

# Untersuchung der Belastung durch Mikroverunreinigungen in den Gewässern des Furttals

Praktikumsbericht über die Ergebnisse der Messkampagne  
im Furttal von 2019

**Praktikantin:**

Julia Thomann

thomannjulia1@gmail.com

**Praktikumsleitung:**

Dr. Pius Niederhauser und Dr. Jürg Sinniger

Gruppe Limnologie Sektion Oberflächengewässerschutz  
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Zürich

Zürich, 16. April 2021

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die dieses Praktikum für mich zu einer tollen Erfahrung gemacht haben.

Ein besonderer Dank gilt Dr. Pius Niederhauser und Dr. Christian Goetz, die mir diese Praktikumsstelle trotz beginnender Pandemie angeboten haben. Bei Dr. Jürg Sinniger und bei Dr. Pius Niederhauser, die zusammen mein Praktikum betreuten, möchte ich mich für das spannende Thema der Arbeit und die Einführung in einen Tätigkeitsbereich der Limnologieabteilung des AWEL herzlich bedanken.

Mein Dank gilt Dr. Patrick Steinmann, den ich auf Makroinvertebratentour begleiten durfte und der mir unter freiem Himmel viel Wissenswertes über die Beurteilung der Wasserqualität anhand von Indikatororganismen erzählt hat.

Thomas Reimann, Alexander Öhler und Lucien Michel haben mich auf Probenahmtour im Furttal und auf den Greifensee mitgenommen und mir ihre Arbeit im Limnologielabor gezeigt. Dafür meinen herzlichen Dank.

Dank Dieter Sennhauser, den ich auf Probenahmtour nach Uerikon, Oetikon, Wolfhausen und Bubikon begleiten durfte, erfuhr ich durch seine ausführlichen Erklärungen viele wichtige Details über die Funktionsweise und den Betrieb von Abwasserreinigungsanlagen.

Bei Dr. Christian Goetz, Andreas Wyss und Rebekka Teichler möchte ich mich für ihre Einführungen in die Tätigkeiten des Analytiklabors bedanken.

Reto Ziehlmann von der Statistikberatung der ETH hat mir geholfen, die Grenzen und Möglichkeiten des Datensatzes bei der Erstellung des Modells für die Fracht von Pestiziden zu erkennen, wofür ich mich bei ihm herzlich bedanke.

Zuletzt gilt mein Dank all jenen, die mich durch Anregungen, Gespräche und durch das Korrekturlesen dieser Arbeit unterstützt haben.

## Zusammenfassung

Die Wasserqualität der Gewässer des Furttals ist kritisch, da das Tal intensiv landwirtschaftlich genutzt wird und die Bäche relativ klein sind. Verschärft wird die Lage durch die Einleitung des Abflusses von drei Abwasserreinigungsanlagen (ARA) bei Regensdorf, Buchs und Otelfingen. Um die Herkunft der Belastung durch Mikroverunreinigungen (MV) im Furttal auf Teilgebiete einzugrenzen und einen Bezug zwischen deren landwirtschaftlichen Nutzung und der Belastung durch Pestizide aus der Landwirtschaft (Pestizide LW) herzustellen, wurde im Jahr 2019 eine Messkampagne im Furttal durchgeführt, bei der drei Stellen des Furtbachs sowie fünf seiner wichtigsten Seitenbäche mit mobilen Mischprobensammlern beprobt wurden. An diesen Messstellen wurden zwischen Anfang April und Mitte Oktober 2019 je 14 zeitproportionale Zweiwochenmischproben auf die wichtigsten Pestizide LW und Mikroverunreinigungen aus Haushalt und Industrie (MV H&I) hin analysiert. Die Messungen aus den Seitenbächen konnten mit Messungen aus dem Hofibach verglichen werden, der 2019 von April bis Mitte Oktober ebenfalls mit einem Mischprobensammler untersucht wurde. Die Daten von den Mischprobensammlern im Furtbach, in den Seitenbächen des Furtbachs und im Hofibach wurden zusammen mit den Resultaten von Proben, die zwischen April bis Mitte Oktober 2019 an der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» geschöpft wurden, ausgewertet.

Von den Pestiziden LW wurden Metazachlor, Propyzamid und  $\lambda$ -Cyhalothrin an den meisten Messstellen während mehrerer Wochen in Konzentrationen grösser als das chronische Qualitätskriterium (CQK) nachgewiesen. Das Herbizid Metazachlor überschritt mit einer Ausnahme an allen untersuchten Messstellen im Furttal mindestens einmal das CQK. Von den MV H&I überschritten Diclofenac und Azithromycin im Furtbach an den drei Messstellen nach ARA in fast allen Proben das CQK. In den Seitenbächen des Furtbachs, die kein gereinigtes Abwasser mit sich führen, wurden mit Ausnahme des Breitwiesenkanals, wo 4 Überschreitungen des CQK von Diclofenac vorkamen, keine Überschreitungen von CQK von MV H&I gefunden.

Die höchsten Überschreitungen von CQK im Furttal wurden 2019 bei den Pestiziden LW Cypermethrin,  $\lambda$ -Cyhalothrin, Chlorpyrifosmethyl und Metazachlor gemessen: Die CQK der Insektizide Cypermethrin,  $\lambda$ -Cyhalothrin und Chlorpyrifosmethyl wurden mehr als fünfhundertfach überschritten, das CQK von Metazachlor mehr als hundertfach. Die Maximalkonzentrationen von Cypermethrin,  $\lambda$ -Cyhalothrin und Metazachlor traten alle drei im Bännengraben auf, die maximale Konzentration von Chlorpyrifosmethyl wurde im Furtbach bei Würenlos gefunden. Eine ebenfalls hohe Überschreitung des CQK kam im Furtbach nach der ARA Regensdorf zustande, wo der Arzneistoff Diclofenac das CQK mehr als dreissigfach überschritt.

Die Anforderungswerte der Gewässerschutzverordnung (GSchV) wurden 2019 im Furttal von 36 Stoffen mindestens einmal überschritten. In der Gruppe «Pestizide LW» handelte es sich um 15 Herbizide, 7 Insektizide sowie 6 Fungizide und in der Gruppe «MV H&I» um die 3 Arzneistoffe Diclofenac, Clarithromycin und Azithromycin sowie 5 Biozide. Die häufigsten Überschreitungen der Anforderungswerte der GSchV wurden durch Metazachlor, Diclofenac, Mecoprop, Azithromycin, Propyzamid, Cypermethrin und Chlorpyrifos verursacht.

Aus den Hauptkulturdaten vom Jahr 2019 und den Angaben aus dem Pflanzenschutzmittelverzeichnis wurden die Anwendungsflächen einzelner Stoffe geschätzt und geprüft, ob ein linearer Zusammenhang mit der Fracht dieser Stoffe besteht. Es gelang, ein lineares Regressionsmodell für die Fracht von Terbuthylazin in den Monaten Mai und Juni aufzustellen: In diesen beiden Monaten ist seine Fracht direkt proportional zur Grösse der Hauptkulturflächen, auf die es angewendet wurde.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>5</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1 Die Messkampagne im Furttal 2019 . . . . .	7
1.2 Zentrale Fragen dieser Studie . . . . .	7
1.3 Der Charakter des Furttals und Lage des Hofibachs . . . . .	8
1.4 Die Gewässer im Furttal . . . . .	8
1.5 Der Charakter der Einzugsgebiete . . . . .	9
<b>2 Methoden</b>	<b>11</b>
2.1 Programm Probeentnahme . . . . .	11
2.2 Untersuchte Verbindungen . . . . .	11
2.3 Auswertung der Messresultate . . . . .	12
2.3.1 Behandlung der Halbwochenmischproben der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» . . . . .	12
2.3.2 Berechnung der Frachten . . . . .	12
2.3.3 Beurteilung der Wasserqualität mithilfe von Qualitätskriterien . . . . .	12
2.3.4 Kriterien zur Auswahl der Stoffe mit dem grössten Belastungspotential . . . . .	13
2.3.5 Anforderungswerte der GSchV an die Wasserqualität . . . . .	13
2.4 Lineares Regressionsmodell für die Fracht einzelner Stoffe . . . . .	14
2.4.1 Zuordnung von Hauptkulturen zu Pflanzenschutzmitteln . . . . .	14
2.4.2 Berechnung der Modellparameter . . . . .	14
<b>3 Resultate</b>	<b>16</b>
3.1 Anzahl Nachweise . . . . .	16
3.2 Wasserqualität des Furtbachs bezüglich MV H&I und Pestizide LW . . . . .	17
3.3 Wasserqualität der Seitenbäche des Furtbachs und Wasserqualität des Hofibachs . . . . .	17
3.4 Überschreitungen des CQK . . . . .	18
3.5 Maximale Überschreitungen des CQK . . . . .	18
3.6 Überschreitungen der Anforderungswerte der GSchV . . . . .	19
3.7 Zeitlicher Verlauf der Belastung durch einzelne Stoffe an den Messstellen im Furttal . . . . .	19
3.8 Linearer Zusammenhang zwischen Fracht und Anwendungsfläche von Terbutylazin . . . . .	20
<b>4 Diskussion</b>	<b>21</b>
4.1 Wasserqualität des Furtbachs . . . . .	21
4.2 Wasserqualität der Seitenbäche des Furtbachs und Wasserqualität des Hofibachs . . . . .	21
4.3 Hauptverursacher der Belastung . . . . .	22
4.3.1 Hauptverursacher der Belastung durch MV H&I . . . . .	23
4.3.2 Hauptverursacher der Belastung durch Pestizide LW . . . . .	23
4.4 Überschreitung von gesetzlichen Anforderungswerten der GSchV . . . . .	26
4.5 Zusammenhang zwischen Fracht und Anwendungsfläche von Terbutylazin . . . . .	26
<b>5 Anhang</b>	<b>30</b>

# Abbildungsverzeichnis

1	Lage des Furtttals und des Hofibachs . . . . .	8
2	Lage und Einzugsgebiet der untersuchten Messstellen im Furtttal . . . . .	9
3	Flächen aller Freilandgemüse Hauptkulturen im Furtttal 2019 in orange. . . . .	10
4	Mobile Mischprobensammler an den Messstellen «Furtbach vor Trockenloo-Kanal», «Harberenbach vor Furtbach» und «Breitwiesenkanal vor Furtbach» . . . . .	11
5	Anzahl Nachweise pro Stoffgruppe an den Messstellen des Furttbachs . . . . .	16
6	Anzahl Nachweise pro Stoffgruppe an den Messstellen der Seitenbäche des Furttbachs und an der Messstelle «Hofibach vor Hedingen» . . . . .	16
7	Wasserqualität bezüglich MV H&I an den Messstellen des Furttbachs . . . . .	17
8	Wasserqualität bezüglich Pestizide LW an den Messstellen des Furttbachs . . . . .	17
9	Wasserqualität bezüglich MV H&I an den Messstellen der Seitenbäche des Furttbachs und an der Messstelle im Hofibach . . . . .	17
10	Wasserqualität bezüglich Pestizide LW an den Messstellen der Seitenbäche des Furttbachs und an der Messstelle im Hofibach . . . . .	18
11	Hauptverursacher der Belastung nach der Anzahl Überschreitungen des CQK . . . . .	18
12	Hauptverursacher der Belastung nach der Grösse des maximalen CRQ . . . . .	19
13	Hauptverursacher der Belastung nach der Anzahl Überschreitungen der Anforderungswerte der GSchV . . . . .	19
14	Zeitlicher Verlauf der Belastung durch Terbutylazin an den untersuchten Messstellen im Furtttal . . . . .	20
15	Verhältnis zwischen der mittleren Summe der CRQ von MV H&I und dem Abwasseranteil der Messstellen des Furttbachs . . . . .	21
16	Verhältnis zwischen maximaler Summe der CRQ und der Siedlungsfläche des Einzugsgebiets des Hofibachs und der Einzugsgebiete der Seitenbäche des Furttbachs . . . . .	22
17	Zeitlicher Verlauf der Belastung durch Diclofenac an den untersuchten Messstellen im Furtttal . . . . .	23
18	Zeitlicher Verlauf der Belastung durch Azithromycin an den untersuchten Messstellen im Furtttal . . . . .	23
19	Zeitlicher Verlauf der Belastung durch Metazachlor an den untersuchten Messstellen im Furtttal . . . . .	24
20	Zeitlicher Verlauf der Belastung durch Propyzamid an den untersuchten Messstellen im Furtttal . . . . .	24
21	Geschätzte Anwendungsflächen von Metazachlor und Propyzamid im Furtttal . . . . .	25
22	Zeitlicher Verlauf der Belastung durch $\lambda$ -Cyhalothrin an den untersuchten Messstellen im Furtttal . . . . .	25
23	Zeitlicher Verlauf der Belastung durch Cypermethrin an den untersuchten Messstellen im Furtttal . . . . .	25
24	Jahreszeitliche Schwankungen der Konzentration von Terbutylazin im Furtbach bei Würtenlos . . . . .	27
25	Geschätzte Anwendungsflächen von Terbutylazin im Furtttal . . . . .	27
26	Lineares Regressionsmodell für die Fracht von Terbutylazin vom 27. Mai bis 09. Juni . . . . .	28
27	Lineares Regressionsmodell für die Fracht von Terbutylazin vom 10. bis 23. Juni . . . . .	28
28	Flächenanteile der landwirtschaftlichen Nutzungsarten in den Einzugsgebieten der Messstellen des Furttbachs . . . . .	30

29	Flächenanteile der landwirtschaftlichen Nutzungsarten in den Einzugsgebieten der Messstellen der Seitenbäche des Furtbachs und im Einzugsgebiet der Messstelle «Hofibach vor Hedingen» . . . . .	31
30	Probeentnahmeprogramm . . . . .	32
31	Untersuchte Abbauprodukte . . . . .	32
32	Untersuchte Korrosionsinhibitoren . . . . .	32
33	Untersuchte Arzneistoffe . . . . .	33
34	Untersuchte Biozide . . . . .	33
35	Untersuchte Insektizide . . . . .	33
36	Untersuchte Herbizide . . . . .	34
37	Untersuchte Fungizide . . . . .	35
38	Anzahl Überschreitungen der CQK aller Stoffe an den untersuchten Messstellen 1 . . . . .	36
39	Anzahl Überschreitungen der CQK aller Stoffe an den untersuchten Messstellen 1.1 . . . . .	37
40	Maximale CRQ aller Stoffe an den untersuchten Messstellen 1 . . . . .	38
41	Maximale CRQ aller Stoffe an den untersuchten Messstellen 1.1 . . . . .	39
42	Anzahl Überschreitungen der chronischen Anforderungswerte der GSchV aller Stoffe an den untersuchten Messstellen 1 . . . . .	40
43	Anzahl Überschreitungen der chronischen Anforderungswerte der GSchV aller Stoffe an den untersuchten Messstellen 1.1 . . . . .	41
44	Zeitlicher Verlauf der Belastung durch Chlorpyrifosmethyl an den untersuchten Messstellen im Furttal . . . . .	41
45	Kumulierte Tagesniederschläge von April bis Oktober 2019 bei Otelfingen . . . . .	42
46	Zusammenhang zwischen kumuliertem CRQ bezüglich Herbizide und kumuliertem Niederschlag der Probeintervallzeiträume . . . . .	42
47	Zusammenhang zwischen kumuliertem CRQ bezüglich Insektizide und kumuliertem Niederschlag der Probeintervallzeiträume . . . . .	42
48	Zusammenhang zwischen kumuliertem CRQ bezüglich Fungizide und kumuliertem Niederschlag der Probeintervallzeiträume . . . . .	43
49	Zusammenhang zwischen mittlerer Jahresfracht und Anwendungsfläche von Metazachlor . . . . .	43
50	Lineares Regressionsmodell für die Fracht von MCPA vom 10. bis 23. Juni . . . . .	43
51	Lineares Regressionsmodell für die Fracht von MCPA vom 08. bis 21. Juli . . . . .	44

## Tabellenverzeichnis

1	Mittlerer Abfluss, Koordinaten und Anteil an gereinigtem Abwasser der untersuchten Messstellen . . . . .	9
2	Grösse, Anteile von Waldfläche, landwirtschaftlich genutzter Fläche, Siedlungsfläche sowie Anzahl angeschlossene Einwohner in den Einzugsgebieten der untersuchten Messstellen im Furttal und im Einzugsgebiet der Messstelle «Hofibach» . . . . .	10
3	Schema zur Beurteilung der Wasserqualität . . . . .	13
4	Hauptkulturflächen von Terbutylazin in den Einzugsgebieten . . . . .	14
5	Hauptverursacher der Belastung der Gewässer im Furttal nach der Anzahl Überschreitungen des CQK und nach Grösse des maximalen CRQ . . . . .	22
6	Hauptverursacher der Belastung der Gewässer im Furttal nach Anzahl Überschreitungen des CQK und der Anforderungswerte aus der GSchV . . . . .	26

# 1 Einleitung

## 1.1 Die Messkampagne im Furttal 2019

Im Jahr 2019 wurde im Furttal eine grosse Messkampagne durchgeführt, um die chronische Belastung durch 105 vom AWEL routinemässig untersuchten, aus der Landwirtschaft sowie Haushalt und Industrie stammenden Mikroverunreinigungen zu erfassen. Dabei stand die Frage nach der genaueren Herkunft der Mikroverunreinigungen im Vordergrund. Der Furtbach wird an der Hauptmessstelle bei Würenlos monatlich auf chemische und physikalische Eigenschaften untersucht. Ziel der Messkampagne war es, die Herkunft der Belastung im Furtbach bei Würenlos auf Teilgebiete des Furttals einzugrenzen und Bezüge zwischen der Menge von Mikroverunreinigungen in den Gewässern und der landwirtschaftlichen Nutzung der Teilgebiete herzustellen. Dazu wurde der Furtbach an drei Stellen mit mobilen Mischprobensammlern, welche zeitproportionale Wochenmischproben schöpften, beprobt: Die erste Messstelle «Furtbach vor Trockenloo-Kanal» befand sich oberhalb der ersten ARA bei Regensdorf, die zweite Messstelle «Furtbach nach ARA Regensdorf» nach der ARA und die dritte «Furtbach nach ARA Buchs» nach der Einleitung des Abflusses der ARA Buchs in den Furtbach. Aufgrund von Erfahrungen aus vergangenen Messkampagnen im Furttal wurden die fünf wichtigsten Seitenbäche des Furtbachs ausgewählt und mobile Mischprobensammler vor deren Einmündung in den Furtbach positioniert. Dadurch wurde die chronische Belastung des Furtbachs und seiner wichtigsten Seitenbäche durch Mikroverunreinigungen erstmals an mehreren, über den gesamten Fliessverlauf verteilten Stellen während einem kontinuierlichen Zeitraum von Anfang April bis Mitte Oktober 2019 untersucht. Zur gleichen Zeit und mit dem gleichen Probenahmeprogramm wie die Seitenbäche des Furtbachs wurde auch der Hofibach vor Hedingen beprobt. Da das Einzugsgebiet des Hofibachs in der Grössenordnung der Einzugsgebiete der Seitenbäche des Furtbachs liegt, sich ebenfalls durch intensive landwirtschaftliche Nutzung auszeichnet und keine ARA in ihn entwässert, können die Messungen vom Hofibach als Vergleich zu den Resultaten aus den Seitenbächen des Furtbachs herangezogen werden.

## 1.2 Zentrale Fragen dieser Studie

Folgende Fragen sollen für Substanzen der Gruppe Pestizide LW und für Substanzen der Gruppe MV H&I beantwortet werden:

1. Wie gut war die Wasserqualität des Furtbachs im Jahr 2019?
2. Wie gut war die Wasserqualität der Seitenbäche des Furtbachs im Jahr 2019, und wie sieht deren Qualität aus verglichen mit der Wasserqualität des Hofibachs?
3. Welche Substanzen beeinträchtigten die Wasserqualität des Furtbachs am meisten?
4. Welche Substanzen beeinträchtigten die Wasserqualität der Seitenbäche im Furttal am meisten?
5. Welche Unterschiede gab es zwischen den Seitenbächen des Furtbachs und dem Hofibach in Bezug auf die Überschreitung von Umweltqualitätsnormen?
6. Wurden im Jahr 2019 die gesetzlichen Anforderungen an die Wasserqualität im Furttal erfüllt?
7. Wie veränderte sich die Belastung durch einzelne Hauptverursacher während des Untersuchungszeitraums von April bis Oktober 2019 an den Messstellen im Furttal?

Für Verbindungen der Gruppe «Pestizide LW» wurde versucht, einen Bezug zwischen der Fracht einzelner Stoffe im Wasser und ihrer geschätzten Anwendungsfläche in den Einzugsgebieten der Messstellen im Furttal herzustellen. Daraus ergab sich folgende Fragestellung:

8. Kann zwischen der Fracht eines Pestizids und der Grösse seiner geschätzten Anwendungsfläche in den Einzugsgebieten der Messstellen im Furttal und der Messstelle am Hofibach ein linearer Zusammenhang aufgezeigt werden?

### 1.3 Der Charakter des Furttals und Lage des Hofibachs

Das Furttal liegt im Westen von Zürich an der Kantonsgrenze (siehe Abb. 1). Es beinhaltet im Wesentlichen die Gemeinden Boppelsen, Regensdorf, Otelfingen, Dänikon, Hüttikon, Dällikon und Buchs (ZH) [9]. Drei Abwasserreinigungsanlagen (ARAs) mit Abfluss in den Furtbach befinden sich im Furttal: Die ARA Regensdorf, die ARA Buchs und die ARA Otelfingen (siehe Abb. 2). Der Hofibach entspringt im Südwesten von Zürich in der Gemeinde Hedingen und mündet in den Jonenbach.

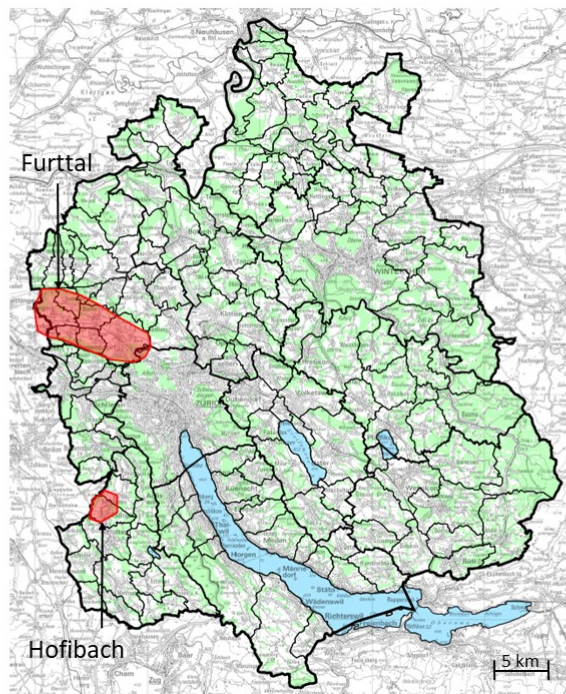


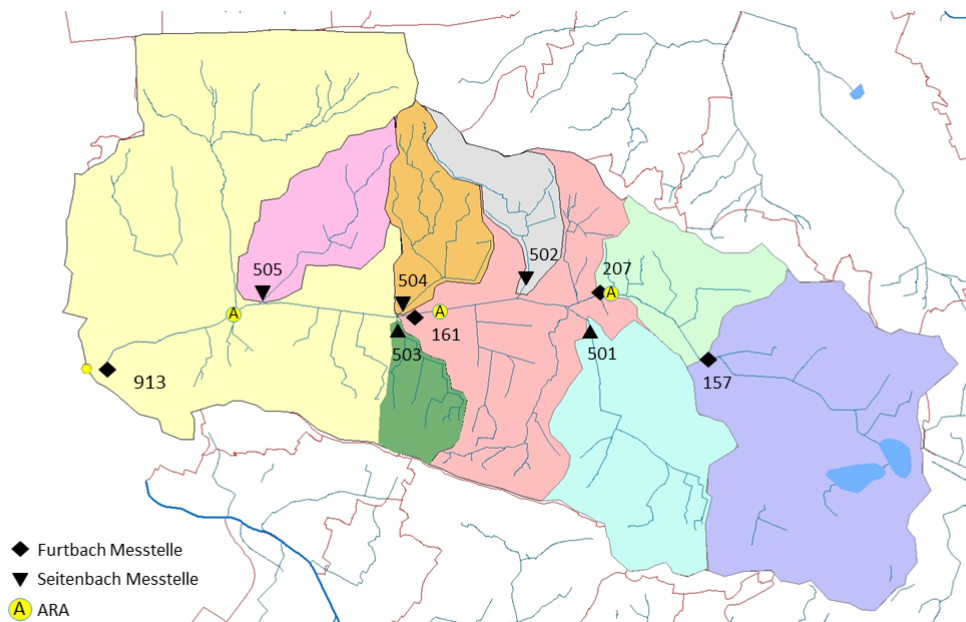
Abbildung 1: Lage des Furttals und des Hofibachs im Kanton Zürich. Karte aus dem GIS-Browser [7].

### 1.4 Die Gewässer im Furttal

Abbildung 2 stellt das Furttal mit dem Fliessverlauf aller Gewässer und die Lage der 9 Messstellen sowie der ARA dar. Als Abfluss des Katzensees verläuft der Furtbach durch das ganze Tal und mündet nach Würenlos in die Limmat. In Tabelle 1 sind die Koordinaten, Referenznummern (C Nr.) und der mittlere Jahresabfluss der Messstellen aller untersuchten Gewässer im Furttal sowie des Hofibachs angegeben.

Zwischen der Messstelle 207 nach ARA Regensdorf und 161 nach ARA Buchs fliessen der Breitwiesenkanal (C Nr. 501) und der Mülibach (C Nr. 502) in den Furtbach. Zwischen der Messstelle 161 nach der ARA Buchs und der Hauptmessstelle bei Würenlos (C Nr. 913) im Furtbach fliessen unter anderem der Bännengraben, der Oberwiesenbach und der Harberenbach in den Furtbach (C Nr. 503, 504 und 505).





**Abbildung 2:** Die 9 Messstellen im Furttal mit ihrem jeweiligen Einzugsgebiet. Die Messstellen des Furtbachs sind mit Rautensymbolen und die Messstellen seiner Seitenbäche mit Dreiecksymbolen markiert. Die Einzugsgebiete der Messstellen 207, 161 und 913 entsprechen der Summe der Einzugsgebiete der im Fließverlauf oberhalb liegenden Messstellen. Das Einzugsgebiet der Hauptmessstelle 913 bei Würenlos entspricht der gesamten eingefärbten Fläche. Die Messstellen 207 und 161 befinden sich nach der Einleitung des Abflusses der ARA Regensdorf, beziehungsweise ARA Buchs.

C Nr.	Stellenname	Ost	Nord	$\bar{Q}_{\text{Jahr}}$ [l/s]	Abwasseranteil [%]
157	Furtbach vor Trockenloo-Kanal	2'677'475	1'255'398	92	0
207	Furtbach nach ARA Regensdorf	2'676'211	1'256'205	199	74
161	Furtbach nach ARA Buchs	2'673'720	1'255'929	424	66
913	Furtbach bei Würenlos	2'669'889	1'255'285	619 [8]	61
501	Breitwieskanal	2'676'065	1'255'891	68	0
502	Mülibach	2'675'238	1'256'220	20	0
503	Bännengraben	2'673'734	1'255'950	32	0
504	Oberwiesenbach	2'673'703	1'255'857	20	0
505	Harberenbach	2'672'049	1'256'119	38	0
469	Hofibach vor Hedingen	2'675'822	1'239'935	64	0

**Tabelle 1:** Lage, mittlerer Abfluss und Anteil an gereinigtem Abwasser der 4 Messstellen des Furtbachs, der Messstellen der 5 Seitenbäche des Furtbachs sowie der Messstelle am Hofibach. Die mittleren Abflüsse wurden, mit Ausnahme dessen bei Würenlos, anhand einer GIS-Analyse geschätzt. Die Lage der Messstellen ist in Schweizer Landeskoordinaten angegeben [4].

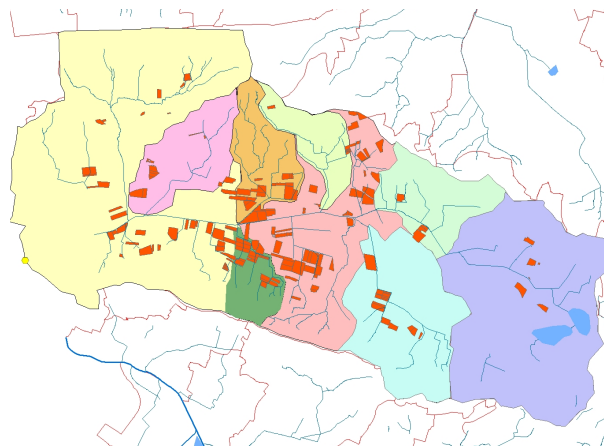
Der Abfluss der ARA Otelfingen wird vor der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» in den Furtbach geleitet. Bei Trockenwetter besteht der Furtbach an den drei Messstellen 207, 161 und 913 zu mehr als der Hälfte aus gereinigtem Abwasser (siehe Tab. 1).

## 1.5 Der Charakter der Einzugsgebiete

Das Einzugsgebiet des Hofibachs ist mit 4.7 km<sup>2</sup> von der Grösse her vergleichbar mit den Einzugsgebieten der Seitenbäche des Furtbachs, von denen das grösste 4.7 km<sup>2</sup> misst (siehe Tab. 2). Der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche reicht in den Einzugsgebieten im Furttal von 18 % bis 68 %. Die

C Nr.	EZG [km <sup>2</sup> ]	Waldfläche [%]	Landw. genutzte Fläche [%]	Siedlungsfläche [%]	Anz. angeschl. Einwohner
157	9.2	27	35	29	0
207	11.7	24	39	29	17'156
161	25.6	25	39	27	26'908
913	44.4	30	35	21	33'566
501	4.7	21	46	36	
502	1.5	52	18	33	
503	2.0	39	56	6	
504	1.2	50	68	7	
505	2.5	12	55	28	
469	4.7	30	54	7	

**Tabelle 2:** Grösse und Anteil der landwirtschaftlichen Nutzung in Prozent der Einzugsgebiete der 9 Messstellen im Furttal und der Messstelle «Hofibach vor Hedingen». Die Grössen der Einzugsgebiete und Siedlungsflächen wurden aus der Access-Datenbank des AWEL übernommen [1]. Für die Bestimmung der landwirtschaftlich genutzten Fläche wurden die Hauptkulturflächen der einzelnen Einzugsgebiete aus dem ARCGIS [5] aufsummiert. Die Waldfläche wurde von den Stellenblättern übernommen, die für jede Messstelle auf der Website des Kanton Zürichs zu finden sind [10]. Die Anzahl angeschlossener Einwohner bezieht sich auf die Summe aller Einwohner, die an die ARA oberhalb der Messstelle angeschlossen sind [14].



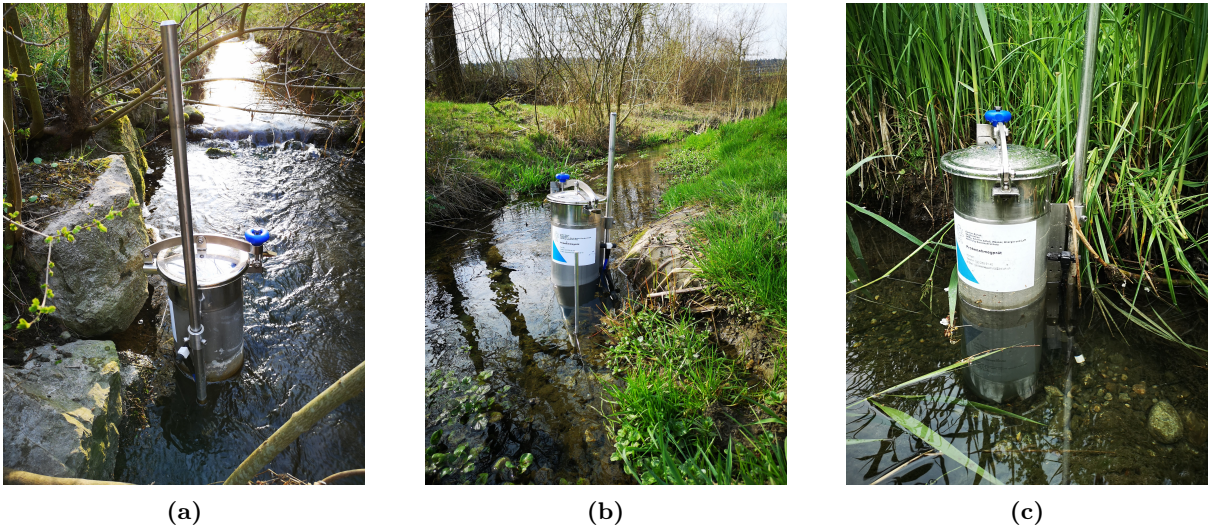
**Abbildung 3:** Flächen aller Freilandgemüse Hauptkulturen im Furttal 2019 in orange.

Einzugsgebiete der Messstellen variieren in den Anteilen der landwirtschaftlichen Flächen bezüglich deren Nutzart: Abbildungen 28 und 29 im Anhang zeigen die Anteile an Wiesen und Weiden, Reben, Raps, Obst, Mais, Getreide und Gemüse an der Gesamteinzugsgebietsfläche in den untersuchten Einzugsgebieten. Gemüsebau wurde in allen Einzugsgebieten des Furttals betrieben (siehe Abb. 3), vor allem jedoch in dem Einzugsgebiet des Oberwiesenbachs (26.6 %) und des Bännengrabens (18 %). Im Vergleich dazu betrug 2019 die Gemüseanbaufläche im Einzugsgebiet des Hofibachs nur 1 %.

## 2 Methoden

### 2.1 Programm Probeentnahme

Insgesamt wurden fünf Seitenbäche des Furtbachs und der Furtbach selbst an vier verschiedenen Stellen beprobt (siehe Abb. 2). Mit Ausnahme der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» erfolgte die Probeentnahme mit mobilen Mischprobensammlern für kleine Fließgewässer (siehe Abb. 4). Diese schöpften mit einem Durchfluss von ungefähr 9 ml/h zeitproportionale Wochenmischproben, welche im Labor zu Zweiwochenmischproben vermischt wurden.



**Abbildung 4:** Mobile Mischprobensammler an den Messstellen (a) «Furtbach vor Trockenloo-Kanal» (b) «Harberenbach vor Furtbach» und (c) «Breitwiesenkanal vor Furtbach».

Die Hauptmessstelle im Furtbach bei Würenlos ist Teil des nationalen Beobachtungsprogramms Oberflächengewässerqualität (NAWA) und wird während dem ganzen Jahr betrieben. Vom 1. April bis 4. August 2019 wurden an der Hauptmessstelle zeitproportionale Drei- und Viertagesmischproben erhoben (siehe Abb. 30 im Anhang). Für den Rest des Untersuchungszeitraumes bis zum 13. Oktober 2019 wurden an der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» Zweiwochenmischproben gesammelt. Die Probeentnahme an den restlichen acht Messstellen im Furttal und an der Messstelle «Hofibach vor Hedingen» erfolgte mit mobilen Mischprobensammlern vom 29. März bis 15. Oktober 2019. Insgesamt wurden über den gesamten Probezeitraum 14 Zweiwochenmischproben pro Messstelle analysiert.

### 2.2 Untersuchte Verbindungen

Die Stoffauswahl beinhaltete 105 der wichtigsten organischen Mikroverunreinigungen aus der Kategorie «Pestizide LW» und der Kategorie «H&I». Es wurden 80 Pestizide LW gemessen, nämlich 37 Herbizide, 6 Herbizid-Abbauprodukte, 1 Herbizid-Begleitstoff, 18 Insektizide und 18 Fungizide. Zusätzlich wurden die Proben auf 25 MV H&I untersucht, nämlich 7 Biozide, 15 Arzneistoffe, 1 Arzneistoff-Abbauprodukt und 2 Korrosionsinhibitoren. Für die Kalenderwochen 40 bis 41 wurden von Mischprobensammlern stammende Proben nicht auf die Pyrethroide Cypermethrin, Permethrin, Deltamethrin,  $\lambda$ -Cyhalothrin und nicht auf die Organophosphate Chlorpyrifos und Chlorpyrifosmethyl untersucht, die Probe von der Hauptmessstelle bei Würenlos hingegen schon (siehe Abb. 30 im Anhang).

Die Proben wurden entweder mit einer Flüssigchromatographie-Massenspektrometrie (LC-MS) oder mit

einer Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) Methode analysiert. Die Tabellen (siehe Abb. 31 bis 37 im Anhang) enthalten für jeden untersuchten Stoff die Angabe zur verwendeten Analysemethodik. Eine genaue Beschreibung der verwendeten analytischen Methoden für die untersuchten Stoffe ist im Artikel [13] über eine weiteren Studie im Furttal aus dem gleichen Jahr zu finden, bei der 570 organische Spurenstoffe gemessen wurden.

## 2.3 Auswertung der Messresultate

### 2.3.1 Behandlung der Halbwochenmischproben der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos»

Während den Wochen 14 bis 31 wurden an der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» Drei- und Viertagesmischproben erhoben. Für jede Verbindung  $v$  wurde aus den Konzentrationen von jeweils  $n$  Dreiwochenmischproben  $j$  und  $m$  Viertagesmischproben  $k$  die Konzentration  $c_i$  einer hypothetischen Zweiwochenmischprobe  $i$  berechnet:

$$c_i^{2W}(v) = \frac{\sum_{j=1}^n 3 \cdot c_{ij}^{3T}(v) + \sum_{k=1}^m 4 \cdot c_{ik}^{4T}(v)}{n \cdot 3 + m \cdot 4} \quad (1)$$

### 2.3.2 Berechnung der Frachten

An der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos» wird während dem ganzen Jahr der Tagesabfluss gemessen. Die Fracht  $F_{i,HMS}(v,t)$  einer Verbindung  $v$  in dem Zweiwochenzeitraum  $t$  bei Würenlos ist definiert als das Produkt des mittleren Zweiwochenabflusses  $\overline{Q}_{HMS}^{2W}(t)$  und der Konzentration  $c_i^{2W}(v,t)$ :

$$F_{i,HMS}(v,t) = \overline{Q}_{i,HMS}^{2W}(t) \cdot c_i^{2W}(v,t) \quad (2)$$

Für die restlichen 8 Messstellen  $MS_x$  im Furttal und für den Hofibach sind nur geschätzte Jahresmittelwerte  $\overline{Q}_{Jahr}$  vorhanden (Tab. 1). Zur Berechnung der Fracht an diesen Messstellen wurde der Abfluss  $\widehat{Q}_i^{2W}(MS_x)$  für den Zweiwochenzeitraum  $i$  an der Messstelle  $x$  aus dem Produkt des geschätzten Jahresmittelabflusses  $\overline{Q}_{Jahr}(MS_x)$  und dem Verhältnis zwischen mittlerem Abfluss  $\overline{Q}_{HMS}^{2W}(t)$  für den Zeitraum  $t$  und dem Jahresmittelabfluss  $\overline{Q}_{Jahr,HMS}$  von der Messstelle Würenlos geschätzt:

$$\widehat{Q}_i^{2W}(MS_x,t) = \overline{Q}_{Jahr}(MS_x) \cdot \frac{\overline{Q}_{HMS}^{2W}(t)}{\overline{Q}_{Jahr,HMS}} \quad (3)$$

Die Fracht  $F_{i,MS_x}(v,t)$  einer Verbindung  $v$  in dem Zweiwochenzeitraum  $t$  an der Messstelle  $MS_x$ , an der keine genauen Abflüsse gemessen wurden, ist definiert als das Produkt des geschätzten Zweiwochenabflusses  $\widehat{Q}_i^{2W}(MS_x,t)$  und der Konzentration  $c_i^{2W}(v,t)$ :

$$F_{i,MS_x}(v,t) = \widehat{Q}_{i,MS_x}^{2W}(MS_x,t) \cdot c_{i,MS_x}^{2W}(v,t) \quad (4)$$

### 2.3.3 Beurteilung der Wasserqualität mithilfe von Qualitätskriterien

Die Studie war mit Zweiwochenmischproben auf die Untersuchung der chronischen Belastung ausgelegt. Mit Ausnahme von Mefenaminsäure sind für alle untersuchten Stoffe chronische Qualitätskriterien (CQK) in der AWEL Access-Datenbank vorhanden [12]. In den Abbildungen 31 bis 37 im Anhang sind die CQKs der Verbindungen und deren Quelle angegeben. Aus dem Verhältnis von der gemessenen Konzentration

$c_i^{2W}$  einer Verbindung  $v$  zu ihrem  $CQK(v)$  wurde der chronische Risikoquotient  $CRQ_i(MS_p, v)$  der Verbindung an der Messstelle  $MS_p$  gebildet :

$$CRQ_i(MS_p, v) = \frac{c_i^{2W}(MS_p, v)}{CQK(v)} \quad (5)$$

Die Höhe des CRQ ist massgebend für die Einstufung der Wasserqualität nach Modul-Stufen-Konzept in fünf Kategorien:

	$CRQ < 0.1$	sehr gut
	$0.1 \leq CRQ < 1$	gut
	$1 \leq CRQ < 2$	mässig
	$2 \leq CRQ < 10$	unbefriedigend
	$10 \leq CRQ$	schlecht

**Tabelle 3:** Schema zur Beurteilung der Wasserqualität

Die Wasserqualität wurde bezüglich Pestizide LW und bezüglich MV H&I beurteilt, wobei in der Gruppe der Pestizide LW zwischen Herbiziden, Insektiziden und Fungiziden unterschieden wurde. Zur Beurteilung der Wasserqualität bezüglich der chronischen Toxizität einer Gruppe  $G_s$  wurde für jede Zweiwochenmischprobe  $i$  einer Messstelle  $MS_p$  die Summe der  $CRQ_i(MS_p, v)$  der  $u$  Verbindungen  $v$ , die zur Gruppe gehören, berechnet. Ausschlaggebend für die Beurteilung der Wasserqualität einer Messstelle ist der Maximalwert  $CRQ_i(MS_p, v)_{max}$ :

$$CRQ_i(MS_p, G_s)_{max} = \max \sum_{w=1}^u CRQ_i(MS_p, v_w) \quad (6)$$

Zusätzlich zum  $CRQ_i(MS_p, v)_{max}$  wurde die Wasserqualität einer Messstelle  $MS_p$  anhand des Durchschnitts  $CRQ_i(MS_p, v)_{mittel}$  der Summen der CRQ der  $u$  Verbindungen  $v$ , die zur Gruppe  $G_s$  gehören, beurteilt:

$$CRQ_i(MS_p, G_s)_{mittel} = \frac{\sum_{w=1}^u CRQ_i(MS_p, v_w)}{\text{Anzahl Proben}} \quad (7)$$

### 2.3.4 Kriterien zur Auswahl der Stoffe mit dem grössten Belastungspotential

Die Diskussion der Frage, welche Stoffe die Gewässer am meisten belasten, wurde auf eine Auswahl von Substanzen beschränkt. Die Hauptverursacher der Belastung wurden nach folgenden Kriterien identifiziert:

- i. Substanzen, die an mindestens einer Messstelle im Furttal in mehr als der Hälfte aller Proben dieser Stelle ihr CQK überschritten
- ii. Substanzen, deren maximaler CRQ an den Messstellen im Furttal grösser als zehn war

### 2.3.5 Anforderungswerte der GSchV an die Wasserqualität

Die GSchV schreibt für Pestizide LW generell eine Maximalkonzentration von  $0.1 \mu\text{g/L}$  vor [6]. Für 19 Pestizide LW entspricht der gesetzliche Grenzwert dem QK dieser Stoffe. Diese Verbindungen sind im Anhang in den Tabellen 42 und 43, in denen für jede untersuchte Messstelle die Anzahl Überschreitungen der GSchV angegeben ist, mit einem \* gekennzeichnet. Zusätzlich fordert die GSchV, dass die

Konzentrationen der Arzneistoffe Diclofenac, Clarithromycin und Azithromycin das jeweilige QK nicht überschreiten sollen. Für alle restlichen Verbindungen, die nicht zu den Pestiziden oder den oben genannten drei Arzneistoffen zählen und für Abbauprodukte, schreibt die GSchV keinen Anforderungswert vor.

## 2.4 Lineares Regressionsmodell für die Fracht einzelner Stoffe

### 2.4.1 Zuordnung von Hauptkulturen zu Pflanzenschutzmitteln

Seit 2019 ist für die landwirtschaftlich genutzten Flächen im Kanton Zürich im ARCGIS die Hauptkultur<sup>1</sup> angegeben. Anhand der Angaben zur Verwendung der Stoffe im Pflanzenschutzmittelverzeichnis vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW PSM-Verzeichnis) [2] wurden für Metazachlor, Terbuthylazin, Metolachlor, Propyzamid und Cypermethrin die Anwendungsfläche aus den Hauptkulturflächen in den verschiedenen Einzugsgebieten geschätzt. Tabelle 4 zeigt die Hauptkulturen sowie die Flächensummen in den einzelnen Einzugsgebieten für das Herbizid Terbuthylazin.

Anwendung gem. BLW PSM-Verzeichnis	ARCGIS Hauptkultur	C Nr.	Fläche [ha]
(Futter-)Mais, Zuckermais Sorghum Kernobst Reben	Körnermais, Silo- und Grünmais	157	44.94
		207	68.41
	Hirse	501	16.62
		502	1.95
	Obstanlagen Äpfel, Obstanlagen Birnen Reben, Rebflächen mit nat. Artenvielfalt	161	129.14
		503	19.77
		504	8.82
		505	37.28
		913	241.02
		469	35.56

**Tabelle 4:** Liste der Kulturen, für die gemäss BLW PSM-Verzeichnis Terbuthylazin verwendet wird. Die Summen dieser Hauptkulturflächen aus dem ARCGIS in jedem Einzugsgebiet (EZG) sind in der Spalte rechts von der C Nr. der Messstellen dargestellt.

### 2.4.2 Berechnung der Modellparameter

Zur Berechnung der Modellparameter wurden Prinzipien und Formeln aus (Stabel, 1995) [11] angewandt. Es wurde von einem linearen Zusammenhang zwischen der Fracht  $\hat{y}_i$  einer Verbindung  $v$  für einen Zweiwochenzeitraum  $i$  und der Anwendungsfläche  $x_{v,MS}$  der Verbindung im Einzugsgebiet der Messstelle  $MS$  ausgegangen:

$$\hat{y}_i(v) = x_{v,MS} \cdot \hat{\beta} + \hat{\alpha} \quad (8)$$

Die Steigung  $\hat{\beta}$  wurde berechnet aus der Summe des Produktes der Differenz zwischen berechneten Frachten  $Y_{i,v,MS}$  und deren Mittelwert  $\bar{Y}_{i,v}$  und der Differenz zwischen der Anwendungsfläche  $X_{v,MS}$

<sup>1</sup>Gemäss landwirtschaftlicher Begriffsverordnung [15] gilt jene Kultur als Hauptkultur, welche die Bodenfläche während der Vegetationsperiode am längsten beansprucht. Die Vegetationsperiode im Schweizer Mittelland dauert ungefähr 230 Tage von März bis und mit Oktober mit Tendenz zur Verlängerung [3].

und deren Mittelwert  $\bar{X}_v$  geteilt durch das Quadrat der Summe von den Differenzen zwischen  $X_{v,MS}$  und  $\bar{X}_v$ :

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_i (Y_{i,v} - \bar{Y}_{i,v,MS})(x_{v,MS} - \bar{X}_v)}{\sum_i (X_{v,MS} - \bar{X}_v)^2} \quad (9)$$

Der Achsenabschnitt  $\hat{\alpha}$  wurde folgendermassen berechnet:

$$\hat{\alpha} = \bar{Y} - \hat{\beta} \cdot \bar{X}_v \quad (10)$$

Zur Ermittlung des Vertrauensintervalls wurden die Residuen  $R_{i,v,MS}$ , die Standardabweichung  $\hat{\sigma}_{i,v}$ , die Summe der Quadrate  $SS_{i,v}$ , die Laufvariable  $x_0$  und der Standardfehler  $se^{\bar{y}_{i,v,MS}}$  bestimmt:

$$R_{i,v,MS} = Y_{i,v,MS} - \bar{Y}_{i,v} \quad (11)$$

$$\hat{\sigma}_{i,v} = \sqrt{\sum_i \frac{R_{i,v,MS}^2}{n-2}} \quad (12)$$

Wobei  $n$  der Anzahl der Proben für  $v$  in der Zeitperiode  $i$  entspricht.

$$SS_{i,v} = \sum_i (X_{v,MS} - \bar{X}_v)^2 \quad (13)$$

$$x_0 = \frac{\min X_v + (\max X_v - \min X_v)}{n-1} \quad (14)$$

$$se^{\bar{y}_{i,v,MS}} = \hat{\sigma} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{X}_{i,v})^2}{SS_{i,v}}} \quad (15)$$

Vertrauensintervalle wurden mit folgender Formel bestimmt, wobei  $q_{0.975}^{t_{n-2}}$  dem 97.5 % Quantil einer zweiseitigen  $t$ -Verteilung entspricht:

$$\hat{y}_i(v) \pm q_{0.975}^{t_{n-2}} \cdot se^{\bar{y}_{i,v,MS}} \quad (16)$$

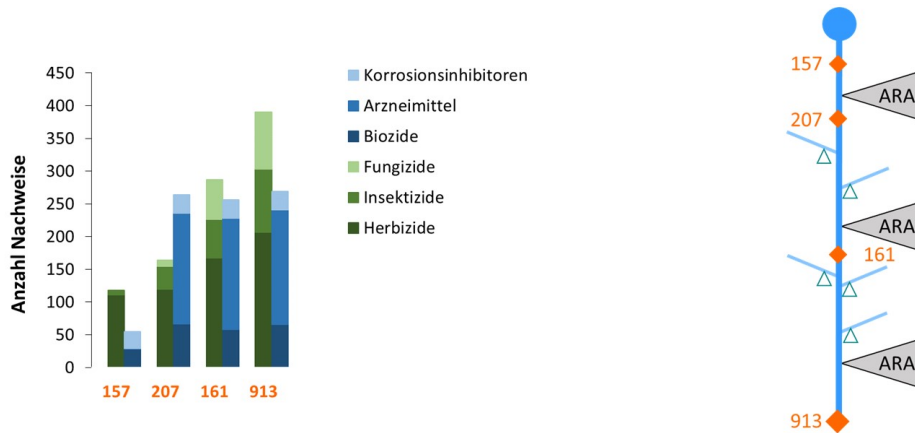
Prognoseintervalle wurden wie folgt berechnet:

$$\hat{y}_i(v) \pm q_{0.975}^{t_{n-2}} \cdot \hat{\sigma} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{X}_{i,v})^2}{SS_{i,v}}} \quad (17)$$

### 3 Resultate

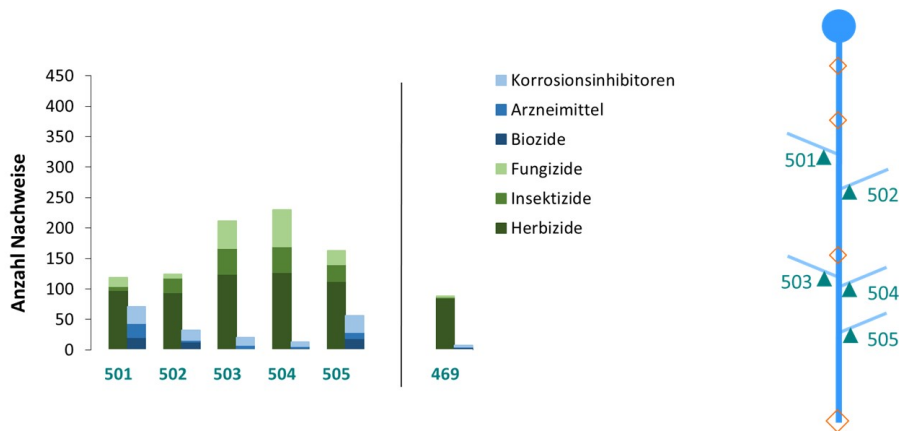
#### 3.1 Anzahl Nachweise

Abbildung 5 zeigt die Anzahl Nachweise von MV H&I und die Anzahl Nachweise von Pestiziden LW an den vier Messstellen «Furtbach vor Trockenloo-Kanal» (C Nr. 157), «Furtbach nach ARA Regensdorf» (C Nr. 207), «Furtbach nach ARA Buchs» (C Nr. 161) und «Furtbach bei Würenlos» (C Nr. 913). Bei Nachweisen von MV H&I wurde unterschieden zwischen Nachweisen von Korrosionsinhibitoren, Arzneimitteln und Bioziden, die Nachweise der Pestizide LW wurden unterteilt in Nachweise von Fungiziden, Insektiziden und Herbiziden dargestellt.



**Abbildung 5:** Anzahl Nachweise pro Stoffgruppe an den Messstellen des Furtbachs. Die Gruppe der Korrosionsinhibitoren enthält zwei Verbindungen, Benzotriazol und Methylbenzotriazol. Rechts sind die Messstellen des Furtbachs in dessen Fliessverlauf von oben nach unten mit C Nr. schematisch dargestellt.

Analog zeigt Abbildung 6 die Anzahl Nachweise von Pestiziden LW und MV H&I, die 2019 an den Messstellen «Breitwiesenkanal vor Furtbach» (C Nr. 501), «Mülibach vor Furtbach» (C Nr. 502), «Bän-nengraben vor Furtbach» (C Nr. 503), «Oberwiesenbach vor Furtbach» (C Nr. 504), «Harberenbach vor Furtbach» (C Nr. 505) im Furttal und an der Messstelle «Hofibach vor Hedingen» (C Nr. 469) festgestellt wurden.



**Abbildung 6:** Anzahl Nachweise pro Stoffgruppe an den Messstellen der Seitenbäche des Furtbachs und an der Messstelle «Hofibach vor Hedingen». Rechts sind die Messstellen an den Seitenbächen im Fliessverlauf des Furtbachs von oben nach unten mit C Nr. schematisch dargestellt.



### 3.2 Wasserqualität des Furtbachs bezüglich MV H&I und Pestizide LW

Abbildung 7 zeigt die maximale und mittlere Summe der CRQ der MV H&I an den vier Messstellen des Furtbachs. An allen drei Messstellen unterhalb der ersten vor der Einleitung des Trockenloo-Kanals ist die Wasserqualität des Furtbachs «schlecht».

C_Nr	Stellenname	Anteil Abwasser [%]	Max. $\Sigma$ CRQ	Mittlere $\Sigma$ CRQ
157	Furtbach vor Trockenloo-Kanal	0	0.2	0.1
207	Furtbach nach ARA Regensdorf	74	47.2	31.1
161	Furtbach nach ARA Buchs	66	31.3	18.7
913	Furtbach bei Würenlos	61	18.7	13.0

**Abbildung 7:** Wasserqualität anhand der maximalen und durchschnittlichen Summe der CRQ von MV H&I an den Messstellen des Furtbachs.

Bezüglich Pestizide LW und deren Untergruppen Herbizide und Insektizide war die Wasserqualität des Furtbachs im Jahr 2019 an allen Messstellen entweder «unbefriedigend» oder «schlecht» (siehe Abb. 8). Die Beurteilung bezüglich Fungizide fällt positiver aus.

C_Nr	Stellenname	Max. $\Sigma$ CRQ	Mittlere $\Sigma$ CRQ	Max. $\Sigma$ CRQ		
				Pestizide	Herbizide	Insektizide
157	Furtbach vor Trockenloo-Kanal	8.8	2.1	7.3	8.7	0.0
207	Furtbach nach ARA Regensdorf	12.2	5.4	8.7	9.9	0.2
161	Furtbach nach ARA Buchs	45.0	17.1	37.3	33.1	1.6
913	Furtbach bei Würenlos	524.6	63.3	19.1	520.3	1.1

**Abbildung 8:** Wasserqualität anhand der maximalen und durchschnittlichen Summe der CRQ von Pestiziden LW an den Messstellen des Furtbachs.

### 3.3 Wasserqualität der Seitenbäche des Furtbachs und Wasserqualität des Hofibachs

Abbildung 9 zeigt die mittlere und maximale Summe der CRQ von MV H&I für die Seitenbäche des Furtbachs sowie für den Hofibach.

C_Nr	Stellenname	Anteil Siedlungsfläche [%]	Max. $\Sigma$ CRQ	Mittlere $\Sigma$ CRQ
501	Breitwieskanal vor Furtbach	36	1.6	0.6
502	Mülibach vor Furtbach	33	0.0	0.0
503	Bännengraben vor Furtbach	6	0.3	0.0
504	Oberwiesbach vor Furtbach	7	0.2	0.0
505	Harberenbach vor Furtbach	28	0.9	0.1
469	Hofibach vor Hedingen	7	1.1	0.1

**Abbildung 9:** Wasserqualität anhand der maximalen und durchschnittlichen Summe der CRQ von MV H&I an den Messstellen der Seitenbäche des Furtbachs und der Messstelle Hofibach.

Die maximalen und mittleren Summen der CRQ bezüglich Pestizide LW für die Messstellen der Seitenbäche des Furtbachs und für den Hofibach sind in Abbildung 10 zu sehen. Auch gezeigt sind die maximalen Summen der CRQ bezüglich der Untergruppen Herbizide, Insektizide und Fungizide.

C_Nr	Stellenname	Max. $\Sigma$ CRQ	Mittlere $\Sigma$ CRQ	Max. $\Sigma$ CRQ		
				Pestizide	Herbizide	Insektizide
501	Breitwiesenkanal vor Furtbach	11.0	2.6	11.0	10.8	0.0
502	Mülibach vor Furtbach	27.4	9.1	26.5	22.7	0.1
503	Bännengraben vor Furtbach	1426.5	174.5	164.5	1261.9	0.8
504	Oberwiesenkanal vor Furtbach	21.6	8.2	8.3	16.6	1.7
505	Harberenbach vor Furtbach	14.7	3.3	8.3	13.5	0.1
469	Hofibach vor Hedingen	1.0	0.3	1.0	0.6	0.0

**Abbildung 10:** Maximale und durchschnittliche Summe der CRQ aller Pestizide LW an den Messstellen der Seitenbäche des Furtbachs und der Messstelle «Hofibach vor Hedingen».

### 3.4 Überschreitungen des CQK

Abbildung 11 zeigt die Anzahl der Überschreitungen des CQK an den Messstellen im Furttal und an der Messstelle des Hofibachs. Dargestellt sind alle untersuchten Stoffe, welche an mindestens einer Messstelle in mehr als der Hälfte der Proben dieser Stelle das CQK überschritten. Eine Auflistung aller Überschreitungen der CQK befindet sich im Anhang (siehe Abb. 38 und 39).

Parameter	Wirkstoffgruppe	NW CRQ >1 [%] im Furttal	Anz. NW CRQ >1 im Furttal	Anzahl Proben mit CRQ > 1									
				Furtbach				Furtbach Seitenbäche					Hofibach
				157	207	161	913	501	502	503	504	505	469
Metazachlor	H	52	65	1	12	12	13	0	2	14	9	2	0
Diclofenac	M	37	46	0	14	14	14	4	0	0	0	0	1
Propyzamid	H	28	35	0	0	11	11	0	2	4	5	2	0
lambda-Cyhalothrin	I	27	34	1	1	7	12	2	0	9	1	1	0
Azithromycin	M	26	33	0	14	14	5	0	0	0	0	0	0
Cypermethrin	I	13	17	0	1	0	8	0	3	3	2	0	0
Chlorpyrifos	I	10	13	0	1	0	7	0	0	0	5	0	0

**Abbildung 11:** Stoffe, welche an mindestens einer Messstelle in mehr als der Hälfte der Proben 2019 ihr CQK überschritten. Überschreitungen des CQK, welche in mehr als sieben Proben auftraten, sind für Pestizide LW grün und für MV H&I blau hinterlegt. Die Stoffe sind in absteigender Reihenfolge der Summe der Überschreitungen des CQK im Furttal geordnet.

### 3.5 Maximale Überschreitungen des CQK

In Abbildung 12 sind die maximalen CRQ aller untersuchten Stoffe aufgelistet, deren maximale Konzentration im Furttal im Jahr 2019 an mindestens einer Stelle das CQK mehr als das Zehnfache überschritt. Eine Liste mit den maximalen CRQ von allen untersuchten Stoffen befindet sich im Anhang (siehe Abb. 40 und 41).

Parameter	CQK [µg/l]	Wirkstoffgruppe	CRQ <sub>max</sub> im Furttal	CRQ <sub>max</sub>									
				Furtbach				Furtbach Seitenbäche					Hofibach
				157	207	161	913	501	502	503	504	505	469
Cypermethrin	3E-05	I	677.75	0.00	8.58	0.00	31.81	0.00	22.37	677.75	10.13	0.00	0.00
lambda-Cyhalothrin	2E-05	I	582.93	8.68	9.27	31.59	27.81	10.45	0.00	582.93	13.84	11.95	0.00
Chlorpyrifos-methyl	0.001	I	509.93	0.18	0.11	0.00	509.93	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	0.49
Metazachlor	0.7	H	163.00	1.48	7.25	35.00	16.38	0.50	1.88	163.00	5.80	7.50	0.50
Diclofenac	0.05	M	35.10	0.00	35.10	22.71	15.09	1.56	0.00	0.33	0.20	0.87	1.13
Metolachlor	2.7	H	14.69	0.30	0.13	0.51	0.39	0.09	14.69	0.01	0.00	0.38	0.12
Terbutylazin	0.22	H	11.78	0.06	0.31	0.62	0.49	0.23	11.78	0.35	0.03	0.41	0.22
Propyzamid	0.063	H	11.33	0.21	0.15	11.33	6.72	0.00	2.83	4.91	3.91	1.90	0.00
MCPA	0.66	H	10.97	0.08	1.01	0.39	0.16	10.97	0.07	0.00	0.04	0.13	0.00
Azithromycin	0.019	M	10.30	0.00	10.30	5.67	3.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Abbildung 12:** Stoffe, welche an mindestens einer der untersuchten Messstellen das CQK überschritten, geordnet nach Grösse ihres maximalen CRQ im Furttal. Maximale CRQ von Pestiziden LW sind an den Messstellen, an denen sie auftraten, grün hinterlegt, maximale CRQ von MV H&I blau.

### 3.6 Überschreitungen der Anforderungswerte der GSchV

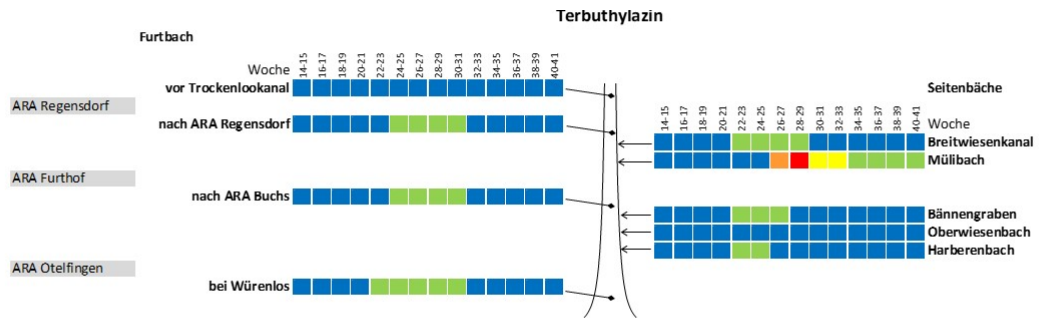
In Abbildung 13 ist die Anzahl der Überschreitungen der gesetzlichen Anforderungswerte für alle untersuchten Messstellen angegeben. Gezeigt sind jene untersuchten Stoffe, welche an mindestens einer Stelle in mehr als der Hälfte aller Proben die gesetzlichen Anforderungen der GSchV nicht erfüllten. Im Anhang befindet sich eine Tabelle mit allen Überschreitungen der Anforderungswerte der GSchV (siehe Abb. 42 und 43).

Parameter	Wirkstoffgruppe	NW GschV C übers. [%] im Furttal	Anz. NW GschV C übers. im Furttal	Anzahl Proben mit Überschreitung der GSchV C Anforderung									
				Furtbach				Furtbach Seitenbäche					Hofibach
				157	207	161	913	501	502	503	504	505	469
Metazachlor*	H	52	65	1	12	12	13	0	2	14	9	2	0
Diclofenac*	M	37	46	0	14	14	14	4	0	0	0	0	1
Mecoprop	B	30	38	2	8	7	9	4	3	0	0	5	0
Azithromycin*	M	26	33	0	14	14	5	0	0	0	0	0	0
Propyzamid	H	22	28	0	0	10	10	0	1	3	3	1	0
Cypermethrin*	I	13	17	0	1	0	8	0	3	3	2	0	0
Chlorpyrifos*	I	10	13	0	1	0	7	0	0	0	5	0	0

**Abbildung 13:** Stoffe, die an mindestens einer Messstelle in mehr als der Hälfte der Proben die gesetzlichen Anforderungen nicht erfüllten. Gezeigt ist die Anzahl der Überschreitungen des 0.1 µg/L Kriteriums, respektive des CQK. Stoffe, für die die GSchV ein CQK vorsieht, sind mit einem \* hinter dem Namen gekennzeichnet. Überschreitungen, welche in mehr als der Hälfte der Proben einer Stelle auftraten, sind für Pestizide LW grün und für MV H&I blau eingefärbt.

### 3.7 Zeitlicher Verlauf der Belastung durch einzelne Stoffe an den Messstellen im Furttal

Zur Betrachtung des zeitlichen Verlaufs der Belastung wurde für Stoffe, die die Gewässer im Furttal stark belasten, eine Übersicht nach dem Prinzip von Abbildung 14 erstellt. Sie zeigt den zeitlichen Verlauf der Wasserqualität bezüglich des CRQ (hier als Beispiel für Terbutylazin) an den Messstellen des Furtbachs und seiner Seitenbäche in der Reihenfolge des Fliessverlaufs von oben nach unten.



**Abbildung 14:** Zeitliche Auflösung der Wasserqualität bezüglich des CRQ von Terbutylazin an den untersuchten Messstellen im Furttal.

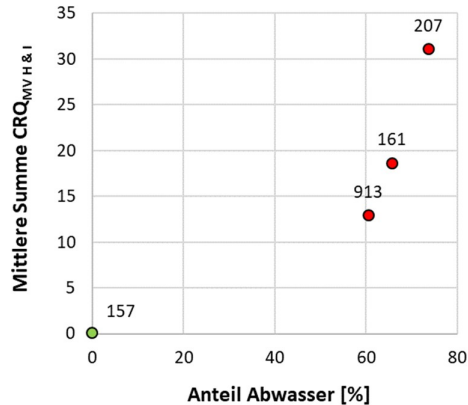
### 3.8 Linearer Zusammenhang zwischen Fracht und Anwendungsfläche von Terbutylazin

Für das Herbizid Terbutylazin konnte ein guter linearer Zusammenhang zwischen der Fracht an den verschiedenen Messstellen und der Grösse der geschätzten Anwendungsfläche in den Einzugsgebieten gefunden werden. In Abbildungen 26 und 27 ist ein lineares Regressionsmodell für die Fracht von Terbutylazin vom 27. Mai bis 09. Juni und vom 10. bis 23. Juni jeweils mit 95 % Vertrauens- und Prognoseintervallen dargestellt. Die Flächen beziehen sich auf die Daten aus Tabelle 4.

## 4 Diskussion

### 4.1 Wasserqualität des Furtbachs

Die Wasserqualität des Furtbachs bezüglich MV H&I war gemessen an der maximalen Summe der CRQ an allen drei Messstellen nach ARA «unbefriedigend» (siehe Abb. 7). Nur an der Messstelle 157, an der der Furtbach noch kein gereinigtes Abwasser mit sich führt, war die Qualität des Wassers in Bezug auf die maximale Summe der CRQ «gut». Der Abwasseranteil an den Messstellen des Furtbachs korreliert wie erwartet positiv mit der mittleren Summe des CRQ (siehe Abb. 15).



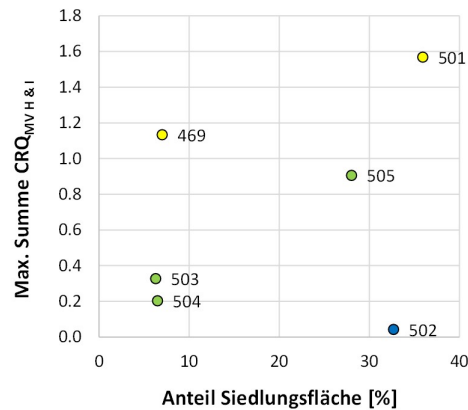
**Abbildung 15:** Verhältnis der mittleren Summe der CRQ von MV H&I und dem Abwasseranteil der Messstellen des Furtbachs. Die Farbe der Punkte entspricht der Beurteilung der Wasserqualität an der betreffenden Stelle.

Auch bezüglich Pestizide LW war die Wasserqualität im Furtbach gemessen an der maximalen Summe der CRQ mit Ausnahme der Messstelle 157 «unbefriedigend» (siehe Abb. 8). Gemessen an der mittleren Summe der CRQ wurde das Wasser im oberen Teil des Furtbachs an Messstellen 157 und 207 nur als «unbefriedigend» bewertet. Zu bemerken ist, dass in Bezug auf Pestizide LW an der Messstelle 161 und 913 auch die mittlere Summe der CRQ grösser als zehn ist. Das könnte im Fall von Würenlos durch Beiträge von Pestiziden aus den Seitenbächen Bännengraben, Oberwiesenbach und Harberenbach erklärt werden. Auch nimmt die mittlere Summe der CRQ bezüglich Pestizide LW im Fliessverlauf des Furtbachs zu, wobei der Unterschied zwischen den Messstellen 161 und 913 Faktor 3 beträgt. Die starke Zunahme der Belastung bei Würenlos könnte durch Einträge aus dem Bännengraben erklärt werden, der 2019 übermässig durch Insektizide belastet war (siehe Abb. 10).

### 4.2 Wasserqualität der Seitenbäche des Furtbachs und Wasserqualität des Hofibachs

In Bezug auf MV H&I variiert die Wasserqualität der Seitenbäche des Furtbachs von «sehr gut» im Mülibach bis zu «mässig» im Breitwiesenkanal (siehe Abb. 9). Im Hofibach überschritt die maximale Summe der CRQ knapp eins, was zu einer Bewertung von «mässig» führte. Vergleicht man den Anteil an Siedlungsfläche in den Einzugsgebieten mit der maximalen Summe der CRQ der Messstellen, sticht der Unterschied zwischen Breitwiesenkanal (C Nr. 501) und Mülibach (C Nr. 502) besonders hervor (siehe Abb. 16). Nach dem Breitwiesenkanal mit 36 % Siedlungsfläche hat der Mülibach mit 33 % von allen Seitenbächen den grössten Anteil an Siedlungsfläche im Einzugsgebiet (siehe Tab. 2). Im Gegensatz zum Breitwiesenkanal liegt die maximale Summe der CRQ im Mülibach aber nahe bei 0. Die maximale Summe der CRQ von 1.6 im Breitwiesenkanal wird vermutlich durch diffuse Siedlungsabwassereinträge entstanden sein. Gemessen an der mittleren Summe der CRQ schnitt die Wasserqualität der Seitenbäche

des Furtbachs entweder «sehr gut» oder «gut» und der Hofibach als «sehr gut» ab. Das entspricht, da keine ARAs in diese Bäche entwässern, den Erwartungen.



**Abbildung 16:** Verhältnis der maximalen Summe der CRQ und der Siedlungsfläche in dem Einzugsgebiet des Hofibachs und der Seitenbäche des Furtbachs. Die Einfärbung der Messwerte entspricht der Beurteilung der Wasserqualität an der betreffenden Messstelle.

Gemessen an der maximalen Summe der CRQ bezüglich Pestizide LW musste die Wasserqualität aller untersuchten Seitenbäche als «schlecht» bewertet werden (siehe Abb. 10). Im Bännergrenzen beträgt die maximale Summe der CRQ mehr als 1000. Für den hohen Wert sind vor allem MV durch Insektizide verantwortlich. Der Hofibach schneidet in allen Kategorien besser ab als die Seitenbäche im Furttal. Auch war im Hofibach die maximale Summe der CRQ der Insektizide kleiner als 1.

### 4.3 Hauptverursacher der Belastung

In Tabelle 5 sind die Hauptverursacher der Belastung nach Anzahl Überschreitungen des CQK und der Grösse des maximalen CRQ zusammengefasst: Die Stoffe in der linken Spalte überschritten in mehr als der Hälfte der Proben an mindestens einer Stelle das CQK, die Stoffe der rechten Spalte erreichten einen CRQ von grösser als 10. In den folgenden zwei Abschnitten werden die Stoffe in Tabelle 5 in Bezug auf die Stärke und den zeitlichen Verlauf der Belastung genauer untersucht.

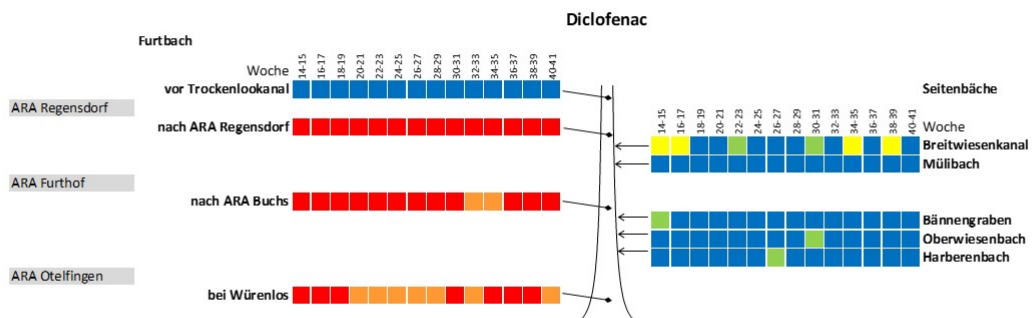
CQK überschritten	Grösse CRQ <sub>max</sub>
Metazachlor	Cypermethrin
Diclofenac	λ-Cyhalothrin
Propyzamid	Chlorpyrifosmethyl
λ-Cyhalothrin	Metazachlor
Azithromycin	Diclofenac
Cypermethrin	Metolachlor
Chlorpyrifos	Terbutylazin
	Propyzamid
	MCPA
	Azithromycin

**Tabelle 5:** Stoffe, die in der Hälfte der Proben an mindestens einer Stelle das CQK überschritten und deren maximaler CRQ im Furttal grösser als 10 war. Die Stoffe sind in absteigender Reihenfolge der Anzahl Überschreitungen des CQK, respektive der Grösse des CRQ geordnet. Verbindungen der Gruppe MV H&I sind blau eingefärbt, Verbindungen aus der Gruppe der Pestizide LW grün.

### 4.3.1 Hauptverursacher der Belastung durch MV H&I

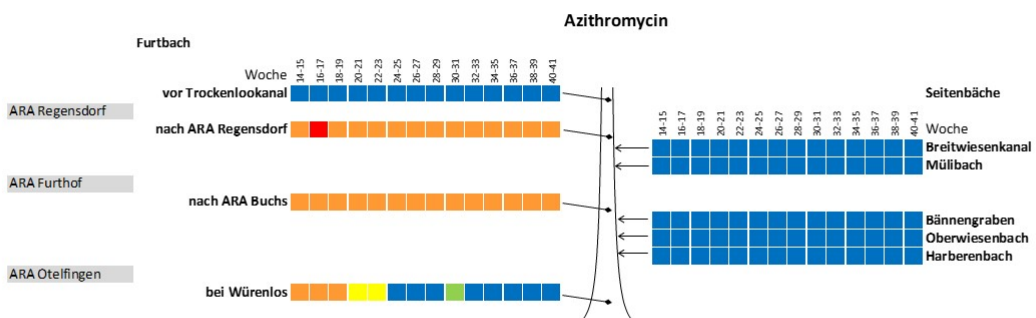
Zwei Arzneistoffe überschritten im Furtbach in mehr als der Hälfte der Proben einer Stelle ihr CQK: Diclofenac überschritt an den Messstellen 207, 161, und 913 in allen 14 Proben das CQK, Azithromycin in allen Proben der Messstellen 207 und 161 (siehe Abb. 12). Der CRQ von Diclofenac im Furtbach war nach der ARA Regensdorf immer grösser als 10, nach der ARA Buchs und bei Würenlos immer grösser als 2.

Im Breitwiesenkanal lag der CRQ von Diclofenac viermal zwischen 1 und 2. In den Wochen 34 und 35 betrug der kumulierte Niederschlag im Furttal weniger als 10 mm (siehe Abb. 45 im Anhang), was der Hypothese, dass das Diclofenac in dieser Zweiwochenmischprobe aus Überläufen der Kanalisation bei Regenereignissen stammt, widerspricht. Im Bännengraben, im Oberwiesenbach und im Harberenbach wurde Diclofenac in geringen Mengen ( $CRQ < 1$ ) nachgewiesen. Im Hofibach überschritt Diclofenac mit einem CRQ von 1.13 geringfügig das CQK.



**Abbildung 17:** Zeitlicher Verlauf des CRQ von Diclofenac an den untersuchten Messstellen im Furttal. Die Messstellen sind in der Reihenfolge des Fliessverlaufs von oben nach unten dargestellt.

Der CRQ von Azithromycin lag im Furtbach während des ganzen Untersuchungszeitraums nach den ARA bei Buchs und Regensdorf zwischen 2 und 10 (siehe Abb. 18). In den Wochen 16 und 17 erreichte der CRQ von Azithromycin den Maximalwert von 10.3 im Furtbach nach der ARA Regensdorf (siehe Abb. 12). Azithromycin wurde in keinem der untersuchten Seitenbäche des Furtbachs nachgewiesen.

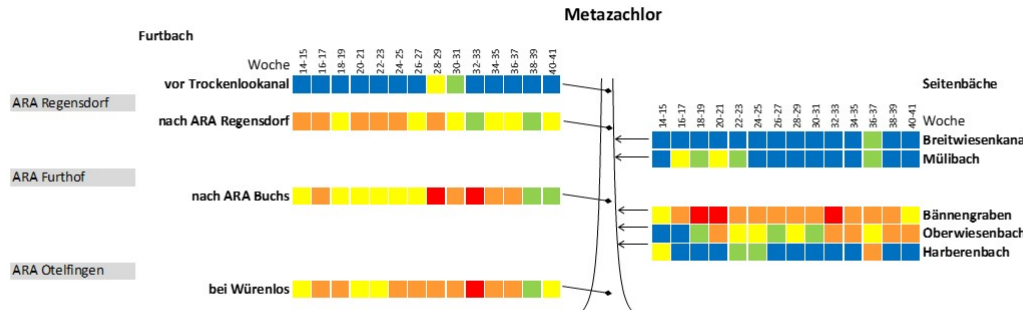


**Abbildung 18:** Zeitlicher Verlauf des CRQ von Azithromycin an allen untersuchten Messstellen im Furttal.

### 4.3.2 Hauptverursacher der Belastung durch Pestizide LW

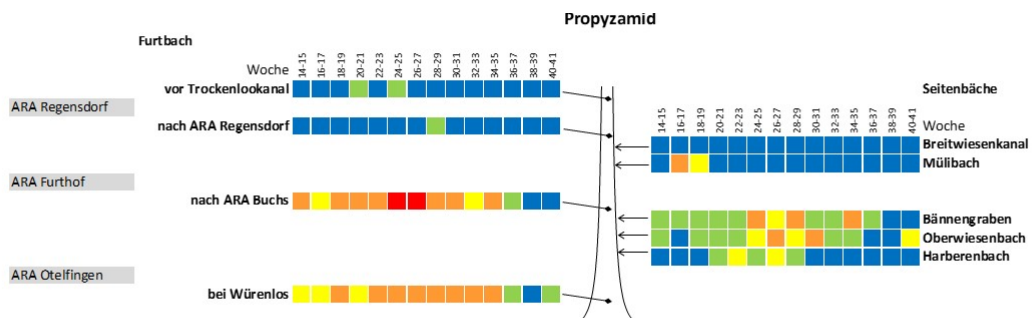
Im Furtbach hatten fünf Pestizide LW in mehr als sieben Proben ihr CQK überschritten: Metazachlor, Propyzamid,  $\lambda$ -Cyhalothrin, Cypermethrin und Chlorpyrifos (siehe Abb. 11). Metazachlor überschritt an allen vier Messstellen des Furtbachs mindestens einmal das CQK, wobei es an den Messstellen 207, 161 und 913 mit wenigen Ausnahmen kontinuierlich überschritten wurde (siehe Abb. 19).

Auch im Mülibach, im Bännengraben, im Oberwiesenbach und im Harberenbach wurde das CQK von Metazachlor mindestens einmal überschritten, wobei es am Bännengraben in allen Proben und am Oberwiesenkanal in 9 Proben überschritten wurde (siehe Abb. 11). Es kam in den Seitenbächen nur im Bännengraben zu mehr als zehnfachen Überschreitungen des CQKs. Der maximale CRQ von Metazachlor mit 163 wurde im Bännengraben gefunden (siehe Abb. 12).



**Abbildung 19:** Zeitliche Auflösung der Wasserqualität bezüglich Metazachlor an allen untersuchten Messstellen im Furttal.

Ähnlich kontinuierliche Überschreitungen des CQK wurden für Propyzamid nach der ARA Buchs und bei Würenlos im Furtbach festgestellt. (siehe Abb. 11). Dabei wurde das CQK von Propyzamid im Furtbach nach der ARA Buchs und bei Würenlos sowie in den Seitenbächen Mülibach, Bännengraben, Oberwiesenbach und Harberenbach überschritten (siehe Abb. 20). Die lang anhaltende Belastung durch Propyzamid im Furtbach nach der ARA Buchs (siehe Abb. 20), kann für die meisten Proben nicht mit Einträgen aus dem Breitwiesenkanal oder Mülibach erklärt werden. Vermutlich stammte das Propyzamid aus den nicht beprobten Seitenbächen, die zwischen «Furtbach nach ARA Regensdorf» und «Furtbach nach ARA Buchs» in den Furtbach fließen (siehe Abb. 2).



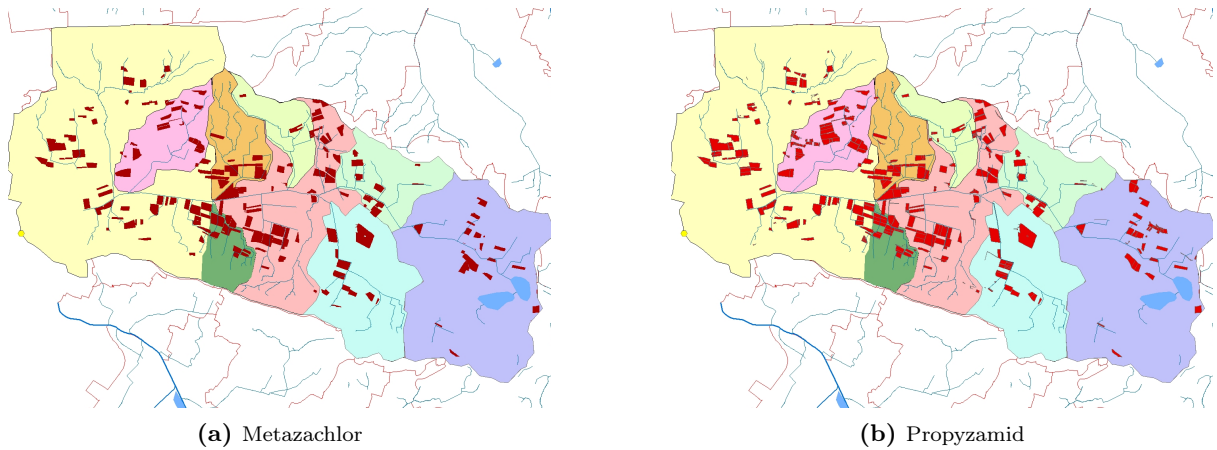
**Abbildung 20:** Zeitliche Auflösung der Wasserqualität bezüglich Propyzamid an den untersuchten Messstellen im Furttal.

Die häufigen Überschreitungen des CQK von Metazachlor und Propyzamid decken sich mit der Grösse der geschätzten Anwendungsfläche dieser beiden Stoffe im Furttal: Wie auf Abbildung 21 zu sehen, war die potentielle Anwendungsfläche von Metazachlor und von Propyzamid im Jahr 2019 sehr gross.

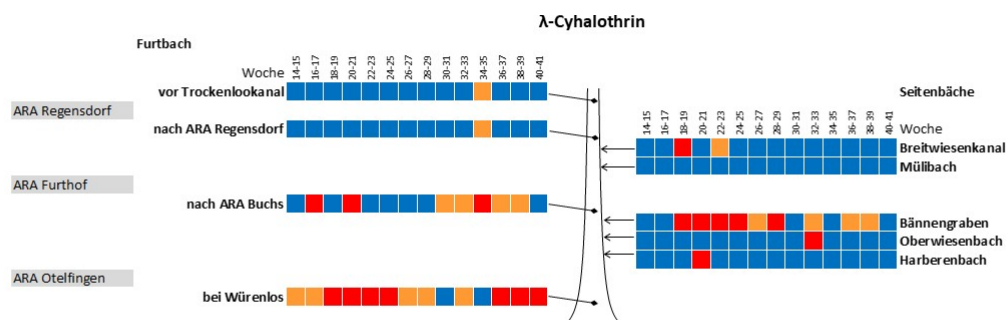
Die grössten Überschreitungen des CQK im Furttal kamen durch Cypermethrin und  $\lambda$ -Cyhalothrin im Bännengraben zustande (siehe Abb. 12). Der maximale CRQ war in beiden Fällen grösser als 500. Im Bännengraben und im Furtbach bei Würenlos war der CRQ von  $\lambda$ -Cyhalothrin für acht Wochen von Mai bis und mit Juni durchgehend grösser als 10 (siehe Abb. 22).

Die Belastung von Cypermethrin in den Seitenbächen war nicht kontinuierlich, vielmehr handelte es sich dabei um einzelne Zweiwochenzeiträume, in denen der CRQ 10 überstieg (siehe Abb. 23), was neben



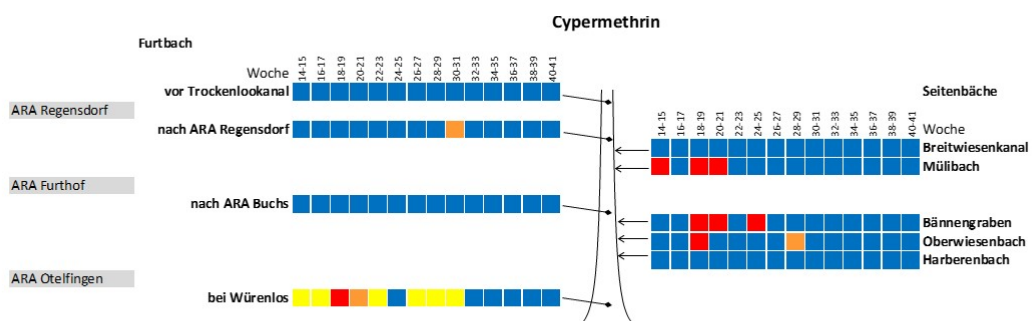


**Abbildung 21:** (a) Geschätzte Anwendungsflächen von Metazachlor im Furttal (braun) (b) geschätzte Anwendungsflächen von Propyzamid im Furttal (rot).



**Abbildung 22:** Zeitliche Auflösung der Wasserqualität bezüglich  $\lambda$ -Cyhalothrin an den untersuchten Messstellen im Furttal.

dem Bännengraben auch im Mülibach und im Oberwiesenbach vorkam. Im Furtbach bei Würenlos überschritt Cypermethrin in 8 von 14 Proben das CQK, was im Vergleich zu Metazachlor und  $\lambda$ -Cyhalothrin gemessen an der Höhe der Überschreitung des CQK eine geringere Belastung darstellte.



**Abbildung 23:** Zeitliche Auflösung der Wasserqualität bezüglich Cypermethrin an allen untersuchten Messstellen im Furttal.

Chlorpyrifosmethyl hatte wie Cypermethrin einen maximalen CRQ von über 500, zeigte aber keine Kontinuität im Verlauf der Belastung (siehe Abb. 44 im Anhang). Ein CRQ von grösser als 10 kam für Chlorpyrifosmethyl nur im Furtbach bei Würenlos in den ersten 6 Wochen des Untersuchungszeitraums vor.

Im Hofibach wurde das CQK für kein Pestizid überschritten (siehe Abb. 38 und 39 im Anhang). Damit

waren 2019 die Seitenbäche des Furtbachs im Vergleich zum Hofibach deutlich stärker belastet als der Hofibach.

#### 4.4 Überschreitung von gesetzlichen Anforderungswerten der GSchV

36 Stoffe überschritten mindestens einmal die gesetzlichen Grenzwerte, dabei handelte es sich in der Gruppe der Pestizide LW um 15 Herbizide, 7 Insektizide und 6 Fungizide (siehe Abb. 42 und 43 im Anhang). Vier Pestizide LW, Metazachlor, Propyzamid, Cypermethrin und Chlorpyrifos überschritten an mindestens einer Stelle in mehr als der Hälfte der Proben die gesetzliche Anforderung von  $0.1 \mu\text{g/L}$ , beziehungsweise das CQK (siehe Tab. 6). Mit Ausnahme von Propyzamid, das gemäss GSchV  $0.1 \mu\text{g/L}$  nicht überschreiten darf, gilt für Metazachlor, Cypermethrin und Chlorpyrifos das jeweilige CQK als gesetzlicher Grenzwert. Es gab aber keinen grossen Unterschied zwischen der Anzahl Überschreitungen des CQK und der Anzahl Überschreitungen von  $0.1 \mu\text{g/L}$  für Propyzamid: An den Messstellen 161 und 913 wurde das CQK jeweils 11 Mal überschritten, das  $0.1 \mu\text{g/L}$  Kriterium jeweils 10 Mal. Für  $\lambda$ -Cyhalothrin macht es einen grösseren Unterschied, ob das CQK oder das gesetzliche  $0.1 \mu\text{g/L}$  Kriterium aus der GSchV betrachtet wird: Das CQK von  $0.00002 \mu\text{g/L}$  wurde an allen Messstellen im Furttal ausser an der Messstelle Mülibach mindestens einmal überschritten (siehe Abb. 13), die Konzentration von  $0.1 \mu\text{g/L}$  jedoch nie (siehe Abb. 43 im Anhang).

CQK überschritten	GSchV Anforderung nicht erfüllt
Metazachlor	Metazachlor*
Diclofenac	Diclofenac*
Propyzamid	Mecoprop
$\lambda$ -Cyhalothrin	Azithromycin*
Azithromycin	Propyzamid
Cypermethrin	Cypermethrin*
Chlorpyrifos	Chlorpyrifos*

**Tabelle 6:** Stoffe, die in der Hälfte der Proben an mindestens einer Stelle das CQK oder Anforderungswert der GSchV überschritten. Die Stoffe sind in absteigender Reihenfolge der Anzahl Überschreitungen des CQK, respektive des Anforderungswerts der GSchV geordnet. Verbindungen, bei denen die GSchV Anforderung dem CQK entspricht, sind mit einem \* nach dem Namen gekennzeichnet. Verbindungen der Gruppe MV H&I sind blau eingefärbt, Verbindungen aus der Gruppe der Pestizide LW grün.

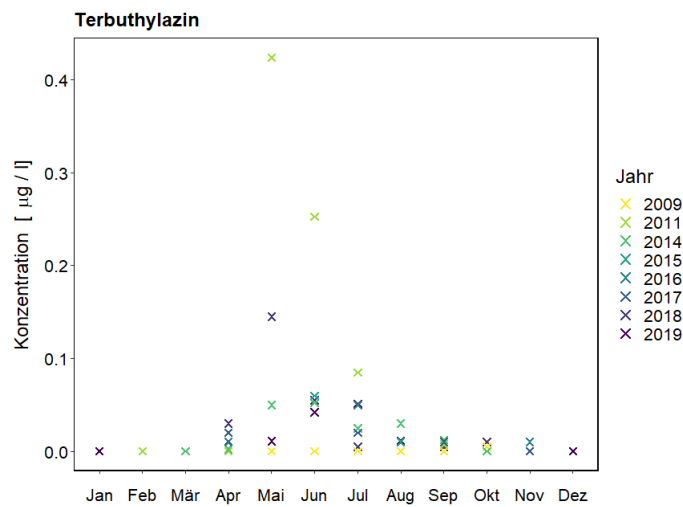
Zwei der drei Arzneistoffe, für die die GSchV die Einhaltung der CQK fordert, überschritten ihr CQK an mindestens einer Stelle in mehr als der Hälfte der Proben (siehe Tab. 6). In allen 14 Proben überschritten wurde das CQK von Diclofenac an den Stellen 207, 161 und 913 sowie das CQK von Azithromycin an den Stellen 207 und 161. Das Biozid Mecoprop war die dritte Verbindung aus der Gruppe MV H&I, welche in mehr als der Hälfte der Proben von Stellen 207, 161 und 913 den gesetzlichen Grenzwert von  $0.1 \mu\text{g/L}$  überschritt.

In den Seitenbächen überschritt keine Verbindung in mehr als der Hälfte der Proben die Anforderungswerte der GSchV. Im Hofibach wurden die gesetzlichen Anforderung genau einmal für Diclofenac nicht erfüllt.

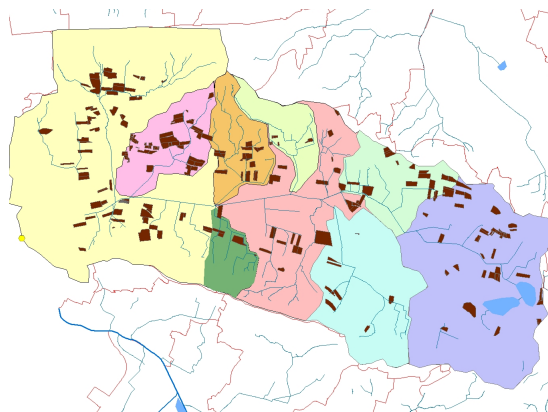
#### 4.5 Zusammenhang zwischen Fracht und Anwendungsfläche von Terbutylazin

Es gelang, die Fracht des Herbizids Terbutylazin mit einem linearen Regressionsmodell mit vernünftigen Vertrauens- und Prognoseintervallen für zwei Zweiwochenzeiträumen darzustellen (siehe Abb. 26 und 27). Das Modell entstand aus der Überlegung, dass die Konzentration eines Pestizids je nach Monat und

die Anwendungsfläche je nach Einzugsgebiet variiert (siehe Abb. 24 und 25). Deshalb wurde für jeden Probezeitraum ein eigenes Modell erstellt, das in der Steigung der Regressionsgeraden und der Grösse des Vertrauens- und Prognoseintervalls von den restlichen abweicht.



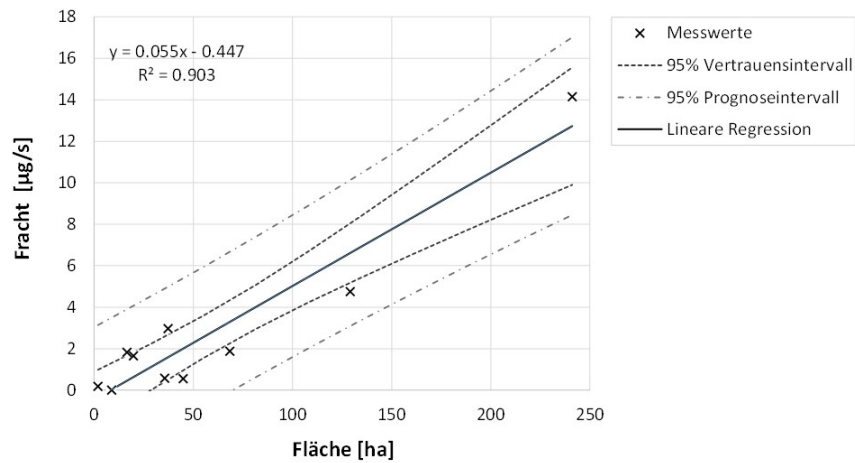
**Abbildung 24:** Monatsmittel von Terbuthylazin Konzentrationen bei Würenlos aus acht verschiedenen Jahren. Die Mittelwerte in den Jahren 2018 und 2019 wurden aus Zweiwochenmischproben berechnet, alle übrigen aus Wochenmischproben.



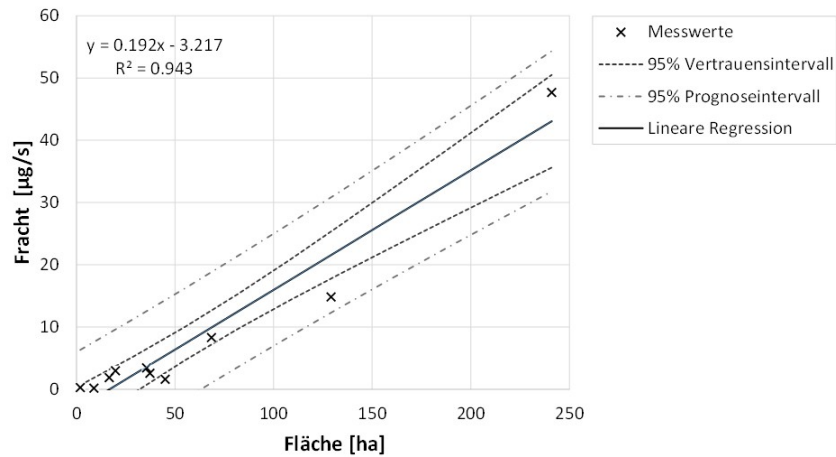
**Abbildung 25:** Geschätzte Anwendungsflächen von Terbuthylazin im Furttal: Die betreffenden Flächen sind braun eingefärbt. Die gesamte restliche eingefärbte Fläche entspricht dem Einzugsgebiete der Hauptmessstelle «Furtbach bei Würenlos».

Für alle restlichen Zweiwochenzeiträume waren die Vertrauens- und Prognoseintervalle zu breit, um eine Aussage über die Fracht zuzulassen. Grund dafür ist, dass vor allem zu Beginn im April und gegen Ende im Oktober nur selten Terbuthylazin gemessen wurde. Mit nur 10 Messpunkten ergab sich deshalb für diese Zeiträume kein linearer Zusammenhang zwischen Fracht und potentieller Anwendungsfläche. Das war bei allen anderen getesteten Stoffen und Zeiträumen der Fall (siehe Abb. 50 und 51 im Anhang). Eine weitere Schwierigkeit stellte die unregelmässige Verteilung der Grösse der geschätzten Anwendungsfläche für verschiedene Stoffe in den Einzugsgebieten dar. So konnte zum Beispiel für Metazachlor trotz vielen Nachweisen in genügend hoher Konzentration aufgrund mangelnden Einzugsgebiete mit mittelgrosser Anwendungsfläche kein aussagekräftiges Modell erstellt werden (siehe Abb. 49 im Anhang).

Zu Beginn der Datenauswertung wurde erwartet, dass die Pestizide LW vor allem durch Regen über den Boden in den Bach gelangen. Wider dieser Erwartung wurde keine Zusammenhang zwischen den



**Abbildung 26:** Lineares Regressionsmodell für die Fracht von Terbutylazin vom 27. Mai bis 09. Juni.



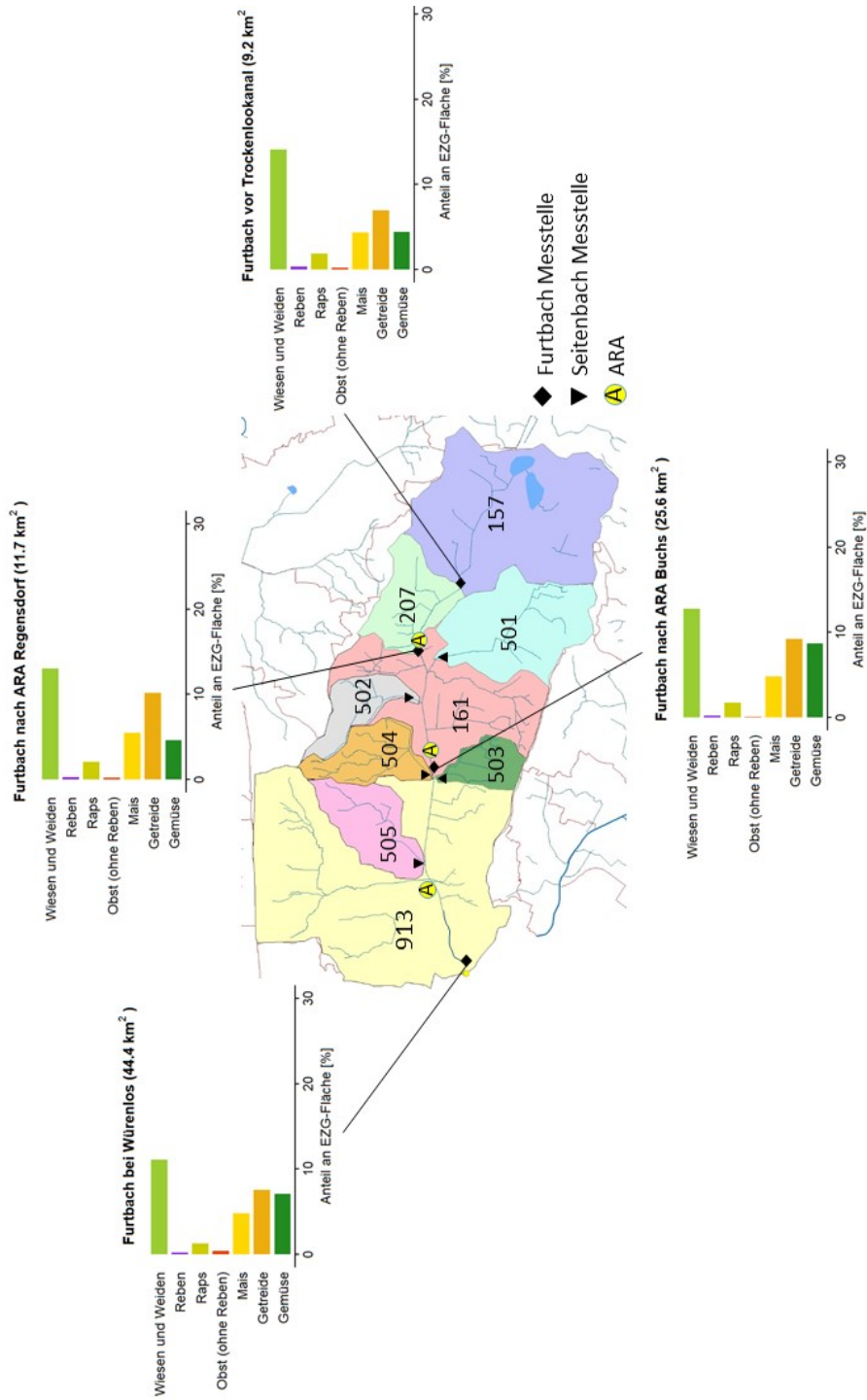
**Abbildung 27:** Lineares Regressionsmodell für Fracht von Terbutylazin vom 10. bis 23. Juni.

kumulierten CRQ von Herbiziden, Insektiziden und Fungiziden und den kumulierten Niederschlägen für die Zweiwochenperioden der Proben beobachtet (siehe Abb. 46 bis 48 im Anhang). Um ein umfassenderes Modell für die Pestizidfracht zu erstellen, das den Niederschlag als erklärende Variable miteinbezieht, bräuchte es Fracht-, Flächen- und Niederschlagsdaten von weiter auseinanderliegenden Messstellen. Der Niederschlag wurde im Furttal bei Otelfingen gemessen, daher ist er für alle Messstellen im Tal für die einzelnen Zweiwochenperioden gleich und nicht unabhängig. Auch wenn dieses Modell sehr einfach ist, kann damit, wenn die potentielle Anwendungsfläche bekannt ist, die Fracht eines Stoffes an einer Messstelle im Furttal für Zweiwochenperioden geschätzt werden.

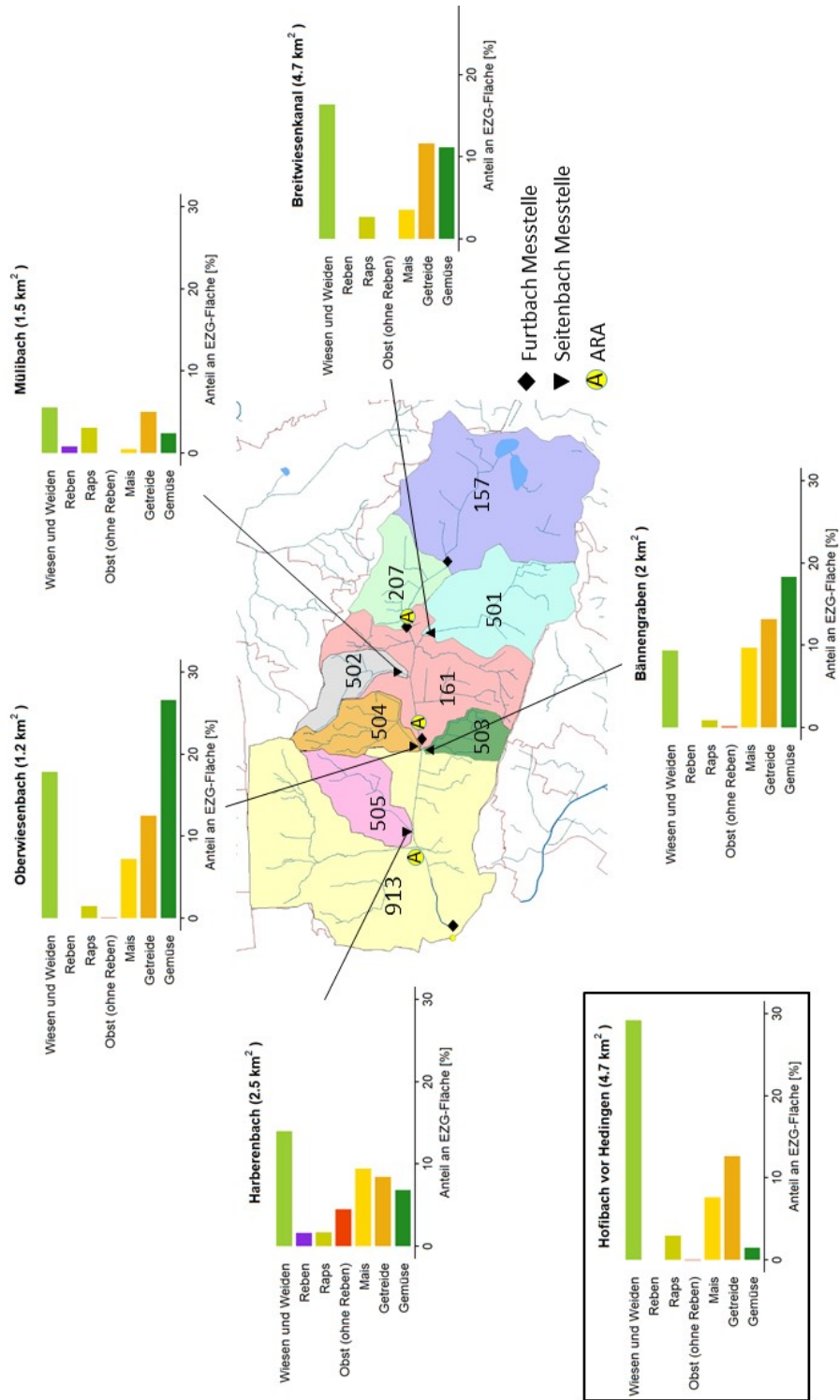
## Literatur

- [1] *Areal19*. Access-Datenbank AWEL. Zugriff: Oktober 2020.
- [2] *Bundesamt für Landwirtschaft, Pflanzenschutzmittelverzeichnis*. <http://www.psm.admin.ch/de/wirkstoffe>. Zugriff: 05.03.2021.
- [3] Pierluigi Calanca und Annelie Holzkämper. „Agrarmeteorologische Bedingungen im Schweizer Mittelland von 1864 bis 2050“. In: *Agrarforschung Schweiz* 1.9 (2010), S. 320–325.
- [4] *Charakterisierung Messstellen*. Access-Datenbank AWEL. Zugriff: Oktober 2020.
- [5] Esri. *ArcGis Version 10.8.1*. <http://www.esri.com/software/arcgis>. Zugriff: Oktober 2020.
- [6] *Gewässerschutzverordnung*, [https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/2863\\_2863\\_2863/de](https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1998/2863_2863_2863/de). Anhang 2 Ziff. 11 Abs. 3 Nr. 4 (andauernd). 2021.
- [7] *GIS-Browser*. <https://web.maps.zh.ch/>. Zugriff: März 2021.
- [8] *Kanton Zürich, Abfluss Jahrbücher*. <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/wasser-gewaesser/messdaten/abfluss-wasserstand.html>. Zugriff: Oktober 2020.
- [9] *Karten der Schweiz, Furttal*. <https://map.geo.admin.ch/>. Zugriff: März 2021.
- [10] *Messstellen Steckbriefe*. Website des Kanton Zürich, <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/wasser-gewaesser/messdaten/fliessgewaesserqualitaet.html>. Zugriff: März 2021.
- [11] Werner A. Stahel. *Statistische Datenanalyse*. ISBN 3-528-06653-9. Vieweg Verlag, 1995.
- [12] *Stofftabelle*. Access-Datenbank AWEL. Zugriff: Januar 2020.
- [13] Rebekka Teichler, Christian Goetz und Oliver Jäggi. „Welche Stoffe belasten die Fliessgewässer?“ In: *Aqua & Gas* 7.8 (2020), S. 54–61.
- [14] Raoul Thoma. *Einträge von organischen Mikroverunreinigungen über ARA in Oberflächengewässer*. <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/wasser-gewaesser/gewaesserschutz/gewaesser-umweltanalytik.html>. 2016.
- [15] *Weisungen und Erläuterungen 2019 zur Verordnung über landw. Begriffe und Anerkennung von Betriebsformen*. 3. Abschnitt: Flächen, Art 18, Abs. 2.

# 5 Anhang



**Abbildung 28:** Anteile der landwirtschaftlichen Nutzungsarten in den Einzugsgebieten der vier Messtellen des Furtbachs im Jahr 2019. Flächensummen wurden aus den Hauptkulturfleichen aus dem ARCGIS gebildet [5].



**Abbildung 29:** Anteile der landwirtschaftlichen Nutzungsarten in den Einzugsgebieten der fünf Messtellen der Seitenbäche des Furtbachs und im Einzugsgebiet der Messtelle «Hofibach vor Hedingen» für das Jahr 2019. Flächensummen wurden aus den Hauptkulturfleichen aus dem ArcGis gebildet [5].

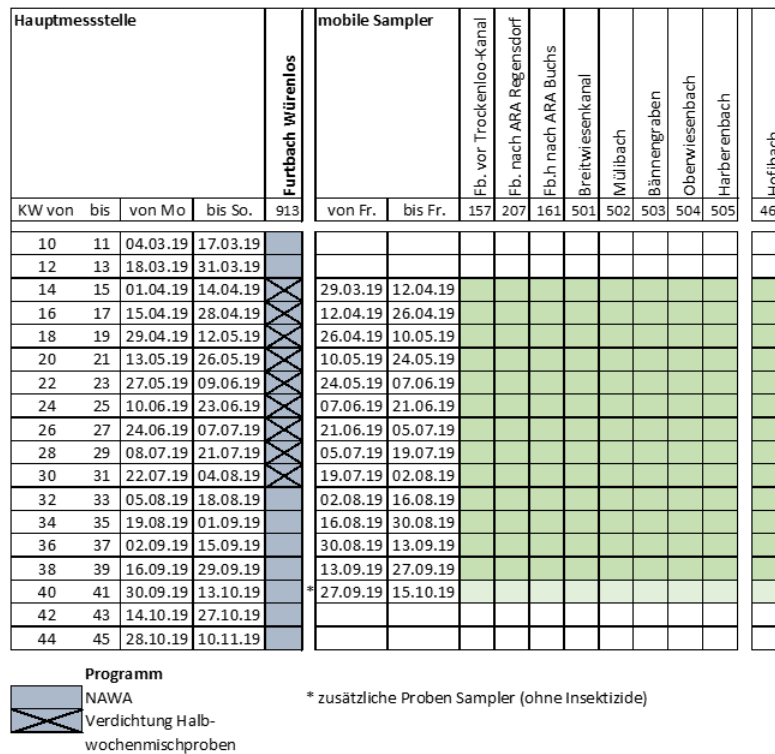


Abbildung 30: Probeentnahmeprogramm für die Messstellen im Furttal sowie die Messstelle Hofbach.

Parameter	Stoff Code	AQK [µg/l]	CQK [µg/l]	Quelle	GSchV_A [µg/l]	GSchV_C [µg/l]	Methode
10,11-dihydro-10,11-Dihydroxy-Carbamazepin	758	-	100	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS
Desphenylchloridazon	170	-	250	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Metazachlor ESA	163	91.9	0.7	<sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Metazachlor OXA	164	9.6	0.7	<sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Methyl-desphenylchloridazon	175	3700	37	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Metolachlor ESA	165	43	2.7	<sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Metolachlor OXA	166	15.4	2.7	<sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS

<sup>A</sup>Qualitätskriterienvorschläge Dekotoxzentrum. Zugriff: März 2021.

<sup>B</sup>persönliche Mitteilung. URL: <https://www.eawag.ch/de/beratung/beratung/vsa-plattform-wasserqualitaet/>

Abbildung 31: Untersuchte Stoffe der Kategorie Abbauprodukte. Mit Ausnahme von 10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin, bei dem es sich um ein Arzneistoff Abbauprodukt handelt, stammen alle restlichen Abbauprodukte von Herbiziden.

Parameter	Stoff Code	AQK [µg/l]	CQK [µg/l]	Quelle	GSchV_A [µg/l]	GSchV_C [µg/l]	Methode
Benzotriazol	510	160	19	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS
Methylbenzotriazol	511	430	20	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS

<sup>A</sup>Qualitätskriterienvorschläge Dekotoxzentrum. Zugriff: März 2021.

Abbildung 32: Untersuchte Korrosionsinhibitoren der Kategorie MV H&I.



Parameter	Stoff Code	AQK [ $\mu\text{g/l}$ ]	CQK [ $\mu\text{g/l}$ ]	Quelle	GSchV_A [ $\mu\text{g/l}$ ]	GSchV_C [ $\mu\text{g/l}$ ]	Methode
Atenolol	617	330	150	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS
Azithromycin	633	0.18	0.019	OZ <sup>A</sup>	0.18	0.019	LC-MS
Bezafibrat	615	4000	2.3	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS
Carbamazepin	607	2000	2	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS
Clarithromycin	634	0.19	0.12	OZ <sup>A</sup>	0.19	0.12	LC-MS
Diclofenac	611	-	0.05	OZ <sup>A</sup>	-	0.05	LC-MS
Erythromycin	690	1.1	0.3	PM <sup>B</sup>	-	-	LC-MS
Irbesartan	699	19000	700	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS
Mefenamensäure	756	-	-	OZ <sup>C</sup>	-	-	LC-MS
Metformin	717	640	160	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS
Metoprolol	624	75	8.6	PM <sup>B</sup>	-	-	LC-MS
Naproxen	614	860	1.7	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS
Sulfamethazin	757	30	30	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS
Sulfamethoxazol	641	2.7	0.6	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS
Trimethoprim	650	210	120	OZ <sup>A</sup>	-	-	LC-MS

<sup>A</sup>Qualitätskriterienvorschläge Oekotoxzentrum, Zugriff: März 2021.

<sup>B</sup>persönliche Mitteilung, URL: <https://www.eawag.ch/de/beratung/beratung/vsa-plattform-wasserqualitaet/>

<sup>C</sup>Oekotoxzentrum: aktuell nicht bewertbar, Zugriff: März 2021.

**Abbildung 33:** Untersuchte Arzneistoffe der Kategorie MV H&I. Verbindungen mit spezifischer chronischer Anforderung in der GSchV sind grau hinterlegt.

Parameter	Stoff Code	AQK [ $\mu\text{g/l}$ ]	CQK [ $\mu\text{g/l}$ ]	Quelle	GSchV_A [ $\mu\text{g/l}$ ]	GSchV_C [ $\mu\text{g/l}$ ]	Methode
Carbendazim	160	0.7	0.44	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Diethyltoluamid (DEET)	111	410	88	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Diuron	117	0.25	0.07	OZ <sup>A</sup>	0.25	0.07	LC-MS
Irgarol 1051	150	0.013	0.0023	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Mecoprop-P (MCP)	128	190	3.6	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Terbutryn	148	0.34	0.065	OZ <sup>A</sup>	0.34	0.065	LC-MS
Triclosan	726	0.11	0.11	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS

<sup>A</sup>Qualitätskriterienvorschläge Oekotoxzentrum, Zugriff: März 2021.

**Abbildung 34:** Untersuchte Biozide der Kategorie MV H&I. Verbindungen mit spezifischer chronischer GSchV Anforderung sind grau hinterlegt.

Parameter	Stoff Code	AQK [ $\mu\text{g/l}$ ]	CQK [ $\mu\text{g/l}$ ]	Quelle	GSchV_A [ $\mu\text{g/l}$ ]	GSchV_C [ $\mu\text{g/l}$ ]	Methode
Chlorpyrifos	155	0.0044	0.00046	OZ <sup>A</sup>	0.0044	0.00046	GC-MS
Chlorpyrifos-methyl	759	0.0073	0.001	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	GC-MS
Clothianidin	768	2.9	0.2	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Cypermethrin	110	0.00044	0.00003	OZ <sup>A</sup>	0.00044	0.00003	GC-MS
Deltamethrin	193	0.000017	0.0000017	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	GC-MS
Diazinon	113	0.02	0.012	OZ <sup>A</sup>	0.02	0.012	LC-MS
Dimethoat	116	0.98	0.07	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Fenoxycarb	767	0.0087	0.00023	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Imidacloprid	187	0.1	0.013	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.013	LC-MS
lambda-Cyhalothrin	194	0.00019	0.000022	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	GC-MS
Methiocarb	765	0.77	0.01	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Methomyl	766	0.21	0.032	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Methoxyfenozid	188	0.28	0.086	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Permethrin	140	0.01	0.00047	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	GC-MS
Pirimicarb	141	1.8	0.09	OZ <sup>A</sup>	1.8	0.09	LC-MS
Pymetrozine	721	306	2.5	OZ ad hoc <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Thiacloprid	182	0.08	0.01	OZ <sup>A</sup>	0.08	0.01	LC-MS
Thiamethoxam	191	1.4	0.042	OZ <sup>A</sup>	1.4	0.042	LC-MS

<sup>A</sup>Qualitätskriterienvorschläge Oekotoxzentrum, Zugriff: März 2021.

<sup>B</sup>persönliche Mitteilung, URL: <https://www.eawag.ch/de/beratung/beratung/vsa-plattform-wasserqualitaet/>

**Abbildung 35:** Untersuchte Insektizide der Kategorie Pestizide LW. Verbindungen mit spezifischer chronischer Anforderung in der GSchV sind grau hinterlegt.

Parameter	Stoff Code	AOK [ $\mu\text{g/l}$ ]	COK [ $\mu\text{g/l}$ ]	Quelle	GSchV_A [ $\mu\text{g/l}$ ]	GSchV_C [ $\mu\text{g/l}$ ]	Methode
2,4-D	102	4	0.6	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Asulam	704	14.6	4.7	OZ ad hoc <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Atrazin	106	2	0.6	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Bentazon	107	470	270	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Chloridazon	161	190	10	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Chlortoluron	108	2.4	0.6	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Diflufenican	763	0.058	0.01	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Dimethachlor	151	4.3	0.12	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Dimethenamid-P	115	2.5	0.26	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Ethofumesat	118	260	3.1	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Flufenacet	186	0.75	0.048	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Foramsulfuron	762	0.096	0.017	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Hexazinon	122	-	0.56	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Iodosulfuron-methyl	176	0.13	0.04	OZ ad hoc <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
loxynil	196	2.7	0.13	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Isoproturon	123	1.7	0.64	OZ <sup>A</sup>	1.7	0.64	LC-MS
Lenacil	715	1.5	0.34	OZ ad hoc <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Linuron	124	1.4	0.26	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
MCPA	126	6.4	0.66	OZ <sup>A</sup>	6.4	0.66	LC-MS
MCPB	127	0	0.43	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Mefenpyr-diethyl <sup>C</sup>	177	16.5	1.65	OZ ad hoc <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Mesosulfuron-methyl	764	0.13	0.027	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Metamitron	130	39	4	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Metazachlor	131	0.28	0.02	OZ <sup>A</sup>	0.28	0.02	LC-MS
Metoxuron	135	-	0.09	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Metribuzin	195	0.87	0.058	OZ <sup>A</sup>	0.87	0.058	LC-MS
Metsulfuron-methyl	178	0.03	0.01	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Monolinuron	136	0.15	0.15	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Napropamid	173	6.8	5.1	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Nicosulfuron	198	0.23	0.0087	OZ <sup>A</sup>	0.23	0.0087	LC-MS
Pendimethalin	139	0.58	0.3	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Propachlor	142	0.52	0.02	OZ ad hoc <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Propyzamid	169	2.1	0.063	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Simazin	146	4	1	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
S-Metolachlor	134	3.3	0.69	OZ <sup>A</sup>	3.3	0.69	LC-MS
Tebutam	152	56	5.6	OZ ad hoc <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Terbutylazin	147	1.3	0.22	OZ <sup>A</sup>	1.3	0.22	LC-MS
Thifensulfuron-methyl	179	0.023	0.011	OZ ad hoc <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS

<sup>A</sup>Qualitätskriterienvorschläge Oekotoxzentrum, Zugriff: März 2021.

<sup>B</sup>persönliche Mitteilung. URL: <https://www.eawag.ch/de/beratung/beratung/vsa-plattform-wasserqualitaet/>

<sup>C</sup>Herbizid-Safener

**Abbildung 36:** Untersuchte Herbizide der Kategorie Pestizide LW. Verbindungen mit spezifischer chronischer Anforderung in der GSchV sind grau hinterlegt.

Parameter	Stoff Code	AQK [ $\mu\text{g/l}$ ]	CQK [ $\mu\text{g/l}$ ]	Quelle	GSchV_A [ $\mu\text{g/l}$ ]	GSchV_C [ $\mu\text{g/l}$ ]	Methode
Azoxystrobin	159	0.55	0.2	OZ <sup>A</sup>	0.55	0.2	LC-MS
Boscalid	705	12	12	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Cyproconazol	185	1.3	1.3	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Cyprodinil	706	3.3	0.33	OZ <sup>A</sup>	3.3	0.33	LC-MS
Diethofencarb	707	140	3.2	OZ ad hoc <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Dimethomorph	708	34	5.6	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Epoxiconazol	709	0.24	0.2	OZ <sup>A</sup>	0.24	0.2	LC-MS
Fenpropimorph	120	100	0.016	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Fludioxonil	711	23	0.1	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Iprovalicarb	713	190	190	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Metaxyl-M	129	97	20	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Penconazol	138	4.2	4.2	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Propamocarb	720	1000	1000	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Propiconazol	144	5.1	1.4	OZ ad hoc <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Pyraclostrobin	190	0.6	0.2	PM <sup>B</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Pyrimethanil	722	32	1.5	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Spiroxamin	724	0.063	0.063	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS
Tebuconazol	192	1.4	0.24	OZ <sup>A</sup>	0.1	0.1	LC-MS

<sup>A</sup>Qualitätskriterienvorschläge Dekotoxzentrum. Zugriff: März 2021.

<sup>B</sup>persönliche Mitteilung. URL: <https://www.eawag.ch/de/beratung/beratung/vsa-plattform-wasserqualitaet/>

**Abbildung 37:** Untersuchte Fungizide der Kategorie Pestizide LW. Verbindungen mit spezifischer chronischer Anforderung in der GSchV sind grau hinterlegt.

Parameter	Wirkstoffgruppe	NW CRQ >1 [%] im Furttal	Anz. NW CRQ >1 im Furttal	Anzahl Proben mit CRQ > 1									
				Furtbach				Furtbach Seitenbäche					Hofibach
				157	207	161	913	501	502	503	504	505	469
Metazachlor	H	52	65	1	12	12	13	0	2	14	9	2	0
Diclofenac	M	37	46	0	14	14	14	4	0	0	0	0	1
Propyzamid	H	28	35	0	0	11	11	0	2	4	5	2	0
lambda-Cyhalothrin	I	27	34	1	1	7	12	2	0	9	1	1	0
Azithromycin	M	26	33	0	14	14	5	0	0	0	0	0	0
Cypermethrin	I	13	17	0	1	0	8	0	3	3	2	0	0
Chlorpyrifos	I	10	13	0	1	0	7	0	0	0	5	0	0
Metazachlor ESA	AP (H)	5	6	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
Clarithromycin	M	4	5	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0
Chlorpyrifos-methyl	I	3	4	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0
Metolachlor	H	3	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Pirimicarb	I	3	4	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0
Terbutylazin	H	3	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Imidacloprid	I	2	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Azoxystrobin	F	2	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Isoproturon	H	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
MCPA	H	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Metazachlor OXA	AP (H)	2	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Terbutryn	B	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Dimethenamid	H	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diuron	B	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Fludioxonil	F	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Foramsulfuron	H	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iodosulfuron-methyl	H	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Mesosulfuron-methyl	H	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Metribuzin	H	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Metsulfuron-methyl	H	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nicosulfuron	H	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pendimethalin	H	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Thiacloprid	I	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Thiamethoxam	I	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2,4-D	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asulam	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atenolol	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atrazin	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bentazon	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Benzotriazol	KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bezafibrat	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boscalid	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbamazepin	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbamazepin-10,11-dihydro-10,11-dihydroxy	AP (M)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbendazim	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chloridazon	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlortoluron	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clothianidin	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyproconazol	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprodinil	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DEET	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deltamethrin	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desphenylchloridazon	AP (H)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diazinon	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diethofencarb	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diflufenican	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Abbildung 38:** Anzahl Überschreitungen der CQK nach Messstellen für alle untersuchten Stoffe. Die Abkürzungen für die Wirkstoffgruppen sind: M= Medikament, KI= Korrosionsinhibitor, H= Herbizid, I= Insektizid, F= Fungizid, AP= Abbauprodukt und BS= Begleitstoff. Die Stoffe sind nach dem Anteil der Proben mit CRQ >1 absteigend geordnet.

Parameter	Wirkstoffgruppe	NW CRQ >1 [%] im Furttal	Anz. NW CRQ >1 im Furttal	Anzahl Proben mit CRQ > 1										
				Furtbach				Furtbach Seitenbäche					Hofibach	
				157	207	161	913	501	502	503	504	505	469	
Dimethachlor	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dimethoat	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dimethomorph	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epoxiconazole	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erythromycin	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ethofumesat	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenoxycarb	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fenpropimorph	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flufenacet	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hexazinon	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ioxynil	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iprovalicarb	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Irbesartan	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Irgarol 1051	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lenacil	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Linuron	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCPB	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mecoprop	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mefenamensäure	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mefenpyr-diethyl	BS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metalaxyl	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metamitron	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metformin	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Methiocarb	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Methomyl	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Methoxyfenozid	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Methylbenzotriazol	KB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Methyl-	AP (H)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metolachlor ESA	AP (H)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metolachlor OXA	AP (H)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metoprolol	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metoxuron	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monolinuron	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Napropamid	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naproxen	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penconazol	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Permethrin	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Propachlor	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Propamocarb	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Propiconazol	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pymetrozine	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyraclostrobin	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyrimethanil	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simazin	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spiroxamin	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfamethazin	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfamethoxazol	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tebuconazol	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tebutam	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thifensulfuron-methyl	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Triclosan	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trimethoprim	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Abbildung 39:** Fortsetzung Tab. 38: Anzahl Überschreitungen der CQK nach Messstellen für alle untersuchten Stoffe. Die Abkürzungen für die Wirkstoffgruppen sind: M= Medikament, KI= Korrosionsinhibitor, H= Herbizid, I= Insektizid, F= Fungizid, AP= Abbauprodukt und BS= Begleitstoff. Die Stoffe sind nach dem Anteil der Proben mit CRQ >1 absteigend geordnet.

Parameter	CQK [µg/l]	Wirkstoffgruppe	CRQ <sub>max</sub> im Furttal	CRQ <sub>max</sub>									
				Furtbach				Furtbach Seitenbäche					Hofibach
				157	207	161	913	501	502	503	504	505	469
Cypermethrin	3E-05	I	677.75	0.00	8.58	0.00	31.81	0.00	22.37	677.75	10.13	0.00	0.00
lambda-Cyhalothrin	2E-05	I	582.93	8.68	9.27	31.59	27.81	10.45	0.00	582.93	13.84	11.95	0.00
Chlorpyrifos-methyl	0.001	I	509.93	0.18	0.11	0.00	509.93	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	0.49
Metazachlor	0.7	H	163.00	1.48	7.25	35.00	16.38	0.50	1.88	163.00	5.80	7.50	0.50
Diclofenac	0.05	M	35.10	0.00	35.10	22.71	15.09	1.56	0.00	0.33	0.20	0.87	1.13
Metolachlor	2.7	H	14.69	0.30	0.13	0.51	0.39	0.09	14.69	0.01	0.00	0.38	0.12
Terbutylazin	0.22	H	11.78	0.06	0.31	0.62	0.49	0.23	11.78	0.35	0.03	0.41	0.22
Propyzamid	0.063	H	11.33	0.21	0.15	11.33	6.72	0.00	2.83	4.91	3.91	1.90	0.00
MCPA	0.66	H	10.97	0.08	1.01	0.39	0.16	10.97	0.07	0.00	0.04	0.13	0.00
Azithromycin	0.019	M	10.30	0.00	10.30	5.67	3.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pirimicarb	0.09	I	6.62	0.11	0.15	1.50	1.14	0.00	0.00	6.62	0.00	0.31	0.00
Chlorpyrifos	0.0005	I	6.43	1.00	1.41	0.61	3.71	0.62	0.36	0.00	6.43	0.90	0.16
Isoproturon	0.64	H	5.12	5.12	1.30	0.36	0.24	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Clarithromycin	0.12	M	3.44	0.00	3.44	1.86	0.88	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nicosulfuron	0.0087	H	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.15	0.00
Mesosulfuron-methyl	0.027	H	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00
Thiacloprid	0.01	I	1.86	0.00	1.86	0.77	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Metsulfuron-methyl	0.01	H	1.83	1.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dimethenamid	0.26	H	1.71	1.71	0.33	0.14	0.53	0.10	0.05	0.10	0.00	0.15	0.05
Terbutryn	0.065	B	1.60	0.00	0.24	0.16	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Metribuzin	0.058	H	1.56	0.52	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	1.56	0.44	0.52
Foramsulfuron	0.017	H	1.49	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Iodosulfuron-methyl	0.04	H	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00
Azoxystrobin	0.2	F	1.46	0.00	0.15	1.46	0.72	0.00	0.07	0.80	1.27	0.11	0.00
Diuron	0.07	B	1.43	0.14	0.57	0.30	0.28	1.43	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00
Metazachlor ESA	0.7	AP (H)	1.37	0.00	0.00	0.12	0.20	0.00	0.20	1.37	0.37	0.24	0.00
Imidacloprid	0.013	I	1.35	0.00	1.35	0.89	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00
Fludioxonil	0.1	F	1.33	0.00	0.00	0.27	0.27	0.00	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00
Pendimethalin	0.3	H	1.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	1.18	0.10	0.00	0.00	0.00
Metazachlor OXA	0.02	AP (H)	1.05	0.00	0.00	0.16	0.22	0.00	0.27	1.05	0.40	0.43	0.00
Thiamethoxam	0.042	I	1.02	0.00	0.17	1.02	0.74	0.00	0.71	0.67	0.36	0.24	0.00
Flufenacet	0.048	H	0.95	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.17	0.18	0.95	0.00
Diazinon	0.012	I	0.83	0.00	0.83	0.83	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sulfamethoxazol	0.6	M	0.73	0.00	0.73	0.47	0.38	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Cyprodinil	0.33	F	0.70	0.00	0.00	0.03	0.70	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00
Carbendazim	0.44	B	0.59	0.02	0.05	0.02	0.59	0.00	0.00	0.00	0.03	0.14	0.00
Lenacil	0.34	H	0.32	0.00	0.00	0.32	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.06
Benzotriazol	19	KB	0.28	0.01	0.28	0.26	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2,4-D	0.6	H	0.23	0.00	0.00	0.00	0.23	0.15	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00
Mecoprop	3.6	B	0.23	0.04	0.12	0.07	0.23	0.08	0.04	0.00	0.00	0.06	0.00
Dimethoat	0.07	I	0.21	0.00	0.21	0.19	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pyrimethanil	1.5	F	0.16	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.01	0.05	0.16	0.11	0.00
Carbamazepin	2	M	0.16	0.00	0.16	0.11	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Clothianidin	0.2	I	0.16	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.05	0.16	0.05	0.00
Ioxynil	0.13	H	0.15	0.15	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pyraclostrobin	0.2	F	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
Methoxyfenozid	0.086	I	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Metolachlor ESA	2.7	AP (H)	0.14	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.01	0.04	0.03	0.14	0.07
Tebuconazol	0.24	F	0.12	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.09	0.12	0.00	0.00
Naproxen	1.7	M	0.12	0.00	0.08	0.12	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Atrazin	0.6	H	0.12	0.12	0.03	0.02	0.05	0.05	0.00	0.02	0.03	0.05	0.02
Epoxiconazole	0.2	F	0.09	0.00	0.00	0.05	0.09	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05
Mefenamensäure	1	M	0.09	0.03	0.09	0.06	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00

**Abbildung 40:** Maximale CRQ nach Messstellen für alle untersuchten Stoffe. Die Abkürzungen für die Wirkstoffgruppen sind: M= Medikament, KI= Korrosionsinhibitor, H= Herbizid, I= Insektizid, F= Fungizid, AP= Abbauprodukt und BS= Begleitstoff. Die Stoffe sind nach der Summe der maximalen CRQ im Furttal in absteigender Reihenfolge geordnet.

Parameter	CQK [µg/l]	Wirkstoffgruppe	CRQ <sub>max</sub> im Furttal	CRQ <sub>max</sub>									
				Furtbach				Furtbach Seitenbäche					Hofibach
				157	207	161	913	501	502	503	504	505	469
Dimethachlor	0.12	H	0.08	0.00	0.08	0.08	0.00	0.08	0.08	0.00	0.08	0.00	0.00
Erythromycin	0.3	M	0.08	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Metamitron	4	H	0.08	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.08	0.01	0.06
Metolachlor OXA	0.69	AP (H)	0.07	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.03
Linuron	0.26	H	0.07	0.00	0.07	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Asulam	4.7	H	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00
Methylbenzotriazol	20	KB	0.05	0.00	0.04	0.05	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Propiconazol	1.4	F	0.04	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Metoprolol	8.6	M	0.03	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Boscalid	12	F	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
Napropamid	5.1	H	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Pymetrozine	2.5	I	0.03	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
Ethofumesat	3.1	H	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
Metformin	160	M	0.02	0.00	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Methyl- desphenylchloridazon	37	AP (H)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00
Metalaxyl	20	F	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Simazin	1	H	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Bezafibrat	2.3	M	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cyproconazol	1.3	F	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Dimethomorph	5.6	F	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Carbamazepin-10,11- dihydro-10,11- dihydroxy	100	AP (M)	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chloridazon	10	H	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Desphenylchloridazon	250	AP (H)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEET	88	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Atenolol	150	M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Propamocarb	1000	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sulfamethazin	30	M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Trimethoprim	120	M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Irbesartan	700	M	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bentazon	270	H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Iprovalicarb	190	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chlortoluron	0.6	H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Deltamethrin	2E-06	I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diethofencarb	3.2	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diflufenican	0.01	H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fenoxycarb	0.0002	I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fenpropimorph	0.016	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hexazinon	0.56	H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Irgarol 1051	0.0023	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MCPB	0.43	H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mefenpyr-diethyl	1.65	BS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Methiocarb	0.01	I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Methomyl	0.032	I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Metoxuron	0.09	H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Monolinuron	0.15	H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Penconazol	4.2	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Permethrin	0.0005	I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Propachlor	0.02	H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spiroxamin	0.063	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tebutam	5.6	H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Thifensulfuron-methyl	0.011	H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Triclosan	0.11	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Abbildung 41: Fortsetzung Tab. 40: Maximale CRQ nach Messstellen für alle untersuchten Stoffe. Die Abkürzungen für die Wirkstoffgruppen sind: M= Medikament, KI= Korrosionsinhibitor, H= Herbizid, I= Insektizid, F= Fungizid, AP= Abbauprodukt und BS= Begleitstoff. Die Stoffe sind nach der Summe der maximalen CRQ im Furttal in absteigender Reihenfolge geordnet.

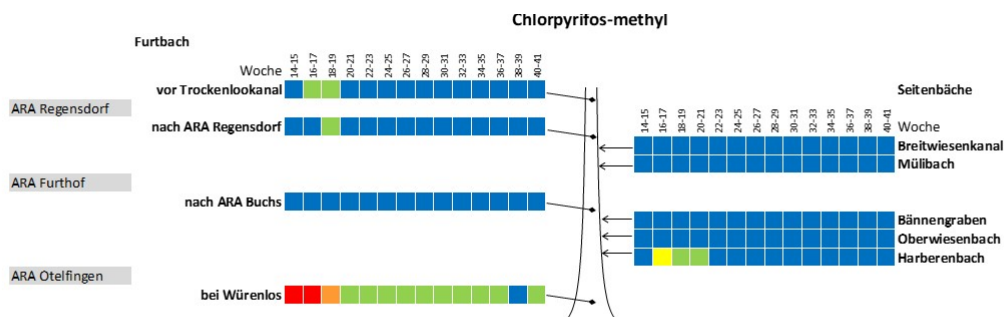
Parameter	Wirkstoffgruppe	NW GSchV C übers. [%] im Furtal	Anz. NW GSchV C übers. im Furtal	Anzahl Proben mit Überschreitung der GSchV C Anforderung										
				Furtbach				Furtbach Seitenbäche					Hofibach	
				157	207	161	913	501	502	503	504	505	469	
Metazachlor*	H	52	65	1	12	12	13	0	2	14	9	2	0	
Diclofenac*	M	37	46	0	14	14	14	4	0	0	0	0	1	
Mecoprop	B	30	38	2	8	7	9	4	3	0	0	5	0	
Azithromycin*	M	26	33	0	14	14	5	0	0	0	0	0	0	
Propyzamid	H	22	28	0	0	10	10	0	1	3	3	1	0	
Cypermethrin*	I	13	17	0	1	0	8	0	3	3	2	0	0	
Chlorpyrifos*	I	10	13	0	1	0	7	0	0	0	5	0	0	
Metalaxyl	F	10	12	0	0	6	3	0	0	3	0	0	0	
Propamocarb	F	10	12	0	0	4	4	0	0	4	0	0	0	
DEET	B	6	8	0	3	2	2	0	0	0	0	1	0	
Clarithromycin*	M	4	5	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	
Metolachlor*	H	3	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	
Pirimicarb*	I	3	4	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	
Terbutylazin*	H	3	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	
Boscalid	F	2	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
Imidacloprid*	I	2	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
Napropamid	H	2	3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	
Azoxystrobin*	F	2	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	
Dimethenamid	H	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Isoproturon*	H	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
MCPA*	H	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
Metamitron	H	2	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	
Pyrimethanil	F	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
Terbutryn*	B	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
2,4-D	H	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Asulam	H	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
Carbendazim	B	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Chlorpyrifos-methyl	I	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Diuron*	B	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Fludioxonil	F	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Lenacil	H	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Metribuzin*	H	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Nicosulfuron*	H	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Pendimethalin	H	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Thiacloprid*	I	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Thiamethoxam*	I	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Atrazin	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bentazon	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chloridazon	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chlortoluron	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Clothianidin	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cyproconazol	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cyprodinil*	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Deltamethrin	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diazinon*	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diethofencarb	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diflufenican	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dimethachlor	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dimethoat	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dimethomorph	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Epoxiconazol*	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ethofumesat	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fenoxycarb	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Abbildung 42:** Anzahl Überschreitungen der chronischen Anforderungswerte der GSchV. Stoffe, für die der chronische Anforderungswert dem CQK entspricht, sind mit einem \* gekennzeichnet. Die Abkürzungen für die Wirkstoffgruppen sind: M= Medikament, KI= Korrosionsinhibitor, H= Herbizid, I= Insektizid, F= Fungizid, AP= Abbauprodukt und BS= Begleitstoff.

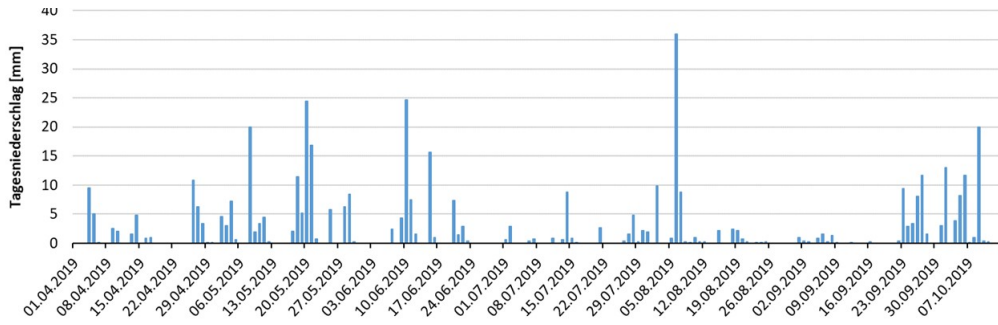


Parameter	Wirkstoffgruppe	NW GSchV C übers. [%] im Furttal	Anz. NW GSchV C übers. im Furttal	Anzahl Proben mit Überschreitung der GSchV C Anforderung										
				Furtbach				Furtbach Seitenbäche					Hofibach	
				157	207	161	913	501	502	503	504	505	469	
Fenpropimorph	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flufenacet	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Foramsulfuron	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hexazinon	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iodosulfuron-methyl	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
loxynil	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
lprovalicarb	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Irgarol 1051	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
lambda-Cyhalothrin	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Linuron	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MCPB	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mefenpyr-diethyl	BS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mesosulfuron-methyl	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Methiocarb	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Methomyl	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Methoxyfenozid	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metoxuron	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metsulfuron-methyl	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monolinuron	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penconazol	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Permethrin	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Propachlor	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Propiconazol	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pymetrozine	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyraclostrobin	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simazin	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Spiroxamin	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tebuconazol	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tebutam	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thifensulfuron-methyl	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Triclosan	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

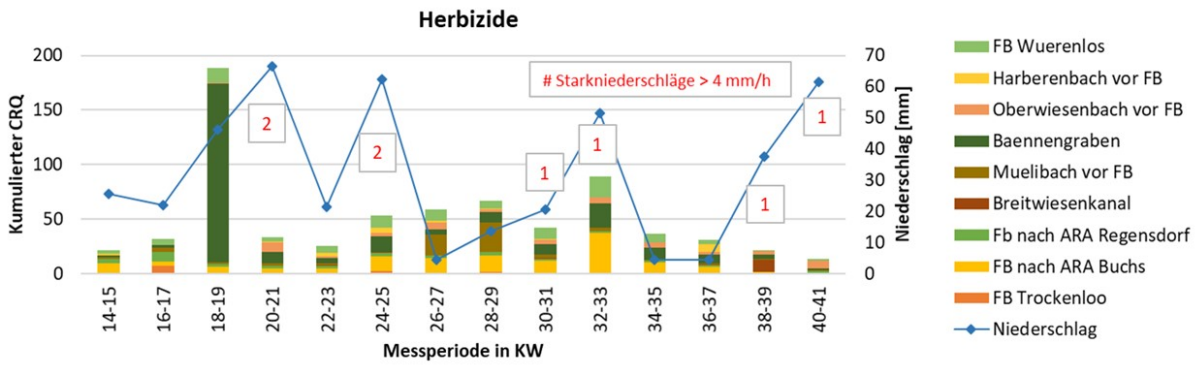
**Abbildung 43:** Fortsetzung Tab. 42: Überschreitungen der chronischen Anforderungswerte der GSchV. Stoffe, für die der chronische Anforderungswert dem CQK entspricht, sind mit einem \* gekennzeichnet. Die Abkürzungen für die Wirkstoffgruppen sind: M= Medikament, KI= Korrosionsinhibitor, H= Herbizid, I= Insektizid, F= Fungizid, AP= Abbauprodukt und BS= Begleitstoff.



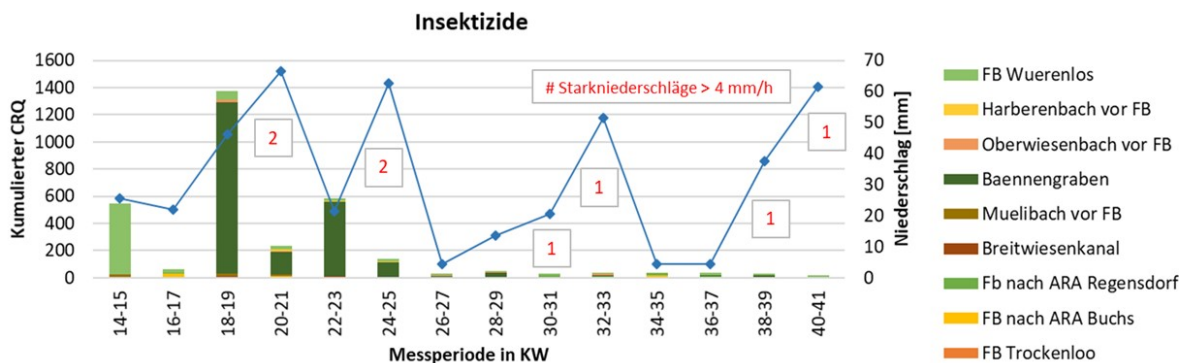
**Abbildung 44:** Zeitliche Auflösung der Wasserqualität bezüglich Chlorpyrifosmethyl an den untersuchten Messstellen im Furttal. Die Messstellen sind in Reihenfolge des Fließverlaufs des Furtbachs von oben nach unten dargestellt.



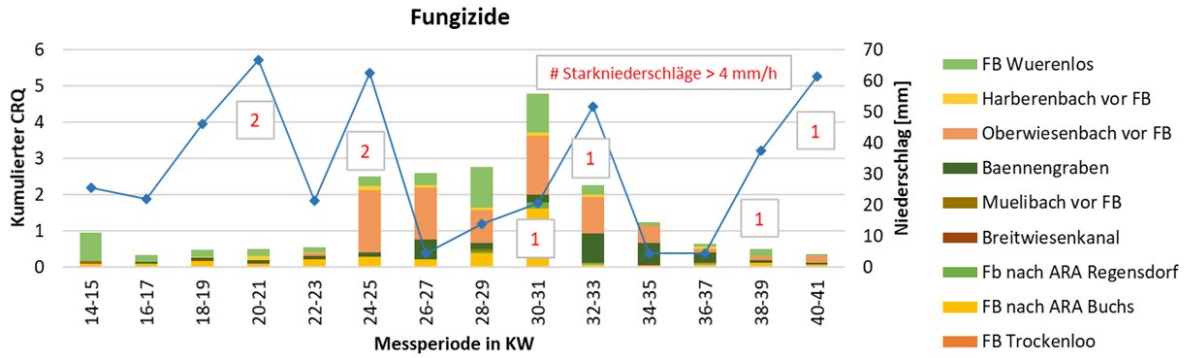
**Abbildung 45:** Kumulierte Tagesniederschläge von April bis Oktober 2019 gemessen bei Otelfingen, 2019. (Quelle: Daten und Auswertung von Flora Zourek, ALN Strickhof)



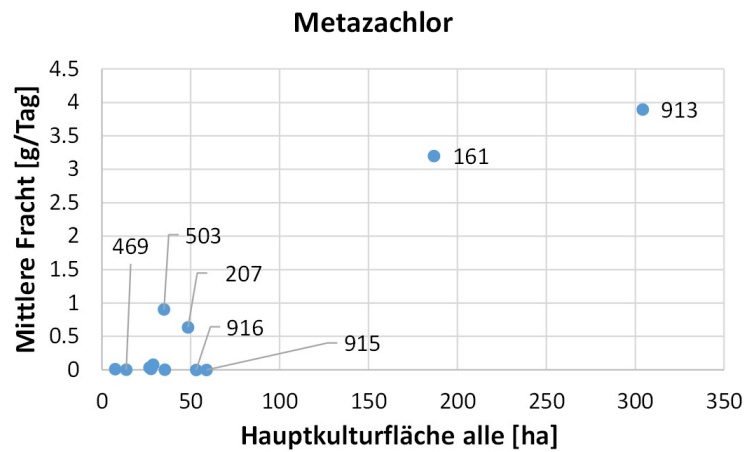
**Abbildung 46:** Kumulierte CRQ aller Herbizide für die einzelnen Zweiwochenmischproben und Messstellen im Furttal. In blau sind die kumulierten Niederschläge, die in Otelfingen gemessen wurden für die Zweiwochenperioden dargestellt, in rot die Starkregenereignisse mit Niederschlagsmengen grösser als 4 mm pro Stunde. (Quelle: Daten und Auswertung von Flora Zourek, ALN Strickhof)



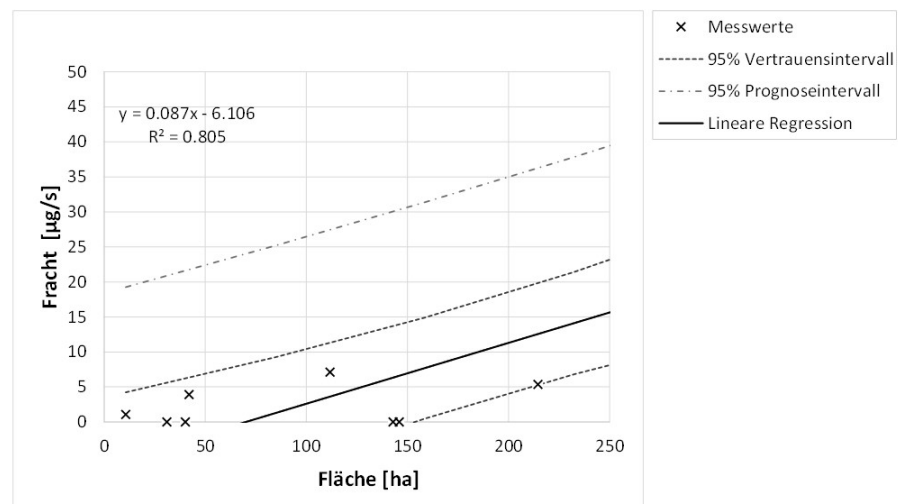
**Abbildung 47:** Kumulierte CRQ aller Insektizide für die einzelnen Zweiwochenmischproben und Messstellen im Furttal. In blau sind die kumulierten Niederschläge, die in Otelfingen gemessen wurden für die Zweiwochenperioden dargestellt, in rot die Starkregenereignisse mit Niederschlagsmengen grösser als 4 mm pro Stunde. (Quelle: Daten und Auswertung von Flora Zourek, ALN Strickhof)



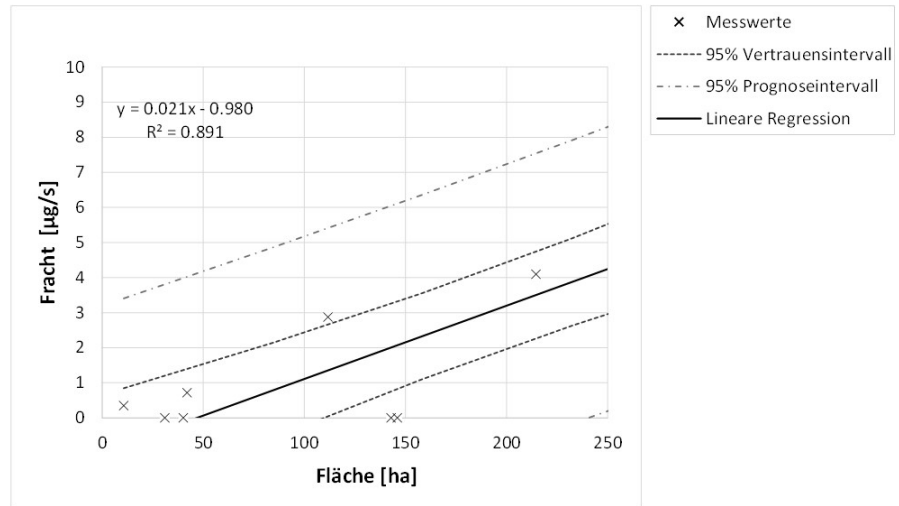
**Abbildung 48:** Kumulierte CRQ aller Fungizide für die einzelnen Zweiwochenmischproben und Messstellen im Furttal. In blau sind die kumulierten Niederschläge, die in Otelfingen gemessen wurden für die Zweiwochenperioden dargestellt, in rot die Starkregenereignisse mit Niederschlagsmengen grösser als 4 mm pro Stunde. (Quelle: Daten und Auswertung von Flora Zourek, ALN Strickhof)



**Abbildung 49:** Zusammenhang zwischen der mittleren Jahresfracht und der Anwendungsfläche von Metazachlor für die Messstellen im Furttal und die Messstelle «Hofibach vor Hedingen» (C Nr. 469).



**Abbildung 50:** Lineares Regressionsmodell für die Fracht von MCPA vom 10. bis 23. Juni.



**Abbildung 51:** Lineares Regressionsmodell für die Fracht von MCPA vom 08. bis 21. Juli.