

# Untersuchung der Mikroverunreinigungen in kleinen Fließgewässern 2018

---

Zusammenfassung.....	3
1 Einleitung.....	4
2 Methode.....	5
2.1 Probenahme.....	5
2.1.1 Messstellen.....	5
2.1.2 Programm Probenahme.....	5
2.2 Untersuchte Verbindungen.....	5
2.3 Auswertung der Messresultate.....	6
2.3.1 Häufigkeit der Nachweise und maximale Konzentrationen.....	6
2.3.2 Bestimmung der Wasserqualität mittels Qualitätskriterien.....	6
2.3.3 Überschreitungen des Anforderungswerts von 0.1 µg/l.....	7
3 Resultate.....	8
3.1 Pestizide der Landwirtschaft.....	8
3.1.1 Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen.....	8
3.1.2 Jahreszeitlicher Verlauf der Belastung.....	9
3.2 Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie.....	9
3.3 Wasserqualität gemäss Qualitätskriterien.....	10
3.4 Nachweise oberhalb 0.1 µg/l.....	11
4 Diskussion.....	12
4.1 Messstellen.....	12
4.2 Verbindungen.....	14
4.2.1 Pestizide LW.....	14
4.2.2 Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie.....	15
4.3 Wasserqualität.....	15
4.3.1 Berücksichtigung aller CQK.....	15
4.3.2 CQK GSchV.....	17
4.3.3 Überschreitungen des Anforderungswerts der GSchV von 0.1 µg/l.....	18
Anhang	
– Untersuchte Verbindungen	
· Pestizide LW ohne Pyrethroide und Organophosphate	
· Pyrethroide und Organophosphate	
· Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie	
– Abfluss Aabach Mönchaltorf 2018	
– Niederschlag Mönchaltorf 2018	
Stellenblätter	

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Mischprobensammler für kleine Fließgewässer .....	5
Abb. 2: Vergleich der Belastung der Proben der fünf Messstellen mit Pestiziden und Mikroverunreinigungen H&I .....	12
Abb. 3: Einfluss Anteil Landwirtschaft auf Anzahl Nachweise Pestizide LW .....	12
Abb. 4: Einfluss Anteil Siedlungsgebiet auf Anzahl Nachweise Mikroverunreinigungen H&I.....	13
Abb. 5: Jahreszeitlicher Verlauf der Anzahl Nachweise der Pestizide LW (ohne Pyrethroide und Organophosphate) bei allen fünf Messstellen (Balken) sowie Verlauf der Niederschläge bei Mönchaltorf (Linie).....	14
Abb. 6: Überschreitungen des Anforderungswerts von 0.1 µg/l .....	18

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Charakterisierung der Messstellen.....	5
Tab. 2: Schema für die Beurteilung der Wasserqualität .....	7
Tab. 3: Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen der Pestizide LW .....	8
Tab. 4: Anzahl nachgewiesener Pestizide LW in den zwölf Zweiwochenperioden bei allen Messstellen ...	9
Tab. 5: Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen der Mikroverunreinigungen H&I .....	10
Tab. 6: Wasserqualität bezüglich aller Herbiziden LW, Insektiziden LW, Fungiziden LW und Mikroverunreinigungen H&I, für die CQK vorliegen .....	10
Tab. 7: Wasserqualität bezüglich Herbiziden LW, Insektiziden LW, Fungiziden LW und Mikroverunreinigungen H&I gemäss GSchV .....	10
Tab. 8: Überschreitungen des Anforderungswert GSchV von 0.1 µg/l .....	11
Tab. 9: Wasserqualität bezüglich Herbiziden LW .....	15
Tab. 10: Wasserqualität bezüglich Insektiziden LW .....	16
Tab. 11: Wasserqualität bezüglich Mikroverunreinigungen H&I .....	17
Tab. 12: Untersuchte Pestizide LW (ohne Pyrethroide und Organophosphate) .....	20
Tab. 13: Untersuchte Pyrethroide und Organophosphate .....	20
Tab. 14: Untersuchte Mikroverunreinigungen H&I.....	21

Kanton Zürich  
Baudirektion

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

Oberflächengewässerschutz

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

Zürich, 15. Juli 2020

## Zusammenfassung

Im Rahmen eines Pilotprojekts wurden im Jahr 2018 mit fünf Mischprobensammlern, die für die Probenahme in kleinen Fliessgewässern konzipiert worden waren, von März bis September Wochenmischproben erhoben, die im Labor zu Zweiwochenmischproben vereint und auf 72 Pestizide, die hauptsächlich in der Landwirtschaft verwendet werden, sowie 46 Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie untersucht wurden. Die Einzugsgebiete der Messstellen wiesen unterschiedlich hohe Anteile an Landwirtschaft und Siedlungsgebieten auf; keines der Fliessgewässer führte an seiner Messstelle gereinigtes Abwasser mit sich.

Bezüglich der in der Landwirtschaft verwendeten Pestiziden waren der Katzenbach und der Chimlibach am meisten belastet, obwohl der Anteil, den die Landwirtschaft in ihrem jeweiligen Einzugsgebiet einnimmt, nur rund 40 Prozent beträgt. In Riediker- und Aabach, in deren Einzugsgebieten mit Anteilen von 66 bzw. 68 % die Landwirtschaft dominiert, war die Belastung mit Pestiziden geringer, wobei der Aabach stärker belastet war als der Riedikerbach. Grund für die stärkere Belastung des Aabachs könnte sein, dass er ein wesentlich grösseres Gebiet entwässert als der Riedikerbach. Über alle Messstellen hinweg zeigte die Belastung mit Pestiziden einen deutlichen Jahresverlauf: von März bis Juni stieg die Anzahl nachgewiesener Pestizide um das zweieinhalbfache an, um dann gegen den September hin wieder zu sinken.

Am geringsten mit landwirtschaftlichen Pestiziden belastet war der Leutschenbach, der grösstenteils durch Siedlungsgebiete fliesst. Der hohe Anteil Siedlungsgebiete in seinem Einzugsgebiet ist sicher auch der Grund dafür, dass er die stärkste Belastung mit Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie zeigte. Mit steigendem Anteil Siedlungsgebiete in den Einzugsgebieten stieg auch die Anzahl Nachweise dieser Mikroverunreinigungen in den Bächen.

Für die Beeinträchtigung der Wasserqualität waren bei den Herbiziden hauptsächlich Nicosulfuron, Metazachlor, Metolachlor und Terbutylazin verantwortlich. Bei den Insektiziden belasteten Imidacloprid, Thiamethoxam, Chlorpyrifos und lambda-Cyhalothrin das Wasser. Die Fungizide wurden als am wenigsten problematisch beurteilt. In allen untersuchten Fliessgewässern war die Wasserqualität bezüglich dieser Stoffgruppe «sehr gut» bis «gut».

Von den Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie wurden die beiden Korrosionsinhibitoren Benzotriazol und Methylbenzotriazol sowie die beiden künstlichen Süsstoffe Acesulfam und Cyclamat am häufigsten nachgewiesen. Die beiden Verbindungen, die die Wasserqualität am meisten beeinträchtigten, waren Diclofenac und Diuron.

# 1 Einleitung

Im Jahr 2018 wurden im Rahmen eines Pilotprojekts Mischprobensammler getestet, die für die Probenahme in kleinen Fließgewässern entwickelt wurden. Fünf Messstellen wurden so ausgewählt, dass sowohl Einzugsgebiete mit hohen Anteilen Landwirtschaft als auch solche mit hohen Anteilen Siedlungsgebiete vertreten waren; eine weitere Bedingung war, dass keines der Fließgewässer an seiner Messstelle gereinigtes Abwasser mit sich führt.

Meteorologisch und hydrologisch gesehen war 2018 ein besonderes Jahr, das wegen Hitze und Trockenheit in Erinnerung bleiben wird: auf einen ausserordentlich warmen und trockenen Frühling folgte einer der niederschlagsärmsten Sommer seit Messbeginn 1864. Die lange Trockenheit, kombiniert mit hohen Temperaturen und der dadurch verstärkten Verdunstung, war die Ursache dafür, dass zahlreiche Fließgewässer sehr wenig Wasser führten oder sogar trocken fielen. Das östliche Mittelland gehörte zu den am stärksten betroffenen Gebieten. Die Trockenheit hielt auf der Alpennordseite bis weit in den Herbst hinein an. Zur Dokumentation von Abfluss und Niederschlag sind im Anhang die entsprechenden Stellenblätter der Messstelle Mönchaltorf zu finden.

Die Mischprobensammler schöpften Wochenmischproben, die im Labor zu Zweiwochenmischproben vereint und auf Pestizide, die in der Landwirtschaft verwendet werden, sowie Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie (H&I) untersucht wurden. Der vorliegende Bericht wertet die Resultate aus, die bei der Messung der Konzentrationen dieser Verbindungen 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?
- 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?
- Wie unterscheiden sich die Resultate bezüglich der unterschiedlichen Nutzungen der Flächen in den Einzugsgebieten?
- Wie wirkten sich die meteorologischen und hydrologischen Besonderheiten des Jahres 2018 auf die Konzentrationen der Mikroverunreinigungen aus?

## 2 Methode

### 2.1 Probenahme

#### 2.1.1 Messstellen

Tab. 1 listet für jede der fünf untersuchten Messstellen die Landeskoordinaten (Ost/Nord), den mittleren Abfluss  $Q_m$  sowie ihre Anteile Landwirtschaft (LW) und Siedlungsgebiete (SE) auf.

C Nr	Messstelle	Ost	Nord	$Q_m$ [l/s]	LW [%]	SE [%]
169	Aabach vor Gossauerbach	2'698'869	1'239'782	424	68.4	14.3
488	Riedikerbach bei Riedikon	2'696'193	1'243'015	232	65.5	13.6
665	Katzenbach vor Leutschenbach	2'684'553	1'252'608	164	41.7	37.8
687	Chimlibach vor Glatt	2'691'350	1'248'475	210	39.8	44.9
703	Leutschenbach bei SF	2'684'550	1'252'469	141	5.6	70.8

Tab. 1: Charakterisierung der Messstellen

Die fünf Messstellen wurden mit Mischprobensammlern für kleine Fließgewässer (Abb. 1) ausgerüstet, die die Entnahme von Wochenmischproben erlauben.



Abb. 1: Mischprobensammler für kleine Fließgewässer

#### 2.1.2 Programm Probenahme

In den Wochen 15 (06.04.2018) bis 38 (21.09.2018) wurden mit den Mischprobensammlern Wochenmischproben gesammelt, und zwar zeitproportional. Im Labor vereinte man die Mischproben von jeweils zwei aufeinanderfolgenden Wochen zu einer Zweiwochenmischprobe. Für jede der fünf Messstellen erhielt man so aus den 24 Wochenmischproben 12 Zweiwochenmischproben, die auf Mikroverunreinigungen hin analysiert wurden.

## 2.2 Untersuchte Verbindungen

Die Zweiwochenmischproben wurden auf eine breite Palette von Verbindungen untersucht. Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf die Auswertung

der Analysenergebnisse 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 72 Verbindungen: 37 Herbizide; 15 Insektizide, davon 4 Pyrethroide und 2 Organophosphate<sup>1</sup>; 19 Fungizide und 1 Begleitstoff. Die Gruppe der Mikroverunreinigungen H&I bestand aus 46 Verbindungen: 3 Herbizide (Diuron, Mecoprop und Terbutryn)<sup>2</sup>, 2 Fungizide (Carbendazim und Irgarol), 8 Verbindungen «Industrie, Haushalt» und 33 Verbindungen «Medikamente, Hormone».

Im Anhang befinden sich drei Listen mit diesen Verbindungen. Die ersten beiden enthalten die Pestizide LW, die dritte die Mikroverunreinigungen H&I. Sofern vorhanden, sind bei den Verbindungen ihre Kriterien für die chronische Toxizität (CQK)<sup>3</sup> angegeben. Diejenigen Verbindungen, deren CQK als Anforderungswert in der Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV)<sup>4</sup> festgehalten ist, sind in der Spalte «GSchV» markiert.

## 2.3 Auswertung der Messresultate

### 2.3.1 Häufigkeit der Nachweise und maximale Konzentrationen

Die Analysenergebnisse wurden dahingehend ausgewertet,

- welche Pestizide LW und Mikroverunreinigungen H&I in den Proben der fünf Messstellen nachgewiesen werden konnten;
- in wie vielen der zwölf 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.

### 2.3.2 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  $CRQ(v,t)$ , den eine Verbindung  $v$  in einer Zweiwochenmischprobe  $t$  aufweist, ist definiert als das Verhältnis ihrer Konzentration  $c_{zw}(v,t)$  in der Probe  $t$  zu ihrem Qualitätskriterium  $CQK(v)$  (Gl. 1):

<sup>1</sup> Die Proben der Wochen 29 (14.07.2018) bis 34 (24.08. 2018) wurden nicht auf Pyrethroide und Organophosphate untersucht.

<sup>2</sup> Die Herbizide Diuron, Mecoprop und Terbutryn gehören zu den Mikroverunreinigungen H&I, weil sie hauptsächlich in Biozidprodukten in Siedlungsgebieten und nicht als Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln verwendet werden.

<sup>3</sup> Datenbank AWEL; zuletzt aufgerufen am 2. Juli 2020

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

$$\text{Gl. 1} \quad \text{CRQ}(v,t) = \frac{c_{\text{ZW}}(v,t)}{\text{CQK}(v)}$$

Will man die Qualität des Wassers einer Zweiwochenmischprobe bezüglich einer Verbindung  $v$  beurteilen, so geschieht dies mit Hilfe des Schemas in Tab. 2.

### Bestimmung der Wasserqualität bezüglich Gruppen von Verbindungen






Die Wasserqualität wurde bezüglich der Pestizide LW und der Mikroverunreinigungen H&I ausgewertet, wobei bei den Pestiziden LW noch die Gruppen der Herbizide LW, der Insektizide LW und der Fungizide LW unterschieden wurden. Für die Bestimmung des Risikos bezüglich der chronischen Toxizität einer Gruppe addierte man für jede der Zweiwochenmischproben  $t$  die  $\text{CRQ}(v_i,t)$  der  $m$  Verbindungen  $v_i$ , die zu der Gruppe gehören (Gl. 2):

$$\text{Gl. 2} \quad \text{CRQ}(G,t) = \sum_{i=1}^m \text{CRQ}(v_i,t)$$

Will man die Qualität des Wassers einer Zweiwochenmischprobe bezüglich einer Gruppe  $G$  von Verbindungen  $v_i$  beurteilen, so geschieht dies mit Hilfe des Schemas in Tab. 2. Die Qualität des Wassers an einer Messstelle bezüglich einer Gruppe  $G$  wird bestimmt, indem für diese Stelle die höchste aller Summen  $\text{CRQ}(G,t)$ , das  $\text{CRQ}_{\text{max}}(G)$ , ermittelt wird. Die Beurteilung geschieht wiederum mit Hilfe des Schemas in Tab. 2.

### Schema für die Beurteilung der Wasserqualität

Das Schema in Tab. 2 zeigt, wie aufgrund der Risikoquotienten CRQ die Wasserqualität bezüglich einer Verbindung oder einer Gruppe von Verbindungen bestimmt wird.

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

Tab. 2: Schema für die Beurteilung der Wasserqualität

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

Für alle organischen Pestizide<sup>5</sup>, 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. 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, und deren Konzentrationen zweitens den Wert von 0.1 µg/l überschritten.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Anh. 2 Ziff. 11 Abs. 3 Nr. 4 GSchV

<sup>6</sup> Dazu gehören auch die Herbizide und Fungizide, die in diesem Bericht zu den Mikroverunreinigungen H&I gezählt werden (s. Kap. 2.2).

## 3 Resultate

### 3.1 Pestizide der Landwirtschaft

#### 3.1.1 Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen

Von den 72 Pestiziden LW, auf die hin die Zweiwochenmischproben untersucht wurden, konnten deren 29 nachgewiesen werden. In Tab. 3 ist für jedes dieser Pestizide und jede der fünf Messstellen festgehalten, in wie vielen der zwölf Mischproben, die man an jeder Stelle erhoben hatte, es gefunden wurde. Die Verbindungen sind nach abnehmender Anzahl Nachweise über alle Messstellen geordnet.

Pestizide	Anzahl Nachweise*					Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [µg/l]†
	169	488	665	687	703			
Atrazin	4	4	<u>12</u>	11	12	5	43	0.046
Bentazon	5	<u>11</u>	9	3		4	28	0.063
Terbuthylazin	7	2	<u>9</u>	7	2	5	27	0.147
Thiamethoxam	7	1		<u>12</u>		3	20	0.404
Metolachlor	5		<u>9</u>	2		3	16	0.351
Metaxyl			1	<u>11</u>		2	12	0.401
Simazin	<u>1</u>		10	1		3	12	0.017
Propamocarb			1	<u>9</u>		2	10	0.750
Cyprodinil	<u>6</u>		3			2	9	0.036
Azoxystrobin		1	<u>7</u>			2	8	0.024
MCPA	2			<u>6</u>		2	8	0.043
Metazachlor			<u>7</u>	1		2	8	0.034
Boscalid			<u>6</u>			1	6	0.042
Dimethenamid	3	<u>1</u>	1	1		4	6	0.189
Epoxiconazole			<u>5</u>			1	5	0.014
Imidacloprid	1			<u>4</u>		2	5	0.048
Pyrimethanil			<u>5</u>			1	5	0.021
Propiconazol			<u>2</u>	2		2	4	0.034
Chlorpyrifos		1	<u>1</u>	1		3	3	0.001
Napropamid			<u>3</u>			1	3	0.014
Propyzamid			<u>3</u>			1	3	0.098
Pymetrozine			<u>3</u>			1	3	0.008
Chlorpyrifos-methyl	1			<u>1</u>		2	2	0.001
Ioxynil				<u>2</u>		1	2	0.021
Isoproturon	<u>1</u>			1		2	2	0.008
Oxadixyl				<u>2</u>		1	2	0.018
Tebuconazol			<u>2</u>			1	2	0.040
lambda-Cyhalothrin				<u>1</u>		1	1	0.001
Nicosulfuron	<u>1</u>					1	1	0.017
Anz. Verbindungen	13	7	20	19	2			
Anz. Nachweise	44	21	99	78	14		256	
durchschn. Anz. NW	3.67	1.75	8.25	6.50	1.17			
Anz. Max	4	2	14	9	0			
Anz. Max > CQK	1		3	3				

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

† Braun hinterlegt: Maximale Konzentration überschreitet CQK

**Tab. 3:** Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen der Pestizide LW

Zu jedem Pestizid ist vermerkt, an wie vielen 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 steht für jede Messstelle die Anzahl Verbindungen, die in ihren zwölf 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 der zweiten Spalte der Tab. 4 ist für jede Periode, in der Proben gesammelt wurden, angegeben, wie viele Pestizide LW in den entsprechenden Zweiwochenmischproben aller fünf Messstellen nachgewiesen werden konnten. Da man nicht alle Proben auf Pyrethroide und Organophosphate untersuchte (s. Kap. 2.2), wurden diese Verbindungen nicht berücksichtigt.

Start Zweiwochenperiode	Anz. Nachweise Pestizide LW
06.04.2018	14
21.04.2018	16
05.05.2018	16
19.05.2018	25
02.06.2018	31
16.06.2018	23
03.07.2018	29
14.07.2018	21
28.07.2018	23
11.08.2018	16
25.08.2018	21
08.09.2018	15

Tab. 4: Anzahl nachgewiesener Pestizide LW in den zwölf Zweiwochenperioden bei allen Messstellen

## 3.2 Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie

Von den 46 Mikroverunreinigungen H&I, auf die hin die Zweiwochenmischproben untersucht wurden, konnten deren 20 nachgewiesen werden. In Tab. 5 ist für jede dieser Verbindungen festgehalten, in wie vielen der zwölf Mischproben, die man an jeder der fünf Messstellen erhoben hatte, sie gefunden wurde. Der Aufbau der Tab. 5 entspricht demjenigen von Tab. 3.

MV H&I	Anzahl Nachweise*					Anz. Stellen	Anz. Nachweise	Max. Konz. [µg/l]†
	169	488	665	687	703			
Acesulfam	12	12	12	12	<u>12</u>	5	60	0.642
Benzotriazol	11	10	12	<u>12</u>	12	5	57	8.376
Methylbenzotriazol	12	8	12	12	<u>12</u>	5	56	3.417
Cyclamat	8	6	12	12	<u>12</u>	5	50	0.318
Metformin	12	3	8	<u>11</u>	11	5	45	0.251
Mecoprop	6		9	<u>11</u>	12	4	38	1.497
DEET	2	<u>7</u>	6	8	7	5	30	0.443
Diuron	2			<u>8</u>	7	3	17	0.107
Saccharin			1	5	<u>10</u>	3	16	0.211
Carbendazim				<u>8</u>	5	2	13	0.019
Sucralose			2	1	<u>6</u>	3	9	0.121
Carbamazepin					<u>7</u>	1	7	0.012
Metoprolol					<u>6</u>	1	6	0.010
Terbutryn				<u>6</u>		1	6	0.016

Paracetamol				<u>2</u>	2	2	4	0.059
Clarithromycin		1		<u>1</u>		2	2	0.018
Diclofenac					<u>2</u>	1	2	0.085
Iopromid				<u>2</u>		1	2	0.111
Bezafibrat	<u>1</u>					1	1	0.025
Venlafaxin					<u>1</u>	1	1	0.010
Anz. Verbindungen	9	7	9	15	16			
Anz. Nachweise	66	47	74	111	124		422	
durchschn. Anz. NW	5.50	3.92	6.17	9.25	10.33			
Anz. Max	1	1	0	9	9			
Anz. Max > CQK				1	1			

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

† *Braun hinterlegt: Maximale Konzentration überschreitet CQK*

**Tab. 5:** Anzahl Nachweise und maximale Konzentrationen der Mikroverunreinigungen H&I

### 3.3 Wasserqualität gemäss Qualitätskriterien

Die Bestimmung der Wasserqualität erfolgte gemäss dem in Kap. 2.3.2 beschriebenen Verfahren. In Tab. 6 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. Dabei wurden alle Verbindungen berücksichtigt, für die ein CQK vorlag (s. Anhang). Die Farben entsprechen dem Schema in Tab. 2.

C Nr	Messstelle	Herbizide LW	Insektizide LW	Fungizide LW	MV H&I
169	Aabach vor Gossauerbach	2.4	1.1	0.1	0.2
488	Riedikerbach bei Riedikon	0.8	0.9	0.0	0.1
665	Katzenbach vor Leutschenbach	2.9	1.2	0.2	0.1
687	Chimlibach vor Glatt	0.5	25.0	0.0	2.6
703	Leutschenbach bei SF	0.1	0.0	0.0	2.0

**Tab. 6:** Wasserqualität bezüglich aller Herbiziden LW, Insektiziden LW, Fungiziden LW und Mikroverunreinigungen H&I, für die CQK vorliegen

Im Anhang befinden sich die Stellenblätter der fünf Messstellen. Zusätzlich zu der Beurteilung der Wasserqualität bezüglich der Herbizide LW, Insektizide LW, Fungizide LW und Mikroverunreinigungen H&I ist auf ihnen auch noch die Beurteilung der Toxizität der Schadstoffe in Bezug auf die Organismen im Wasser dargestellt. Die Organismen werden dabei unterschieden in die drei taxonomischen Gruppen der Pflanzen, Invertebraten (Wirbellose wie z. B. Bachflohkrebs) und Vertebraten (Wirbeltiere wie z. B. Fische).

In Tab. 7 sind wie in Tab. 6 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, wobei diesmal für die Bestimmung der Wasserqualität nur diejenigen Verbindungen berücksichtigt wurden, für die in der GSchV ein Anforderungswert vorgegeben ist (s. Anhang). Die Farben entsprechen dem Schema in Tab. 2.

C Nr	Messstelle	Herbizide LW	Insektizide LW	Fungizide LW	MV H&I
169	Aabach vor Gossauerbach	2.1	1.1	0.1	0.2
488	Riedikerbach bei Riedikon	0.0	0.9	0.0	0.1
665	Katzenbach vor Leutschenbach	2.9	1.2	0.2	0.0
687	Chimlibach vor Glatt	0.5	9.6	0.0	1.6
703	Leutschenbach bei SF	0.1	0.0	0.0	1.9

**Tab. 7:** Wasserqualität bezüglich Herbiziden LW, Insektiziden LW, Fungiziden LW und Mikroverunreinigungen H&I gemäss GSchV

### 3.4 Nachweise oberhalb 0.1 µg/l

In Tab. 8 sind für jede Messstelle diejenigen Verbindungen aufgeführt, für die in der GSchV der Anforderungswert von 0.1 µg/l gilt (s. Kap. 2.3.3), 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.

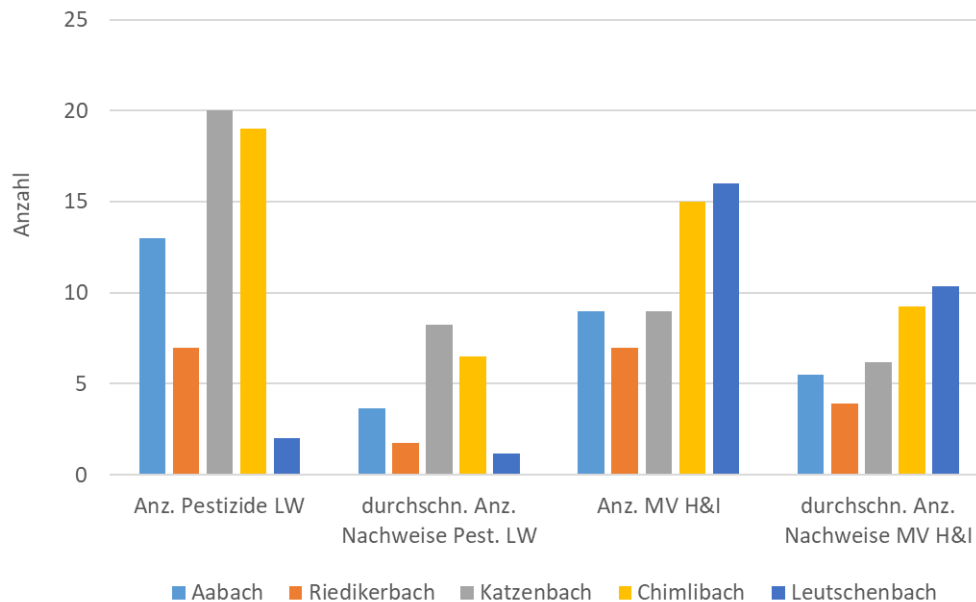
C Nr	Hauptmessstelle	Anzahl Überschreitungen	Verbindung	max. Konz.
169	Aabach vor Gossauerbach	0	-	-
488	Riedikerbach bei Riedikon	1	Dimethenamid	0.189
665	Katzenbach vor Leutschenbach	5	Mecoprop	0.416
687	Chimlibach vor Glatt	14	Mecoprop (8) Metalaxyl (1) Propamocarb (5)	1.497 0.401 0.750
703	Leutschenbach bei SF	10	Mecoprop (10)	0.440
	Summe	30		

**Tab. 8:** Überschreitungen des Anforderungswert GSchV von 0.1 µg/l

## 4 Diskussion

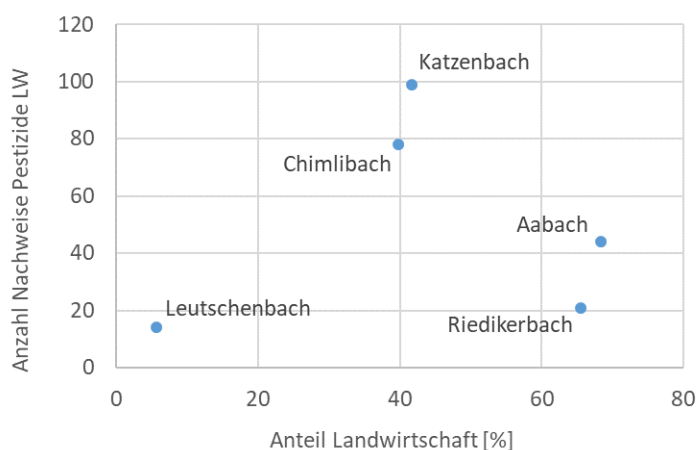
### 4.1 Messstellen

Abb. 2 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. 3 bzw. Tab. 5 zu finden sind, in Form von Balkendiagrammen dar.



**Abb. 2:** Vergleich der Belastung der Proben der fünf Messstellen mit Pestiziden und Mikroverunreinigungen H&I

Abb. 3 stellt die «Anzahl Nachweise» der Pestizide LW in den zwölf Zweiwochenmischproben einer jeden Messstelle (s. Tab. 3) dem Anteil Landwirtschaft gegenüber, den die Messstellen in ihrem jeweiligen Einzugsgebiet (s. Tab. 1) aufweisen.



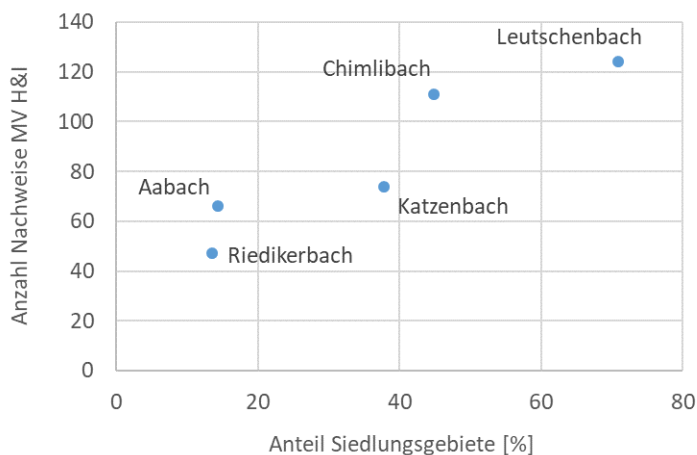
**Abb. 3:** Einfluss Anteil Landwirtschaft auf Anzahl Nachweise Pestizide LW

Aus Abb. 2 und Abb. 3 wird ersichtlich, dass der Katzen- und der Chimlibach bezüglich Pestiziden LW am meisten belastet sind – obwohl der Anteil, den die Landwirtschaft in ihrem jeweiligen Einzugsgebiet einnimmt, nur rund 40 Prozent beträgt. In den Proben der beiden Bäche wurden 20 bzw. 19 Pestizide LW

gefunden, die zu insgesamt 99 bzw. 78 Nachweisen führten. Das bedeutet, dass in der durchschnittlichen Zweiwochenmischprobe dieser beiden Bäche rund 8 bzw. 7 Pestizide LW nachgewiesen werden konnten. Zudem fand man von den 29 Pestiziden LW, die in den Proben aller Messstellen nachgewiesen werden konnten, von 23 die höchsten Konzentrationen in den Proben von Katzenbach und Chimlibach (14 bzw. 9 Verbindungen); von den 7 Maximalwerten, die ein CQK überschritten, wurden je 3 in den Proben des Katzenbachs und des Chimlibachs gemessen (s. Tab. 3).

Der Riedikerbach und der Aabach zeigen eine geringere Belastung mit Pestiziden LW als der Katzenbach und der Chimlibach, obwohl in den Einzugsgebieten ihrer jeweiligen Messstellen mit einem Anteil von 66 bzw. 68 % die Landwirtschaft dominiert (s. Tab. 1). Wie aus Abb. 2 und Abb. 3 ersichtlich wird, weist der Aabach bezüglich Pestiziden eine rund doppelt so hohe Belastung auf wie der Riedikerbach: In den Proben des Aabachs konnten 13 Pestizide nachgewiesen werden, in den Proben des Riedikerbachs hingegen nur 7. Die Anzahl Nachweise in der durchschnittlichen Zweiwochenmischprobe betrug 3.67 bzw. 1.75 Verbindungen. In den Proben des Aabachs traten 4 Verbindungen in ihrer maximalen Konzentration auf, in den Proben des Riedikerbachs nur deren 2 (s. Tab. 3). Grund für die stärkere Belastung des Aabachs könnte sein, dass er ein wesentlich grösseres Gebiet entwässert als der Riedikerbach: Der Abfluss des Aabachs ist mit 424 l/s rund doppelt so hoch wie derjenige des Riedikerbachs mit 232 l/s (s. Tab. 1); daraus kann geschlossen werden, dass das Einzugsgebiet des Aabachs auch etwa doppelt so gross ist wie dasjenige des Riedikerbachs.

Am geringsten ist die Belastung mit Pestiziden LW im Leutschenbach, der grösstenteils durch Siedlungsgebiet fliesst. Nur 2 Pestizide LW konnten in den zwölf Proben, die an seiner Messstelle erhoben wurden, nachgewiesen werden. Der hohe Anteil Siedlungsgebiete im Einzugsgebiet seiner Messstelle ist auch der Grund dafür, dass er mit rund 10 Nachweisen in der durchschnittlichen Probe am stärksten mit Mikroverunreinigungen H&I belastet ist (s. Tab. 5). Abb. 4 zeigt, dass mit steigendem Anteil Siedlungsgebiete in einem Einzugsgebiet (s. Tab. 1) auch die Anzahl Nachweise der Mikroverunreinigungen H&I grösser wird.



**Abb. 4:** Einfluss Anteil Siedlungsgebiet auf Anzahl Nachweise Mikroverunreinigungen H&I

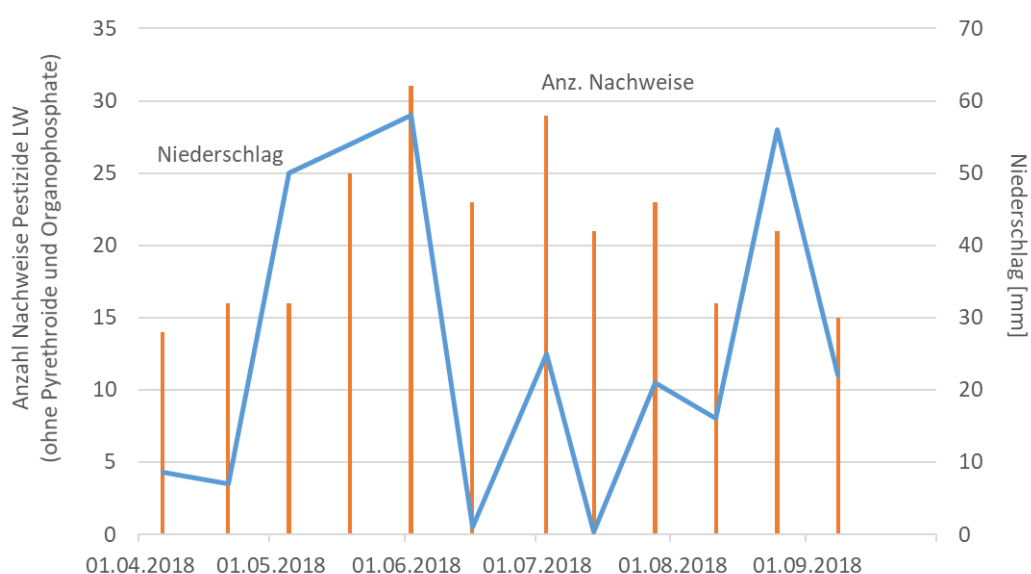
## 4.2 Verbindungen

### 4.2.1 Pestizide LW

Am häufigsten wurde Atrazin nachgewiesen. Das erstaunt, da die Verwendung dieses Herbizids seit dem Jahr 2012 in der Schweiz verboten ist. Da es aber erstens in den Proben von allen fünf Messstellen gefunden wurde, und da zweitens seine maximale Konzentration mit 0.046 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.

Bei 7 Verbindungen überschritten die maximalen Konzentrationen ihr jeweiliges CQK. Es handelte sich dabei um die 4 Insektizide Chlorpyrifos, Imidacloprid, lambda-Cyhalothrin und Thiamethoxam sowie die 3 Herbizide LW Nicosulfuron, 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. 4): von den 14 Nachweisen in den fünf Proben, die Anfang April gesammelt worden waren, stieg die Anzahl gefundener Verbindungen auf 31 in den Proben der ersten Hälfte des Junis, um dann wieder auf 15 im September zu sinken. In Abb. 5 ist dieser Verlauf in Form eines Balkendiagramms dargestellt. Den Balken ist der jahreszeitliche Verlauf der Niederschläge bei Mönchaltorf (s. Anhang) in Form einer Linie überlagert. Die Übereinstimmung der beiden Verläufe legt nahe, dass bei Niederschlägen die Anzahl Nachweise der Pestizide LW in den Gewässern steigt, da die Pestizide bei Regen oberflächlich abgeschwemmt werden oder über Drainagen in die Bäche gelangen. Entsprechend fallen die zwei vierzehntagesperioden im Juni und Juli, die praktisch keine Niederschläge aufwiesen, durch reduzierte Belastungen und demzufolge weniger Nachweise auf.



**Abb. 5:** Jahreszeitlicher Verlauf der Anzahl Nachweise der Pestizide LW (ohne Pyrethroide und Organophosphate) bei allen fünf Messstellen (Balken) sowie Verlauf der Niederschläge bei Mönchaltorf (Linie)

## 4.2.2 Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie

Es überrascht, dass sechs Mikroverunreinigungen H&I in allen fünf Bächen nachgewiesen werden konnten (s. Tab. 5), obwohl keiner von ihnen bei seiner Messstelle gereinigtes Abwasser mit sich führt. Es handelte sich dabei um die beiden Korrosionsinhibitoren Benzotriazol und Methylbenzotriazol, die beiden künstlichen Süsstoffe Acesulfam und Cyclamat sowie das Medikament Metformin und den Repellent DEET.

Benzotriazol und Methylbenzotriazol sowie Acesulfam und Cyclamat waren die vier Mikroverunreinigungen H&I, die am häufigsten nachgewiesen werden konnten. Benzotriazol und Methylbenzotriazol waren auch die Verbindungen, die in den höchsten Konzentrationen auftraten, gefolgt vom Herbizid Mecoprop und Acesulfam. Das Medikament, das am häufigsten (und in der höchsten Konzentration) gefunden wurde, war Metformin.

Das Herbizid Mecoprop trat vorwiegend, die beiden Herbizide Diuron und Terbutryn sowie das Fungizid Carbendazim ausschliesslich in den Bächen auf, die durch Einzugsgebiete im hohem Anteil Siedlungsgebiete fliessen. So wurde Mecoprop in allen Proben des Leutschbachs gefunden. Grund dafür ist, dass Mecoprop sowohl ein Abbauprodukt der Mecopropester ist, die in Dachpapen als Schutz gegen Durchwurzelung eingesetzt werden, als auch als Mittel gegen breitblättrige Unkräuter auf z. B. Sportplätzen verwendet wird. Ebenfalls in Siedlungsgebieten verwendet werden Diuron und Terbutryn. Diese Herbizide werden als Wirkstoffe in Biozidprodukten (Fassadenanstrichen) eingesetzt, um Holz und Mauerwerk vor Algenbefall zu schützen.

Diuron und Diclofenac waren die einzigen Mikroverunreinigungen H&I, die in Konzentrationen oberhalb ihres CQK auftraten.

## 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. 6).

#### Herbizide LW

Bezüglich der Herbizide LW weisen zwei Bäche die Wasserqualität «ungenügend» auf, nämlich der Aabach und der Katzenbach (Tab. 9). Hauptsächlich verantwortlich für die Beeinträchtigung der Wasserqualität sind Nicosulfuron, Metazachlor, Metolachlor und Terbutylazin.

C Nr	Messstelle	Herbizide LW	Datum	Verbindung (CRQ)
169	Aabach vor Gossauerbach	2.4	19.05.	Nicosulfuron (1.99)
488	Riedikerbach bei Riedikon	0.8		
665	Katzenbach vor Leutschenbach	2.9	19.05.	Metazachlor (1.72), Metolachlor (0.51), Terbutylazin (0.67)
687	Chimlibach vor Glatt	0.5		
703	Leutschenbach bei SF	0.1		

Tab. 9: Wasserqualität bezüglich Herbiziden LW

Nicosulfuron ist ein Herbizid aus der Gruppe der Sulfonylharnstoffe und wird im Maisanbau verwendet. Metazachlor ist seit mehr als dreissig Jahren ein Schlüsselherbizid im Rapsanbau. Die Kombination von Metolachlor und Terbutylazin wird häufig im Anbau von Mais angewendet. Propyzamid, dessen CQK ebenfalls überschritten wurde, wird in Obstkulturen und im Nachauflauf bei Raps verwendet.

### Insektizide

Bezüglich der Insektizide weisen der Aabach und der Katzenbach die Wasserqualität «ungenügend» auf, der Chimlibach die Wasserqualität «schlecht» (Tab. 10). Vor allem Imidacloprid, Thiamethoxam, Chlorpyrifos und lambda-Cyhalothrin belasten das Wasser dieser Stellen.

C Nr	Messstelle	Insektizide LW	Datum	Verbindung (CRQ)
169	Aabach vor Gossauerbach	1.1	11.08.	Imidacloprid (0.53), Thiamethoxam (0.51)
488	Riedikerbach bei Riedikon	0.9		
665	Katzenbach vor Leutschenbach	1.2	31.03.	Chlorpyrifos (1.20)
687	Chimlibach vor Glatt	25.0	16.06.	Imidacloprid (1.23), lambda-Cyhalothrin (23.18), Thiamethoxam (0.63)
703	Leutschenbach bei SF	0.0		

Tab. 10: Wasserqualität bezüglich Insektiziden LW

Imidacloprid und Thiamethoxam gehören zu den Neonicotinoiden, die gegen eine Vielzahl von Acker- und Obstschädlingen eingesetzt werden. Lambda-Cyhalothrin gehört zu der Gruppe der Pyrethroide. Es ist gegen eine Vielzahl beiessender und saugender Insekten an Getreide, Raps, verschiedenen Futter- und Ölpflanzen, Gemüse, Teekräutern, Hopfen, an Beerenobst, im Weinbau sowie im Forst zugelassen.

Chlorpyrifos ist äusserst giftig für Menschen und eine Vielzahl von Tieren. Deshalb hat das BLW im Mai 2019 entschieden, allen Pflanzenschutzmitteln mit dem Wirkstoff Chlorpyrifos die Bewilligung zu entziehen. Ab dem 1. Juli 2020 ist ihre Verwendung verboten. In der Vergangenheit waren chlorpyrifoshaltige Produkte für Anwendungen im Acker-, Obst- und Weinbau zugelassen.

### Fungizide LW

Die Fungizide werden insgesamt als am wenigsten problematisch beurteilt. In allen untersuchten Fließgewässern war die Wasserqualität bezüglich dieser Stoffgruppe «sehr gut» bis «gut». Die beiden Verbindungen, die mit den höchsten CRQ in Erscheinung traten, waren Azoxystrobin und Cyprodinil. 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. Cyprodinil gehört zu der Gruppe der Anilino-Pyrimidinen und wird zum Beispiel im Anbau von Weizen und Roggen, im Obstbau sowie im Weinbau 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 aquati-



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

### Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie

Da keines der Gewässer an der Stelle, an der die Mischprobensammler installiert wurden, gereinigtes Abwasser mit sich führte (s. Kap. 2.1.1), erwartete man eine geringe Belastung mit Mikroverunreinigungen H&I (Tab. 11). Beim Chimlibach führten aber in der Probe vom 28. Juli 2018 Diuron, Benzotriazol und Mecoprop zu einer Summe der CRQ von 2.4 und somit zu einer Wasserqualität «unbefriedigend». Die Wasserqualität des Leutschenbachs war ebenfalls unbefriedigend. Verantwortlich dafür war vor allem Diclofenac, das in der Probe vom 11. August 2018 ein CRQ von 1.7 aufwies. Den anderen drei Bächen konnte bezüglich Mikroverunreinigungen H&I die Wasserqualität «gut» oder «sehr gut» attestiert werden.

C Nr	Messstelle	MV H&I	Datum	Verbindung (CRQ)
169	Aabach vor Gossauerbach	0.2		
488	Riedikerbach bei Riedikon	0.1		
665	Katzenbach vor Leutschenbach	0.1		
687	Chimlibach vor Glatt	2.6	28.07.	Diuron (1.52), Benzotriazol (0.44), Mecoprop (0.42)
703	Leutschenbach bei SF	2.0	11.08.	Diclofenac (1.71), Diuron (0.15)

Tab. 11: Wasserqualität bezüglich Mikroverunreinigungen H&I

Diuron wird vor allem als Wirkstoff in Biozidprodukten (Fassadenanstrichen) verwendet, die Holz und Mauerwerk vor Algenbefall schützen sollen; es ist aber auch in Pflanzenschutzmitteln für Obstanlagen und Weinberge zugelassen. Mecoprop kommt ebenfalls verbreitet in Siedlungsgebieten – beispielsweise auf Sportplätzen – zum Einsatz. Es tritt zudem als Abbauprodukt von Mecopropestern in Erscheinung, die in Dachpappen als Durchwurzelungsschutz verwendet werden. Ferner ist Mecoprop als Wirkstoff in Pflanzenschutzmitteln zugelassen, die in der Landwirtschaft Verwendung finden.

### 4.3.2 CQK GSchV

In diesem Abschnitt werden die Unterschiede zwischen Tab. 6 und Tab. 7 diskutiert (s. Kap. 3.3). Während die Resultate in Tab. 6 auf allen Verbindungen beruhen, für die ein CQK vorlag, wurden für die Resultate in Tab. 7 nur diejenigen Verbindungen benützt, deren CQK als Anforderungswert in der GSchV festgehalten sind (s. Anhang).

Beim Riedikerbach nimmt die  $(\Sigma CRQ)_{\max}$  der Herbizide von 0.8 auf 0.0 ab. Damit ändert sich die Wasserqualität von «gut» zu «sehr gut». Grund dafür ist das Dimethenamid, das in der Probe vom 19. Mai 2018 in einer Konzentration von 0.189 µg/l vorlag und für das die GSchV keinen Anforderungswert vorsieht.

Beim Chimlibach änderte bezüglich der Insektizide die  $(\Sigma CRQ)_{\max}$  von 25.0 (alle CQK) auf 9.6 (CQK GSchV); die Wasserqualität verbesserte sich damit von «schlecht» zu «ungenügend». Hier war es das lambda-Cyhalothrin, das in der Probe vom 16. Juni 2018 in einer Konzentration von 0.51 ng/l auftrat (s. Tab. 10) und bei der Beurteilung nach GSchV nicht berücksichtigt wurde. In der Be-

urteilung nach GSchV war es die Probe vom 8. September 2018, die das  $(\Sigma\text{CRQ})_{\text{max}}$  zeigte. Verantwortlich für den Wert von 9.6 war Thiamethoxam.

Bei den Mikroverunreinigungen H&I wechselte die Wasserqualität beim Chimlibach und beim Leutschenbach von «ungenügend» (alle CQK) zu «mässig» (CQK GSchV). Während beim Leutschenbach nur ein kleiner Unterschied in den  $(\Sigma\text{CRQ})_{\text{max}}$  für den Wechsel verantwortlich war, waren es beim Chimlibach Mecoprop und Benzotriazol, die zu der Änderung führten. In der ersten Beurteilung schlugen die beiden Verbindungen mit einem CRQ von 0.42 bzw. 0.44 zu Buche (s. Tab. 11), während sie in der zweiten keinen Beitrag zum  $(\Sigma\text{CRQ})_{\text{max}}$  leisteten. Beide Verbindungen sind in der GSchV nicht spezifisch geregelt.

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

In den insgesamt 60 Zweiwochenmischproben wurde der Anforderungswert der GSchV von 0.1 µg/l (s. Kap. 2.3.3) 30 Mal überschritten (s. Tab. 8). Von den fünf Messstellen waren deren vier von Überschreitungen betroffen; einzig beim Aabach wurde der Anforderungswert immer eingehalten. Am meisten Überschreitungen traten in den Proben des Chimlibachs auf (14), gefolgt von den Proben des Leutschenbachs (10) (Abb. 6).

Für die 30 Überschreitungen waren vier Verbindungen verantwortlich. In mehr als zwei Drittel der Fälle, nämlich 23 Mal, trat Mecoprop in Konzentrationen oberhalb 0.1 µg/l auf. Die Konzentrationen von Propamocarb überschritten den Anforderungswert fünf Mal, Dimethenamid und Metalaxyl je einmal.

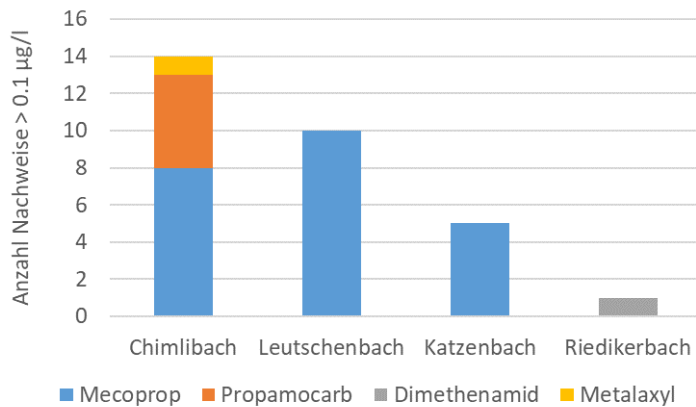


Abb. 6: Überschreitungen des Anforderungswerts von 0.1 µg/l

# Anhang

## Untersuchte Verbindungen

### 1 Pestizide LW ohne Pyrethroide und Organophosphate

Pestizide	Wirkstoffgruppe	H	I	F	GSchV+	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
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
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
Fenpropimorph	Fungizid			1		0.016
Fludioxonil	Fungizid			1		0.1
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
Metalaxyl	Fungizid			1		20
Metamitron	Herbizid	1				4
Metazachlor	Herbizid	1			1	0.02
Methabenzthiazuron	Herbizid	1				
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				0.027
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
Pyrimethanil	Fungizid			1		1.5
Simazin	Herbizid	1				1
Spiroxamin	Fungizid			1		0.063
Tebuconazol	Fungizid			1		0.24
Tebutam	Herbizid	1				5.6

Terbutylazin	Herbizid	1		1	0.22
Thiacloprid	Insektizid		1	1	0.01
Thiamethoxam	Insektizid		1	1	0.042
Thifensulfuron-methyl	Herbizid	1			0.011

\* Datenbank AWEL; zuletzt aufgerufen am 2. Juli 2020

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

**Tab. 12:** Untersuchte Pestizide LW (ohne Pyrethroide und Organophosphate)

## 2 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

\* Datenbank AWEL; zuletzt aufgerufen am 2. Juli 2020

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

**Tab. 13:** Untersuchte Pyrethroide und Organophosphate

## 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		
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
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		

\* Datenbank AWEL; zuletzt aufgerufen am 2. Juli 2020

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

**Tab. 14:** *Untersuchte Mikroverunreinigungen H&I*

Abfluss

Aabach - Mönchaltorf

ZH 527

Koordinaten 2 696 925 / 1 240 800

Stations Höhe 440.0 mÜM

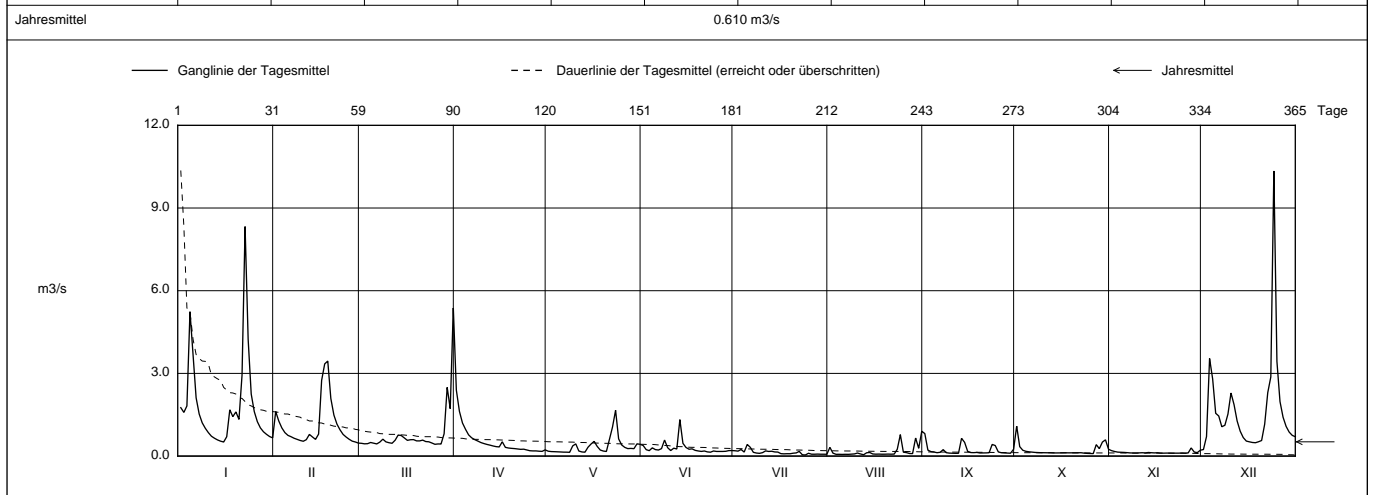
Fläche 46 km2

Start/Ende Zweiwochenmischproben

Mittlere Höhe - mÜM

Vergleitscherung - %

2018		Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	
Tagesmittel	1	1.76	1.62	0.464	2.39 +	0.177	0.385	0.194	0.315	0.816 +	1.09 +	0.197	0.237 -	1
	2	1.59	1.27	0.445	1.62	0.164	0.233	0.180	0.107	0.216	0.343	0.166	0.707	2
	3	1.82	1.02	0.450	1.20	0.160	0.197	0.240	0.064	0.163	0.212	0.144	3.54	3
	4	5.24	0.852	0.494	0.970	0.155	0.299	0.145	0.065	0.147	0.173	0.138	2.80	4
	5	3.69	0.751	0.467	0.770	0.150	0.235	0.423 +	0.061	0.123	0.156	0.134	1.55	5
m3/s	6	2.12	0.704	0.441	0.663	0.143	0.220	0.317	0.065	0.137	0.144	0.126	1.45	6
	7	1.53	0.647	0.507	0.597	0.142	0.271	0.137	0.063	0.235	0.133	0.115	1.07	7
	8	1.21	0.607	0.614	0.546	0.136 -	0.582	0.110	0.071	0.124	0.128	0.112	1.12	8
	9	1.01	0.566	0.516	0.492	0.369	0.306	0.100	0.078	0.108	0.123	0.112	1.53	9
	10	0.852	0.538	0.485	0.455	0.443	0.200	0.125	0.110	0.104	0.122	0.116	2.29	10
	11	0.721	0.596	0.465	0.423	0.184	0.286	0.189	0.077	0.100 -	0.120	0.122	1.86	11
	12	0.647	0.788	0.575	0.397	0.150	0.257	0.168	0.048 -	0.102	0.119	0.114	1.28	12
	13	0.586	0.694	0.764	0.367	0.141	1.32 +	0.175	0.120	0.645	0.114	0.131	0.904	13
	14	0.541	0.606	0.745	0.343	0.321	0.463	0.150	0.131	0.498	0.114	0.122	0.673	14
	15	0.510 -	0.538	0.659	0.332	0.439	0.313	0.145	0.076	0.169	0.115	0.115	0.545	15
+ Maximum	16	0.704	2.75	0.571	0.519	0.534	0.249	0.088	0.070	0.128	0.117	0.122	0.518	16
	17	1.68	3.35	0.593	0.317	0.351	0.262	0.081	0.073	0.125	0.119	0.108	0.494	17
	18	1.43	3.45 +	0.598	0.293	0.220	0.208	0.086	0.068	0.133	0.117	0.106 -	0.485	18
	19	1.60	2.09 +	0.552	0.281	0.183	0.186	0.085	0.069	0.112	0.118	0.109	0.521	19
	20	1.33	1.49	0.551	0.272	0.167	0.169	0.105	0.073	0.114	0.118	0.108	0.565	20
- Minimum	21	2.94	1.16	0.580	0.258	0.608	0.185	0.115	0.069	0.116	0.120	0.107	1.16	21
	22	8.33 +	0.953	0.527	0.245	1.06	0.152	0.170	0.073	0.122	0.122	0.106 -	2.30	22
	23	4.24	0.788	0.519	0.251	1.66 +	0.141 -	0.047	0.248	0.423	0.107	0.106 -	2.87	23
	24	2.25	0.691	0.475	0.223	0.625	0.185	0.041 -	0.779	0.383	0.099	0.113	10.3 +	24
	25	1.61	0.610	0.428 -	0.195	0.404	0.168	0.103	0.141	0.151	0.094	0.108	3.44	25
Monatsmittel	1.78 +	1.10	0.799	0.513	0.358	0.279	0.133	0.170	0.206	0.208	0.132 -	1.65	m3/s	
Maximum (Spitze)	15.0	6.20	8.79	3.08	5.33	4.10	2.08	4.37	3.54	3.19	0.506 -	15.7 +	m3/s	
Datum	22.	17.	31.	1.	21.	8.	5.	23.	13.	29.	27.	24.		
Jahresmittel	0.610 m3/s													



Periode		1980 - 2018											(39 Jahre)	
Monatsmittel		1.15	1.10	1.14	0.974	1.04	1.14	0.918	0.847 -	0.959	0.865	1.04	1.28 +	m3/s
Maximum (Spitze)	Jahr	20.9	21.1	15.8 -	26.5	46.5	33.4	26.6	50.5 +	29.1	20.5	20.2	26.6	m3/s
		2017	2017	2007	1986	1999	2013	2014	2007	2000	1992	2017	2011	
Minimum (Tagesmittel)	Jahr	0.163	0.136	0.188 +	0.141	0.136	0.131	0.041 -	0.048	0.088	0.084	0.089	0.167	m3/s
		1992	1992	1997	2016	2018	1998	2018	2018	2015	2015	2015	2011	
Periode	Grösstes Jahresmittel	1.52 (1981)					Periodenmittel 1.04			Kleinstes Jahresmittel 0.610 (2018)				m3/s

Dauer der Abflüsse (erreicht oder überschritten)														
Tage		1	3	6	9	18	36	55	73	91	114	137	160	
2018		10.3	5.37	3.69	3.44	2.29	1.53	1.02	0.770	0.647	0.546	0.471	0.383	m3/s
1980 - 2018		10.3	6.94	5.24	4.50	3.31	2.26	1.73	1.40	1.18	0.981	0.830	0.715	m3/s
Tage		182	205	228	251	274	292	310	329	347	356	362	365	
2018		0.271	0.214	0.173	0.145	0.125	0.118	0.112	0.102	0.073	0.068	0.061	0.041	m3/s
1980 - 2018		0.624	0.546	0.480	0.418	0.357	0.312	0.275	0.231	0.178	0.142	0.108	0.068	m3/s

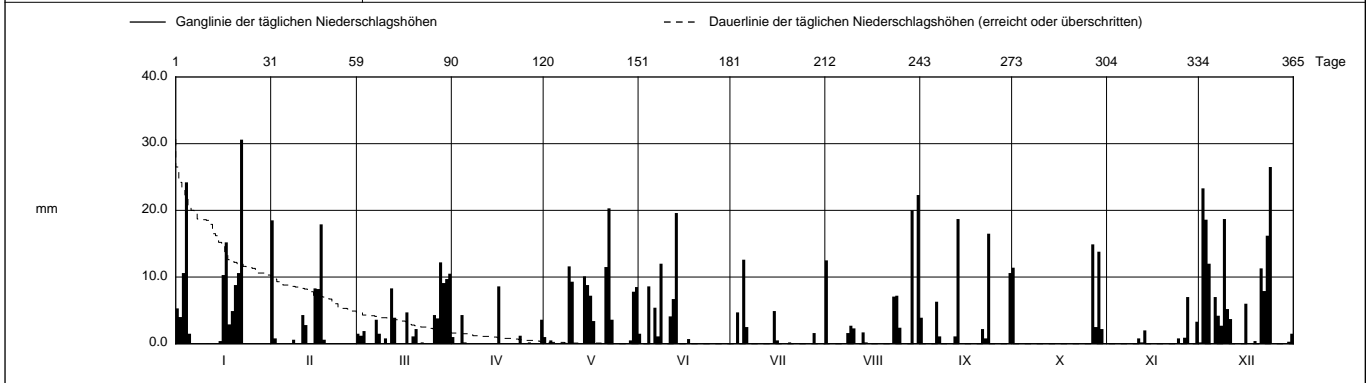
Darstellung nach LHG Standard

Ab 18. Mai 1994 neue Messschwelle (erhöhte Messgenauigkeit).

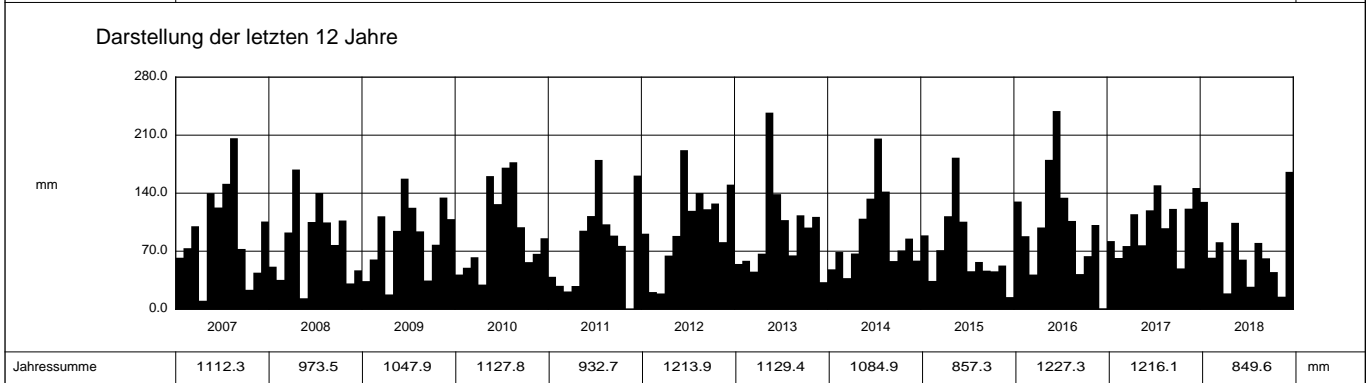
AWEL Hydrometrie

Niederschlag	Regenmesser Mönchaltorf						ZH 527					
	Koordinaten 2 696 925 / 1 240 800						Stations Höhe 440.0 müM			Fläche 46 km2		

2018	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	
1	5.3	18.5 +	1.5	1.0	1.0	1.5	0	12.5	3.9	11.4	0	0.2	1
2	4.0	0.8	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	23.3	2
3	10.6	0	1.9	0	0.5	0	4.7	0	0	0	0	18.6	3
4	24.2	0	0.1	4.3	0	8.6	0	0	0	0	0	12.0	4
5	1.5	0	0	0.2	0	0	12.6 +	0	0	0	0	0	5
6	0	0	0	0	0	5.4	2.5	0	6.3	0	0	7.0	6
7	0	0.1	3.6	0	0	1.1	0	0	1.1	0	0	4.2	7
8	0	0.6	1.5	0	0	12.0	0	1.6	0	0	0	2.7	8
9	0	0	0	0	11.6	0	0	2.7	0	0	0	18.7	9
10	0	0	0.8	0	9.3	0	0	2.3	0	0	0	5.2	10
11	0.1	4.3	0	0	0	4.1	0	0	0	0	0.8	3.7	11
12	0	2.8	8.3	0	0	6.7	0	0	1.1	0	0.2	0	12
13	0	0	3.9	0	0	19.6 +	0	1.7	18.7 +	0	2.0	0	13
14	0	0	0	0	10.1	0	0	0.2	0.1	0	0.1	0	14
15	0.4	8.3	0	0	8.8	0	4.9	0	0	0	0	0	15
16	10.3	8.2	0	8.6 +	7.2	0	0.5	0	0	0	0	6.0	16
17	15.2	17.9	4.7	0	3.4	0.7	0	0	0	0	0	0	17
18	2.9	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
19	4.9	0	1.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.4	19
20	8.8	0	2.2	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	20
21	10.6	0	0.1	0	11.5	0	0	0	2.2	0	0	11.3	21
22	30.6 +	0	0.2	0	20.3 +	0.1	0.1	0	0.8	0	0	7.9	22
23	0.1	0	0.1	1.2	3.6	0	0	7.1	16.5	0	0	16.2	23
24	0	0	0	0	0	0	0	7.2	0.1	0	0.8	26.5 +	24
25	0	0	0	0	0	0	0	2.4	0	0	0	0	25
26	0	0	4.3	0.2	0	0	0	0	0	0	0.9	0	26
27	0	0	3.8	0	0	0	0	0	14.9 +	7.0 +	0	0	27
28	0	0	12.2 +	0	0	0	1.6	0	0	2.5	0	0	28
29	0	0	9.1	0	0.5	0	0	20.0	0	13.8	0	0	29
30	0	0	9.7	3.6	7.8	0	0	0	10.6	2.2	3.3	0.3	30
31	0	0	10.5	0	8.5	0	0	22.3 +	0	0	0	1.5	31
Monatssumme	129.5	62.1	80.8	19.1	104.2	59.8	27.1	80.0	61.4	44.8	15.1 -	165.7 +	mm
Niederschlagstage	12	6	16 +	5	12	8	5	10	8	5	3 -	15	Tage
Niederschlagstage grösser oder gleich als [mm]			139 >= 0.1	57 >= 5	33 >= 10	7 >= 20							Tage
Jahreswerte			Gesamtniederschlag 849.6 mm					Niederschlagstage 105 Tage					



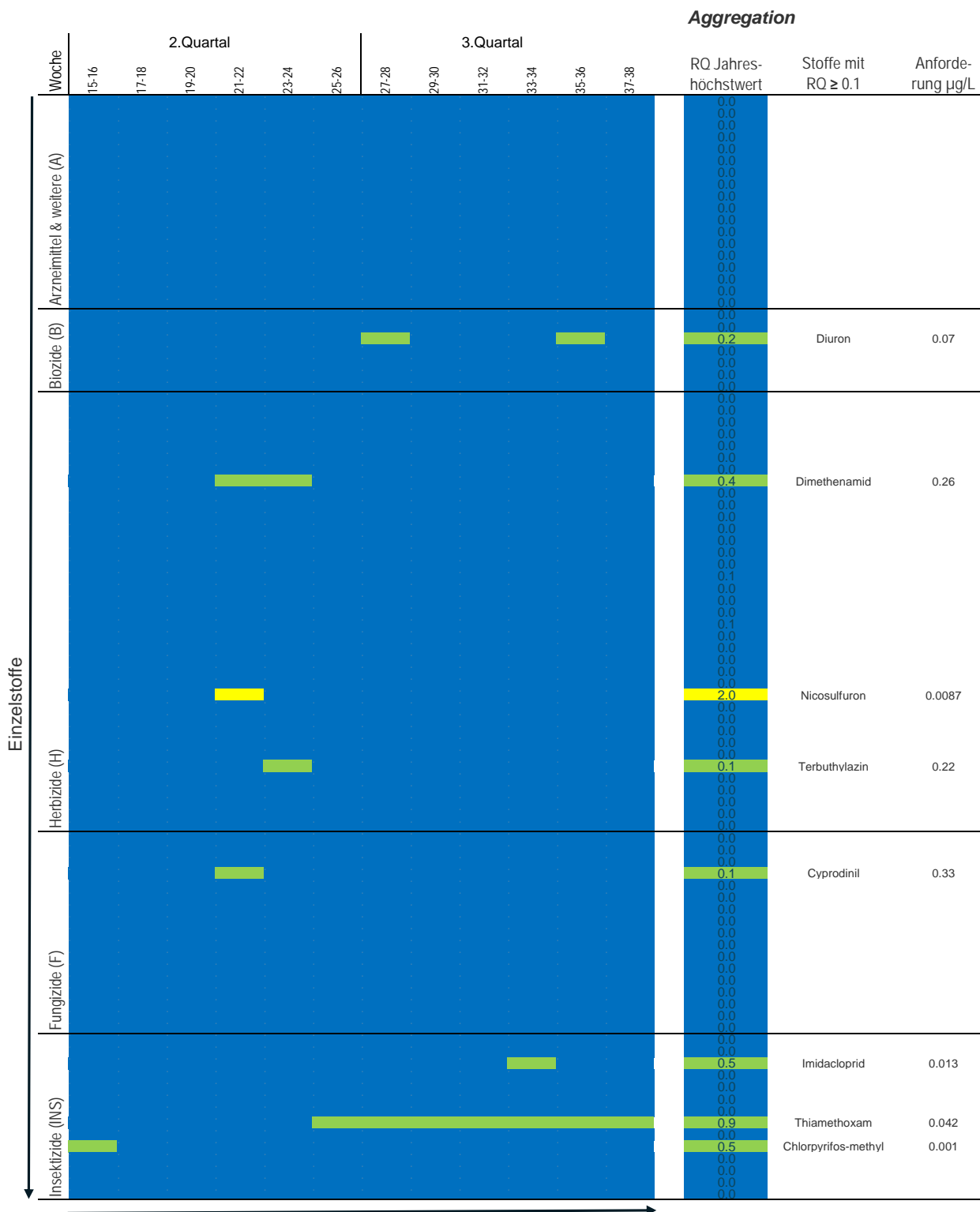
Periode	1980 - 2018 (39 Jahre)												
Mit Monatssumme	70.9	61.7 -	76.4	83.4	115.8	127.7 +	120.1	112.1	98.5	81.9	76.7	82.3	mm
Max Tagessumme	42.8	37.0 -	51.4	43.7	97.0 +	64.5	53.7	84.5	62.5	37.9	41.0	49.6	mm
Jahr	2017	1990	2006	2008	1999	1995	2016	1984	1990	2002	1985	2017	
Periode	Max Gesamtniederschlag 1773.1 (2001)						Min Gesamtniederschlag 810.5 (1997)						mm



Darstellung nach LHG Standard

Jahressumme	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	mm
	1112.3	973.5	1047.9	1127.8	932.7	1213.9	1129.4	1084.9	857.3	1227.3	1216.1	849.6	mm

Ab 2. Sep. 2000 Logger-Aufzeichnung mit Kippwaage und geheiztem Auffanggefäss (erhöhte Messgenauigkeit)



**Mischungstoxizität Wirkstoffgruppen**

A, B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
H	0.0	0.1	0.0	2.4	0.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
F	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
INS	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.6	0.8	1.1	0.6	0.9

**Jahresbeurteilung**

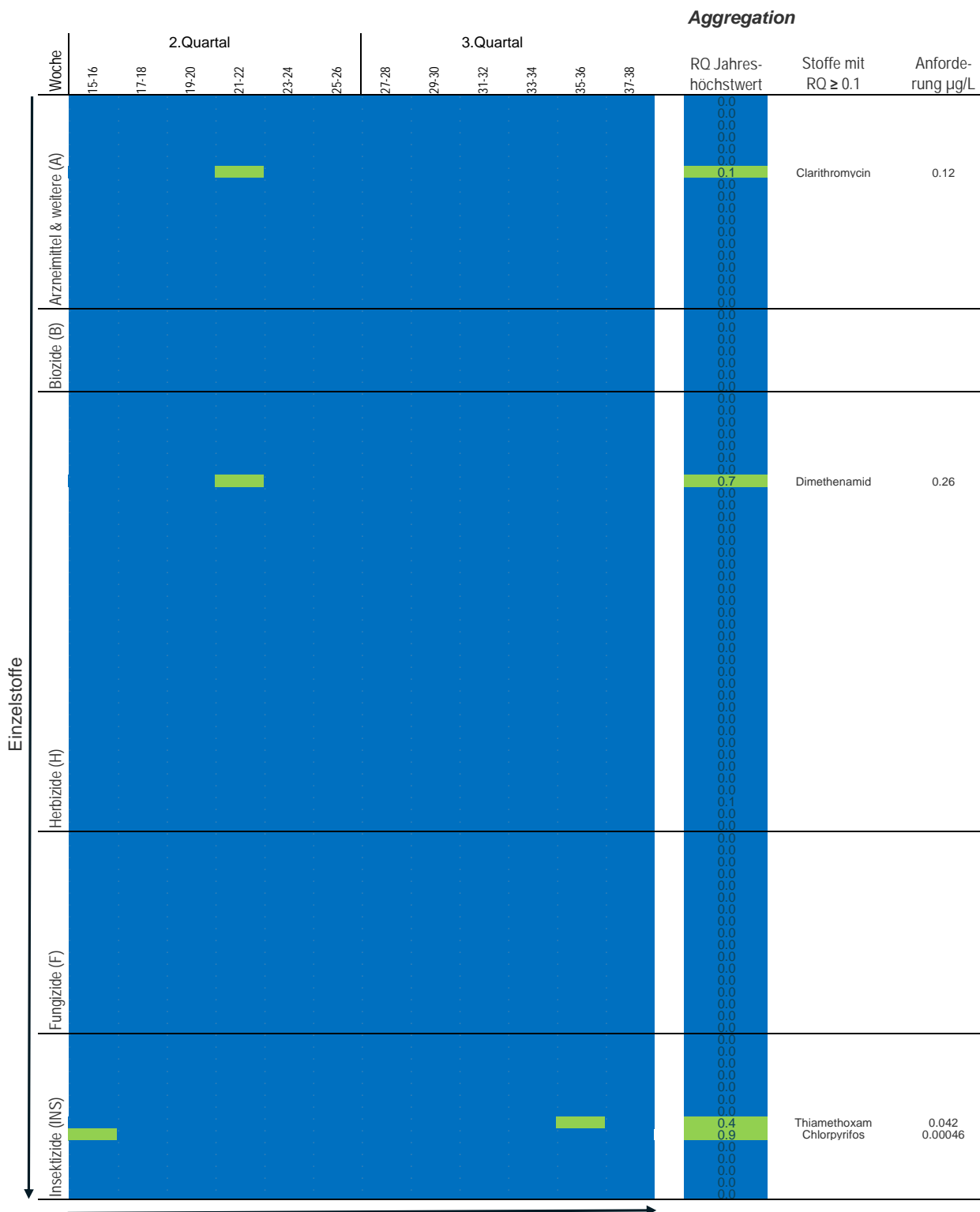
<b>0.2</b>	Arzneimittel, Biozide, weitere
<b>2.4</b>	Herbizide
<b>0.1</b>	Fungizide
<b>1.1</b>	Insektizide

**Mischungstoxizität taxonomische Gruppen**

P	0.0	0.1	0.0	2.4	0.6	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0
I	0.5	0.0	0.0	0.2	0.2	0.4	0.4	0.7	0.9	1.1	0.6	0.9
V	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

<b>2.4</b>	Pflanzen
<b>1.1</b>	Invertebraten
<b>0.1</b>	Vertebraten





**Mischungstoxizität Wirkstoffgruppen**

A, B	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	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
INS	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0

**Jahresbeurteilung**

<b>0.1</b>	Arzneimittel, Biozide, weitere
<b>0.8</b>	Herbizide
<b>0.0</b>	Fungizide
<b>0.9</b>	Insektizide

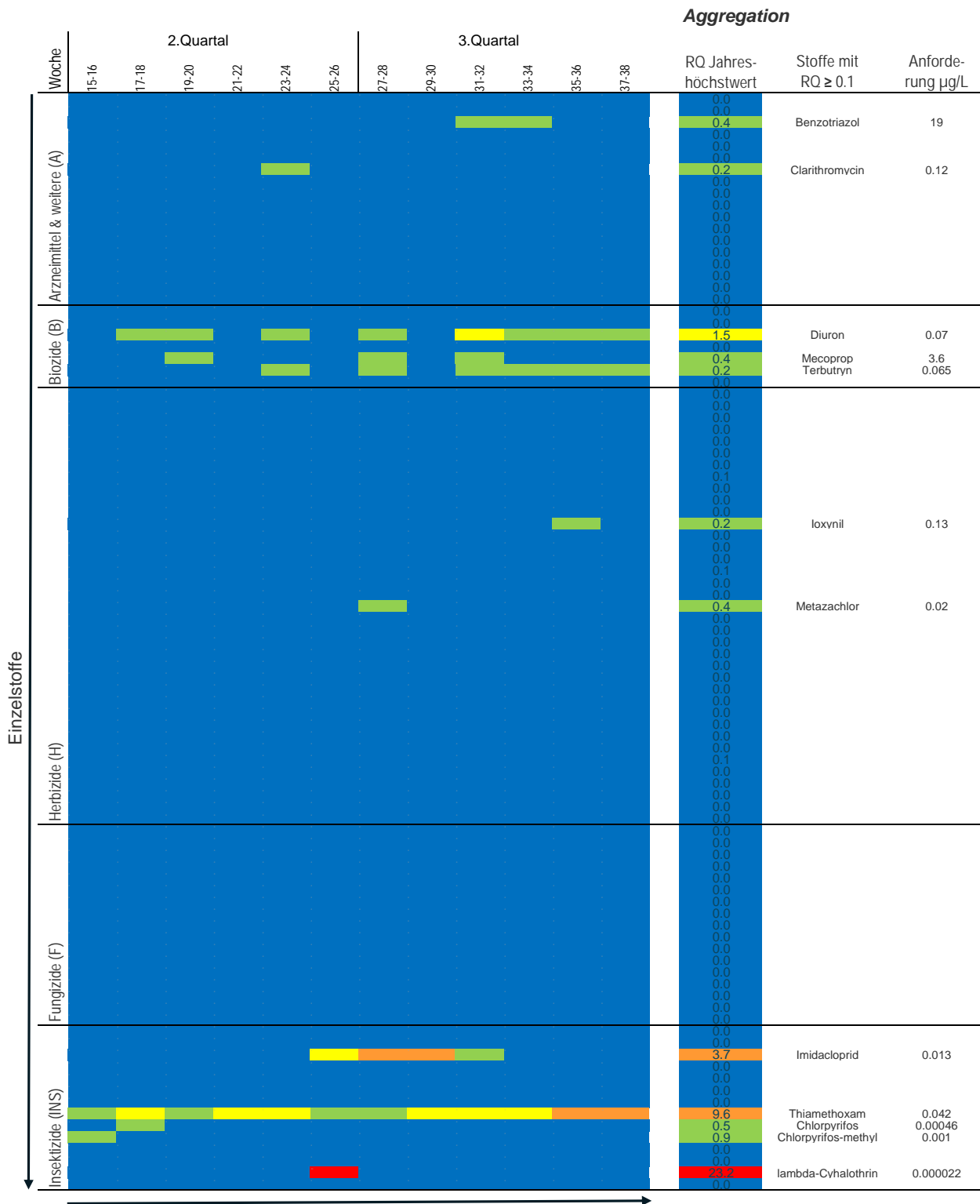
**Mischungstoxizität taxonomische Gruppen**

P	0.0	0.0	0.0	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
I	0.9	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
V	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

<b>0.9</b>	Pflanzen
<b>0.9</b>	Invertebraten
<b>0.0</b>	Vertebraten



**Chimlibach vor Glatt**  
**2018 - Messstelle 687**  
 Mikroverunreinigungen in 14-Tages-Mischproben



**Mischungstoxizität Wirkstoffgruppen**

A, B	0.0	0.2	0.4	0.1	0.6	0.0	0.6	0.0	2.6	0.5	0.4	0.4
H	0.0	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.5	0.1	0.1	0.0	0.2	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
INS	1.2	1.8	0.7	1.7	1.0	25.0	3.1	5.1	2.1	1.5	3.3	9.6

**Jahresbeurteilung**

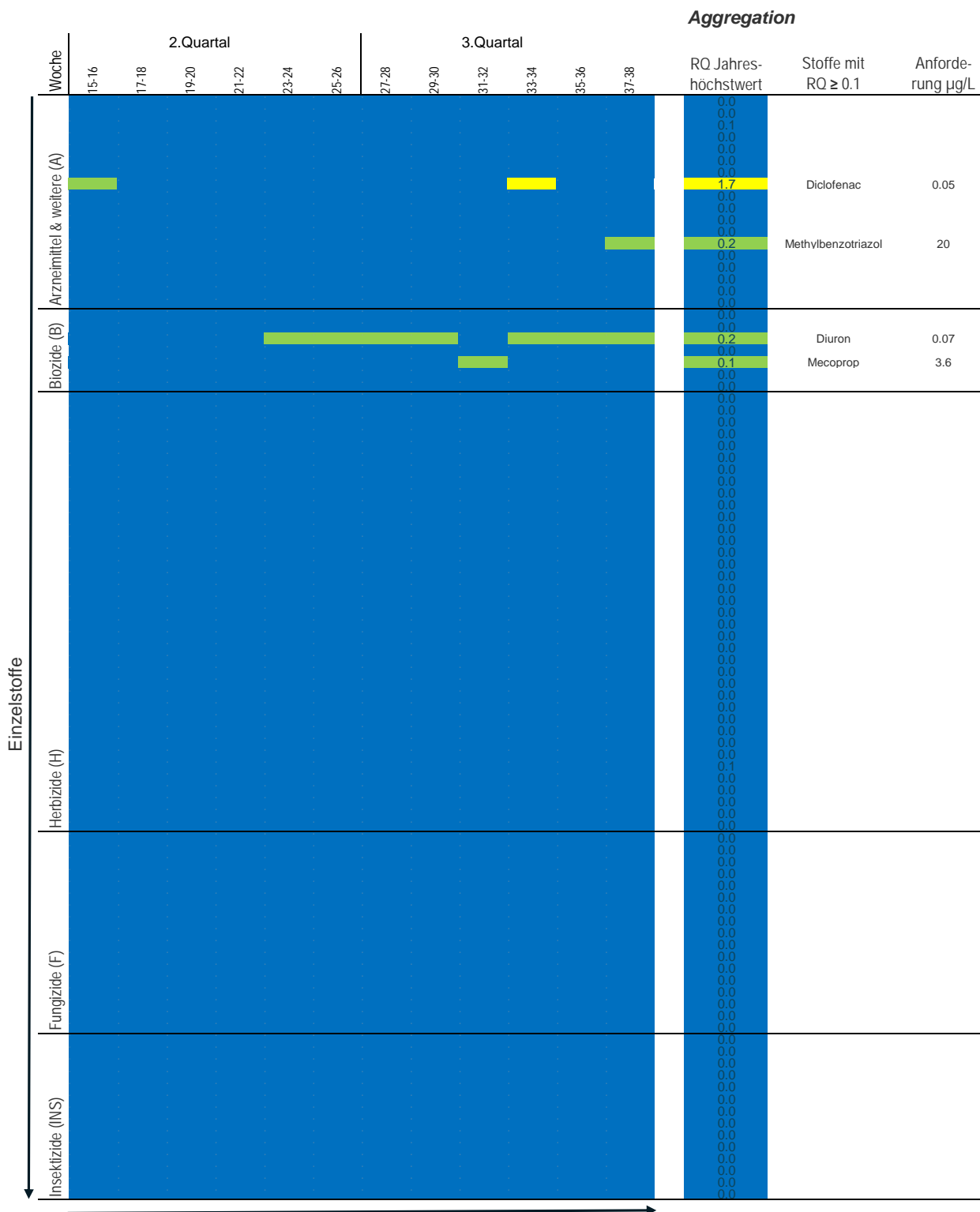
<b>2.6</b>	Arzneimittel, Biozide, weitere
<b>0.5</b>	Herbizide
<b>0.0</b>	Fungizide
<b>25.0</b>	Insektizide

**Mischungstoxizität taxonomische Gruppen**

P	0.0	0.2	0.5	0.1	0.9	0.1	1.1	0.1	2.7	0.5	0.6	0.4
I	1.3	1.9	0.8	1.8	1.3	25.1	3.2	5.2	2.6	1.6	3.3	9.7
V	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.5	0.2	0.0	0.0

<b>2.7</b>	Pflanzen
<b>25.1</b>	Invertebraten
<b>0.5</b>	Vertebraten

**Leutschenbach bei SF**  
**2018 - Messstelle 703**  
 Mikroverunreinigungen in 14-Tages-Mischproben



**Mischungstoxizität Wirkstoffgruppen**

A, B	0.3	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	0.4	0.5
H	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	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
INS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Jahresbeurteilung**

<b>2.0</b>	Arzneimittel, Biozide, weitere
<b>0.1</b>	Herbizide
<b>0.0</b>	Fungizide
<b>0.0</b>	Insektizide

**Mischungstoxizität taxonomische Gruppen**

P	0.0	0.1	0.2	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4
I	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	1.8	0.1	0.3
V	0.4	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	1.8	0.1	0.2

<b>0.4</b>	Pflanzen
<b>1.8</b>	Invertebraten
<b>1.8</b>	Vertebraten