

# Untersuchung der organischen Mikroverunreinigungen in den Mischproben der Hauptmessstellen an Glatt, Furtbach, Aabach und Reppisch im Jahr 2020

---

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

Oberflächengewässerschutz

**Jürg Sinniger**  
**Pius Niederhauser**

Zürich, 11. Mai 2021

## Inhaltsverzeichnis

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 aus Haushalt und Industrie.....	12
3	Resultate.....	16
3.1	Pestizide Landwirtschaft .....	16
3.1.1	Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen.....	16
3.1.2	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	Abbauprodukte .....	20
3.4	Wasserqualität .....	21
3.4.1	Berücksichtigung aller Qualitätskriterien .....	21
3.4.2	Berücksichtigung Qualitätskriterien GSchV.....	22
3.4.3	Überschreitungen des Anforderungswerts der GSchV von 0.1 µg/l .....	22
4	Diskussion.....	23
4.1	Messstellen.....	23
4.2	Verbindungen.....	24
4.2.1	Pestizide Landwirtschaft.....	24
4.2.2	Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie .....	26
4.3	Wasserqualität .....	27
4.3.1	Berücksichtigung aller Qualitätskriterien .....	27
4.3.2	Berücksichtigung Qualitätskriterien GSchV.....	31
4.3.3	Überschreitungen des Anforderungswerts der GSchV von 0.1 µg/l .....	31
5	Dank.....	32
6	Literatur.....	33
	Anhang: Untersuchte Verbindungen .....	34
	Pestizide Landwirtschaft (ohne Pyrethroide und Organophosphate) .....	34
	Pestizide: Pyrethroide und Organophosphate .....	35
	Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie .....	35
	Abbauprodukte .....	36
	Anhang: Stellenblätter .....	37
	Glatt vor Rhein .....	37
	Reppisch bei Dietikon.....	38
	Furtbach bei Würenlos.....	39
	Aabach bei Mönchaltorf.....	40

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Untersuchte Hauptmessstellen .....	6
Abb. 2: Schöpfautomat bei der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» (2019) .....	6
Abb. 3: Lage der 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 .....	23
Abb. 7: Anzahl Nachweise der Pestizide LW .....	25
Abb. 8: Jahreszeitlicher Verlauf der Anzahl Nachweise der Pestizide LW bei den vier Messstellen (ohne Pyrethroide und Organophosphate) .....	26
Abb. 9: Frachten pro Tag und Einwohner der Verbindungen, die in Reppisch und Aabach eine überdurchschnittliche Fracht zeigten (Beschreibung der Grafiken s. Fussnote 9) .....	27
Abb. 10: Summe CRQ vs. Anteil Abwasser bei Trockenwetter .....	29
Abb. 11: Durchschnittliche Summen der CRQ für die vier Gruppen der Mikroverunreinigungen .....	30

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Untersuchungsjahre an den Hauptmessstellen von Reppisch, 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 2020 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: Abbauprodukte ohne Nachweise .....	20
Tab. 13: Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen der Abbauprodukte .....	21
Tab. 14: Wasserqualität bezüglich aller Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW, Mikroverunreinigungen H&I sowie Abbauprodukte, für die CQK vorliegen .....	21
Tab. 15: Durchschnittliche Summen der CRQ für die vier Gruppen der Mikroverunreinigungen .....	21
Tab. 16: Wasserqualität bez. Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW und Mikroverunreinigungen H&I gemäss CQK GSchV .....	22
Tab. 17: Überschreitungen des Anforderungswerts der GSchV von 0.1 µg/l .....	22
Tab. 18: Pestizide LW, die ausschliesslich im Furtbach nachgewiesen werden konnten .....	24
Tab. 19: Pestizide Landwirtschaft, die in allen vier Gewässern nachgewiesen werden konnten.....	24
Tab. 20: Wasserqualität bezüglich Herbiziden LW .....	28
Tab. 21: Wasserqualität bezüglich Insektiziden LW .....	28
Tab. 22: Wasserqualität bezüglich Mikroverunreinigungen H&I .....	29
Tab. 23: Untersuchte Pestizide LW (ohne Pyrethroide und Organophosphate) .....	35
Tab. 24: Untersuchte Pyrethroide und Organophosphate .....	35
Tab. 25: Untersuchte Mikroverunreinigungen H&I.....	36
Tab. 26: Untersuchte Abbauprodukte.....	36

## Zusammenfassung

Im Jahr 2020 wurden bei den vier Hauptmessstellen «Glatt vor Rhein», «Reppisch bei Dietikon», «Furtbach bei Würenlos» und «Aabach bei Mönchaltorf» von Januar bis Dezember Mischproben gesammelt und im Labor auf organische Mikroverunreinigungen – Pestizide aus der Landwirtschaft (Pestizide LW), Mikroverunreinigungen aus Industrie und Haushalt (Mikroverunreinigungen H&I) sowie eine Reihe von Abbauprodukten – hin analysiert.

Der Furtbach zeigte bezüglich aller Gruppen von Mikroverunreinigungen die grösste Belastung. In den vier Gewässern konnten 48 Pestizide LW mindestens einmal nachgewiesen werden, alle davon mindestens einmal im Furtbach. Mit Nachweisen von 28 Verbindungen folgten die Proben des Aabachs. 15 Pestizide LW traten ausschliesslich im Furtbach auf. Von den 33 Verbindungen, die auch in einem oder mehreren der anderen Gewässer gefunden wurden, zeigte rund die Hälfte ihre höchste Konzentration im Furtbach. Bei den Mikroverunreinigungen H&I konnten zwar in allen vier Gewässern rund 40 Verbindungen nachgewiesen werden, aber 33 Verbindungen traten im Furtbach in ihrer höchsten Konzentration auf. Auch die Abbauprodukte zeigten im Furtbach ihre höchsten Konzentrationen.

Von den Pestiziden LW wurde das Herbizid MCPA am häufigsten nachgewiesen, gefolgt von Chlorpyrifos. Die Konzentrationen von Chlorpyrifos lagen allerdings nie oberhalb seines CQK. An dritter Stelle folgte Atrazin. Die tiefen Konzentrationen, in denen es gefunden wurde, deuten darauf hin, dass Reste dieser Verbindung aus früheren Anwendungen nach und nach aus dem Boden ausgewaschen werden. An vierter und fünfter Stelle standen die beiden Fungizide Azoxystrobin bzw. Propiconazol. Die Belastung mit Pestiziden LW zeigte einen deutlichen Jahresverlauf: im Verlauf des Aprils stieg die Anzahl Nachweise steil an, um dann zum Herbst hin wieder kontinuierlich zu sinken.

Von den 43 Mikroverunreinigungen H&I, die mindestens einmal nachgewiesen werden konnten, wurden deren 39 an allen vier Messstellen gefunden. Bezüglich der durchschnittlichen Frachten pro Tag und Einwohner fällt auf, dass in der Glatt rund 40 Prozent der Mikroverunreinigungen H&I tiefere Werte aufwiesen als in den anderen drei Gewässern. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass zwei Kläranlagen im Glatttal, 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 Metazachlor und Propyzamid das Wasser belasteten. Die Reppisch weist eine mässige Wasserqualität auf, der Aabach eine unbefriedigende. Grund für die Belastung ist in beiden Gewässern wiederum Propyzamid. Bezüglich der Insektizide weist die Glatt die Wasserqualität «unbefriedigend» auf, Reppisch, Furtbach und Aabach die Wasserqualität «schlecht». Es sind vor allem die Pyrethroide, die das Wasser belasten. Die Belastung der Gewässer mit Fungiziden und Abbauprodukten ist gering, da diese Stoffe vergleichsweise hohe Werte für die Qualitätskriterien aufweisen. Bei den Mikroverunreinigungen H&I sind Azithromycin, Diclofenac und Diuron 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 (GSchV), dann fällt die Beurteilung weniger streng aus, weil für das Herbizid Propyzamid und eine ganze Reihe von Insektiziden 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 GSchV kein spezifisches Qualitätskriterium festgehalten ist, fordert sie Konzentrationen unterhalb 0.1 µg/l. Dieser Wert wurde von 10 Verbindungen insgesamt 56 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 Reppisch, des Aabachs und der Glatt. 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 Mönchaldorf» und «Reppisch bei Dietikon» (Abb. 1) im Jahre 2020 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 ausgebracht, 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) Reppisch bei Dietikon

**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] - [11])<sup>4</sup> (Tab. 1 auf der nächsten Seite):

<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	2020
Glatt vor Rhein	x		x			x			x	x	x	x
Reppisch bei Dietikon			x									x
Furtbach bei Würenlos	x	x	x		x			x		x	x	x
Aabach bei Mönchaltorf				x	x		x			x	x	x

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

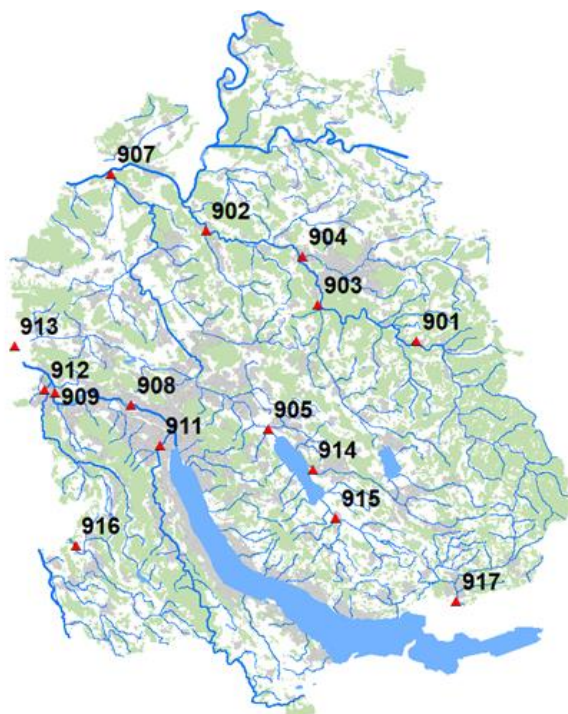
Tab. 2 gibt die C-Nummern, die Landeskoordinaten (Ost/Nord) und die Höhe über Meer (MüM) der vier Hauptmessstellen an. Für jede Stelle ist vermerkt, ob die Proben abfluss- (Q) oder zeitproportional (Z) geschöpft wurden.

C Nr	Hauptmessstelle	Ost	Nord	MüM	Schöpfart*	Bemerkung
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	2'678'040	1'251'572	339	Z	2020: NADUF 1'824 (Z)
912	Reppisch bei Dietikon	2'672'444	2'678'040	385	Q	
913	Furtbach bei Würenlos	2'669'889	1'255'285	413	Z	
915	Aabach bei Mönchaltorf	2'696'928	1'240'805	440	Z	

\*Schöpfart: Z = Zeitproportional, Q = Abflussproportional

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

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



907 Glatt vor Rhein  
 912 Reppisch bei Dietikon  
 913 Furtbach bei Würenlos  
 915 Aabach bei Mönchaltorf

Abb. 3: Lage der Hauptmessstellen im Kanton

Tab. 3 auf der nächsten Seite zeigt, wie gross die jeweiligen Einzugsgebiete (EZG) der untersuchten Hauptmessstellen sind und wie viele Einwohner (EW) [12] in ihnen leben. Ferner listet sie auf, welche Flächenanteile Wald, Siedlung und Landwirtschaft haben. Die letzte Spalte führt den Anteil des gereinigten Abwassers auf, den die Gewässer bei Trockenwetter bei ihren Hauptmessstellen mit sich führen.

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 seit 2019 auch die Messstelle «Aabach bei Mönchaltorf» im koordinierten Bundesprogramm untersucht.

Hauptmessstelle	EZG [km <sup>2</sup> ]	Anz. EW	Wald [%]	Siedlung [%]	Landwirtschaft [%]	Anteil Abwasser* [%]
Glatt vor Rhein	419	334'905	24	26	45	31
Reppisch bei Dietikon	67	24'748	38	15	46	35
Furtbach bei Würenlos	44	33'566	30	21	47	61
Aabach b. Mönchaltorf	44	25'849	17	17	64	45

\* 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 die Beeinträchtigung der Wasserqualität?



## 2 Methode




### 2.1 Programm Probenahme

Tab. 4 listet für jede der vier untersuchten Messstellen den mittleren Abfluss  $Q_m$  im Jahr 2020 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 Rhein†	6168																										
Reppisch bei Dietikon	835																										
Furtbach bei Würenlos*	512																										
Aabach bei Mönchaltorf*	728																										

† In den Wochen 14 bis 31 stimmen die Daten der Probenahmen nur teilweise mit denen der Messstellen an Furtbach und Aabach überein

\* in der Woche 14 nur eine Siebtagesmischprobe

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

Tab. 4: Abflüsse 2020 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 81 Verbindungen: 41 Herbizide; 20 Insektizide, davon 5 Pyrethroide und 2 Organophosphate<sup>5</sup>; 19 Fungizide und 1 Begleitstoff. Die Gruppe der Mikroverunreinigungen H&I bestand aus 45 Verbindungen: 3 Herbizide (Diuron, Mecoprop, Terbutryn), 2 Fungizide (Carbendazim, Irgarol), 8 Verbindungen «Industrie, Haushalt» und 32 Verbindungen «Medikamente, Hormone».

Neben diesen beiden Gruppen von Verbindungen wurden die Proben noch auf 15 Abbauprodukte hin untersucht. Es handelte sich dabei um die Abbauprodukte von 12 Herbiziden und 3 Medikamenten.

Im Anhang befinden sich drei Listen mit den untersuchten Verbindungen. 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

An drei der vier Messstellen erhob man zwischen den Wochen 14 bis 31 Drei- und Viertagesmischproben, wobei die Drei- und Viertagesperioden nicht immer strikte eingehalten wurden (s. Tab. 4). Die  $m_i$  Mehrtagesmischproben, die in der Zweiwochenperiode  $i$  an einer Hauptmessstelle  $HMS_p$  gesammelt wurden, vereinte man für die Auswertung rechnerisch zu einer Zweiwochenmischprobe  $i$ . 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  $c_{ij}(HMS_p, v_w)$  in den Mehrtagesmischproben  $ij$ . Die Konzentrationen in den Mehrtagesmischproben wurden dabei mit der Anzahl Tage  $n_{ij}$ , während derer sie gesammelt wurden, gewichtet (Gl. 1):

$$Gl. 1 \quad c_i^{zw}(HMS_p, v_w) = \frac{1}{\sum_{j=1}^{m_i} n_{ij}} \cdot \sum_{j=1}^{m_i} n_{ij} \cdot c_{ij}(HMS_p, v_w)$$

#### 2.3.1.2 Häufigkeit der Nachweise und maximale Konzentrationen

Die Analysenresultate wurden dahingehend ausgewertet,

- welche Pestizide LW, Mikroverunreinigungen H&I und Abbauprodukte 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 LW, der Mikroverunreinigungen H&I sowie der Abbauprodukte 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  $n_s$  Zweiwochenmischproben  $i$  (Gl. 4):

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

Für die Gruppe der Insektizide  $G_i$  wurden nur die  $n_i$  Proben berücksichtigt, in denen auch die Pyrethroide und Organophosphate bestimmt wurden (Wochen 10 bis 43, s. Tab. 4).

### 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, 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 zu-

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

sammen, für die in der GSchV kein spezifischer Anforderungswert festgelegt ist und deren Konzentrationen den Wert von 0.1 µg/l überschritten.<sup>8</sup>

### 2.3.2 Frachten der Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie

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  $HMS_p$  an einem Fließgewässer liegt, das einem See  $S_p$  entspringt (Abb. 4). Dies ist bei der Hauptmessstelle «Glatt vor Rhein» der Fall, da die Glatt ihren Ursprung im Greifensee hat.

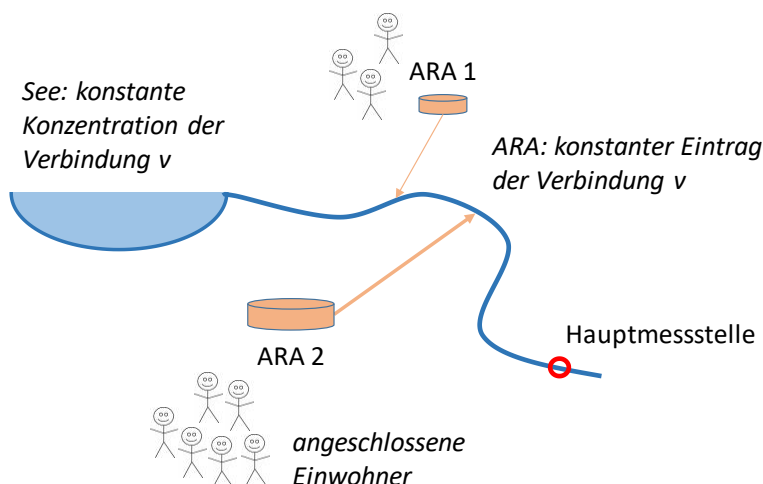


Abb. 4: Berechnung der Frachten

Die Fracht  $F$  einer Verbindung  $v_w$ , die in der Zeit, in der die Mischprobe  $i$  geschöpft wurde, die Messstelle  $HMS_p$  passierte, ist definiert als das Produkt der Konzentration  $c_i(HMS_p, v_w)$  der Verbindung  $v_w$ , die in der Probe  $i$  gemessen wurde, und dem mittleren Abfluss  $\bar{Q}_i(HMS_p)$  während der Probenahme. Bei abflussproportionaler Probenahme entspricht letzterer dem arithmetischen Mittel der mittleren Tagesabflüsse (Gl. 5 auf der nächsten Seite), bei zeitproportionaler Probenahme dem harmonischen Mittel (Gl. 6 auf der nächsten Seite). 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 Herbizide Diuron, Mecoprop und Terbutryn.

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

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

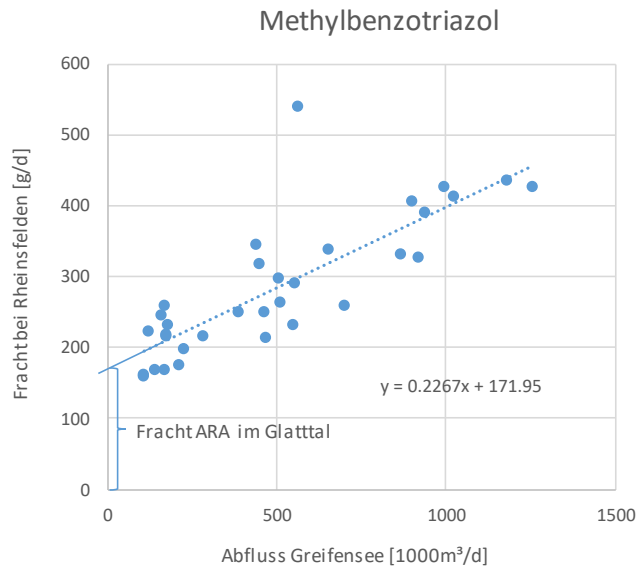
Nun besteht das Wasser eines Fließgewässers, das einem See entspringt, zum Teil aus Seewasser. Sind bereits im Seewasser Mikroverunreinigungen H&I gelöst, dann tragen diese je nachdem, wie gross ihre Konzentration im Seewasser und wie hoch der Abfluss aus dem See sind, mehr oder weniger zur Fracht an 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):

$$\text{Gl. 7} \quad F_i(\text{HMS}_{p,v_w}) = F_i(S_{p,v_w}) + F(\text{ARA}_{p,v_w})$$

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).

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

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 Methylbenzotriazol gewonnen wurden (Abb. 5 auf der nächsten Seite).



Der y-Achsenabschnitt entspricht der Menge an Methylbenzotriazol, die pro Tag über die ARA im Glatttal 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 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 Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen

Von den 81 Pestiziden LW (s. Kap. 2.2), auf die hin die Mischproben untersucht wurden, konnten deren 33 nie nachgewiesen werden (Tab. 6):

2,4-DB	Fenpropimorph	MCPB	Metoxuron	Propachlor
Chloridazon	Foramsulfuron	Mefenpyr-diethyl	Metribuzin	Pyraclostrobin
Cyanazin	Hexazinon	Mesosulfuron-methyl	Metsulfuron-methyl	Spiroxamin
Cyproconazol	Iodosulfuron-methyl	Methabenzthiazuron	Monolinuron	Tebuconazol
Diethofencarb	Iprovalicarb	Methiocarb	Oxadixyl	Tebutam
Diflufenican	Linuron	Methomyl	Pendimethalin	Thifensulfuron-methyl
Fenoxycarb	Malathion	Methoxyfenozid		

**Tab. 6:** Pestizide Landwirtschaft ohne Nachweise

Mindestens einmal nachgewiesen werden konnten 48 Pestizide LW. 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. 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.

Pestizide LW (ohne Pyreth. und Organophos.)	Anzahl Nachweise*				Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [µg/l]†
	907	912	913	915			
MCPA	<u>8</u>	12	13	6	4	39	0.089
Atrazin	11	<u>1</u>	22	2	4	36	0.014
Azoxystrobin	0	2	<u>23</u>	6	3	31	0.133
Propiconazol	0	<u>25</u>	3	0	2	28	0.132
Metazachlor	0	3	<u>23</u>	1	3	27	0.330
Bentazon	4	0	9	<u>11</u>	3	24	0.061
Propamocarb	2	1	<u>21</u>	0	3	24	1.306
Imidacloprid	<u>2</u>	3	11	7	4	23	0.036
Pirimicarb	0	6	<u>11</u>	6	3	23	0.084
Terbutylazin	5	6	<u>8</u>	4	4	23	0.131
Thiamethoxam	0	1	<u>19</u>	3	3	23	0.239
Dimethenamid	5	2	6	<u>7</u>	4	20	0.161
Metalaxyl	0	0	<u>19</u>	0	1	19	0.146
Napropamid	0	2	<u>13</u>	4	3	19	0.415
Propyzamid	0	1	<u>15</u>	1	3	17	1.062
Metolachlor	3	3	<u>8</u>	2	4	16	0.031
Pymetrozine	0	0	<u>16</u>	0	1	16	0.141
Diazinon	1	<u>4</u>	2	6	4	13	0.077
Dimethachlor	3	1	<u>1</u>	6	4	11	0.045
Thiacloprid	0	3	<u>4</u>	2	3	9	0.016
Chlortoluron	0	<u>4</u>	3	1	3	8	0.041
Lenacil	0	0	<u>8</u>	0	1	8	0.010
Metamitron	2	1	<u>5</u>	0	3	8	0.086
Pyrimethanil	0	0	<u>8</u>	0	1	8	0.010
Asulam	1	1	1	<u>4</u>	4	7	0.196
Fludioxonil	0	0	<u>7</u>	0	1	7	0.011
2,4-D	<u>2</u>	0	4	0	2	6	0.076
Dimethoat	0	0	1	<u>5</u>	2	6	0.019



Pestizide LW (ohne Pyreth. und Organophos.)	Anzahl Nachweise*				Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ] <sup>†</sup>
	907	912	913	915			
Dimethomorph	0	0	<u>4</u>	0	1	4	0.012
Epoxiconazole	0	0	<u>3</u>	1	2	4	0.016
Isoproturon	<u>1</u>	0	1	2	3	4	0.029
Cyprodinil	0	0	<u>3</u>	0	1	3	0.004
Ethofumesat	0	0	<u>3</u>	0	1	3	0.021
Nicosulfuron	0	0	1	<u>2</u>	2	3	0.010
Boscalid	0	0	<u>2</u>	0	1	2	0.023
Clothianidin	0	0	<u>1</u>	1	2	2	0.008
Metobromuron	0	0	<u>2</u>	0	1	2	0.185
Flufenacet	0	0	<u>1</u>	0	1	1	0.020
Ioxynil	0	0	<u>1</u>	0	1	1	0.004
Penconazol	0	0	<u>1</u>	0	1	1	0.036
Simazin	0	0	<u>1</u>	0	1	1	0.008
Anz. Verbindungen	14	20	41	23			
Anz. Nachweise	50	82	308	90		530	
durchschn. Anz. NW	1.9	3.2	11.8	3.5			
Anz. Max	4	4	28	5			
Anz. Max > CQK	1	1	4	1			

Pyrethroide und Organophosphate	Anzahl Nachweise*				Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [ $\text{ng}/\text{l}$ ] <sup>†</sup>
	907	912	913	915			
Chlorpyrifos	2	16	<u>17</u>	12	4	47	0.391
lambda-Cyhalothrin	4	0	<u>14</u>	3	3	21	0.344
Chlorpyrifos-methyl	0	<u>3</u>	17	0	2	20	0.280
Bifenthrin	0	1	<u>17</u>	1	3	19	0.399
Cypermethrin	0	<u>2</u>	3	2	3	7	0.210
Permethrin	0	0	3	<u>4</u>	2	7	4.407
Deltamethrin	0	0	<u>1</u>	0	1	1	0.631
Anz. Verbindungen	2	4	7	5			
Anz. Nachweise	6	22	72	22		122	
durchschn. Anz. NW	0.4	1.3	4.2	1.3			
Anz. Max	0	2	4	1			
Anz. Max > CQK	0	1	3	1			

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

<sup>†</sup> *Braun hinterlegt: Maximale Konzentration überschreitet CQK*

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

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.

### 3.1.2 Jahreszeitlicher Verlauf der Belastung

In Tab. 8 ist für jede Zweiwochenperiode, in der Proben gesammelt wurden (s. Kap. 2.1), angegeben, wie viele Pestizide LW in den entsprechenden Mischproben der vier Messstellen nachgewiesen werden konnten. Da man nicht alle Proben auf Pyrethroide und Organophosphate untersuchte, wurden diese Verbindungen nicht berücksichtigt.

Wochen	Glatt	Reppisch	Furtbach	Aabach	Summe
02 - 03	0	1	7	0	8
04 - 05	1	2	8	1	12
06 - 07	1	1	4	0	6
08 - 09	1	1	5	0	7
10 - 11	1	1	3	0	5
12 - 13	0	1	7	0	8
14 - 15	0	1	13	7	21
16 - 17	2	8	20	10	40
18 - 19	5	4	24	11	44
20 - 21	5	4	24	8	41
22 - 23	6	5	18	12	41
24 - 25	3	4	16	6	29
26 - 27	3	5	21	9	38
28 - 29	5	6	20	1	32
30 - 31	3	6	15	5	29
32 - 33	1	3	12	1	17
34 - 35	3	7	14	3	27
36 - 37	2	4	15	5	26
38 - 39	2	3	14	3	22
40 - 41	2	1	10	2	15
42 - 43	0	3	8	1	12
44 - 45	0	4	5	2	11
46 - 47	0	1	5	2	8
48 - 49	1	2	10	0	13
50 - 51	1	2	6	0	9
52 - 01	2	2	4	1	9
Summe	50	82	308	90	530

**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 43 mindestens einmal nachgewiesen werden. Von 3 Mikroverunreinigungen H&I gibt es keine Nachweise (Tab. 9):

Aclovir                      Bezafibrat                      Irgarol 1051

**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. [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ] <sup>†</sup>
	907	912	913	915			
Acesulfam	<u>26</u>	26	26	26	4	104	0.983
Amisulprid	26	26	26	<u>26</u>	4	104	1.251
Benzotriazol	26	26	<u>26</u>	26	4	104	3.361
Candesartan	26	26	26	<u>26</u>	4	104	0.345
Carbamazepin	26	26	<u>26</u>	26	4	104	0.194
Diclofenac	26	26	<u>26</u>	26	4	104	1.015
Gabapentin	26	26	<u>26</u>	26	4	104	0.544
Hydrochlorthiazid	26	26	<u>26</u>	26	4	104	0.505
Lamotrigin	26	26	<u>26</u>	26	4	104	0.666
Metformin	26	26	<u>26</u>	26	4	104	1.863
Methylbenzotriazol	26	26	<u>26</u>	26	4	104	1.369
Metoprolol	26	26	<u>26</u>	26	4	104	0.151

Mikroverunreinigungen H & I	Anzahl Nachweise*				Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [µg/l]†
	907	912	913	915			
Sitagliptin	26	26	<u>26</u>	26	4	104	0.685
Sucralose	26	26	<u>26</u>	26	4	104	8.637
Sulfamethoxazol	26	26	<u>26</u>	26	4	104	0.269
Tramadol	26	26	<u>26</u>	26	4	104	0.204
Venlafaxin	26	26	<u>26</u>	26	4	104	0.233
Citalopram	26	25	<u>26</u>	26	4	103	0.069
Sulfapyridin	25	25	<u>26</u>	26	4	102	0.096
Cyclamat	26	25	26	<u>24</u>	4	101	0.545
Lidocain	25	25	<u>26</u>	24	4	100	0.224
Irbesartan	26	26	<u>26</u>	21	4	99	0.244
Carb.-10,11-di.-10,11-d.	25	24	24	<u>25</u>	4	98	0.521
Clarithromycin	26	23	<u>26</u>	23	4	98	0.163
Iopromid	26	26	<u>26</u>	19	4	97	1.011
DEET	26	21	26	<u>21</u>	4	94	0.182
Trimethoprim	25	24	<u>25</u>	14	4	88	0.036
Sotalol	15	25	<u>26</u>	20	4	86	0.051
Mecoprop	26	18	<u>21</u>	17	4	82	0.517
Phenazon	26	19	<u>25</u>	10	4	80	0.026
Saccharin	<u>20</u>	19	19	15	4	73	0.255
Mefenamensäure	20	18	<u>26</u>	6	4	70	0.068
Azithromycin	11	10	<u>24</u>	16	4	61	0.091
Diuron	20	11	<u>16</u>	13	4	60	0.122
Paracetamol	15	16	13	<u>14</u>	4	58	0.298
Terbutryn	19	5	<u>25</u>	5	4	54	0.212
Atenolol	11	10	<u>26</u>	0	3	47	0.055
Carbendazim	4	13	<u>16</u>	9	4	42	0.016
Naproxen	5	8	<u>18</u>	4	4	35	0.231
Primidon	0	2	<u>11</u>	1	3	14	0.088
Sulfamethazin	1	2	1	<u>4</u>	4	8	0.014
Erythromycin	0	0	<u>1</u>	0	1	1	0.016
Triclosan	<u>1</u>	0	0	0	1	1	0.008
Anz. Verbindungen	41	41	42	40			
Anz. Nachweise	892	862	967	799		3520	
durchschn. Anz. NW	34.3	33.2	37.2	30.7			
Anz. Max	3	0	33	7			
Anz. Max > CQK	0	0	5	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. 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	912	913	915	Mittel
Sucralose	1.843	4.006	3.365	1.882	2.774
Benzotriazol	1.138	1.568	1.635	0.763	1.276
Metformin	0.210	1.667	1.321	0.738	0.984
Methylbenzotriazol	0.378	0.858	0.627	0.367	0.558
Acesulfam	0.027	1.118	0.523	0.477	0.536
Diclofenac	0.181	0.733	0.591	0.351	0.464
Iopromid	0.247	0.707	0.615	0.252	0.455
Lamotrigin	0.338	0.402	0.405	0.269	0.354

Mikroverunreinigungen H & I	Fracht [mg/(d-E)]*				
	Glatttal	912	913	915	Mittel
Gabapentin	0.245	0.508	0.390	0.257	0.350
Sitagliptin	0.340	0.306	0.467	0.266	0.344
Carb.-10,11-di.-10,11-dihydroxy	0.208	0.394	0.263	0.242	0.277
Hydrochlorthiazid	0.107	0.367	0.311	0.192	0.244
Amisulprid		0.075	0.075	0.568	0.239
Mecoprop	0.365	0.258	0.184	0.103	0.227
Candesartan	0.145	0.227	0.206	0.158	0.184
Irbesartan	0.115	0.239	0.159	0.069	0.145
Sulfamethoxazol	0.103	0.177	0.146	0.131	0.139
Cyclamat	0.074	0.207	0.095	0.175	0.138
Saccharin	0.049	0.203	0.089	0.091	0.108
Paracetamol	0.063	0.101	0.074	0.161	0.100
Carbamazepin	0.070	0.134	0.108	0.057	0.092
Venlafaxin	0.028	0.092	0.117	0.105	0.085
DEET	0.044	0.116	0.076	0.082	0.080
Naproxen	0.103	0.077	0.077	0.055	0.078
Tramadol	0.048	0.084	0.122	0.049	0.076
Lidocain	0.031	0.075	0.121	0.042	0.067
Metoprolol	0.026	0.062	0.093	0.056	0.059
Clarithromycin		0.068	0.058	0.039	0.055
Primidon		0.069	0.055	0.016	0.047
Sulfapyridin	0.027	0.053	0.054	0.033	0.042
Azithromycin		0.051	0.041	0.030	0.041
Atenolol	0.021	0.043	0.043		0.035
Mefenaminsäure	0.012	0.051	0.042	0.026	0.033
Citalopram	0.008	0.046	0.041	0.031	0.031
Terbutryn	0.021	0.018	0.046	0.013	0.024
Erythromycin			0.022		0.022
Sotalol	0.007	0.037	0.031	0.014	0.022
Diuron	0.011	0.026	0.029	0.021	0.022
Trimethoprim	0.011	0.039	0.022	0.014	0.021
Sulfamethazin		0.027	0.017	0.010	0.018
Phenazon	0.020	0.023	0.017	0.009	0.017
Carbendazim		0.019	0.011	0.010	0.013
Anz. Fracht < 0.5 · Mittel	18	2	1	6	
Anz. Fracht > 2 · Mittel	0	1	0	1	

\* 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 Abbauprodukte

Von den 15 Abbauprodukten, auf die hin die Proben untersucht wurden (s. Kap. 2.2), konnten deren 13 mindestens einmal nachgewiesen werden. Von den zwei Abbauprodukten des Propachlors gab es keine Nachweise (Tab. 12):

Propachlor\_ESA

Propachlor\_OXA

Tab. 12: Abbauprodukte ohne Nachweise

In Tab. 13 ist für jede dieser Verbindungen festgehalten, in wie vielen der Zweiwochenmischproben der vier Messstellen sie gefunden wurde. Ihr Aufbau entspricht demjenigen von Tab. 7.

Abbauprodukte	Anzahl Nachweise*				Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [µg/l]†
	907	912	913	915			
N-Ac.-4-aminoantip.	26	26	26	26	4	104	1.682
N-For.-4-aminoantip.	26	26	26	26	4	104	0.705
Metolachlor_ESA	26	19	26	26	4	97	0.121

Abbauprodukte	Anzahl Nachweise*				Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [ $\mu\text{g/l}$ ] <sup>†</sup>
	907	912	913	915			
<b>Mikroverunreinigungen H &amp; I</b>	<b>Anzahl Nachweise*</b>				<b>Anz. Stellen</b>	<b>Anz. Nachweise</b>	<b>Max. Konz. [<math>\mu\text{g/l}</math>]<sup>†</sup></b>
2,6-Dichlorbenzamid	<u>23</u>	20	19	20	4	82	0.021
Desethylatrazin	23	15	<u>26</u>	12	4	76	0.022
Desphenyl-Chloridazon	26	10	<u>26</u>	0	3	62	0.437
Meth.des.chloridazon	21	1	<u>26</u>	0	3	48	0.161
Acetylsulfamethoxazol	6	3	<u>20</u>	0	3	29	0.092
Metazachlor_ESA	1	1	<u>26</u>	0	3	28	0.142
Metazachlor_OXA	0	0	<u>26</u>	0	1	26	0.165
Desethylterbuthylazin	6	4	<u>5</u>	3	4	18	0.025
Dimethenamid_ESA	0	0	0	<u>2</u>	1	2	0.025
Metolachlor_OXA	0	<u>1</u>	0	1	2	2	0.040
Anz. Verbindungen	10	11	11	8			
Anz. Nachweise	184	126	252	116		678	
durchschn. Anz. NW	7.1	4.8	9.7	4.5			
Anz. Max	1	1	10	1			
Anz. Max > CQK	0	0	0	0			

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

**Tab. 13:** Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen der Abbauprodukte

Keines der Abbauprodukte trat in einer Konzentration oberhalb seines CQK auf.

### 3.4 Wasserqualität

#### 3.4.1 Berücksichtigung aller Qualitätskriterien

In Tab. 14 sind für jede Messstelle die  $CRQ_{max}(G)$  bezüglich der fünf Gruppen der Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW, Mikroverunreinigungen H&I (MV H&I) sowie Abbauprodukte 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	Abbauprodukte
		Herbizide LW	Insektizide LW	Fungizide LW		
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	0.3	6.5	0.0	8.2	0.1
912	Reppisch bei Dietikon	1.4	14.2	0.1	16.4	0.1
913	Furtbach bei Würenlos	21.3	391.7	0.7	26.9	0.4
915	Aabach bei Mönchaltorf	2.1	14.7	0.0	17.4	0.0

**Tab. 14:** Wasserqualität bezüglich aller Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW, Mikroverunreinigungen H&I sowie Abbauprodukte, für die CQK vorliegen

Tab. 15 zeigt die durchschnittlichen  $\overline{CRQ}(HMS_p, G_s)$  für die vier Gruppen s der Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW und Mikroverunreinigungen H&I (MV H&I) (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	0.04	0.64	0.00	4.03
Reppisch	0.17	2.07	0.04	7.03
Furtbach	3.83	40.5	0.14	15.93
Aabach	0.25	3.01	0.01	6.65

**Tab. 15:** Durchschnittliche Summen der CRQ für die vier Gruppen der Mikroverunreinigungen

### 3.4.2 Berücksichtigung Qualitätskriterien GSchV

In Tab. 16 sind wie in Tab. 14 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	0.1	2.8	0.0	7.8
912	Reppisch	0.7	9.7	0.1	16.0
913	Furtbach bei Würenlos	16.6	7.5	0.7	26.3
915	Aabach bei Mönchaltorf	1.2	5.3	0.0	16.9

**Tab. 16:** Wasserqualität bez. Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW und Mikroverunreinigungen H&I gemäss CQK GSchV

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

In Tab. 17 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.

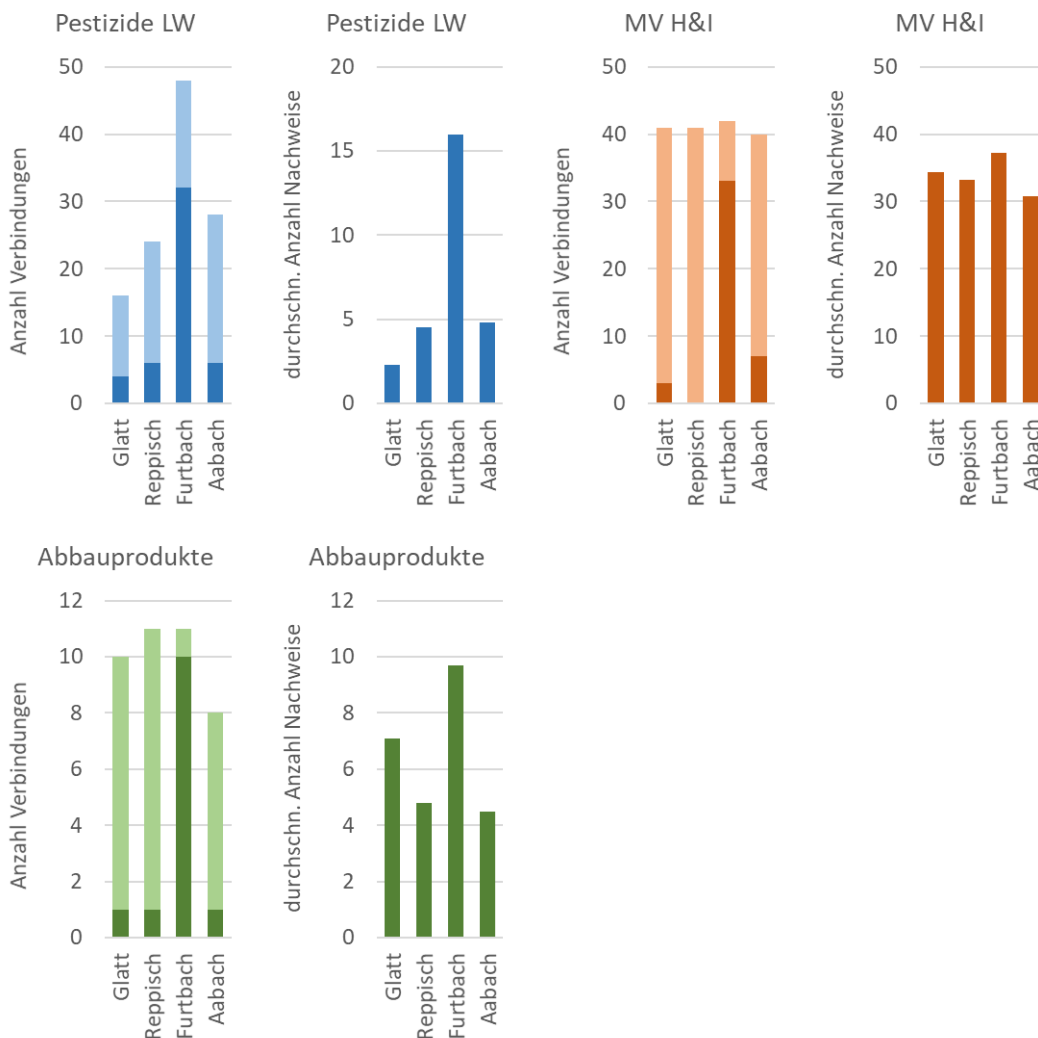
C Nr	Hauptmessstelle	Anzahl Überschreitungen	Verbindung	max. Konz. [µg/l]
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	5	Mecoprop (5)	0.408
912	Reppisch	10	Mecoprop (7)	0.394
			Propamocarb (1)	0.911
			Propiconazol (2)	0.132
913	Furtbach bei Würenlos	36	Mecoprop (10)	0.517
			Metalaxyl (2)	0.146
			Metobromuron (1)	0.185
			Napropamid (5)	0.415
			Propamocarb (9)	1.306
			Propyzamid (8)	1.062
			Pymetrozin (1)	0.141
915	Aabach bei Mönchaltorf	5	Asulam (1)	0.196
			Dimethenamid (1)	0.161
			Mecoprop (2)	0.246
			Propyzamid (1)	0.135
	Summe	56		

**Tab. 17:** Überschreitungen des Anforderungswerts der GSchV von 0.1 µg/l

## 4 Diskussion

### 4.1 Messstellen

Abb. 6 stellt die «Anzahl Verbindungen» und «durchschnittliche Anzahl Nachweise», die in den Zusammenfassungen in den Listen der Pestizide LW, Mikroverunreinigungen H&I und Abbauprodukte in den Tab. 7, Tab. 10 bzw. Tab. 13 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 alle 48, die man im Rahmen dieser Kampagne mindestens einmal fand. Von diesen 48 Pestiziden LW traten deren 15 ausschliesslich im Furtbach auf (Tab. 18 auf der nächsten Seite), von de-

nen 8 bereits im Rahmen der Kampagne im Jahr 2019 nur im Furtbach gefunden wurden [11].

Boscalid	Ethofumesat	Lenacil	Pymetrozine
Cyprodinil	Fludioxonil	Metalaxyl	Pyrimethanil
Deltamethrin	Flufenacet	Metobromuron	Simazin
Dimethomorph	Ioxynil	Penconazol	

**Tab. 18:** Pestizide LW, die ausschliesslich im Furtbach nachgewiesen werden konnten

- Von den 48 Pestiziden LW zeigten zwei Drittel, nämlich 32 ihre höchste Konzentration im Furtbach.
- In der durchschnittlichen Zweiwochenmischprobe des Furtbachs konnten 16.0 Pestizide LW nachgewiesen werden. Bei Glatt, Reppisch und Aabach waren es lediglich 2.3, 4.5 bzw. 4.8 Verbindungen.
- Auch bei den Mikroverunreinigungen H&I zeigt der Furtbach die stärkste Belastung. Zwar konnten in allen Gewässern rund 40 Verbindungen nachgewiesen werden, aber 33 Verbindungen traten im Furtbach in ihrer höchsten Konzentration auf. Das entspricht den Erwartungen, da drei ARA gereinigtes Abwasser in den Furtbach einleiten. Der Furtbach weist von den drei Gewässern denn auch den höchsten Abwasseranteil auf (s. Tab. 3). In Glatt und Aabach zeigten 3 bzw. 7 Verbindungen ihre höchsten Konzentrationen. Der Befund für die Glatt überrascht, da in ihr die Abläufe der Kläranlagen am stärksten verdünnt werden. Zudem verfügen mit den beiden ARA in Dübendorf und Bassersdorf bereits zwei Anlagen im Glatttal über eine zusätzliche Reinigungsstufe, um Mikroverunreinigungen zu eliminieren. Bei den Verbindungen, die in der Glatt in ihrer höchsten Konzentration gefunden wurden, handelte es sich um den antimikrobiellen Wirkstoff Triclosan (der nur in der Glatt nachgewiesen werden konnte) und die beiden künstlichen Süsstoffe Acesulfam und Saccharin.
- Eine Spitzenposition nimmt der Furtbach auch bei den Abbauprodukten ein. So zeigte zum Beispiel der grösste Teil der Verbindungen in ihm ihre höchsten Konzentrationen. Bei der Glatt fällt auf, dass ihre durchschnittliche Probe eine grössere Anzahl an Abbauprodukten enthielt als Reppisch und Aabach, obwohl die Anzahl Pestizide LW in der Durchschnittsprobe der Glatt kleiner war als in den beiden erwähnten Flüssen.

## 4.2 Verbindungen

### 4.2.1 Pestizide Landwirtschaft

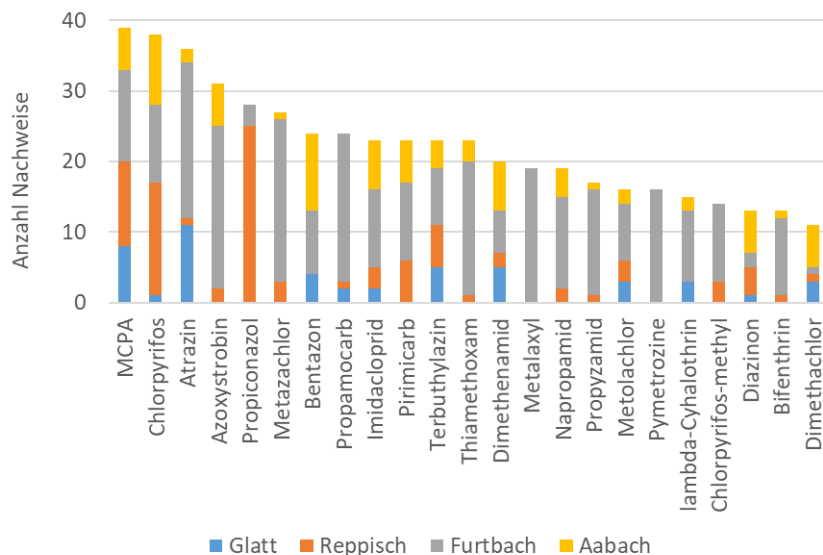
Tab. 19 führt die 10 Pestizide LW auf, die in allen vier Gewässern nachgewiesen werden konnten (s. Tab. 7):

Asulam	Chlorpyrifos	Dimethachlor	Imidacloprid	Metolachlor
Atrazin	Diazinon	Dimethenamid	MCPA	Terbutylazin

**Tab. 19:** Pestizide Landwirtschaft, die in allen vier Gewässern nachgewiesen werden konnten

Abb. 7 auf der nächsten Seite stellt in Form eines Balkendiagramms die Anzahl Nachweise für alle Pestizide LW 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

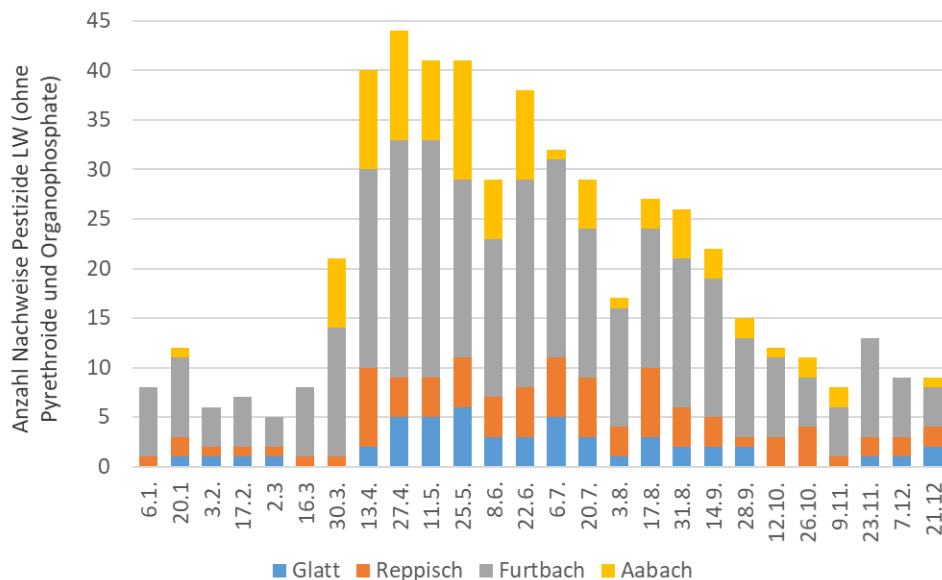
Am häufigsten wurde das Herbizid MCPA nachgewiesen, gefolgt vom Insektizid Chlorpyrifos. Die Verwendung von Chlorpyrifos (und der verwandten Verbindung Chlorpyrifos-methyl, die in der Liste der Häufigkeit der Nachweise an zwanzigster Stelle steht) ist seit dem 1. Juli 2020 verboten. Die maximalen Konzentrationen der beiden Verbindungen waren niedrig und lagen unter ihren jeweiligen CQK.

Das Herbizid Atrazin folgt an dritter Stelle. Auf den ersten Blick erstaunt diese Beobachtung, da die Verwendung dieses Herbizids seit dem Jahr 2012 in der Schweiz verboten ist. Seine maximale Konzentration ist mit 0.014 µg/l aber so tief, dass vermutlich «Altlasten», die nach und nach aus dem Boden ausgewaschen werden, für die Nachweise verantwortlich waren und nicht unerlaubte Anwendungen.

An vierter und fünfter Stelle stehen zwei Fungizide: Azoxystrobin und Propyconazol.

Bei 12 Verbindungen überschritten die maximalen Konzentrationen ihr jeweiliges CQK. Es handelte sich dabei um die 9 Insektizide LW Bifenthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Diazinon, Imidacloprid, lambda-Cyhalothrin, Permethrin, Thiacloprid und Thiamethoxam sowie die 3 Herbizide LW Metazachlor, Nicosulfuron 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 der beiden Monate März und April stieg die Anzahl Nachweise von 5 auf 44. Anschliessend nahm die Anzahl Nachweise kontinuierlich ab, um dann Anfang November 8 Nachweise zu erreichen. In den Monaten November und Dezember schwankte die Anzahl Nachweise zwischen 8 und 13 (Abb. 8 auf der nächsten Seite).



**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

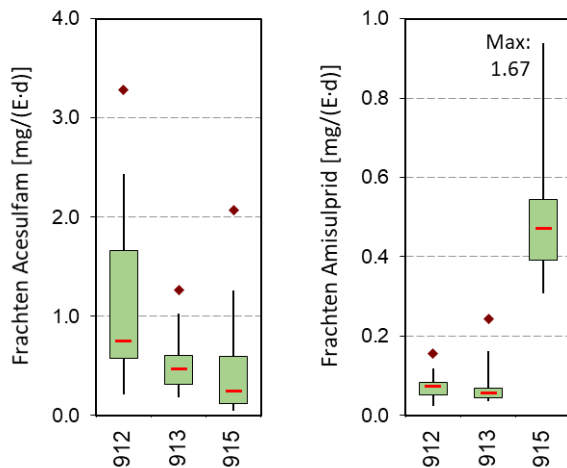
Von den 43 Mikroverunreinigungen H&I, die mindestens einmal nachgewiesen werden konnten, wurden deren 39 an allen vier Messstellen gefunden (s. Tab. 10). Der Betablocker Atenolol konnte nicht im Aabach nachgewiesen werden, das Antikonvulsivum Primidon nicht in der Glatt. Das Desinfektionsmittel Triclosan schliesslich wurde nur in der Glatt gefunden.

Sieben Verbindungen wurden in Konzentrationen oberhalb 1 µg/l gefunden, nämlich der künstliche Süsstoff Sucralose, die beiden Korrosionsschutzmittel Benzotriazol und Methylbenzotriazol, das Antidiabetikum Metformin, das Neuroleptikum Amisulprid, das Schmerzmittel Diclofenac und das Röntgenkontrastmittel Iopromid. Spitzenreiter mit einer Konzentration von 8.6 µg/l, gemessen in einer Probe des Furtbachs, war Sucralose. Fünf Verbindungen traten in Konzentrationen oberhalb ihres CQK auf, nämlich die beiden Antibiotika Azithromycin und Clarithromycin, Diclofenac und die beiden Herbizide Diuron und Terbutryn.

Bezüglich der durchschnittlichen Frachten pro Tag und Einwohner fällt auf, dass in der Glatt rund 45 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.

Zwei Verbindungen zeigten auffällig hohe Frachten (s. Kap. 2.3.2): Acesulfam in der Reppisch und Amisulprid im Aabach. In Abb. 9 auf der nächsten Seite 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 Reppisch und Aabach eine überdurchschnittliche Fracht zeigen (Beschreibung der Grafiken s. Fussnote 9)

Die Grafiken legen nahe, dass nicht einzelne Stösse von Acesulfam und Amisulprid die Ursache für die hohen durchschnittlichen Frachten pro Tag und Einwohner waren, sondern dass die Frachten der Verbindungen in den betreffenden Gewässern allgemein erhöht waren.

## 4.3 Wasserqualität

### 4.3.1 Berücksichtigung aller Qualitätskriterien

In diesem Abschnitt werden die Resultate diskutiert, die man unter Berücksichtigung all jener Verbindungen erhielt, für die ein CQK (s. Anhang) vorliegt (s. Tab. 14). 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. 20 auf der nächsten Seite). Die Wasserqualität des Furtbachs ist schlecht, weil in der Probe vom 20. Juli hohe Konzentrationen an Metazachlor und Propyzamid auftraten. Reppisch und Aabach weisen eine mässige bzw. unbefriedigende Wasserqualität auf, verursacht durch hohe Konzentrationen an Propyzamid.

<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.

C Nr	Messstelle	Herbizide LW	Datum	Verbindung (CRQ > 1)
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	0.3	27.04.	-
912	Reppisch bei Dietikon	1.4	13.04.	Propyzamid (1.4)
913	Furtbach bei Würenlos	21.3	20.07.	Metazachlor (16.5), Propyzamid (4.6)
915	Aabach bei Mönchaltorf	2.1	21.12.	Propyzamid (2.1)

**Tab. 20:** Wasserqualität bezüglich Herbiziden LW

Metazachlor ist seit mehr als dreissig Jahren ein Schlüsselherbizid im Rapsanbau, wird aber auch im Anbau von Freilandgemüse verwendet. Propyzamid wird in Obstkulturen und im Nachauflauf bei Raps verwendet.

### Insektizide LW

Bezüglich der Insektizide weist die Glatt die Wasserqualität «unbefriedigend» auf, Reppisch, Furtbach und Aabach die Wasserqualität «schlecht» (Tab. 21).

C Nr	Messstelle	Insektizide LW	Datum	Verbindung (CRQ > 1)
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	6.5	03.08.	λ-Cyhalothrin (6.4)
912	Reppisch bei Dietikon	14.2	13.04.	Bifenthrin (4.2), Cypermethrin (7.0), Diazinon (1.3)
913	Furtbach bei Würenlos	391.7	06.07.	Bifenth. (7.4), Deltameth. (371.4), λ-Cyhaloth. (5.2), Thiamethoxam (5.7)
915	Aabach bei Mönchaltorf	14.7	22.06.	Cypermethrin (4.7), Permethrin (9.4)

**Tab. 21:** Wasserqualität bezüglich Insektiziden LW

Nach dem Verbot der Organophosphate sind es vor allem die Pyrethroide, die das Wasser belasten. Bifenthrin<sup>10</sup> ist ein Breitbandinsektizid, das saugende und bissende Blattschädlinge bei zahlreichen Nutzpflanzen bekämpft. Cypermethrin wird im Ackerbau, in der Tiermedizin, im Holzschutz und in der Schädlingsbekämpfung im Haus eingesetzt. Deltamethrinhaltige Präparate sind in der Tiermedizin und beim Anbau von Getreide, Raps, Rüben und Kartoffeln sowie auf Wiesen gegen verschiedene bissende Insekten zugelassen. Das Anwendungsspektrum umfasst auch die Verwendung gegen Borkenkäfer bei geschlagenem Holz. 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. Permethrin ist als Wirkstoff in Pflanzenschutzmitteln nicht zugelassen.

Neben den Pyrethroiden traten auch das Neonicotinoid Thiametoxam und der Thiophosphorsäureester Diazinon in Erscheinung. Thiametoxam<sup>11</sup> kommt vor allem in Gewächshäusern zum Einsatz. Diazinon ist seit 2011 nicht mehr als Wirkstoff für Pflanzenschutzmittel zugelassen, seit 2013 dürfen keine Pflanzenschutzmittel mehr mit diesem Wirkstoff verwendet werden. Auch die Abgabe von Biozidprodukten, die den Wirkstoff Diazinon enthalten, ist seit 2011 nicht mehr erlaubt.<sup>12</sup>

<sup>10</sup>Den bifenthrinhaltigen Pflanzenschutzmitteln wurde die Bewilligung entzogen. Die Ausverkaufsfrist läuft bis zum 1. Juli 2021, die Aufbrauchsfrist bis zum 1. Juli 2022.

<sup>11</sup>Die Bewilligung für Pflanzenschutzmittel, die Thiametoxam enthalten, wurde beendet. Die Ausverkaufsfrist läuft bis zum 1. Juli 2021, die Aufbrauchsfrist bis zum 1. Juli 2022.

<sup>12</sup>Diazinon wird noch als Wirkstoff in Hunde- und Katzenhalsbändern genutzt zur Abwehr von Ektoparasiten wie Hunde- und Katzenflöhen.

## Fungizide LW

Die Fungizide werden insgesamt als am wenigsten problematisch beurteilt. In Glatt und Aabach war die Wasserqualität bezüglich dieser Stoffgruppe «sehr gut», in Furtbach und Aabach war sie «gut». Verantwortlich dafür, dass die  $(\sum CRQ)_{max}$  der Fungizide in Reppisch und Furtbach oberhalb 0.1 lagen, waren Azoxystrobin und Propiconazol. 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. Propiconazol<sup>13</sup> gehört zu den Triazolen. Sein Haupteinsatzgebiet liegt beim Anbau von Getreide.

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 nicht berücksichtigt. Falls sich dies in Zukunft ändert, könnten die Qualitätskriterien allenfalls deutlich verschärft werden.

## Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie

Fünf Verbindungen zeigten einen CRQ grösser als 1: Azithromycin, Clarithromycin, Diclofenac, Diuron und Terbutryn (s. Tab. 10). Bei den  $(\sum CRQ)_{max}$  der Mikroverunreinigungen H&I waren die drei Verbindungen Azithromycin, Diclofenac und Diuron beteiligt (Tab. 22):

C Nr	Messstelle	MV H&I	Datum	Verbindung (CRQ > 1)
907	Glatt vor Rhein: NADUF 1'824	8.2	23.11.	Azithromycin (1.4), Diclofenac (5.9)
912	Reppisch bei Dietikon	16.4	23.11.	Azithromycin (1.7), Diclofenac (14.2)
913	Furtbach bei Würenlos	26.9	23.11.	Azithromycin (4.8), Diclofenac (20.3)
915	Aabach bei Mönchaltorf	17.4	13.04.	Azithromycin (1.8), Diclofenac (13.7), Diuron (1.1)

Tab. 22: Wasserqualität bezüglich Mikroverunreinigungen H&I

Die Zahlen bestätigen die Erwartung, dass die Belastung eines Gewässers mit Mikroverunreinigungen H&I zunimmt, je grösser der Anteil Abwasser (s. Tab. 3) ist (Abb. 10):

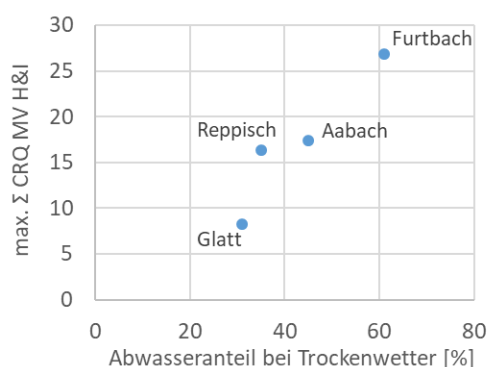


Abb. 10: Summe CRQ vs. Anteil Abwasser bei Trockenwetter

<sup>13</sup>Die Bewilligung für propiconazolhaltige Pflanzenschutzmittel wurde beendet. Die Ausverkaufsfrist läuft bis zum 1. Juli 2021, die Verbrauchsfrist bis zum 1. Juli 2022.

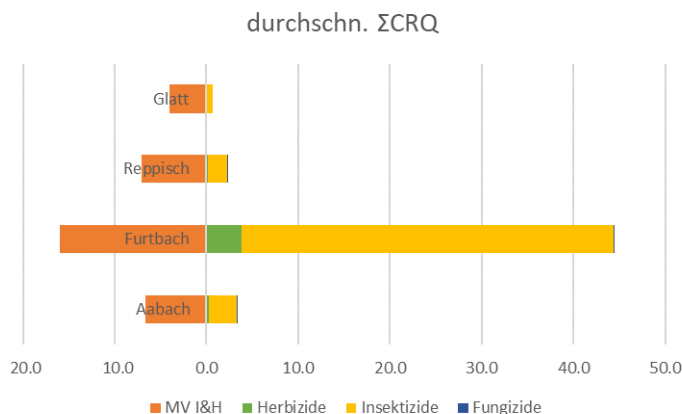
Azithromycin und Clarithromycin sind zwei Antibiotika aus der Gruppe der Makrolide; beide sind Derivate des Erythromycins. Diclofenac ist ein Wirkstoff aus der Gruppe der nicht-steroidalen Entzündungshemmer mit schmerzlindernden, fiebersenkenden und entzündungshemmenden Eigenschaften. Die Herbizide Diuron und Terbutryn kommen als Algizide zum Einsatz, beispielsweise in Farben für Fassadenanstriche.

### Abbauprodukte

Die Abbauprodukte werden nicht als problematisch beurteilt. Im Furtbach wurde mit 0.4 das höchste  $(\Sigma CRQ)_{max}$  erreicht. Verantwortlich für diesen Wert waren zu etwa gleichen Teilen zwei Abbauprodukte des Metazachlors, Metazachlor OXA und Metazachlor ESA.

### Durchschnittliche Summen der CRQ

Abb. 11 zeigt die  $\overline{CRQ}(HMS_p, G_s)$  für die vier Gruppen s der Mikroverunreinigungen (s. Tab. 15), wobei die Belastung durch die Mikroverunreinigungen H&I 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, Reppisch und Aabach 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 mittels 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 Deltamethrins in der Probe vom 6. Juli (s. Tab. 21) zu einem hohen Durchschnitt der  $\Sigma CRQ$  der Insektizide führt.

### 4.3.2 Berücksichtigung Qualitätskriterien GSchV

In diesem Abschnitt werden die Unterschiede zwischen Tab. 14 und Tab. 16 diskutiert (s. Kap. 3.2.2). Während die Resultate in Tab. 14 auf allen Verbindungen beruhen, für die ein CQK vorlag, wurden für die Resultate in Tab. 16 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 2.1 auf 1.2 ab, weil in der GSchV kein spezifischer Anforderungswert für Propyzamid festgehalten ist. Damit ändert sich die Wasserqualität von «unbefriedigend» zu «mässig». Für das  $(\Sigma CRQ)_{max}$  von 1.2 ist Nicosulfuron verantwortlich, das in der Probe vom 22. Juni ein CRQ von 1.1 erreichte. Auch beim Furtbach sinkt die  $(\Sigma CRQ)_{max}$  der Herbizide um 4.6, weil in der GSchV kein CQK für Propyzamid vorgesehen ist.

Die Unterschiede bei den  $(\Sigma CRQ)_{max}$  der Insektizide sind dadurch verursacht, dass in der GSchV spezifische Anforderungswerte für Bifenthrin, Deltamethrin, lambda-Cyhalothrin und Permethrin fehlen. Aus diesem Grund wechselt bezüglich der Insektizide die Beurteilung der Wasserqualität von Reppisch, Furtbach und Aabach von «schlecht» zu «unbefriedigend».

Bei den Fungiziden ändert die  $(\Sigma CRQ)_{max}$  der Reppisch von 0.12 («gut») zu 0.06 («sehr gut»), weil in der Beurteilung nach GSchV das CQK von Propiconazol nicht berücksichtigt wird.

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 – insbesondere das Diclofenac – 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 56 Mal überschritten (s. Tab. 17). Alle 4 Messstellen waren von Überschreitungen betroffen. Am meisten Überschreitungen traten in den Proben des Furtbachs auf (36), gefolgt von den Proben der Reppisch (10). In den Proben der Glatt und des Aabachs wurde der Anforderungswert je 5 Mal überschritten.

Für die 56 Überschreitungen waren 10 Verbindungen verantwortlich, wobei 4 davon (Metalaxyl, Metobromuron, Napropamid und Pymetrozin) nur im Furtbach in einer Konzentration oberhalb 0.1 µg/l auftraten. Mecoprop, Propamocarb und Propyzamid überschritten in mehreren Gewässern den Anforderungswert; Propiconazol wurde nur in der Reppisch, Asulam und Dimethenamid nur im Aabach in einer Konzentration oberhalb 0.1 µg/l gefunden. Am meisten Überschreitungen zeigte Mecoprop (24).

## 5 Dank

Die Untersuchungen bei den Hauptmessstellen «Glatt vor Rhein», «Furtbach bei Würenlos» und «Aabach bei Mönchaltorf» wurden mit Unterstützung des Bundesamts für Umwelt Bafu im Rahmen der Nationalen Beobachtung Oberflächengewässerqualität NAWA durchgeführt.



## 6 Literatur

- [1] Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL. Baudirektion Kanton Zürich (2020): *Konzept zur Untersuchung der Oberflächengewässer. Messprogramm 2018 bis 2021.*
- [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 (2021): *Untersuchung der organischen Mikroverunreinigungen in den Mischproben der Hauptmessstellen an Glatt, Furtbach, Aabach und Jonen im Jahr 2019.*
- [12] 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.*
- [13] 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.*

# Anhang: Untersuchte Verbindungen

## 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. 23:** Untersuchte Pestizide LW (ohne Pyrethroide und Organophosphate)

## Pestizide: Pyrethroide und Organophosphate

Pyrethroide und Organophosphate	Wirkstoffgruppe	I	GSchV†	CQK [ng/l]
Bifenthrin	Insektizid	1		0.019
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. 24:** Untersuchte Pyrethroide und Organophosphate

## 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

Mikroverunreinigungen H&I	Substanzart	MV H&I	GSchV†	CQK [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]
Sulfamethoxazol	Medikamente, Hormone	1		0.6
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. 25:** Untersuchte Mikroverunreinigungen H&I

## Abbauprodukte

Abbauprodukte	Art Muttersubstanz	Abbaupr.	CQK [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]
2,6-Dichlorbenzamid	Herbizid	1	
Acetylsulfamethoxazol	Medikament	1	
Desethylatrazin	Herbizid	1	
Desethylterbuthylazin	Herbizid	1	
Desphenyl-Chloridazon	Herbizid	1	250
Dimethenamid_ESA	Herbizid	1	
Metazachlor_ESA	Herbizid	1	0.7
Metazachlor_OXA	Herbizid	1	0.7
Methyl-desphenylchloridazon	Herbizid	1	37
Metolachlor_ESA	Herbizid	1	2.7
Metolachlor_OXA	Herbizid	1	2.7
N-Acetyl-4-aminoantipyrin	Medikament	1	
N-Formyl-4-aminoantipyrin	Medikament	1	
Propachlor_ESA	Herbizid	1	
Propachlor_OXA	Herbizid	1	

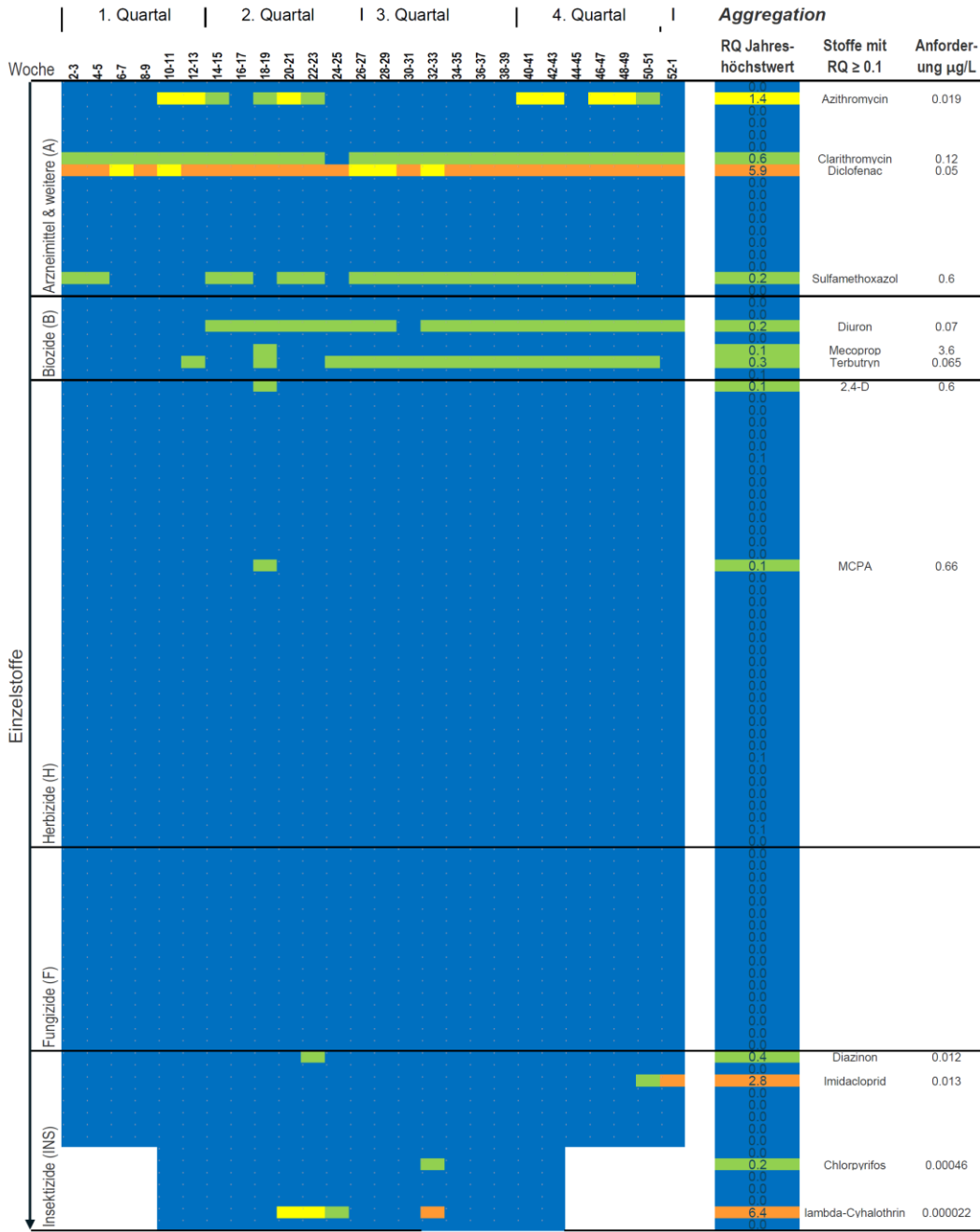
**Tab. 26:** Untersuchte Abbauprodukte

# Anhang: Stellenblätter

## Glatt vor Rhein

Glatt vor Rhein  
2020 - Messstelle 907 (1824 Naduf-Station)  
Mikroverunreinigungen in 14-Tages-Mischproben

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



### Mischungstoxizität Wirkstoffgruppen

A, B	4.6	5.1	2.5	3.0	3.4	4.6	3.6	4.0	4.3	4.7	3.4	2.9	1.9	2.6	3.2	2.6	3.5	2.9	4.6	5.7	5.8	3.8	6.4	8.2	4.3	2.1
H	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
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	0.0	0.0	0.1	1.4	2.3	0.8	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.8

### Mischungstoxizität taxonomische Gruppen

P	0.7	0.8	0.5	0.4	1.5	1.6	0.7	0.5	1.5	1.7	1.2	0.7	0.7	0.8	0.7	1.0	0.8	1.0	2.1	2.1	0.6	1.8	2.2	1.5	0.4	
I	4.5	5.0	2.4	2.9	3.4	4.3	3.4	3.6	3.8	5.6	5.4	3.3	1.4	2.1	2.8	8.6	3.0	2.4	3.9	5.3	5.4	3.4	5.9	7.7	4.7	5.3
V	3.9	4.4	2.0	2.6	2.0	3.0	3.0	3.5	3.1	3.1	2.4	2.4	1.3	2.0	2.6	2.0	2.6	2.2	3.7	3.7	3.8	3.3	4.6	6.1	2.8	2.4

### Jahresbeurteilung

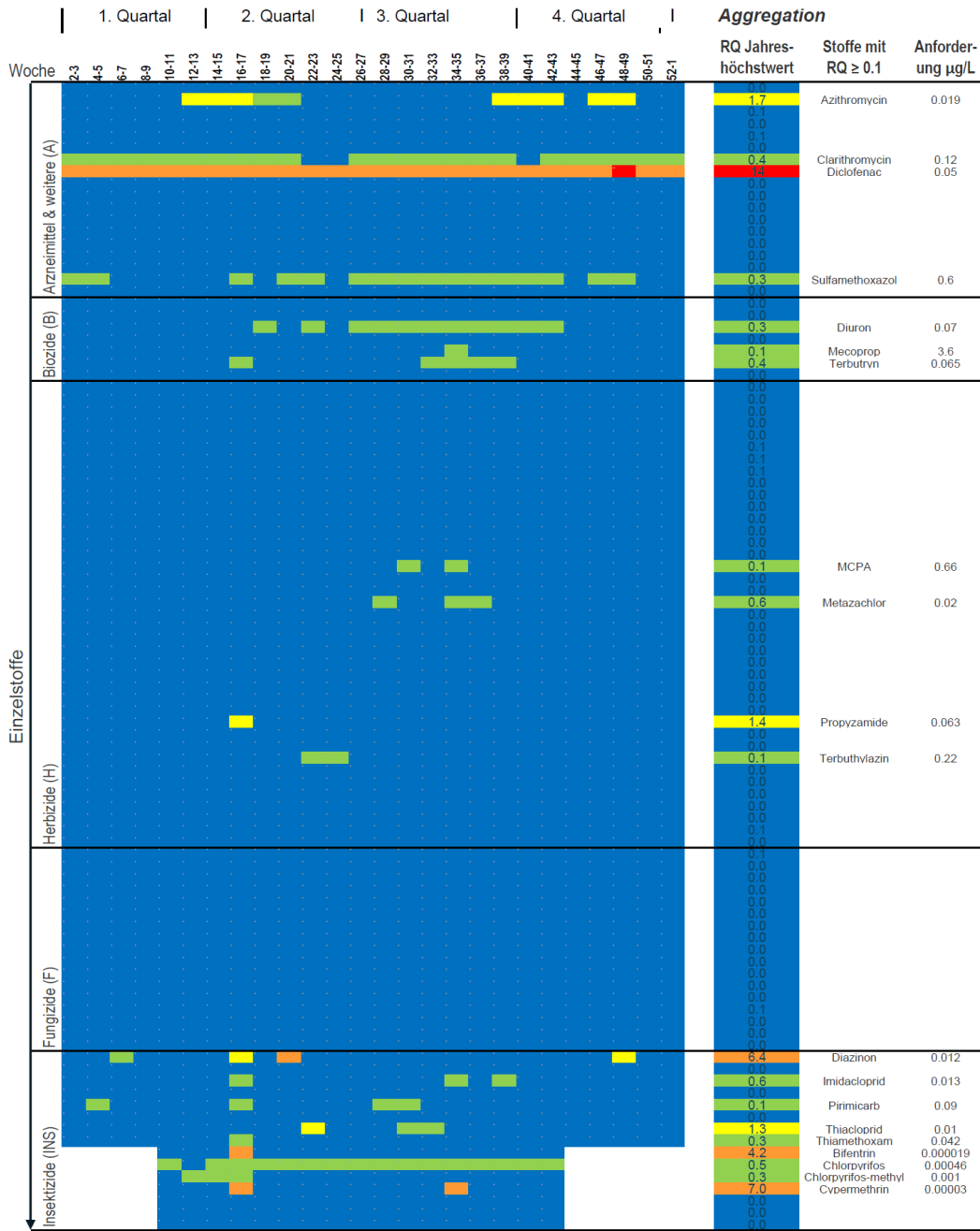
- 8.2** Arzneimittel, Biozide, ...
- 0.3** Herbizide
- 0.0** Fungizide
- 6.5** Insektizide
- 2.2** Pflanzen
- 8.6** Invertebraten
- 6.1** Vertebraten

# Reppisch bei Dietikon

Reppisch bei Dietikon  
2020 - Messstelle 912

Mikroverunreinigungen in 14-Tages-Mischproben

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



### Mischungstoxizität Wirkstoffgruppen

A, B	8.0	7.1	2.9	3.9	2.6	5.7	7.7	9.6	5.7	7.6	8.2	5.8	3.6	4.9	8.3	6.1	7.6	4.6	1.0	9.5	4.7	1.0	3.7	4.6
H	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
F	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
INS	0.0	0.1	0.7	0.0	0.3	0.3	0.5	0.5	6.8	1.8	0.4	0.4	0.5	1.3	5.4	0.2	0.8	0.3	0.2	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0

### Mischungstoxizität taxonomische Gruppen

P	0.5	0.6	0.3	0.3	0.3	1.5	1.7	3.5	1.6	1.4	0.8	0.4	0.7	1.2	1.0	1.0	1.9	1.4	2.5	2.2	2.1	0.4	1.6	2.1	0.2	0.3
I	7.9	7.2	3.5	3.4	2.8	5.9	8.1	6.0	1.0	9.7	6.3	3.8	5.2	9.3	6.8	4.5	1.0	9.5	4.7	1.0	3.7	4.6				
V	7.5	6.5	2.6	3.7	2.4	4.2	6.1	7.6	4.4	6.4	7.7	5.7	3.3	4.4	7.7	5.3	6.6	4.0	1.0	8.8	7.6	4.5	9.2	1.0	3.6	4.4

### Jahresbeurteilung

<b>16</b>	Arzneimittel, Biozide, ...
<b>1.4</b>	Herbizide
<b>0.1</b>	Fungizide
<b>14</b>	Insektizide
<b>3.5</b>	Pflanzen
<b>19.0</b>	Invertebraten
<b>14.4</b>	Vertebraten

22.04.2021



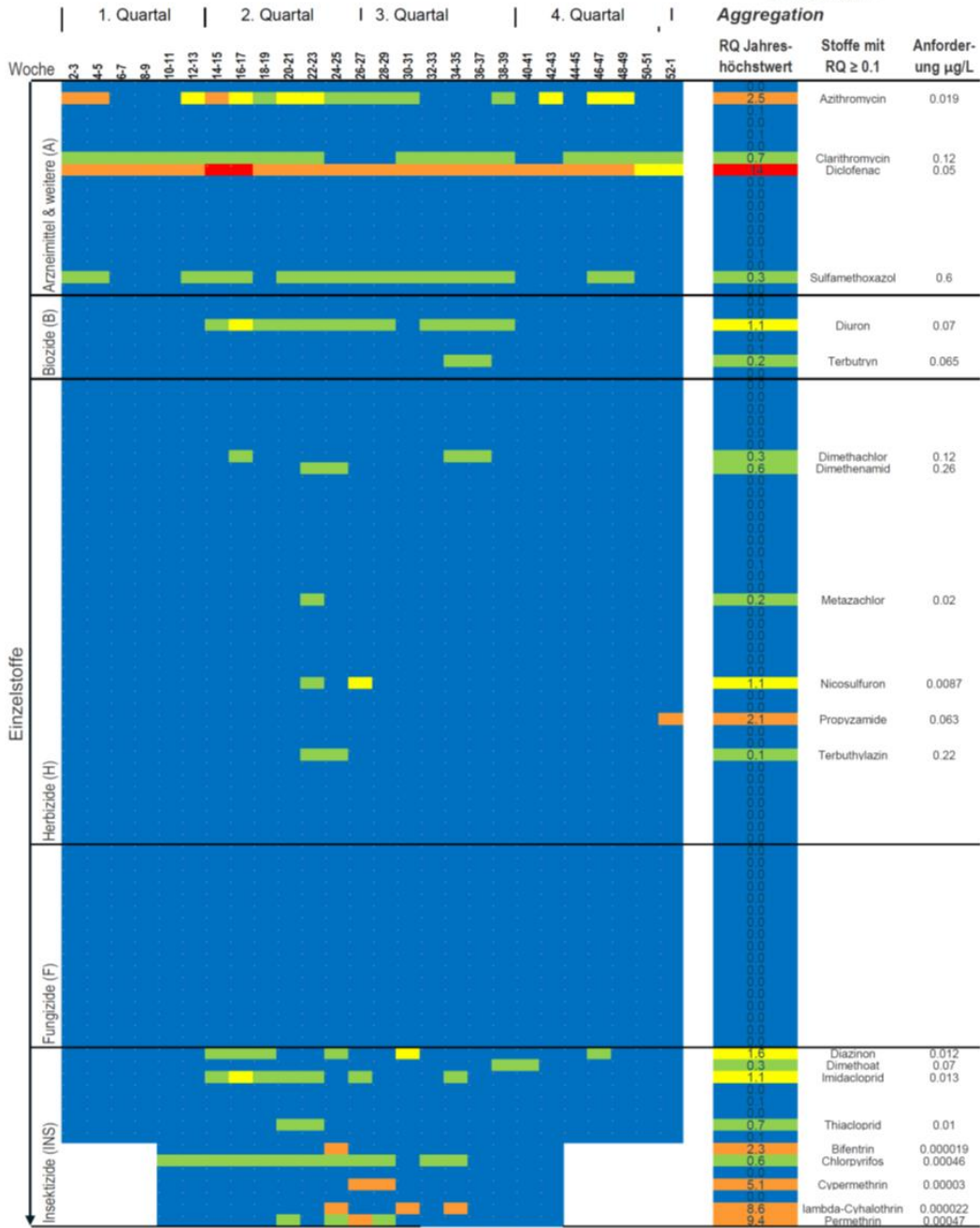
# Aabach bei Mönchaltorf

## Aabach Mönchaltorf

2020 - Messstelle 915

Mikroverunreinigungen in 14-Tages-Mischproben

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



### Mischungstoxizität Wirkstoffgruppen



### Mischungstoxizität taxonomische Gruppen



### Jahresbeurteilung

- 17** Arzneimittel, Biozide, ...
- 2.1** Herbizide
- 0.0** Fungizide
- 15** Insektizide
- 4.3** Pflanzen
- 19.2** Invertebraten
- 13.9** Vertebraten

22.04.2021