche und schwer abbaubare Stoffe zu finden. Letztere können bis in die Trinkwasserressourcen gelangen (z.B. 1,4-Dioxan).
- **Nach wie vor grosse Wissenslücken vorhanden:** Die vorhandenen Daten zeigen punktuellen Handlungsbedarf in den Betrieben auf – und auch, dass in diesen Fällen das Zusammenspiel zwischen Behörden und Betrieben gut funktioniert. Eine schweizweite Abschätzung des Risikos der Stoffeinleitungen aus Industrie- und Gewerbebetrieben ist aufgrund der aktuellen Datenlagen allerdings noch nicht möglich.

3.1 Untersuchungen im Abwasser

3.1.1 Wissensstand bezüglich Parametern mit allgemeinen und spezifischen Anforderungen hoch

Gesetzliche Anforderungen und Massnahmen in den Betrieben haben dazu geführt, dass die Belastung der Gewässer über die letzten vier Jahrzehnte deutlich abnahm. **Abb. 2** zeigt diese Abnahme exemplarisch anhand der Chrom- und Nickel-Gehalte im Klärschlamm von Schweizer ARA. Beide Stoffe stammen typischerweise aus Betrieben.

Die zuständige Behörde und/oder die Betriebe überwachen die Summenparameter und Einzelstoffe gemäss Anhang 3.2 GSchV Ziffern 2 und 3 periodisch. Deren Konzentrationen und Frachten sind den Behörden daher bekannt. Gemäss Rückmeldung der kantonalen Vollzugstellen halten die Betriebe diese Vorgaben in der Regel gut ein.

Auch ARA werden überwacht und die Einhaltung der Anforderungen (gemäss Anhang 3.1 GSchV) mit periodischen Messungen (alle 4 bis 7 Tage) überprüft. Daher fallen Betriebsstörungen und Betriebsbeeinträchtigungen der ARA auf und führen zu Massnahmen beim verursachenden Betrieb, sofern dieser identifiziert werden kann (Art. 7 Abs. 2 GSchV). Bei ARA, welche über online-Messungen (z.B. Ammonium, Nitrit, DOC) verfügen, lassen sich auch kurzzeitige Betriebsstörungen oder Betriebsbeeinträchtigungen gut erkennen, die in 24h-Sammelproben nicht sichtbar wären. Beispiele von Betriebsstörungen sind (eine umfassende Zusammenstellung gibt Anhang A3):

- Stossbelastungen durch gut abbaubare organische Stoffe oder durch Nährstoffe, wie Stickstoff (z.B. aus der Milch-/Fleischverarbeitung).
- pH-Stösse und/oder Schaumbildung (z.B. verursacht durch Reinigungsmittel).
- Hemmung der biologischen Prozesse (z.B. verursacht durch Desinfektionsmittel).

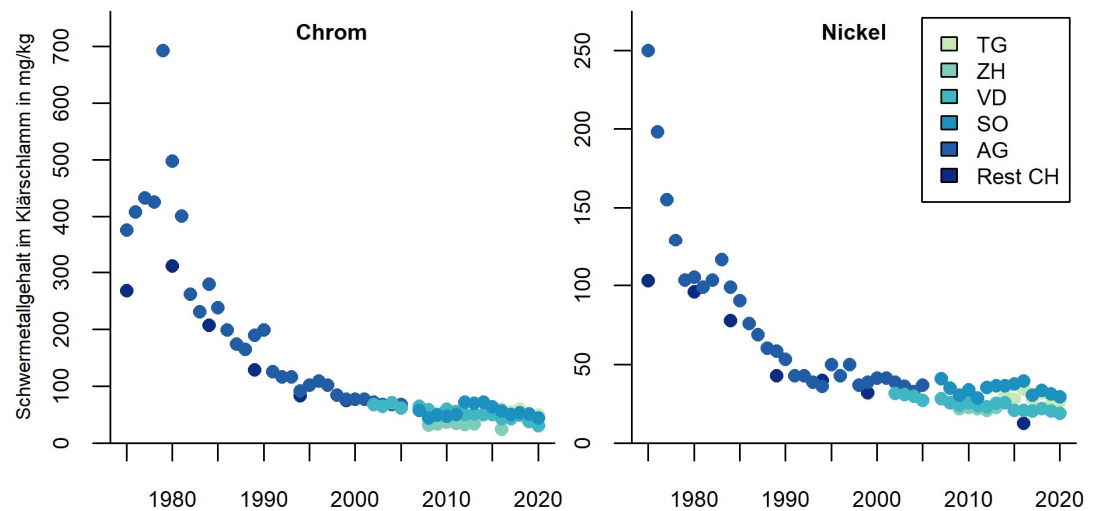


Abb. 2 Entwicklung der Gehalte an Chrom und Nickel im ARA-Klärschlamm (in mg Metall pro Kilogramm Schlamm) über die letzten 45 Jahre (Datenquellen³⁷).

Störungen der ARA müssen vermieden werden, da dies zu einer ungenügenden Reinigungsleistung führt. Besonders problematisch sind sie, wenn die ARA dadurch ihre Einleitwerte nicht mehr einhalten kann. In solchen Fällen gelangen Stoffe in die Gewässer, die normalerweise gut aus dem Abwasser eliminiert werden.

Parameter mit allgemeinen und besonderen Anforderungen werden periodisch überwacht. Konzentrationen und Frachten dieser Parameter sind daher bekannt. Deren Anforderungen an die Einleitung werden in der Regel eingehalten.

3.1.2 Beispiele von Mikroverunreinigungen in gereinigten Betriebsabwässern

An verschiedenen Standorten in der Schweiz, u.a. in den Kantonen Waadt, Basel-Landschaft, St. Gallen, Appenzell Innerrhoden und Aargau, Glarus und Zürich erfolgten Untersuchungen von ARA-Abläufen mit einem Fokus auf betriebliche Stoffeinleitungen (**Abb. 3**). Bei diesen Untersuchungen wurden jeweils zwischen 40 und rund 450 Mikroverunreinigungen ausgewertet. Zusätzlich erfolgten diverse Spezialuntersuchungen, wie beispielsweise im Kanton Tessin (Auswertung von Tagesmischproben über 56 Tage) oder im Kanton Zürich (Suspect und Non-Target Analytik).

³⁷ Daten stammen von: Amt für Umwelt Kanton Solothurn (2018) https://so.ch/fileadmin/internet/bjd/bjd-afu/12_Umweltdaten/08_Wasser/2_Gew%C3%A4sserschutz/WaARA_SchlammAnalyse.xlsx [6.2.2020]; Amt für Umwelt Kanton Thurgau (2018) <https://umwelt.tg.ch/abwasser-und-anlagensicherheit/abwasser/abwasserreinigung.html/12753> [10.02.2022]; Direction générale de l'environnement État de Vaud (2018) <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/> [10.02.2022]; ERZ (Entsorgung und Recycling Zürich), 2013. Klärschlammanalysen Klärwerk Werdhölzli; Külling, D.R., Stadelmann, F.X., Candinas, T. (2002). Nährstoffe und Schwermetalle im Klärschlamm 1975 – 1999. Agrarforschung Schweiz 9(5); Studiger, E. (2007). Wert- und Schadstoffe im Klärschlamm. Umwelt Aargau Nr. 37.

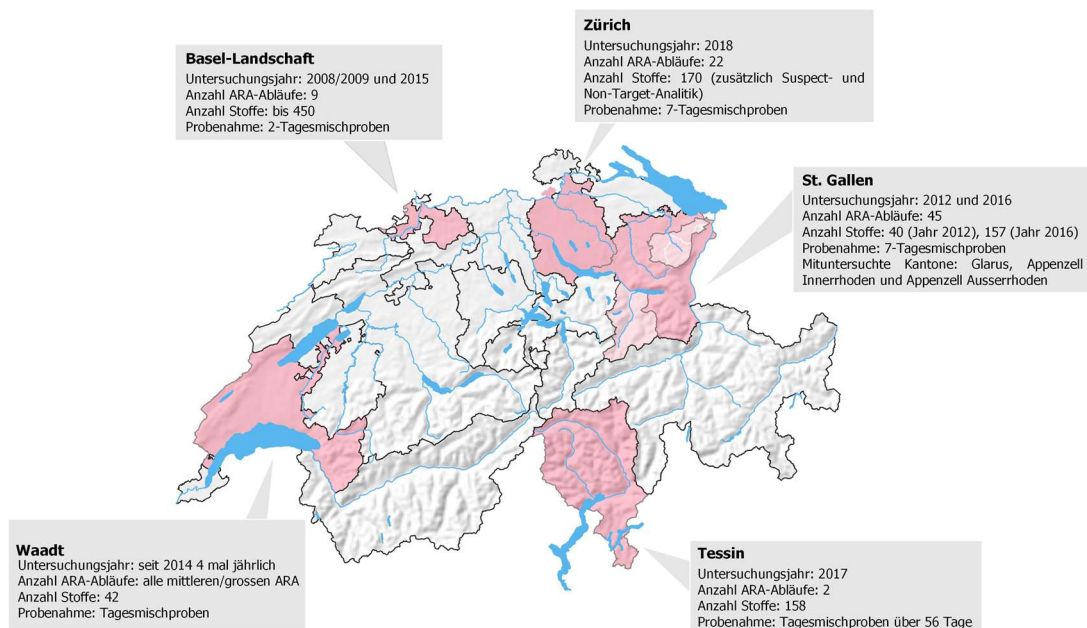


Abb. 3 Übersicht über Untersuchungen der ARA-Abläufe in den Kantonen VD, BL und SG. Weitere Informationen dazu sind in den jeweiligen Berichten verfügbar: VD³⁸, BL^{39,40}, SG^{41,42,43,44}, TI⁴⁵, ZH⁴⁶. Bei den Untersuchungen des Kantons SG wurden auch ARA aus den Kantonen Appenzell Innerrhoden (AI), Appenzell Ausserrhoden (AR) und Glarus (GL) mit untersucht. Quelle der Schweiz-Karte: Bundesamt für Landestopographie.

³⁸ Siehe <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/> [7.12.2020].

³⁹ Mikroverunreinigungen in Baselbieter Oberflächengewässern. Untersuchungsergebnisse 2008/2009. https://www.basel.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/wasser/oberflachengewasser/publikationen/gewasser/downloads/mikroverunreinigungen_bl-ofg_2008-2009.pdf/@download/file/mikroverunreinigungen_bl-ofg_2008-2009.pdf [6.2.2020].

⁴⁰ Mikroverunreinigungen in Baselbieter Oberflächengewässern Untersuchung 2015. https://www.basel.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/wasser/oberflachengewasser/publikationen/gewasser/downloads/bericht-mikroverunreinigungen-untersuchungskampagn.pdf/@download/file/Bericht_Mikroverunreinigungen_Untersuchungskampagne_2015.pdf [6.2.2020].

⁴¹ Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen. (2013). Spurenstoffe im Abwasser – Suche nach relevanten Emissionsquellen, Ergebnisse der Messkampagne 2012. <https://www.llv.li/files/au/2013-afu-stgallen-spurenstoffe-im-abwasser.pdf> [6.2.2020].

⁴² Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen (2016). Mikroverunreinigungen in Abläufen von Abwasserreinigungsanlagen – Suche nach relevanten Emissionsquellen, Ergebnisse der Messkampagne 2016. <https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sserqualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20in%20Abl%C3%A4ufen%20von%20ARA%20-%20Ergebnisse%20der%20Messkampagne%202016.pdf> [6.2.2020].

⁴³ Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen. (2010). Mikroverunreinigungen im gereinigten Abwasser von kommunalen ARA - Messkampagnen 2009. [https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sserqualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20im%20gereinigten%20Abwasser%20von%20kommunalen%20ARA%20\(Messkampagnen%202009\).pdf](https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sserqualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20im%20gereinigten%20Abwasser%20von%20kommunalen%20ARA%20(Messkampagnen%202009).pdf) [12.5.2020].

⁴⁴ Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen. (2010). Mikroverunreinigungen im gereinigten Abwasser von kommunalen ARA - Kurzbericht zur Messkampagne vom Mai 2010. [https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sserqualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20im%20gereinigten%20Abwasser%20von%20kommunalen%20ARA%20\(Messkampagne%202010\).pdf](https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sserqualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20im%20gereinigten%20Abwasser%20von%20kommunalen%20ARA%20(Messkampagne%202010).pdf) [12.5.2020].

⁴⁵ Anliker, S., Patrick, M., Fenner, K., Singer, H. (2020). Quantification of active ingredient losses from formulating pharmaceutical industries and contribution to wastewater treatment plant emissions. Environ. Sci. Tech-nol. 54(23), 15046–15056.

⁴⁶ Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (2021). Mikroverunreinigungen: Messkampagne zu Belastungen aus Industrie und Gewerbe. https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/wasser-gewaesser/gewaesserschutz/abwasserreinigungsanlagen-ara/themen-und-projekte/2021_awel_bericht_mikroverunreinigung_industrie_und_Gewerbe.pdf [20.8.2021].

Für die Zuordnung eines Stoffbefunds im ARA-Ablauf zu einer betrieblichen Quelle wurden dabei die folgenden Kriterien angelegt:

- In einzelnen ARA-Abläufen erreichen die Konzentrationen eines oder mehrerer Stoffe auffällig hohe Werte im Vergleich zu anderen ARA.
- Ein oder mehrere Stoffe kommen ausschliesslich bei einer ARA vor.
- Auffällige Stoffe wurden über mehrere Untersuchungskampagnen wiederholt nachgewiesen.
- Gewisse Stoffgruppen wie Lösungsmittel oder Ausgangsstoffe für chemische Synthesen deuten auf eine ausschliesslich betriebliche Anwendung hin.
- Vorhandensein von Experteneinschätzungen mit entsprechendem Hintergrundwissen über in Betriebe verwendete Stoffe.
- Der einleitende Betrieb konnte durch Rückverfolgung eindeutig identifiziert werden.

Stoffe mit breiter Anwendung gelangen aus unterschiedlichen Quellen in die Gewässer (z.B. Benzotriazol⁴⁷, Melamin⁴⁸). Solche Befunde können in den allermeisten Fällen nicht eindeutig einer Punktquelle zugeordnet werden.

In **Abb. 4** sind ausgewählte Stoffbefunde dargestellt, die sicher oder mit hoher Wahrscheinlichkeit auf betriebliche Einleitungen zurückzuführen sind (siehe auch Anhang A4 für eine ausführliche Zusammenstellung der Daten). Das Spektrum an detektierten Stoffen ist breit und variiert je nach Standort und betrieblicher Tätigkeit im Einzugsgebiet. Es gab auch Fälle, bei denen gleich mehrere Stoffe in einem ARA-Ablauf auffällig waren (z.B. Wirkstoffe, Lösungsmittel, Abbauprodukte). Das Stoffspektrum umfasste:

- Arzneimittel: z.B. Naproxen, Indomethacin, Tramadol, Diclofenac
- Pflanzenschutzmittel / Biozide: z.B. Metolachlor, Diuron, Carbendazim
- Lösungsmittel: z.B. Mono-, Di-, Triglyme, 1,4-Dioxan
- Weitere Stoffe: z.B. Ausgangsstoffe für chemische Synthesen wie Tetradecansäure oder N,N-Dimethylurethan
- Unbekannte Stoffe

Diese Befunde umfassen sowohl Stoffe, die als nicht gut biologisch abbaubar eingestuft sind (z.B. EDTA, MTBE), als auch Stoffe, die als gut biologisch abbaubar eingestuft sind (z.B. Diglyme, Triglyme). Es zeigt sich, dass auch gut abbaubare Stoffe bei einer stossweisen Einleitung von grossen Mengen die ARA vorübergehend überlasten können. Im Weiteren sind unter den Befunden auch Stoffe mit ökotoxischer Wirkung (z.B. Diuron, Carbendazim). Solche Stoffe können bereits in kleinen Konzentrationen negative Effekte auf die Wasserlebewesen entfalten.

Die Beispiele in **Abb. 4** zeigen Stoffeinleitungen aus einzelnen Betrieben von bis zu 2 Kilogramm pro Tag. Die mit Abstand höchste Fracht erreichte EDTA: die registrierte Tagesfracht belief sich in diesem Fall auf rund 48 Kilogramm. In nachfolgenden Messungen waren die Konzentrationen dieses Stoffes zwar noch immer erhöht, aber aufgrund getroffener betrieblicher Massnahmen deutlich geringer.

Bei allen Messungen handelt es sich um Momentaufnahmen von wenigen Tagen. Einige Stoffe wurden wiederholt im gleichen ARA-Ablauf nachgewiesen, oder führten zu Meldefällen an der Rheinüberwachungsstation (RÜS) in Weil am Rhein bei Basel (siehe Kapitel 3.2.1).

⁴⁷ Götz, Ch., Kobler, B. (2016). Mikroverunreinigungen im Zugersee – Überprüfung eines regionalen Entwässerungskonzepts mithilfe einer Spurenstoffbilanzierung.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiltz_6Morzu-AhXlzlUKHcE4DewQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.zg.ch%2Fbehoerden%2Fbaudirektion%2Famt-fuer-umwelt%2Fa-bis-z-publikationen%2Fberichte%2Fwasser%2Fmikroverunreinigungen-im-zugersee-fachartikel-aqua.pdf&usq=AOvVaw0hWCUYudhbqHrNVOfu3oU6 [27.1.2021].

⁴⁸ Faktenblatt Melamin und Melaminharze. Arcadis Schweiz AG, 2020.

Das deutet darauf hin, dass Stoffeinträge wiederholt erfolgen. In einer neueren Untersuchung⁴⁹ konnte für sechs Stoffe, aus einem Pharmabetrieb stammend, eine wiederkehrende Einleitung über einen Zeitraum von drei Jahren nachgewiesen werden. Je nach Eintragungshäufigkeit können dadurch beträchtliche Mengen zusammenkommen. Wird beispielsweise 1 Kilogramm eines Wirkstoffs einmal wöchentlich eingeleitet, entspricht dies einer Jahresfracht von 52 Kilogramm. Oder anders ausgedrückt: bei einem Arzneimittel mit einem Wirkstoffgehalt von 50 mg pro Tablette entsprechen 52 Kilogramm rund 1 Million Tabletten.

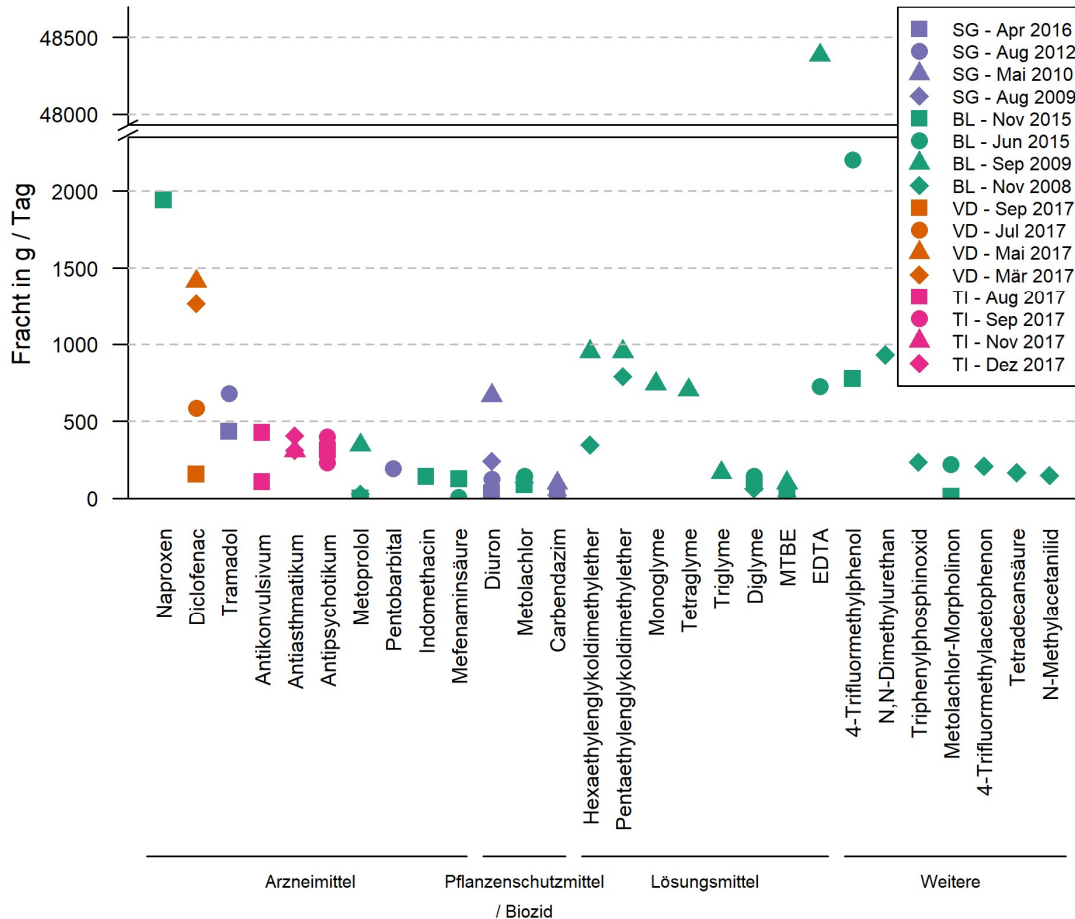


Abb. 4 Stoffbefunde in ARA-Abläufen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine betriebliche Quelle zurückzuführen sind. Dargestellt sind die Stoffe mit den grössten Frachten (> 100 Gramm pro Tag) der Messkampagnen aus den Kantonen St. Gallen (wurden auch ARA der Kantone AI, AR und GL miterfasst), Basel-Landschaft und Waadt. Eine ausführliche Zusammenstellung der Daten ist im Anhang A4 gegeben.

Mit dem gereinigten Betriebsabwasser können auch viele unbekannte Stoffe in die Gewässer gelangen. Dies zeigen neuste Untersuchungen mittels Spezialanalytik. Diese Analytik erfasst Massen, welche zu intensiven Signalen führen. Damit konnten in einem ARA-Ablauf über 1'700 unbekannte Stoffe detektiert werden, die auf einen herstellenden Pharmabetrieb zurückzuführen waren⁵⁰. Darunter gab es Stoffe, die in grossen Mengen eingeleitet wurden, wie beispielsweise: 43 Kilogramm Trimethylamin pro Tag, 3.8 Kilogramm Methenamid pro Tag, oder 1.2 Kilogramm Pentoxiverin pro Tag. In einer anderen Untersuchung⁵¹ wurden mit

⁴⁹ Anliker, S., Loos, M., Comte, R., Ruff, M., Fenner, K., Singer, H. (2020). Assessing Emissions from Pharmaceutical Manufacturing Based on Temporal High-Resolution Mass Spectrometry Data. Environ. Sci. Technol. 2020, 54, 7, 4110-4120.

⁵⁰ Anliker, S., Loos, M., Comte, R., Ruff, M., Fenner, K., Singer, H. (2020). Assessing Emissions from Pharmaceutical Manufacturing Based on Temporal High-Resolution Mass Spectrometry Data. Environ. Sci. Technol. 2020, 54, 7, 4110-4120.

⁵¹ Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (2021). Mikroverunreinigungen: Messkampagne zu Belastungen aus Industrie und Gewerbe. https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/wasser-gewaesser/gewaesserschutz/abwasserreinigungsanlagen-ara/themen-und-projekte/2021_awel_be-richt_mikroverunreinigung_industrie_und_Gewerbe.pdf [27.1.2021].

dieser Spezialanalytik in Kombination mit einer Clusteranalyse verschiedene ARA-Abläufe miteinander verglichen (für weitergehende, methodische Informationen wird auf den Projektbericht verwiesen). Die Resultate haben bei einigen ARA auf eine spezielle Abwasserzusammensetzung hingedeutet, die nun weiter untersucht werden.

Nachfolgend wird auf ausgewählte Stoffbefunde vertieft eingegangen (siehe auch **Tab. 2**).

- **Tramadol (Schmerzmittel):** Bei Untersuchungen im Jahr 2012 wie auch 2016 wurden erhöhte Tramadol-Konzentrationen von 24 µg/L beziehungsweise 43 µg/L im ARA-Ablauf festgestellt. Diese Werte lagen deutlich über der medianen Ablaufkonzentration von 0.3 bis 0.4 µg/L für alle untersuchten ARA. Die gemessenen Konzentrationen entsprachen einer Fracht von 430 bis 680 g/Tag. Der Pharmabetrieb, welcher diesen Wirkstoff herstellt, wurde identifiziert und die Einleitung von Tramadol durch Massnahmen bei der betrieblichen Abwasservorbehandlung deutlich reduziert.
- **Metoprolol (Blutdrucksenker):** Im Jahr 2009 wurden erhöhte Metoprolol-Konzentrationen von 1000 µg/L im ARA-Ablauf festgestellt. Dieser Wert liegt deutlich über der medianen Ablaufkonzentration von 1 µg/L für alle untersuchten ARA. Die erhöhte Fracht von rund 345 g/Tag entsprach rund einem Drittel der täglichen Metoprolol-Fracht im Rhein bei Basel (zirka 900 g/Tag für die Jahre 2015-2018; **Abb. 7**). Der verarbeitende Pharmabetrieb konnte identifiziert und entsprechende Massnahmen bei der betrieblichen Abwasservorbehandlung getroffen werden. In der gleichen Messkampagne waren bei der gleichen ARA Clopidogrel (13 g/Tag), Ticlopidin (200 mg/Tag) und weitere Stoffe auffällig.
- **Diclofenac (Entzündungshemmer):** In den Jahren 2015 bis 2017 wurden erhöhte Diclofenac-Konzentrationen von bis zu 220 µg/L festgestellt mit entsprechenden Frachten im Ablauf dieser ARA von bis zu 1500 g/Tag. Durch Anpassungen der betrieblichen Abwasservorbehandlung im einleitenden Pharmabetrieb konnten diese Einleitungen deutlich gesenkt werden, so dass zwischen 2018 und 2019 die Konzentrationen unter 50 µg/L und die Frachten unter 400 g/Tag lagen. Im Vergleich dazu betrug die durchschnittliche Fracht aller untersuchten ARA 8.2 g/Tag. Diese stammt hauptsächlich aus den Haushalten.
- **Diuron (Herbizid):** Diuron war im Ablauf mehrerer ARA wiederholt auffällig: die Konzentrationen lagen im Bereich von 0.5 bis 43 µg/L. Verglichen mit einer medianen Ablaufkonzentration von 0.09 µg/L von unauffälligen ARA sind diese Werte deutlich erhöht und ergaben Frachten im Bereich von 6 bis 670 g/Tag. Gleichzeitig war bei diesen ARA auch die Carbendazim-Konzentration erhöht. Beide Stoffe sind sehr toxisch. Für Diuron wurde dabei bei Niedrigwasser die ökotoxikologische numerische Anforderung für Oberflächengewässer von 0.07 µg/L für andauernde Belastung (Anh.2 Ziff. 11 Abs. 3 GSchV) im Gewässer überschritten. Dieser Wert gilt seit 2020. Diese Stoffeinträge konnten auf verschiedene betriebliche Einleiter (Hersteller und Anwendungsbetriebe des Wirkstoffs) zurückgeführt werden. Durch gezielte Verbesserung der innerbetrieblichen Abwasservorbehandlung konnten die Einleitmengen um über 90% reduziert werden.
- **Lösungsmittel wie Monoglyme (741 g/Tag), Diglyme (62 bis 142 g/Tag), Triglyme (166 g/Tag), Tetraglyme (701 g/Tag) oder Methyl-tert-butylether (MTBE; bis 700 g/Tag)** waren im Ablauf verschiedener ARA wiederholt auffällig. Durch MTBE und Tetraglyme wurden in den Jahren 2013, 2014, 2016 und 2017 RÜS-Meldungen ausgelöst (**Abb. 7**). Dabei handelt es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit um betriebliche Einleitungen. Ob diese Befunde zu betrieblichen Massnahmen führten ist nicht bekannt.

Tab. 2 Beispiele an Stoffeinleitungen aus Betrieben. Auf diese Beispiele wird im Text vertieft eingegangen.

Beispiel detektierter Stoff	Verwendung	g pro Tag	Herkunft	Massnahme
Tramadol	Schmerzmittel	430-680	Pharmazeutische Industrie	Abwasservorbehandlung
Metoprolol	Blutdrucksenker	345	Pharmazeutische Industrie	Abwasservorbehandlung
Diclofenac	Entzündungshemmer	bis zu 1500	Pharmazeutische Industrie	Abwasservorbehandlung
Pentoxyverin	Hustenstiller	Bis zu 1'200	Pharmazeutische Industrie	Unbekannt
Diuron	Herbizid	6-670	Verschiedene betriebliche Quellen (u.a. Mischen von Farben)	Abwasservorbehandlung
Monoglyme Diglyme Triglyme Tetraglyme MTBE	Lösungsmittel	741 62-142 166 701 700	Chemisch-pharmazeutische Industrie	Unbekannt
PFBS PFOS	Perfluorierte Tenside	1 5	Metalloberflächenbehandlung/Galvanik	Ersatz der Stoffe

In den kantonalen Messkampagnen wurden auch Stoffeinleitungen unter 100 g pro Tag festgestellt. Folgende sind hervorzuheben, weil sie besonders problematisch (toxisch) sind (diese sind in **Abb. 4** nicht abgebildet):

- Nitrosamine: Im Ablauf mehrerer ARA wurden erhöhte Nitrosamin-Konzentrationen gefunden, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf betriebliche Einleitungen zurückzuführen sind: N-Nitrosomorpholin (3 µg/L)⁵², N-Nitrosodimethylamin (2.5 µg/L), N-Nitrosopiperidin (0.5 µg/L)⁵³ und N-Nitrosomorpholine (3 µg/L)⁵⁴. Nitrosamine werden international als wahrscheinlich krebserregend eingestuft⁵⁵. Ob diese Nitrosamine bereits im Betrieb

⁵² Mikroverunreinigungen in Baselbieter Oberflächengewässer Untersuchungsergebnisse 2008/2009. https://www.basel-land.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/wasser/oberflachengewasser/publikationen/gewasser/downloads/mikroverunreinigungen_bl-ofg_2008-2009.pdf/@@download/file/mikroverunreinigungen_bl-ofg_2008-2009.pdf [6.2.2020].

⁵³ Mikroverunreinigungen im gereinigten Abwasser von kommunalen ARA. Kurzbericht zur Messkampagne vom Mai 2010 [https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sser-qualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20im%20gereinigten%20Abwasser%20von%20kommunalen%20ARA%20\(Messkampagne%202010\).pdf](https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sser-qualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20im%20gereinigten%20Abwasser%20von%20kommunalen%20ARA%20(Messkampagne%202010).pdf) [7.2.2020].

⁵⁴ Mikroverunreinigungen in Baselbieter Oberflächengewässer Untersuchungsergebnisse 2008/2009. https://www.basel-land.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/wasser/oberflachengewasser/publikationen/gewasser/downloads/mikroverunreinigungen_bl-ofg_2008-2009.pdf/@@download/file/mikroverunreinigungen_bl-ofg_2008-2009.pdf [6.2.2020].

⁵⁵ Siehe: <https://www.who.int/news/item/20-11-2019-information-note-nitrosamine-impurities> [10.02.2022].

oder erst auf der ARA gebildet wurden, ist unklar. Gemäss einer breit angelegten Messkampagne⁵⁶ kann beides vorkommen.

- Perfluorierte Tenside: Die Konzentrationen von Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) und Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) lagen im Ablauf einer ARA mit 0.14 µg/L (PFBS) und 0.62 µg/L (PFOS) deutlich über den medianen Ablaufkonzentrationen von 0.02 µg/L (PFBS) und 0.07 µg/L (PFOS) von unauffälligen ARA. Die resultierenden Tagesfrachten lagen bei 1 g pro Tag (PFBS) und rund 5 g pro Tag (PFOS). Die Einleitung konnten auf einen Betrieb im Bereich Oberflächenbehandlung/Galvanik zurückgeführt werden. Obwohl für diese Produktion der Einsatz von PFOS zulässig ist, hat sich der Betrieb nach der Information durch die Behörde für einen Verzicht entschieden. Trotz Reinigung der Anlagen war noch einige Zeit PFOS nachweisbar. Obwohl diese Mengen im Vergleich zu den oben genannten Beispielen als nicht sehr hoch erscheinen, traten lokal im Gewässer Überschreitungen des chronischen Umweltqualitätskriteriums von 2 ng/L⁵⁷ auf. Diese Stoffe sind aufgrund ihrer Langlebigkeit (Persistenz), Bioakkumulation und Human- und Ökotoxizität besonders relevant⁵⁸. Daher ist PFOS sowohl international (POP-Konvention) wie auch national sehr starken Anwendungsbeschränkungen unterworfen.

Das Spektrum an detektierten Stoffen im gereinigten Betriebsabwasser reicht von Arzneimitteln über Biozide bis hin zu Lösungsmitteln und weiteren Stoffen wie Ausgangsstoffe für die chemische Synthese. Weitere Beispiele mit vielen unbekannten Stoffen im gereinigten Betriebsabwasser sind bekannt. Die nachgewiesenen, eingeleiteten Stoffmengen betragen bis zu über einem Kilogramm pro Tag. Darunter sind Stoffe, die wiederholt und über einen längeren Zeitraum in die Gewässer gelangen. Stoffbefunde führen in der Regel zu behördlich angeordneten betrieblichen Massnahmen, wodurch die Stoffeinträge deutlich zurückgehen.

3.2 Beispiele von Mikroverunreinigungen aus Betrieben in den Gewässern

Die Schweiz dokumentiert und beurteilt den Zustand und die Entwicklung der Schweizer Oberflächengewässer jährlich im Rahmen der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA)⁵⁹. Zwei Messstellen erfassen betriebliche Stoffeinträge: die Rheinüberwachungsstation (RÜS) in Weil am Rhein bei Basel (eine vom Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt betriebene Hauptmessstelle der IKSR) und die Messstelle bei Porte du Scex vor der Einmündung der Rhone in den Genfersee. Rund 20% des Schweizer Trinkwassers wird aus Oberflächengewässern gewonnen (insbesondere aus dem Rhein und den grossen Seen wie Bieler-, Boden-, Genfer- oder Zürichsee); rund 80% stammt aus Grundwasser⁶⁰. Daher erfasst die Nationale Grundwasserbeobachtung (NAQUA) an knapp 550 Messstellen die Qualität des Grundwassers⁶¹. Teilweise werden dabei auch Stoffe aus Betrieben (z.B. 1,4-Dioxan) systematisch untersucht.

⁵⁶ M. Krauss, P. Longrée, F. Dorusch, Ch. Ort, J. Hollender (2009). Occurrence and removal of N-nitrosamines in wastewater treatment plants. Water Research, 43, 4381–4391.

⁵⁷ Gemäss Qualitätskriterienvorschlag des Oekotoxizitätszentrums; <https://www.oekotoxizitaet.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxizitaet/> [3.2.2022].

⁵⁸ Siehe: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/chemikalien/fachinformationen/internationales-chemikalien/stockholmer-pop-uebereinkommen-ueber-persistente-organische-scha.html> [5.5.2020].

⁵⁹ Siehe: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/zustand/wasser-messnetze/nationale-beobachtung-oberflaechengewasserqualitaet-nawa-.html> [10.2.2020].

⁶⁰ BAFU (Hrsg.) 2019: Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Stand 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1901: 138 S. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/uz-umwelt-zustand/zustandundentwicklunggrundwasserschweiz.pdf.download.pdf/UZ-1901-D_NAQUA.pdf [13.4.2020]

⁶¹ Siehe: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/zustand-der-gewaesser/zustand-des-grundwassers/nationale-grundwasserbeobachtung-naqua.html> [13.4.2020]



Abb. 5 Übersicht über das erfasste Einzugsgebiet durch die Rheinüberwachungsstation in Weil bei Basel und durch die Messstelle an der Porte du Scex. Quelle der Schweiz-Karte: Bundesamt für Landestopographie.

Betriebliche Stoffeinträge in die Gewässer erfolgen stossweise oder kontinuierlich. In **Abb. 6** ist je ein Beispiel dazu gegeben, erfasst an der RÜS bei Basel (weitere Informationen zur RÜS folgen im Kap. 3.2.1):

- 3-Chlor-5-(trifluormethyl)pyridin-2-carbonsäure wurde im Jahr 2020 zweimal stossweise eingeleitet und hat im April 2020 zu einer RÜS-Meldung geführt. Dadurch gelangten insgesamt über 700 Kilogramm dieses Stoffes in den Rhein. Der Einleiter wurde identifiziert. Durch eine gezielte Behandlung dieses Abwasserstroms im Betrieb konnten die Stoffeinträge in den Rhein stark reduziert werden.
- Bei kontinuierlichen Einleitungen wird ein Stoff über eine längere Zeit in die Gewässer eingeleitet. Tetracarbonitrilpropen ist ein solches Beispiel. Im Jahr 2014 gelangten rund 20 Tonnen dieses Stoffes in den Rhein, was zu wiederholten Meldungen an der RÜS führte (Einleitungen bereits vor 2014 sind wahrscheinlich, wurden aber nicht analytisch erfasst). Der Rückgang dieser Einleitungen wurde durch eine schrittweise Anpassung bei der betrieblichen Abwasserbehandlung erreicht, d.h. die deutliche Reduktion um mehr als 80% gelang trotz laufender Produktion. Solche kontinuierlichen Einleitungen sind grundsätzlich schwieriger zu erkennen, weil starke Konzentrationsveränderungen – wie dies bei stossweisen Einleitungen der Fall ist – ausbleiben.

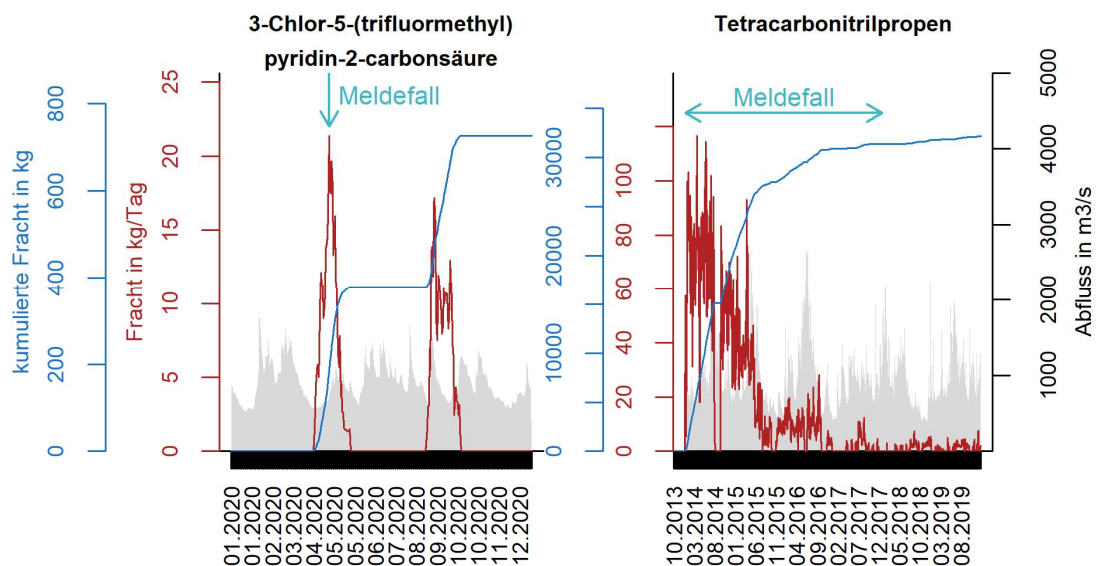


Abb. 6 Beispiele von Stoffeinleitungen in den Rhein gemessen an der Rheinüberwachungsstation (RÜS) bei Basel⁶². 3-Chlor-5-(trifluormethyl)pyridin-2-carbonsäure (links) fielen im Jahr 2020 durch ihr Signalmuster auf, welches auf eine stossweise Einleitung hindeutet. Diese Substanz war zu Beginn unbekannt, ihre Struktur konnte jedoch aufgeklärt werden. Tetracarbonitrilpropen (rechts) ist ein Beispiel für eine kontinuierliche Einleitung. Hellgrau hinterlegt ist der Rheinabfluss [m^3/sec].

Die beiden Gewässer-Messstellen RÜS und Porte du Scex können u.a. betriebliche Einleitungen von Mikroverunreinigungen systematisch erfassen. Im Rahmen der nationalen Grundwasserbeobachtung werden einzelne Stoffe wie z.B. 1,4-Dioxan ebenfalls systematisch erhoben. Daten der RÜS zeigen, dass betriebliche Einleitungen entweder (wiederkehrend) stossweise oder kontinuierlich erfolgen.

3.2.1 Rhein bei Basel

Der Rhein versorgt rund 30 Millionen Menschen direkt oder indirekt mit Trinkwasser⁶³. Die Rheinüberwachungsstation (RÜS) wird seit 1993 als Folge eines Chemiebrands auf dem Industrieareal Schweizerhalle (1986) betrieben und 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. Denn die RÜS überwacht rund 680 Parameter mehr als die Hälfte davon täglich. Heute verfügt die RÜS mit einem HPLC-HRMS (Flüssigchromatographie gekoppelt an hochauflösende Massenspektrometrie) mit automatischer Auswertung über modernste Analytik. Sie überwacht damit täglich über 500 wasserlösliche Einzelstoffe und sucht zudem nach unbekannten Mikroverunreinigungen⁶⁴. Die automatische Datenauswertung identifiziert dabei schnell ansteigende Konzentrationsverläufe. Überschreiten diese gewisse Schwellen, wird zum Schutz der rheinabwärts liegenden Trinkwasserversorgungen eine Meldung (ab $1 \mu\text{g/L}$ für organische Stoffe und ab $0.1 \mu\text{g/L}$ für Wirkstoffe) beziehungsweise ein Alarm (ab $3 \mu\text{g/L}$ für organische Stoffe und ab $0.3 \mu\text{g/L}$ für Wirkstoffe) ausgelöst⁶⁵. Solche Ereignisse führen zum Schutz der flussabwärts liegenden Trinkwasserfassungen zu raschen betrieblichen Massnahmen.

⁶² Daten: Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS); <https://www.aue.bs.ch/umweltanalytik/rheinueberwachungsstation-weil-am-rhein.html> [15.5.2020].

⁶³ Siehe: <https://www.iksr.org/de/> [12.5.2020].

⁶⁴ Siehe: <https://www.aue.bs.ch/umweltanalytik/rheinueberwachungsstation-weil-am-rhein.html> [29.1.2021].

⁶⁵ Gemäss IKS R ist das «Ziel des Warn- und Alarmsystems [...] plötzlich im Rheineinzugsgebiet auftretende Verunreinigungen mit Wasser gefährdenden Stoffen, die in ihrer Menge oder Konzentration die Gewässergüte des Rheins nachteilig beeinflussen könnten, weiter zu melden und die zur Bekämpfung von Schadensereignissen zuständigen Behörden und Stellen weitestgehend unter Nutzung des Rheinalarmmodells (Fließzeitmodell) zu warnen». Siehe auch:

Die meisten Meldefälle sind auf stossweise Einleitungen durch grosse Unternehmen mit entsprechend hohen Stoffumsätzen zurückzuführen⁶⁶. Kontinuierliche Einleitungen verursachen weniger Meldefälle, da diese – aufgrund der ausbleibenden starken Konzentrationsveränderungen – schwieriger zu detektieren sind.

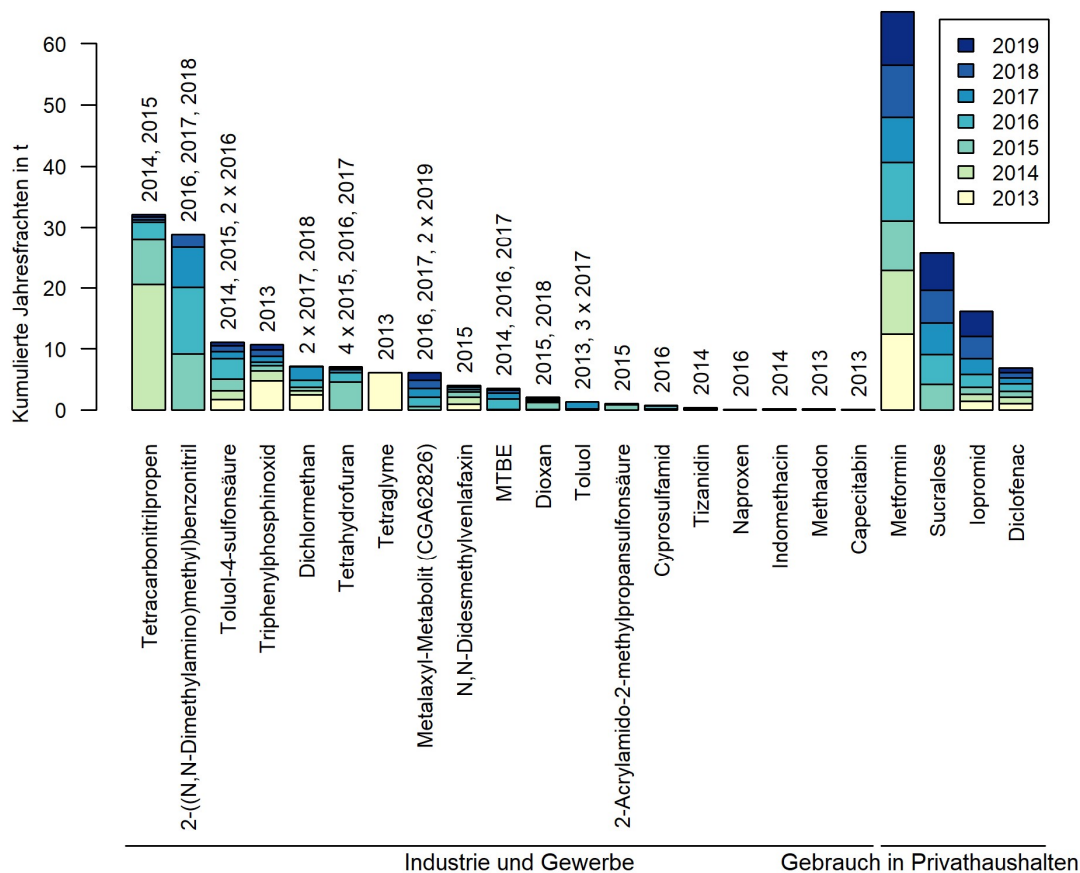


Abb. 7 Aufsummierte Jahresfrachten von einigen Stoffen betrieblicher Herkunft, die zwischen 2013 und 2019 an der RÜS zu einem Meldefall geführt haben⁶⁷. Im Vergleich dazu sind vier ausgewählte Stoffe dargestellt (rechts), welche hauptsächlich aus dem kommunalen Abwasser stammen. Das Jahr beziehungsweise die Jahre des Meldefalls sind über dem Balken angegeben. Es ist darauf hinzuweisen, dass in dieser Abbildung die Messbefunde gezeigt sind. Das heisst: ein fehlender Messbefund bedeutet nicht zwingendermassen, dass der Stoff nicht vorhanden war. Denn nicht alle gezeigten Stoffe wurden über den gesamten, angegebenen Zeitraum analysiert (z.B. für Sucralose erfolgte im Jahr 2013 keine Analyse). Detailliertere Informationen zu den einzelnen Meldefällen und dem dazugehörigen Zeitprofil inklusive der jeweiligen Messzeiträume gibt Anhang A5.

In **Abb. 7** sind die Stoffbefunde an der RÜS für den Zeitraum von 2013 bis 2019 dargestellt, welche auf betriebliche Einleitungen zurückzuführen sind. Es ist darauf hinzuweisen, dass ein fehlender Messbefund nicht zwingendermassen bedeutet, dass der Stoff nicht vorhanden war. Denn nicht alle gezeigten Stoffe wurden über den gesamten, angegebenen Zeitraum analysiert (z.B. für Sucralose erfolgte im Jahr 2013 keine Analyse). Im Anhang A5 sind die Meldefälle von betrieblichen Einleitungen bei der RÜS für die Jahre 2013-2020 tabellarisch zusammengestellt und die dazugehörigen Zeitprofile inklusive der jeweiligen Messzeiträume dargestellt.

<https://www.aue.bs.ch/dam/jcr:1f6abe2f-6010-49a1-9c8b-4f3720b82766/Warn-%20und%20Alarmplan%20Rhein-rev.13.06.2016.pdf> [27.1.2021].

⁶⁶ M. Ruff, H. Singer, St. Ruppe, J. Mazacek, R. Dolf, C. Leu (2013). 20 Jahre Rheinüberwachung - Erfolge und analytische Neuausrichtung in Weil am Rhein. Aqua & Gas, Nr. 5, S. 16-25.

⁶⁷ Daten: Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS); <https://www.aue.bs.ch/umweltanalytik/rheinueberwachungsstation-weil-am-rhein.html> [15.5.2020].

Das Spektrum an detektierten Stoffen ist breit:

- Arzneimittel: z.B. Naproxen, Indomethacin, Methadon
- Lösungsmittel: z.B. Dichlormethan, Dioxan, Toluol, MTBE
- Zwischen-/Nebenprodukte: z.B. Tetracarbonitrilpropen, Metalaxyl-Metabolit
- Weitere Stoffe: z.B. Ausgangsstoffe für chemische Synthesen wie Toluolsulfonsäure
- Unbekannte Stoffe

Unter den Befunden hat es sowohl Stoffe, die als nicht gut biologisch abbaubar eingestuft sind (z.B. MTBE, 1,4-Dioxan), als auch solche, die als gut biologisch abbaubar eingestuft sind (z.B. Dichlormethan, Toluol). Es führen aber auch immer wieder neue, unbekannte Stoffe zu Meldungen. Dies erschwert die Quellenzuordnung zusätzlich, denn diese Stoffe müssen zuerst identifiziert werden.

Abb. 7 zeigt die jährlichen Frachten der Meldefälle, welche auf industrielle Einleitungen zurückzuführen sind. Diese Frachten sind sowohl von Jahr zu Jahr als auch von Stoff zu Stoff sehr variabel. Dies verdeutlicht die Dynamik der betrieblichen Einleitungen. Bei vielen der gezeigten Beispiele erfolgen die Einleitungen wiederkehrend. Dabei werden über wenige Tage verteilt grosse Stoffmengen eingeleitet (siehe auch **Tab. 3**). Beispiele sind:

- 5-10 Kilogramm pro Tag (während 14-28 Tagen) eines Arzneimittels wie Tizanidin (insgesamt 67 Kilogramm), Methadon (insgesamt 83 Kilogramm) oder Aliskiren (insgesamt 106 Kilogramm).
- 40-90 Kilogramm pro Tag (während 28-29 Tagen) eines Lösungsmittels wie Dichlormethan (insgesamt 1'181 Kilogramm) oder Tetrahydrofuran (insgesamt 2'730 Kilogramm).

Im Vergleich dazu zwei Stoffe, die hauptsächlich aus dem häuslichen Abwasser stammen:

- Metformin (Diabetesmedikament): Die Jahresfracht im Rhein bei Basel beträgt 8 bis 12 Tonnen.
- Iopromid (Röntgenkontrastmittel): Die Jahresfracht im Rhein bei Basel beträgt 1'100 bis 3'500 Kilogramm.

Tab. 3 Beispiele von wiederholten Einleitungen in den Rhein.

Beispiel detek- tierter Stoff	Verwendung	kg pro Tag	Herkunft	Massnahme
Tizanidin	Arzneimittel	4.8 (über 14 Tage; Jahr 2014)	Chemisch-pharmazeutische Industrie	Massnahmen getroffen
Methadon	Arzneimittel	4.8 (über 17 Tage; Jahr 2013)	Chemisch-pharmazeutische Industrie	Massnahmen getroffen
Aliskiren	Arzneimittel	9.6 (über 11 Tage; Jahr 2014)	Chemisch-pharmazeutische Industrie	Massnahmen getroffen
Dichlormethan	Lösungsmittel	42 (über 28 Tage; Jahr 2017)	Chemisch-pharmazeutische Industrie	Massnahmen getroffen
Tetrahydrofuran	Lösungsmittel	94 (über 29 Tage; Jahr 2015)	Chemisch-pharmazeutische Industrie	Massnahmen getroffen

Die RÜS erfasst jährlich eine Gesamtfracht von rund 130 Tonnen an organischen Stoffen. Darin enthalten sind über 500 wasserlösliche Einzelstoffe, die aus verschiedenen Quellen stammen. Im Vergleich dazu machen die Frachten der Meldefälle aus industriellen Punktquellen bis zu 25 Tonnen aus, was einem Frachtanteil von rund 20% aus industriellen Abwässern entspricht. Einzelne Stoffeinträge wie beispielsweise die dauerhafte Einleitung von Tetracarbonitrilpropen beeinflussen diesen Anteil sehr stark.

Nachfolgend wird auf ausgewählte Stoffbefunde vertieft eingegangen:

Beispiele von stossweisen (wiederkehrenden) Einleitungen (siehe Abb. 7):

- Triphenylphosphinoxid: Dieser Stoff wird bei der Produktion von Chemikalien eingesetzt und löste Mitte 2013 einen Meldefall aus. Die Jahresfracht konnte durch eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit mehreren Betrieben zwischen 2013 und 2015 von 4,7 Tonnen auf 0,8 Tonnen deutlich reduziert werden⁶⁸.
- Diverse Lösungsmittel, wie Dichlormethan, MTBE, Tetrahydrofuran oder Toluol kommen in verschiedensten Betrieben zum Einsatz und führten wiederholt zu Meldefällen. Nicht alle Einleitungen konnten der Quelle zugeordnet werden. Wo dies möglich war, wurden entsprechende betriebliche Massnahmen getroffen.
 - Dichlormethan: ein als gut biologisch abbaubar eingestuftes Lösungsmittel (die ARA-Biologie muss aber auf diesen Stoff adaptiert sein). Im Jahr 2017 fielen zwei stossweise Einleitungen an der RÜS auf. Insgesamt wurden 42 Kilogramm pro Tag über 28 Tage verteilt festgestellt. Dies entspricht einer Gesamtfracht von 1'200 Kilogramm. Weitere Einleitungen erfolgten in den Jahren 2013 und 2018.
 - Tetrahydrofuran: ein als gut biologisch abbaubar eingestuftes Lösungsmittel (die ARA-Biologie muss aber auf diesen Stoff adaptiert sein). Im Jahr 2015 erfasste die RÜS wiederholte Einleitung an Tetrahydrofuran. Dabei wurden insgesamt 2'700 Kilogramm über 29 Tage eingeleitet. Durch ein gezieltes Einleitmanagement mit Adaption der ARA-Biologie konnten Massnahmen getroffen werden.
 - Toluol: ein als gut biologisch abbaubar eingestuftes Lösungsmittel. Im Jahr 2017 fielen drei stossweise Einleitungen an der RÜS auf. Insgesamt wurden in diesem Jahr 1'600 Kilogramm über 35 Tage eingeleitet. Weitere Einleitungen erfolgten bereits im Jahr 2013.
 - 1,4-Dioxan: ein nicht gut abbaubares Lösungsmittel. Im Jahr 2015 erfasste die RÜS eine Einleitung von 1'200 Kilogramm über 24 Tage. Weitere Einleitungen folgten im 2018.
- 2-Phenyl-2-(2-piperidin)acetamid: Dieser Stoff fiel an der RÜS das erste Mal Anfang 2014 aufgrund des stark ansteigenden Intensitätsverlaufs auf, löste aber keinen Meldefall aus. Durch vertiefte Abklärungen konnten der Stoff sowie der einleitende Betrieb identifiziert werden. Es handelt sich um ein Zwischenprodukt bei der Synthese eines Arzneimittels, das in der biologischen Behandlung der ARA schlecht abbaubar ist. Die hochbelasteten Abwässer werden seither verbrannt, so dass die Stoffeinträge deutlich reduziert werden konnten⁶⁹.

Beispiele von kontinuierlichen Einleitungen:

- Tetracarbonitrilpropen: Dieser Stoff wurde kontinuierlich in grossen Mengen (3 bis 20 Tonnen pro Jahr) in den Rhein eingeleitet, und hat zwischen 2014 und 2017 wiederholt zu Meldungen an der RÜS geführt (**Abb. 6**). Abklärungen haben ergeben, dass es sich um ein Nebenprodukt bei der Herstellung eines Lebensmittelzusatzstoffes handelt. Das Abwasser wird seither mit Aktivkohle im Betrieb vorbehandelt. Dadurch hat sich die eingeleitete Fracht sehr stark reduziert⁷⁰. In den Folgejahren lagen die jährlichen Frachten bei rund 400 Kilogramm.

⁶⁸ Mazacek, J., Ruppe, St., Griesshaber, D., Langlois, I., Dolf, R., Singer, H., Leve, J., Hofacker, A., Leu, Ch. (2016). Vom Unfall zur präventiven Überwachung. Aqua & Gas, Nr. 11, S. 66-75.

⁶⁹ Ebd.

⁷⁰ Ebd.

- 2-((N,N-Dimethyl)aminomethyl)benzonitril: Dieser Stoff wurde kontinuierlich in grossen Mengen (rund 10 Tonnen pro Jahr) in den Rhein eingeleitet. Vertiefte Abklärungen haben ergeben, dass dieser Stoff aus der Produktion eines Pflanzenschutzmittels stammt. Die Abwässer aus dieser Produktion werden nun mit einer Fenton-Oxidation behandelt. Der Stoff wird dadurch weitestgehend aus dem Abwasser entfernt.
- Metalaxyl-Metabolit CGA 62826: Dieser Stoff wurde kontinuierlich in grösseren Mengen (rund 1.5 Tonnen pro Jahr) in den Rhein eingeleitet. Abklärungen haben ergeben, dass es sich dabei um einen Stoff aus der Produktion eines Pflanzenschutzmittels handelt. Die Abwässer aus dieser Produktion werden daher vor der Einleitung auf die ARA mit einem Fenton-Prozess oxidativ behandelt.
- Im Vergleich zu den vorangehenden Beispielen gelangen auch mit dem häuslichen Abwasser verschiedene Stoffe kontinuierlich in die Gewässer. Bekannte Beispiele sind: (i) Metformin (Diabetesmedikament), mit einer Jahresfracht von 8 bis 12 Tonnen, (ii) Sucralose (Süssstoff) mit einer Jahresfracht von 5 Tonnen, (iii) Iopromid (Röntgenkontrastmittel) mit einer Jahresfracht von 1.1 bis 3.5 Tonnen, und (iv) Diclofenac (nichtsteroidaler Entzündungshemmer) mit einer Jahresfracht von 1 Tonne.

Der Rhein versorgt rund 30 Millionen Menschen mit Trinkwasser. Die RÜS überwacht täglich über 500 wasserlösliche Einzelstoffe und sucht zudem nach unbekannten Mikroverunreinigungen. Das Spektrum an detektierten Stoffen im Rhein bei Basel, welche auf betriebliche Einleitungen zurückzuführen sind, 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. Die detektierten, eingeleiteten Stoffmengen belaufen sich auf bis zu 100 Kilogramm pro Tag. Darunter hat es Stoffe, die wiederholt und über einen längeren Zeitraum in die Gewässer gelangen. Es sind auch Fälle von kontinuierlichen Einleitungen bekannt, bei denen über ein Jahr verteilt bis zu 20 Tonnen eines einzelnen Stoffes aus einem einzelnen Betrieb in den Rhein gelangen. Solche kontinuierlichen Einleitungen sind jedoch schwierig zu erkennen, weil starke Konzentrationsveränderungen – wie dies bei stossweisen Einleitungen der Fall ist – ausbleiben. Meldungen an der RÜS führen zu behördlich angeordneten Massnahmen in den Betrieben. Dadurch nehmen die Stoffeinleitungen und die Meldefälle ab.

3.2.2 Rhone bei Porte du Scex

Der Genfersee dient für über 800'000 Menschen als Trinkwasserreservoir und wird zu drei Vierteln aus der Rhone gespeist⁷¹ (**Abb. 5**). Untersuchungen der Internationalen Kommission zum Schutz des Genfersees (CIPEL) wiesen 2004 und 2005 erhöhte Konzentrationen der Pflanzenschutzmittel Metalaxyl und Foramsulfuron in der Einströmtiefe der Rhone nach^{72,73}. Daher werden seit 2006 an der Messstation bei Porte du Scex neben diversen Summenparametern wie Nährstoffe und Schwermetalle zunehmend auch verschiedene Mikroverunreinigungen systematisch erfasst. Dazu gehören 115 Pflanzenschutzmittel, 37 pharmazeutische Wirkstoffe und deren Metaboliten, 2 Korrosionsinhibitoren und 2 Lösungsmittel^{74,75}. Eine non-target Analytik für unbekannte organische Stoffe wird nicht durchgeführt. Die Messungen erfolgen kontinuierlich auf Basis von Wochenmischproben. Zusätzlich werden an weiteren Standorten der Rhone entlang zwei bis dreimal jährlich Proben auf Pflanzenschutzmittel und pharmazeutische Wirkstoffe analysiert. Auf diese Weise überwacht der Kanton Wallis

⁷¹ Siehe: www.cipel.org [19.2.2019].

⁷² Bernard, M. (2018). Entwicklung der Wasserqualität in der Rhone und im Genfersee im Zusammenhang mit den industriellen und landwirtschaftlichen Aktivitäten. Cercl'Eau Tagung, 14. Juni 2018, Baden.

⁷³ Edder, P., Ortell, D., Ramseier, S., Chèvre, N. (2007). Métaux et micropolluants organiques dans les eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2006, 2007, p. 59-81. <https://www.cipel.org/wp-content/uploads/catalogue/camp06-06-metiaux-et-micropolluants-dans-leman.pdf> [10.02.2022].

⁷⁴ Bernard, M., Mange, P. (2017). Micropolluants dans les eaux du Rhône amont. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2016, 125-142. <https://www.cipel.org/wp-content/uploads/catalogue/8-micropolluants-camp-2015.pdf> [10.02.2022].

⁷⁵ Bernard, M., Fauquet, L., Mange, P. (2017). Micropolluants dans les eaux du Rhône amont. Rapp. Comm. int. prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2016, 2017, p. 125-142. <https://www.cipel.org/catalogue/suivi-des-micropolluants-dans-les-eaux-du-rhone-amont/> [10.02.2022].

die Entwicklung der Stoffeinträge in die Rhone sowie die Effizienz der getroffenen betrieblichen Massnahmen.

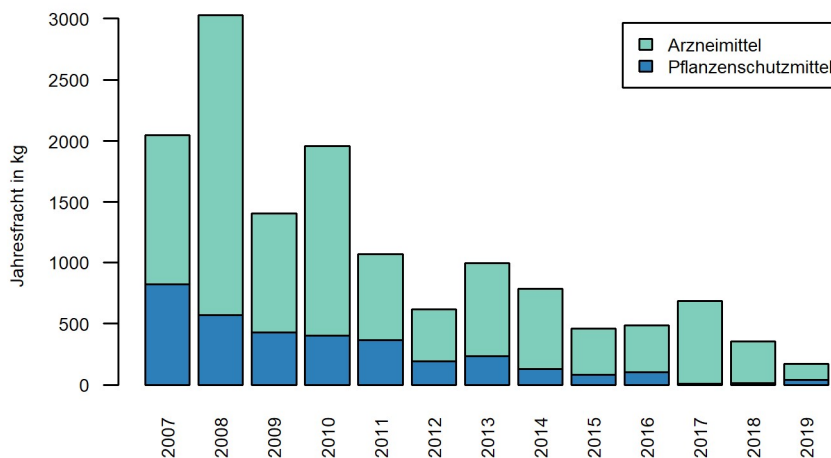


Abb. 8. Entwicklung der jährlichen Frachten der aus industrieller Produktion stammenden Pflanzenschutzmittel und pharmazeutischen Wirkstoffen in der Rhone (Quelle⁷⁶). Die Abnahme der Stoffeinträge ist auf die Festlegung von maximalen Tagesfrachten zurückzuführen, welche zu betrieblichen Massnahmen geführt haben (z.B. gezielte weitergehende Abwasserbehandlung oder -verbrennung).

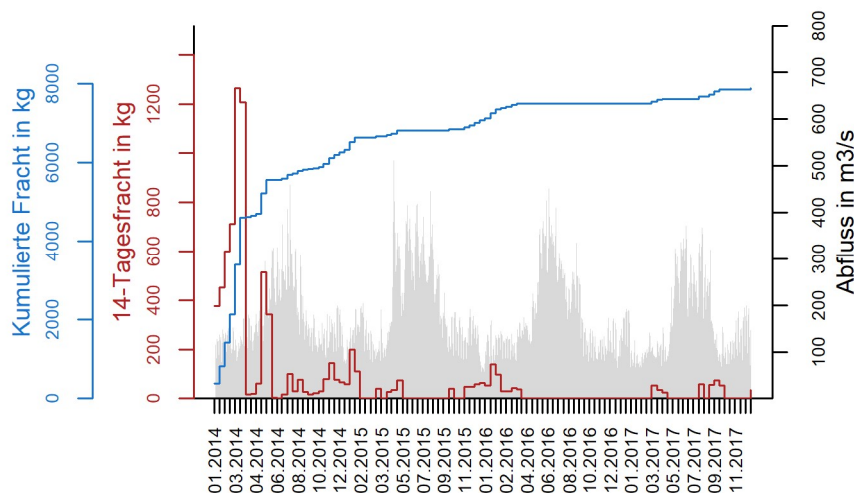


Abb. 9 Kumulierte 1,4-Dioxan-Frachten bei der Messstelle Porte du Scex über 14 Tage (blau) basierend auf Wochenmischproben. Die 14-tägige Fracht wurde auf eine mittlere Tagesfracht (rot) umgerechnet⁷⁷. Grau hinterlegt ist der Abfluss der Rhone bei der Messstelle Porte du Scex.

Seit 2008 haben die jährlichen Frachten der aus industrieller Produktion stammenden Pflanzenschutzmittel und pharmazeutischen Wirkstoffe in der Rhone stark abgenommen (**Abb. 8**). Die kumulierten Frachten lagen im Jahr 2008 deutlich über zwei Tonnen. Seither erfolgte

⁷⁶ Kanton Wallis, Dienststelle für Umwelt, Sion.

⁷⁷ Daten aus: Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2014/15/16/17

eine deutliche Reduktion. Im Rahmen der Gruppe «Strategie Mikroverunreinigungen – Wallis»⁷⁸ erfolgte eine Konkretisierung des Stands der Technik. Basierend darauf wurden numerische Anforderungen für Einzelstoffe definiert, welche unter anderem eine maximale Tagesfracht von 200 Gramm pro Wirkstoff vorschreibt.

1,4-Dioxan ist eines der beiden Lösungsmittel, die bei Porte du Scex ebenfalls überwacht werden. **Abb. 9** zeigt die 1,4-Dioxan-Frachten bei Porte du Scex für den Zeitraum von 2014 bis 2017. Insgesamt wurden im Jahr 2014 über 6 Tonnen 1,4-Dioxan in die Rhone eingeleitet. Durch betriebliche Massnahmen (Verbrennung der betroffenen Abwässer) konnten die 1,4-Dioxan-Einleitungen in den Folgejahren deutlich gesenkt werden. Es ist davon auszugehen, dass in den Jahren vor 2014 ebenfalls grosse Einleitungen an 1,4-Dioxan stattgefunden haben, denn im Genfersee wurde eine mittlere 1,4-Dioxan-Konzentration von 0.3 µg/L gemessen. Dies entspricht einer Gesamtmenge von rund 26 Tonnen 1,4-Dioxan im Genfersee⁷⁹. Durch die betrieblichen Massnahmen konnte die 1,4-Dioxan-Konzentration in den Folgejahren wieder kontinuierlich gesenkt werden.

Der Genfersee dient für über 800'000 Menschen als Trinkwasserressource und wird zu rund drei Vierteln aus der Rhone gespeist. Zur Überwachung der industriellen Stoffeinträge in die Rhone erfasst die Messstelle an der Porte du Scex kontinuierlich auf Basis von Wochenmischproben ausgewählte Mikroverunreinigungen aus betrieblichen Quellen. Dazu gehören Wirkstoffe und Lösungsmittel. Die Gesamtfracht der gemessenen Wirkstoffe betrug im Jahr 2008 rund drei Tonnen. Rund sechs Tonnen an 1,4-Dioxan gelangten im Jahr 2014 in die Rhone. Durch betriebliche Massnahmen sind diese Einleitungen in den Folgejahren deutlich zurückgegangen. Über weitere und insbesondere unbekannte betriebliche Stoffeinleitungen ist keine Aussage möglich, da keine non-target Analytik durchgeführt wird.

3.3 Weitere Oberflächengewässer

Nachfolgend sind weitere Beispiele für Stoffbefunde betrieblichen Ursprungs in Gewässern aufgelistet:

- Neben dem Genfersee wurden auch im Zürichsee 2017 erhöhte 1,4-Dioxan-Konzentrationen gemessen, während die 1,4-Dioxan-Konzentrationen im Bodensee, Bielersee und Vierwaldstättersee unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen (**Abb. 10**). Sowohl im Zürichsee als auch im Genfersee haben Massnahmen beim einleitenden Betrieb zu einer deutlichen Abnahme der 1,4-Dioxan-Konzentration in den Folgejahren geführt.
- Bei einem Screening auf unbekannte Substanzen wurde 2019 im Basler Trinkwasser, welches über Grundwasseranreicherung mit Rheinwasser gewonnen wird, Ethyldimethylcarbamat gefunden. Weil es sich dabei um einen potentiell krebserregenden Stoff handelt, der mit gereinigtem Betriebsabwasser in den Rhein eingeleitet wird (fällt als Nebenprodukt bei der Herstellung eines Pestizids an) musste die Grundwasseranreicherung zwischenzeitlich aus einem anderen Fluss erfolgen. Bis zu diesem Nachweis im Jahr 2019 war nicht bekannt, dass sich diese Substanz im Betriebsabwasser befindet. Nachträgliche Auswertungen zeigten, dass dieser Stoff bereits seit 2004 in erhöhten Mengen eingeleitet wird⁸⁰. Der einleitende Betrieb traf daraufhin entsprechende Massnahmen, um die Einleitung der Substanz in den Rhein zu reduzieren.

⁷⁸ Gruppe „Strategie Mikroverunreinigungen – Wallis“. Leitlinie. <https://www.vs.ch/documents/19415/2291632/Leitlinie+der+Gruppe+Strategie+Mikroverunreinigungen+-+VS/dbf748fa-b0e6-40f4-a226-65800d644967> [12.5.2020].

⁷⁹ Bernard, M., Mange, P., Rossier, J. (2019). Micropolluants dans les eaux du Rhône amont. Rapp. Comm. int. prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2018, 2019, p. 145-162. <https://www.cipel.org/wp-content/uploads/catalogue/rs2019-09-micropolluants-rhone.pdf> [17.4.2019]

⁸⁰ Siehe: <https://www.nzz.ch/schweiz/krebserregender-stoff-schon-laenger-im-basler-trinkwasser-als-gedacht-id.1525955> [7.2.2020].

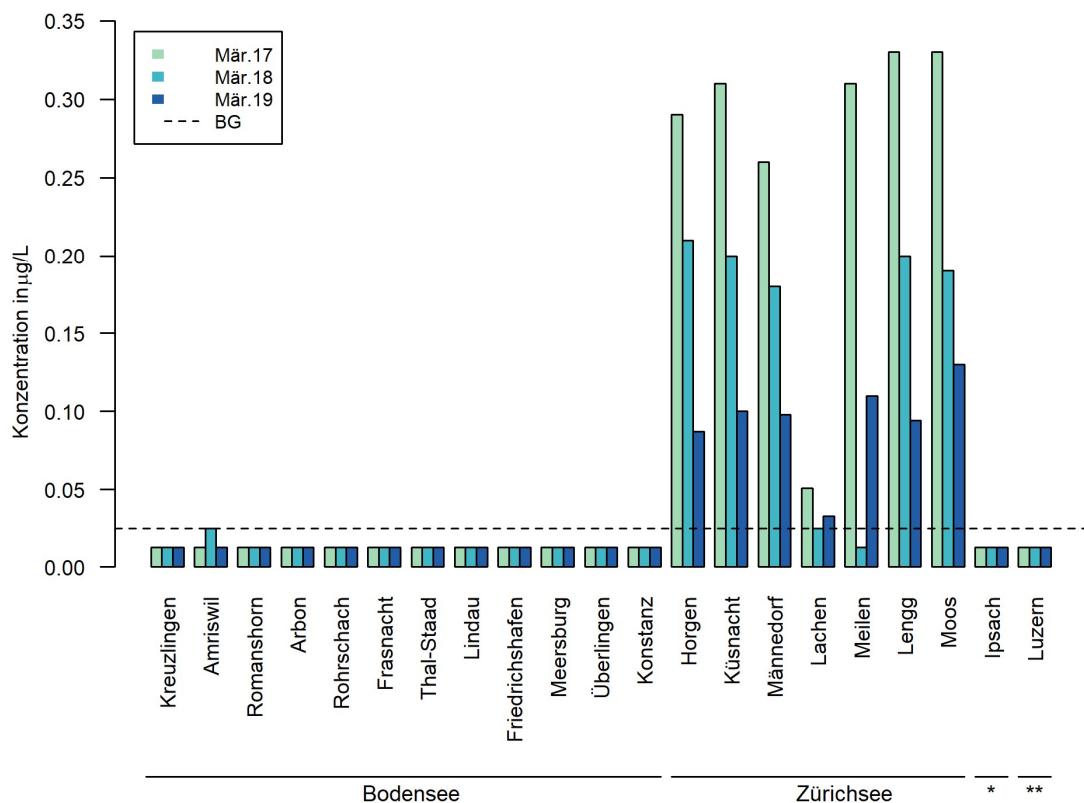


Abb. 10 1,4-Dioxan-Konzentrationen in Schweizer Seen. Im Zürichsee waren die Konzentrationen im untersuchten Zeitraum (2017-2019) erhöht. *: Bielersee, ** Vierwaldstättersee (Quelle⁸¹). BG = Bestimmungsgrenze.

Stoffe aus betrieblichen Einleitungen (z.B. 1,4-Dioxan, Ethyldimethylcarbammat) können bis in die Trinkwasserressourcen gelangen und können Auswirkungen auf die Trinkwassernutzung haben.

3.4 Grundwasser

Die Nationale Grundwasserbeobachtung (NAQUA)⁸² erfasst teilweise auch Stoffe aus Betrieben. Beispielsweise lässt sich 1,4-Dioxan an verschiedenen flussnahen Grundwassermessstellen nachweisen. 2016 lagen die Konzentrationen im Rhonetal von Visp bis zum Genfersee bei bis zu 0.9 µg/L, in Grundwassermessstellen entlang der Ergolz im Kanton BL bei über 1 µg/L⁸³. Ob diese Belastungen aus aktuelleren oder früheren Einleitungen stammen lässt sich nicht abschliessend sagen. Auch flüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe wie Tetrachlorethen und Trichlorethan wurden an verschiedenen Messstellen gefunden und überschritten häufig die numerischen Anforderungen von 1 µg/L für Grundwasser⁸⁴. Diese Stoffe wurden früher als Reinigungs- und Lösungsmittel in verschiedenen Betrieben eingesetzt und gelangten damals durch unsachgemässen Umgang, Unfälle oder aus Deponien ins Grundwasser. Die Verunreinigung des Grundwassers besteht aufgrund der Persistenz dieser Stoffe bis heute.

⁸¹ AWBR-Jahresbericht (2018). Aktuelle Ergebnisse aus dem Untersuchungsprogramm 2018. M. Scheurer, M. Fleig, H. J. Brauch (TZW): DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe https://www.awbr.org/timm/download.php?file=data/docs/bericht/awbr_jb18_det.pdf [6.2.2020].

⁸² Siehe: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/zustand-der-gewaesser/zustand-des-grundwassers/nationale-grundwasserbeobachtung-naqua.html> [13.4.2020]

⁸³ BAFU (Hrsg.) 2019: Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Stand 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1901: 138 S. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/uz-umwelt-zustand/zustandundentwicklunggrundwasserschweiz.pdf.download.pdf/UZ-1901-D_NAQUA.pdf [13.4.2020].

⁸⁴ Ebd.

Stoffe aus betrieblichen Einleitungen, wie beispielsweise 1,4-Dioxan oder halogenierte Kohlenwasserstoffe, können bis ins Grundwasser gelangen. Auf Grund der Persistenz von solchen Stoffen kann die Verunreinigung über einen langen Zeitraum bestehen.

3.5 Einordnung der Stoffbefunde

Beispiele zeigen, dass an verschiedenen Standorten über die Schweiz verteilt verschiedene Stoffe aus Betrieben in die Gewässer gelangen. Darunter hat es Stoffe mit grossen Frachten, wie sie beispielsweise an der RÜS detektiert werden (z.B. Einleitung von 20 Tonnen Tetracarbonitrilpropen innerhalb eines Jahres), Stoffe mit ökotoxischer Wirkung (z.B. Diuron, Carbandazim), welche lokal im Gewässer zu Überschreitungen der Qualitätskriterien führen sowie mobile Stoffe, die bis in die Trinkwasserressourcen gelangen und sich entsprechend auf die Trinkwasseraufbereitung auswirken (z.B. Ethyldimethylcarbamat). Die Daten zeigen aber auch grosse Wissenslücken auf, was eine Schweizweite Situationseinschätzung bezüglich der Gewässerbelastung mit Stoffen aus Industrie und Gewerbe erschwert. Weiteres Wissen zu den Stoffeinleitungen aus den priorisierten Branchen ist dazu notwendig (siehe Kapitel 6).

Der Grossteil der bekannten industriell-gewerblichen Stoffeinleitungen sind auf Betriebe der chemisch-pharmazeutischen Industrie zurückzuführen, weil bei einigen dieser Betriebe eine entsprechende Überwachung stattfindet. Andererseits vereinfachen die oftmals grossen, eingeleiteten Stoffmengen, welche auf entsprechend grosse Produktionsmengen zurückzuführen sind, die Quellenzuordnung. Diese Beispiele zeigen das erfolgreiche Zusammenspiel aus Messung, Quellenidentifikation, Behörde und Betrieb. Die Rolle der zuständigen Behörde ist dabei zentral, denn diese ordnet die notwendigen Massnahmen an und überwacht deren Umsetzung. Bei anderen abwasserrelevanten Branchen hingegen fehlen solche systematischen Untersuchungen und entsprechend auch die Stoffbefunde.

Je nach Standort und betrieblicher Tätigkeiten kann das eingeleitete Stoffspektrum sehr unterschiedlich sein. Entlang eines Fliessgewässers kommen somit viele verschiedene betriebliche Einleitung zusammen. Dabei können sich insbesondere mobile und schwer abbaubare Stoffe über die Fliessstrecke aufsummieren. Über die genaue Wirkung solcher Stoffgemische in den Gewässern wie auch im Trinkwasser ist wenig bekannt. Diese kann sich aber von der Wirkung der Einzelstoffe deutlich unterscheiden. Auch kann es vorkommen, dass ein Stoff oder Stoffgemisch basierend auf neusten Erkenntnissen als toxisch(er) eingestuft wird als bis dahin angenommen. Im Sinne des Vorsorgeprinzips ist ein Augenmerk auch auf solche Stoffe zu legen und die Einträge in die Gewässer möglichst zu minimieren.

Verschiedene Beispiele zeigen Stoffeinleitungen mit dem betrieblichen Abwasser an unterschiedlichen Standorten über die Schweiz verteilt. Darunter hat es Stoffe, die in grossen Mengen eingeleitet werden, Stoffe mit ökotoxikologischer Wirkung, die lokal im Gewässer zu Überschreitungen der Umweltqualitätszielen führen, und Stoffe, die bis in die Trinkwasserressourcen gelangen und sich auf Trinkwasseraufbereitung auswirken. Mobile und schwer abbaubare Stoffe können sich entlang eines Fliessgewässers aufsummieren – über die Wirkung solcher Stoffgemische ist heute sehr wenig bekannt.

Die Daten zeigen grosse Wissenslücken, was eine Schweizweite Situationseinschätzung bezüglich der Gewässerbelastung mit Stoffen aus Industrie und Gewerbe erschwert. Zudem fehlen bei den meisten abwasserrelevanten Branchen systematische Untersuchungen und daher auch die Stoffbefunde.

4 PRIORISIERTE BRANCHEN UND PROZESSE

Das Wichtigste in Kürze

- **Tausende von Betrieben mit abwasserrelevanten Prozessen in der Schweiz vorhanden.** Diese Betriebe kommen insbesondere in den dicht besiedelten Regionen des Mittellands vor. Fast alle leiten ihr Abwasser (nach allfälliger innerbetrieblicher Vorbehandlung) auf eine zentrale ARA. Über eine betriebseigene ARA verfügen nur die Wenigsten: dies sind insbesondere grosse Betriebsareale der chemisch-pharmazeutischen Industrie oder der Lebensmittelbranche.
- **Nach Einschätzungen von Expertinnen und Experten wurden folgende Branchen und Prozesse priorisiert:** Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen, chemische/pharmazeutische Industrie, Metalloberflächenbehandlung/Galvanik, Herstellung/Verarbeitung von Lebensmitteln, Wäschereien, Malergewerbe, Auto-/Transportgewerbe sowie Heiz- und Kühlprozesse.
- **Zahlreiche Produkte kommen in diesen Betrieben und Prozessen zum Einsatz, oftmals mit wenigen Kenntnissen über die einzelnen Inhaltsstoffe.** Bei Wasch-, Reinigungs- oder Desinfektionsprozessen kommen diese Stoffe mit Wasser in Kontakt und gelangen ins Betriebsabwasser. Oftmals sind die Kenntnisse über einzelne Inhaltsstoffe gering (insbesondere bei kleinen und mittelgrossen Betrieben), weil die Funktion des Produkts im Fokus steht, die Stoffe unbekannt sind oder sich die Zusammensetzung laufend ändert. Eine Ausnahme stellen die Betriebe der chemisch-pharmazeutischen Industrie dar, denen Einzelstoffe wie Ausgangsstoffe oder produzierte Wirkstoffe bekannt sind.
- **Betriebliche Massnahmen sind vielmals auf «klassische» Parameter ausgerichtet, und Mikroverunreinigungen dabei zu wenig im Fokus.** Aufgrund der fehlenden Kenntnisse bezüglich der relevanten Mikroverunreinigungen ist bei vielen Betrieben das Abwassermanagement auf die «klassischen» Parameter gemäss den allgemeinen und besonderen Anforderungen der GSchV (Anhang 3.2) ausgerichtet. Bei Betrieben, die ihr Abwassermanagement auf Mikroverunreinigungen ausrichten und dieses laufend optimieren, zeigt sich ein deutlicher Rückgang der Gewässerbelastung mit solchen Stoffen.

4.1 Tausende von Betrieben mit Abwasseranfall

In der Schweiz existieren schätzungsweise 20'000 bis 30'000 Betriebe, die ihr betriebliches Abwasser aus den Produktionsprozessen auf eine zentrale ARA leiten (**Abb. 11**). Dazu gehören unter anderem kleine und mittelgrosse Unternehmen, sogenannte KMU. Rund 50 Betriebe behandeln ihr Betriebsabwasser selbst in einer Industrie-ARA mit biologischer Stufe. Dazu gehören insbesondere grosse Betriebe aus der chemisch-pharmazeutischen Industrie und der Lebensmittelbranche, sowie weitere Einzelfälle (z.B. die Herstellung und Verarbeitung von Papier und Mineralöl).

Von einzelnen Branchen gibt es geographische Hotspots⁸⁵: Beispielsweise konzentriert sich die chemisch-pharmazeutische Industrie auf die Regionen Nordwestschweiz, Westschweiz, Schaffhausen, das Wallis und zunehmend auf das Tessin. Die Metalloberflächenbehandlung/Galvanik ist insbesondere im Jura und Bern stark vertreten. Die Herstellung und Verarbeitung von Nahrungsmitteln konzentriert sich auf die Ostschweiz, das Seeland sowie die Zentralschweiz. Gewerbliche Betriebe wie das Auto-/Transportgewerbe, Malerbetriebe oder Wäschereien kommen schweizweit ohne geographische Hotspots vor, wobei in dichter besiedelten Regionen tendenziell auch mehr von diesen Betrieben angesiedelt sind.

In der Schweiz existieren tausende von Betrieben mit Abwasseranfall, insbesondere vorkommend in den dicht besiedelten Regionen des Mittellands mit einigen geographischen Hotspots. Fast alle leiten ihr Abwasser auf eine zentrale ARA, wenige behandeln ihr Abwasser in

⁸⁵ Credit Suisse. Swiss Economics: Swiss Issues Regionen, Struktur und Perspektiven. <https://www.credit-suisse.com/about-us/de/medien-news/medienmitteilungen.html> [20.8.2021].

betriebseigenen ARA mit biologischer Stufe. Letzteres trifft insbesondere auf die grossen Betriebsareale der chemisch-pharmazeutischen Industrie sowie der Lebensmittelbranchen zu.

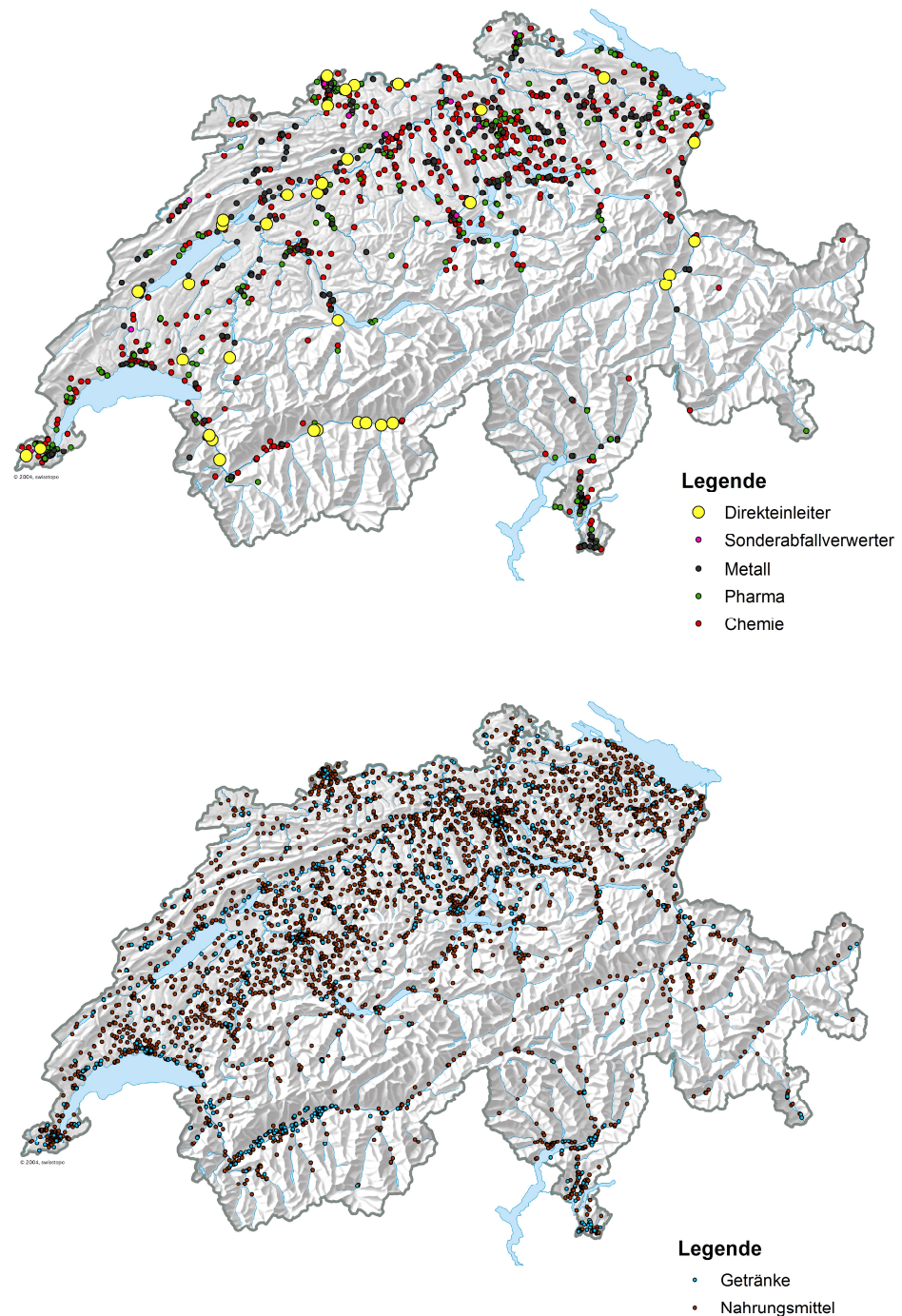


Abb. 11 Geographische Übersicht über direkt und indirekt einleitende Betriebe in der Schweiz. Direkteinleiter sind mit gelben Punkten in der oberen Abbildung dargestellt. Indirekteinleiter der folgenden Branchen sind dargestellt: Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen, Herstellung/Verarbeitung von chemisch-pharmazeutischen Produkten, Metalloberflächenbehandlung/Galvanik (alle in der oberen Abbildung) sowie Herstellung und Verarbeitung von Getränken und Nahrungsmitteln (untere Abbildung). Nicht dargestellt sind aufgrund fehlender Daten Betriebe aus den Branchen Wäschereien, Malergewerbe sowie Auto-/Transportgewerbe. Gewerbliche Betriebe sind aber grundsätzlich schweizweit ohne geographische Hotspots vertreten. In dichter besiedelten Regionen sind tendenziell auch mehr von diesen Betrieben angesiedelt. Die Verbreitung der Heiz-/Kühlprozesse ist aufgrund fehlender Daten ebenfalls nicht dargestellt. Schweiz-Karte: Bundesamt für Landestopographie. Datenquellen⁸⁶.

⁸⁶ Daten Sonderabfallverwerter: <https://vbbs.ch/anlagegruppen/sonderabfall/>; Daten Direkteinleiter: Erhebung bei Kantonen; Restliche Daten: BFS – GWS, HESTA, ETS, AVOL.

4.2 Priorisierte Branchen und Prozesse

Gemäss Einschätzung der befragten Expertinnen und Experten und der nachfolgenden Ausführungen werden die folgenden Branchen und Prozesse als relevant für den Eintrag von Mikroverunreinigungen in die Gewässer eingestuft (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 Kühl- und Heizprozesse priorisiert. Bei weiteren Tätigkeiten, die schweizweit nur noch wenige Betriebe durchführen, sind Stoffeinträge in die Gewässer ebenfalls nicht ausgeschlossen. Beispiele sind: Textilveredlung, Tabakherstellung, Verarbeitung von Explosivstoffen, Papier/Kartonherstellung. Eine Übersicht über die Tätigkeiten in diesen Branchen, deren abwasserrelevanten Prozesse sowie Stoffbeispiele folgen im Kapitel 4.5.

Priorisierte Branchen und Prozesse sind: Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen, chemische/pharmazeutische Industrie, Metalloberflächenbehandlung / Galvanik, Herstellung/Verarbeitung von Lebensmitteln, Wäschereien, Malergewerbe, Auto-/Transportgewerbe, sowie Heiz- und Kühlprozesse.

4.3 Produktvielfalt gross - Kenntnisse über enthaltene Einzelstoffe gering

Zahlreiche Produkte werden in diesen priorisierten Branchen und Prozessen eingesetzt und gelangen durch Wasch-, Reinigungs- und Desinfektionsprozesse ins Betriebsabwasser. Mit Ausnahme der Betriebe der chemisch-pharmazeutischen Industrie, wo Einzelstoffe wie Ausgangsstoffe, Hilfsstoffe oder produzierte Wirkstoffe bekannt sind, fehlen in den Betrieben oftmals die Kenntnisse über einzelne (Inhalts-)Stoffe. Mögliche Gründe 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 nicht deklariert sind oder in der betrieblichen Anwendung beziehungsweise während der Behandlung des Abwassers gebildet werden (z.B. Transformationsprodukte).
- Grosse und häufig ändernde Stoffvielfalt.

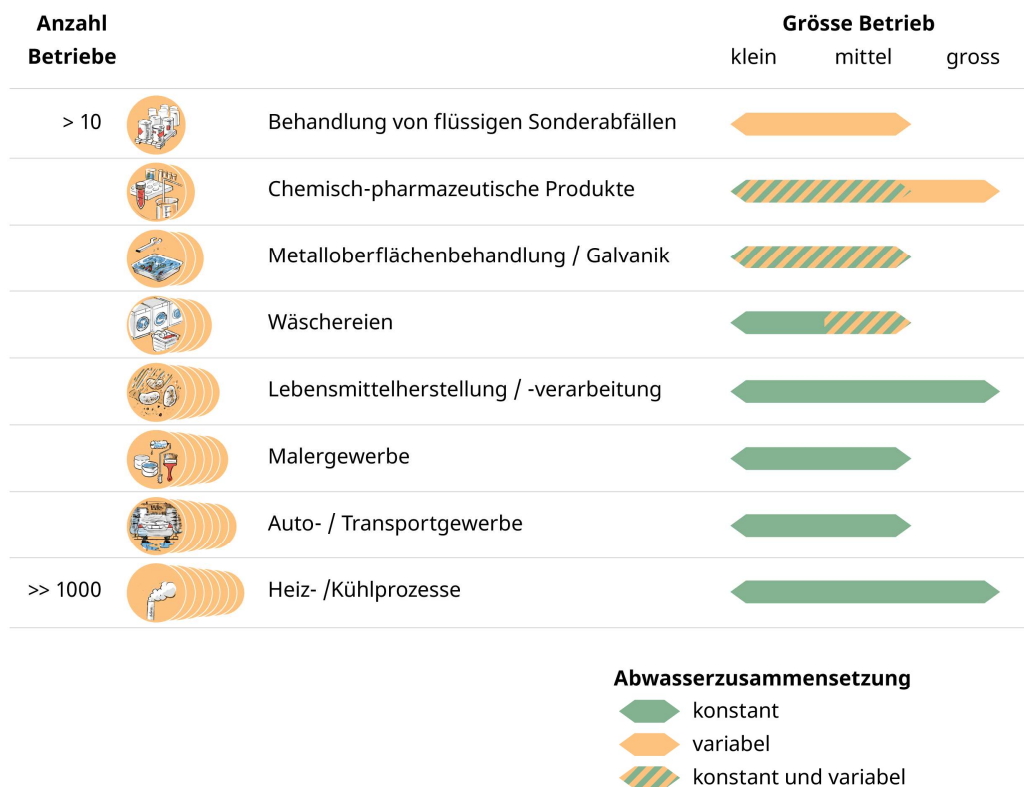


Abb. 12 Einteilung von Industrie- und Gewerbebranchen nach Dynamik der Abwasserzusammensetzung und Betriebsgrösse (ohne Berücksichtigung von saisonalen Kampagnen bei Lebensmittelbetrieben); Kleine Betriebe: <10 Mitarbeitende, mittelgrosse Betriebe: 10-100 Mitarbeitende, grosse Betriebe: >100 Mitarbeitende.

Betriebe mit einer grossen und häufig ändernden Stoffvielfalt, beispielsweise aufgrund häufig wechselnden Aufträgen und Produktionskampagnen (z.B. Lohnbetriebe), verfügen über eine entsprechend variable Abwasserzusammensetzung. Beispiele dafür sind (**Abb. 12**): Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen, Herstellung/Verarbeitung von chemisch-pharmazeutischen Produkten, Metalloberflächenbehandlung/Galvanik und auch Wäschereien. Bei saisonalen Kampagnen trifft das auch auf die Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln zu. Bei diesen Betrieben sind die Anforderungen an das Abwassermanagement entsprechend hoch.

Bei anderen Branchen ist die Abwasserzusammensetzung relativ konstant (**Abb. 12**). Das trifft beispielsweise auf Gewerbebetriebe wie Hersteller und Verarbeiter von Lebensmitteln (ohne saisonale Kampagnen), Wäschereien, Maler sowie das Auto-/Transportgewerbe, aber auch auf Kühl- und Heizprozesse⁸⁷ zu. Die Einleitung des Betriebsabwassers erfolgt in der Regel stossweise. Dadurch entstehende Belastungsspitzen erschweren den ARA-Betrieb und können bis ins Gewässer durchschlagen. Bei Betrieben mit grossen Frachten ist daher eine gedrosselte Einleitung zur Dämpfung solcher Belastungsspitzen von Vorteil.

Zahlreiche Stoffe und Produkte kommen in den Betrieben zum Einsatz. Bei Wasch-, Reinigungs- oder Desinfektionsprozessen kommen diese Stoffe mit Wasser in Kontakt und gelangen ins Betriebsabwasser. Mit Ausnahme der Betriebe der chemisch-pharmazeutischen Industrie, wo Einzelstoffe wie Ausgangsstoffe, Hilfsstoffe oder produzierte Wirkstoffe bekannt sind, fehlen in den Betrieben oftmals die Kenntnisse über einzelne (Inhalts-)Stoffe. Beispiele

⁸⁷ Envirochemie et al., 2020. Abwasserrelevanz von Kreisläufen zu Kühl- und Heizzwecken in der Schweiz: Übersicht über Systeme und Stoffe.

für Betriebe mit häufig ändernden Stoffen sind sogenannte Lohnbetriebe. Bei diesen Betrieben ist die Abwasserzusammensetzung entsprechend variabel. Bei Heiz- und Kühlprozessen ist die Abwasserzusammensetzung eher konstant.

4.4 Betriebliche Massnahmen vielmals auf «klassische» Parameter ausgerichtet – Mikroverunreinigungen noch zu wenig im Fokus

Das betriebliche Abwassermanagement sowie die Verfahren zur Abwasservorbehandlung sind zur Reduktion von Stoffeinträgen in die Gewässer zentral. Im Rahmen des betrieblichen Abwasserkatasters werden die anfallenden Abwasserströme erfasst und bewertet. Basierend darauf wird entschieden, welche Abwasserströme wie zu entsorgen (z.B. Einleitung in öffentliche Kanalisation zur Behandlung auf der zentralen ARA oder Verbrennung)⁸⁸ beziehungsweise, ob sie vor der Einleitung auf die ARA zusätzlich zu behandeln sind⁸⁹. Folgende Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen aus dem Betriebsabwasser sind geeignet (siehe auch⁹⁰):

- Adsorptive Verfahren: z.B. Aktivkohle
- Oxidative Prozesse: z.B. mittels Wasserstoffperoxid (H₂O₂) alleine oder in Kombination mit einem Katalysator wie Eisen (Fenton-Prozess)
- Membrananlagen: z.B. Nanofiltration, Umkehrosmose
- Weitere Behandlungsmöglichkeiten: Abwasserverdampfung, Abwasserverbrennung

Bei vielen Betrieben fehlen jedoch die Kenntnisse bezüglich der relevanten Mikroverunreinigungen in den Betriebsabwässern. Deren Abwassermanagement und deren Abwasservorbehandlung ist daher vielmals auf die «klassischen» Parameter wie Öl, Schwermetalle oder saure/basische Abwässer ausgerichtet. Gängig eingesetzte Abwasservorbehandlungsverfahren sind beispielsweise: Absetzbecken, Neutralisationsanlagen oder Mineralölabscheider (**Tab. 4**). Die meisten Mikroverunreinigungen werden mit diesen Verfahren nicht oder nur unzureichend entfernt. Beispiele von Branchen, wo solche Verfahren zum Einsatz kommen, sind: Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln, Wäschereien, das Maler- und Auto-/Transportgewerbe.

Es gibt es aber auch Beispiele von Betrieben, die vorbildlich mit der Thematik der Mikroverunreinigungen umgehen. Solche Betriebe überprüfen ihr Abwassermanagement und die Abwasservorbehandlung laufend und nehmen, wenn nötig Anpassungen vor. Deren Abwassermanagement und Abwasservorbehandlungen ist daher zunehmend auf die Entfernung von Mikroverunreinigungen ausgerichtet (**Tab. 4**).

⁸⁸ Siehe: <https://vsa.abacuscity.ch/img/~490/13/04.pdf?xet=1459350993000> [7.2.2020].

⁸⁹ Einleitung von Abwässern der chemischen Industrie in Gewässer und in die öffentliche Kanalisation Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 2001. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/uv-umwelt-vollzug/einleitung_von_abwaessernderchemischenindustrieingewaesserundind.pdf.download.pdf/einleitung_von_abwaessernderchemischenindustrieingewaesserundind.pdf [6.2.2020].

⁹⁰ VSA (2022). Verfahren zur betrieblichen Abwasserbehandlung: Verfahrensübersicht, Effizienz und Optimierungspotential.

Tab. 4 Übersicht über gängig eingesetzte Abwasservorbehandlungsanlagen in Industrie- und Gewerbebranchen der Schweiz und Beurteilung ihrer Effektivität gegenüber Mikroverunreinigungen. Konventionelle Vorbehandlungsanlagen sind nicht auf die Elimination von Mikroverunreinigungen ausgerichtet.

Branche	Gängige betriebliche Abwasservorbehandlungsverfahren	Beurteilung Effektivität bezüglich Elimination von Mikroverunreinigungen
Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen	Anorganische Abfälle: Neutralisation, Ölabscheider, Fällung/Flockung, Filtration. Teilweise zum Einsatz kommen oxidative Behandlung (mittels Peroxid, Javel) und Aktivkohle. Organische Abfälle: oxidative Verfahren (z.B. Fenton), z.T. Verdampfung.	Verfahren mit Aktivkohle oder oxidative Prozesse (Fenton, Peroxid) und Verdampfung sind effektiv bezüglich Mikroverunreinigungen. Alle anderen Verfahren (z.B. Neutralisation, Fällung/Flockung) sind wenig effektiv.
Chemische/ pharmazeutische Industrie (Herstellung, Verarbeitung)	Verschiedene Verfahren im Einsatz: Neutralisation, Spaltanlage, Fettabscheider, weitergehende Verfahren (Aktivkohle, oxidative Verfahren, Verdampfung, Verbrennung, Nanofiltration).	Weitergehende Verfahren wie Aktivkohle, oxidative Verfahren, Verdampfung, Verbrennung, Nanofiltration sind effektiv; die anderen Verfahren sind wenig effektiv.
Metalloberflächenbehandlung / Galvanik	Komplexe Vorbehandlungsanlagen im Einsatz: Neutralisation, Fällung/Flockung (Komplexspaltung), Absetzbecken, Cyanidoxidation (Javel), Chromatreduktion (Bisulfit), Nitritentfernung (Amidosulfonsäure), z.T. Verdampfung, Ionentauscher.	Gängig eingesetzte Verfahren, ausser Verdampfung, sind wenig effektiv. Eine gewisse Elimination kann bei der Cyanidoxidation erwartet werden (bei einer Oxidation mittels H ₂ O ₂ und UV lässt sich die AOX ⁹¹ -Bildung vermeiden).
Herstellung/Verarbeitung von Lebensmitteln	Neutralisation/Ausgleichsbecken, Absetzbecken/Feststoffrückhalt, Flotation, Fett-/Stärkeabscheider, biologische Behandlung (aerob, anaerob) bei grossen Betrieben.	Gängig eingesetzte Verfahren sind wenig effektiv bezüglich Mikroverunreinigungen.
Wäschereien	Ausgleichsbecken, Neutralisation (bei grösseren Betrieben), Feststoffabtrennung.	Gängig eingesetzte Verfahren sind wenig effektiv bezüglich Mikroverunreinigungen.
Malergewerbe	Absetzbecken, Flockung/Schlammpresse (beim Ablaugen), Spaltanlage (in Betrieben, die Geräte und Pinsel reinigen).	Gängig eingesetzte Verfahren sind wenig effektiv bezüglich Mikroverunreinigungen.
Auto-/Transportgewerbe	Schlammfang, Mineralölabscheider, Spaltanlage (biologische Elimination der Kohlenwasserstoffe).	Gängig eingesetzte Verfahren sind wenig effektiv bezüglich Mikroverunreinigungen.

⁹¹ AOX: adsorbierbare, organisch gebundene Halogene

Gemäss Einschätzungen der verschiedenen befragten Expertinnen und Experten gibt es aber auch Beispiele von kleinen und mittelgrossen Betrieben, die Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen einsetzen (**Tab. 4**): so beispielsweise in der Metalloberflächenbehandlung, bei welcher teilweise Verdampfer zur Reduktion der anfallenden Abwassermenge zum Einsatz kommen oder bei der Behandlung von flüssigen, organischen Sonderabfälle (z.B. oxidativ mittels Fenton-Prozess oder Wasserstoffperoxid).

Das betriebliche Abwassermanagement sowie die Abwasservorbehandlung sind zentral zur Reduktion von Stoffeinträgen in die Gewässer. Bei vielen Betrieben fehlen jedoch die Kenntnisse bezüglich der relevanten Mikroverunreinigungen in den Betriebsabwässern. Deren Abwassermanagement ist auf die «klassischen» Parameter gemäss Anhang 3.2 GSchV ausgerichtet. Es gibt aber auch Beispiele von Betrieben, die ihr Abwassermanagement laufend optimieren und zunehmend auf Mikroverunreinigungen ausrichten. Bei diesen Betrieben gehen die Stoffeinträgen in die Gewässer deutlich zurück.

4.5 Vertiefte Betrachtung abwasserrelevanter Branchen und Prozesse

Nachfolgend werden priorisierte und weitere abwasserrelevante Branchen und Prozesse vertieft betrachtet. Es wird unterschieden zwischen Branchen und Prozessen von schweizweiter, beziehungsweise lokaler Relevanz. «Schweizweit relevant» sind Branchen mit vielen Betrieben, während als «lokal relevant» eingestufte Branchen schweizweit nur noch durch wenige Betriebe vertreten sind.

Vielmals fällt in den Betrieben das Abwasser bei Wasch-, Reinigungs- und Desinfektionsprozesse an. Die stoffliche Zusammensetzung der Betriebsabwässer ist hingegen abhängig von der betrieblichen Tätigkeit und kann sich daher von Betrieb zu Betrieb, auch innerhalb der gleichen Branche, stark unterscheiden.

Die nachfolgenden branchenweisen Ausführungen stützen sich insbesondere auf Einschätzungen der befragten Expertinnen und Experten. Eine steckbriefartige Zusammenfassung ist im Anhang A6 enthalten. Eine Übersicht über eingesetzte Stoffe nach Branchen ist im Anhang A7 zusammengestellt.

4.5.1 Branchen und Prozesse von schweizweiter Relevanz

- **Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen**

Die chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen führen wenige kleine bis mittelgrosse Betriebe durch; weitere Betriebe aus dieser Branche behandeln Emulsionen und ölhaltige Abfälle. Nach der chemisch-physikalischen Behandlung der Abfälle fällt das Abwasser chargenweise an und gelangt via zentrale ARA in die Gewässer. Die Stoffvielfalt wie auch die Variation in der Abwasserzusammensetzung ist aufgrund zahlreicher Abgeber-Betriebe aus diversen Branchen (z.B. Metalloberflächenbehandlung/Galvanik, Textilveredlung, chemische-pharmazeutische Industrie) sehr hoch und die stoffliche Zusammensetzung grösstenteils unbekannt. Ausser bei der Behandlung von Sonderabfällen mit oxidativen Verfahren (z.B. Fenton-Prozess, Wasserstoffperoxid) oder Aktivkohle entfernen die gängig eingesetzten Verfahren zur Abwasservorbehandlung Mikroverunreinigungen nicht oder nur teilweise.

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen	Chemisch-physikalische Behandlung	Bei der Behandlung der Sonderabfälle fällt Abwasser an.	Sehr breites Stoffspektrum (je nach Herkunft)

- **Herstellung und Verarbeitung von chemisch-pharmazeutischen Produkten**

Die Herstellung und Verarbeitung von chemisch-pharmazeutischen Produkten führen ein paar hundert kleine und mittelgrosse Betriebe sowie einige grosse Betriebe durch. Beispiele für hergestellte und verarbeitete Produkte sind Pflanzenschutzmittel, Arzneimittel, Lebensmittelzusatzstoffe, Wasch- und Reinigungsmittel oder Desinfektionsmittel. Das betriebliche Abwasser entsteht unter anderem bei der Reinigung der Anlagen, bei der Aufarbeitung von Reaktionsmischungen (z.B. wässrige Extraktionen)⁹² oder bei Werksabstellungen und fällt üblicherweise chargenweise an. Bei den meisten Betrieben gelangt das Abwasser via zentrale ARA in die Gewässer. Einige grosse Chemieparks verfügen über eine eigene Industrie-ARA, die in der Regel einen Teil kommunales Abwasser mitbehandelt. Viele Betriebe führen aufgrund von Auftragsproduktionen häufig wechselnde Produktionskampagnen durch. Andere produzieren über einen längeren Zeitraum dasselbe Produkt, z.B. ein Blockbuster-Arzneimittel. Die Abwasserzusammensetzung ist bei diesen Betrieben sehr variabel und das Stoffspektrum gross. Bei der Abwasservorbehandlung kommen abhängig von den Abwasserinhaltsstoffen verschiedene Verfahren zum Einsatz. Weitergehende Verfahren wie Aktivkohle oder Oxidation (z.B. mittels Fenton-Prozess) entfernen dabei eine Vielzahl an Mikroverunreinigungen. Wiederholt konnten Stoffe aus solchen Betrieben in ARA-Abläufen und im Gewässer nachgewiesen werden (siehe Kapitel 2). Dabei handelt es sich um Fabrikationsprodukte wie Arzneimittel (z.B. Tizanidin), Ausgangsstoffe (z.B. *p*-Toluolsulfonsäure), Zwischen-, Neben- und Umwandlungsprodukte (z.B. Metalaxyl-Metabolit, Tetracarbonitrilpropen) oder Lösungsmittel (z.B. 1,4-Dioxan, Toluol).

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Chemische/ pharmazeutische Industrie (Herstellung, Verarbeitung)	Herstellung/Verarbeitung von Stoffen/Produkten	Reinigung der Anlagen Aufarbeitung von Reaktionsmischungen Werksabstellungen	Ausgangsstoffe, Produkte, Lösungsmittel, Zwischen-, Neben- und Umwandlungsprodukte, etc.

- **Metalloberflächenbehandlung/Galvanik**

Die Metalloberflächenbehandlung wird von ein paar hundert kleinen und mittelgrossen Betrieben durchgeführt. Diese sind oft Zulieferer für die Herstellung von Präzisionsinstrumenten und für die Maschinenbau-, Elektrotechnik-, Metallbau- und Uhrenindustrie. Abwasserrelevant sind insbesondere die mechanische Bearbeitung (z.B. mittels zerspanender Verfahren, Gleitschleifen), die Oberflächenbehandlung (z.B. Entfetten/Reinigen, Dekapieren, Beizen) sowie die Oberflächenbeschichtung (z.B. Phosphatieren, Anodisieren, Galvanisieren). Das betriebliche Abwasser entsteht dabei beim Spülen nach diesen Tätigkeiten, bei der Reinigung und Entfettung der Metallteile, der Maschinen, der Werkzeuge und des Betriebs (Arbeitsplatz) sowie beim Ersatz der Prozessbäder. Das Abwasser fällt chargenweise an und wird nach einer allfälligen Abwasservorbehandlung auf die ARA geleitet. Die eingesetzten Produkte enthalten viele aufeinander abgestimmte Stoffe; oftmals wenden Betriebe individuelle Rezepturen an. Die Produkte werden daher nicht oft gewechselt. Bei Betrieben mit konstanter Produktion ist auch die Abwasserzusammensetzung konstant. Demgegenüber ist bei Betrieben mit wechselnder Auftragsproduktion (z.B. Lohnbetriebe) oder bei mehreren parallel-

⁹² Einleitung von Abwässern der chemischen Industrie in Gewässer und in die öffentliche Kanalisation. Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 2001. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/uv-umwelt-vollzug/einleitung_von_abwaessernderchemischenindustrieingewaesserundind.pdf.download.pdf/einleitung_von_abwaessernderchemischenindustrieingewaesserundind.pdf [6.2.2020].

laufenden Prozessen die Abwasserzusammensetzung variabel. Es kommen dabei z.B. folgende Stoffe zum Einsatz: Zusatzstoffe in den Prozessbädern (z.B. Korrosionsschutzmittel, Komplexbildner, Glanzmittel, Stabilisatoren), Kühlschmiermittel (können biozid- und aminhaltig sein) oder auch Reinigungsmittel (z.B. perfluorierte Tenside). Gängig eingesetzte Verfahren zur Abwasservorbehandlung wie Neutralisation, Fällung/Flockung oder die Chrom-/Cyanid-Entgiftung entfernen Mikroverunreinigungen nicht. In einem Fall konnten erhöhte Frachten an perfluorierten Tensiden (PFBS, PFOS) im ARA-Ablauf auf einen Betrieb zurückgeführt werden (siehe Kapitel 3.1).

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Metalloberflächenbehandlung / Galvanik	Oberflächenbehandlung/-beschichtung und Entfettung Mechanische Bearbeitung	Spülen nach Oberflächenbehandlung. Reinigung und Entfettung der Metallteile, Maschinen, Werkzeuge und des Betriebs. Beim Auswechseln der Prozessbäder	Badzusätze wie Glanzmittel, perfluorierte Tenside

• Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln

Ein paar tausend kleine, mittelgrosse und einige grosse Betriebe verarbeiten Lebensmittel wie Obst, Gemüse, Getreide, Fisch oder Fleisch oder stellen Lebensmittel her wie Backwaren oder Milchprodukte. Das betriebliche Abwasser entsteht hauptsächlich beim Reinigen und Desinfizieren der Anlagen und Gebinde sowie beim Waschen von Nahrungsmitteln (z.B. Obst, Gemüse). Es kann daher chargenweise wie auch kontinuierlich anfallen. Bei einigen Produkten, wie beispielsweise der Gemüse- und Obstverarbeitung, ist die Produktion saisonal bedingt. Die meisten Betriebe leiten das Betriebsabwasser auf die zentrale ARA. Es gibt aber auch grosse Betriebe, die eine eigene Industrie-ARA betreiben und nach betriebseigener Abwasserbehandlung direkt in das Gewässer einleiten. Die Reinigungs- und Desinfektionsprozesse sind meist standardisiert und basieren auf individuellen Hygieneplänen. Da sich diese selten ändern, ist auch die Abwasserzusammensetzung eher konstant. Ausgenommen sind saisonale Produktionskampagnen. Gängig eingesetzte Verfahren zur Abwasservorbehandlung sind Neutralisation, Fettabscheider sowie Verfahren zur biologischen Behandlung. Biologische Verfahren haben keine Breitbandwirkung bezüglich Mikroverunreinigungen⁹³. Beispiele von ARA-Abläufen mit erhöhten Süsstofffrachten (Acesulfam, Sucralose) existieren, eine eindeutige Zuordnung zu einer betrieblichen Quelle war aber nicht möglich.

⁹³ P. Falås, A. Wick, S. Castronovo, J. Habermacher, T. Ternes, A. Joss (2016): Tracing the limits of organic micropollutant removal in biological wastewater treatment. Water Research, 95, 240–249.

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Herstellung/Verarbeitung von Lebensmitteln	Herstellung/Verarbeitung von Stoffen/Produkten	Reinigen und Desinfizieren der Anlagen und Gebinde. Waschen von Nahrungsmitteln.	Reinigungs-/Desinfektionsmittel

- **Wäschereien**

Sehr viele kleine und einige mittelgrosse Betriebe führen die Reinigung aller Arten von Textilien durch. Dabei fällt das Betriebsabwasser chargenweise an und gelangt via zentrale ARA in die Gewässer. Abhängig von der Art der Wäsche beziehungsweise von ihrem Verschmutzungsgrad werden unterschiedliche Wasch-, Reinigungs- und Desinfektionsmittel eingesetzt. Diese Produkte unterscheiden sich in der Grundzusammensetzung aber nicht allzu stark. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass die Variation der Abwasserzusammensetzung eher gering ist. Gängig eingesetzte Verfahren zur Abwasservorbehandlung sind Neutralisation und Verfahren zur Feststoffabtrennung. Diese entfernen Mikroverunreinigungen wie Reinigungs- und Desinfektionsmittel nicht. Die zentrale ARA eliminiert insbesondere die sorbierenden und gut abbaubaren Reinigungs- und Desinfektionsmittel.

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Wäschereien	Reinigung aller Arten von Textilien	Reinigen, Waschen, Desinfizieren der Wäsche.	Wasch-, Reinigungs- und Desinfektionsmittel

- **Malerbetriebe**

Mehrere tausend teilweise sehr kleine und wenige mittelgrosse Betriebe führen Maler- und Ablagearbeiten durch. Malerarbeiten finden meist auf Baustellen oder in bestehenden Gebäuden statt, während Ablagearbeiten in dafür spezialisierten Betrieben durchgeführt werden. Bei Malerarbeiten fällt bei der Reinigung der Werkzeuge (z.B. Pinsel) Abwasser chargenweise an und wird auf die zentrale ARA geleitet. Bei Ablagearbeiten fällt heute praktisch kein oder nur noch relativ wenig Abwasser an. Die eingesetzten Produkte wie Reinigungsmittel, Farben und Lacke können in Abhängigkeit vom Preis und Auftrag häufig gewechselt werden. Folgende Zusatzstoffe können in den verwendeten Produkten enthalten sein: Fungizide, Algizide, Biozide, Pigmente, Verdüner und auch Schwermetalle. Gängig eingesetzte Verfahren zur Abwasservorbehandlung (Absetzbecken, Spaltanlage) entfernen diese Stoffe nicht oder nur teilweise.

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Malergewerbe	Oberflächenbehandlung/-beschichtung	Reinigung Werkzeuge, Werkstatt	Biozide, Lösungsmittel, Tenside

- **Auto-/Transportgewerbe**

Mehrere tausend sehr kleine, viele mittelgrosse und einige grosse Betriebe führen diverse Unterhaltsarbeiten an Fortbewegungsmitteln durch. Darunter fallen z.B. Autogaragen, Tankstellen, Auto- und Reifenwaschanlagen, Transportunternehmen wie regionale Verkehrsbetriebe mit Bussen, Tram und Bahn sowie Betriebe mit grossen Autofloten. Abwasser fällt dabei bei der Reinigung der Fortbewegungsmittel (z.B. Waschanlagen, Motorenwäsche, Felgenreinigung, Chassisreinigung) und der Werkzeuge (z.B. bei der Autolackierung) an. Das Abwasser fällt chargenweise an und wird auf die zentrale ARA geleitet. Die eingesetzten Produkte wie z.B. Wasch- und Reinigungsmittel können aufgrund des Preises häufiger gewechselt werden. Zusatzstoffe wie Tenside, Insektenentferner und Frostschutzmittel können in den verwendeten Produkten enthalten sein, zusätzlich können auch Stoffe aus den Transportmitteln selbst wie Treibstoffe, Kohlenwasserstoffe, Mineralöle oder Metalle in das Abwasser gelangen. Gängig eingesetzte Verfahren zur Abwasservorbehandlung (Mineralölabscheider, Spaltanlage) entfernen diese Stoffe nicht oder nur teilweise.

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Auto-/Transportgewerbe	Diverse Unterhaltsarbeiten an Fortbewegungsmitteln	Reinigung der Transportmittel und der Werkzeuge.	Wasch- und Reinigungsmittel, Biozide, Glanzmittel, Korrosionsschutzmittel

- **Kühlkreisläufe**

Kühlkreisläufe kommen weitverbreitet und branchenübergreifend zum Einsatz und werden auch in Branchen eingesetzt, die in diesem Bericht nicht näher beschrieben sind, z.B. in Serverräumen der Informationstechnologie (IT)-Branche. Abwasser fällt generell bei Durchlaufkühlungen an, sowie beim Abschlämmen bei halboffenen Kühlkreisläufen, bei der periodischen Reinigung von Anlagenbestandteilen (z.B. Ansaugsiebe) und beim Austausch des Kühlwassers in sekundären Kühlkreisläufen. Den Kühlkreisläufen werden teilweise Zusatzstoffe wie Biozide oder Korrosionsschutzmittel (Triazole) beigegeben. Der Einsatz von bioziden Wirkstoffen muss durch die Behörde bewilligt werden, die gleichzeitig auch die Anforderungen an deren Einleitung festlegt. Die eingesetzten Stoffe in diesen Prozessen sind überschaubar⁹⁴. Kühlwasser kann zudem bei primären Kühlkreisläufen durch Stoffe aus der Produktion verunreinigt werden, wenn die Leitungen oder Wärmetauscher undicht sind.

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Kühlkreisläufe	Kühlen	Durchlaufkühlungen, Abschlämmen, Reinigung der Anlagen	Biozide, Korrosionsschutzmittel (Triazole)

⁹⁴ Envirochemie et al., (2020). Abwasserrelevanz von Kreisläufen zu Kühl- und Heizzwecken in der Schweiz: Übersicht über Systeme und Stoffe.

- **Heizkreisläufe (Dampferzeugung)**

Heizkreisläufe (Dampferzeugung) werden in verschiedenen Branchen eingesetzt. Abwasser entsteht bei der Kondensat-Ableitung und bei der Kesselreinigung. Diesen Kreisläufen werden Zusatzstoffe wie Restsauerstoffbinder (aminhaltige Stoffe wie Cyclohexylamine, Helamin), Korrosionsschutzmittel oder Entschäumer beigegeben. Die eingesetzten Stoffe in diesen Prozessen sind überschaubar⁹⁵.

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Heizkreisläufe	Bereitstellung von Wärme	Kondensatableitung, Kesselreinigung	Aminhaltige Stoffe, Korrosionsschutzmittel, Entschäumer

4.5.2 Branchen und Prozesse von lokaler Relevanz

Die nachfolgenden Branchen und Prozesse mit Betriebsabwasser kommen in der Schweiz vereinzelt vor. Bei diesen sind Stoffeinträge in die Gewässer ebenfalls nicht ausgeschlossen.

- **Veredlung von Textilien**

Wenige mittelgrosse Betriebe führen die Veredlung von Textilien, wie Färben, Bedrucken oder Beschichten durch. Betriebliches Abwasser fällt bei der Textilreinigung, dem Entschlichten sowie beim Waschen zwischen den einzelnen Veredlungsschritten chargenweise an. Das Abwasser wird via zentrale ARA in die Gewässer geleitet. In der Schweiz führen viele dieser Betriebe Auftragskampagnen durch. Die Abwasserzusammensetzung ist daher sehr variabel. Abhängig vom Veredlungsschritt kommen verschiedene Stoffe zum Einsatz (z.B. Farbstoffe, Insektizide, polyfluorierte Verbindungen, polybromierte Flammschutzmittel). Gängig eingesetzte Verfahren zur Abwasservorbehandlung wie Neutralisation, Fällung/Flockung oder auch eine biologische Behandlung entfernen diese Stoffe nicht oder nur teilweise.

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Veredlung von Textilien	Textilveredlung (u.a. Färben, Bedrucken, Beschichten)	Entschlichten, Waschen	Farbstoffe, Insektizide, polyfluorierte Verbindungen, polybromierte Flammschutzmittel

- **Aquakulturen**

In Aquakulturen werden Wasserlebewesen wie Forellen, Lachse oder Shrimps etc. gezüchtet⁹⁶. Fischzuchten sind oftmals «klassische» Durchlaufanlagen. Diese verfügen meistens über eine Feststoffabtrennung (z.B. Siebtrommelfilter, Lamellenklärer). Der Wasserdurchsatz ist bei diesen Anlagen sehr hoch, und das anfallende Wasser wird nach der Feststoffabtrennung direkt in das Gewässer eingeleitet. Bei Kreislaufanlagen wird das anfallende Ab-

⁹⁵ Ebd.

⁹⁶ Quelle: VSA (2021). Leitfaden TEIL 1: Anforderungen für die Einleitung/Verwertung von Ablaufwasser und die Verwertung von Schlamm Leitfaden / VSA (2021). TEIL 2: Stand der Technik zur internen und nachgeschalteten Wasser- und Schlammaufbereitung in Aquakulturanlagen.

wasser vor der Einleitung ins Gewässer meistens biologisch behandelt. Im Abwasser, das unter anderem beim Reinigen und Desinfizieren der Anlagen anfällt, können Reinigungs-, Desinfektions- sowie Arzneimittel enthalten sein.

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Aquakulturen	Zucht von Wasserlebewesen	Durchlaufanlagen, Reinigung der Anlage	Reinigungs-, Desinfektionsmittel, Arzneimittel

- **Herstellung und Verarbeitung von Papier und Karton**

Schweizweit existieren nur noch wenige Betriebe, die Papier und Karton herstellen oder verarbeiten. Im Prozessabwasser (z.B. Sieb-, Pressenwasser) können Druckerfarben, Komplexbildner, Leime, Additive oder Biozide enthalten sein. Gängig eingesetzte Verfahren zur Abwasservorbehandlung wie Fällung/Flockung, Flotation, Absetzbecken oder auch die biologische Behandlung entfernen diese Stoffe nicht oder nur teilweise.

Branche / Prozesse	Tätigkeiten	Abwasserrelevante Prozesse	Beispiele von potentiell relevanten Einzelstoffen/Stoffgruppen
Herstellung/Verarbeitung von Papier und Karton	Herstellung/Verarbeitung von Papier, Karton	Anfallen von Prozessabwasser	Druckerfarben, Komplexbildner, Leime, Biozide

4.5.3 Weitere Branchen und Prozesse mit Stoffen im Betriebsabwasser

Weitere Branchen und Prozesse in der Schweiz mit Betriebsabwasser, das potentiell Mikroverunreinigungen enthält, sind (Aufzählung nicht abschliessend): Betonmischanlagen (zunehmend abwasserfrei), Kompostier- und Vergärungsanlagen, Herstellung/Verarbeitung von Kunststoffwaren, Druckereien (zunehmend abwasserfrei), Abluftreinigung, Holzbehandlung, Mineralölraffinerien, Herstellung von Explosivstoffen, oder die Tabakherstellung.

5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus der vorliegenden Analyse leiten sich die folgenden Schlussfolgerungen ab:

- **Mikroverunreinigungen gelangen mit dem gereinigten Abwasser aus Industrie- und Gewerbebetrieben in die Gewässer – eine Schweizweite Übersicht fehlt**

Zu diesen Mikroverunreinigungen gehören Ausgangsstoffe, Zwischen-, Neben- und Umwandlungsprodukte, Wirkstoffe, Lösungsmittel und unbekannte Stoffe. Beispiele zeigen, dass die eingeleiteten Stoffmengen bis zu mehreren Kilogramm pro Tag betragen können. Unter den Befunden hat es aber auch Stoffe mit potentiellen Auswirkungen auf die Gewässerökologie (z.B. Diuron), die lokal die Umweltqualitätsziele überschreiten, sowie gut wasserlösliche und schwer abbaubare Stoffe, die bis in die Trinkwasserressourcen gelangen (z.B. 1,4-Dioxan, Ethyldimethylcarbamate). Entlang eines Fließgewässers kommen somit viele verschiedene Stoffe aus betrieblichen Einleitungen zusammen, die Wirkung solcher Stoffgemische ist unklar. Die Beispiele zeigen punktuellen Handlungsbedarf in den Betrieben auf. Eine schweizweite Abschätzung des Risikos der Stoffeinleitungen aus Industrie- und Gewerbebetrieben ist aufgrund der aktuellen Datenlagen allerdings nicht möglich. Denn sowohl in den meisten Betriebsabwässern als auch in den Gewässern (mit Ausnahme der Rheinüberwachungsstation bei Basel) erfolgt heute keine systematische Überwachung der Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe.

- **Relevante Branchen und Prozesse identifiziert**

In der Schweiz gibt es tausende von Betrieben mit Abwasseranfall. Dies sind einerseits grosse, komplexe direkt oder indirekt einleitende Betriebe und andererseits kleine und mittelgrosse (KMU), indirekt einleitende Betriebe mit ähnlichen Prozessen. Alle diese Betriebe verwenden zahlreiche Stoffe und Produkte, welche durch Wasch-, Reinigungs- oder Desinfektionsprozesse mit Wasser in Kontakt kommen und ins Betriebsabwasser gelangen. Es steht oftmals die Funktion des Produkts im Fokus, ohne jeweilige Kenntnisse über die einzelnen Inhaltsstoffe. Dazu kommt, dass deren stoffliche Zusammensetzung häufig ändert. Anhand der bekannten Stoffbefunde und basierend auf Experteneinschätzungen können folgende Branchen und Prozesse priorisiert werden (geordnet nach ansteigender Anzahl Betriebe in der Schweiz):

- ✓ Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen
- ✓ Chemische-pharmazeutische Industrie (synthetisierende und verarbeitende Betriebe)
- ✓ Metalloberflächenbehandlung/Galvanik
- ✓ Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln
- ✓ Wäschereien
- ✓ Malergewerbe
- ✓ Auto-/Transportgewerbe
- ✓ Kühl- und Heizprozesse (branchenübergreifend angewendet)

Bei weiteren Tätigkeiten, die schweizweit nur noch wenige Betriebe durchführen, sind Stoffeinträge in die Gewässer ebenfalls nicht auszuschliessen. Beispiele sind: Textilveredlung, Tabakherstellung, Verarbeitung von Explosivstoffen, Papier/Kartonherstellung.

- **Heutiger Vollzug funktioniert gut für Stoffe mit numerischen Anforderungen – Mikroverunreinigungen stellen diesen jedoch vor grosse Herausforderungen**

Der Vollzug funktioniert gut für bekannte Stoffe und Parameter mit klaren Vorgaben, wie beispielsweise die allgemeinen und besonderen Anforderungen des Anhang 3.2 GSchV. Die Belastung der Gewässer mit solchen Stoffen nahm dadurch deutlich ab, weil die Betriebe aufgrund der behördlichen Vorgaben Massnahmen umsetzten (z.B. Anpassung der betrieblichen Abwasservorbehandlung) und diese gezielt überwachten. Die Gesetzgebung hat in diesen Fällen zu einer deutlichen Abnahme der Gewässerbelastung geführt. Für Mikroverunreinigungen aus Industrie und Gewerbe existieren in der GSchV abwasserseitig jedoch praktisch keine stoffspezifischen Einleitwerte, was die zuständige Vollzugsbehörde vor grosse Herausforderungen stellt – denn eine Festlegung erfolgt im Einzelfall. Die Situationsanalyse zeigt jedoch klar, dass sowohl die Betriebe selbst als auch

die Vollzugsbehörden oft nur sehr beschränkt in der Lage sind die in den Betriebsabwässern enthaltenen Mikroverunreinigungen zu erfassen und zu beurteilen.

6 AUSBLICK

Aus der vorliegenden Analyse leiten sich die folgenden weiterführenden Arbeiten ab:

- **Erarbeitung einer Übersicht über die abwasserrelevanten Mikroverunreinigungen für priorisierte Branchen und Prozesse**
Für die in dieser Situationsanalyse priorisierten Branchen und Prozesse erarbeitet der VSA gemeinsam mit Expertinnen und Experten und den jeweiligen Branchen eine Übersicht über die branchenspezifischen, abwasserrelevanten Mikroverunreinigungen. Dabei wird branchenweise vorgegangen und insbesondere auf kleine bis mittelgrosse (KMU) Betriebe fokussiert, die ähnliche Prozesse durchführen. Dazu werden verfügbare Informationen aus den jeweiligen Branchen und Prozessen, sowie von den jeweiligen Produktherstellern genutzt und mit abwasserseitigen und gewässerseitigen Untersuchungskampagnen gezielt ergänzt. Entsprechende Projekte sind bereits angelaufen (siehe⁹⁷). Aus diesen Arbeiten entstehen für die jeweiligen Branchen Listen mit Stoffen, priorisiert nach deren Relevanz. Besonders problematische und/oder branchenübergreifende Stoffe und Prozesse lassen sich dadurch identifizieren und daraus den entsprechenden Handlungsbedarf ableiten. Die Erkenntnisse aus diesen Projekten fliessen in die Leitfäden und Merkblätter des VSA CC Industrie und Gewerbe ein. Auf diese Weise findet das Wissen über die relevanten Mikroverunreinigungen und möglicher Massnahmen nach dem Stand der Technik eine branchen- und schweizweite Verbreitung.
- **Entwicklung von Hilfestellungen für den Umgang mit Mikroverunreinigungen zur Unterstützung des Vollzugs**
Der VSA entwickelt anwendungsorientierte Vorgehensweisen zur Unterstützung der Behörden und Betriebe bei der Identifizierung, Beurteilung und Priorisierung von Mikroverunreinigungen. Beispiele von Produkten sind: (i) Abwassercheck zur Grobbeurteilung, ob bei einem Betrieb problematische Stoffeinträge auftreten, (ii) Leitfaden zur Priorisierung von kritischen Abwasserströmen und Abwasserinhaltsstoffen und zur Ableitung von Einleitwerten, (iii) Übersicht über Verfahren zur betrieblichen Abwasserbehandlung und deren Effektivität für Einzelstoffe, sowie (iv) eine gezielte (Weiter-)Entwicklung und Anwendung vielversprechender Methoden zur Beurteilung und Priorisierung von Betriebsabwässern. Entsprechende Projekte sind bereits angelaufen (siehe⁹⁸). Diese Produkte unterstützen die Behörden und Betriebe bei der Identifikation der abwasserrelevanten Mikroverunreinigungen und der Festlegung von Einleitbedingungen sowie der notwendigen betrieblichen Massnahmen.
- **Bekanntmachung des erarbeiteten Wissens und Ableitung des weiteren Handlungsbedarfs**
Die Erkenntnisse aus den oben genannten Aktivitäten fliessen in die Aus- und Weiterbildung des Fachpersonals im betrieblichen Umweltschutz und der Vollzugsbehörden ein. Darüber hinaus ist ein nationaler und internationaler Erfahrungsaustausch, sowie ein Dialog zwischen Behörden und den relevanten Branchen zentral, um weitere relevante Folgearbeiten zu prüfen und das weitere Vorgehen zu diskutieren. So ist beispielsweise eine Ergänzung der bestehenden gesetzlichen Regelungen zu prüfen, wenn das Gesamtbild aus den oben genannten Aktivitäten einen konkreten Handlungsbedarf aufzeigt (z.B. im Falle eines weit verbreiteten Nachweises bestimmter problematischer Stoffeinträge).

⁹⁷ Erarbeitung einer Übersicht über Systeme und abwasserrelevante Stoffe bei Heiz- und Kühlkreisläufen / Untersuchungskampagnen bei kleinen und mittelgrossen galenischen Betrieben der Pharmabranche, sowie bei Betrieben in den Bereichen Metalloberflächenbehandlung/Galvanik und chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen.

⁹⁸ Entwicklung eines reproduzierbaren, zeiteffizienten Abbautests (Projekt unter der Leitung der FHNW), Entwicklung eines Untersuchungskonzepts zur Beurteilung von Industrieabwässer mittels Biotests (Projekt unter der Leitung der FHNW), kontinuierliche Messungen mittels «MS2field» in ARA-Abläufen zur Erfassung der zeitlichen Dynamik von betrieblichen Stoffeinträgen (Projekte unter der Leitung der EAWAG).

7 ANHANG

A1. Verfügbare Aus- und Weiterbildungsangebote im Bereich betrieblicher Gewässerschutz

Verband / Institution	Aus-/Weiterbildungsangebot
Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA)	• F1: Betrieb und Unterhalt von Abwasservorbehandlungsanlagen (zusammen mit SSO, AGVS, eco swiss) • F2: Betrieb und Unterhalt komplexer Abwasserreinigungsanlagen (zusammen mit SSO, eco swiss) • Industrieabfälle • Industrieabwasser • Liegenschaftsentwässerung in Industrie und Gewerbe • Sicherer Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
scienceIndustries: Wirtschaftverband Chemie Pharma Life Sciences	• -
Verband der Schweizerischen Lack- und Farbindustrie (VSLF)	• Angebote zur Berufslehre
Schweizerischer Kosmetik- und Waschmittelverband (SKW)	• -
Schweizerische Organisation der Wirtschaft für Umweltschutz Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz (eco swiss)	• ERFA-Tagung «Betrieblicher Umweltschutz» (Verschiedene Branchen vertreten, z.B. ScienceIndustries, Swiss Textiles, AGVS)
Verband der Betreiber der Schweizerischen Abfallverwertungsanlagen (VBSA)	• -
Schweizer Stiftung für Oberflächentechnik (SSO)	• Angebote zur Berufslehre
Swissmem	• Basiskurs für Umweltbeauftragte (wird auch von anderen Branchen besucht)
Föderation der Schweizerischen Nahrungsmittel-Industrien (FIAL)	• -
Verband Textilpflege Schweiz (VTS)	• Angebote zur Berufslehre
Auto Gewerbe Verband Schweiz (AGVS)	• Angebote zur Berufslehre
Schweizerischer Maler- und Gipserunternehmer-Verband (SMGV)	• Angebote zur Berufslehre
Swiss Textiles	• -
EcoServe	• Angebote im Bereich Chemikalien, Sonderabfall, Gefahrgut, Entsorgung
Schweizerische Vereinigung für Gesundheitsschutz und Umwelttechnik (SVG)	• Weiterbildungsangebote: Umwelt- und Gewässerschutz (Schwerpunkt Tankanlagen, Schwimmbadchemikalien)

A2. Kantonale Dokumente zu einzelnen Branchen

Stand Juli 2020 (diese Übersicht stellt eine Auswahl an Dokumenten dar und ist nicht abschliessend)

Metallbehandlung: Kantonale Merkblätter

Kanton	Dokument	Jahr
NE	Usinage des métaux et active assimilées	2012

Herstellung und Verarbeitung von Nahrungsmitteln und Getränken: Interkantonale Merkblätter / Leitfäden

Kanton	Dokument	Jahr
BE, SO, BS, BL, AG, JU	Prescriptions en matière de protection des eaux et de gestion des déchets dans les boucheries et abattoirs	2006
LU, UR, SZ, OW, NW, ZG	Umweltschutz in Fleisch verarbeitenden Betrieben	2007
LU, UR, SZ, OW, NW, ZG, AG	Umweltschutz in Milchverarbeitungsbetrieben	2009
ZH, LU, UR, SZ, NW, GL, ZG, SO, BS, BL, SH, AR, AI, SG, GR, TG, TI, VS, NE, GE, JU	Desinfektionsmittel in Industrie und Gewerbe	2016
ZH, BE, LU, NW, ZG, FR, SO, BS, BL, SH, SG, GR, AG, TG, TI, VD, NE, GE, JU	Merkblatt: Abwasser aus Gemüse verarbeitenden Betrieben	2017
ZH, BE, LU, NW, ZG, FR, SO, BS, BL, SH, SG, GR, AG, TG, TI, VD, NE, GE, JU	Leitfaden: Abwasser aus Gemüse verarbeitenden Betrieben	2017

Herstellung und Verarbeitung von Nahrungsmitteln und Getränken: Kantonale Merkblätter

Kanton	Dokument	Jahr
BE	Gewässerschutz- und Abfallvorschriften für Mikrobrauereien	2020
BE	Gewässerschutz- und Abfallvorschriften für Obst- und Gemüse verarbeitende Betriebe	2020
BE	Allgemeine Gewässerschutzvorschriften für Käsereien	2020
NW	Merkblatt: Fettabscheider-Anlagen	2013

FR	Vollzugshilfe: Entsorgung und Behandlung der Abwässer von Käsereien-Molkereien	2017
FR	Entsorgung und Behandlung der Abwässer von Grossküchen	2017
SH	Entsorgung von Abwasser und Abfällen aus Schlachtbetrieben und Metzgereien	2018
GR	Merkblatt: Umweltvorschriften für Milchverarbeitungsbetriebe/Käsereien	2009
GR	Merkblatt über die Behandlung und Entsorgung von Rückständen, tierischen Nebenprodukten und Abwasser aus Schlachtbetrieben und Metzgereien	2005
AG, BL, BS, BE, JU, SO	Abfall- und Gewässerschutzvorschriften für Schlachtbetriebe und Metzgereien	2017
TG	Einwohnergleichwerte Käsereien	2015
TG	Einwohnergleichwerte Metzgereien	2016
TG	Merkblatt: Milchverarbeitende Betriebe: Umgang mit Abwasser und Chemikalien	2015
VD	Gestion des eaux et des déchets dans les fromageries	2012
VD	Gestion des effluents vinicoles	2012
VS	Empfehlung an Winzer und Einkellerer, Einleitung von Abwasser der Vinifizierung	2011
VS	Gewässerschutz für Käsereien, Entsorgung der Molke	2006
AR	Entsorgung von Speise- und Rüstabfällen	2016

Malergewerbe: Kantonale Merkblätter

Kanton	Dokument	Jahr
LU, OW, NW, UR, SZ, ZG, ZH, AI, AR, GL, BE, SG, GR, TG, VS, FR, JU, NE, VS	Abwasser, Abfälle und Emissionen im Malereigewerbe	2015
ZH	Minimalanforderungen an Malerbetriebe	2008
BE	Einlageblatt Kanton Bern «Abwasser, Abfälle und Emissionen im Malereigewerbe»	2020
AG	Merkblatt: Umweltschutz für farbverarbeitende Betriebe	2008
TI	Guida smaltimento di acque e rifiuti speciali per imprese di pittura	1995
NE	Aide-mémoire: peinture et environnement	2017

Auto-/Transportgewerbe: Interkantonale Merkblätter und Leitfäden

Kanton	Dokument	Jahr
AI, AR, AG, BS, BL, BE, FR, GE, GL, GR, JU, LU, NE, NW, OW, SG, SH, SZ, SO, TI, TG, UR, VD, VS, ZG, ZH	Umweltschutz im Auto- und Transportgewerbe	2021
ZH, BE, LU, SZ, OW, NW, GL, ZG, FR, SO, BS, BL, SH, AR, SG, GR, AG, TG, TI, VD, VS, NE, GE, JU	Tankstellenentwässerung für Ethanol enthaltende Treibstoffe, Biodiesel und Harnstoff	2007
LU, UR, SZ, OW, NW, ZG	Umweltschutz beim Unterhalt von Fahrzeugen	2013
ZH, GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG	Merkblatt: Auto- und Transportgewerbe	2013
ZH, BE, LU, UR, SZ, OW, NW, GL, ZG, FR, SO, BS, BL, SH, AR, AI, AG, TG, TI, VD, VS, NE, GE, JU	Lagerung, Behandlung und Export von Alt- und Gebrauchtreifen	2015
GR	Einlageblatt zum Merkblatt Auto- und Transportgewerbe	2010

Auto-/Transportgewerbe: Kantonale Merkblätter

Kanton	Dokument	Jahr
BE	Allgemeine Gewässerschutzvorschriften für Garagen- und Transportbetriebe	2020
BE	Garagen- und Transportbetriebe, Betriebliche Eigenkontrolle	2009
BE	Allgemeine Gewässerschutzvorschriften für Auto- und Altmetallverwertungsbetriebe	2020
AG	Umweltschutz im Auto- und Transportgewerbe	2010
TI	Acque di scarico provenienti dal settore dell'automobile in Ticino	2002
NE	Mesures de protection de l'environnement à appliquer aux établissements de la branche automobile et entreprises assimilées	2013

Wäschereien: Kantonale Merkblätter

Kanton	Dokument	Jahr
--------	----------	------

SZ	Richtlinie: Textil- und Lederreinigungen	2015
TI	Risanamento ambientale delle Lavanderie Chimiche in Ticino	2002

Holzbehandlung: Kantonale Merkblätter

Kanton	Dokument	Jahr
ZH	Umweltschutz im Holzgewerbe	2010
AG	Merkblatt: Umweltschutz in holzverarbeitenden Betrieben	2013

Aquakulturen (Fischzuchtanlagen): Kantonale Merkblätter

Kanton	Dokument	Jahr
BE	Merkblatt: Bewilligungsverfahren zum Erstellen und Betreiben einer Fischhaltung, Fischzucht- resp. Aquakulturanlage	2020

Weitere Branchen mit abwasserrelevanten Prozessen

Kanton	Dokument	Jahr
LU, UR, SZ, OW, NW, ZG	Umweltschutz bei Betonanlagen	2013
ZH	Merkblatt für Zahnarztpraxen und Zahnkliniken	2018
SZ	Abwasser aus Zahnarztpraxen	2014
AG	Kontrolle der Zahnarztpraxen	2017
TG	Merkblatt: Spülung amalganhaltiger Abwasserleitungen	2015

Weitere abwasserrelevante Themen und Stoffe

Kanton	Dokument	Jahr
ZH, BE, SO, BS, BL, AG, TG	Lagerung gefährlicher Stoffe (interkantonaler Leitfaden)	2018
BE	Gewässerschutzvorschriften für den Umgang mit halogenierten Lösemitteln	2020
ZH, BE, LU, UR, SZ, OW, NW, GL, ZG, FR, SO, BS, BL, SH, AR, AI, SG, GR, AG, TG, JU	Absicherung und Entwässerung von Güterumschlagplätzen	2013
ZH, BE, LU, UR, SZ, OW, NW, GL, ZG, FR, SO, BS, BL, SH, AR, AI, SG, GR, AG,	Löschwasser-Rückhaltung	2016

TG, TI, VD, VS, NE, GE, JU		
FR	Löschwasser-Rückhaltung	2016
ZH, BE, LU, UR, SZ, NW, GL, ZG, FR, BS, BL, SH, AR, AI, SG, GR, AG, TG, TI, VD, VS, NE, JU	Informationen zum Einsatz von Saugwagenfahrzeugen mit integrierter Abwasservorbehandlung	2017
VSA	Fettabscheider	2019

Quellen: ZH, BE, LU, UR, SZ, OW, NW, GL, ZG, FR, SO, BS, BL, SH, AR, AI, SG, GR, AG, TG, TI, VD, VS, NE, GE, JU

A3. Auswirkungen auf ARA

Auswirkungen im Bereich Kanal/Zulauf/Mechanische Stufe

Beobachtungen	Ursachen	Branche	Bemerkungen
Korrosion in der Kanalisation und/oder auf der ARA	• Stark Sulfat-/Nitrat-haltiges Abwasser • Abwasser aus anaeroben Vorbehandlungen • pH-Stösse beim Betrieb	• Verarbeitung von Edelmetallen • Diverse	• Korrosion der Infrastruktur. • Allenfalls pH-Stösse auf ARA, wenn nicht bereits ausreichend verdünnt.
Erhöhter Abwasseranfall	• Waschen von Gemüse, Gebinde, etc. • Entschlichten in der Textilveredlung	• Lebensmittelbranche • Textilveredlung • Herstellung/Verarbeitung von Papier und Karton	• Hoher Abwasseranfall führt zu einer hydraulischen Belastung und hohen Frachten
Störstoffe wie Mineralöle, pflanzliche Öle, Fette, Diesel, Fremtteile	• Fehlen/Fehlfunktion Ölabscheider, Fettabscheider⁹⁹	• Garagengewerbe • Lebensmittelbranche	• Fettablagerungen (bei Rohrverengungen, Verstopfungen von Rohren und Pumpen)
pH-Schwankungen (Stösse) im Zulauf	• Reinigungsprozesse • Fehlerhafte Chargenneutralisation (AVA des Betriebs), z.B. defekte/ schlecht gewartete pH-Sonden	• Lebensmittelbranche • Chemie (Lohnhersteller) • Diverse	• Gleichzeitig erhöhte Phosphorfrachten deuten auf Phosphorsäure als Reinigungsmittel hin. • Negative Auswirkungen auf biologische Reinigungsprozesse der ARA (Nitrifikation/Denitrifikation) möglich.
Schaumbildung	• Reinigungsprozesse (Tenside) • Entschlichten (PVA), insbesondere bei kalten Temperaturen nicht gut abbaubar • Einleitung von Löschschaum	• Textilveredlung • Produktion/ Anwendung von oberflächenaktiven Substanzen • Diverse	• Tenside verändern die Oberflächenspannung; hat Auswirkungen auf den Sauerstoffeintrag bei ARA und somit auf die biologische Aktivität.

⁹⁹ VSA-Merkblatt «Fettabscheider». <https://vsa.abacuscity.ch/img/~490/3/06.pdf?xet=1560863246376> [7.2.2020].

	(vgl. VSA-Merkblatt ¹⁰⁰)		
Erhöhte Feststoffe (GUS)	- Gemüse-/Früchteverarbeitung, Schlachthöfe (Blut bei Fehlersorgung) - Mechanische Bearbeitung von Metall - Karton-/Papier (Zellulose)	- Lebensmittelverarbeitung - Metallverarbeitung - Herstellung/Verarbeitung von Papier/Karton	Erhöhte Feststofffrachten können den ARA-Betrieb und die Kanalisationsbauwerke stören
Erhöhte Salzfrachten (z.B. Bromid, Chlorid)	- Aus Betriebsmitteln stammend (Sonderabfallverwertung) - Abgangsgruppe bei Synthese (Chemie/Pharma)	- Entsorgungsbetriebe (KVA, Sonderabfallverwertung, Deponie) - Chemie/Pharma	Hinweise auf weitere Stoffe, wenn Salze aus Chemie/Pharma-Betrieb stammt
Verfärbtes oder getrübbtes Abwasser	- Färben von Textilien - Produkt-Verluste bei der Milchverarbeitung - Fehlersorgung Farbe - Reinigung von Reaktoren mit Restprodukten	- Textilveredlung - Lebensmittelverarbeitung (Schlachthöfe) - Malereibetriebe - Chemische Industrie	- Hinweise auf weitere Stoffe - Gleichzeitig können pH-Schwankungen auftreten - Farbe an sich hat keine unmittelbaren Auswirkungen auf den ARA-Betrieb; kann aber in den ARA-Ablauf durchschlagen (Auswirkungen auf ARA-Ablaufwerte)

Auswirkungen auf die biologische Reinigungsstufe

Beobachtungen	Ursachen	Branche	Bemerkungen
Belastungsspitzen an organischen Stoffen (CSB, BSB ₅)	Organische Stoffe aus dem Betriebsabwasser	- Lebensmittelverarbeitung (Käseereien, Gemüseverarbeiter, Obstverarbeitung) - Chemie/Pharma (z.B. Ethanol für Extraktionen)/ Bi-	- Tritt oftmals saisonal auf (z.B. Früchte-/Obstverarbeitung) - Spitzenbelastungen führen zu einer Überlastung der biologischen Stufe der ARA, was sich negativ

¹⁰⁰ VSA-Merkblatt «PFC- bzw. fluorhaltige Schaumlöschmittel». <https://vsa.abacuscity.ch/img/~490/9/02.pdf?xet=1521613740000> [7.2.2020].

		otech (z.B. Nähr-lösungen)-Industrie Herstellung/Verarbeitung von Papier/Karton	auf die Ablaufwerte auswirkt.
Erhöhte Stickstoff - Werte im Zulauf	- Pöckelung in der Fleischverarbeitung (Nitrit) - Brünieren (Nitrit; wenn AVA nicht richtig funktioniert) - Milch-/Fleischverarbeitung (Ammonium)	- Lebensmittelverarbeitung - Metallbehandlung	Kann (bei stossweiser Einleitung) Ammonium/Nitrit durch die biologische Reinigungsstufe nicht ausreichend abgebaut werden, können diese Stoffe in den Ablauf durchschlagen.
Veränderte Schlammstruktur: schwer absetzbare Flocken, Schwimm-, Blähschlamm	- Hoher Anteil an sehr gut abbaubaren organischen Substanzen (z.B. Öle, Fette, Zucker); z.B. bei Fehlersorgung von Lebensmittelproduktionen ins Abwasser - ungewöhnliche Nährstoffverhältnisse (grosser/dominanter Industrie-einleiter) - Hohe Salzfrachten	- Lebensmittelverarbeitung (z.B. Obstverwertung) - Sonderabfallverwertung (Salzfrachten)	- Seht gut abbaubare organische Substanzen fördern das Wachstum von Fadenbakterien - Schwimm-/Blähschlamm erschwert die Abtrennung/den Rückhalt der Feststoffe (Ablaufwerte können evtl. nicht mehr eingehalten werden; Im Zusammenhang mit der Anwendung von Pulveraktivkohle ist ein effektiver Feststoffrückhalt von grosser Bedeutung)
Hemmung der biologischen Reinigungsstufe (u.a. der Nitrifikation)	- Hemmstoffe/toxische Stoffe, z.B. Komplexspalter wie Dimehtyldithiocarbamat, Biozide - Chronischer Nährstoffmangel (→ dominanter Industrie-einleiter)	- Chemische Industrie - Textilveredlung - Metallverarbeitung/Galvanik (Komplexspalter) - Diverse	Hemmungen der biologischen Reinigungsstufe wirkt sich negativ auf die Reinigungsleistung (CSB, Stickstoff, evtl. P) aus. Kann dazu führen, dass die ARA die Ablaufwerte nicht mehr einhältet.

	• Hohe Säureeinträge (Hemmung der Nitrifikation)		
Erhöhte CSB-Werte im Ablauf bei optimalem ARA-Betrieb und korrekter Dimensionierung	• Einleitung von bedeutenden Frachten an nicht gut abbaubaren Kohlenstoffverbindungen	• Entsorgungsbetriebe • Diverse (z.B. Chemische-pharmazeutische Industrie)	• Allfälliger Hinweis auf Stoffe im Abwasser, die durch vorhandene Reinigungsstufen nicht eliminiert werden.
Erhöhte Phosphor-Werte im Ablauf	• Phosphor-Stöße beim Einsatz von Phosphorsäure zur Reinigung. • Phosphonate sind nicht gut ausfällbar (z.B. mit FeCl_3) • Alternative Flammenschutzmittel auf Phosphonatbasis)	• Lebensmittelverarbeitung • Sonderabfallverwertung • Textilveredlung	• Liegt Phosphor als Phosphonate vor, kann der Ablaufwert durch Erhöhung der Fällmittel-Zugabe nicht abgesenkt werden (Differenz von P_{tot} zu ortho-P aufgrund von Phosphonaten).

Auswirkungen auf die Schlammbehandlung

Beobachtungen	Ursachen	Branche	Bemerkungen
Erhöhte Schwermetallkonzentration im Belebtschlamm und/oder Faulschlamm	• Einleitung hoher Schwermetallfrachten, z.B. durch Betriebsstörung/Fehlmanipulation bei betrieblicher Abwasservorbehandlung.	• Metallverarbeitung/Galvanik	• Schwermetalle haben keine direkte Auswirkung auf die Schlammbehandlung
Erhöhte Spurenmetalle im Klärschlamm (z.B. Gold, Palladium, Platinium)	• Einleitung von hohen Frachten dieser Stoffe.	• Metallbranche (Herstellung von Schmuck, Uhren) • Verarbeitung von Edelmetallen • Chemische-pharmazeutische Industrie	• Keine direkten Auswirkungen auf Kläranlagenbetrieb
Störungen bei der Faulung	• Toxische Stoffe • Organische Säuren (Versäuerung der Faulung, z.B. aufgrund von hohen Sulfat-Konzentrationen)	• Metallverarbeitung/Galvanik • Chemische Reinigung	• Probleme bei der Schlammbehandlung (aufeinander abgestimmte Prozesse)

- Chlorkohlenwasserstoffe

Weitere Auswirkungen auf die ARA

Beobachtungen	Ursachen	Branche	Bemerkungen
Nitrosamine im Zulauf	• Chemische Synthese • Acrylamid-basierte Flockungshilfsmittel können durch die Ozonung zu Nitrosaminen umgewandelt werden	• Chemische-pharmazeutische Industrie • Metallbehandlung/Galvanik	• Sind Amine, Nitrite in einem Abwasser mit tiefem pH vorhanden (einzelnes Betriebsabwasser oder Mischung in Kanalisation), können Nitrosamine gebildet werden (Nitrosierung) • Quarternäre Amine benötigen ein Oxidationsmittel (z.B. Ozon) für die Bildung von Nitrosaminen • Nitrosamine haben keine negativen Auswirkungen auf den ARA-Betrieb (Nitrosamine werden in der biologischen Stufe unter aerobe Bedingungen tendenziell abgebaut)
Übermässige Bildung von toxischen Reaktionsprodukten durch die Ozonung	• Salze (Bromid; siehe auch weiter oben) • Chrom • Nitrosaminvorläufersubstanzen	• Entsorgungsbetriebe (KVA, Sonderabfallverwertung) • Chemische-pharmazeutische Industrie • Metallverarbeitung • Deponien • Diverse	• Die übermässige Bildung von toxischen Reaktionsprodukten in der Ozonung muss verhindert werden; Stoffe, die zur Bildung von toxischen Reaktionsprodukten führen beeinträchtigen den Betrieb der ARA.

A4. Stoffbefunde in ARA-Abläufen

An verschiedensten Standorten in der Schweiz wurden Untersuchungen des ARA-Ablauf hinsichtlich betrieblichen Stoffeinträgen durchgeführt:

- Das Amt für Umwelt und Energie (heute Amt für Wasser und Energie) des Kantons St.Gallen hat im Jahr 2012¹⁰¹ und 2016¹⁰² die Abläufe von 45 ARA (davon 37 ARA im Kanton SG, und 8 Anlagen ausserhalb der Kantonsgrenze) auf rund 40 (Jahr 2012) beziehungsweise 157 Stoffe (Jahr 2016) quantitativ untersucht. Es wurden 7-Tagesmischproben (abflussproportional) genommen. Zuvor wurden bereits in den Jahren 2009¹⁰³ und 2010¹⁰⁴ bei ausgewählten ARA-Abläufen Untersuchungen durchgeführt.
- Das Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basellandschaft (AUE) hat sowohl in den Jahren 2008/2009¹⁰⁵ als auch im Jahr 2015¹⁰⁶ (jeweils im Frühling und im Herbst) die Abläufe von 9 ARA auf ein breites Stoffspektrum (rund 450 Stoffe in der Messkampagne 2015) untersucht. Die ARA-Abläufe wurden jeweils in 2-Tagesmischproben (abflussproportional) beprobt.
- Der Kanton Waadt (Direction générale de l'environnement und Direction de l'environnement industriel, urbain et rural) untersucht seit 2014 bei den mittleren und grossen ARA im Kanton vier Mal jährlich die Konzentrationen von 42 Stoffen im ARA-Zu-/Ablauf¹⁰⁷.

Tab. A4.1. Auswahl an Stoffbefunden in ARA-Abläufen aus kantonalen Messkampagnen.

¹⁰¹ Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen. (2013). Spurenstoffe im Abwasser – Suche nach relevanten Emissionsquellen, Ergebnisse der Messkampagne 2012. <https://www.llv.li/files/au/2013-afu-stgallen-spurenstoffe-im-abwasser.pdf> [6.2.2020].

¹⁰² Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen (2016). Mikroverunreinigungen in Abläufen von Abwasserreinigungsanlagen – Suche nach relevanten Emissionsquellen, Ergebnisse der Messkampagne 2016. <https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sserqualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20in%20Abfl%C3%A4ufen%20von%20ARA%20-%20Ergebnisse%20der%20Messkampagne%202016.pdf> [6.2.2020].

¹⁰³ Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen. (2010). Mikroverunreinigungen im gereinigten Abwasser von kommunalen ARA - Messkampagnen 2009. [https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sserqualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20im%20gereinigten%20Abwasser%20von%20kommunalen%20ARA%20\(Messkampagnen%202009\).pdf](https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sserqualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20im%20gereinigten%20Abwasser%20von%20kommunalen%20ARA%20(Messkampagnen%202009).pdf) [12.5.2020].

¹⁰⁴ Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen. (2010). Mikroverunreinigungen im gereinigten Abwasser von kommunalen ARA - Kurzbericht zur Messkampagne vom Mai 2010. [https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sserqualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20im%20gereinigten%20Abwasser%20von%20kommunalen%20ARA%20\(Messkampagne%202010\).pdf](https://www.sg.ch/content/dam/sgch/umwelt-natur/wasser/fl%C3%BCsse-und-b%C3%A4che/gew%C3%A4sserqualit%C3%A4t-/01-01-05--berichte/chemie/organische-spurenstoffe---mikroverunreinigungen-/Mikroverunreinigungen%20im%20gereinigten%20Abwasser%20von%20kommunalen%20ARA%20(Messkampagne%202010).pdf) [12.5.2020].

¹⁰⁵ Mikroverunreinigungen in Baselbieter Oberflächengewässern. Untersuchungsergebnisse 2008/2009. https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/wasser/oberflachengewasser/publikationen/gewasser/downloads/mikroverunreinigungen_bl-ofg_2008-2009.pdf/@download/file/mikroverunreinigungen_bl-ofg_2008-2009.pdf [6.2.2020].

¹⁰⁶ Mikroverunreinigungen in Baselbieter Oberflächengewässern Untersuchung 2015. https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/wasser/oberflachengewasser/publikationen/gewasser/downloads/bericht-mikroverunreinigungen-untersuchungskampagn.pdf/@download/file/Bericht_Mikroverunreinigungen_Untersuchungskampagne_2015.pdf [6.2.2020].

¹⁰⁷ Siehe <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/> [7.12.2020].

Tab. A4.1. Auswahl an Stoffbefunden in ARA-Abläufen aus kantonalen Messkampagnen.

Stoff	Stoffgruppe	ARA- Abfluss (Q)	Pers. Ange- schl.	Konzen- tration	Fracht	Fracht pro angeschlossene Person	Konz. (median)	Fracht (median)	Mediane Fracht pro angeschlos- sene Person	Fracht- anteil	Kampagnen SG				Kampagnen BL			
		[m3/Tag]	E	[µg/L]	[g/Tag]	[ug/Tag/E]	[µg/L]	[g/Tag]	[ug/Tag/E]	[%]	2016	2012	2010	2009	2015	2009	2008	
											April	Aug.	Mai	Aug.	Nov	Juni	Sept.	Nov.
Metoprolol	Betablocker	346	1121	0.02	0.01	6	0.4	0.1	123	5.0					x			
		346	1121	6.1	2.1	1871	0.7	0.2	216	89.7						x		
		346	1121	1000.0	345.6	308296	1.0	0.3	308	99.9							x	
		346	1121	82.4	28.5	25404	0.3	0.1	92	99.6								x
Tramadol	Analgetikum	18024	44668	24.1	434.4	9725	0.3	5.0	113	98.9	x							
		15833	41639	43.0	680.8	16351	0.4	6.3	152	99.1		x						
Mefenaminsäure	Nichtsteroidales	12960	25702	9.8	127.0	4942	0.2	3.0	116	97.7					x			
	Antirheumatikum	12960	25702	0.6	7.5	292	0.2	3.0	116	71.6						x		
Pentobarbital	Schlafmittel	6038	16642	32.0	193.2	11610	-	-	-	100.0		x						
Naproxen	Analgetikum	12960	25702	150.0	1944.0	75636	0.3	3.2	126	99.8					x			
Indomethacin	Analgetikum	12960	25702	11.0	142.6	5547	0.1	0.9	35	99.4					x			
Diuron	Herbizid	9713	23622	3.7	35.9	1521	0.05	0.5	21	98.7	x							
		8277	22651	15.0	124.2	5481	0.09	0.7	33	99.4		x						
		15506	22651	43.0	666.7	29436	0.07	1.1	48	99.8			x					
		11763	22651	20.5	241.1	10646	0.17	1.9	86	99.2				x				
Carbendazim	Fungizid	9713	23622	1.7	16.5	699	0.04	0.4	16	97.7	x							
		8277	22651	2.2	18.2	804	0.03	0.2	11	98.7		x						
		15506	22651	6.3	97.7	4313	0.03	0.5	21	99.5			x					
		11763	22651	1.9	22.3	987	0.04	0.4	18	98.2				x				
Metolachlor	Pflanzenschutzmittel	12960	25702	6.8	88.1	3429	0.01	0.1	3	99.9					x			
		12960	25702	11.0	142.6	5547	0.01	0.1	4	99.9						x		
		12960	25702	8.1	104.6	4069	-	-	-	100.0								x

Tab. A4.2. Auswahl an Stoffbefunden in ARA-Abläufen aus kantonalen Messkampagnen.

Stoff	Stoffgruppe	ARA-	Pers.	Konzen-	Fracht	Fracht pro	Konz.	Fracht	Mediane Fracht	Fracht-	Kampagnen SG				Kampagnen BL		
		Abfluss	Ange-			angeschlossene			pro angeschlos-		2016	2012	2010	2009	2015	2009	2008
		(Q)	schl.	Person	sene Person	(median)	(median)	pro angeschlos-	anteil	April	Aug.	Mai	Aug.	Nov	Juni	Sept.	Nov.
		[m3/Tag]	EW	[µg/L]	[g/Tag]	[ug/Tag/E]	[µg/L]	[g/Tag]	[ug/Tag/E]	[%]							
MTBE (Methyl-tert-butylether)	Lösungsmittel	3024	12191	0.3	0.8	64	0.16	0.48	40	61.9					x		
		3024	12191	0.2	0.5	45	0.18	0.54	45	50.0						x	
		3024	12191	33.0	99.8	8186	-	-	-							x	
		3024	12191	5.2	15.7	1290	-	-	-								x
Monoglyme (Ethylenglykoldimethylether)	Lösungsmittel	9504	36279	78.0	741.3	20434	-	-	-	100.0							x
Diglyme	Lösungsmittel	12960	25702	7.8	101.1	3933	-	-	-	100.0					x		
		12960	25702	11.0	142.6	5547	-	-	-	100.0						x	
		12960	25702	4.8	62.2	2420	-	-	-	100.0							x
Triglyme (Triethylenglykoldimethylether)	Lösungsmittel	9504	36279	17.5	166.3	4584	-	-	-	100.0							x
Tetraglyme (Tetraethylenglykoldimethylether)	Lösungsmittel	9504	36279	73.8	701.4	19333	-	-	-	100.0							x
Hexaethylenglykoldimethylether		9504	36279	100.0	950.4	26197	-	-	-	100.0							x
		9504	36279	36.5	346.9	9562	-	-	-	100.0							x
Pentaethylenglykoldimethylether		9504	36279	100.0	950.4	26197	-	-	-	100.0							x
		9504	36279	83.0	788.8	21743	-	-	-	100.0							x
Metolachlor-Morpholinon		12960	25702	1.00	12.96	504	-	-	-	100.0					x		
		12960	25702	17.0	220.3	8572	-	-	-	100.0						x	
EDTA	Komplexbildner	3024	12191	240.00	725.76	59532	14.5	43.8	3597	94.3						x	
		3024	12191	16000	48384	3968829	16.0	48.4	3969	99.9							x
N,N-Dimethylurethan		12960	25702	71.80	930.53	36204	-	-	-	100.0							x
4-Trifluormethylacetophenon		12960	25702	16.00	207.36	8068	-	-	-	100.0							x
N-Methylacetanilid		12960	25702	11.50	149.04	5799	-	-	-	100.0							x
Tetradecansäure	Ausgangsstoff	9504	36279	17.60	167.27	4611	-	-	-	100.0							x
4-Trifluormethylphenol		12960	25702	60.00	777.60	30254	-	-	-	100.0					x		
		12960	25702	170.00	2203.20	85721	-	-	-	100.0						x	
Triphenylphosphinoxid		9504	36279	24.70	234.75	6471	-	-	-	100.0							x

A5. Meldefälle von betrieblichen Einleitungen bei der Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS) 2013-2020

Nachfolgend sind die Meldungen des Amts für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt im Rahmen des internationalen Warn- und Alarmplanes Rhein (WAP), im Rahmen des regionalen Meldekonzpts und fachliche Meldungen an die Wasserwerke aufgelistet. Die Meldefälle sind auf betriebliche Einleitungen zurückzuführen. Die Zusammenstellung basiert auf den Monats- (2018-2019) und Jahresberichten (2013-2017) der Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein sowie auf persönlicher Kommunikation (2020) (Quellen^{108,109,110,111,112,113}).

Einmalige Meldungen

Substanz	Zeitraum Einleitung		Einleitdauer	Max. gemessene Konzentration	Fracht Einleitung
	Von	Bis			
			[Tage]	[µg/l]	[kg]
2-Acrylamido-2-methylpropanesulfonsäure (AMPS) (Abb. 13)	25.01.2015	10.02.2015	16	4.6	864
3-Chlor-5-(trifluormethyl)pyridin-2-carbonsäure	11.04.2020	15.05.2020	34	0.5	370
3-(Trifluormethyl)anilin	02.02.2014	06.03.2014	32	0.49	710
4-Dimethylamino-2,2-diphenylvaleronitril (Abb. 14)	09.02.2017	28.02.2017	19	0.21	76
Acemetacin	05.03.2014	09.03.2014	4	0.12	22
Aceton (Abb. 15)	Sep. 2018	Sep. 2018		13	
Capecitabin (Abb. 16)	11.11.2013	12.11.2013	1	0.07	10
Cyprosulfamid (Abb. 17)	14.12.2015	12.01.2016	29	1.5	723
Diethylbenzol	21.02.2017	22.02.2017	1	5.6	280
Diglyme	Nov. 2018	Nov. 2018		1.3	

¹⁰⁸ Rheinüberwachungs-Station Weil am Rhein. Jahresbericht 2013. https://www.aue.bs.ch/dam/jcr:25810181-0c9d-4dcc-827f-66a8e3649fae/jabe2013_teil_a_bericht.pdf [14.4.2020].

¹⁰⁹ Rheinüberwachungs-Station Weil am Rhein. Jahresbericht 2014. https://www.aue.bs.ch/dam/jcr:8d9a255d-659c-4e00-b4a5-e035af200332/ruesjabe2014_Teil_A_Bericht.pdf [14.4.2020].

¹¹⁰ Rheinüberwachungs-Station Weil am Rhein. Jahresbericht 2015. https://www.aue.bs.ch/dam/jcr:e76b4875-c52e-4bec-b4e8-d9dde69375aa/ruesjabe2015_Teil_A_Bericht.pdf [14.4.2020].

¹¹¹ Rheinüberwachungs-Station Weil am Rhein. Jahresbericht 2016. https://www.aue.bs.ch/dam/jcr:36f0f6d1-6593-4fa3-b120-22a0ffa8e682/ruesjabe2016_Teil_A_Bericht.pdf [14.4.2020].

¹¹² Rheinüberwachungs-Station Weil am Rhein. Jahresbericht 2017. https://www.aue.bs.ch/dam/jcr:d233c6ea-58d9-4977-86cc-900771113169/ruesjabe2017_Teil_A_Bericht.pdf [14.4.2020].

¹¹³ Rheinüberwachungs-Station Weil am Rhein. Alle Monatsberichte. <https://www.aue.bs.ch/umweltanalytik/rheinuberwachungsstation-weil-am-rhein/monatsberichte.html> [29.1.2021].

Dimethyldioxophosphinat	2020				
Ethoxy-methoxycyclo-dodecan	Apr. 2018	Apr. 2018		0.2	
Ethylmethylanilin	26.11.2017	30.11.2017	4	0.7	141
Ethyltriphenylphosphonium-Kation (Abb. 18)	2020				
Indomethacin (Abb. 19)	28.02.2014	23.03.2014	23	0.41	180
Iomeprol (Abb. 20)	2020				
Levetiracetam (Abb. 21)	11.01.2013	17.01.2013	6	0.75	150
Methadon (Abb. 22)	04.09.2013	21.09.2013	17	0.45	83
Naproxen (Abb. 23)	16.03.2016	21.03.2016	5	0.69	112
Tert-Butylmethylphenol (Abb. 24)	Jun. 2018	Jun. 2018		6	
N-(Chlormethyl)-Triethylammonium-Kation (Abb. 25)	21.06.2016	31.07.2016		0.32	1080
N,N-Didesvenlafaxin (Abb. 26)	13.11.2015	16.11.2015	3	1.1	155
Tetrachlorethen (Abb. 27)	06.06.2013	07.06.2013	1	0.22	43
Tetraglyme (Abb. 28)	06.08.2013	22.08.2013	16	1.8	2200
Tizanidin (Abb. 29)	20.06.2014	04.07.2014	14	0.13	67
Tributylmethylammonium-Kation (Abb. 30)	11.09.2016	07.10.2016	26	0.47	180
Trichlorbenzol (Abb. 31)	04.04.2013	14.04.2013	10	0.38	40
Triphenylphosphinoxid (Abb. 32)	11.06.2013	12.06.2013	1	1.1	n. b.
Trimethylbenzonsulfonsäure	Jan. 2018	Jan. 2018			
Unbekannte Substanz (139)	27.06.2014	03.07.2014	6	0.16	51
Unbekannte Substanz (m=252)	08.09.2014	22.09.2014	14	1.3	1200
Unbekannte Substanz (m=326)	10.05.2014	30.07.2015		0.52	2100
Unbekannte Substanz 236.115	16.08.2015	26.09.2015		1	2000

Unbekannte Substanz (146)	28.05.2017	07.11.2017		2.5	11000
Unbekannte Substanz (340/341/308)	Jul. 2018	Jul. 2018		0.1-1	
Unbekannte Substanz (293)	2020				
Unbekannte Substanz (GCMS 95)	2020				
Vildagliptin	01.12.2017	12.12.2017	11	0.08	40

Wiederkehrende Meldungen

Substanz	Zeitraum Einleitung		Einleit- dauer	Max. ge- messene Konzentra- tion	Fracht Einlei- tung
	Von	Bis	[Tage]	[µg/l]	[kg]
2-Phenyl-2-(2-piperidin)ace- tamid	19.02.2014	11.03.2014	20	0.82	610
2-Phenyl-2-(2-piperidin)ace- tamid	Mai. 2018	Mai. 2018		0.51	300
Aliskiren (Abb. 33)	25.02.2014	01.03.2014	4	0.19	35
Aliskiren	19.03.2014	22.03.2014	3	0.16	26
Aliskiren	04.04.2014	08.04.2014	4	0.23	45
DEET (Abb. 34)	23.01.2013	25.01.2013	2	0.11	16
DEET	19.02.2013	22.02.2013	3	0.13	33
DEET	04.05.2013	06.05.2013	2	0.12	31
DEET	11.08.2013	13.08.2013	2	0.13	15
DEET	Aug. 2018	Aug. 2018			
DEET	Nov. 2020	Dez. 2020			
Dichlormethan (Abb. 35)	27.02.2013	02.03.2013	3	0.18	30
Dichlormethan	05.01.2017	20.01.2017	15	0.5	99
Dichlormethan	29.07.2017	11.08.2017	13	3.7	1082
Dichlormethan	Dez. 2018	Dez. 2018			
1,4-Dioxan (Abb. 36)	28.03.2015	21.04.2015	24	1.2	1165
1,4-Dioxan	Nov. 2018	Nov. 2018		1.1	
MTBE (Abb. 37)	20.02.2014	21.02.2014	1	1.2	96
MTBE	06.01.2016	02.02.2016	27	0.92	1060

MTBE	07.05.2017	08.05.2017	1	1.5	140
p-Toluolsulfonsäure (Abb. 38)	02.10.2014	08.10.2014	6	1.6	320
p-Toluolsulfonsäure	26.03.2015	31.03.2015	5	2.9	615
p-Toluolsulfonsäure	06.04.2016	10.04.2016	4	1.6	300
p-Toluolsulfonsäure	05.05.2016	10.05.2016	5	1.6	510
p-Toluolsulfonsäure	26.05.2016	05.06.2016	11	1.2	915
Tetrahydrofuran (Abb. 39)	17.02.2015	02.03.2015	13	3.9	1770
Tetrahydrofuran	18.04.2015	21.04.2015	3	1.4	300
Tetrahydrofuran	03.10.2015	06.10.2015	3	?	210
Tetrahydrofuran	13.10.2015	23.10.2015	10	2.2	450
Tetrahydrofuran	19.12.2016	21.12.2016	2	0.94	93
Tetrahydrofuran	29.03.2017	04.04.2017	6	1.3	200
Toluol (Abb. 40)	27.08.2013	29.08.2013	2	1.5	145
Toluol	14.01.2017	15.02.2017	32	7.1	1230
Toluol	06.05.2017	08.05.2017	2	2.6	291
Toluol	20.06.2017	21.06.2017	1	0.88	75
Unbekannte Substanz (179/207/280)	20.09.2014	05.12.2014	76	2.9	4100
Unbekannte Substanz (179/207/280)	31.10.2015	16.11.2015	16	1	420
Unbekannte Substanz (162.032)	19.10.2016	21.11.2016		1-10	1000
Unbekannte Substanz (162)	01.06.2017	29.10.2017		2.9	9000

Kontinuierliche Einleitungen

Substanz	Zeitraum Einleitung		Einleit- dauer	Max. ge- messene Konzentra- tion	Fracht Einlei- tung
	Von	Bis	[Tage]	[µg/l]	[kg]
2-((N,NDimethylamino)methyl)benzonitril (Abb. 41)	01.01.2015	31.12.2017	1095		26627
2-((N,NDimethylamino)methyl)benzonitril	Okt. 2018	Okt. 2018			
Diethylmethylcarbammat	Nov. 2019	Nov. 2019		0.45	

Diethylmethylcarbamat	Seit Nov. 2019 als Dauereinleitung gemessen				
Metalaxyl-TP CGA 62826 (Abb. 42)	30.06.2015	31.12.2017	915		3552
Metalaxyl-TP CGA 62826	Sep. 2019	Okt. 2019			
Tetracarbonitrilpropen (Abb. 43)	01.01.2014	31.12.2017	1460		31363
Unbekannte Substanz (240)	Seit 2020 als Dauereinleitung gemessen				

Zeitprofile der einzelnen RÜS-Meldefälle durch betriebliche Einleitungen

Nachfolgend sind die Zeitprofile von ausgewählten Meldefällen dargestellt. Es kann vorkommen, dass sich die angegebenen Frachten von den Zahlen aus den Jahresberichten der RÜS (siehe Kapitel A4.1.) unterscheiden. Das liegt daran, dass beispielsweise nicht die exakt gleichen Zeiträume der Stoffeinleitung in die Berechnung einbezogen wurden oder erst nachträglich entsprechende Standards verfügbar waren, um die Einleitungen genauer zu quantifizieren. Es ist darauf hinzuweisen, dass ein fehlender Messbefund nicht zwingendermassen bedeutet, dass der Stoff nicht vorhanden war. Denn nicht alle gezeigten Stoffe wurden über den gesamten, angegebenen Zeitraum analysiert.

Einmalige Meldungen

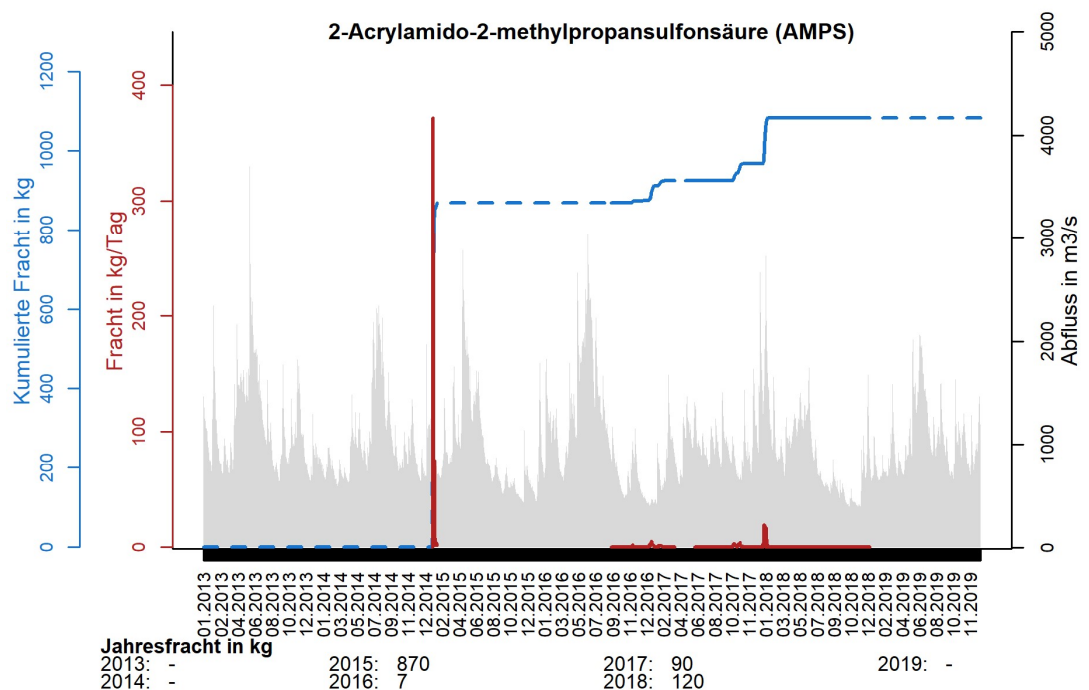


Abb. 13 Zeitprofil von 2-Acrylamido-2-methylpropansulfonsäure (AMPS) für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: Januar bis Februar 2015.

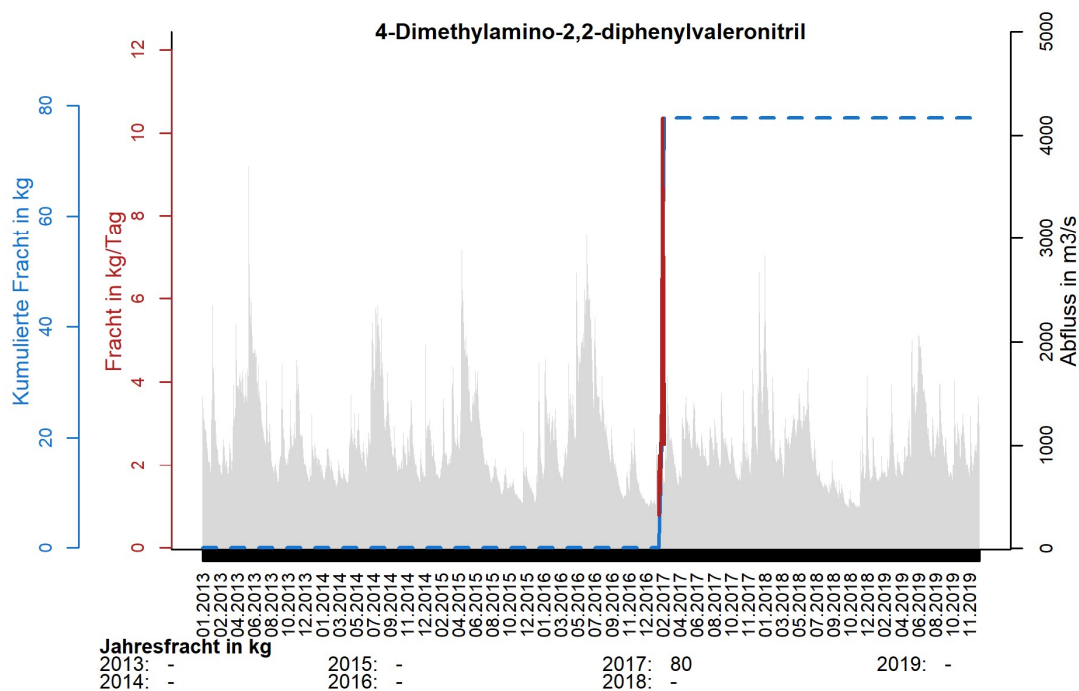


Abb. 14 Zeitprofil von 4-Dimethylamino-2,2-diphenylaleronitril für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: Februar 2017.

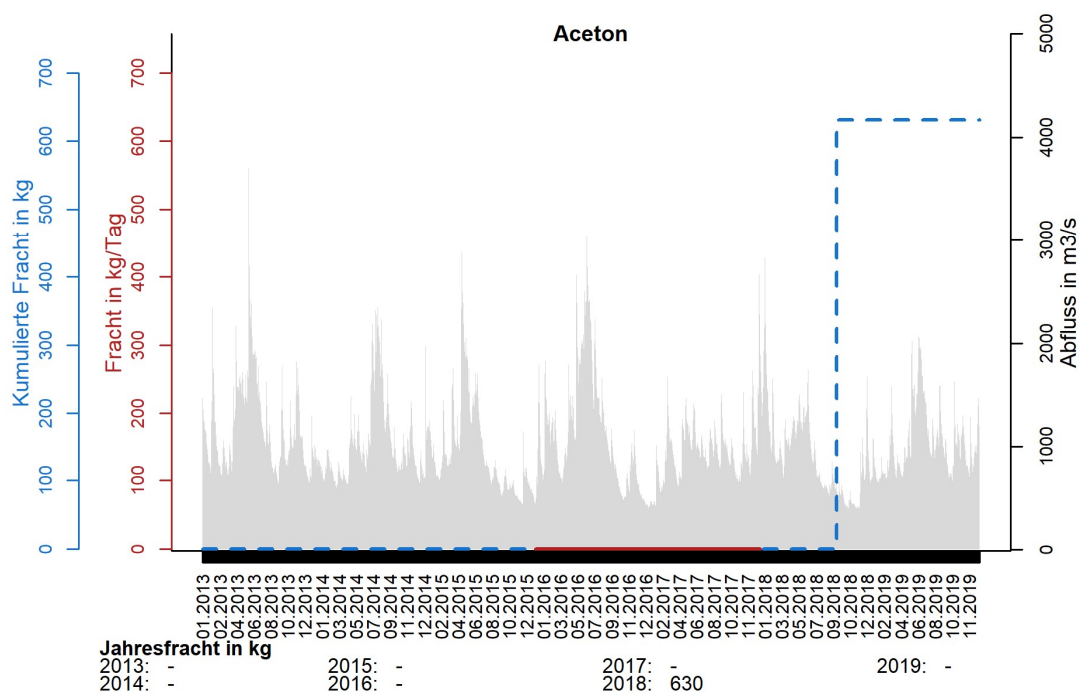


Abb. 15 Zeitprofil von Aceton für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: September 2018.

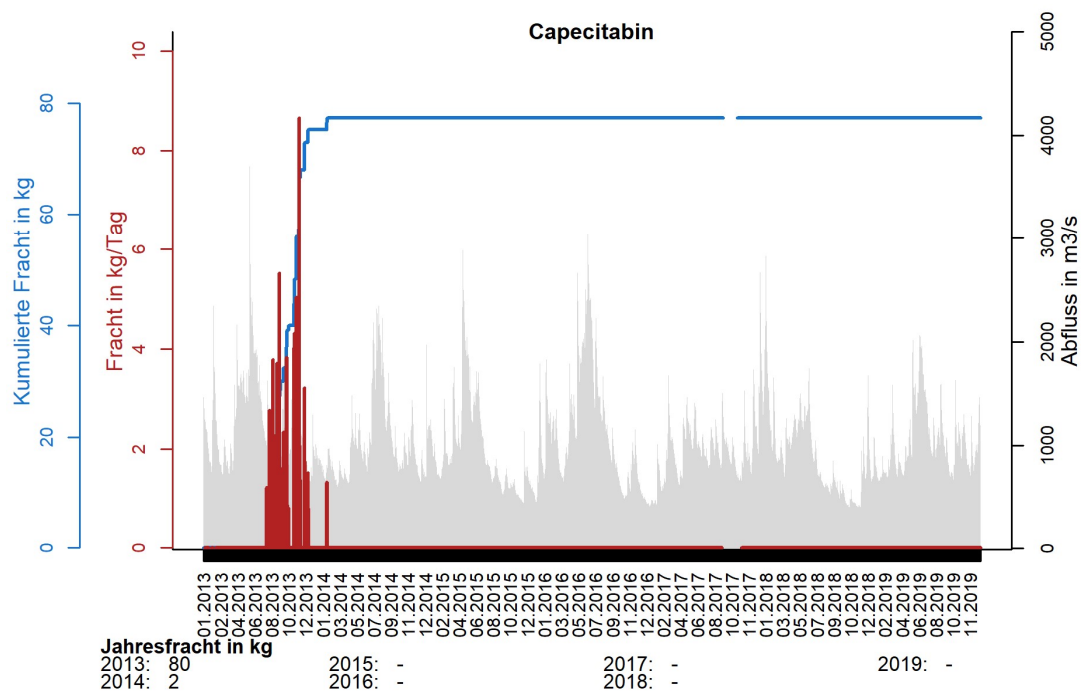


Abb. 16 Zeitprofil von Capecitabin für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: November 2013.

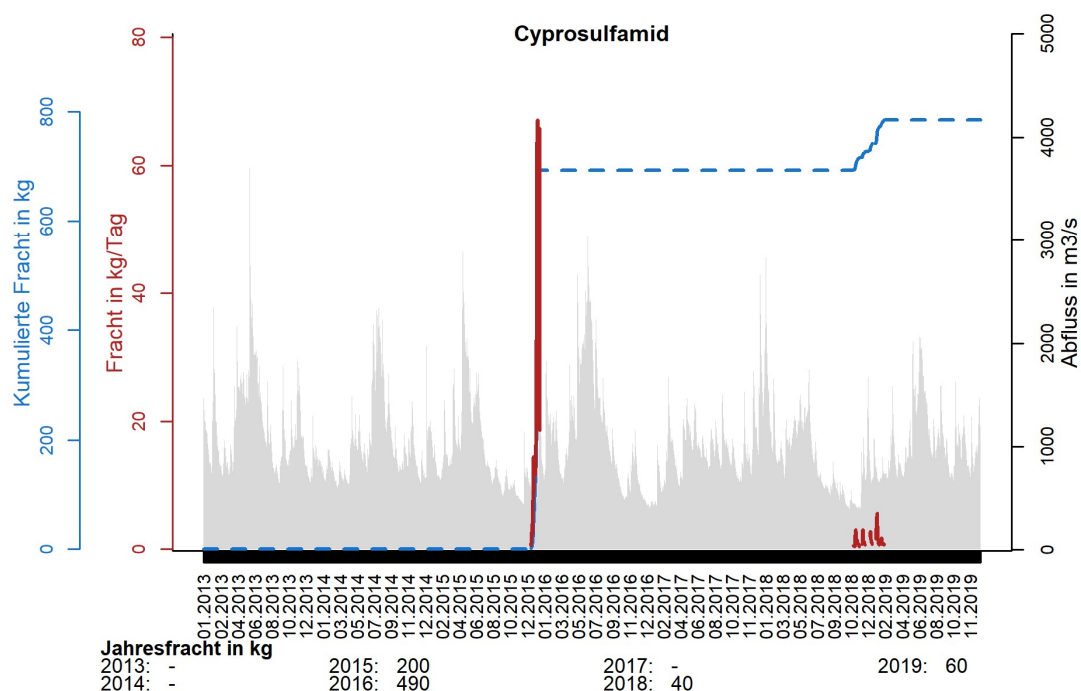


Abb. 17 Zeitprofil von Cyprosulfamid für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: Dezember 2015 bis Januar 2016.

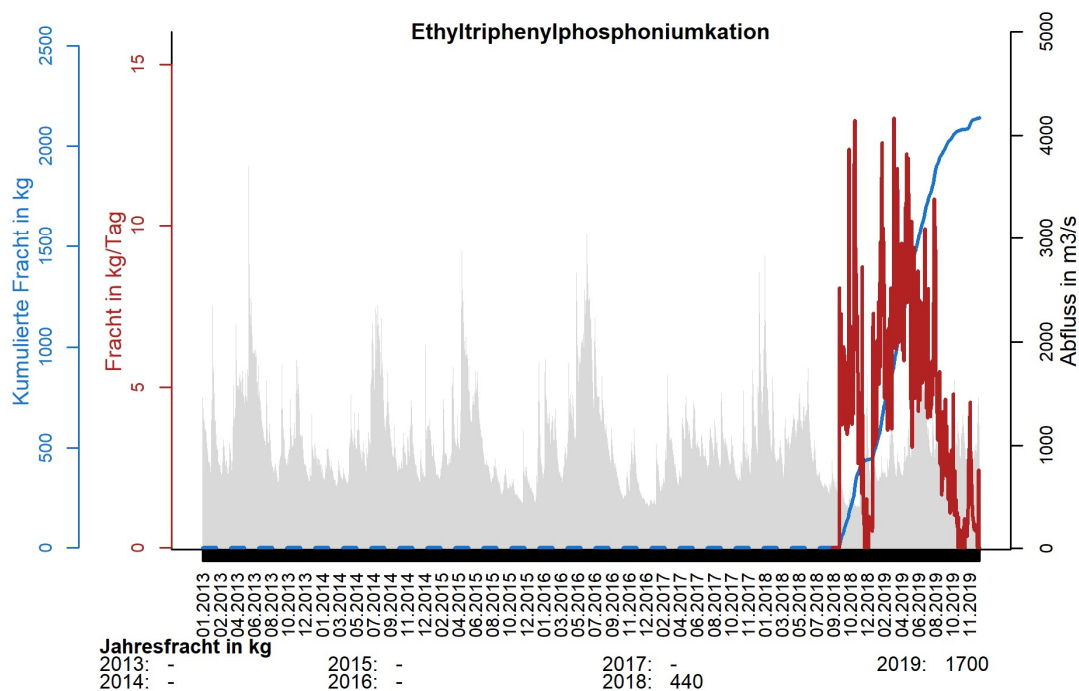


Abb. 18 Zeitprofil von Ethyltriphenylphosphoniumkation für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: 2020.

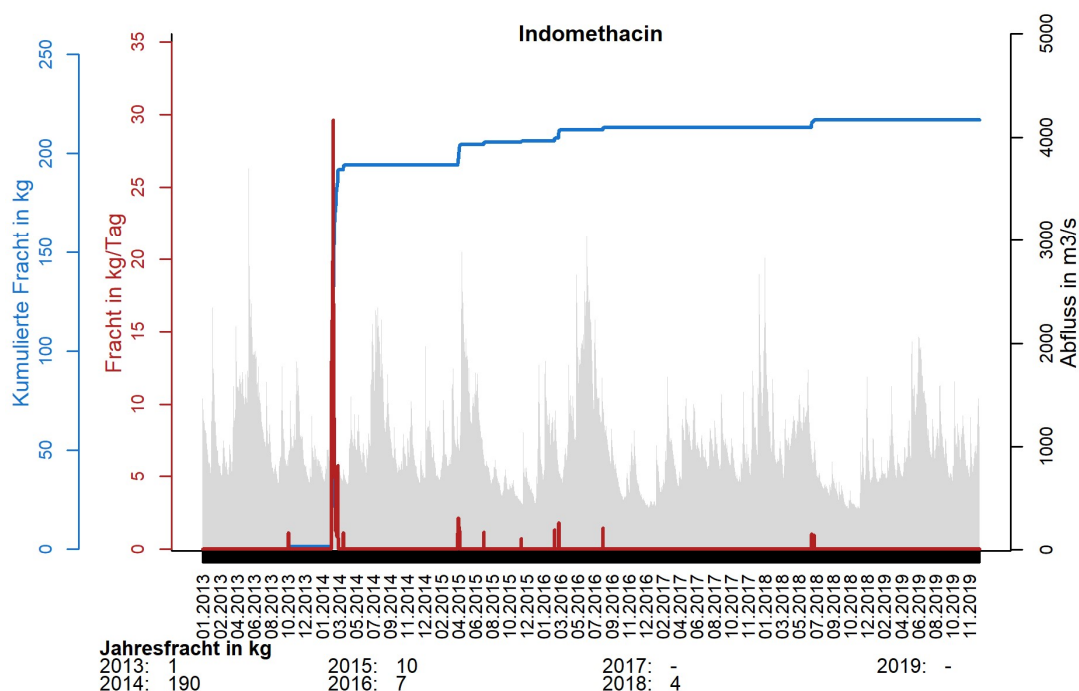


Abb. 19 Zeitprofil von Indomethacin für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: Februar bis März 2014.

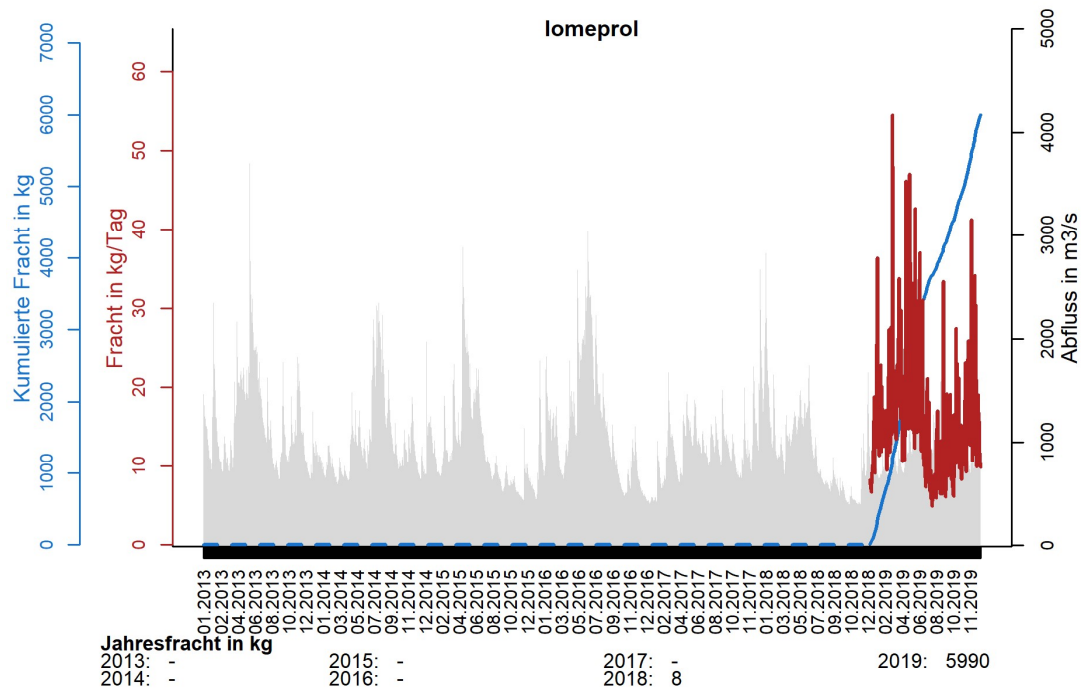


Abb. 20 Zeitprofil von lomeprol für den Zeitraum von 1.1.2019 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Vor 2019 wurde lomeprol nicht als Einzelsubstanz, sondern in der Summe mit lopamidol bestimmt. Meldung aufgetreten: 2020.

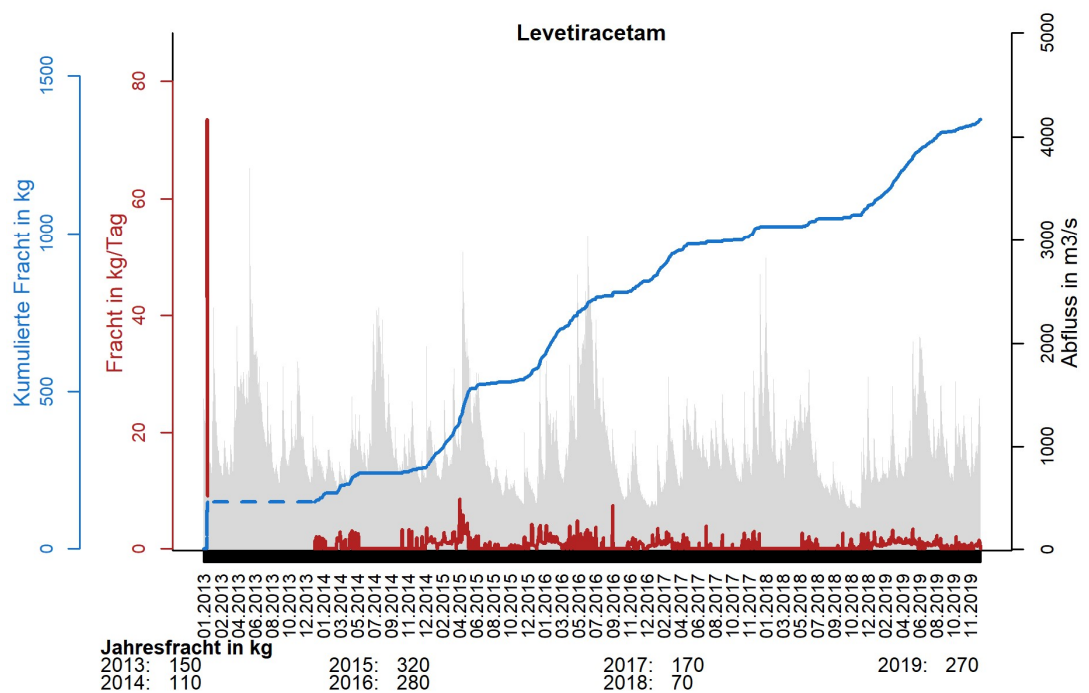


Abb. 21 Zeitprofil von Levetiracetam für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: Januar 2013.

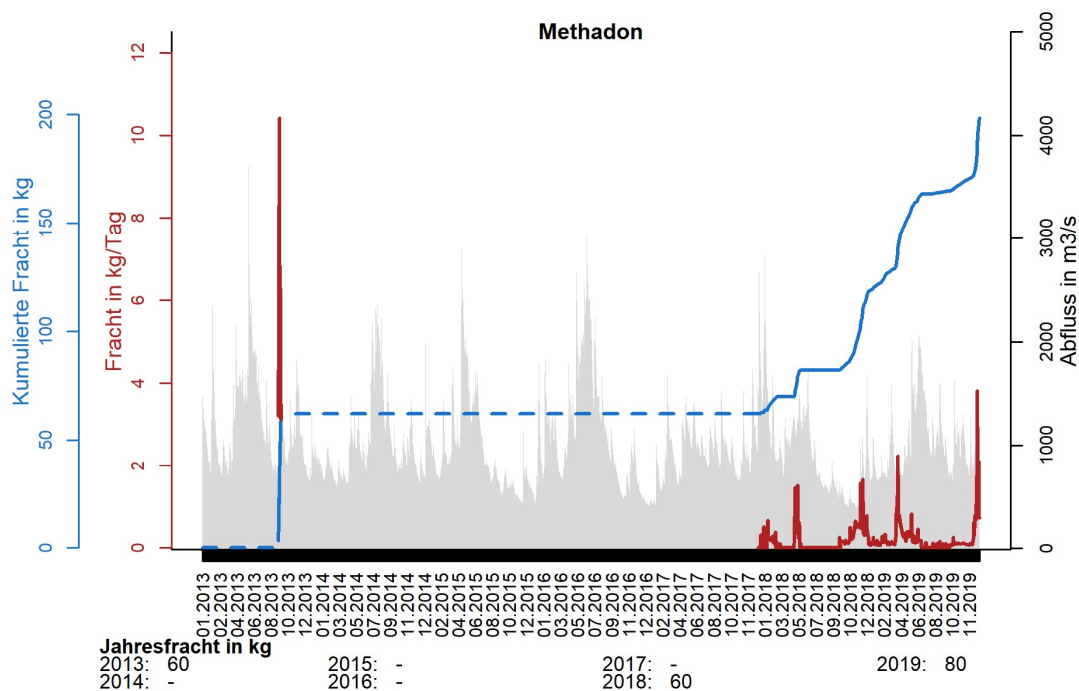


Abb. 22 Zeitprofil von Methadon für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: September 2013.

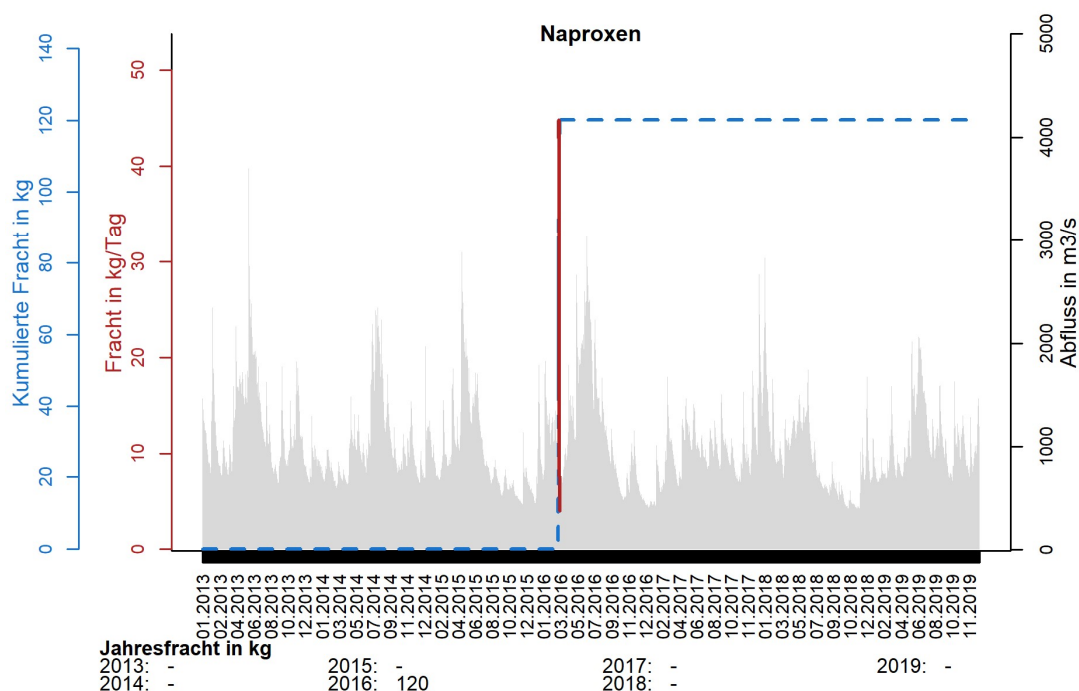


Abb. 23 Zeitprofil von Naproxen für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: März 2016.

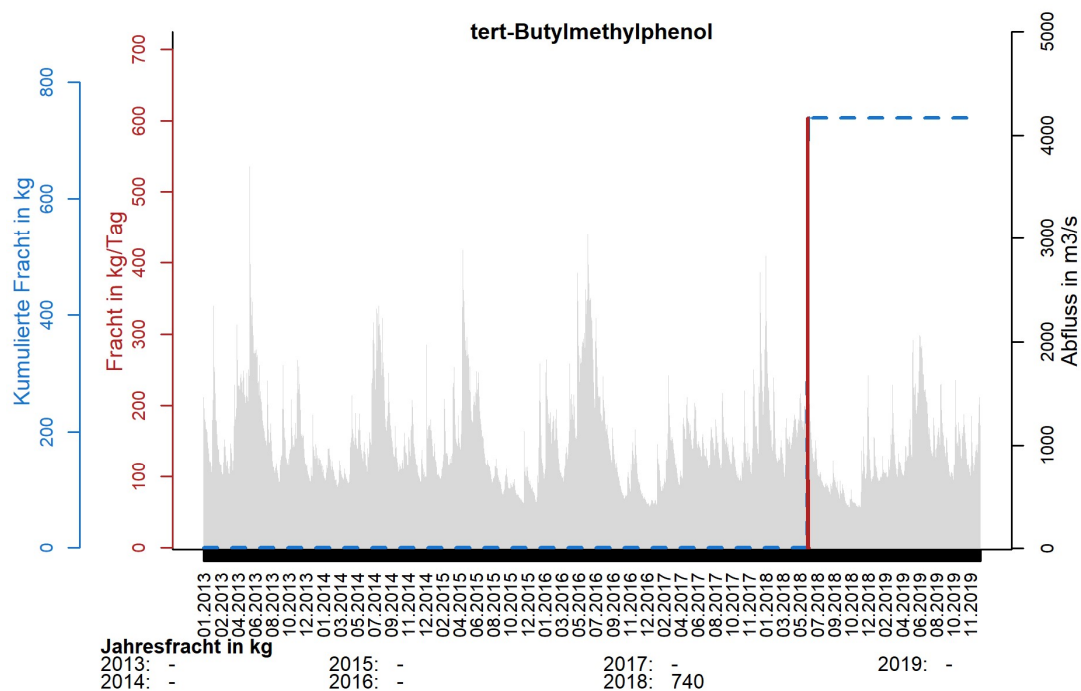


Abb. 24 Zeitprofil von tert-Butylmethylphenol für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: Juni bis Juni 2018

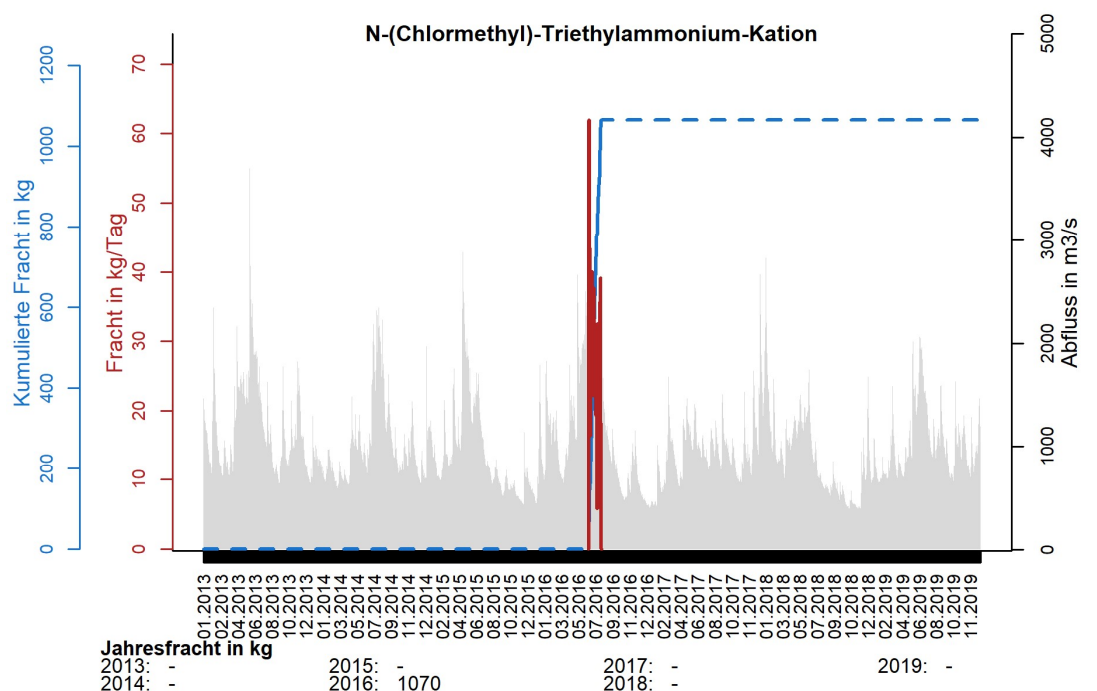


Abb. 25 Zeitprofil von N-(Chlormethyl)-Triethylammonium-Kation für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: Juni bis Juli 2016

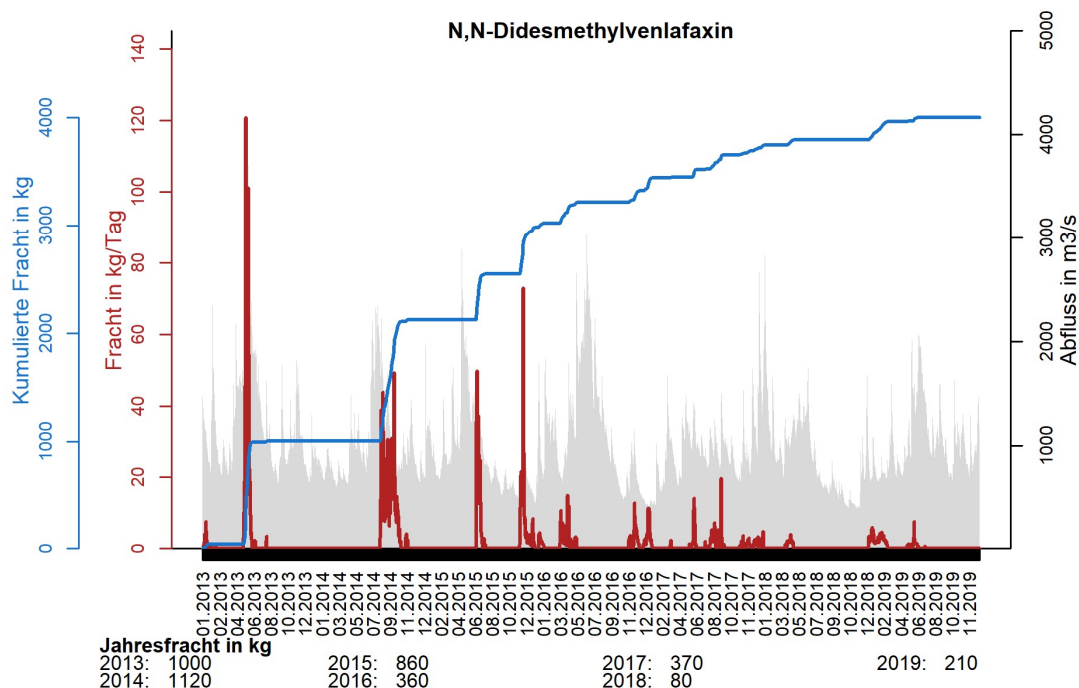


Abb. 26 Zeitprofil von N,N-Didesmethylvenlafaxin für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: November 2015

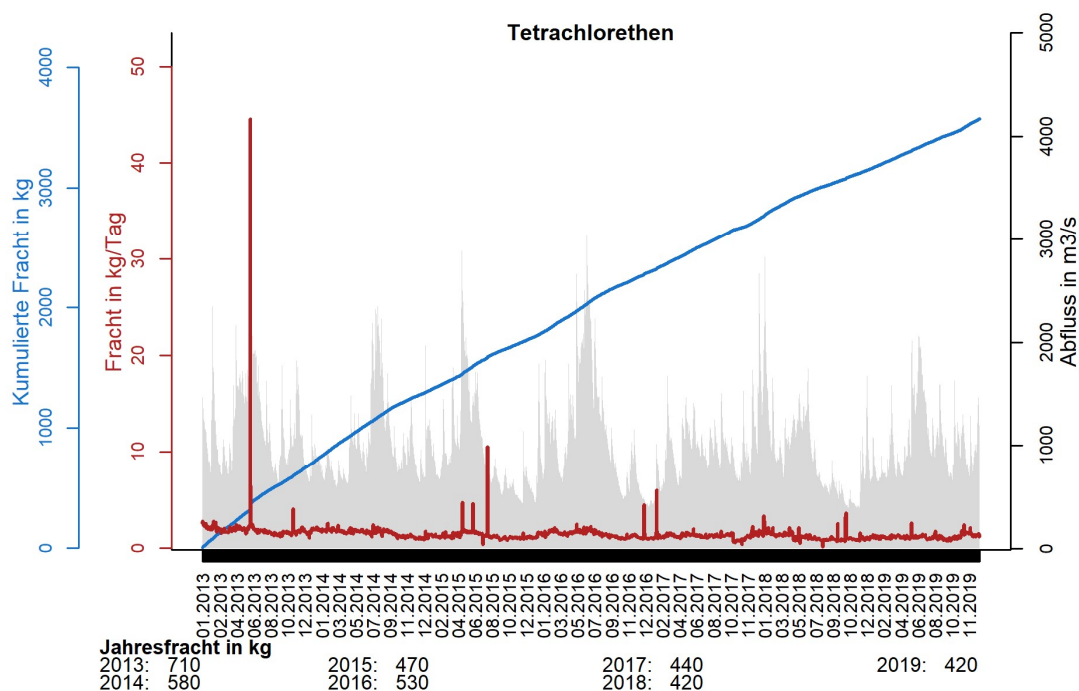


Abb. 27 Zeitprofil von Tetrachlorethen für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: Juni 2013

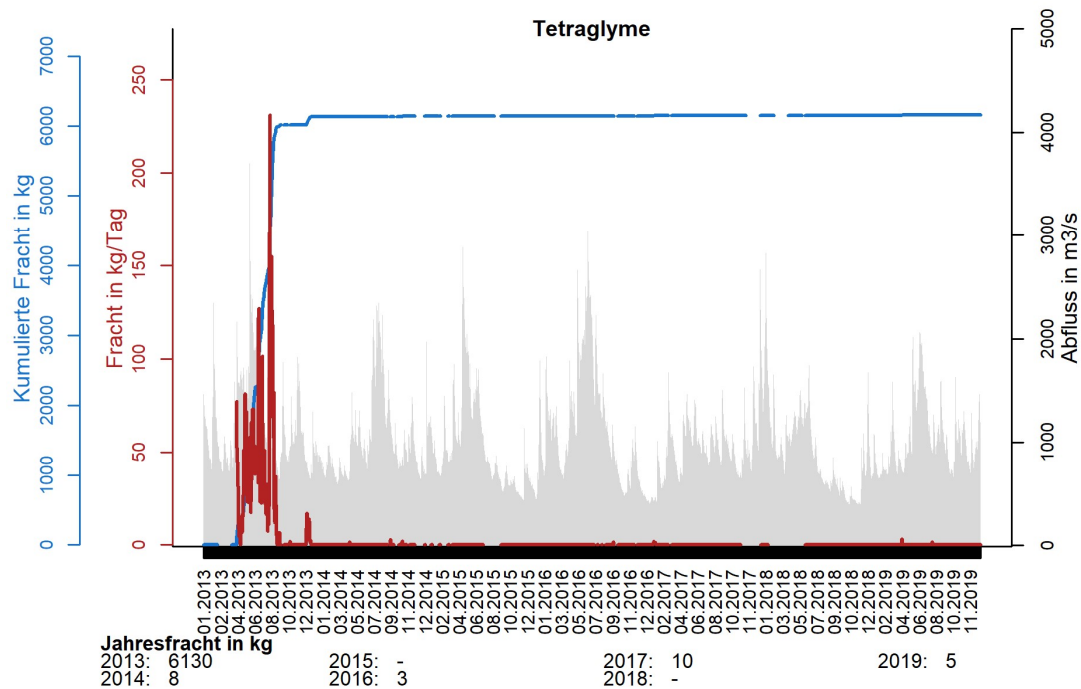


Abb. 28 Zeitprofil von Tetraglyme für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: August 2013.

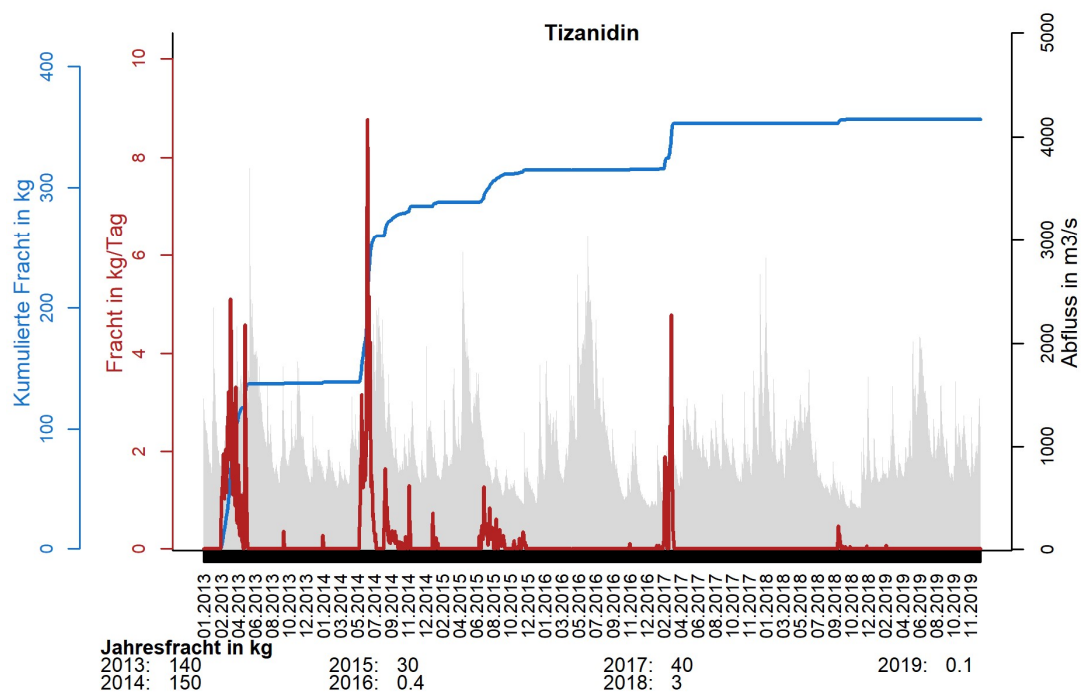


Abb. 29 Zeitprofil von Tizanidin für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: Juni bis Juli 2014.

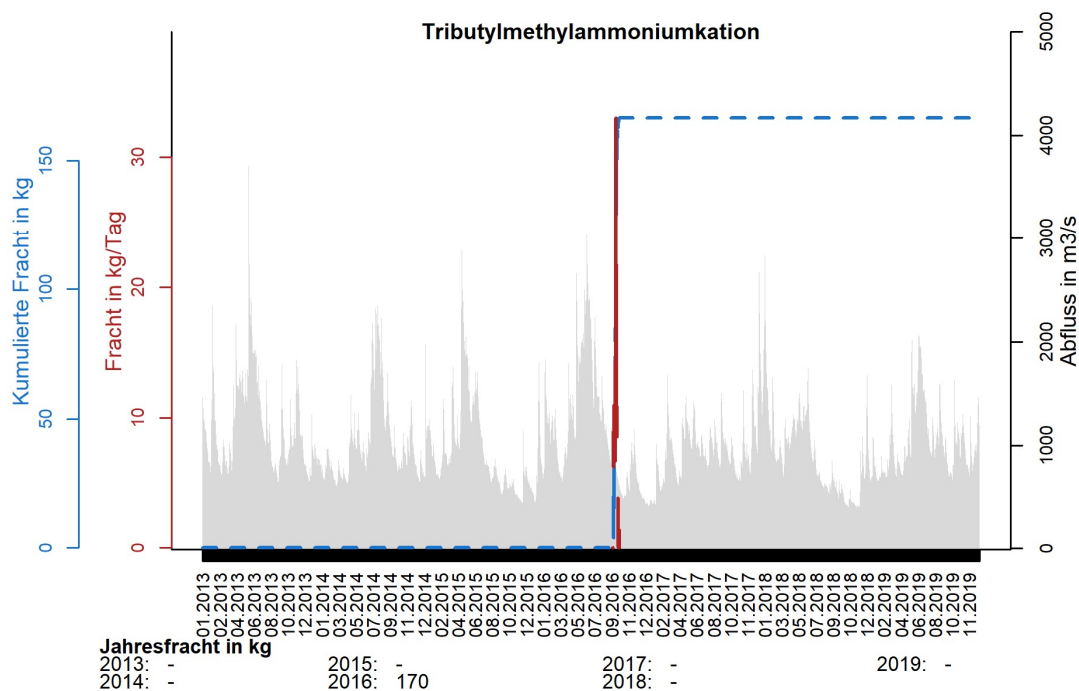


Abb. 30 Zeitprofil von Tributylmethylammoniumkation für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: September bis Oktober 2016.

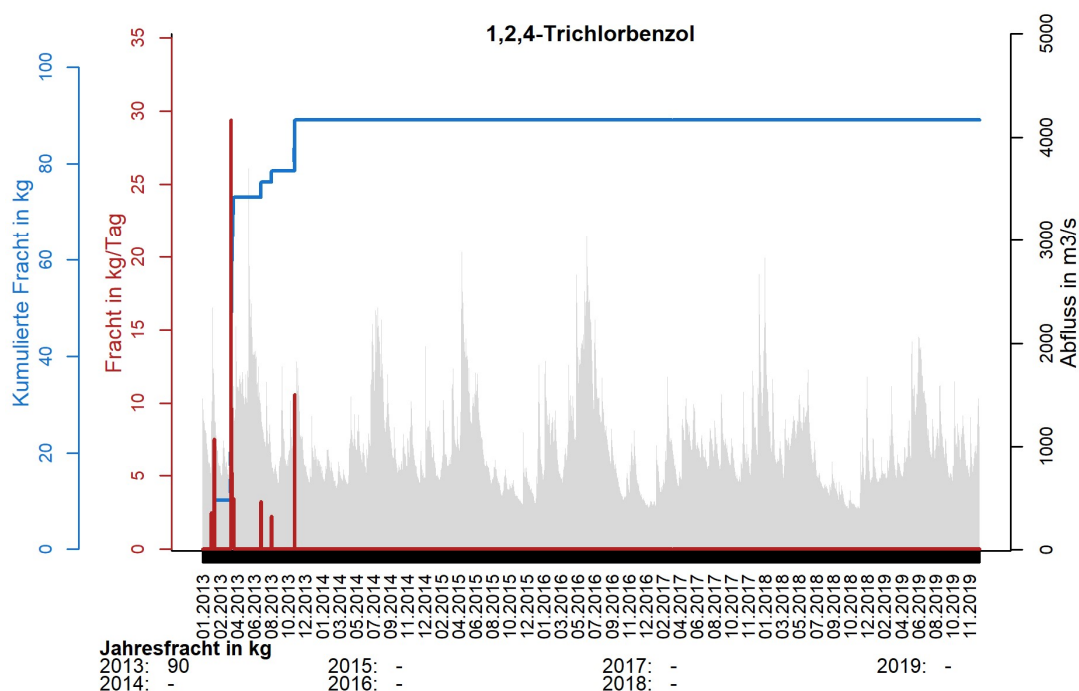


Abb. 31 Zeitprofil von Trichlorbenzol für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: April 2013.

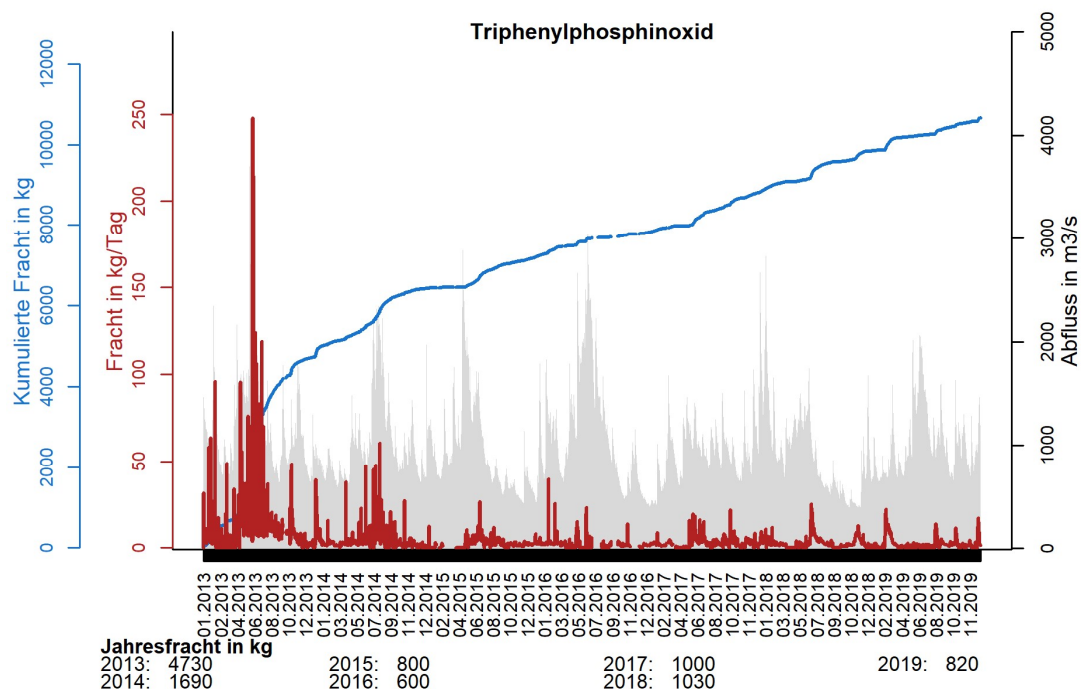


Abb. 32 Zeitprofil von Triphenylphosphinoxid für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldung aufgetreten: Juni 2013.

Wiederkehrende Meldungen

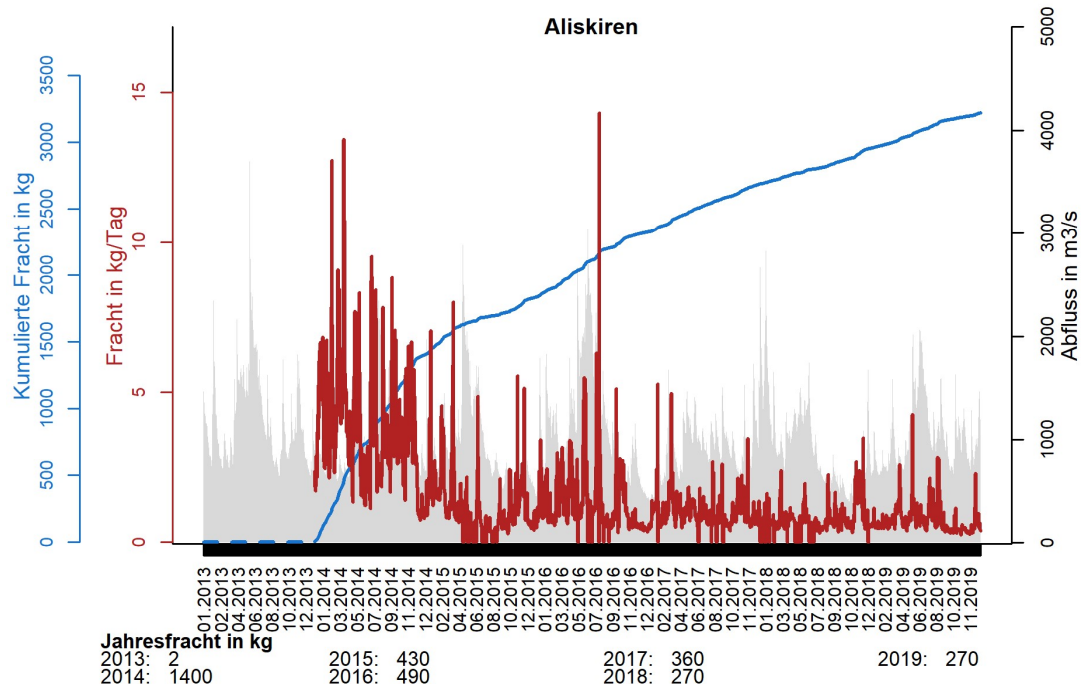


Abb. 33 Zeitprofil von Aliskiren für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldungen aufgetreten: (i) Februar bis März 2014, (ii) März 2014, (iii) April 2014.

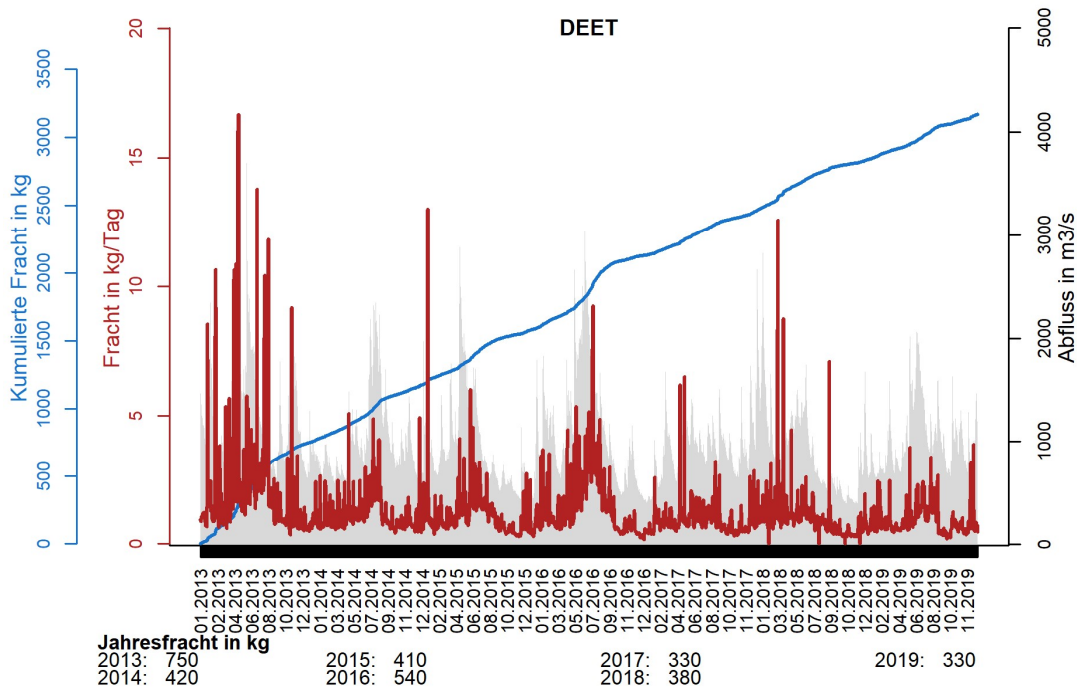


Abb. 34 Zeitprofil von DEET für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldungen aufgetreten: (i) Januar 2013, (ii) Februar 2013, (iii) Mai 2013, (iv) August 2013, (v) August 2018, (vi) November bis Dezember 2020.

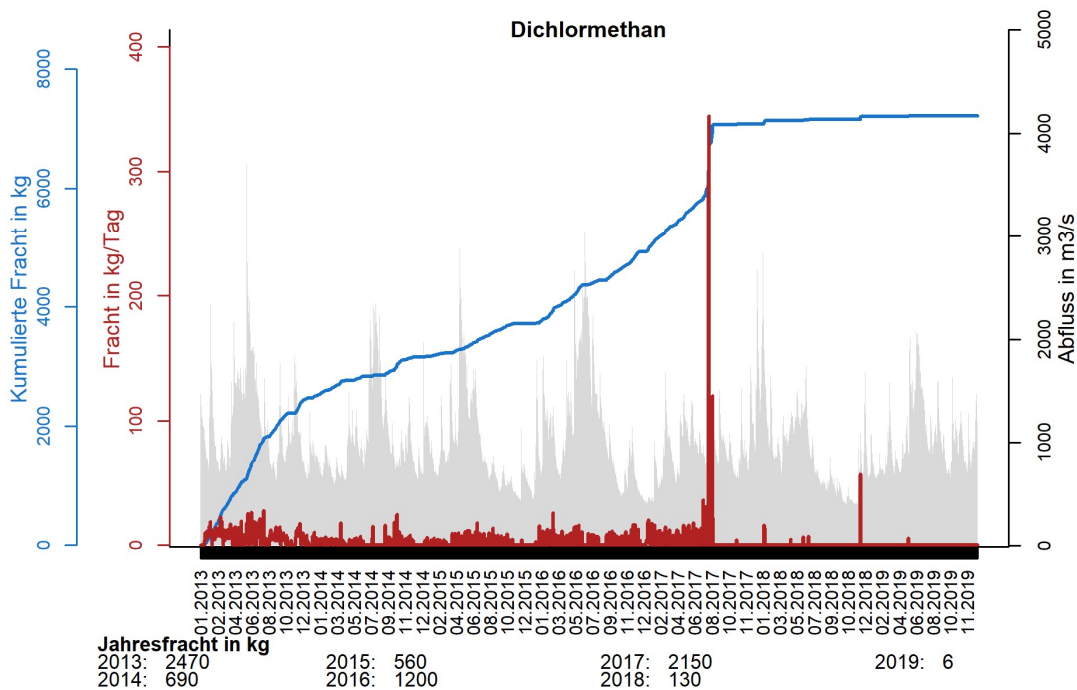


Abb. 35 Zeitprofil von Dichlormethan für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldungen aufgetreten: (i) Februar bis März 2013, (ii) Januar 2017, (iii) Juli bis August 2017, (iv) Dezember 2018.

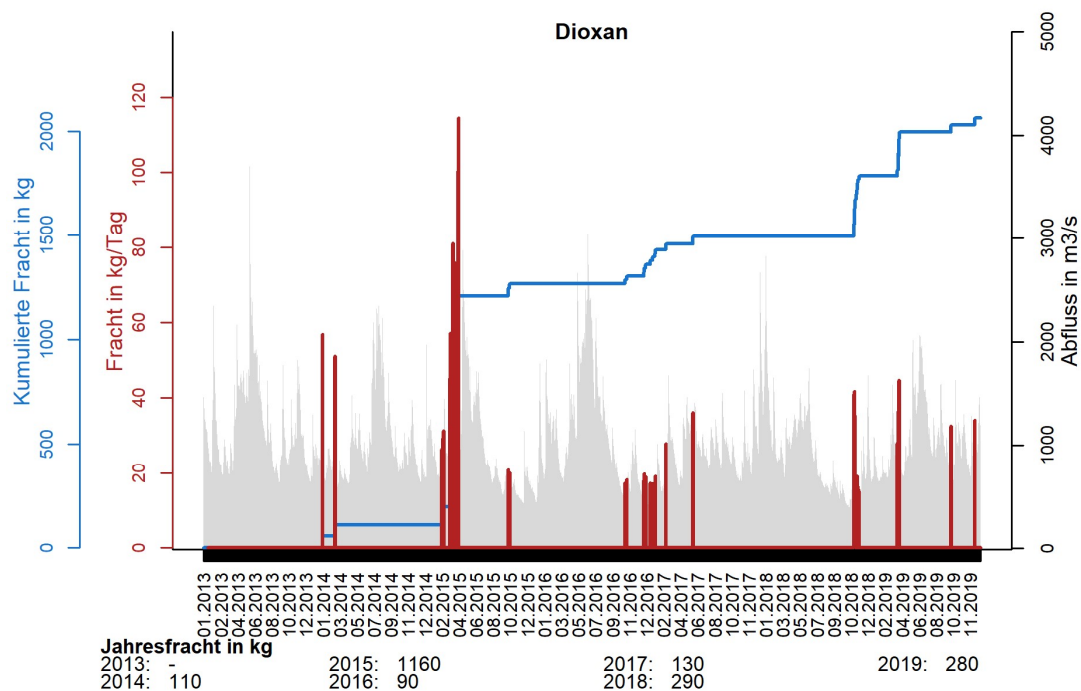


Abb. 36 Zeitprofil von 1,4-Dioxan für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldungen aufgetreten: (i) März bis April 2015, (ii) November 2018.

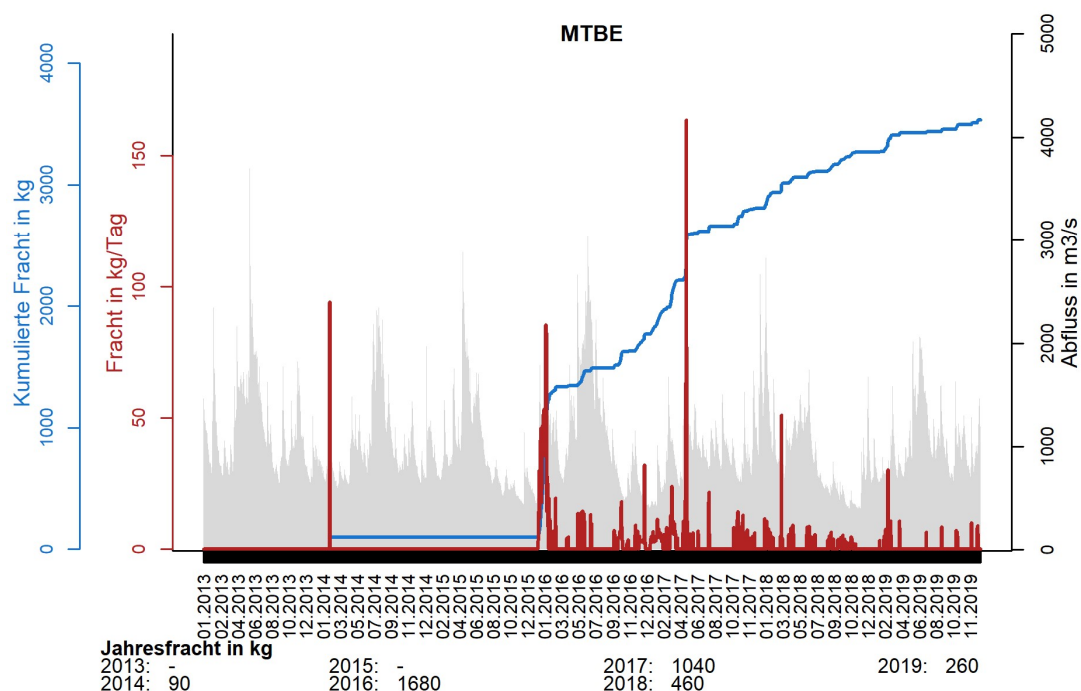


Abb. 37 Zeitprofil von MTBE für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldungen aufgetreten: (i) Februar 2014, (ii) Januar bis Februar 2016, (iii) Mai 2017.

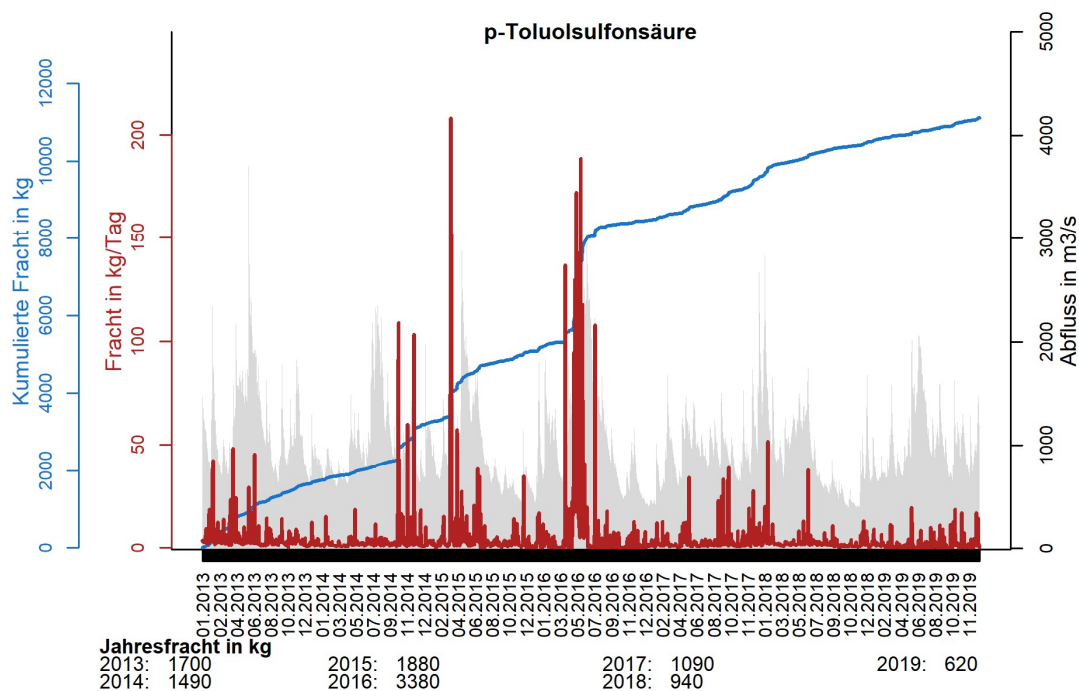


Abb. 38 Zeitprofil von p-Toluolsulfonsäure für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldungen aufgetreten: (i) Oktober 2014, (ii) März 2015, (iii) April 2016, (iv) Mai 2016, (v) Mai bis Juni 2016.

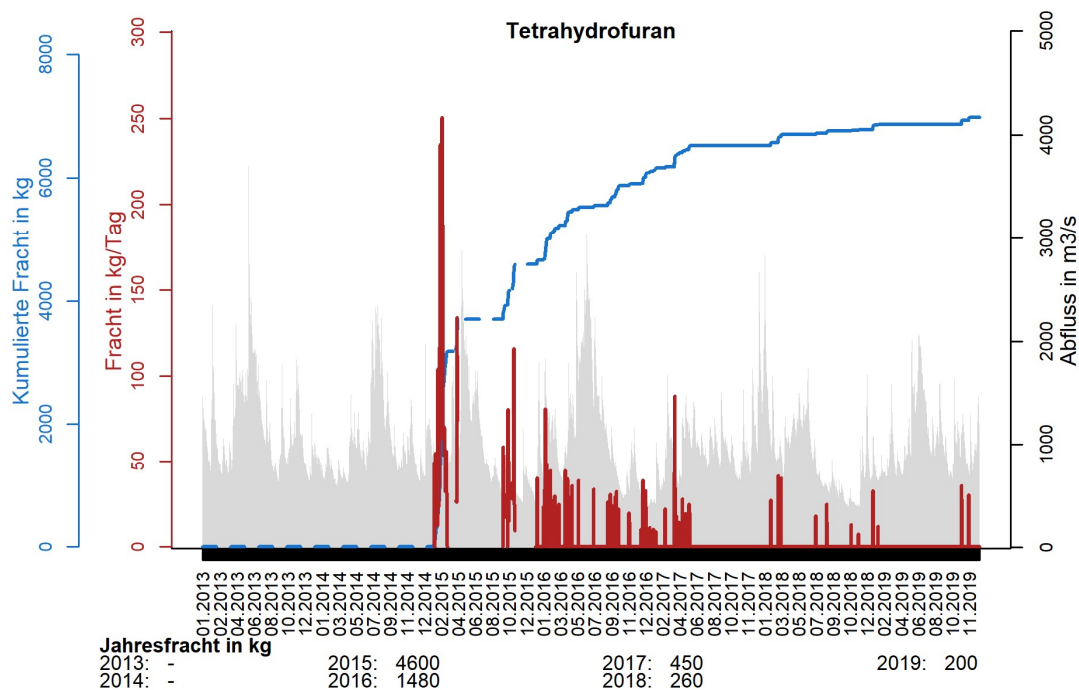


Abb. 39 Zeitprofil von Tetrahydrofuran für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldungen aufgetreten: (i) Februar bis März 2015, (ii) April 2015, (iii) Oktober 2015, (iv) Oktober 2015, (v) Dezember 2016, (vi) März bis April 2017.

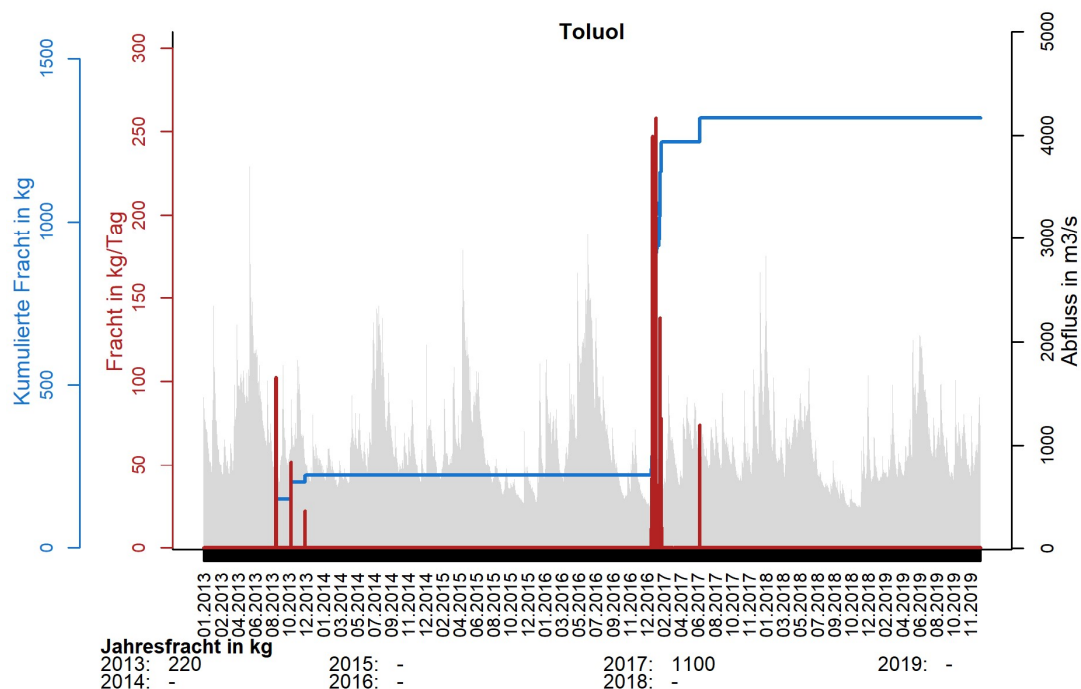


Abb. 40 Zeitprofil von Toluol für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde. Meldungen aufgetreten: (i) August 2013, (ii) Januar bis Februar 2017, (iii) Mai 2017, (iv) Juni 2017.

Dauerhafte Einleitungen

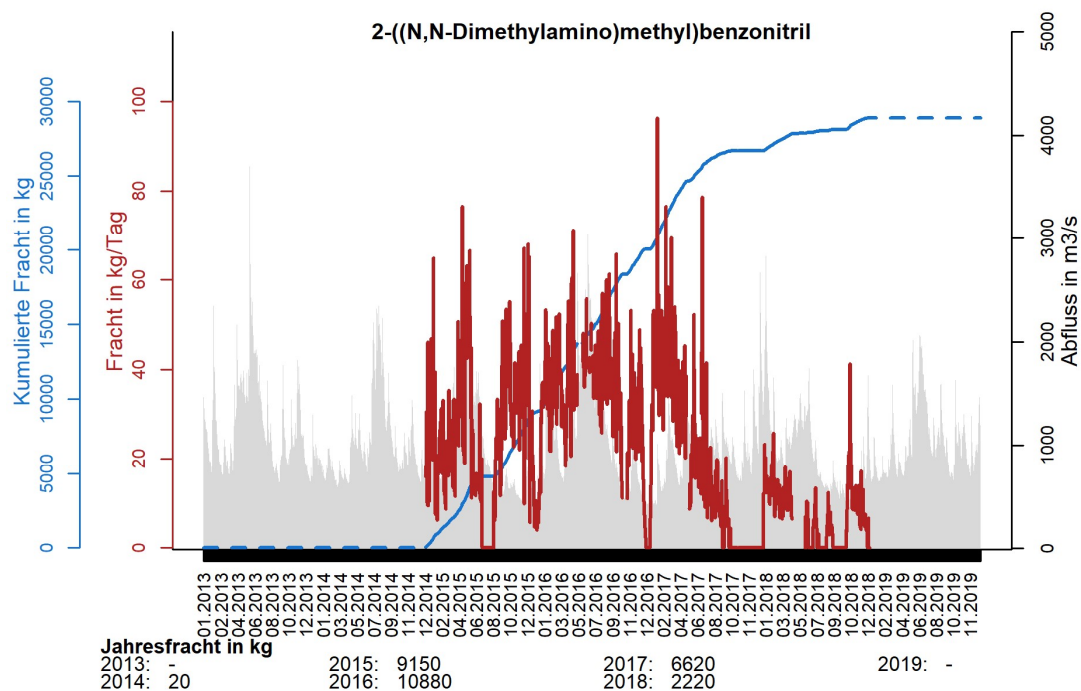


Abb. 41 Zeitprofil von 2-((N,N-Dimethylamino)methyl)benzonitril für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde.

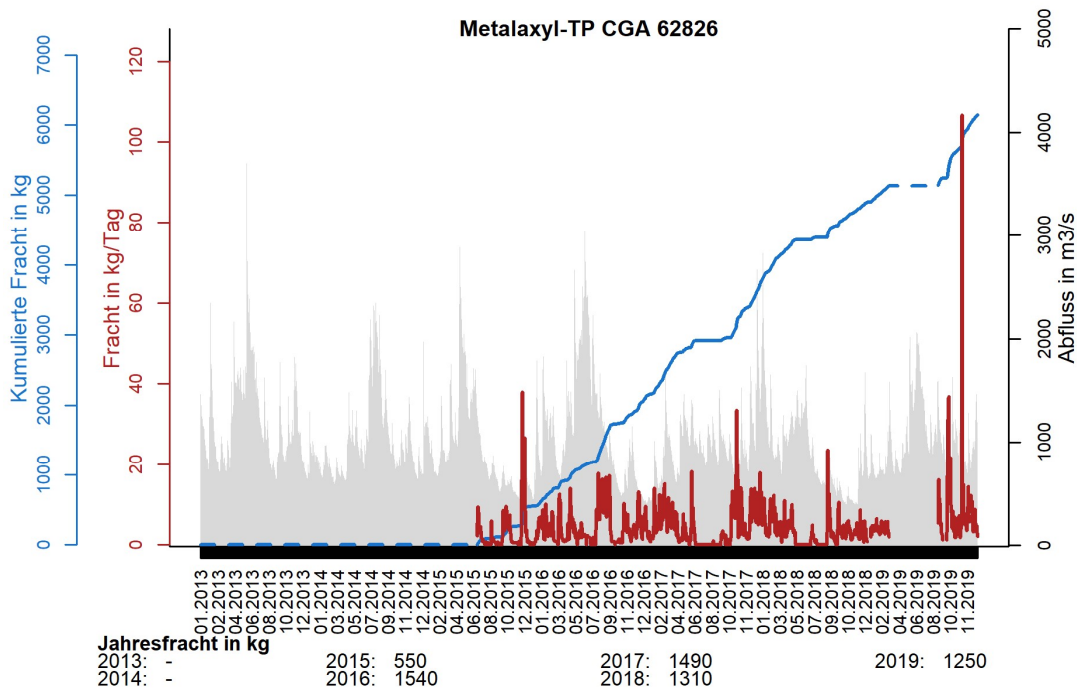


Abb. 42 Zeitprofil von Metalaxyl-TP CGA 62826 für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde.

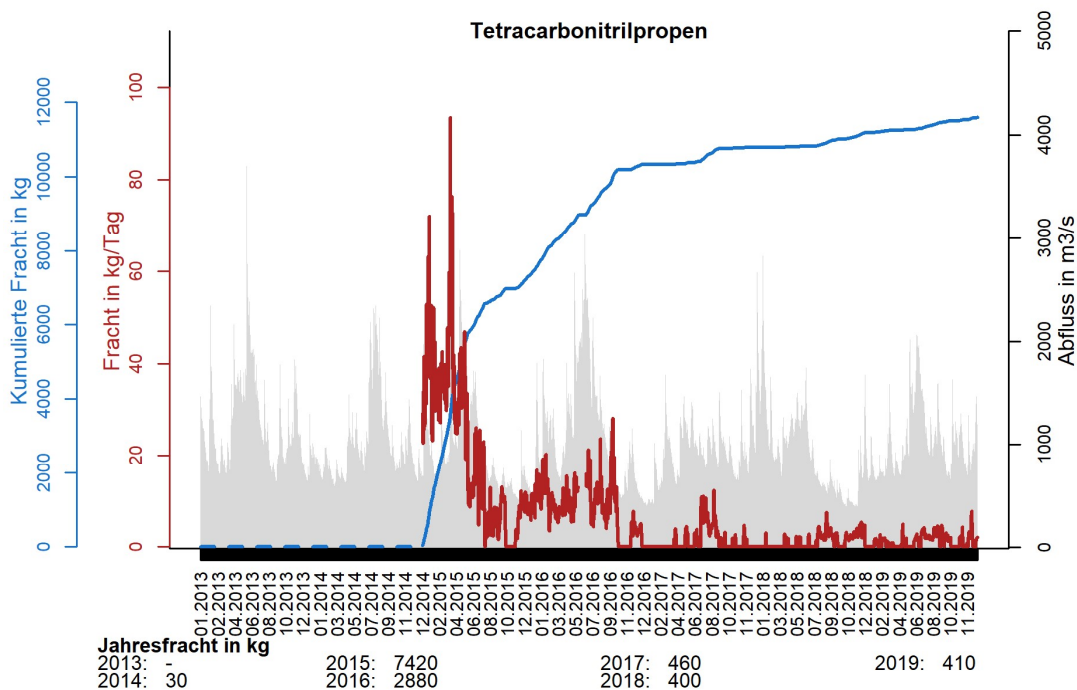


Abb. 43 Zeitprofil von Tetracarbonitrilpropen für den Zeitraum von 1.1.2013 bis 31.12.2019. Unterbrochene Linie für die Tagesfracht (rot) und gestrichelte Linie für die kumulierte Fracht (blau) weisen darauf hin, dass diese Mikroverunreinigung im entsprechenden Zeitraum nicht gemessen wurde.

A6. Branchensteckbriefe von schweizweit relevanten Branchen und Prozessen

Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen

Stoffe und Prozesse mit Abwasserrelevanz

Betriebliche Tätigkeit und Prozesse mit Abwasserrelevanz	• Bei Betrieben aus dieser Branche handelt es sich um spezialisierte Betriebe mit chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen für flüssige organische und anorganische Sonderabfälle. Weitere Sonderabfälle, die zur Behandlung anfallen sind Emulsionen und ölhaltige Schlämme. • Bei der Behandlung der Abfälle fällt Abwasser chargenweise an. Stoffe, welche nicht effektiv mit diesen Behandlungsanlagen eliminiert werden, verbleiben im Abwasser.
Stoffliche Charakterisierung	• Sehr breites Stoffspektrum aufgrund zahlreicher Abgeber-Betriebe aus diversen Branchen. Stoffdynamik ist von der Zusammensetzung und der Häufigkeit der wechselnden Sonderabfälle abhängig.
Stoffbeispiele	• Komplexes Stoffgemisch mit sehr breitem (zumeist unbekanntem) Stoffspektrum: z.B. Lösungsmittel, aktive Wirkstoffe, Zwischenprodukte, Desinfektionsmittel, Additive, Badzusätze, Kühlschmiermittel, Öle/Fette, Emulsionen, etc.
Einleitbedingungen	• Grundsätze und allgemeine Anforderungen gemäss GSchV Anhang 3.2, sowie besondere Anforderungen an Versorgungs- und Entsorgungsbetriebe (Entsilberung von Fixierbädern, Entsilberung von Bleichfixierbädern). • Allfällige weitere spezifische Anforderungen der einzelnen Kantone.
Branchenvorkommen und Betriebsgrößen	• In der Schweiz gibt es weniger als 30 auf die physikalisch-chemische Behandlung spezialisierte Unternehmen¹¹⁴.
Stoffbefunde und weitere Hinweise	
Stoffbefunde im Gewässer	• Keine Stoffbefunde in den Gewässern bekannt (keine systematischen Untersuchungen).

¹¹⁴ Übersicht über die Schweizer Sonderabfallentsorgung und Grobanalyse des Wassergefährdungspotentials, EBP Schweiz AG, August 2018.

Stoffbefunde im ARA-Ablauf	Keine Stoffbefunde in ARA-Abläufen bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Weitere Hinweise	Abwassereinleitungen können den Betrieb zentraler ARA stören oder erschweren, z.B. Hemmung der Nitrifikation, Phosphorstöße auf der kommunalen ARA auf Grund von P-Verbindungen (Hypophosphit/Phosphonate), welche nicht mit FeCl_3 gefällt werden können. Es können auch erhöhte Stickstoff- und Kohlenstoff-Frachten auftreten. Bei schwer abbaubaren organischen Verbindungen kann die zentrale ARA Schwierigkeiten bekommen, den DOC Grenzwert einzuhalten.
Betriebliche Massnahmen	
Technische Massnahmen	- Chemisch-physikalische Behandlung der anorganischen Sonderabfälle (mittels Fällung / Flockung, Cyanid-Entfernung etc.) hauptsächlich auf Schwermetalle, Cyanid und weitere Stoffe gemäss Anhang 3.2 GSchV ausgelegt; die Elimination von Mikroverunreinigungen ist bei diesen Behandlungsverfahren wenig effektiv. - Behandlung von organischen Sonderabfällen erfolgt mit oxidativen Verfahren (z.B. Fenton-Oxidation oder Druck-Hydrolyse) oder durch thermisch (in Sonderabfallverbrennungsanlagen).
Organ./pers. Rahmenbedingungen	Wissen und langjährige Erfahrungen des Personals der Sonderabfallentsorgungs-Betriebe (insbesondere für den Betrieb der chemisch-physikalischen Anlage) sehr wichtig.

Gesamtbeurteilung

- Lokal vertreten mit ein paar Betrieben, aber von schweizweitem Interesse (da Sonderabfälle aus der ganzen Schweiz bei diesen Anlagen behandelt werden).
- Stoffeinträge in die Gewässer wahrscheinlich.

Herstellung und Verarbeitung von chemisch-pharmazeutischen Produkten

Stoffe und Prozesse mit Abwasserrelevanz

Betriebliche Tätigkeit und Prozesse mit Abwasserrelevanz	• Betriebe aus dieser Branche führen insbesondere die folgenden Tätigkeiten durch: Herstellung (Synthese), Verarbeitung (Konfektionieren, Formulieren, Abpacken). • Hergestellt und verarbeitet werden folgende Produkte: Pflanzenschutzmittel, Farben, Lacke, Vitamin-, Riechstoffe, Kosmetika, Wasch-, Reinigungsmittel, Desinfektionsmittel, Wirkstoffe und Diagnostika, Medikamente (Galenik), Feinchemikalien, Spezialitäten, und weitere chemisch-pharmazeutische Produkte. Forschung und Entwicklung (Labore). Zunehmend werden Wirkstoffe auch biotechnologisch hergestellt. • Das betriebliche Abwasser entsteht hauptsächlich bei der Reinigung der Anlagen und fällt chargenweise an, aber auch bei der wässrigen Extraktion im Herstellungsprozess.
Stoffliche Charakterisierung	• Insgesamt sind in dieser Branche viele verschiedene Stoffe im Einsatz, sowohl bei der Herstellung als auch bei der Verarbeitung. • Betriebe, welche Wirkstoffe herstellen (Synthese), können in zwei Bereiche unterteilt werden: (i) Betriebe mit konstanter Produktion (Blockbuster) über einen langen Zeitraum, (ii) Betriebe mit wechselnden Auftrags-Produktionskampagnen (z.B. Lohnbetriebe mit Kampagnen über mehrere Wochen bis Jahre). • Bei den verarbeitenden Betrieben (Konfektionieren, Formulieren, Abpacken) ist die Anzahl der umgesetzten Stoffe tendenziell geringer als bei der Herstellung (Synthese). • Hergestellte (Produkte, Wirkstoffe), eingesetzte (z.B. Edukte, Lösungsmittel, Hilfsstoffe) und verarbeitete chemische Stoffe sind den Betrieben grösstenteils bekannt, nicht aber sämtliche Reaktions-, Transformations-, und Zwischen-, Neben-, Umwandlungsprodukte. • Insbesondere bei grossen Betrieben werden teils grosse Mengen an Stoffen umgesetzt.
Stoffbeispiele	• Hergestellte (z.B. Pflanzenschutzmittel, Arzneimittel), eingesetzte (z.B. Edukte, Lösungsmittel, Hilfsstoffe, Katalysatoren) und

	verarbeitete (Produkte) Stoffe, Zwischen-, Neben-, Umwandlungsprodukte. • In der Biotechbranche kommen weitere Hilfsstoffe wie Puffer, Antibiotika (zur Selektion der Mikroorganismen), Virusinaktivierende Stoffe etc. zum Einsatz.
Einleitbedingungen	• Grundsätze und allgemeine Anforderungen gemäss GSchV Anhang 3.2, sowie besondere Anforderungen für die Chemische Industrie (Herstellung von Chlor durch Chlorkalkalektrolyse; Herstellung von Cadmiumpigmenten) sowie für Prozesse, bei denen gezielt mit pathogenen Mikroorganismen umgegangen wird. • Allfällige weitere spezifische Anforderungen der einzelnen Kantone (z.B. Kt. Wallis¹¹⁵).
Branchenvorkommen und Betriebsgrößen	• Die Chemie-, Pharma-, Biotechbranche ist schweizweit vertreten, mit einigen geographischen Hotspots. • Einige grosse Chemieareale und Chemie-parks: d.h. wenige sehr grosse, einige grosse, und viele kleine bis mittelgrosse Betriebe. • Zunehmend ist auch die Biotechnologie in der Schweiz vertreten.
Stoffbefunde und weitere Hinweise	
Stoffbefunde im Gewässer	• Wiederholt wurden Stoffeinträge ins Gewässer nachgewiesen (z.B. durch die Rheinüberwachungsstation bei Basel, oder in kantonalen Untersuchungen), sowohl aus der produzierenden wie auch aus der verarbeitenden chemischen-pharmazeutischen Industrie.
Stoffbefunde im ARA-Ablauf	• Wiederholt wurden Stoffbefunde in ARA-Abläufen festgestellt, sowohl aus produzierenden wie auch aus verarbeitenden chemischen-pharmazeutischen Industrie.
Weitere Hinweise	• Abwassereinleitungen aus diesen Betrieben können den Betrieb der kommunalen ARA stören oder erschweren, z.B. pH Stösse, Schaumbildung, Störung der Biologie.

¹¹⁵ Gruppe „Strategie Mikroverunreinigungen – Wallis“. Leitlinie. <https://www.vs.ch/documents/19415/2291632/Leitlinie+der+Gruppe+Strategie+Mikroverunreinigungen+-+VS/dbf748fa-b0e6-40f4-a226-65800d644967> [26.4.2021]

Betriebliche Massnahmen

Technische Massnahmen

- Abwassermanagement von grosser Bedeutung, wegen komplexer und variabler Abwasserzusammensetzung.
- Eingesetzte Abwasservorbehandlungsanlage nicht immer auf die Elimination von Mikroverunreinigungen ausgelegt (z.B. Neutralisation, Fällung/Flockung); auch biologische Behandlung diesbezüglich limitiert.
- Weitergehende Verfahren kommen zunehmend zum Einsatz: oxidative wie auch adsorptive Verfahren (z.B. Aktivkohle), Abwasserverdampfung.

Organ./pers. Rahmenbedingungen

- Grosse Betriebe, sowie Betriebe mit Auswirkungen auf den ARA-Betrieb heben sich tendenziell von den anderen ab.

Gesamtbeurteilung

- Schweizweit von Bedeutung (mit kleinen bis grossen Betrieben).
- Neben den nachgewiesenen Stoffbefunden sind weitere Stoffeinträge in die Gewässer wahrscheinlich.

Stoffe und Prozesse mit Abwasserrelevanz

Betriebliche Tätigkeit und Prozesse mit Abwasserrelevanz	• Betriebe aus dieser Branche führen folgende Tätigkeiten durch: (i) mechanische Bearbeitung (z.B. mittels zerspanender Verfahren), (ii) Oberflächenbehandlung (z.B. Entfetten/Reinigen, Dekapieren, Beizen), (iii) Oberflächenbeschichtung (z.B. Phosphatieren, Anodisieren, Galvanisieren). • Bei der Leiterplattenherstellung kommen galvanotechnische Prozesse zum Einsatz. • In der Maschinenindustrie können aus der mechanischen Bearbeitung Kühl-, Schmier- und Reinigungsmittel anfallen. • Grosse Betriebe aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik, Metallbau verfügen teilweise über eigene oberflächenbeschichtende / galvanotechnische Prozesse (sind aber meist Randanwendungen). • Das betriebliche Abwasser entsteht hauptsächlich beim Spülen nach der Oberflächenbehandlung, bei der Reinigung der Metallteile, der Maschinen, der Werkzeuge, des Betriebs (Arbeitsplatz), sowie beim Spülen nach dem Entfetten und nach der mechanischen Bearbeitung (z.B. Gleitschleifen). Das Abwasser fällt chargenweise an.
Stoffliche Charakterisierung	• Zum Einsatz kommen hauptsächlich Produkte, welche verschiedene Inhaltsstoffe enthalten (z.B. Badzusätze, bei der mechanischen Bearbeitung, beim Entfetten). Diese eingesetzten Produkte sind im Betrieb jeweils gut aufeinander abgestimmt und werden selten gewechselt. Ob einzelne Inhaltsstoffe dem Betrieb bekannt sind, ist unklar (von Bedeutung ist die Funktion des Produkts, und weniger die einzelnen Produkt-Inhaltsstoffe). Informationen aus Sicherheitsdatenblättern liegen in der Regel vor, sind aber bezüglich Inhaltsstoffen limitiert.
Stoffbeispiele	• Zusatzstoffe in den Prozessbädern (z.B. Korrosionsschutzmittel, Komplexbildner, Glanzmittel, Stabilisatoren), Kühlschmiermittel (z.B. Biozide, aminhaltige Stoffe), Reinigungsmittel (z.B. perfluorierte Tenside), Chrom-, Titan-, Zirkonium-Verbindungen. • Überall wo Werkstücke zur weiteren Veredelung (Pulverbeschichten, Galvanisieren)

	entfettet werden, gelangen Öle, Fette (Kühlschmiermittel, Tiefziehöle, Korrosionsinhibitoren etc.) ins Abwasser.
Einleitbedingungen	• Grundsätze und allgemeine Anforderungen gemäss GSchV Anhang 3.2, sowie besondere Anforderungen für die Oberflächenbehandlung / Galvanik (Verwendung von 1,2-Dichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen zum Entfetten von Metallen, weitere Anforderungen an Einzelstoffe (Cyanid, Metall) im Zusammenhang mit der Oberflächenbehandlung). • Numerische Anforderungen gemäss GSchV Anhang 3.2 (z.B. Cyanid, Metalle) werden gemäss Vollzugsbehörden in der Regel gut eingehalten (Situation hat sich diesbezüglich in den letzten 20 Jahren massiv verbessert). • Allfällige weitere spezifische Anforderungen der einzelnen Kantone.
Branchenvorkommen und Betriebsgrößen	• Die Metallbehandlung wird in vielen kleinen, wenigen mittelgrossen und einigen grossen Betrieben durchgeführt. • Die Betriebe sind schweizweit vertreten mit einigen geographischen Hotspots. • Sind oftmals Zulieferer von Betrieben aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik, Metallbau, Präzisionsinstrumente.
Stoffbefunde und weitere Hinweise	
Stoffbefunde im Gewässer	• Keine Stoffbefunde in den Gewässern bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Stoffbefunde im ARA-Ablauf	• Perfluorierte Tenside.
Weitere Hinweise	• Abwassereinleitungen können den Betrieb kommunaler ARA stören oder erschweren. Z.B. teilweise sehr schlecht abbaubare organische Stoffe im Abwasser, Ansammlung von Schwermetallen in Faultürmen, pH-Stösse im ARA-Zulauf (falls keine oder ungenügende betriebsinterne Vorbehandlung), Störung der biologischen Stufe (z.B. Hemmung durch Organosulfide), erhöhte Schwermetallkonzentrationen im Klärschlamm.
Betriebliche Massnahmen	
Technische Massnahmen	• Die Abwasservorbehandlung ist hauptsächlich auf pH, Schwermetalle, Cyanid und weitere Stoffe gemäss GSchV Anhang 3.2 ausgelegt; Mikroverunreinigungen werden mit

	den gängig eingesetzten Verfahren vermutlich nicht eliminiert. • Abwasserbehandlungschemikalien: Organosulfide wie Trinatrium-Trimercaptotriazin und Natriumdimethyldithiocarbamat sind sehr häufig im Einsatz, aber auch die eingesetzten Flockungs- und Flockungshilfsmittel enthalten allfällig relevante Zusatzstoffe. • Aktivbäder wie auch Flüssigkeiten aus Anlagen mit geschlossenen Kreisläufen werden als Sonderabfall entsorgt. • Zunehmend werden die Anlagen in den Betrieben automatisiert (auch die Abwasservorbehandlung) was sich insgesamt positiv auf den betrieblichen Umweltschutz auswirkt.
Organ./pers. Rahmenbedingungen	• Grosse Betriebe, sowie Betriebe mit Auswirkungen auf den ARA-Betrieb heben sich tendenziell von den anderen ab. • Kleine Betriebe besetzen teilweise „extreme“ Nischen, die eine hohe Anforderung an die Abwasservorbehandlung stellen. Wirkt sich insgesamt positiv auf den betrieblichen Umweltschutz aus.

Gesamtbeurteilung

- Schweizweit von Bedeutung (mit kleinen bis grossen Betrieben).
- Stoffeinträge in die Gewässer wahrscheinlich.

Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln

Stoffe und Prozesse mit Abwasserrelevanz

Betriebliche Tätigkeit und Prozesse mit Abwasserrelevanz	• Betriebe aus dieser Branchen führen folgende Tätigkeiten durch: (i) Verarbeitung von Lebensmitteln: z.B. Getreide, Fisch, Fleisch/Fleischwaren, Obst/Früchte/Gemüse, Milch, etc., (ii) Herstellung von Lebensmitteln: z.B. Backwaren, Convenience Food (Konservenindustrie), Milchprodukte, Alkohol und alkoholhaltige Getränke (auch Wein), Süss-/Erfrischungsgetränke. • Abwasser entsteht insbesondere beim Reinigen und Desinfizieren der Anlagen und der Gebinde (z.B. in der Getränkebranche), sowie beim Waschen von Nahrungsmitteln (z.B. Obst und Gemüse). • Das Abwasser fällt, ausser beim Waschen von Obst/Früchten/Gemüsen, chargenweise an. Saisonale Verarbeitungs- und Herstellungskampagnen kommen in dieser Branche vor.
Stoffliche Charakterisierung	• Die Reinigungs- und Desinfektionsprozesse sind in der Regel standardisiert, d.h. basieren auf individuellen Hygienepläne mit Vorgaben zur Anwendung und werden selten geändert. Die eingesetzten Produkte ändern daher selten.
Stoffbeispiele	• Desinfektionsmittel gehören zu den relevanten Stoffen. Beispiele sind: Quaternäre Ammoniumverbindungen, oxidierende Stoffe wie Peroxide, chlor/bromabspaltende Verbindungen. Als Reinigungsmittel kommen vielmals Säuren/Basen (z.B. Phosphorsäure, Salpetersäure) zum Einsatz. • Kohlenwasserstoffbasierte Bandschmiermittel mit Bioziden zur Anlagenreinigung (nur im Einsatz wo kein direkter Kontakt mit Nahrungsmitteln besteht).
Einleitbedingungen	• Grundsätze und allgemeine Anforderungen gemäss GSchV Anhang 3.2, sowie Anforderungen für fett- und ölabscheidende Betriebe (für Einleitung in Kanalisation). • Allfällige weitere spezifische Anforderungen der einzelnen Kantone.
Branchenvorkommen und Betriebsgrößen	• Die Nahrungs- und Getränkebranche ist schweizweit vertreten. Grosse Betriebe meist in Zentren und Kleinbetriebe tendenziell peripher angesiedelt.

	Die Nahrungsmittelbranche ist insgesamt sehr heterogen. Es gibt einige grosse (z.T. Direkteinleiter) und viele kleine/mittelgrosse Betriebe (z.B. Käsereien, Gemüse verarbeitende Betriebe, Brauereien).
Stoffbefunde und weitere Hinweise	
Stoffbefunde im Gewässer	Keine Stoffbefunde in den Gewässern bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Stoffbefunde im ARA-Ablauf	Succralose und Acesulfam in ARA-Abläufen nachgewiesen (nicht eindeutig einem Betrieb zuordenbar).
Weitere Hinweise	- Insbesondere bei kleinen und mittelgrossen ARA können Störungen oder Beeinträchtigungen durch Betriebe aus dieser Branche verursacht werden. Z.B. limitierende Nährstoffverhältnisse in der biologischen Reinigungsstufe, Belastungsspitzen an gut abbaubarem organischem Kohlenstoff (z.B. Milch; dieser Problematik sind sich die Betriebe oft nicht bewusst, da gut abbaubar mit gut für die ARA gleichgesetzt wird), oder durch Nährstoffe (Stickstoff, Phosphor), pH-Stösse durch Desinfektions- und Reinigungsmittel, Phosphor-Stösse beim Einsatz von Phosphorsäure zur Reinigung, Störungen der Biologie durch Desinfektionsmittel (eine Adaption der Biologie kann hilfreich sein), hohe Frachten an Feststoffen oder Blut. - Die klassischen Grosseinleiter (sogenannte Starkverschmutzer bezüglich organischem Kohlenstoff) stammen oftmals aus dieser Branche.
Betriebliche Massnahmen	
Technische Massnahmen	- Viele Betriebe haben eine eigene Abwasservorbehandlung; diese ist abhängig von der Betriebstätigkeit: - Neutralisation und Ausgleichsbecken bei pH-Schwankungen aufgrund von Reinigungs- und Desinfektionsprozessen. - Fett- / Stärkeabscheider (z.B. bei der Fleischverarbeitung). - Biologische Behandlung (aerob, anaerob) bei hohen Frachten an gut abbaubaren, organischen Stoffen. - Absetzbecken / Feststoffrückhalt (z.B. bei der Obst-, Gemüseverarbeitung).

	○ Nährstoffelimination (z.B. bei der Fleisch-, Milchverarbeitung).
Organ./pers. Rahmenbedingungen	• Betriebe verfügen normalerweise über Hygienepläne: diese werden in der Regel von den Lieferanten der Desinfektions- und Reinigungsmittel zur Verfügung gestellt und enthalten Vorgaben zu deren Einsatz. • In grösseren Betrieben ist die Reinigung und Desinfektion standardisiert und wird selten verändert.

Gesamtbeurteilung

- Schweizweit von Bedeutung (mit kleinen bis grossen Betrieben).
- Stoffeinträge in die Gewässer wahrscheinlich.

Wäschereien

Stoffe und Prozesse mit Abwasserrelevanz

Betriebliche Tätigkeit und Prozesse mit Abwasserrelevanz	• Wäschereien führen Textilreinigungen (alle Arten von Wäsche) durch. • Bei der Reinigung mit Wasser fällt Abwasser chargenweise an.
Stoffliche Charakterisierung	• Bei diesen Betrieben können die eingesetzten Produkte (z.B. Wasch-, Reinigungs-, Desinfektionsmittel) häufiger gewechselt werden. Jedoch unterscheiden sich die Produkte in ihrer Grundzusammensetzung vermutlich nicht allzu stark. Stoffe, welche aus den Textilien ausgewaschen werden, ändern mit den Aufträgen.
Stoffbeispiele	• Bei den Wäschereien geht es insbesondere um Reinigungs- und Desinfektionsmittel. Stoffbeispiele sind: Wasch-, Desinfektionsmittel (PAK, AOX-Bildung durch Einsatz von Javelwasser möglich). Im Weiteren können auch Stoffe, welche in den Textilien enthalten sind ausgewaschen werden und ins Betriebsabwasser gelangen. • Chemische Reinigung: z.T. noch chlorierte Kohlenwasserstoffe (z.B. Perchlorethylen) eingesetzt (aber üblicherweise als Sonderabfall entsorgt). Kontaktwasser muss vor Ableitung auf ARA innerbetrieblich behandelt werden.
Einleitbedingungen	• Grundsätze und allgemeine Anforderungen gemäss GSchV Anhang 3.2 • Allfällige weitere spezifische Anforderungen der einzelnen Kantone. • Flächendeckender Vollzug ist im Gewerbe anspruchsvoll, da sehr viele kleine Betriebe. • Branchenvollzug durch den Verein Kontrollstelle Textilreinigung Schweiz (VKTS)¹¹⁶
Branchenvorkommen und Betriebsgrößen	• Schweizweit mit vielen kleinen und einigen mittelgrossen Betrieben vertreten.

¹¹⁶ Kooperationsverträge existieren mit folgenden Kantonen: Aargau, Appenzell-Innerrhoden, Appenzell-Ausserrhoden, Baselland, Basel-Stadt, Bern, Genf, Glarus, Graubünden, Jura, Luzern, Ob- und Nidwalden, Solothurn, St. Gallen, Thurgau, Wallis, Zug und Zürich.

Stoffbefunde und weitere Hinweise

Stoffbefunde im Gewässer	• Keine Stoffbefunde in den Gewässern bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Stoffbefunde im ARA-Ablauf	• Keine Stoffbefunde in ARA-Abläufen bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Weitere Hinweise	• Abwasser kann zu Schaumbildung auf der ARA führen oder pH-Stösse verursachen (fehlende systematische Untersuchungen).

Betriebliche Massnahmen

Technische Massnahmen	• Vorbehandlung in der Regel vorhanden: Pufferbecken, Neutralisation von alkalischen Abwässern (bei grösseren Betrieben).
Organ./pers. Rahmenbedingungen	• Mittelh grosse Betriebe sind bezüglich betrieblichem Umweltschutz tendenziell besser als kleine Betriebe, da personelle wie auch finanzielle Ressourcen in kleinen Betrieben nicht immer vorhanden.

Gesamtbeurteilung

- Schweizweit von Bedeutung (mit vielen kleinen und einigen mittelgrossen Betrieben).
- Stoffeinträge in die Gewässer wahrscheinlich.

Malergewerbe

Stoffe und Prozesse mit Abwasserrelevanz

Betriebliche Tätigkeit und Prozesse mit Abwasserrelevanz	• Malerbetriebe führen Maler- und Abaugearbeiten durch. Abaugearbeiten werden meistens in der Werkstatt in dafür spezialisierten Betrieben durchgeführt, während Malerarbeiten zu einem grossen Teil auf Baustellen stattfinden. • Bei Malerarbeiten fällt bei der Reinigung der Werkzeuge (z.B. Pinsel) Abwasser chargenweise an. Bei Abaugarbeiten fällt heute praktisch kein oder nur noch relativ wenig Abwasser an.
Stoffliche Charakterisierung	• Bei diesen Betrieben können die eingesetzten Produkte (z.B. Reinigungsmittel, Farben und Lacke) häufiger gewechselt werden.
Stoffbeispiele	• Eingesetzte Stoffgruppen in Malerbetrieben sind insbesondere Zusatzstoffe in den verwendeten Produkten (wie Farben, Lacke, etc.), wie beispielsweise Fungizide, Algizide, Biozide, chlorierte Verbindungen, Pigmente, Verdünner, Abaugmittel. • Abaugmittel sind heute meistens frei von Chlorkohlenwasserstoffen.
Einleitbedingungen	• Grundsätze und allgemeine Anforderungen gemäss GSchV Anhang 3.2. • Allfällige weitere spezifische Anforderungen der einzelnen Kantone. • Flächendeckender Vollzug ist im Gewerbe anspruchsvoll, da sehr viele kleine Betriebe. Kontrolle der Malerbetriebe je nach Kanton unterschiedlich: Branchenlösung, Selbstdeklaration, Stichproben.
Branchenvorkommen und Betriebsgrößen	• Schweizweit mit sehr vielen kleinen (und teils mittelgrossen) Betrieben vertreten, die häufig extern auf den Baustellen arbeiten.
Stoffbefunde und weitere Hinweise	
Stoffbefunde im Gewässer	• Keine Stoffbefunde in den Gewässern bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Stoffbefunde im ARA-Ablauf	• Keine Stoffbefunde in ARA-Abläufen bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Weitere Hinweise	• Keine Auswirkungen auf den ARA-Betrieb bekannt.

Betriebliche Massnahmen

Technische Massnahmen

- Eine Abwasservorbehandlungsanlage ist in der Regel vorhanden, aber dem Vollzug oftmals nicht bekannt, ob sie betrieben und gewartet wird.
 - Malerbetriebe: Absetzbecken, in grösseren Betrieben Spaltanlagen eingesetzt.
 - Ablaugereien: Flockung, Schlammpresse.

Organ./pers. Rahmenbedingungen

- Die Haupttätigkeit findet ausserhalb des Betriebs auf den Baustellen statt. Die Sensibilisierung auf abwasserrelevante Aspekte ist daher sehr wichtig, da die Reinigung der Werkzeuge oftmals auch auf der Baustelle durchgeführt wird.
- Mittलगrosse Betriebe sind bezüglich betrieblichem Umweltschutz tendenziell besser aufgestellt als kleine Betriebe, da personelle wie auch finanzielle Ressourcen in kleinen Betrieben nicht immer vorhanden.
- Lehrlinge werden auf Umweltthemen sensibilisiert.

Gesamtbeurteilung

- Schweizweit von Bedeutung (mit vielen kleinen und einigen mittelgrossen Betrieben).
- Stoffeinträge in Gewässer wahrscheinlich.

Auto- / Transportgewerbe

Stoffe und Prozesse mit Abwasserrelevanz

Betriebliche Tätigkeit und Prozesse mit Abwasserrelevanz	• Betriebe im Bereich Auto-/Transportgewerbe (z.B. Autogaragen, inkl. Tankstellen und Autowaschanlagen, Transportunternehmen, Betriebe mit grossen Autofloten und Rollmaterial, wie Bahn, Tram, etc.) führen diverse Unterhaltsarbeiten durch. • Abwasser fällt in diesen Betrieben bei der Reinigung dieser Fortbewegungsmittel (z.B. Waschanlagen, Motorenwäsche, Felgenreinigung), und der Werkzeuge (z.B. bei der Autolackierung) an. Das Abwasser fällt chargenweise an. Es kann auch vorkommen, dass Stoffe durch Niederschlag bei der Lagerung von gebrauchten Pneus auf nicht überdachten Arealen ausgewaschen werden.
Stoffliche Charakterisierung	• Bei diesen Betrieben können die eingesetzten Produkte (z.B. Wasch-, Reinigungsmittel) häufiger gewechselt werden. Jedoch unterscheiden sich die Produkte in ihrer Grundzusammensetzung vermutlich nicht allzu stark.
Stoffbeispiele	• Eingesetzte Stoffgruppen im Auto-/Transportgewerbe sind insbesondere die Zusatzstoffe in den verwendeten Produkten (Autowaschmittel, Felgenreinigungsmittel, Insektenentferner, Frostschutz), sowie Stoffe aus den Transportmitteln (Treibstoffe, Kohlenwasserstoffe, Mineralöle, Metalle, Pneumabrieb).
Einleitbedingungen	• Grundsätze und allgemeine Anforderungen gemäss GSchV Anhang 3.2. • Allfällige weitere spezifische Anforderungen der einzelnen Kantone. • Flächendeckender Vollzug ist im Gewerbe anspruchsvoll, da sehr viele kleine Betriebe. Im Auto-/Garagen-Gewerbe ist eine Branchenlösung (AGVS) weitgehend etabliert (teilweise mit Messungen von pH, Kohlenwasserstoffen etc. im Ablauf der Abwasservorbehandlungsanlage, teilweise ohne Messungen).
Branchenvorkommen und Betriebsgrößen	• Schweizweit mit sehr vielen kleinen (und teils mittelgrossen) Betrieben vertreten.

Stoffbefunde und weitere Hinweise

Stoffbefunde im Gewässer	• Keine Stoffbefunde in den Gewässern bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Stoffbefunde im ARA-Ablauf	• Keine Stoffbefunde in ARA-Ausläufen bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Weitere Hinweise	• Keine weiteren Hinweise auf Stoffeinträge bekannt (keine systematischen Untersuchungen).

Betriebliche Massnahmen

Technische Massnahmen	▪ Eine betriebliche Abwasservorbehandlungsanlage ist in der Regel vorhanden, aber dem Vollzug oftmals nicht bekannt, ob sie betrieben und gewartet wird. • Gängig eingesetzte Verfahren: Sandfang, Mineralölabscheider, Spaltanlage (auch biologische Elimination der Kohlenwasserstoffe).
Organ./pers. Rahmenbedingungen	• Thema betrieblicher Umweltschutz in Ausbildung zunehmend thematisiert (Lehrlinge werden auf Umweltthemen sensibilisiert). • Mittलगrosse Betriebe sind bezüglich betrieblichem Umweltschutz tendenziell besser als kleine Betriebe, da personelle wie auch finanzielle Ressourcen in kleinen Betrieben nicht immer vorhanden.

Gesamtbeurteilung

- Schweizweit von Bedeutung (mit vielen kleinen und einigen mittelgrossen Betrieben).
- Stoffeinträge in die Gewässer wahrscheinlich.

Kühlprozesse

Stoffe und Prozesse mit Abwasserrelevanz

Betriebliche Tätigkeit und Prozesse mit Abwasserrelevanz	• Es existieren verschiedene Typen von Kühlprozessen (z.B. Kreislaufkühlung, Durchlaufkühlung). • Abwasser fällt bei diesen Prozessen insbesondere beim Absalzen/Abschlämmen, bei der periodischen Reinigung von Anlagenbestandteilen (z.B. Ansaugsiebe), sowie beim Austausch des Kühlwassers bei Wartungen an. Ausser bei Durchlaufkühlungen fällt das Abwasser chargenweise an.
Stoffliche Charakterisierung	• Es ist davon auszugehen, dass das zum Einsatz kommende Stoffspektrum überschaubar ist, und nicht sehr häufig wechselt. • Kühlwasser kann bei primären Kühlkreisläufen zudem durch Stoffe aus der Produktion verunreinigt sein (insbesondere wenn der Druck der gekühlten Prozesse höher ist als der Systemdruck des Kühlwasserkreislaufs). Leckagen werden oft nicht bemerkt, denn bei hohem Durchfluss sind die Konzentrationen sehr gering, die Frachten können aber sehr relevant sein.
Stoffbeispiele	• Dem Kühlwasser werden verschiedene Stoffe zugegeben. Beispiele dazu sind: Biozide, Antioxydantien, Komplexbildner (Phosphonate zur Verhinderung von Kalkablagerung), Korrosionsschutzmittel (Benzotriazol, Molybdat), Brom-organische Verbindungen (Bronopol), Biozide (auch nicht oxidierende Stoffe) zur Verhinderung von Algen und Bakterien-schleim.
Einleitbedingungen	• Besondere Anforderungen gemäss GSchV Anhang 3.3 für Durchlaufkühlung und Kreislaufkühlung. • Allfällige weitere spezifische Anforderungen der einzelnen Kantone.
Vorkommen	• Kühlprozesse werden schweizweit angewendet, und kommen weitverbreitet, branchenübergreifend zum Einsatz (von Klimaanlagen für Gebäude, über die Kühlung von Serverräumen bis hin zur Kühlung von industriellen-gewerblichen (Produktions-) Prozessen).

	Beispiele für Branchen mit Kühlprozessen: chemische-pharmazeutische Industrie, Lebensmittelindustrie, Herstellung/Verarbeitung von Kunststoffen.
Stoffbefunde und weitere Hinweise	
Stoffbefunde im Gewässer	- Keine Stoffbefunde in den Gewässern bekannt (keine systematischen Untersuchungen). - Bekannte Aspekte: Temperaturerhöhung der Gewässer.
Stoffbefunde im ARA-Ablauf	Keine Stoffbefunde in ARA-Abläufen bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Weitere Hinweise	Es kommt vor, dass Kühlwasser in die Schmutzwasserkanalisation eingeleitet wird und die ARA hydraulisch überlastet.
Betriebliche Massnahmen	
Technische Massnahmen	Nicht verschmutztes Kühlwasser (Durchlaufkühlungen) wird direkt ins Oberflächengewässer eingeleitet (darf nicht mit dem Betriebsabwasser vermischt werden).
Organ./pers. Rahmenbedingungen	Die Herstellerangaben sind unbedingt zu beachten.
Gesamtbeurteilung	
- Schweizweit von Bedeutung, da branchenübergreifend im Einsatz. - Stoffeinträge in Gewässer wahrscheinlich.	

Heizprozesse

Stoffe und Prozesse mit Abwasserrelevanz

Betriebliche Tätigkeit und Prozesse mit Abwasserrelevanz	• Bei der Dampferzeugung entsteht Abwasser im Rahmen der Kondensatableitung (kontinuierlich), sowie bei der Kesselreinigung (periodisch).
Stoffliche Charakterisierung	• Es ist davon auszugehen, dass das zum Einsatz kommende Stoffspektrum überschaubar ist, und nicht sehr häufig wechselt.
Stoffbeispiele	• Bei der Dampferzeugung werden verschiedene Stoffe zugegeben. Beispiele sind: Korrosionsschutzmittel, Speisewasserzusätze, Sulfite, Phosphate, Diethylhydroxylamin, Hydrazine, Cyclohexylamine, Helamin (aminhaltige Stoffe zur Sauerstoff-Entfernung eingesetzt).
Einleitbedingungen	• Allfällige spezifische Anforderungen der einzelnen Kantone.
Vorkommen	• Die Dampferzeugung wird schweizweit angewendet und kommt weitverbreitet und branchenübergreifend zum Einsatz.

Stoffbefunde und weitere Hinweise

Stoffbefunde im Gewässer	• Keine Stoffbefunde in den Gewässern bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Stoffbefunde im ARA-Ablauf	• Keine Stoffbefunde im ARA-Auslauf bekannt (keine systematischen Untersuchungen).
Weitere Hinweise	• Keine weiteren Hinweise bekannt.

Betriebliche Massnahmen

Technische Massnahmen	• -
Organ./pers. Rahmenbedingungen	• Die Herstellerangaben sind unbedingt zu beachten.

Gesamtbeurteilung

- Schweizweit von Bedeutung, da branchenübergreifend im Einsatz.
- Stoffeinträge in Gewässer wahrscheinlich.

A7. Übersicht über eingesetzte Stoffe in Betrieben

Basierend auf Experteneinschätzungen¹¹⁷ und ausgewählter Studien^{118,119,120} wird in nachfolgender Tabelle eine Übersicht über eingesetzte Stoffe in den schweizweit relevanten Branchen und Prozessen mit Abwasseranfall gegeben. Die genannten Stoffe können in das Betriebsabwasser gelangen, wenn sie in Kontakt mit Wasser kommen. Inwiefern die Stoffe jedoch ein Risiko für einen Eintrag in die Gewässer aufweisen ist im Einzelfall zu beurteilen. Bei der Zusammenstellung handelt es sich um eine nicht abschliessende Auswahl von Stoffen; die Stoffe wurden nicht bewertet und priorisiert.

Branche	Tätigkeit	Abwasserrelevante Prozesse	Unterprozesse	Eingesetzte Stoffe und Produkte
Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen	Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen	Chemisch-physikalische Behandlung von organischen und anorganischen Abfällen		Ganzes Stoffspektrum u.a. Metalle, Lösungsmittel, aktive Wirkstoffe, Zwischenprodukte, Desinfektionsmittel, Additive, Badzusätze, Kühlschmiermittel, Öle/Fette, Emulsionen, etc.
Chemische Industrie Herstellung und Verarbeitung von...	...Pflanzenschutzmittel ...Desinfektions-/Reinigungsmittel ...Seifen/Körperpflegeprodukten (Kosmetik) ...Anstrichmittel, Farben, Lacke, Kitte, Klebstoffe	- Reinigung der Anlage - Wässrige Extraktionen		- Hergestellte Wirkstoffe (API) - Reaktionsprodukte, Nebenprodukte - Pufferlösungen - Lösungsmittel - Katalysatoren - Salze (Chlorid, Bromid) - Propylenoxide (Tenside) - Farben können Metalle enthalten

¹¹⁷ Befragung von relevanten Akteuren im Bereich betrieblicher Umweltschutz (kantonale Vollzugsbehörden, Ausrüsterfirmen, Betriebe)

¹¹⁸ I. O'Connor, I. Erny, A. Spörri, 2018. Sonderabfallentsorgung und Abwasser – Übersicht über die Schweizer Sonderabfallentsorgung und Grobanalyse des Wassergefährdungspotenzials. EBP Schweiz AG.

¹¹⁹ A.-K. McCall, Ch. Niederer, 2018. Übersicht Abwasserrelevante Prozesse und Stoffe in Industrie und Gewerbe. Arcadis Schweiz AG.

¹²⁰ Envirochemie et al. (2020). Abwasserrelevanz von Kreisläufen zu Kühl- und Heizzwecken in der Schweiz: Übersicht über Systeme und Stoffe.

				• Weitere Inhaltsstoffe: Biozide, Algizide, Fungizide, Farbpigmente, Topfkonservierungsmittel (meist Isothiazolin), UV-Filter, etc.
Pharmazeutische Industrie Herstellung und Verarbeitung von...	...Wirkstoffen	• Reinigung der Anlage • Wässrige Extraktionen		• Hergestellte Wirkstoffe (API) • Reaktionsprodukte, Nebenprodukte • Pufferlösungen • Lösungsmittel • Katalysatoren • Salze (Chlorid, Bromid)
	...Wirkstoffen (durch biotechnologische Herstellung)	• Reinigung der Anlage		• Hergestellte Wirkstoffe (API) • Mikroorganismen • Nebenprodukte • Pufferlösungen: MOPS, MOBS, MES, Tris; PBTD; DTPA, DTPMP • Stabilisatoren • Reinigungs-/Desinfektionsmittel • Antibiotika zur Selektion von Mikroorganismen • Virenabtötende Stoffe
Metalloberflächenbehandlung / Galvanik	Oberflächenverarbeitung/-behandlung	• Spülvorgang nach Entfetten/Reinigen	Entfetten / Reinigen der Metallteile (wässrig)	• Reinigungsmittel: Tenside, perfluorierte Tenside (PFOS, PFBS), Hydrofluorether • Korrosionsschutzmittel: Benzotriazol, Methylbenzotriazol • Komplexbildner: Phosphonate, Diethylentriaminpentaessigsäure (DTPA) • Chlorierte Kohlenwasserstoffe wie Perchloräthylen, Trichlorethan • Kühlschmiermittel
		• Spülvorgang nach Beizen	Beizen	• Beizmittel • Säuren: z.B. Salpetersäure, Salzsäure • Fluoride (Ammoniumbifluorid)

		- Abwasseranfall aus Gleitschleifprozess - Spülwasser nach Oberflächenbeschichtung	Gleitschleifen (=Trowalisieren; weit verbreiteter Prozess) Phosphatieren Anodisieren Chromatieren / Chrom-Passivierung Chemische Vernickelung Galvanisieren Zerspanende Verfahren	- Sulfat - Zusatzmittel: enthalten Substanzen für den Korrosionsschutz, vielfach Komplexbildner und Stoffe zum Entfetten bzw. Tenside aus Entfettungsprozessen - Tertiäre Amine: z.B. Triethanolamin (kann im Abwasser Nitrosamine bilden) - Silizium, Mangan, Kupfer, Zink - Weitere Zusätze dem angewendeten Verfahren entsprechend - Chrom(VI)-Verbindungen zunehmend ersetzt durch Titan- (z.B. Hexafluortitansäure), Zirkoniumverbindungen (z.B. Hexafluorzirkonsäure), Chrom(III) - Phosphonate - Badzusätze, wie Stabilisatoren, Salze, Glanzmittel, Komplexbildner - Kühlschmierstoffe (Bohr-, Kriechöle) enthalten viele Additive, wie: Tenside, Korrosionsinhibitoren, Biozide (Formaldehyd, Isothiazoline, Thiazol usw.), Stabilisatoren, Entschäumer (Silikone und Siliziumsäureester)
Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln	Verarbeitung von Fleisch (inkl. Schlachten)	Reinigung/Desinfektion der Anlage		Quarternäre Ammoniumverbindungen (QAV; z.B. für Oberflächendesinfektion; viele verschiedene, die unterschiedlich gut am Klärschlamm sorbieren)

	Verarbeitung von Gemüse und Früchten (saisonal) Verarbeitung von Getreide Konservenindustrie (Convenience Food) Herstellung von Backwaren Süssgetränke Mostereien/Obstsafthersteller (saisonal) Brennereien Brauereien	Reinigung der Anlagen	- Oxidationsmittel, wie Wasserstoffperoxid, chlorabspaltende Verbindungen, Perchloressigsäure, Peroxide, Peressigsäure (wenig umweltrelevant, gute Alternative zu QAV) - Reinigungsmittel enthalten Komplexbildner (Phosphonate, Carboxylate, NTA, EDTA), um die Wasserhärte zu binden. Dies sind teilweise schwer abbaubar.	Neben oben aufgeführten Stoffen, auch Bandschmiermittel (Kohlenwasserstoffbasiert) und enthalten teils Biozide. Bei der Nahrungsmittelproduktion sind diese Lebensmittelverträglich.
Wäschereien	Reinigung aller Arten von Wäsche		- Enzyme - Wasch-/Reinigungsmittel: diverse Tenside, Weichspüler (kationische Tenside)	- Enzyme - Wasch-/Reinigungsmittel: diverse Tenside, Weichspüler (kationische Tenside) - Bleichmittel/Desinfektion: Peressigsäure, Javel (AOX)

				• Salze (Bromid, Chlorid)
Heizkreisläufe		Kondensatableitung		• Korrosionsschutz • Dampfgängige Speisewasserzusätze: Diethylhydroxylamin, Hydrazin, Ammoniak, Cyclohexylamine, Helamin (amin-haltige Stoffe) u.a. zur O₂-Entfernung