

# Untersuchung der organischen Mikroverunreinigungen in den Mischproben der Hauptmessstellen an Glatt, Furtbach, Aabach und Jonen im Jahr 2019

---

Kanton Zürich

Baudirektion

**Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft**

Gewässerschutz

Oberflächengewässerschutz

**Jürg Sinniger**

**Pius Niederhauser**

Zürich, 20. Januar 2021

Zusammenfassung.....	4
1 Einleitung.....	5
2 Methode.....	9
2.1 Programm Probenahme .....	9
2.2 Untersuchte Verbindungen .....	9
2.3 Auswertung der Messresultate .....	10
2.3.1 Konzentrationen.....	10
2.3.2 Frachten der Mikroverunreinigungen H&I.....	12
3 Resultate.....	16
3.1 Pestizide Landwirtschaft .....	16
3.1.1 Pestizide LW ohne Nachweise.....	16
3.1.2 Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen.....	16
3.1.3 Jahreszeitlicher Verlauf der Belastung .....	17
3.2 Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie .....	18
3.2.1 Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen.....	18
3.2.2 Frachten.....	19
3.3 Wasserqualität gemäss Qualitätskriterien .....	20
3.4 Nachweise oberhalb 0.1 µg/l .....	21
4 Diskussion.....	22
4.1 Messstellen.....	22
4.2 Verbindungen.....	23
4.2.1 Pestizide LW .....	23
4.2.2 Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie.....	24
4.3 Wasserqualität .....	26
4.3.1 Berücksichtigung aller CQK.....	26
4.3.2 CQK GSchV.....	29
4.3.3 Überschreitungen des Anforderungswerts der GSchV von 0.1 µg/l .....	29
5 Literatur.....	30
6 Anhang: Untersuchte Verbindungen .....	31
6.1 Pestizide Landwirtschaft (ohne Pyrethroide und Organophosphate) .....	31
6.2 Pestizide: Pyrethroide und Organophosphate .....	32
6.3 Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie .....	32
7 Anhang: Stellenblätter .....	34
7.1 Glatt.....	34
7.2 Furtbach .....	35
7.3 Aabach.....	36
7.4 Jonen .....	37
8 Anhang: Mittlere Frachten der Mikroverunreinigungen H&I .....	38

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Untersuchte Hauptmessstellen .....	6
Abb. 2: Schöpfautomat bei der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» (2019) .....	6
Abb. 3: Lage der vier Hauptmessstellen im Kanton .....	7
Abb. 4: Berechnung der Frachten .....	12
Abb. 5: Beispiel Methylbenzotriazol an der Messstelle «Glatt vor Rhein» (Wochenmischproben 2016). .....	14
Abb. 6: Vergleich der Belastung der Proben der vier Messstellen mit Pestiziden LW und Mikroverunreinigungen H&I .....	22
Abb. 7: Anzahl Nachweise der Pestizide LW .....	23
Abb. 8: Jahreszeitlicher Verlauf der Anzahl Nachweise der Pestizide LW bei den vier Messstellen (ohne Pyrethroide und Organophosphate) .....	24
Abb. 9: Frachten pro Tag und Einwohner der Verbindungen, die in Furtbach, Aabach oder Jonen eine überdurchschnittliche Fracht zeigten (Beschreibung der Grafiken s. Fussnote 8) .....	25
Abb. 10: Summe CRQ vs. Anteil Abwasser bei Trockenwetter .....	28
Abb. 11: Durchschnittliche Summen der CRQ für die vier Gruppen der Mikroverunreinigungen .....	28

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Untersuchungsjahre an den Hauptmessstellen von Jonen, Aabach, Furtbach und Glatt.....	7
Tab. 2: Landeskoordinaten der vier Hauptmessstellen, Höhe über Meer und Art der Probenahme.....	7
Tab. 3: Grösse Einzugsgebiet und Anzahl Einwohner; Anteile Wald, Siedlung und Landwirtschaft im EZG; Anteil Abwasser.....	8
Tab. 4: Abflüsse 2019 und Messprogramm.....	9
Tab. 5: Schema für die Beurteilung der Wasserqualität .....	11
Tab. 6: Pestizide Landwirtschaft ohne Nachweise .....	16
Tab. 7: Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen der Pestizide .....	17
Tab. 8: Anzahl nachgewiesener Pestizide LW (ohne Pyrethroide und Organophosphate) in den Zweiwochenperioden.....	18
Tab. 9: Mikroverunreinigungen H&I ohne Nachweise .....	18
Tab. 10: Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen der Mikroverunreinigungen H&I .....	19
Tab. 11: Mittlere Frachten Mikroverunreinigungen H&I .....	20
Tab. 12: Wasserqualität bezüglich aller Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW und Mikroverunreinigungen H&I, für die CQK vorliegen .....	20
Tab. 13: Durchschnittliche Summen der CRQ für die vier Gruppen der Mikroverunreinigungen .....	21
Tab. 14: Wasserqualität bezüglich Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW und Mikroverunreinigungen H&I gemäss GSchV .....	21
Tab. 15: Überschreitungen des Anforderungswert GSchV von 0.1 µg/l .....	21
Tab. 16: Pestizide LW, die ausschliesslich im Furtbach nachgewiesen werden konnten .....	22
Tab. 17: Pestizide Landwirtschaft, die in allen vier Gewässern nachgewiesen werden konnten.....	23
Tab. 18: Wasserqualität bezüglich Herbiziden LW.....	26
Tab. 19: Wasserqualität bezüglich Insektiziden LW .....	26
Tab. 20: Wasserqualität bezüglich Mikroverunreinigungen H&I .....	27
Tab. 21: Untersuchte Pestizide LW (ohne Pyrethroide und Organophosphate) .....	32
Tab. 22: Untersuchte Pyrethroide und Organophosphate .....	32
Tab. 23: Untersuchte Mikroverunreinigungen H&I.....	33

## Zusammenfassung

Für die Untersuchung der organischen Mikroverunreinigungen im Jahr 2019 bei den vier Hauptmessstellen «Glatt vor Rhein», «Furtbach bei Würenlos», «Aabach bei Mönchaltorf» und «Jonen vor ARA Zwillikon» wurden von Januar bis Dezember Mischproben gesammelt und im Labor auf organische Mikroverunreinigungen – Pestizide aus der Landwirtschaft (Pestizide LW) und Mikroverunreinigungen aus Industrie und Haushalt (Mikroverunreinigungen H&I) – hin analysiert.

In den vier Gewässern konnten 52 Pestizide LW mindestens einmal nachgewiesen werden. Mit 47 Pestiziden LW zeigte der Furtbach die breiteste Palette an Verbindungen, gefolgt von der Jonen mit 28 Verbindungen. 17 Verbindungen traten ausschliesslich im Furtbach auf. Von den 30 Pestiziden LW, die auch in einem oder mehreren der anderen Gewässer gefunden wurden, zeigten deren 24 ihre höchste Konzentration im Furtbach. Auch bei den Mikroverunreinigungen H&I zeigte der Furtbach die stärkste Belastung. Zwar konnten in allen vier Gewässern 42 Verbindungen nachgewiesen werden, aber 21 Verbindungen traten im Furtbach in ihrer höchsten Konzentration auf.

Von den Pestiziden LW wurde Atrazin am häufigsten nachgewiesen. Die tiefen Konzentrationen, in denen es gefunden wurde, deuten allerdings darauf hin, dass Reste dieser Verbindung aus früheren Anwendungen nach und nach aus dem Boden ausgewaschen werden. Dem Atrazin folgten die beiden Herbizide Metolachlor und MCPA, an vierter Stelle stand das Fungizid Azoxystrobin, gefolgt vom ersten Insektizid, dem Thiomethoxam. Die Belastung mit Pestiziden LW zeigte einen deutlichen Jahresverlauf: Von April bis Mitte Juni stieg die Anzahl Nachweise, um dann zum Herbst hin wieder zu sinken.

Von den 42 Mikroverunreinigungen H&I, die mindestens einmal nachgewiesen werden konnten, wurden deren 37 an allen vier Messstellen gefunden. Bezüglich der durchschnittlichen Frachten pro Tag und Einwohner fällt auf, dass in der Glatt rund 60 Prozent der Mikroverunreinigungen H&I tiefere Werte aufwiesen als in den anderen drei Gewässern. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass mehrere Kläranlagen, die ihr gereinigtes Abwasser in die Glatt einleiten, über eine zusätzliche Reinigungsstufe verfügen, die die Konzentrationen der Mikroverunreinigungen reduziert.

Bezüglich der Herbizide LW weist nur die Glatt eine gute Wasserqualität auf. Die Wasserqualität des Furtbachs ist schlecht, weil hohe Konzentrationen an Metazachlor und Propyzamid auftraten. Aabach und Jonen weisen eine ungenügende Wasserqualität auf, verursacht durch hohe Konzentrationen an Dimethenamid bzw. 2,4-D. Bezüglich der Insektizide weist die Glatt die Wasserqualität «ungenügend» auf, Furtbach, Aabach und Jonen die Wasserqualität «schlecht». Es sind vor allem die Pyrethroide und Organophosphate, die das Wasser belasten. Die Belastung der Gewässer mit Fungiziden ist gering, da diese Stoffe vergleichsweise hohe Werte für die Qualitätskriterien aufweisen. Bei den Mikroverunreinigungen H&I sind Azithromycin, Clarithromycin und Diclofenac für die Beeinträchtigung der Wasserqualität verantwortlich. Generell bestätigt sich die Erwartung, dass die Belastung eines Gewässers mit Mikroverunreinigungen H&I zunimmt, je grösser der Anteil Abwasser ist.

Berücksichtigt man bei der Bestimmung der Wasserqualität nur die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung, dann fällt die Beurteilung weniger streng aus. Grund dafür ist vor allem, dass für Dimethenamid, 2,4-D, lambda-Cyhalothrin und Chlorpyrifosmethyl in der GSchV spezifische Anforderungswerte fehlen. Bei den Mikroverunreinigungen H&I weicht die Beurteilung der Wasserqualität nach GSchV kaum von der Beurteilung ab, die man unter Berücksichtigung aller Verbindungen, für die ein CQK vorliegt, erhält.

Für alle organischen Pestizide, für die in der Gewässerschutzverordnung kein spezifisches Qualitätskriterium festgehalten ist, fordert sie Konzentrationen unterhalb 0.1 µg/l. Dieser Anforderungswert wurde von 13 Verbindungen insgesamt 61 Mal überschritten. Von den vier Messstellen waren alle von Überschreitungen betroffen. Am meisten Überschreitungen traten in den Proben des Furtbachs auf, gefolgt von den Proben der Jonen, der Glatt und des Aabachs. Die Verbindung, die am meisten Überschreitungen zeigte, war Mecoprop.

# 1 Einleitung

Die Untersuchungen bei den Hauptmessstellen<sup>1</sup> «Glatt vor Rhein», «Furtbach bei Würenlos», «Aabach bei Mönchalt Dorf» und «Jonen nach ARA Zwillikon» (Abb. 1) im Jahre 2019 dienten dem Ziel, ein umfassendes Bild davon zu erhalten, wie stark diese Fliessgewässer mit organischen Spurenstoffen<sup>2</sup> belastet sind. Bei den untersuchten Stoffen handelte es sich einerseits um Pestizide<sup>3</sup>, die vor allem in der Landwirtschaft als Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln zum Einsatz kommen, andererseits um Spurenstoffe wie z.B. Arzneimittel, die ihren Ursprung in den Siedlungsgebieten haben. Während der Eintrag der Pestizide in die Gewässer stark abhängig vom Zeitpunkt und Ort der Anwendung der Pflanzenschutzmittel ist, gelangen die Spurenstoffe aus den Siedlungen vornehmlich über die Abwasserreinigungsanlagen (ARA) in die Gewässer, wobei ihr mengenmässiger Eintrag in die Gewässer wesentlich konstanter ist als bei den Pestiziden.



a) Glatt vor Rhein



b) Furtbach bei Würenlos

---

<sup>1</sup> Ende der Achtziger- und anfangs der Neunzigerjahre richtete der Kanton Zürich an seinen bedeutendsten Fliessgewässern siebzehn Hauptmessstellen ein. Ab 2012 wurde der Betrieb der Hauptmessstelle Sihl bei Hütten eingestellt, seit 2018 wird auch die Messstelle «Glatt bei Oberglatt» nicht mehr betrieben. Da sich in unmittelbarer Nähe aller Hauptmessstellen Stationen für die Messung des Abflusses befinden, ist es möglich, den Verlauf der gemessenen Konzentrationen gegen den Abfluss aufzutragen oder Frachten zu berechnen. [1]

<sup>2</sup> Unter dem Begriff «organische Spurenstoffe» versteht man ein breites Spektrum organischer Stoffe, die erstens nur aufgrund menschlichen Wirkens in den Gewässern vorkommen und zweitens meist in Konzentrationen von Nano- bis Mikrogramm pro Liter im Wasser nachweisbar sind. Die meisten von ihnen stammen aus Produkten, die in Haus und Garten, in der Industrie und im Gewerbe oder in der Landwirtschaft verwendet werden, z.B. Desinfektions- und Reinigungsmittel, Pflanzenschutzmittel oder Biozidprodukte. Andere bedeutende Quellen sind Lebensmittel, Medikamente und Produkte für die Körperpflege. Zu den organischen Spurenstoffen gehören aber nicht nur synthetische Stoffe, sondern auch natürliche Stoffe wie die körpereigenen Östrogene. Einige organische Spurenstoffe können bereits in sehr tiefen Konzentrationen Organismen gefährden.

<sup>3</sup> Pestizide sind Stoffe, die zur Bekämpfung oder Abwehr unerwünschter Organismen verwendet werden. Die Produkte, in denen sie zum Einsatz kommen, nennt man je nach Verwendungszweck und -ort Pflanzenschutzmittel oder Biozidprodukte. Sind die Pestizide erst einmal in die Umwelt gebracht, finden viele von ihnen den Weg ins Wasser, wo sie und ihre Abbauprodukte die aquatische Umwelt schädigen und unser Trinkwasser gefährden können.



c) Aabach bei Mönchaltorf



d) Jonen nach ARA Zwillikon

**Abb. 1:** Untersuchte Hauptmessstellen

Die vier Messstellen sind wie alle anderen Hauptmessstellen im Kanton Zürich mit Automaten ausgerüstet, die abfluss- oder zeitproportionale Tagesmischproben schöpfen können. Je nach Fragestellung werden die Tagesmischproben vor der Analyse zu grösseren Proben vereint, z. B. zu Halbwochen-, Wochen- oder Zweiwochenmischproben. Da bei den Hauptmessstellen auch die Abflüsse gemessen werden, kann man mit Hilfe der Konzentrationen, die in den Mischproben gemessen werden, die Frachten in den Gewässern berechnen.



**Abb. 2:** Schöpfautomat bei der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» (2019)

Seit dem Jahr 2007 wurden an den vier Messstellen wiederholt Kampagnen durchgeführt, in deren Rahmen während acht Monaten und mehr Mischproben erhoben wurden, um sie auf eine breite Palette von Mikroverunreinigungen hin zu untersuchen ([2] - [10])<sup>4</sup> (Tab. 1):

<sup>4</sup> Seit dem Jahr 2018 werden Mikroverunreinigungen auch im gemeinsamen Messprogramm von Bund und Kanton (NAWA-Trend) untersucht. Schweizweit werden in der

Messstelle	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2018	2019
Jonen nach ARA Zwillikon		x	x						x		x
Aabach bei Mönchaltorf				x	x		x			x	x
Furtbach bei Würenlos	x	x	x		x			x		x	x
Glatt vor Rhein	x		x			x			x	x	x

**Tab. 1:** Untersuchungsjahre an den Hauptmessstellen von Jonen, Aabach, Furtbach und Glatt

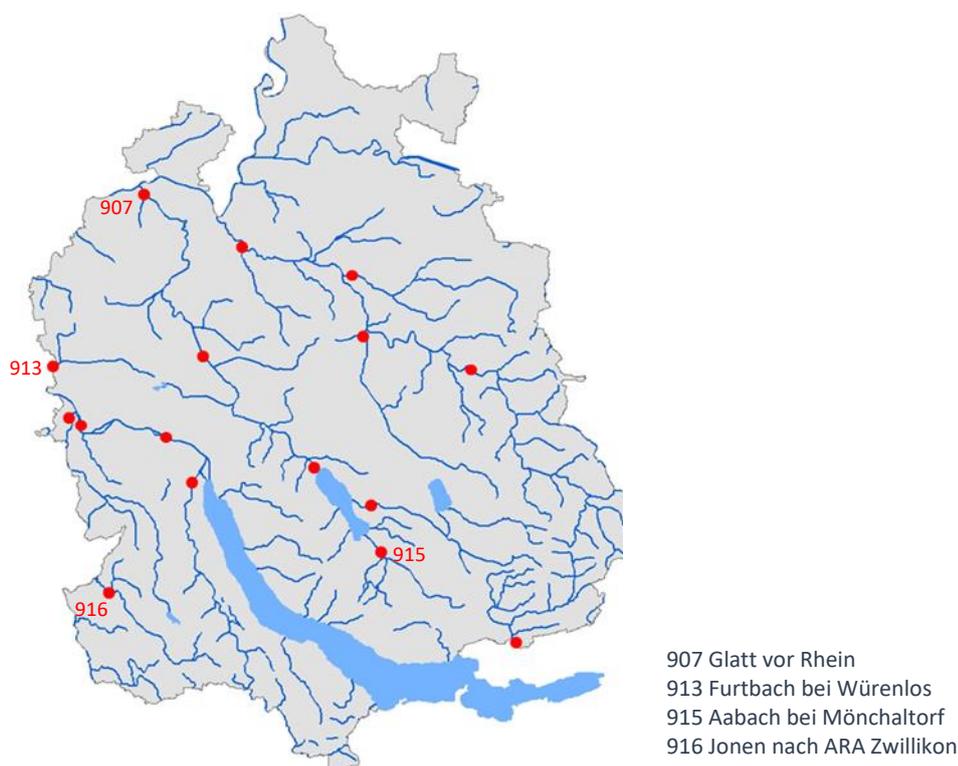
Tab. 2 gibt die C-Nummern, die Landeskoordinaten (Ost/Nord) und die Höhe über Meer (MüM) der vier Hauptmessstellen an. Für jede Stelle ist vermerkt, ob die Proben abfluss- (Q) oder zeitproportional (Z) geschöpft wurden.

C Nr	Hauptmessstelle	Ost	Nord	MüM	Schöpfart*	Bemerkung
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	2'678'040	1'269'711	339	Z	2019: NADUF 1'824 (Z)
913	Furtbach bei Würenlos	2'669'889	1'255'285	413	Z	
915	Aabach bei Mönchaltorf	2'696'928	1'240'805	440	Z	
916	Jonen nach ARA Zwillikon	2'675'074	1'238'460	456	Q	

\*Schöpfart: Z = Zeitproportional, Q = Abflussproportional

**Tab. 2:** Landeskoordinaten der vier Hauptmessstellen, Höhe über Meer und Art der Probenahme

Abb. 3 zeigt die geographische Lage der vier Hauptmessstellen im Kanton Zürich:



**Abb. 3:** Lage der vier Hauptmessstellen im Kanton

Tab. 3 auf der nächsten Seite zeigt, wie gross die jeweiligen Einzugsgebiete (EZG) der untersuchten Hauptmessstellen sind und wieviele Einwohner (EW) [11] in ihnen leben. Ferner listet sie auf, welche Anteile der Wald, die Siedlung

Messperiode 2018 bis 2021 bei 25 Messstellen Zweiwochenmischproben untersucht. Die beiden Stellen «Furtbach bei Würenlos» und «Glatt vor Rhein» sind Bestandteil dieses Programms. Als Ergänzung für die Erfolgskontrolle des Aktionsplans Pflanzenschutzmittel wird ab dem Jahr 2019 auch die Messstelle «Aabach bei Mönchaltorf» im koordinierten Bundesprogramm untersucht.

und die Landwirtschaft in ihnen haben. Die letzte Spalte führt den Anteil des gereinigten Abwassers auf, den die Gewässer bei ihren Hauptmessstellen mit sich führen.

Hauptmessstelle	EZG [km <sup>2</sup> ]	Anz. EW	Wald [%]	Siedlung [%]	Landwirtschaft [%]	Anteil Abwasser* [%]
Glatt vor Rhein	419	334'905	24	26	45	31
Furtbach bei Würenlos	44	33'566	30	21	47	61
Aabach b. Mönchaltorf	44	25'849	17	17	64	45
Jonen n. ARA Zwillikon	38	20'771	28	16	56	79

\* bei Trockenwetter

**Tab. 3:** Grösse Einzugsgebiet und Anzahl Einwohner; Anteile Wald, Siedlung und Landwirtschaft im EZG; Anteil Abwasser

Der vorliegende Bericht wertet die Resultate aus, die bei der Messung der Konzentrationen der Pestizide erhalten wurden. Dabei werden folgende Fragen beantwortet:

- Welche der untersuchten Verbindungen konnten an den Messstellen nachgewiesen werden, und wie viele Nachweise von jeder Verbindung gab es in der durchschnittlichen Zweiwochenmischprobe jeder Stelle?
- Welche Verbindungen traten am häufigsten auf, und wie hoch waren die maximalen Konzentrationen?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Jahreszeit und der Belastung mit Pestiziden, die in der Landwirtschaft verwendet werden?
- Wie ist die Wasserqualität bezüglich landwirtschaftlich verwendeten Pestiziden und Mikroverunreinigungen H&I, wenn effektbasierte Qualitätskriterien als Richtschnur genommen werden? Welche Verbindungen sind hauptsächlich verantwortlich für Beeinträchtigungen der Wasserqualität?

## 2 Methode

### 2.1 Programm Probenahme

Tab. 4 listet für jede der vier untersuchten Messstellen den mittleren Abfluss  $Q_m$  im Jahr 2019 sowie das Messprogramm auf. Für jede Messstelle ergeben sich 26 Zweiwochenmischproben.

Hauptmessstelle	$Q_m$ [l/s]	Woche																									
		02-03	04-05	06-07	08-09	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20-21	22-23	24-25	26-27	28-29	30-31	32-33	34-35	36-37	38-39	40-41	42-43	44-45	46-47	48-49	50-51	52-01
Glatt vor Rheint†	6935																										
Furtbach bei Würenlos	619																										
Aabach bei Mönchaltorf*	882																										
Jonen nach ARA Zwillikon	583																										

† Beginn Probenahme am 8.2. statt 4.2., 23.4. statt 22.4., 31.5. statt 30.5., 11.6. statt 10.6., 2.8. statt 1.8., 19.12. statt 23.12.

\* keine Proben am 23.5., 4.7. und 8.7.

	Zweiwochenmischproben
	Verdichtung auf Halbwochenmischproben (Dreitagesmischproben Mo-Mi und Viertagesmischproben Do-So)
	Analyse der Proben auf Pyrethroide und Organophosphate

Tab. 4: Abflüsse 2019 und Messprogramm

### 2.2 Untersuchte Verbindungen

Die Mischproben wurden auf eine breite Palette von Verbindungen untersucht. Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf die Auswertung der Analysenresultate von zwei grossen Gruppen von Verbindungen: die Pestizide, die vorwiegend in der Landwirtschaft verwendet werden (Pestizide LW), und die Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie (Mikroverunreinigungen H&I), die hauptsächlich aus Siedlungsgebieten stammen.

Bei der Gruppe der Pestizide LW handelte es sich um 80 Verbindungen: 41 Herbizide; 19 Insektizide, davon 4 Pyrethroide und 2 Organophosphate<sup>5</sup>; 19 Fungizide und 1 Begleitstoff. Die Gruppe der Mikroverunreinigungen H&I bestand aus 43 Verbindungen: 3 Herbizide (Diuron, Mecoprop, Terbutryn), 2 Fungizide (Carbendazim, Irgarol), 8 Verbindungen «Industrie, Haushalt» und 33 Verbindungen «Medikamente, Hormone».

Im Anhang befinden sich zwei Listen mit diesen Verbindungen. Die erste Liste enthält die Pestizide LW, die zweite die Mikroverunreinigungen H&I. Sofern vorhanden, sind bei den Verbindungen ihre Kriterien für die chronische Toxizität (CQK) angegeben. Diejenigen Verbindungen, deren CQK als Anforderungswert in der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)<sup>6</sup> festgehalten ist, sind in der Spalte «GSchV» markiert.

<sup>5</sup> Die Pyrethroide und Organophosphate wurden nur in den Proben der Wochen 10 bis 43 untersucht (s. Tab. 4).

<sup>6</sup> Anh. 2 Ziff. 11 Abs. 3 Nr. 4 (andauernd) GSchV

## 2.3 Auswertung der Messresultate

### 2.3.1 Konzentrationen

#### 2.3.1.1 Behandlung der Halbwochenmischproben

Die Halbwochenmischproben (Drei- und Viertagesmischproben), die an drei der vier Messstellen  $HMS_p$  zwischen den Wochen 14 bis 31 erhoben wurden (s. Tab. 4), vereinte man rechnerisch zu Zweiwochenmischproben. Da bei den drei Messstellen die Probenahme zeitproportional erfolgte (s. Tab. 2), entspricht die Konzentration  $c_i^{zw}(HMS_p, v_w)$  einer Verbindung  $v_w$  in der hypothetischen Zweiwochenmischprobe  $i$  dem Mittel der Konzentrationen  $c_{ij}^{3t}(HMS_p, v_w)$  und  $c_{ik}^{4t}(HMS_p, v_w)$  in den Drei- bzw. Viertagesmischproben  $ij$  bzw.  $ik$ , aus denen sich die Zweiwochenmischprobe  $i$  zusammensetzt. Die Konzentrationen der Halbwochenmischproben wurden bei der Bildung des Mittelwerts gewichtet, je nachdem, ob sie in einer der  $n$  Drei- oder einer der  $m$  Viertagesmischproben gemessen worden waren (Gl. 1):

$$Gl. 1 \quad c_i^{zw}(HMS_p, v_w) = \frac{1}{n \cdot 3 + m \cdot 4} \cdot \left( \sum_{j=1}^n 3 \cdot c_{ij}^{3t}(HMS_p, v_w) + \sum_{k=1}^m 4 \cdot c_{ik}^{4t}(HMS_p, v_w) \right); n, m = 1, 2$$

Die Indices  $j$  und  $k$  sind u.U. kleiner als 2, da nicht in allen Zweiwochenperioden 2 Drei- und 2 Viertagesmischproben erhoben worden sind (s. Tab. 4).

#### 2.3.1.2 Häufigkeit der Nachweise und maximale Konzentrationen

Die Analysenergebnisse wurden dahingehend ausgewertet,

- welche Pestizide LW und Mikroverunreinigungen H&I in den Proben der vier Messstellen nachgewiesen werden konnten;
- in wie vielen der Zweiwochenmischproben, die an einer Messstelle genommen wurden, die Verbindungen gefunden wurden;
- wie hoch die maximale Konzentration einer Verbindung war, die nachgewiesen werden konnte, und an welcher Messstelle das Maximum auftrat.

#### 2.3.1.3 Bestimmung der Wasserqualität mittels Qualitätskriterien

Zweiwochenmischproben sind dazu geeignet, die Wasserqualität bezüglich der chronischen Wirkung von Schadstoffen zu beurteilen. Die Konzentrationen, die in den Zweiwochenmischproben gemessen wurden, verglich man deshalb mit dem CQK der Verbindungen (s. Anhang). Das Verhältnis der Konzentration zum CQK heisst «Chronischer Risikoquotient» CRQ.

##### Bestimmung der Risikoquotienten einzelner Verbindungen

Der  $CRQ_i(HMS_p, v_w)$ , den eine Verbindung  $v_w$  in der Zweiwochenmischprobe  $i$  der Hauptmessstelle  $HMS_p$  aufweist, ist definiert als das Verhältnis ihrer Konzentration  $c_i^{zw}(HMS_p, v_w)$  in der Probe zu ihrem CQK( $v_w$ ) (Gl. 2):

$$Gl. 2 \quad CRQ_i(HMS_p, v_w) = \frac{c_i^{zw}(HMS_p, v_w)}{CQK(v_w)}$$

Will man die Qualität des Wassers einer Zweiwochenmischprobe bezüglich einer Verbindung  $v_w$  beurteilen, so geschieht dies mittels des Schemas in Tab. 5.

### Bestimmung der Wasserqualität bezüglich Gruppen von Verbindungen

Die Wasserqualität wurde bezüglich der Pestizide und der Mikroverunreinigungen H&I ausgewertet, wobei bei den Pestiziden noch die Gruppen der Herbizide, der Insektizide und der Fungizide unterschieden wurden. Für die Bestimmung des Risikos bezüglich der chronischen Toxizität einer Gruppe  $G_s$  addierte man für jede der Zweiwochenmischproben  $i$  die  $CRQ_i(HMS_p, v_w)$  der  $u$  Verbindungen  $v_w$ , die zu der Gruppe gehören (Gl. 3):

$$Gl. 3 \quad CRQ_i(HMS_p, G_s) = \sum_{w=1}^u CRQ_i(HMS_p, v_w)$$

Will man die Qualität des Wassers einer Zweiwochenmischprobe bezüglich einer Gruppe  $G_s$  beurteilen, so geschieht dies ebenfalls mit Hilfe des Schemas in Tab. 5. Die Qualität des Wassers an einer Messstelle  $HMS_p$  bezüglich einer Gruppe  $G_s$  wird bestimmt, indem für diese Stelle die höchste aller Summen  $CRQ_i(HMS_p, G_s)$ , das  $CRQ_{max}(HMS_p, G_s)$ , ermittelt wird. Die Beurteilung geschieht wiederum mit Hilfe des Schemas in Tab. 5.

Im vorhergehenden Abschnitt wurde die Wasserqualität über die höchste Summe der  $CRQ_i(HMS_p, G_s)$  bestimmt. Eine andere Möglichkeit, eine Wasserqualität für eine Hauptmessstelle  $HMS_p$  festzulegen, ist die Bestimmung der mittleren Wasserqualität in den  $o$  Zweiwochenmischproben  $i$  (Gl. 4):

$$Gl. 4 \quad \overline{CRQ}(HMS_p, G_s) = \frac{1}{o} \cdot \sum_{i=1}^o CRQ_i(HMS_p, G_s)$$

### Schema für die Beurteilung der Wasserqualität

Das Schema in Tab. 5 zeigt, wie aufgrund der Risikoquotienten  $CRQ$  die Wasserqualität bezüglich einer Verbindung oder einer Gruppe von Verbindungen bestimmt wird.

Qualität	Bedingung gemäss Qualitätskriterien
 sehr gut	$CRQ < 0.1$
 gut	$0.1 \leq CRQ < 1$
 mässig	$1 \leq CRQ < 2$
 unbefriedigend	$2 \leq CRQ < 10$
 schlecht	$10 \leq CRQ$

Tab. 5: Schema für die Beurteilung der Wasserqualität

#### 2.3.1.4 Überschreitungen des Anforderungswerts von 0.1 µg/l

Für alle organischen Pestizide, für die in der GSchV kein spezifischer Anforderungswert festgelegt ist (s. Anhang), gilt gemäss GSchV, dass ihre Konzentration den Wert von 0.1 µg/l nicht überschreiten darf.<sup>7</sup> Um zu überprüfen, wie oft diese Bestimmung verletzt wurde, stellte man für jede Messstelle die Verbindungen zusammen, für die erstens in der GSchV kein spezifischer Anforderungswert festgelegt ist.

<sup>7</sup> Anh. 2 Ziff. 11 Abs. 3 Nr. 4 GSchV

zungswert festgelegt ist, und deren Konzentrationen zweitens den Wert von  $0.1 \mu\text{g/l}$  überschritten.<sup>8</sup>

### 2.3.2 Frachten der Mikroverunreinigungen H&I

Die Berechnung von Frachten ist vor allem für die Mikroverunreinigungen H&I interessant, da ein Fließgewässer an einer bestimmten Stelle immer die etwa gleiche Fracht einer bestimmten Mikroverunreinigung H&I mit sich führen sollte. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, stammen diese Verbindungen aus Geschirrspülmitteln, Lebensmitteln, Medikamenten usw. Da diese Produkte über das Jahr hinweg in mehr oder weniger gleichbleibenden Mengen verwendet werden, kann man annehmen, dass auch der Eintrag der Mikroverunreinigungen H&I in die Gewässer mehr oder weniger konstant ist.

Um die Berechnung der Fracht  $F$  einer Verbindung  $v$  für einen allgemeinen Fall zu beschreiben, wird angenommen, dass die Hauptmessstelle  $\text{HMS}_p$  an einem Fließgewässer liegt, das einem See entspringt (Abb. 4). Dies ist bei der Hauptmessstelle «Glatt vor Rhein» der Fall, da die Glatt ihren Ursprung im Greifensee hat.

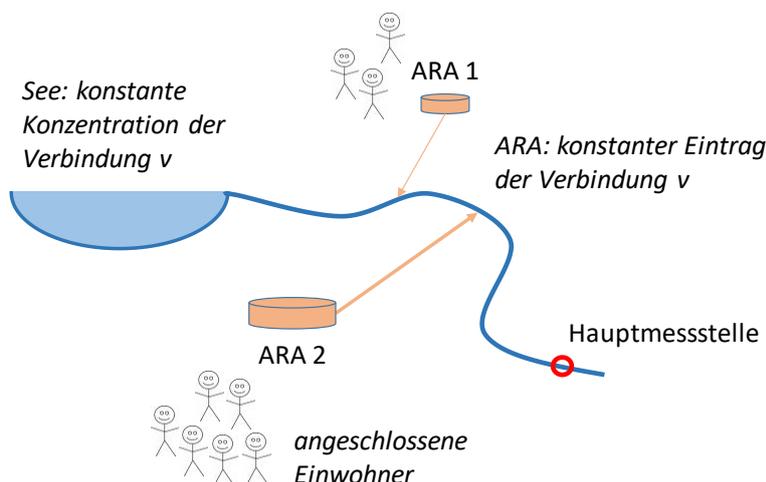


Abb. 4: Berechnung der Frachten

Die Fracht  $F$  einer Verbindung  $v_w$ , die in der Zeit, in der die Mischprobe  $i$  geschöpft wurde, die Messstelle  $\text{HMS}_p$  passierte, ist definiert als das Produkt der Konzentration  $c_i(\text{HMS}_p, v_w)$  der Verbindung  $v_w$ , die in der Probe  $i$  gemessen wurde, und dem mittleren Abfluss  $\bar{Q}_i(\text{HMS}_p)$  während der Probenahme. Bei abflussproportionaler Probenahme entspricht letzterer dem arithmetischen Mittel der mittleren Tagesabflüsse (Gl. 5), bei zeitproportionaler Probenahme dem harmonischen Mittel (Gl. 6). Lag in einer Probe  $i$  für eine Verbindung  $v_w$  kein Wert für ihre Konzentration vor, so wurde die Fracht nicht gleich null gesetzt, sondern die Probe wurde in der Auswertung für die Verbindung  $v_w$  nicht berücksichtigt. Damit wird vermieden, dass bei hohen Abflüssen – wenn die Verbindungen, deren Eintrag über die ARA ja konstant ist, im Gewässer so stark verdünnt werden, dass ihre Konzentrationen unterhalb die Nachweisgrenzen fallen – Frachten von null erhalten werden.

<sup>8</sup> Dazu gehören auch die beiden Herbizide Diuron und Mecoprop.

$$\text{Gl. 5} \quad F_i(\text{HMS}_p, v_w) = c_i(\text{HMS}_p, v_w) \cdot \bar{Q}_{\text{arith},i}(\text{HMS}_p)$$

abflussproportionale Probenahme;  $i=1,2,\dots,26$ ;  $c_i(\text{HMS}_p, v_w) > 0$

$$\text{Gl. 6} \quad F_i(\text{HMS}_p, v_w) = c_i(\text{HMS}_p, v_w) \cdot \bar{Q}_{\text{harm},i}(\text{HMS}_p)$$

zeitproportionale Probenahme;  $i=1,2,\dots,26$ ;  $c_i(\text{HMS}_p, v_w) > 0$

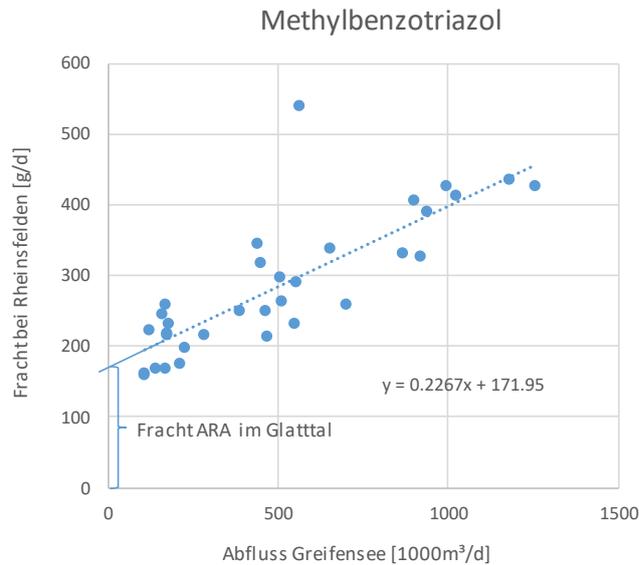
Nun besteht das Wasser eines Fließgewässers, das einem See entspringt, zum Teil aus Seewasser. Sind bereits im Seewasser Mikroverunreinigungen H&I gelöst, dann tragen diese je nachdem, wie gross ihre Konzentration im Seewasser und wie hoch der Abfluss aus dem See sind, mehr oder weniger zur Fracht an der Hauptmessstelle bei. Die Fracht  $F_i(\text{HMS}_p, v_w)$  setzt sich also zusammen aus der Fracht  $F_i(S_p, v_w)$ , die aus dem See stammt, und der Fracht  $F_i(\text{ARA}_p, v_w)$ , die zwischen dem See und der Messstelle über die  $\text{ARA}_p$  in den Fluss eingetragen wird (s. *Abb. 4*). Wie in der Einleitung zum Kap. 2.3.2 festgehalten wurde, wird die Fracht  $F_i(\text{ARA}_p, v_w)$  als konstant und damit als zeitunabhängig angenommen (*Gl. 7*):

$$\text{Gl. 7} \quad F_i(\text{HMS}_p, v_w) = F_i(S_p, v) + F(\text{ARA}_p, v_w)$$

Ersetzt man die Ausdrücke für die Frachten des Fließgewässers bei der Messstelle  $F_i(\text{HMS}_p, v_w)$  und beim Abfluss aus dem See  $F_i(S_p, v_w)$  durch die Produkte der entsprechenden Konzentrationen und Abflüsse (s. *Gl. 5 und 6*), ergibt sich die untenstehende Gleichung (*Gl. 8*). Dabei wird angenommen, dass neben der Fracht  $F(\text{ARA}_p, v_w)$  auch die Konzentration  $c_i(S_p, v_w)$  der Verbindung  $v_w$  im See während der ganzen Untersuchungsperiode konstant ist (s. *Abb. 4*). Der mittlere Abfluss  $\bar{Q}_i$  ist je nach Art der Probenahme entweder das arithmetische oder das harmonische Mittel der Tagesmittel der Abflüsse (s. *Gl. 5 und 6*).

$$\text{Gl. 8} \quad c_i(\text{HMS}_p, v_w) \cdot \bar{Q}_i(\text{HMS}_p) = c(S_p, v_w) \cdot \bar{Q}_i(S) + F(\text{ARA}_p, v_w); c_i(\text{HMS}_p, v_w) > 0$$

Sind die Konzentrationen in den Mischproben der Hauptmessstelle und die Abflüsse bei der Hauptmessstelle und beim Ausfluss aus dem See bekannt, dann können die Fracht  $F(\text{ARA}_p, v_w)$  der Verbindung  $v_w$ , die über die  $\text{ARA}_p$  in das Fließgewässer eingetragen wird, und die Konzentration  $c(S_p, v_w)$  der Verbindung  $v_w$  im Seewasser über eine lineare Regression ermittelt werden: Trägt man für jede Zeitspanne  $i$  die Fracht  $F_i(\text{HMS}_p, v_w)$  einer Verbindung  $v_w$  (linke Seite der *Gl. 7*) gegen den Abfluss des Flusses beim Verlassen des Sees  $\bar{Q}_i(S_p)$  auf, so erhält man über eine lineare Regression eine Gerade, deren Steigung der Konzentration  $c(S_p, v_w)$  der Verbindung  $v_w$  im Seewasser und deren y-Achsenabschnitt der Fracht  $F(\text{ARA}_p, v_w)$  entspricht. Als Beispiel sind in der Abbildung auf der nächsten Seite die Resultate dargestellt, die im Jahr 2016 im Rahmen der Untersuchung der Wochenmischproben der Hauptmessstelle «Glatt vor Rhein» für die Verbindung Methylbenzotriazol gewonnen wurden (*Abb. 5 auf der nächsten Seite*).



Der y-Achsenabschnitt entspricht der Menge an Methylbenzotriazol, die pro Tag über die ARA im Glattal in die Glatt eingetragen wird, nämlich 172 Gramm. Die Steigung der Regressionsgerade ergibt die Konzentration des Stoffs im See; sie beträgt in diesem Fall 0.227 Milligramm pro Kubikmeter (oder Mikrogramm pro Liter).

**Abb. 5:** Beispiel Methylbenzotriazol an der Messstelle «Glatt vor Rhein» (Wochenmischproben 2016)

Liegt die Hauptmessstelle an einem Fließgewässer, das nicht einem See entspringt, dann ist der Seeabfluss  $\bar{Q}_i(S_p)$  gleich Null (s. Gl. 8). Die Frachten, die für die Messstelle berechnet werden, liegen somit alle auf der y-Achse. Statt einer linearen Regression kann nun aus den Frachten  $F_i(HMS_p, v_w)$  direkt der Mittelwert  $\bar{F}(HMS_p, v_w)$  berechnet werden. Dieser Mittelwert entspricht der mittleren Fracht der Verbindung  $v_w$ , die im Einzugsgebiet der Messstelle  $HMS_p$  über die  $ARA_p$  in das Gewässer eingetragen wird (Gl. 9):

$$Gl. 9 \quad \bar{F}(HMS_p, v_w) = \frac{1}{|A|} \cdot \sum_{i=1}^{|A|} c_i(HMS_p, v_w) \cdot \bar{Q}_i(HMS_p) = F(ARA_p, v_w);$$

$$c_i(HMS_p, v_w) > 0; A = \{c_i(HMS_p, v_w) > 0\}$$

Um für eine bestimmte Messstelle  $HMS_p$  und eine bestimmte Verbindung  $v_w$  zu berechnen, wie gross die mittlere Fracht  $\bar{F}_E$  pro Einwohner ist, muss die mittlere Fracht  $\bar{F}(HMS_p, v_w)$  der Verbindung  $v_w$  an der Messstelle  $HMS_p$  durch die Anzahl der Einwohner  $N_E$ , deren Abwasser an der Messstelle  $HMS_p$  vorbeifliesst (s. Tab. 3), dividiert werden (Gl. 10).

$$Gl. 10 \quad \bar{F}_E(HMS_p, v_w) = \frac{\bar{F}(HMS_p, v_w)}{N_E(HMS_p)}$$

Es wird postuliert, dass sich die Einzugsgebiete bezüglich ihrer Bevölkerung und somit der Fracht der Mikroverunreinigungen H&I pro Einwohner nicht wesentlich unterscheiden. Das heisst, die mittlere Fracht  $\bar{F}_E(HMS_p, v_w)$  einer Verbindung  $v_w$  pro Einwohner sollte für die vier Messstellen etwa gleich gross sein (Gl. 11):

$$Gl. 11 \quad \bar{F}_E(HMS_p, v_w) \cong \bar{F}_E(v_w)$$

Indem man die mittleren Frachten pro Einwohner der verschiedenen Hauptmessstellen miteinander vergleicht, kann man herauszufinden, in welchen Ein-

zugsgebieten bestimmte Quellen – oder Senken – von Mikroverunreinigungen H&I relevant sind. Im vorliegenden Bericht werden Frachten an einer Stelle  $HMS_p$  als über- oder unterdurchschnittlich betrachtet, wenn sie mehr als das Doppelte bzw. weniger als die Hälfte des Durchschnitts der vier Stellen betragen (Gl. 12 und 13):

Gl. 12 überdurchschnittlich:  $\bar{F}_E(HMS_p, v_w) > 2 \cdot \bar{F}_E(v_w)$

Gl. 13 unterdurchschnittlich:  $\bar{F}_E(HMS_p, v_w) < 0.5 \cdot \bar{F}_E(v_w)$

Die Frachten einer Verbindung  $v_w$  können in einem Einzugsgebiet überdurchschnittlich gross sein, weil a) einzelne Stösse den Schnitt nach oben drücken, oder weil b) eine Verbindung in einem Einzugsgebiet fortwährend in grösseren Mengen verwendet wird. Befinden sich zum Beispiel Spitäler oder Altersheime in einem Einzugsgebiet, so können solche Einrichtungen besonders grosse Quellen für Medikamente sein und ihre Frachten pro Einwohner erheblich erhöhen. Die beiden Ursachen von überdurchschnittlichen Frachten einer Verbindung  $v_w$  lassen sich grob anhand des Medians der Frachten, die für jede Messstelle aufgrund der Mischproben ermittelt werden, unterscheiden. Ist der Median einer Stelle  $HMS_p$ , die eine überdurchschnittliche Fracht  $\bar{F}_E(HMS_p, v_w)$  zeigt, vergleichbar mit dem Median der anderen Stellen, so sind einzelne Stösse Hauptgrund für den erhöhten Durchschnitt. Ist hingegen der Median erhöht, so kann vermutet werden, dass im Einzugsgebiet der Messstelle  $HMS_p$  eine Quelle vorliegt, die die Verbindung  $v_w$  kontinuierlich in grösseren Mengen abgibt.

Ist die Fracht einer Verbindung  $v_w$  an einer Messstelle  $HMS_p$  unterdurchschnittlich, so könnte ein Grund dafür sein, dass eine oder mehrere ARA im Einzugsgebiet dieser Stelle über eine Reinigungsstufe zur Elimination der Mikroverunreinigungen verfügen.

## 3 Resultate

### 3.1 Pestizide Landwirtschaft

#### 3.1.1 Pestizide LW ohne Nachweise

In Tab. 6 sind die 28 Pestizide LW (s. Kap. 2.2) aufgeführt, die nie nachgewiesen werden konnten (in alphabetischer Reihenfolge):

2,4-DB	Fenpropimorph	Mefenpyr-diethyl	Metoxuron	Pyraclostrobin
Cyanazin	Hexazinon	Mesosulfuron-methyl	Metsulfuron-methyl	Spiroxamin
Deltamethrin	Iodosulfuron-methyl	Methabenzthiazuron	Nicosulfuron	Tebutam
Diethofencarb	Iprovalicarb	Methiocarb	Oxadixyl	Thifensulfuron-methyl
Diflufenican	Malathion	Methomyl	Permethrin	
Fenoxycarb	MCPB	Methoxyfenozid	Propachlor	

Tab. 6: Pestizide Landwirtschaft ohne Nachweise

#### 3.1.2 Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen

Von den 80 Pestiziden LW (s. Kap. 2.2), auf die hin die Mischproben untersucht wurden, konnten deren 52 mindestens einmal nachgewiesen werden. In Tab. 7 ist für jedes dieser Pestizide und jede der vier Messstellen festgehalten, in wie vielen der Zweiwochenmischproben der jeweiligen Stelle es gefunden wurde. Die Verbindungen sind nach abnehmender Anzahl Nachweise über alle Messstellen geordnet.

Pestizide LW (ohne Pyreth. und Organophos.)	Anzahl Nachweise*				Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [µg/l]†
	907	913	915	916			
Atrazin	15	<u>24</u>	12	4	4	55	0.033
Metolachlor	6	<u>19</u>	8	2	4	35	0.266
MCPA	5	13	7	<u>9</u>	4	34	0.367
Azoxystrobin	2	<u>26</u>	4	0	3	32	0.143
Thiamethoxam	1	<u>21</u>	8	2	4	32	0.031
Terbutylazin	5	<u>10</u>	7	9	4	31	0.109
Bentazon	7	<u>17</u>	3	0	3	27	0.043
Dimethenamid	5	7	<u>12</u>	3	4	27	0.628
Metazachlor	1	<u>24</u>	0	0	2	25	0.328
Pymetrozine	0	<u>25</u>	0	0	1	25	0.066
Propamocarb	1	<u>23</u>	0	0	2	24	0.425
Metalaxyl	0	<u>21</u>	0	0	1	21	0.144
Propyzamid	1	<u>17</u>	2	0	3	20	0.451
Imidacloprid	2	7	<u>7</u>	1	4	17	0.013
Pyrimethanil	0	<u>16</u>	0	0	1	16	0.033
2,4-D	3	5	1	<u>6</u>	4	15	3.374
Metamitron	5	<u>6</u>	1	3	4	15	0.051
Napropamid	0	<u>11</u>	4	0	2	15	0.145
Boscalid	0	<u>11</u>	0	0	1	11	0.027
Pirimicarb	0	<u>9</u>	2	0	2	11	0.102
Chlortoluron	1	<u>3</u>	1	5	4	10	0.047
Cyprodinil	0	<u>8</u>	2	0	2	10	0.230
Asulam	2	0	<u>6</u>	0	2	8	0.281
Fludioxonil	0	<u>8</u>	0	0	1	8	0.027
Dimethachlor	0	0	<u>7</u>	0	1	7	0.033
Isoproturon	0	<u>3</u>	2	2	3	7	0.152
Diazinon	1	2	2	<u>1</u>	4	6	0.017
Ethofumesat	1	<u>5</u>	0	0	2	6	0.018
Lenacil	3	<u>3</u>	0	0	2	6	0.050
Thiacloprid	2	<u>3</u>	1	0	3	6	0.006
Flufenacet	1	<u>4</u>	0	0	2	5	0.013
Penconazol	0	0	0	<u>5</u>	1	5	0.230

Pestizide LW (ohne Pyreth. und Organophos.)	Anzahl Nachweise*				Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [ $\mu\text{g/l}$ ] <sup>†</sup>
	907	913	915	916			
Propiconazol	0	<u>3</u>	0	1	2	4	0.054
Epoxiconazole	0	<u>3</u>	0	0	1	3	0.019
Ioxynil	0	<u>3</u>	0	0	1	3	0.017
Linuron	0	<u>3</u>	0	0	1	3	0.006
Simazin	1	1	<u>1</u>	0	3	3	0.004
Clothianidin	0	<u>2</u>	0	0	1	2	0.009
Cyproconazol	0	<u>2</u>	0	0	1	2	0.008
Dimethoat	0	<u>2</u>	0	0	1	2	0.008
Dimethomorph	0	<u>2</u>	0	0	1	2	0.011
Metobromuron	0	<u>2</u>	0	0	1	2	0.131
Chloridazon	0	<u>1</u>	0	0	1	1	0.014
Foramsulfuron	0	0	<u>1</u>	0	1	1	0.002
Metribuzin	0	<u>1</u>	0	0	1	1	0.005
Monolinuron	0	0	<u>1</u>	0	1	1	0.007
Pendimethalin	0	<u>1</u>	0	0	1	1	0.008
Tebuconazol	0	<u>1</u>	0	0	1	1	0.006
Anz. Verbindungen	22	43	24	14			
Anz. Nachweise	71	378	102	53		604	
durchschn. Anz. NW	2.7	14.5	3.9	2.0			
Anz. Max	0	37	7	4			
Anz. Max > CQK	0	3	2	2			

Pyrethroide und Organophosphate	Anzahl Nachweise*				Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [ $\text{ng/l}$ ] <sup>†</sup>
	907	913	915	916			
Chlorpyrifos	6	<u>17</u>	15	15	4	53	1.705
lambda-Cyhalothrin	2	<u>13</u>	7	1	4	23	0.612
Cypermethrin	1	<u>8</u>	4	6	4	19	0.954
Chlorpyrifos-methyl	1	<u>15</u>	1	1	4	18	509.930
Anz. Verbindungen	4	4	4	4			
Anz. Nachweise	10	53	27	23		113	
durchschn. Anz. NW	0.4	2.0	1.0	0.9			
Anz. Max	0	4	0	0			
Anz. Max > CQK	0	4	0	0			

\* Unterstreichung: Stelle, bei der die maximale Konzentration auftrat

† Braun hinterlegt: Maximale Konzentration überschreitet CQK

**Tab. 7:** Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen der Pestizide

Zu jedem Pestizid LW ist vermerkt, an wie vielen der vier Stellen es nachgewiesen werden konnte, und wie viele Nachweise es über alle Stellen hinweg gab. Zudem ist die maximale Konzentration, in der es gefunden wurde, angegeben; die Stelle, an der sie auftrat, ist durch die Unterstreichung der Anzahl Nachweise an dieser Stelle gekennzeichnet. Überschreitet der Maximalwert das CQK des betreffenden Pestizids, so ist er braun hinterlegt.

In der Zusammenfassung unterhalb der Liste der Pestizide LW steht für jede Messstelle die Anzahl Verbindungen, die in ihren Proben gefunden wurden, die Summe aller Nachweise sowie die Anzahl Nachweise in ihrer durchschnittlichen Zweiwochenmischprobe. Zudem ist für jede Messstelle die Anzahl Verbindungen angegeben, die in einer ihrer Proben ihre maximale Konzentration zeigten, und wie viele dieser Maxima oberhalb eines CQK lagen.

### 3.1.3 Jahreszeitlicher Verlauf der Belastung

In Tab. 8 ist für jede Periode, in der Proben gesammelt wurden, angegeben, wie viele Pestizide LW in den entsprechenden Zweiwochenmischproben der

vier Messstellen nachgewiesen werden konnten. Da man nicht alle Proben auf Pyrethroide und Organophosphate untersuchte (s. Kap. 2.1), wurden diese Verbindungen nicht berücksichtigt.

Wochen	Glatt	Furtbach	Aabach	Jonen	Summe
02 - 03	0	6	2	1	9
04 - 05	1	3	1	1	6
06 - 07	1	10	0	1	12
08 - 09	0	7	0	0	7
10 - 11	0	10	0	3	13
12 - 13	0	8	1	2	11
14 - 15	1	18	2	3	24
16 - 17	7	20	12	7	46
18 - 19	7	23	11	4	45
20 - 21	7	25	6	4	42
22 - 23	7	20	8	2	37
24 - 25	12	24	8	6	50
26 - 27	6	26	10	6	48
28 - 29	6	22	8	2	38
30 - 31	3	25	6	1	35
32 - 33	2	16	1	1	20
34 - 35	0	15	3	2	20
36 - 37	0	13	4	0	17
38 - 39	1	14	5	1	21
40 - 41	0	11	3	0	14
42 - 43	0	9	2	1	12
44 - 45	1	13	2	2	18
46 - 47	1	10	2	1	14
48 - 49	2	11	1	1	15
50 - 51	3	10	3	0	16
52 - 01	3	9	1	1	14
Summe	71	378	102	53	604

Tab. 8: Anzahl nachgewiesener Pestizide LW (ohne Pyrethroide und Organophosphate) in den Zweiwochenperioden

## 3.2 Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie

### 3.2.1 Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen

Von den 46 Mikroverunreinigungen H&I, auf die hin die Proben untersucht wurden (s. Kap. 2.2), konnten deren 42 mindestens einmal nachgewiesen werden. Von 4 Mikroverunreinigungen H&I gibt es keine Nachweise (Tab. 9):

Aclovir                      Bezafibrat                      Irgarol 1051                      Primidon

Tab. 9: Mikroverunreinigungen H&I ohne Nachweise

In Tab. 10 ist für jede dieser Verbindungen festgehalten, in wie vielen der Zweiwochenmischproben der vier Messstellen sie gefunden wurde. Ihr Aufbau entspricht demjenigen von Tab. 7.

Mikroverunreinigungen H & I	Anzahl Nachweise*				Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [µg/l]†
	907	913	915	916			
Acesulfam	26	26	<u>26</u>	26	4	104	2.715
Benzotriazol	26	26	26	<u>26</u>	4	104	5.634
Candesartan	26	26	<u>26</u>	26	4	104	0.280
Carbamazepin	26	<u>26</u>	26	26	4	104	0.153
Diclofenac	26	<u>26</u>	26	26	4	104	0.755
Gabapentin	26	<u>26</u>	26	26	4	104	0.596
Hydrochlorthiazid	26	<u>26</u>	26	26	4	104	0.370
Lamotrigin	26	<u>26</u>	26	26	4	104	0.452

Mikroverunreinigungen H & I	Anzahl Nachweise*				Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [µg/l]†
	907	913	915	916			
Lidocain	26	<u>26</u>	26	26	4	104	0.247
Metformin	26	26	26	<u>26</u>	4	104	4.701
Methylbenzotriazol	26	<u>26</u>	26	26	4	104	1.454
Metoprolol	26	<u>26</u>	26	26	4	104	0.120
Sitagliptin	26	<u>26</u>	26	26	4	104	0.521
Sucralose	26	<u>26</u>	26	26	4	104	4.757
Sulfamethoxazol	26	<u>26</u>	26	26	4	104	0.228
Sulfapyridin	26	<u>26</u>	26	26	4	104	0.073
Tramadol	26	<u>26</u>	26	26	4	104	0.157
Venlafaxin	26	26	<u>26</u>	26	4	104	0.200
Carbamazepin-10,11-di.	26	<u>26</u>	26	25	4	103	0.393
Amisulprid	26	26	<u>26</u>	24	4	102	1.496
Clarithromycin	25	<u>26</u>	25	26	4	102	0.151
Cyclamat	26	25	25	<u>25</u>	4	101	0.216
Saccharin	26	26	20	<u>25</u>	4	97	0.430
Irbesartan	22	26	22	<u>25</u>	4	95	0.333
Citalopram	19	26	<u>24</u>	22	4	91	0.055
Iopromid	23	26	17	<u>24</u>	4	90	1.475
Trimethoprim	23	26	15	<u>24</u>	4	88	0.066
DEET	24	25	19	<u>19</u>	4	87	2.039
Mecoprop	25	23	23	<u>13</u>	4	84	2.290
Phenazon	26	25	10	<u>19</u>	4	80	0.029
Sotalol	18	26	<u>22</u>	9	4	75	0.035
Diuron	23	17	12	<u>17</u>	4	69	0.064
Mefenaminsäure	17	24	7	<u>16</u>	4	64	0.208
Paracetamol	<u>17</u>	18	16	10	4	61	0.121
Terbutryn	15	<u>25</u>	6	3	4	49	0.104
Atenolol	10	<u>26</u>	0	12	3	48	0.070
Naproxen	8	<u>24</u>	2	8	4	42	0.123
Carbendazim	5	<u>16</u>	7	10	4	38	0.258
Azithromycin	0	<u>17</u>	7	7	3	31	0.877
Sulfamethazin	0	4	<u>6</u>	1	3	11	0.021
Triclosan	0	0	<u>2</u>	0	1	2	0.075
Erythromycin	0	<u>1</u>	0	0	1	1	0.020
Anz. Verbindungen	38	41	41	40			
Anz. Nachweise	872	972	807	832		3483	
durchschn. Anz. NW	33.5	37.4	31.6	32.0			
Anz. Max	1	21	8	12			
Anz. Max > CQK	0	4	0	0			

\* Unterstreichung: Stelle, bei der die maximale Konzentration auftrat

† Braun hinterlegt: Maximale Konzentration überschreitet CQK

Tab. 10: Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen der Mikroverunreinigungen H&I

### 3.2.2 Frachten

In Tab. 11 sind die durchschnittlichen Frachten der Mikroverunreinigungen H&I in Milligramm pro Tag und Einwohner (*s. Kap. 2.3.2*) aufgeführt (*s. auch Grafiken im Anhang*). Die Verbindungen sind nach abnehmendem Mittel über alle Messstellen angeordnet. Die Frachten, die weniger als die Hälfte oder mehr als das Doppelte des Mittels betragen, sind grün bzw. braun hinterlegt.

Mikroverunreinigungen H & I	Fracht [mg/(d·E)]*				
	Glatttal	913	915	916	Mittel
Sucralose	2.583	3.653	2.421	2.302	2.740
Metformin	0.534	1.803	1.347	2.410	1.523
Benzotriazol	0.997	1.900	1.131	1.890	1.480
Acesulfam	0.196	1.260	0.986	1.485	0.982
Methylbenzotriazol	0.390	0.657	0.447	0.763	0.564

Mikroverunreinigungen H & I	Fracht [mg/(d-E)]*				
	Glatttal	913	915	916	Mittel
Iopromid	0.177	0.475	0.238	1.203	0.523
Diclofenac	0.165	0.622	0.509	0.611	0.477
Mecoprop	0.291	0.228	0.115	0.913	0.387
Gabapentin	0.277	0.442	0.288	0.278	0.321
Amisulprid	0.018	0.081	1.040	0.071	0.302
Sitagliptin	0.216	0.412	0.307	0.221	0.289
Lamotrigin	0.233	0.349	0.296	0.244	0.280
Hydrochlorthiazid	0.085	0.311	0.259	0.296	0.238
Carbam.-10,11-di.	0.111	0.265	0.279	0.292	0.237
Cyclamat		0.168	0.266	0.161	0.198
DEET	0.069	0.079	0.082	0.529	0.190
Saccharin	0.005	0.160	0.149	0.316	0.157
Candesartan	0.120	0.172	0.193	0.142	0.157
Irbesartan	0.118	0.151	0.077	0.217	0.141
Triclosan			0.118		0.118
Sulfamethoxazol	0.077	0.132	0.116	0.113	0.110
Venlafaxin	0.028	0.103	0.145	0.086	0.091
Paracetamol		0.074	0.087	0.107	0.089
Carbamazepin	0.055	0.099	0.075	0.102	0.083
Naproxen	0.083	0.082	0.062	0.103	0.082
Tramadol	0.043	0.118	0.074	0.069	0.076
Azithromycin		0.098	0.049	0.074	0.074
Mefenaminsäure	0.053	0.062	0.038	0.125	0.069
Metoprolol	0.028	0.102	0.079	0.046	0.064
Lidocain	0.028	0.107	0.050	0.057	0.061
Clarithromycin	0.013	0.081	0.047	0.073	0.053
Atenolol	0.028	0.059		0.050	0.046
Sulfapyridin	0.026	0.046	0.042	0.058	0.043
Citalopram	0.009	0.041	0.044	0.045	0.035
Erythromycin		0.033			0.033
Carbendazim		0.044	0.018	0.026	0.029
Diuron	0.009	0.018	0.026	0.061	0.028
Trimethoprim	0.016	0.025	0.015	0.051	0.027
Sulfamethazin		0.017	0.022	0.022	0.020
Terbutryn	0.003	0.047	0.009	0.018	0.019
Sotalol	0.004	0.029	0.026	0.018	0.019
Phenazon	0.008	0.016	0.012	0.025	0.015
Anz. Fracht < 0.5 · Mittel	24	3	6	3	
Anz. Fracht > 2 · Mittel	0	1	1	5	

\* grün hinterlegt: Fracht kleiner als die Hälfte des Mittels; braun hinterlegt: Fracht grösser als das Doppelte des Mittels

Tab. 11: Mittlere Frachten Mikroverunreinigungen H&I

### 3.3 Wasserqualität gemäss Qualitätskriterien

In Tab. 12 sind für jede Messstelle die  $CRQ_{max}(G)$  bezüglich der vier Gruppen der Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW und Mikroverunreinigungen H&I (MV H&I) angegeben (s. Kap. 2.3.1.3), wobei alle Verbindungen berücksichtigt wurden, für die ein CQK vorlag (s. Anhang).

C Nr	Messstelle	Pestizide LW			MV H&I
		Herbizide LW	Insektizide LW	Fungizide LW	
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	0.6	6.4	0.0	5.8
913	Furtbach bei Würenlos	18.7	520.3	1.1	60.4
915	Aabach bei Mönchaltorf	3.3	18.6	0.1	15.7
916	Jonen nach ARA Zwillikon	6.3	14.3	0.1	21.5

Tab. 12: Wasserqualität bezüglich aller Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW und Mikroverunreinigungen H&I, für die CQK vorliegen

Tab. 13 zeigt die durchschnittlichen  $\overline{CRQ}(HMS_p, G_s)$  für die vier Gruppen s von Mikroverunreinigungen (s. Kap. 2.3.1.3). Auch für diese Art der Auswertung wurden alle Verbindungen berücksichtigt, für die ein CQK vorlag.

Gewässer	durchschnittliche CRQ			
	Herbizide	Insektizide	Fungizide	MV H&I
Glatt	0.1	0.6	0.0	3.7
Furtbach	5.1	30.2	0.2	15.1
Aabach	0.2	2.8	0.0	6.9
Jonen	0.4	2.4	0.0	7.5

**Tab. 13:** Durchschnittliche Summen der CRQ für die vier Gruppen der Mikroverunreinigungen

In Tab. 14 sind wie in Tab. 12 für jede Messstelle die  $CRQ_{max}(G_s)$  bezüglich der vier Gruppen der Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW und Mikroverunreinigungen H&I (MV H&I) angegeben, wobei diesmal für die Bestimmung der Wasserqualität nur diejenigen Verbindungen berücksichtigt wurden, für die in der GSchV ein Anforderungswert vorgegeben ist (s. Anhang).

C Nr	Messstelle	Pestizide LW			MV H&I
		Herbizide LW	Insektizide LW	Fungizide LW	
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	0.3	1.6	0.0	5.4
913	Furtbach bei Würenlos	16.5	36.6	0.8	60.0
915	Aabach bei Mönchaltorf	0.7	5.2	0.1	15.4
916	Jonen nach ARA Zwillikon	0.6	14.3	0.0	19.9

**Tab. 14:** Wasserqualität bezüglich Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW und Mikroverunreinigungen H&I gemäss GSchV

### 3.4 Nachweise oberhalb 0.1 µg/l

In Tab. 15 sind für jede Messstelle diejenigen Verbindungen aufgeführt, für die in der GSchV der Anforderungswert von 0.1 µg/l gilt (s. Kap. 2.3.1.4), und deren Konzentrationen diesen Wert überschritten. Zudem sind die Anzahl Überschreitungen und die höchsten gemessenen Konzentrationen angegeben. Die Messstellen sind nach aufsteigender C-Nummer geordnet.

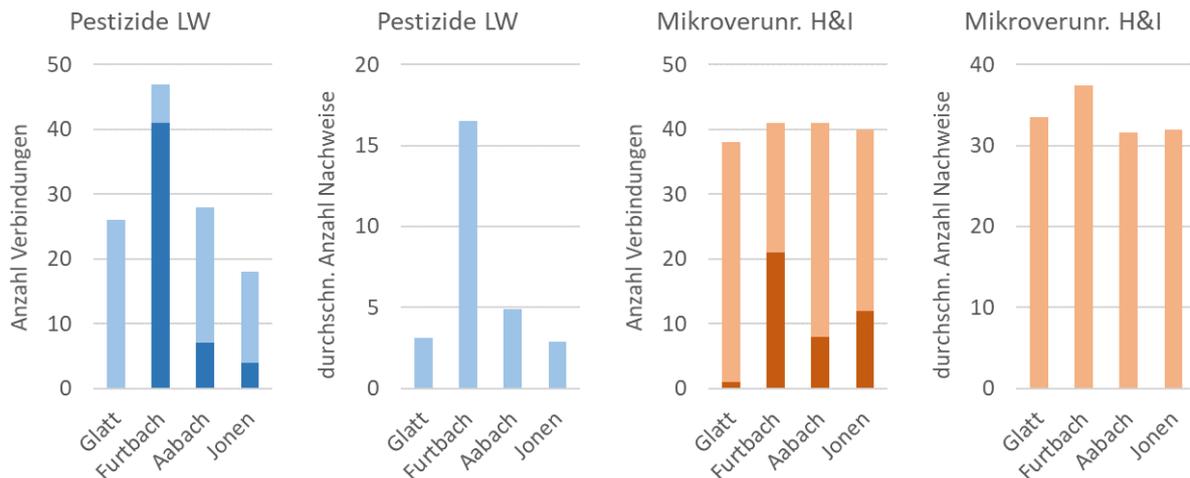
C Nr	Hauptmessstelle	Anzahl Überschreitungen	Verbindung	max. Konz. [µg/l]
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	8	2,4-D (1)	0.135
			Mecoprop (7)	0.295
913	Furtbach bei Würenlos	36	2,4-D (1)	0.135
			Carbendazim (1)	0.258
			Chlorpyrifos-methyl (1)	0.510
			Dimethenamid (1)	0.137
			Mecoprop (9)	0.814
			Metalaxyl (3)	0.144
			Metobromuron (1)	0.131
			Napropamid (1)	0.145
			Propamocarb (5)	0.425
			Propyzamid (12)	0.451
			Terbutryn (1)	0.104
915	Aabach bei Mönchaltorf	4	Asulam (1)	0.281
			Dimethenamid (1)	0.628
			Mecoprop (2)	0.120
916	Jonen nach ARA Zwillikon	13	2,4-D (5)	3.374
			Mecoprop (6)	2.290
			Penconazol (2)	0.230
	Summe	61		

**Tab. 15:** Überschreitungen des Anforderungswert GSchV von 0.1 µg/l

## 4 Diskussion

### 4.1 Messstellen

Abb. 6 stellt die «Anzahl Verbindungen» und «durchschnittliche Anzahl Nachweise», die in der Zusammenfassung unterhalb der Listen der Pestizide LW und Mikroverunreinigungen H&I in den Tab. 7 bzw. Tab. 10 zu finden sind, in Form von Balkendiagrammen dar. Der dunkel gefärbte Teil der Balken bei den «Anzahl Verbindungen» gibt die Anzahl der Verbindungen an, die bei den betreffenden Stellen in ihrer maximalen Konzentration auftraten.



Dunkel gefärbter Teil der Balken: Anzahl Maxima

**Abb. 6:** Vergleich der Belastung der Proben der vier Messstellen mit Pestiziden LW und Mikroverunreinigungen H&I

Aus den Diagrammen wird deutlich, dass der Furtbach im Vergleich zu den anderen Gewässern wesentlich stärker belastet ist:

- Im Furtbach konnten am meisten Pestizide LW mindestens einmal nachgewiesen werden, nämlich 47. Von diesen 47 Pestiziden LW traten deren 17 ausschliesslich im Furtbach auf (Tab. 16).

Boscalid	Dimethoat	Ioxynil	Metribuzin	Tebuconazol
Chloridazon	Dimethomorph	Linuron	Pendimethalin	
Clothianidin	Epoxiconazole	Metalaxyl	Pymetrozine	
Cyproconazol	Fludioxonil	Metobromuron	Pyrimethanil	

**Tab. 16:** Pestizide LW, die ausschliesslich im Furtbach nachgewiesen werden konnten

- Von den 52 Pestiziden LW, die in den vier Gewässern nachgewiesen werden konnten, zeigten 41 ihre höchste Konzentration im Furtbach.
- In der durchschnittlichen Zweiwochenmischprobe des Furtbachs konnten 16.5 Pestizide LW nachgewiesen werden. Bei Glatt, Aabach und Jonen waren es lediglich zwischen 2.9 (Jonen) und 4.9 Verbindungen (Aabach).
- Auch bei den Mikroverunreinigungen H&I zeigt der Furtbach die stärkste Belastung. Zwar konnten in allen Gewässern rund 40 Verbindungen nachgewiesen werden, aber 21 Verbindungen traten im Furtbach in ihrer höchsten Konzentration auf. Das überrascht nicht, da drei Kläranlagen gereinigtes Abwasser in den Furtbach einleiten. Der Furtbach weist von den drei Gewässern denn auch den höchsten Abwasseranteil auf. In Aabach und Jonen traten 8 bzw. 12 Verbindungen in ihrer höchsten Konzentration

auf, in der Glatt war es nur 1 Verbindung (Paracetamol). In der Glatt werden die Abläufe der Kläranlagen am stärksten verdünnt, zudem verfügen mit den beiden ARA in Dübendorf und Bassersdorf bereits zwei Anlagen über eine zusätzliche Reinigungsstufe, um Mikroverunreinigungen zu eliminieren.

## 4.2 Verbindungen

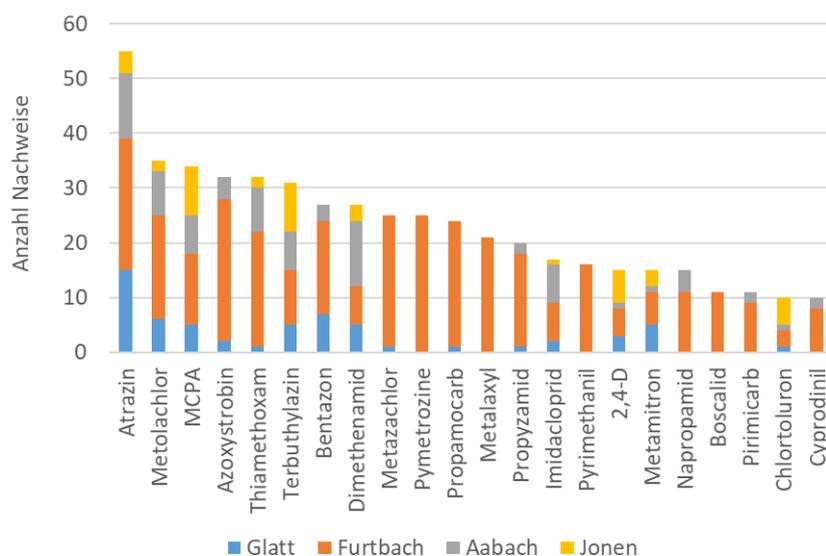
### 4.2.1 Pestizide LW

Tab. 17 führt die 15 Pestizide LW auf, die in in allen vier Gewässern nachgewiesen werden konnten (s. Tab. 7):

2,4-D	Diazinon	MCPA	Terbuthylazin	lambda-Cyhalothrin
Atrazin	Dimethenamid	Metamitron	Thiamethoxam	Chlorpyrifos
Chlortoluron	Imidacloprid	Metolachlor	Cypermethrin	Chlorpyrifos-methyl

**Tab. 17:** Pestizide Landwirtschaft, die in allen vier Gewässern nachgewiesen werden konnten

Abb. 7 stellt in Form eines Balkendiagramms die Anzahl Nachweise für alle Pestizide LW (ohne Pyrethroide und Organophosphate) dar, die zehnmal oder öfter nachgewiesen werden konnten. Die Pestizide sind in abnehmender Anzahl Nachweise über alle Stellen geordnet.



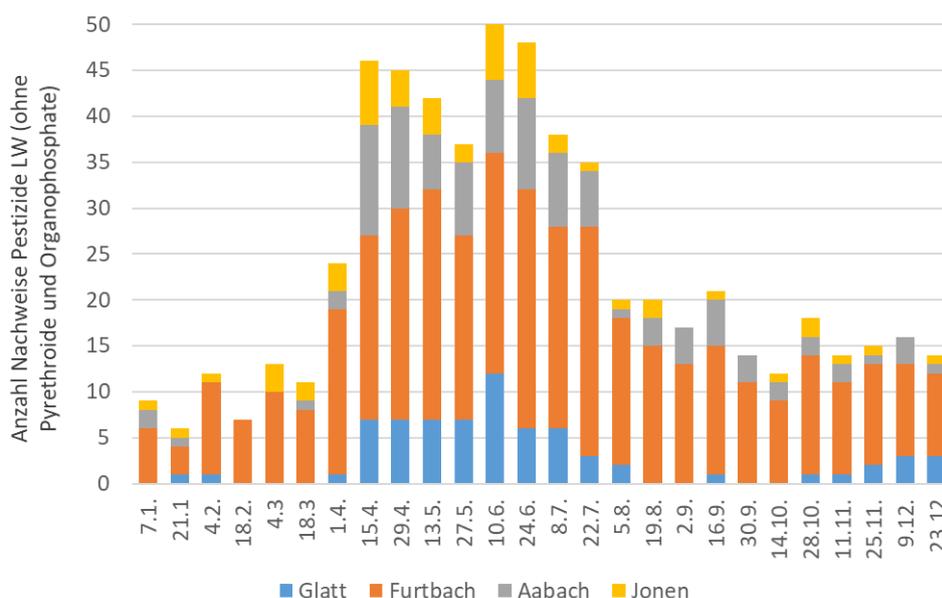
**Abb. 7:** Anzahl Nachweise der Pestizide LW

Am häufigsten wurde Atrazin nachgewiesen. Auf den ersten Blick erstaunt diese Beobachtung, da die Verwendung dieses Herbizids seit dem Jahr 2012 in der Schweiz verboten ist. Da aber seine maximale Konzentration mit 0.033 µg/l tief war, ist davon auszugehen, dass für die Nachweise nicht unerlaubte Anwendungen verantwortlich waren, sondern «Altlasten», die nach und nach aus dem Boden ausgewaschen werden.

Bezüglich Anzahl Nachweise folgen dem Atrazin die beiden Herbizide Metolachlor und MCPA. An vierter Stelle steht das Fungizid Azoxystrobin, gefolgt vom ersten Insektizid, dem Thiamethoxam.

Bei 11 Verbindungen überschritten die maximalen Konzentrationen ihr jeweiliges CQK. Es handelte sich dabei um die 7 Insektizide LW Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Cypermethrin, Diazinon, Imidacloprid, lambda-Cyhalothrin und Pirimicarb sowie die 4 Herbizide LW 2,4-D, Dimethenamid, Metazachlor und Propyzamid. Die Verwendung dieser Pestizide wird in Kap. 4.3.1 erläutert.

Die Belastung mit Pestiziden LW zeigt einen deutlichen Jahresverlauf (s. Tab. 8): Im Verlauf des Monats April stieg die Anzahl Nachweise von 11 auf 46. Anschließend nahm die Anzahl Nachweise leicht ab, um dann Mitte Juni mit 50 das Maximum zu erreichen. Zum August hin sank die Anzahl Nachweise wieder; in den Monaten August und September betrug die mittlere Anzahl Nachweise 20, von Oktober bis Dezember noch 15 (Abb. 8).



**Abb. 8:** Jahreszeitlicher Verlauf der Anzahl Nachweise der Pestizide LW bei den vier Messstellen (ohne Pyrethroide und Organophosphate)

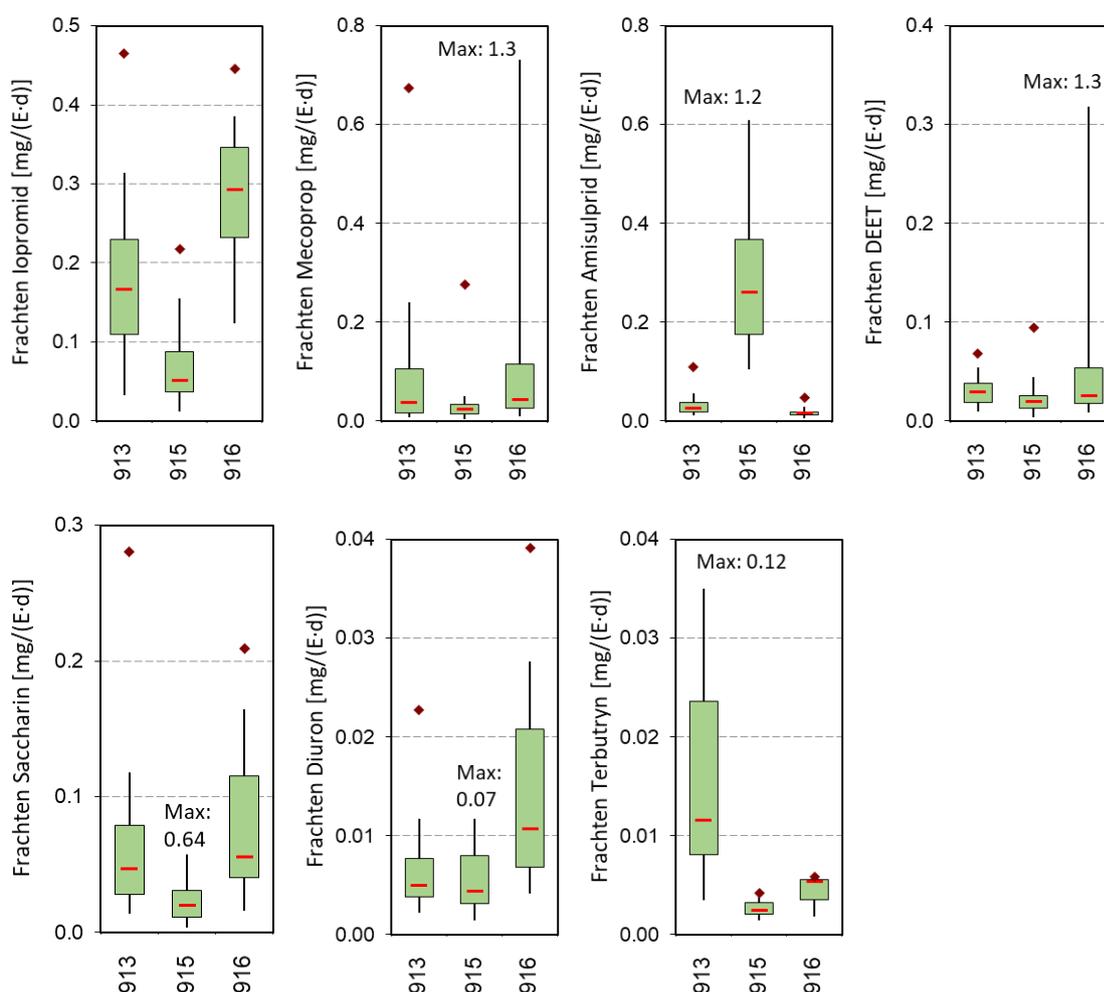
#### 4.2.2 Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie

Von den 42 Mikroverunreinigungen H&I, die mindestens einmal nachgewiesen werden konnten, wurden deren 37 an allen vier Messstellen gefunden (s. Tab. 10). Der Betablocker Atenolol konnte nicht im Aabach nachgewiesen werden, die beiden Antibiotika Azithromycin und Sulfamethazin nicht in der Glatt. Das Desinfektionsmittel Triclosan und das Antibiotikum Erithromycin wurden je nur in einem Gewässer gefunden, nämlich im Aabach bzw. Furtbach.

Neun Verbindungen wurden in Konzentrationen oberhalb 1 µg/l gefunden, nämlich die beiden Korrosionsschutzmittel Benzotriazol und Methylbenzotriazol, die beiden künstlichen Süßstoffe Sucralose und Acesulfam, das Herbizid Mecoprop, der Repellent DEET, das Röntgenkontrastmittel Iopromid, das Antidiabetikum Metformin und das Neuroleptikum Amisulprid. Spitzenreiter mit einer Konzentration von 5.6 µg/l, gemessen in einer Probe der Jonen, war Benzotriazol. Vier Verbindungen traten in Konzentrationen oberhalb ihres CQK auf, nämlich die beiden Antibiotika Azithromycin und Clarithromycin, das Schmerzmittel Diclofenac und das Herbizid Terbutryn.

Bezüglich der durchschnittlichen Frachten pro Tag und Einwohner fällt auf, dass in der Glatt rund 60 Prozent der Mikroverunreinigungen H&I einen unterdurchschnittlichen Wert aufwiesen (s. Tab. 11). Keine einzige Verbindung zeigte in der Glatt eine überdurchschnittliche Fracht. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die beiden ARA in Dübendorf und Bassersdorf über eine zusätzliche Reinigungsstufe verfügen, die die Konzentrationen der Mikroverunreinigungen reduziert.

Sieben Verbindungen zeigten jeweils in einem der Gewässer Furtbach, Aabach oder Jonen auffällig hohe Frachten: Terbutryn im Furtbach, Amidsulprid im Aabach und DEET, Diuron, Iopromid, Mecoprop sowie Saccharin in der Jonen. In Abb. 9 sind die Frachten, die aufgrund der einzelnen Mischproben der drei Gewässer berechnet wurden, in Form von Kastengrafiken<sup>9</sup> dargestellt.



**Abb. 9:** Frachten pro Tag und Einwohner der Verbindungen, die in Furtbach, Aabach oder Jonen eine überdurchschnittliche Fracht zeigten (Beschreibung der Grafiken s. Fussnote 9)

<sup>9</sup> Kastengrafiken (auch Boxplots genannt) werden verwendet, wenn man sich schnell einen Überblick über die Verteilung von Daten verschaffen will. Die Box wird durch das obere und das untere Quartil begrenzt. Sie umfasst also den Bereich, in dem 50% der Daten liegen. Die Länge der Box entspricht dem Interquartilsabstand und ist ein Mass der Streuung der Daten. Der Median wird als Strich in der Box eingezeichnet. Dieser Strich teilt das gesamte Diagramm in zwei Hälften, in denen jeweils 50% der Daten liegen. Die obere Linie, die das Rechteck verlängert, reicht bis zum 90-Quantil, die untere bis zum kleinsten Wert der Daten. Die Box inklusive Linien decken somit 90% der Spannweite der Daten ab. Das Maximum ist als rote Raute eingezeichnet.

Es lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen: Die hohen durchschnittlichen Frachten von Mecoprop und DEET in der Jonen wurden durch einzelne Ausreisser nach oben verursacht. Die durchschnittlichen Frachten von Terbutryn im Furtbach, Amidsulprid im Aabach und Iopromid, Diuron sowie Saccharin in der Jonen sind hoch, weil die Frachten der Verbindungen in den betreffenden Gewässern pro Tag und Einwohner allgemein erhöht waren.

## 4.3 Wasserqualität

### 4.3.1 Berücksichtigung aller CQK

In diesem Abschnitt werden die Resultate diskutiert, die man unter Berücksichtigung all jener Verbindungen erhielt, für die ein CQK (s. Anhang) vorliegt (s. Tab. 12). Im Anhang befinden sich zudem die Stellenblätter der vier Messstellen.

#### Herbizide LW

Bezüglich der Herbizide LW weist lediglich die Glatt eine gute Wasserqualität auf (Tab. 18). Die Wasserqualität des Furtbachs ist schlecht, weil in der Probe vom 5. August hohe Konzentrationen an Metazachlor und Propyzamid auftraten. Aabach und Jonen weisen eine ungenügende Wasserqualität auf, verursacht durch hohe Konzentrationen an Dimethenamid bzw. 2,4-D.

C Nr	Messstelle	Herbizide LW	Datum	Verbindung (CRQ > 1)
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	0.6		
913	Furtbach bei Würenlos	18.7	05.08.	Metazachlor (16.4), Propyzamid (2.2)
915	Aabach bei Mönchaltorf	3.3	24.06.	Dimethenamid (2.4)
916	Jonen nach ARA Zwillikon	6.3	15.04.	2,4-D (5.6)

Tab. 18: Wasserqualität bezüglich Herbiziden LW

Metazachlor ist seit mehr als dreissig Jahren ein Schlüsselherbizid im Rapsanbau, wird aber auch im Anbau von Freilandgemüse verwendet. Propyzamid, dessen CQK im Furtbach ebenfalls überschritten wurde, wird in Obstkulturen und im Nachauflauf bei Raps verwendet. Dimethenamid wird als Herbizid vor allem im Mais- und Rüben-, aber auch beim Hülsenfrüchte- (Sojabohnen) und Sonnenblumenanbau verwendet. 2,4-D wird als Herbizid gegen zweikeimblättrige Unkräuter im Getreide, in Obstplantagen, auf Grünland und Rasen eingesetzt. Die Mittel gegen Unkräuter im Zierrasen enthalten als weiteren herbiziden Wirkstoff häufig Dicamba.

#### Insektizide LW

Bezüglich der Insektizide weist die Glatt die Wasserqualität «ungenügend» auf, Furtbach, Aabach und Jonen die Wasserqualität «schlecht» (Tab. 19). Es sind vor allem die Pyrethroide und Organophosphate, die das Wasser belasten.

C Nr	Messstelle	Insektizide LW	Datum	Verbindung (CRQ > 1)
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	6.4	16.09.	λ-Cyhalothrin (6.4)
913	Furtbach bei Würenlos	520.3	01.04.	Chlorpyr.-m. (510), λ-Cyhal. (7.3), Cypermethrin (1.8), Chlorpyrifos (1.2)
915	Aabach bei Mönchaltorf	18.6	13.5.	λ-Cyhalothrin (17.2)
916	Jonen nach ARA Zwillikon	14.3	10.06.	Cypermethrin (13.8)

Tab. 19: Wasserqualität bezüglich Insektiziden LW

Cypermethrin wird im Ackerbau, in der Tiermedizin, im Holzschutz und in der Schädlingsbekämpfung im Haus eingesetzt. Lambda-Cyhalothrin ist gegen eine Vielzahl bissender und saugender Insekten an Getreide, Raps, verschiedenen Futter- und Ölpflanzen, Gemüse, Teekräutern, Hopfen, an Beerenobst, im Weinbau sowie im Forst zugelassen. Chlorpyrifos und Chlorpyrifos-methyl wurden ab den 1960er-Jahren in die Schweiz eingeführt. Chlorpyrifos war für Anwendungen im Acker-, Obst- und Weinbau zugelassen, Chlorpyrifos-methyl wurde im Obst-, Gemüse- und Getreideanbau eingesetzt. Weil die Wirkstoffe äusserst giftig für Menschen, Vögel, Säugetiere, Fische, Amphibien, Insekten und namentlich auch alle Arten von Bienen und Hummeln sind, hat das Bundesamt für Landwirtschaft im Mai 2019 die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln mit diesen Wirkstoffen per 1. August 2019 verboten und allfälligen Beschwerden dagegen die aufschiebende Wirkung entzogen. Am 1. Juli 2020 ist die Aufbrauchfrist von Pflanzenschutzmitteln, die Chlorpyrifos oder Chlorpyrifos-methyl enthalten, abgelaufen und deren Verwendung seither verboten.

### Fungizide LW

Die Fungizide werden insgesamt als am wenigsten problematisch beurteilt. In Glatt, Aabach und Jonen war die Wasserqualität bezüglich dieser Stoffgruppe «sehr gut», nur im Furtbach war sie «mässig». Verantwortlich dafür, dass die  $(\Sigma\text{CRQ})_{\text{max}}$  der Fungizide über 1 lag, war die Probe vom 22. Juli, in der die CRQ von Azoxystrobin und Fludioxonil 0.7 bzw. 0.3 betragen. Azoxystrobin ist eine Verbindung aus der Gruppe der Strobilurine und wird im Anbau von Getreide, Reis, Obst, Kartoffeln und Tomaten sowie gegen Pilzinfektionen im Weinbau eingesetzt. Fludioxonil wird zur Blatt- und Saatgutbehandlung verwendet.

Die als gering beurteilte Belastung der Gewässer mit Fungiziden hat unter anderem damit zu tun, dass diese Stoffe vergleichsweise hohe Werte für die Qualitätskriterien aufweisen. Das bedeutet mit anderen Worten, dass sie als nicht besonders toxisch für aquatische Organismen betrachtet werden. Allerdings wurden bisher bei der Festlegung der Qualitätskriterien für Fungizide aquatische Pilze kaum berücksichtigt. Falls sich dies in Zukunft ändert, könnten die Qualitätskriterien allenfalls deutlich verschärft werden.

### Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie

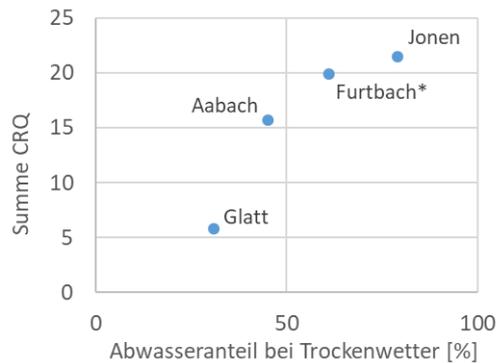
Vier Verbindungen zeigten einen CRQ grösser als 1: Azithromycin, Clarithromycin, Diclofenac und Terbutryn (*Tab. 10*). Bei den  $(\Sigma\text{CRQ})_{\text{max}}$  der Mikroverunreinigungen H&I waren die ersten drei Verbindungen beteiligt (*Tab. 20*):

C Nr	Messstelle	MV H&I	Datum	Verbindung (CRQ > 1)
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	5.8	15.04.	Diclofenac (4.8)
913	Furtbach bei Würenlos	60.4	21.01.	Azithromycin (46.1), Clarithromycin (1.3), Diclofenac (12.5)
915	Aabach bei Mönchaltorf	15.7	15.04.	Azithromycin (3.2), Diclofenac (11.5)
916	Jonen nach ARA Zwillikon	21.5	15.04.	Azithromycin (3.8), Diclofenac (14.2)

**Tab. 20:** Wasserqualität bezüglich Mikroverunreinigungen H&I

Auffallend ist die hohe Konzentration von Azithromycin in der Probe vom 21. Januar des Furtbachs, die zu einem  $(\Sigma\text{CRQ})_{\text{max}}$  der Mikroverunreinigungen H&I von über 60 führte. Nimmt man statt dieser Probe diejenige mit der zweit-

höchsten Summe der CRQ (Probe vom 18. Februar:  $\Sigma CRQ = 19.9$ ;  $CRQ_{Azithromycin} = 4.5$ ;  $CRQ_{Diclofenac} = 13.5$ ), dann passt die Summe der CRQ des Furtbachs zu den  $(\Sigma CRQ)_{max}$  der anderen drei Gewässer. Generell bestätigt sich die Erwartung, dass die Belastung eines Gewässers mit Mikroverunreinigungen H&I zunimmt, je grösser der Anteil Abwasser (s. Tab. 3) ist (Abb. 10):



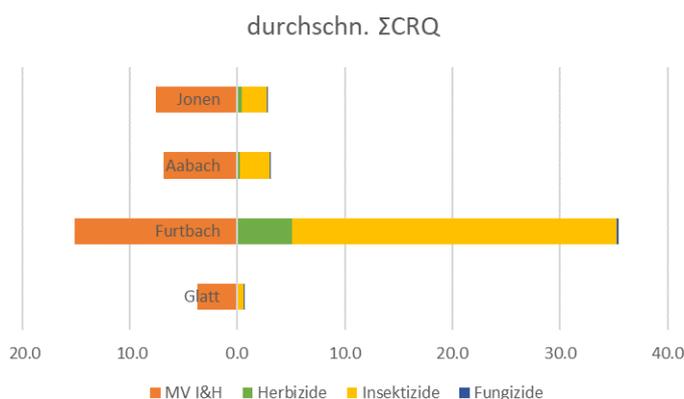
\* zweithöchste Summe CRQ

**Abb. 10:** Summe CRQ vs. Anteil Abwasser bei Trockenwetter

Azithromycin und Clarithromycin sind zwei Antibiotika aus der Gruppe der Makrolide; beide sind Derivate des Erythromycins. Diclofenac ist ein Wirkstoff aus der Gruppe der nicht-steroidalen Entzündungshemmer mit schmerzlindernden, fiebersenkenden und entzündungshemmenden Eigenschaften. Das Herbizid Terbutryn kommt als Algizid zum Einsatz, beispielsweise in Dispersionsfarben.

### Durchschnittliche Summen der CRQ

Abb. 11 zeigt die  $\overline{CRQ}(HMS_p, G_s)$  für die vier Gruppen s der Mikroverunreinigungen (s. Tab. 13), wobei die Belastung durch die Mikroverunreinigungen H&I jetzt der Belastung durch die Pestizide LW gegenübergestellt ist. Es wurden alle Verbindungen berücksichtigt, für die ein CQK vorlag.



**Abb. 11:** Durchschnittliche Summen der CRQ für die vier Gruppen der Mikroverunreinigungen

Es zeigt sich, dass bei dieser Art und Weise der Bestimmung der Wasserqualität

- bei den Pestiziden LW die Insektizide den Ausschlag geben.
- in Glatt, Aabach und Jonen die Belastung durch Mikroverunreinigungen H&I grösser ist als die Belastung durch die Pestizide LW. Das kann damit erklärt werden, dass die Pestizide LW in vereinzelt Stössen

ins Gewässer gelangen. Während diese Stösse bei der Beurteilung mit Hilfe der maximalen Summe der CRQ voll zum Tragen kommen, werden sie bei der Beurteilung mittels des Durchschnitts abgeschwächt. Die Mikroverunreinigungen H&I dagegen gelangen kontinuierlich ins Gewässer; die einzelnen Stösse sind nicht so weit vom Durchschnitt entfernt wie im Falle der Pestizide LW. Im Furtbach dominiert die Belastung durch die Pestizide LW, weil der ausserordentlich hohe RQ des Chlorpyrifos-methyls in der Probe vom 1. April (s. Tab. 19) zu einem hohen Durchschnitt der  $\Sigma CRQ$  der Insektizide führt.

#### 4.3.2 CQK GSchV

In diesem Abschnitt werden die Unterschiede zwischen Tab. 12 und Tab. 14 diskutiert (s. Kap. 3.2.2). Während die Resultate in Tab. 12 auf allen Verbindungen beruhen, für die ein CQK vorlag, wurden für die Resultate in Tab. 14 nur diejenigen Verbindungen benützt, deren CQK als Anforderungswert in der GSchV festgehalten sind (s. Anhang).

Beim Aabach nimmt die  $(\Sigma CRQ)_{max}$  der Herbizide von 3.3 auf 0.7 ab, bei der Jonen von 6.3 auf 0.6. Damit ändert sich die Wasserqualität von «ungenügend» zu «gut». Grund dafür ist, dass für Dimethenamid bzw. 2,4-D in der GSchV keine spezifischen Anforderungswerte festgehalten sind. Die Unterschiede bei den  $(\Sigma CRQ)_{max}$  der Insektizide sind dadurch verursacht, dass in der GSchV spezifische Anforderungswerte für lambda-Cyhalothrin und Chlorpyrifosmethyl fehlen. Bei den Fungiziden ändert die  $(\Sigma CRQ)_{max}$  des Furtbachs von 1.1 («mässig») zu 0.8 («gut»), weil in der Beurteilung nach GSchV das CRQ von Fludioxonil wegfällt.

Bei den Mikroverunreinigungen H&I weicht die Beurteilung der Wasserqualität nach GSchV kaum von der Beurteilung ab, die man unter Berücksichtigung aller Verbindungen, für die ein CQK vorliegt, erhält, weil die GSchV für alle wichtigen Verbindungen einen spezifischen Anforderungswert enthält.

#### 4.3.3 Überschreitungen des Anforderungswerts der GSchV von 0.1 µg/l

In allen Zweiwochenmischproben wurde der Anforderungswert von 0.1 µg/l (s. Kap. 2.3.1.4) insgesamt 61 Mal überschritten (s. Tab. 15). Alle 4 Messstellen waren von Überschreitungen betroffen. Am meisten Überschreitungen traten in den Proben des Furtbachs auf (36), gefolgt von den Proben der Jonen (13) (s. Tab. 15). In den Proben der Glatt und des Aabachs wurde der Anforderungswert 8 bzw. 4 Mal überschritten.

Für die 61 Überschreitungen waren 13 Verbindungen verantwortlich, wobei 8 davon nur im Furtbach in einer Konzentration oberhalb 0.1 µg/l auftraten. 2,4-D, Dimethenamid und Mecoprop überschritten in mehreren Gewässern den Anforderungswert, Asulam und Penconazol wurden je nur in einem Gewässer (Aabach bzw. Jonen) in einer Konzentration oberhalb 0.1 µg/l gefunden. Am meisten Überschreitungen zeigte Mecoprop (24).

## 5 Literatur

- [1] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2012): *Untersuchung der Oberflächengewässer. Messprogramm 2012/2013.*
- [2] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2008): *Pestiziduntersuchungen bei den Hauptmessstellen Furtbach Würenlos und Glatt vor Rhein im Jahr 2007.*
- [3] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2009): *Pestiziduntersuchungen bei den Hauptmessstellen Furtbach Würenlos und Jonen nach ARA Zwillikon im Jahr 2008.*
- [4] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2010): *Pestiziduntersuchungen bei den Hauptmessstellen Furtbach bei Würenlos, Glatt vor Rhein, Jonen nach ARA Zwillikon und Reppisch bei Dietikon in den Jahren 2007 bis 2009.*
- [5] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2011): *Pestiziduntersuchungen bei den Hauptmessstellen Töss bei Freienstein und Aabach bei Mönchaltorf im Jahr 2010 mit einem Vergleich zu den Resultaten der Untersuchungen 2007 bis 2009 bei den Hauptmessstellen an Furtbach, Glatt, Jonen und Reppisch.*
- [6] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2012): *Pestiziduntersuchungen bei den Hauptmessstellen Furtbach bei Würenlos und Aabach bei Mönchaltorf im Jahr 2011 mit einem Vergleich zu den Resultaten der früheren Untersuchungen an diesen Stellen.*
- [7] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2013): *Pestiziduntersuchungen (inkl. Untersuchung von Glyphosat und AMPA) bei der Hauptmessstelle Glatt vor Rhein im Jahr 2012 mit einem Vergleich zu den Resultaten der Untersuchungen im Jahr 2007.*
- [8] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2014): *Pestiziduntersuchungen bei der Hauptmessstelle Aabach bei Mönchaltorf in den Jahren 2010, 2011 und 2013.*
- [9] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2015): *Untersuchung der Spurenstoffe bei der Hauptmessstelle Furtbach bei Würenlos im Jahr 2014 mit einem Vergleich zu den Resultaten der früheren Untersuchungen an dieser Stelle.*
- [10] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2016): *Untersuchung von organischen Spurenstoffen bei den Hauptmessstellen «Glatt vor Rhein» und «Jonen nach ARA Zwillikon» im Jahr 2015 mit einem Vergleich mit den Resultaten der früheren Untersuchungen an diesen Stellen.*
- [11] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2016): *Einträge von organischen Mikroverunreinigungen über ARA in Oberflächengewässer. Untersuchungen von 2013 bis 2015.*
- [12] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2020): *Untersuchung der Frachten der Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie in den Quartalsproben 2015 bis 2019.*

## 6 Anhang: Untersuchte Verbindungen

### 6.1 Pestizide Landwirtschaft (ohne Pyrethroide und Organophosphate)

Pestizide LW	Wirkstoffgruppe	H	I	F	GSchV <sup>+</sup>	CQK [µg/l]
2,4-D	Herbizid	1				0.6
2,4-DB	Herbizid	1				
Asulam	Herbizid	1				4.7
Atrazin	Herbizid	1				0.6
Azoxystrobin	Fungizid			1	1	0.2
Bentazon	Herbizid	1				270
Boscalid	Fungizid			1		12
Chloridazon	Herbizid	1				10
Chlortoluron	Herbizid	1				0.6
Clothianidin	Insektizid		1			0.2
Cyanazin	Herbizid	1				
Cyproconazol	Fungizid			1		1.3
Cyprodinil	Fungizid			1	1	0.33
Diazinon	Insektizid		1		1	0.012
Diethofencarb	Fungizid			1		3.2
Diflufenican	Herbizid	1				0.01
Dimethachlor	Herbizid	1				0.12
Dimethenamid	Herbizid	1				0.26
Dimethoat	Insektizid		1			0.07
Dimethomorph	Fungizid			1		5.6
Epoxiconazole	Fungizid			1	1	0.2
Ethofumesat	Herbizid	1				3.1
Fenoxycarb	Insektizid		1			0.00023
Fenpropimorph	Fungizid			1		0.016
Fludioxonil	Fungizid			1		0.1
Flufenacet	Herbizid	1				0.048
Foramsulfuron	Herbizid	1				0.017
Hexazinon	Herbizid	1				0.56
Imidacloprid	Insektizid		1		1	0.013
Iodosulfuron-methyl	Herbizid	1				0.04
Ioxynil	Herbizid	1				0.13
Iprovalicarb	Fungizid			1		190
Isoproturon	Herbizid	1			1	0.64
Lenacil	Herbizid	1				0.34
Linuron	Herbizid	1				0.26
Malathion	Insektizid		1			
MCPA	Herbizid	1			1	0.66
MCPB	Herbizid	1				0.43
Mefenpyr-diethyl	Begleitstoff					1.65
Mesosulfuron-methyl	Herbizid	1				0.027
Metalaxyl	Fungizid			1		20
Metamitron	Herbizid	1				4
Metazachlor	Herbizid	1			1	0.02
Methabenzthiazuron	Herbizid	1				
Methiocarb	Insektizid		1			0.01
Methomyl	Insektizid		1			0.032
Methoxyfenozid	Insektizid		1			0.086
Metobromuron	Herbizid	1				
Metolachlor	Herbizid	1			1	0.69
Metoxuron	Herbizid	1				0.09
Metribuzin	Herbizid	1			1	0.058
Metsulfuron-methyl	Herbizid	1				0.01
Monolinuron	Herbizid	1				0.15
Napropamid	Herbizid	1				5.1
Nicosulfuron	Herbizid	1			1	0.0087
Oxadixyl	Fungizid			1		
Penconazol	Fungizid			1		4.2
Pendimethalin	Herbizid	1				0.3
Pirimicarb	Insektizid		1		1	0.09
Propachlor	Herbizid	1				0.02
Propamocarb	Fungizid			1		1000
Propiconazol	Fungizid			1		1.4
Propyzamid	Herbizid	1				0.063
Pymetrozine	Insektizid		1			2.5
Pyraclostrobin	Fungizid			1		0.2

Pestizide LW	Wirkstoffgruppe	H	I	F	GSchV†	CQK [µg/l]
Pyrimethanil	Fungizid			1		1.5
Simazin	Herbizid	1				1
Spiroxamin	Fungizid			1		0.063
Tebuconazol	Fungizid			1		0.24
Tebutam	Herbizid	1				5.6
Terbuthylazin	Herbizid	1			1	0.22
Thiacloprid	Insektizid		1		1	0.01
Thiamethoxam	Insektizid		1		1	0.042
Thifensulfuron-methyl	Herbizid	1				0.011

† Für diese Verbindungen gilt das CQK in der GSchV als Anforderungswert

**Tab. 21:** Untersuchte Pestizide LW (ohne Pyrethroide und Organophosphate)

## 6.2 Pestizide: Pyrethroide und Organophosphate

Pyrethroide und Organophosphate	Wirkstoffgruppe	I	GSchV†	CQK [ng/l]
Chlorpyrifos	Insektizid	1	1	0.46
Chlorpyrifos-methyl	Insektizid	1		1
Cypermethrin	Insektizid	1	1	0.03
Deltamethrin	Insektizid	1		0.0017
lambda-Cyhalothrin	Insektizid	1		0.022
Permethrin	Insektizid	1		0.47

† Für diese Verbindungen gilt das CQK in der GSchV als Anforderungswert

**Tab. 22:** Untersuchte Pyrethroide und Organophosphate

## 6.3 Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie

Mikroverunreinigungen H&I	Substanzart	MV H&I	GSchV†	CQK [µg/l]
Acesulfam	Industrie, Haushalt	1		
Acyclovir	Medikamente, Hormone	1		
Amisulprid	Medikamente, Hormone	1		
Atenolol	Medikamente, Hormone	1		150
Azithromycin	Medikamente, Hormone	1	1	0.019
Benzotriazol	Industrie, Haushalt	1		19
Bezafibrat	Medikamente, Hormone	1		2.3
Candesartan	Medikamente, Hormone	1		
Carbamazepin	Medikamente, Hormone	1		2
Carb.-10,11-dihydro-10,11-dihydr.	Medikamente, Hormone	1		100
Carbendazim	Fungizid	1		0.44
Citalopram	Medikamente, Hormone	1		
Clarithromycin	Medikamente, Hormone	1	1	0.12
Cyclamat	Industrie, Haushalt	1		
DEET	Industrie, Haushalt	1		88
Diclofenac	Medikamente, Hormone	1	1	0.05
Diuron	Herbizid	1	1	0.07
Erythromycin	Medikamente, Hormone	1		0.3
Gabapentin	Medikamente, Hormone	1		
Hydrochlorthiazid	Medikamente, Hormone	1		
Iopromid	Medikamente, Hormone	1		
Irbesartan	Medikamente, Hormone	1		700
Irgarol 1051	Fungizid	1		0.0023
Lamotrigin	Medikamente, Hormone	1		
Lidocain	Medikamente, Hormone	1		
Mecoprop	Herbizid	1		3.6
Mefenaminsäure	Medikamente, Hormone	1		1
Metformin	Medikamente, Hormone	1		160
Methylbenzotriazol	Industrie, Haushalt	1		20
Metoprolol	Medikamente, Hormone	1		8.6
Naproxen	Medikamente, Hormone	1		1.7
Paracetamol	Medikamente, Hormone	1		
Phenazon	Medikamente, Hormone	1		
Primidon	Medikamente, Hormone	1		
Saccharin	Industrie, Haushalt	1		
Sitagliptin	Medikamente, Hormone	1		
Sotalol	Medikamente, Hormone	1		
Sucralose	Industrie, Haushalt	1		
Sulfamethazin	Medikamente, Hormone	1		30
Sulfamethoxazol	Medikamente, Hormone	1		0.6

Mikroverunreinigungen H&I	Substanzart	MV H&I	GSchV†	CQK [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]
Sulfapyridin	Medikamente, Hormone	1		
Terbutryn	Herbizid	1	1	0.065
Tramadol	Medikamente, Hormone	1		
Triclosan	Industrie, Haushalt	1		0.11
Trimethoprim	Medikamente, Hormone	1		120
Venlafaxin	Medikamente, Hormone	1		

† Für diese Verbindungen gilt das CQK in der GSchV als Anforderungswert

**Tab. 23:** *Untersuchte Mikroverunreinigungen H&I*

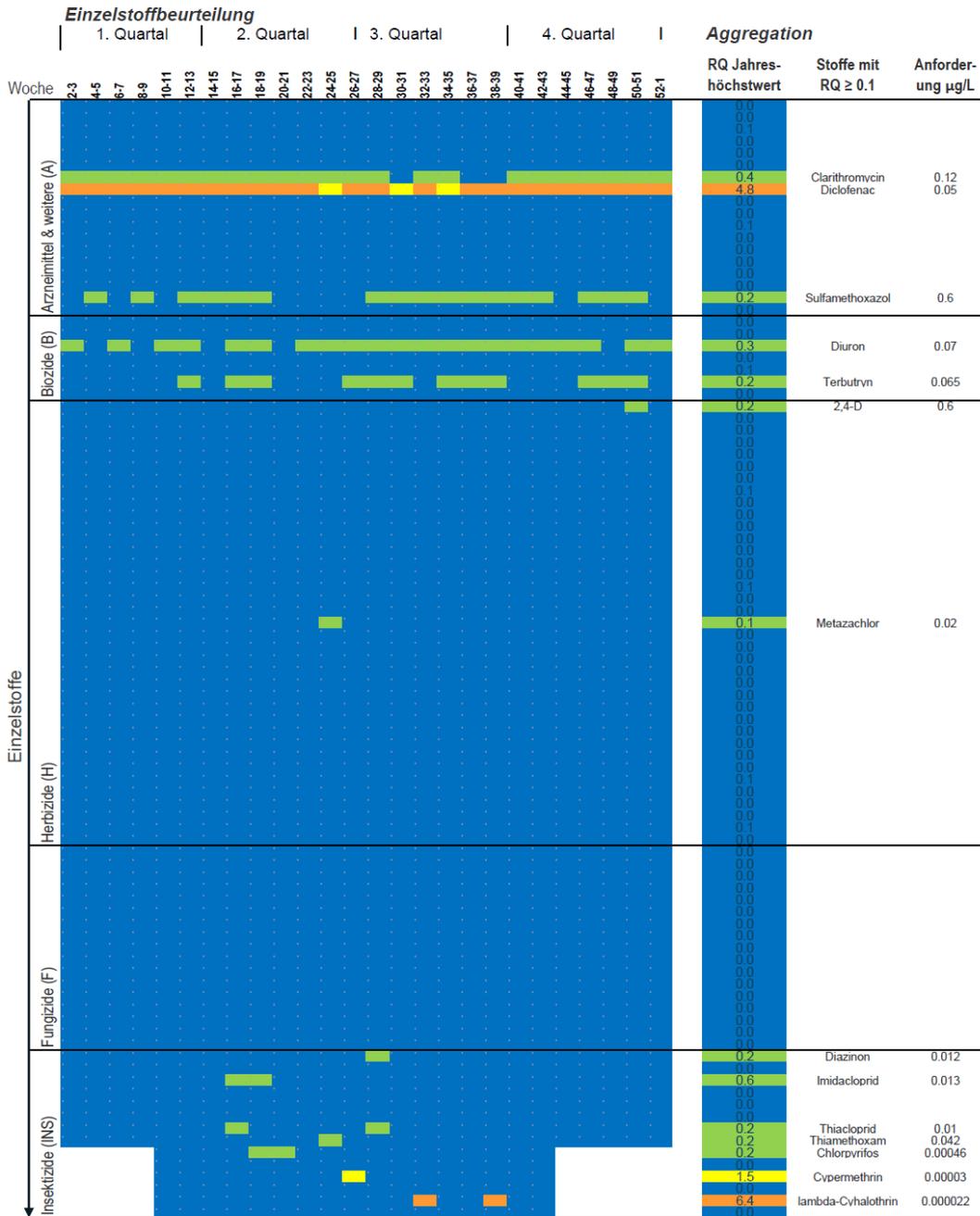
# 7 Anhang: Stellenblätter

## 7.1 Glatt

### Glatt vor Rhein

2019 - Messstelle 906 (1824 Naduf-Station)

Mikroverunreinigungen in 14-Tages-Mischproben



#### Mischungstoxizität Wirkstoffgruppen

A, B	3.8	4.5	3.4	5.0	4.7	4.1	5.5	5.8	4.9	2.8	2.7	2.5	2.9	2.9	2.3	2.7	2.4	2.8	3.5	3.0	2.6	3.2	4.5	4.8	4.8	3.2
H	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1
F	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
INS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	0.4	0.2	0.0	0.2	1.6	0.4	0.8	5.0	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

#### Mischungstoxizität taxonomische Gruppen

P	0.5	0.5	0.1	0.6	0.6	0.7	0.7	0.9	0.8	0.5	0.5	1.1	1.0	0.8	0.7	0.5	0.6	0.5	0.7	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	1.1	0.6
I	3.7	4.4	3.2	4.9	4.5	3.8	5.4	6.2	4.9	2.5	2.5	2.3	4.1	2.8	1.8	7.4	2.0	2.3	9.4	2.9	2.4	3.0	4.1	4.4	4.4	3.0
V	3.4	4.0	2.7	4.4	4.1	3.5	4.9	5.0	4.2	2.5	2.3	1.9	2.2	2.2	1.6	2.3	1.9	2.3	2.9	2.6	2.3	2.8	3.9	4.0	4.1	2.7

#### Jahresbeurteilung

- 5.8 Arzneimittel, Biozide, ...
- 0.4 Herbizide
- 0.0 Fungizide
- 6.4 Insektizide
- 1.1 Pflanzen
- 9.4 Invertebraten
- 5.0 Vertebraten

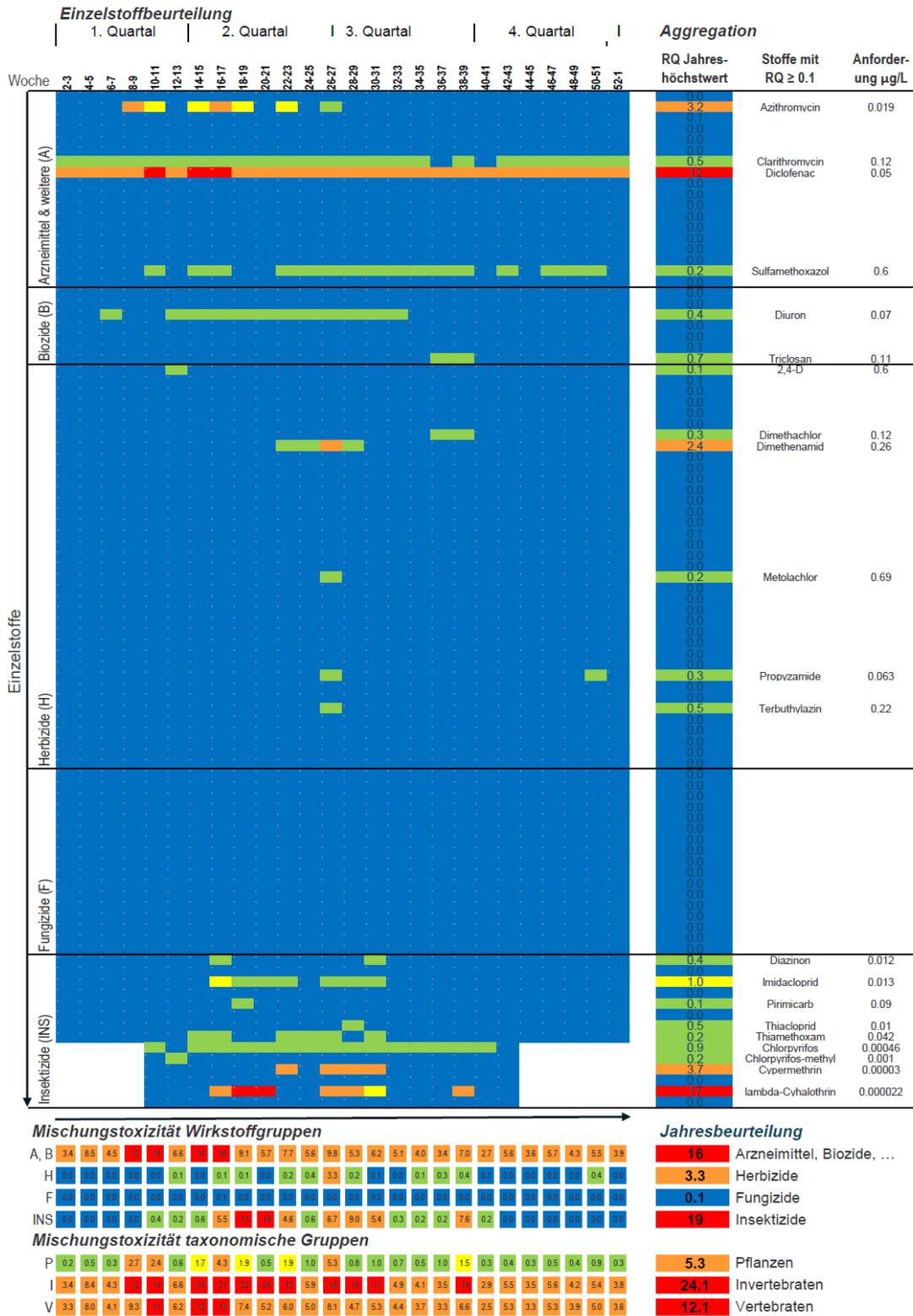
10.02.2021



# 7.3 Aabach

Aabach bei Mönchaltorf  
 2019 - Messstelle 915  
 Mikroverunreinigungen in 14-Tages-Mischproben

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



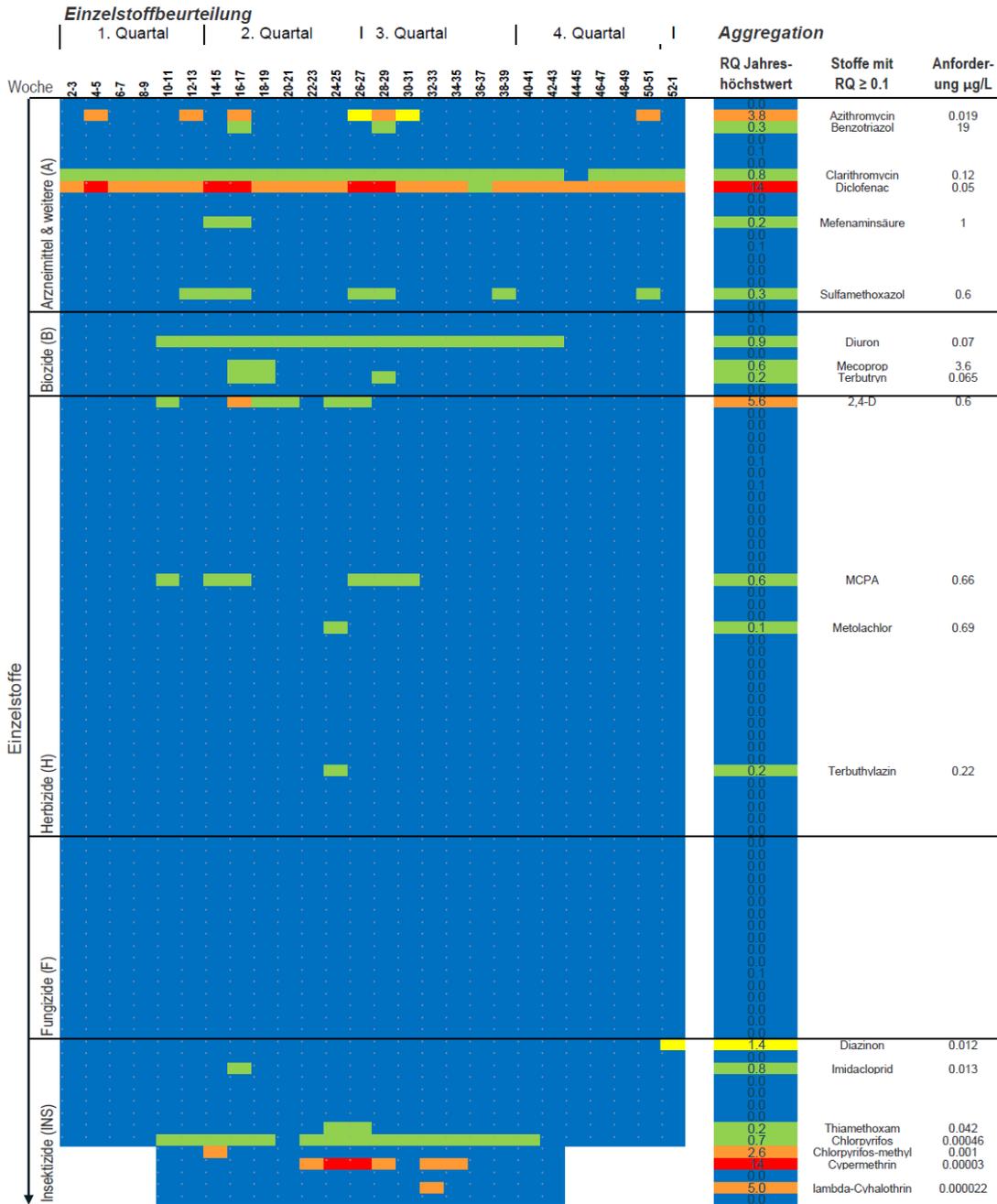
10.02.2021

## 7.4 Jonen

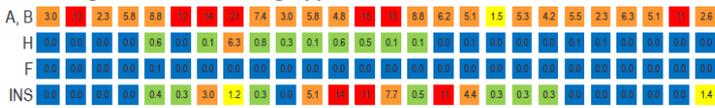
### Jonen bei Zwillikon 2019 - Messstelle 916

Mikroverunreinigungen in 14-Tages-Mischproben

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



#### Mischungstoxizität Wirkstoffgruppen



#### Mischungstoxizität taxonomische Gruppen



#### Jahresbeurteilung



10.02.2021

## 8 Anhang: Mittlere Frachten der Mikroverunreinigungen H&I

