



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Gewässerschutz

Oberflächengewässer

Dr. Jürg Sinniger
Dr. Christian Götz
Dr. Pius Niederhauser

Mikroverunreinigungen im Fliessverlauf des Furtbachs

Untersuchung 2024 im Ver- gleich mit 2019 und 2023

9. Mai 2025

Untersuchungskonzept

Zur Untersuchung der Belastung kleiner Fließgewässer mit Mikroverunreinigungen werden seit dem Jahr 2018 mobile Mischprobensammler eingesetzt, die zeitproportionale Wochenmischproben schöpfen. Für die Analytik werden die Proben von jeweils zwei Wochen zu einer Zweiwochenmischprobe vereint.



Mobiler Mischprobensammler

Um die Gefahr abzuschätzen, die von den Mikroverunreinigungen für die Lebewesen im Wasser ausgeht, vergleicht man die in den Zweiwochenmischproben gemessenen Konzentrationen mit dem sogenannten «chronischen Qualitätskriterium CQK». Das CQK gibt Auskunft darüber, ab welcher Konzentration Organismen gefährdet sind, wenn eine Verbindung über längere Zeit auf sie einwirkt. Der Quotient, der aus diesem Vergleich resultiert, heißt «Chronischer Risikoquotient CRQ». Ist der CRQ grösser als 1, kann ein Risiko für die Lebewesen im Wasser nicht ausgeschlossen werden.

Will man das Risiko der chronischen Toxizität in einer Zweiwochenmischprobe nicht nur für einen einzelnen Stoff, sondern für eine ganze Stoffgruppe bestimmen, addiert man die CRQ aller Stoffe der betreffenden Gruppe (ΣCRQ). Für eine zusammenfassende Darstellung der Resultate können für jede Gruppe die höchsten ΣCRQ -Werte einer Messperiode ($\Sigma_{max} CRQ$) verwendet werden, weil diese für das Risiko der Organismen im Gewässer ausschlaggebend sind (Aggregation).

Um Ausreisern kein allzu grosses Gewicht beizumessen, kann alternativ dazu der Durchschnitt aller ΣCRQ -Werte einer Messperiode für eine Beurteilung der Wasserqualität herangezogen werden. Die Bezeichnung der Wasserqualität und ihre farbliche Codierung erfolgen gemäss nachfolgendem Schema. Für eine umfassende Darstellung der Methoden der Erhebung der Daten sowie deren Auswertung verweisen wir auf den Bericht «Wasser und Gewässer 2022».

	Beurteilung	Kriterium
	sehr gut	Konzentration $< 0.1 \times \Sigma CQK$
	gut	$0.1 \times \Sigma CQK \leq$ Konzentration $< \Sigma CQK$
	mässig	$\Sigma CQK \leq$ Konzentration $< 2 \times \Sigma CQK$
	ungenügend	$2 \times \Sigma CQK \leq$ Konzentration $< 10 \times \Sigma CQK$
	schlecht	$10 \times \Sigma CQK \leq$ Konzentration

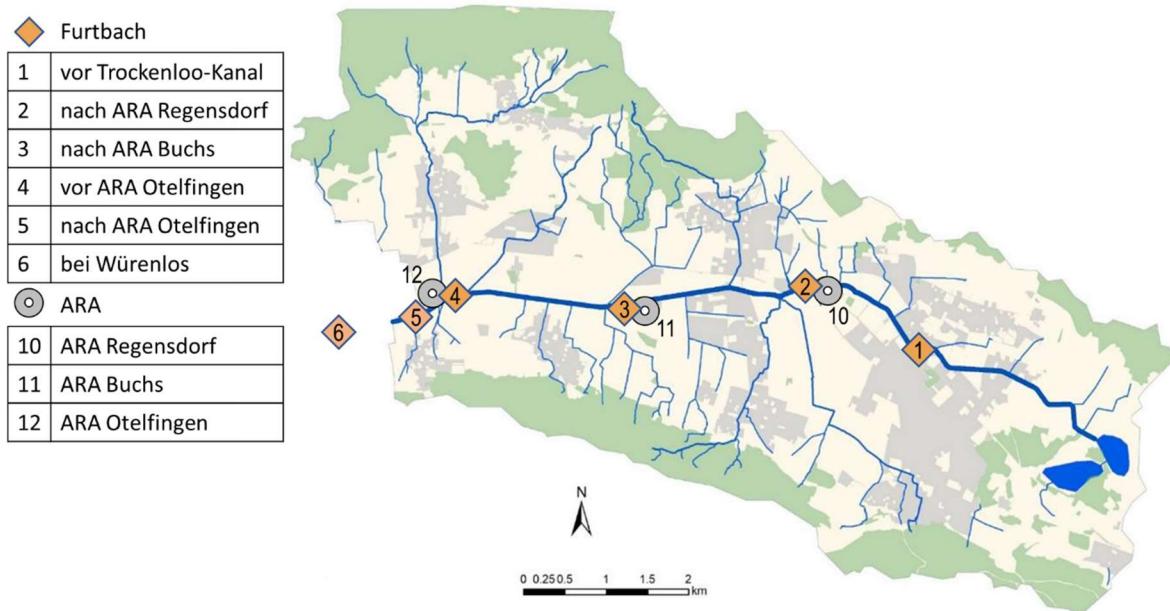
Beurteilung der Wasserqualität

Im Jahr 2024 wurden in den Wochen 13 bis 40 fünf Stellen des Furtbachs mit mobilen Mischprobensammlern untersucht. Zudem wurden neben den Proben der Mischprobensammler auch noch die Zweiwochenmischproben der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» analysiert. Die Karte auf der nächsten Seite zeigt die Lage der Messstellen im Furttal.

In den Jahren 2019 und 2023 wurden in den Wochen 14 bis 41 im Furttal neben vier Messstellen im Furtbach fünf seiner Seitenbäche untersucht. Die Resultate dieser beiden Kampagnen sind im Bericht «Zustand der Fließgewässer in den Einzugsgebieten von Furtbach, Repisch und Jonen sowie von Gewässerrandgebieten. Messkampagne 2023» dargestellt

Herbizide

In den Gewässern des Furtbachs traten im Jahr 2024 lediglich drei Herbizide, nämlich Dimethenamid, Foramsulfuron und Metazachlor, mit einem CRQ grösser als 1 auf. Dimethenamid und Foramsulfuron konnten nur in den Proben der obersten Messstelle, «Furtbach vor Trockenloo-Kanal», in Konzentrationen gemessen werden, die das CQK überschritten. In den Proben der weiter bachabwärts liegenden Stellen nahmen die Konzentrationen der beiden Stoffe aufgrund der zunehmenden Verdunngung ab.



Messstellen im Furttal. Die Nummer 6 bezeichnet die Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos», alle anderen Messstellen wurden mit den Mischprobensammlern für kleine Fließgewässer beprobt

Bezüglich Metazachlor war die Wasserqualität im Jahr 2024 an allen Messstellen fast immer gut bis sehr gut, lediglich die Mischproben der Wochen 23/24, die an den drei Messstellen vor und nach ARA Otelfingen und bei Würenlos gesammelt wurden, zeigten ein CRQ grösser als 1 (s. Abb. Seite 8). Mit einem CRQ von 1.4 wies die Probe, die an der Messstelle «vor ARA Otelfingen» erhoben wurde, den höchsten Wert auf, in den beiden weiter bachabwärts liegenden Messstellen verharrte der Wert bei 1.3. Dies deutet darauf hin, dass das Herbizid nicht über die ARA Otelfingen, sondern über einen seiner Seitenbäche in den Furtbach gelangt war. Propyzamid, das in den Jahren 2019 und 2023 zusammen mit Metazachlor hauptverantwortlich war für die Belastung des Furtbachs mit Herbiziden, konnte zwar auch im Jahr 2024 nachgewiesen werden, trat aber nur noch in Konzentrationen unterhalb des CQK auf.

Bereits im Jahr 2023 war die Wasserqualität bezüglich Metazachlor und Propyzamid bei den Messstellen «nach ARA Buchs» und «Furtbach bei Würenlos» immer gut bis sehr gut gewesen, während im Jahr 2019 die Wasserqualität an diesen beiden Stellen überwiegend mässig, ungenügend oder schlecht war. Im Jahr 2019 führte Metazachlor auch in den Proben, die nach der ARA Regensdorf erhoben wurden, zu

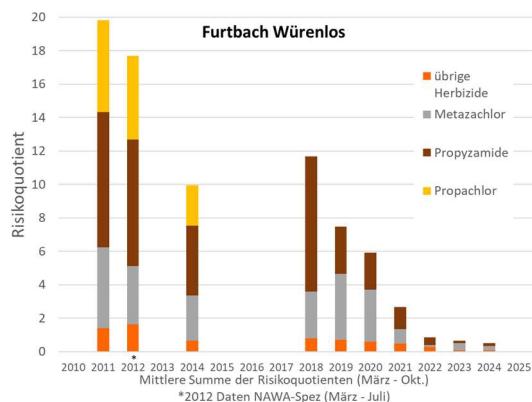
einer vorwiegend mässigen und unbefriedigenden Wasserqualität. Im Jahr 2023 zeigte nur noch eine Probe die Qualität mässig, während alle anderen ein CRQ unter 1 aufwiesen.

Ein Vergleich der Resultate des Jahres 2019 mit denjenigen der Jahre 2023 und 2024 zeigt, dass die Einträge über die ARA Regensdorf (Metazachlor) und ARA Buchs (Metazachlor und Propyzamid) deutlich reduziert werden konnten.

Die CQK von Metazachlor und Propyzamid betragen 20 bzw. 63 ng/L; während der Wert für Metazachlor als Anforderung in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 festgehalten ist, gilt für Propyzamid der allgemeine Wert von 100 ng/L. Metazachlor, ein Chloracetamid, wird als Vorlaufherbizid im Ackerbau verwendet. Seit über vierzig Jahren ist es ein Schlüsselherbizid im Rapsanbau. Propyzamid wird in Obstkulturen und im Nachauflauf bei Raps verwendet.

Die mittlere Summe der CRQ der Herbizide zeigt bei den Proben, die zwischen März und Oktober bei der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» erhoben wurden, in den Jahren 2011 bis 2022 eine deutliche Tendenz nach unten, die sich in den Jahren 2023 und 2024 eindeutig bestätigt hat. Ab dem Jahr 2022

wurde für die Summen der Herbizide jeweils ein gemittelter Risikoquotienten <1 berechnet.



Mittlere Summe der CRQ der Herbizide in den Proben der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» (März bis Oktober) in den Jahren 2011 bis 2024

Einen grossen Einfluss auf die Wasserqualität seit dem Jahr 2011 hatte das Verbot von Propachlor. Der Verkauf dieses Wirkstoffs wurde im Jahr 2012 eingestellt, die Aufbrauchfrist lief im Mai 2013 ab. Die Belastung durch Metazachlor und Propyzamid hingegen blieb bis zum Jahr 2018 mehr oder weniger konstant. Ab dann ist die Abnahme der Herbizidbelastung zuerst auf einen Rückgang der Konzentrationen von Propyzamid, ab dem Jahr 2021 auf einen Rückgang von Metazachlor zurückzuführen.

Die Verbesserungen in der Wasserqualität bezüglich der Herbizide können auf weitere drei Faktoren zurückgeführt werden. Erstens hat die Erstellung von Befüll- und Waschplätzen für Feldspritzen viel bewirkt. Damit werden die Abwässer, die bei der Befüllung und Reinigung der Spritzen entstehen, nicht mehr auf die ARA abgeleitet. Zweitens dürfte der Ausbau der ARA Buchs im Jahr 2021 mit einer vierten Reinigungsstufe (Ozonung) und der ARA Regensdorf im Jahr 2024 (GAK im Wirbelbett) ebenfalls dazu beigetragen haben, dass die Belastung des Furtbachs mit Herbiziden abgenommen hat. Drittens werden auch die Anstrengungen in der Landwirtschaft bei der Ausbringung der Pflanzenschutzmittel die Wasserqualität verbessert haben.

Insektizide

Die Insektizide nehmen innerhalb der Mikroverunreinigungen eine Sonderstellung ein. Grund dafür ist, dass ihre Qualitätskriterien für die chronische und akute Toxizität um Größenordnungen kleiner sind als die entsprechenden Werte der Herbizide oder Fungizide. Cypermethrin zum Beispiel weist ein CQK von 0.03 ng/l auf. Dieser Wert gilt als Anforderung gemäss GSchV. Weitere relevante Stoffe sind lambda-Cyhalothrin, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl und Pirimicarb. Für Chlorpyrifos und Pirimicarb hält die GSchV ebenfalls spezifische Anforderungen fest.

In den Proben, die im Jahr 2024 in den Wochen 13 bis 40 gesammelt wurden, konnten folgende Insektizide in einer Konzentration oberhalb ihres CQK gemessen werden (in Klammern: höchster CRQ, Messstelle): Chlorpyrifos (1.0, vor Trockenloo-Kanal) und lambda-Cyhalothrin (47.3, nach ARA Buchs). Cypermethrin konnte in den Proben der Hauptmessstelle in der Probe der Wochen 11 und 12 in einer Konzentration gemessen werden, die ein CRQ von 1.2 zur Folge hatte (*in Abb. auf Seite 8 nicht dargestellt*).

Lambda-Cyhalothrin und Cypermethrin gehören beide zu der Gruppe der Pyrethroide. Cypermethrinhaltige Präparate kommen im Acker- und Gemüsebau sowie in der Forstwirtschaft zur Behandlung von geschlagenem Rundholz zum Einsatz. Zudem sind auch Präparate für die private Verwendung im Hausgarten erhältlich. Lambda-Cyhalothrin ist gegen eine Vielzahl beissender und saugender Insekten an Getreide, Raps, verschiedenen Futter- und Öl- pflanzen, Gemüse, Teekräutern, Hopfen, an Beerenobst, im Weinbau sowie im Forst zugelassen.

Die Tendenz, dass die Belastung der Gewässer des Furttals durch Wirkstoffe aus Pflanzenschutzmitteln zwischen den Jahren 2019 und 2024 abgenommen hat, zeigt sich auch bei lambda-Cyhalothrin und Cypermethrin. Bei beiden Stoffen wiesen die Proben der Hauptmessstelle in allen Jahren die höchste Belastung auf. Während im Jahr 2019 noch 12 bzw. 8 Proben eine mässige, ungenügende oder

schlechte Wasserqualität aufwiesen, waren es im Jahr 2024 im selben Zeitraum nur noch 5 bzw. 0 Proben. In den Jahren 2023 und 2024 konnte Cypermethrin in keiner einzigen Probe der Mischprobensammler in einer Konzentration oberhalb der Bestimmungsgrenze mehr nachgewiesen werden. Lediglich in den Proben der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» trat die Verbindung noch auf.

Auch bei lambda-Cyhalothrin ist im Jahr 2023 eine deutliche Verbesserung im Vergleich zum Jahr 2019 feststellbar. Während im Jahr 2019 die höchste Konzentration 583-mal höher als das CQK lag, überschritt es in den Jahren 2023 und 2024 in keiner Probe das zehnfache des CQK. Im Vergleich zum Cypermethrin gibt das lambda-Cyhalothrin aber deutlich öfter Anlass zu einer verminderten Wasserqualität.

Chlorpyrifos und Chlorpyrifos-methyl sind äußerst giftig für Menschen und eine Vielzahl von Tieren. Deshalb hat das Bundesamt für Landwirtschaft im Mai 2019 entschieden, allen Pflanzenschutzmitteln mit diesen beiden Wirkstoffen die Bewilligung zu entziehen. Ab dem 1. Juli 2020 ist ihre Verwendung nun verboten. In der Vergangenheit waren Chlorpyrifos-haltige Produkte für Anwendungen im Acker-, Obst- und Weinbau zugelassen. Mittel, die Chlorpyrifos-methyl enthalten, wurden im Obst-, Gemüse- und Getreideanbau eingesetzt.

Obwohl die Verwendung von Chlorpyrifos verboten ist, wurde an der Messstelle «Furtbach vor Trockenloo-Kanal» in der Probe der Wochen 15 bis 16 eine Konzentration dieses Insektizids gemessen, die höher war als sein CKQ. In den vier folgenden Mischproben lag die Konzentration immer noch in einem Bereich zwischen $0.1 \times \text{CQK} \leq \text{Konzentration} < 1 \times \text{CQK}$.

Arzneimittel, Biozide etc.

Arzneimittel, Biozide etc. werden mit dem gereinigten Abwasser über ARA oder – zu einem kleineren Teil – bei Regenwetter über Mischwasserentlastungen in die Gewässer eingetragen. Generell korrelieren ihre Konzentrationen mit dem Abwasseranteil der Gewässer.

Diclofenac

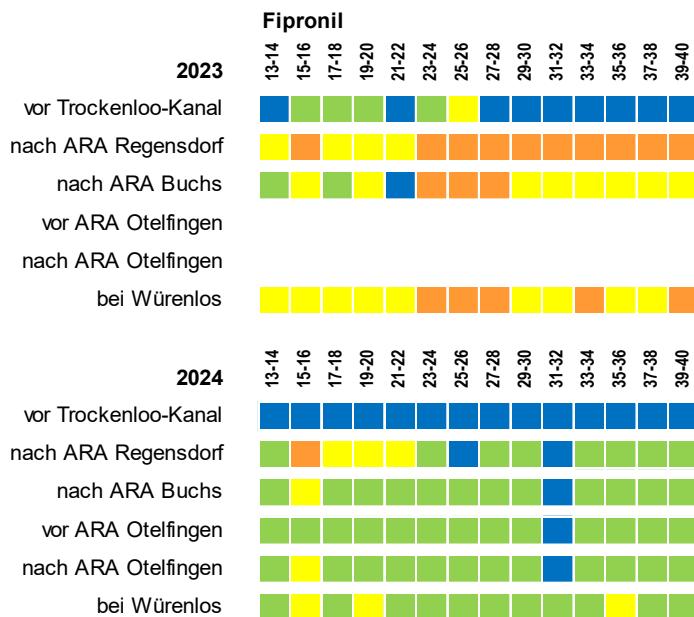
Der bedeutsamste Stoff aus der Gruppe der Arzneimittel ist Diclofenac, ein nicht-steroidales Antirheumatikum, das bei leichten und mittleren Schmerzen und Entzündungen eingesetzt wird. Diclofenac wird mit einem Anforderungswert von 50 ng/l in der GSchV als sehr toxisch für aquatische Lebewesen beurteilt.

Im Furtbach war die Wasserqualität bezüglich Diclofenac nur an der obersten Stelle – vor dem Trockenloo-Kanal – gut (bis auf eine Ausnahme im Jahr 2023), an den anderen Stellen, die alle weiter flussabwärts liegen, ungenügend oder schlecht (s. Abb. Seite 8). Grund dafür ist, dass der Furtbach vor dem Trockenloo-Kanal noch kein gereinigtes Abwasser mit sich führt, während die anderen Stellen alle unterhalb einer ARA liegen.

Dabei nimmt der CRQ von Diclofenac in Fließrichtung des Furtbachs von der Messstelle «Furtbach nach ARA Regensdorf» über «Furtbach nach ARA Buchs» zu «Furtbach bei Würenlos» kontinuierlich ab. Dies ist in Einklang mit der Tatsache, dass der Abwasseranteil aufgrund der einmündenden Seitenbäche flussabwärts ebenfalls abnimmt (74, 66 bzw. 61 Prozent).

Fipronil

Fipronil, ein Insektizid aus der Gruppe der Phenylpyrazole, ist ein wichtiger Vertreter der Biozide. Es ist für Wasserorganismen hochtoxisch und weist ein CQK von 0.77 ng/L auf. In der Schweiz sind seit dem Jahr 2014 keine Pflanzenschutzmittel mehr mit diesem Wirkstoff zugelassen, deshalb zählt man ihn zu den Stoffen, die über ARA in die Gewässer gelangen. Die Messresultate bestätigen die Annahme, dass Fipronil hauptsächlich über ARA in die Gewässer eingetragen wird. So konnte in der Probe der Wochen 25 und 26 die Wasserqualität unterhalb der ARA Regensdorf bezüglich Fipronil als «sehr gut» bezeichnet werden (s. Abb. Seite 6). Allgemein kann aber festgestellt werden, dass die Wasserqualität bezüglich Fipronil im Jahr 2024 sehr viel besser war als im vorangegangenen Jahr.



Belastung des Furtbachs mit Fipronil 2023 und 2024

Der Wirkstoff ist ein schnell wirkendes Kontaktgift mit insektizider und akarizider Wirkung, der bei Hunden und Katzen gegen Ektoparasiten wie Flöhe, Läuse und Zecken zum Einsatz kommt. Er wird auf die Haut aufgebracht (als Spray, Spot-on oder Halsbänder). Wird der Wirkstoff zum Waschen von Hunden und Katzen verwendet, kann ein massgeblicher Eintrag in die Gewässer über das Abwasser und die ARA erfolgen. Baden allerdings behandelte Tiere im Gewässer, kann ein direkter Eintrag erfolgen. Die Anwendung von Fipronil bei Nutzieren für die Lebensmittelproduktion ist nicht erlaubt. Die Anwendungen als Biozid sind sehr vielfältig und reichen vom Einsatz als Holzschutzmittel bis zum Inhaltsstoff von Granulaten zur Bekämpfung von Ameisen.

Ausbau ARA

Am Beispiel des Diclofenacs zeigt sich deutlich der positive Effekt der weitergehenden Abwasserreinigung. Im Jahr 2022 wurde die vierte Reinigungsstufe (Ozonung) der ARA Buchs in Betrieb genommen. Als Folge dieses Ausbaus verbesserte sich die Wasserqualität des Furtbachs bezüglich Diclofenac nach der ARA Buchs im Jahr 2023 im Vergleich zum Jahr 2019, und zwar von überwiegend schlecht zu überwiegend unbefriedigend. Eine signifikante Verbes-

serung der Wasserqualität wurde in den Wochen zwischen Ende Juni und Anfang Juli 2024 erreicht, als die vierte Reinigungsstufe (GAK im Wirbelbett) der ARA Regensdorf ihren Betrieb aufnahm. Die Wasserqualität des Furtbachs unterhalb der ARA verbesserte sich in dieser Zeit von schlecht zu gut. Unterhalb der ARA Buchs war sie sogar sehr gut. Dies zeigt, dass die Ozonung der ARA Buchs gut funktioniert. Der Ausbau der ARA Regensdorf hatte Auswirkungen bis hinunter zur Hauptmessstelle bei Würenlos, wo die Wasserqualität von unbefriedigend zu gut änderte. Dass die Wasserqualität bei der Hauptmessstelle nicht mehr sehr gut war, ist auf den Eintrag von Diclofenac durch die ARA Otelfingen zurückzuführen.

Nach der erfreulichen Entwicklung zwischen Woche 25 bis 30 verschlechterte sich bei der Messstelle nach ARA Regensdorf die Wasserqualität wieder auf die Stufe mäßig und nachfolgend auf Stufe unbefriedigend. Grund dafür ist, dass nach der Inbetriebnahme der EMV-Stufe noch Erfahrungen mit dem neuen System gesammelt werden müssen. Wie zuvor die Verbesserung der Wasserqualität setzte sich auch die Verschlechterung fort bis hinunter zur Hauptmessstelle bei Würenlos.

Maximalwerte der Summen nach Wirkstoffgruppen

Für eine zusammenfassende Darstellung der Resultate kann man für jede Gruppe von Wirkstoffen ihre höchste Summe der CRQ-Werte einer Messperiode ($\Sigma_{max}CRQ$) verwenden. Die maximale Summe ist darum wichtig, weil sie für das Risiko der Organismen im Gewässer ausschlaggebend ist. In der untenstehenden Tabelle sind die $\Sigma_{max}CRQ$ der in fünf Gruppen eingeteilten Mikroverunreinigungen aufgeführt, die in den Jahren 2018 bis 2024 in den Zweiwochenmischproben der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» gemessen wurden.

	AZ*	Biozide	Herbizide	Fungizide	Insektizide
2018	33	3.9	30	0.6	31
2019	60	1.8	19	1.1	527
2020	26	3.5	21	0.7	392
2021	16	3.3	14	0.7	48
2022	13	4.9	3.4	0.3	780
2023	21	6.9	4.1	0.3	194
2024	9.2	1.9	2.1	0.2	9.6

Maximale Summen der CRQ in den Proben der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» 2018 bis 2024

Die $\Sigma_{max}CRQ$ der Herbizide bestätigen die Feststellung, dass die Belastung durch diese Gruppe von Mikroverunreinigungen in den letzten Jahren stetig abgenommen haben. Bei den Insektiziden kann ein einzelner Stoss einer Verbindung Anlass zu einer sehr hohen maximalen Summe der CRQ(Insektizide) geben, was zu grossen Schwankungen von Jahr zu Jahr führt.

Rangliste der Stoffe 2024

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Rangliste der Stoffe, die ein CRQ grösser als 1 aufwiesen, nach abnehmendem maximalem CRQ-Wert (CRQ_{max}). Die Werte beruhen auf den Konzentrationen, die in den Proben der mobilen Mischprobensammler gemessen wurden.

Stoff	Wirkstoffgruppe	Zulassung	CQK [ng/L]	CRQ max	Anz. CRQ > 1
lambda-Cyhalothrin	Insektizid	PSM/BP	0.022	47.3	6
Diclofenac	Arzneimittel	AZ	50	16.4	37
Azithromycin	Arzneimittel	AZ	19	9.3	23
Foramsulfuron	Herbizid	PSM/BP	17	2.4	1
Fipronil	Insektizid	TAZ	0.77	2.1	6
Metazachlor	Herbizid	PSM/BP	20	1.4	2
Dimethenamid	Herbizid	PSM/BP	260	1.3	1
Chlorpyrifos	Insektizid	-	0.46	1.0	1

Rangliste der Stoffe nach abnehmendem CRQ_{max} (Mischprobensammler; CRQ > 1) im Jahr 2024

Fazit

Das Monitoring der letzten Jahre zeigt eine deutliche Verbesserung der Wasserqualität in Bezug auf die Belastung mit Wirkstoffen aus Pflanzenschutzmitteln, die in der Landwirtschaft verwendet werden. Im Furttal, in dem intensiver Gemüseanbau vorherrscht, führte vermutlich die Einrichtung von Plätzen für die Befüllung und Reinigung von Feldspritzen dazu, dass der Eintrag von Wirkstoffen über ARA erheblich reduziert wurde. Auch Massnahmen auf dem Feld dürften erfolgreich gewesen sein. Zur Verbesserung der Wasserqualität beigetragen haben ebenfalls Verbote von problematischen Wirkstoffen.

Zeitlich und örtlich begrenzt treten aber immer noch hohe Konzentrationen von äusserst problematischen Pestiziden auf. Dazu gehören vor allem die Pyrethroide lambda-Cyhalothrin und Cypermethrin sowie das Herbizid Metazachlor.

Bezüglich der Stoffe, die über die ARA eingetragen werden, zeigte der Ausbau der ARA Regensdorf und Buchs grosse Wirkung. Die weitergehende Abwasserreinigung führt zu einer deutlichen Reduktion der Belastung der Gewässer mit Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie.

Als wichtige Belastungsquellen für Stoffe, die ebenfalls vornehmlich über die ARA in die Gewässer gelangen, wurden Insektizide identifiziert, die in Biozidprodukten und Tierarzneimitteln verwendet werden. Es handelt sich dabei in erster Linie um Cypermethrin und Fipronil, die gegen Läuse, Flöhe und Zecken bei Hunden und Katzen eingesetzt werden.

