



## Monitoring von Pflanzenschutzmitteln in Biotopen nach Artikel 18a NHG

Rechenschaftsbericht 2020

# Inhalt

	<b>Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>PSM-Rückstände im Boden</b>	<b>6</b>
2.1	Ausgangslage	6
2.2	Standorte und Beprobung	6
2.3	Umweltparameter	7
2.4	Lagerung	7
<b>3</b>	<b>Pflanzenschutzmittel in Stillgewässern</b>	<b>9</b>
3.1	Ausgangslage	9
3.2	Standorte und Beprobung	9
3.3	Umweltparameter	9
3.4	Auswahl der Wirkstoffe	10
3.5	Resultate	10
<b>4</b>	<b>Pilotprojekt Passivsammler-Einsatz in Stillgewässern</b>	<b>14</b>
4.1	Ausgangslage	14
4.2	Methodik	14
4.3	Resultate	17
4.4	Reproduzierbarkeit der beiden Passivsammler	19
4.5	Versuch mit stärker konzentrierten Extrakten	19
4.6	Vergleich mit Schöpfproben	20
4.7	Fazit	21
<b>5</b>	<b>Pilotprojekt PSM in der Luft</b>	<b>21</b>
5.1	Ausgangslage	21
5.2	Messstandorte	22
5.3	Methodische Abklärungen	23
5.4	Resultate	23
5.5	Diskussion	24
5.6	Fazit	24
<b>6</b>	<b>Diskussion und Empfehlungen</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Literatur</b>	<b>26</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>27</b>

## Zusammenfassung

Die Umsetzung des Aktionsplans Pflanzenschutzmittel des Bundes (AP-PSM) soll mit einem Monitoring von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in Biotopen von nationaler Bedeutung überprüft werden. Im Konzept wurde festgelegt, dass PSM in Amphibienlaichgebieten und in Flachmooren mit Wasser-Schöpfproben und in Trockenwiesen und -weiden (TWW) mit Bodenproben erfasst werden sollen. Über mehrere Jahre verteilt sind so insgesamt circa 100 Standorte zu beproben. 2020 wurden an 18 Standorten (12 TWW, sechs Stillgewässer) erste Messungen durchgeführt. Da es sich um einen ersten kleinen Teil der geplanten Gesamtstichprobe handelt, müssen die ersten Resultate mit der nötigen Vorsicht interpretiert werden. Zudem waren für 2020 je ein Pilotjahr für die Erhebung mit Passivsammlern (PS) im Wasser und in der Luft vorgesehen. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der ersten Messungen sowie die Abklärungen zu offenen methodischen Fragen zusammen. Aufgrund dieser Erkenntnisse werden Empfehlungen zum weiteren Vorgehen abgeleitet.

In 12 TWW wurden Bodenproben entnommen. Beprobte wurden gemäss Methodenvorgaben 0-5 und 5-20 Zentimeter. An jedem Standort wurden pro Tiefe je vier Mischproben à 25 Einstiche genommen. Diese wurden tiefgefroren und werden im Kühlhaus der Frigosuisse AG in Möhlin zwischengelagert, bis sie mit einer an der ART Reckenholz zu entwickelnden Methode analysiert werden.

Sechs Stillgewässern wurden mit Wasser-Schöpfproben beprobt. Dabei wurden 29% der gesuchten PSM mindestens einmal festgestellt. In den einzelnen Biotopen wurden zwischen fünf und 18 PSM nachgewiesen. In vier der sechs Stillgewässer wurde mindestens einmal PSM in Konzentrationen über der numerischen Anforderung gemäss Gewässerschutzverordnung Anhang 2 gemessen. Mit je fünf Mal wurde sie von zwei Chlorothalonil-Metaboliten am häufigsten überschritten. Die chronischen Qualitätskriterien gemäss GSchV von Cypermethrin wurden um das 16-fache, die von Chlorpyrifos um das Zweifache überschritten. Auch das akute Qualitätskriterium wurde bei Cypermethrin, überschritten. Ebenfalls überschritten wurden vom Oekotoxzentrum vorgeschlagene chronischen Qualitätskriterien von lambda-Cyhalothrin (15-fach), von Bifenthrin (4-fach), von Cyfluthrin (7-fach) und von Tefluthrin (39-fach). Bei Deltamethrin und lambda-Cyhalothrin wurden je einmal die akuten Qualitätskriterien überschritten.

Die Beprobung von PSM mit Hilfe von Passivsammlern ist in Stillgewässern mit den SDB-RPS-Disks von Affinisep grundsätzlich möglich. Auch die Halterungen haben sich bewährt. Am selben Standort zeigen zwei Passivsammler recht gut reproduzierbare Resultate. Mit stärker konzentrierten Extrakten könnten noch weitere PSM in sehr geringen Mengen nachgewiesen werden. Mit Passivsammlern konnten aber entgegen unserer Erwartung nicht viel mehr Wirkstoffe erfasst werden als mit Schöpfproben. Deshalb kann sich das PSM-Monitoring in Zukunft auf eine Methode beschränken. Für Schöpfproben spricht, dass mit der Messung der Pyrethroide mehr (relevante) Substanzen erfasst werden, die Resultate mit gesetzlichen Grenzwerten und ökologischen Qualitätskriterien verglichen werden können und die Probenahme im Feld sowie die Analytik im Labor viel einfacher sind.

Im Pilotversuch Luft wurden zwischen März und September 2020 Untersuchungen durchgeführt. Die neun Standorte befanden sich sowohl in TWW als auch nahe an Reb- und Obstkulturen. An zwei unterschiedlich belasteten Standorten wurden verschiedene Methoden getestet. Sie zeigten, dass die Probenahme und Analytik der Regenproben im Gegensatz zu den Luftproben einfacher und zuverlässiger ist. In den Regenproben wurden gegenüber den Luftproben mehr Einzelstoffe gefunden. Die Unterschiede zwischen den Standorten waren in den Regenproben jedoch weniger ausgeprägt. Vor allem Herbizide und Fungizide bzw. deren Metaboliten wurden nachgewiesen. Das Herbizid Metolachlor und das Fungizid

Cyprodinil wurden am häufigsten festgestellt. Der Nachweis von zahlreichen PSM im Regenwasser deuten darauf hin, dass PSM über grössere Distanzen verfrachtet werden.

Da sich Wasser-Schöpfproben bewährt haben, kann das Konzept aus 2019 weitergeführt werden. Für die Regendeposition ist eine weitere Optimierung der Methode sinnvoll. Die kombinierte Substanzpalette von NAWA und NAQUA hat sich bewährt und sollte weiterhin gemessen werden. Geeignete Laboratorien müssen rasch genügend Kapazitäten zum Analysieren von Wasser- und Bodenproben aufbauen. Längerfristig müssen eventuell die Risiko-Klassen überdacht und auch Biotope beprobt werden wo das Risiko für einen PSM-Eintrag als sehr klein erachtet wurde.

# 1 Einleitung

Im «Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln» (AP-PSM) wurden Ziele und Massnahmen für die weitergehende Risikoreduktion und nachhaltige Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) definiert (WB 2017). Als eines der Ziele sollen «Nichtzielorganismen und naturnahe Lebensräume vor nachteiligen Auswirkungen geschützt werden» und die Massnahmen evaluiert werden. Aus Sicht des Bundesamts für Umwelt sollten die Massnahmen des AP-PSM dazu führen, dass die Biotope von nationaler Bedeutung frei von PSM und ihren Rückständen sind. Daher liegt der Fokus der Evaluation auf Messungen von PSM.

Im Konzept von Kohli et al. (2020) wurde grundsätzlich zwei Haupteintragspfade für Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten (im Folgenden als PSM bezeichnet) in diese Biotope unterschieden: über das Medium Wasser oder über die Luft. Beim Haupteintragspfad Wasser handelt es sich um PSM-Einträge aus Oberflächenabfluss, Auswaschung, Drainagen, Abfluss von versiegelten Flächen oder Einträge durch die Kanalisation, die via Fliessgewässer ins Biotop gelangen. Beim Haupteintragspfad Luft dominiert die Verfrachtung von PSM während der PSM-Applikation durch Abdrift in angrenzende oder weiter entfernt gelegene Biotope. Beide Haupteintragspfade können kumulativ wirken, die relative Bedeutung hängt vom Standort ab. Bei Amphibienlaichgebieten (IANB), Flachmooren und Auen überwiegt der Eintrag via Fliessgewässer, wohingegen bei Trockenwiesen und -weiden (TWW) und Hochmooren die Luft der Haupteintragspfad ist. Basierend auf den Abklärungen zu den Eintragspfaden und Methoden wurden drei grundsätzliche Stossrichtungen für ein PSM-Monitoring ausgearbeitet. Diese wurden anlässlich eines Workshops mit den Auftraggebern des BAFU und Experten diskutiert. Als Fazit des Workshops standen folgende Erkenntnisse: i) In den Fliessgewässern wird die schweizweite zeitliche Entwicklung durch die NAWA bereits weitgehend abgedeckt. ii) Ein PSM-Monitoring soll zu Beginn darauf ausgelegt sein, das Ausmass des Problems zu beschreiben (Screening), wobei aber später auch möglich sein soll, die zeitliche Entwicklung zu erfassen. iii) Eine Beprobung von Biotoptypen mit Stillgewässern (IANBs, Flachmoore) würde zusätzliche Erkenntnisse zu den Daten aus Fliessgewässern generieren.

Das in der Folge ausgearbeitete Konzept für das PSM-Monitoring fokussiert auf Einzugsgebiete mit Acker-, Obst- oder Rebbau in der Tal- und Hügelzone. Für Objekte in diesen Einzugsgebieten wurde anhand von neun Kriterien ein potenzielles Risiko definiert, dass PSM in Biotopen nachgewiesen werden können. Für das Screening wurden Teilflächen mit einem sehr hohen potenziellen Risiko von der Stichprobe ausgeschlossen da diese Teilflächen extreme Einzelfälle darstellen (weniger als 2% aller Teilflächen). Ebenfalls aus der Stichprobe ausgeschlossen wurden Teilflächen mit einem sehr geringen potenziellen Risiko, da davon ausgegangen werden kann, dass diese Flächen nicht mit PSM belastet sind. Anschliessend wurden die Risiken in drei Klassen (klein, mittel und hoch) eingeteilt. Die Auswahl der Teilflächen mit Eintragspfad Wasser wurde zusätzlich eingegrenzt auf IANB und Flachmoore mit kleinen Stillgewässern, wodurch noch 1'197 Teilflächen zur Auswahl standen. Beim Eintragspfad Luft wurden die Hochmoore ausgeschlossen und die Stichprobe auf die 3'565 TWW-Teilflächen beschränkt. Von den verbleibenden Teilflächen wurden insgesamt 96 zufällig, jedoch gleichmässig über Eintragspfade und Risikoklassen verteilt, ausgewählt. Davon sind 30 Teilflächen aus Biotopen mit Haupteintragspfad Wasser, die via Proben aus Stillgewässern untersucht werden. 66 der ausgewählten Teilflächen sind aus Biotopen mit Haupteintragspfad Luft und werden entweder mit Hilfe von Luft-Passivsammlern (n=36) oder Bodenproben (n=30) überprüft. Im Konzept ist die Beprobung im Screening für die Jahre 2020 bis 2024 geplant.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Messungen im Jahr 2020 sowie die Abklärungen zu offenen methodischen Fragen im Rahmen eines Pilotjahres zusammen.

## 2 PSM-Rückstände im Boden

### 2.1 Ausgangslage

Die Evaluation der PSM-Rückstände im Boden der Biotope von nationaler Bedeutung soll an das schweizweite Monitoring von PSM-Rückständen im Boden (NABO-Monitoring, Massnahme 6.3.3.7) angelehnt sein. Damit wir das Vorgehen der NABO übernehmen konnten, wurden wir am 13. März durch R. Zimmermann von der NABO geschult. Die Methode für die Extraktion und Analyse der PSM-Rückstände ist gegenwärtig in Erarbeitung und frühestens 2022 verfügbar (WBF 2017). Bis zur Verarbeitung werden die Proben tiefgefroren gelagert. Bereits analysiert wurden hingegen die folgenden Parameter: pH-Wert (H<sub>2</sub>O), organische Substanz (%), Anteil von Ton und Schluff (%) und Kupfer (mg/kg Totalgehalt); siehe Anhang.

### 2.2 Standorte und Beprobung

Für die Erfassung von PSM-Rückständen im Boden der TWW waren für 2020 12 Standorte vorgesehen (**Tabelle 1**). Gemäss Konzept (Kohli et al. 2020) wurden je vier TWW pro Risikoklasse gewählt.

**Tabelle 1:** TWW-Standorte, in denen 2020 Bodenproben gestochen wurden.

Objekt Name	Objekt-Nr.	Kanton	Gemeinde	Risikoklasse	Methode
Wiesengriener	222	BS	Riehen	klein	Linie
Clèbes	7271	VS	Nendaz	klein	Quadrat
Underäntschberg	3755	ZH	Bassersdorf	klein	Quadrat
Ober Emmetschloo	3821	ZH	Wetzikon (ZH)	klein	Linie
Holestei	5381	BE	Twann-Tüscherz	mittel	Linie
Runtschi	5301	BE	Twann-Tüscherz	mittel	Linie
Bir länge Stude	5571	BE	Müntschemier	mittel	Quadrat
Tschachtela	7218	VS	Salgesch	mittel	Quadrat
Pirra de Ban	7379	VS	Crans-Montana	gross	Linie
Argnoud d'en Haut	7240	VS	Ayent, Grimisuat	gross	Quadrat
Granges	7136	VS	Sierre	gross	Quadrat
Les Combes	7348	VS	Saillon	gross	Quadrat

Für jedes Biotop wurde eine Belastungshypothese vorgängig im Büro auf Grund des Luftbilds und anhand historischer Karten/Luftbilder aufgestellt. Diese wurde im Feld überprüft und je nach der Anzahl vorhandener Belastungsquellen wurde danach die entsprechende Methode gewählt: Falls mehrere Belastungsquellen zu erwarten waren, wurden im Zentrum systematisch in einem Quadratraster vier Mischproben à je 25 Einstiche gestochen. Falls nur eine Belastungsquelle zu erwarten war, wurden auf vier Linien je 25 Proben gestochen (Handbuch Bodenprobenahme VBBo, BUWAL 2003). Die für jeden Standort gewählte Methode ist in Tabelle 1 angegeben. Die Protokolle der Probenahme sind im Anhang zu finden.

Beprobt wurden dieselben Tiefen wie beim NABO-Monitoring: 0-5 und 5-20 Zentimeter. Pro Tiefe wurden pro Standort je vier Mischproben à 25 Einstiche genommen.

## 2.3 Umweltparameter

An jedem Standort wurden mit einer Humax-Sonde jeweils vier Bodenproben gestochen. An diesen wurden vom Labor SolConseil die folgenden Bodenparameter gemessen: pH-Wert, Körnung (Prozentualer Anteil von Ton, Schluff und Sand), Skelettgehalt (= Steine >2 mm), organischer Kohlenstoff und Kupfer.

Mit Ausnahme von Clèbes sind alle Böden alkalisch, bei der Feinerdekörnung kamen hauptsächlich lehmreicher Sand und Lehm vor. Von den 48 Kupfer-Messungen lagen neun (18%) über dem Richtwert von 40 mg/kg gemäss VBBö (Verordnung über Belastungen des Bodens (SR 814.12) vom 1. Juli 1998, Stand am 12. April 2016).

**Tabelle 2:** In den TWW gemessene Mittelwerte  $\pm$  SD für pH-Wert (H<sub>2</sub>O), organische Substanz (%), Anteil von Ton und Schluff (%) und Kupfer (mg/kg Totalgehalt). «Anzahl» gibt die Anzahl Proben mit Kupferkonzentrationen über dem Richtwert an.

	pH-Wert H <sub>2</sub> O	Org Substanz %	Ton %	Schluff %	Kupfer total	Anzahl
Wiesengriener	7.7 $\pm$ 0.06	3.7 $\pm$ 0.8	13	26	19 $\pm$ 1.6	
Clèbes	5.6 $\pm$ 0.16	4.8 $\pm$ 0.6	14	51	19 $\pm$ 1.6	
Underäntschberg	7.4 $\pm$ 0.26	3.1 $\pm$ 0.9	27	29	13 $\pm$ 0.3	
Ober Emmetschloo	7.3 $\pm$ 0.46	6.4 $\pm$ 1.3	25	36	17 $\pm$ 2.7	
Holestei	7.6 $\pm$ 0.12	4.5 $\pm$ 0.9	30	42	33 $\pm$ 46	1
Runtschi Ost	7.3 $\pm$ 0.17	9.8 $\pm$ 2.8	29	28	171 $\pm$ 140	4
Bir länge Stude	7.7 $\pm$ 0.08	2.0 $\pm$ 0.6	13	26	52 $\pm$ 44	2
Tschantella	7.6 $\pm$ 0.05	5.4 $\pm$ 1.4	21	40	16 $\pm$ 3.3	
Pirra de Ban	7.7 $\pm$ 0.08	6.6 $\pm$ 2.5	14	44	40 $\pm$ 6.4	2
Argnoud	7.8 $\pm$ 0.05	4.3 $\pm$ 1.8	23	35	19 $\pm$ 2.5	
Granges	7.6 $\pm$ 0.10	10.8 $\pm$ 4.2	13	43	22 $\pm$ 3.3	
Combes	7.5 $\pm$ 0.17	9.0 $\pm$ 2.9	16	43	26 $\pm$ 7.5	

### Trockenwiese Runtschi als Zwischendepot genutzt

Nach der Beprobung des TWW-Objekts «Runtschi» in Twann-Tüscherz an der Koordinate 2581648 /1218442 wurden wir von einem Passanten informiert, dass die Fläche früher als Zwischendepot für Material verwendet worden sei. Frau Sandau von der Abteilung für Naturförderung des Kantons Bern teilte uns mit, dass dies im Rahmen der Güterzusammenlegung ohne Bewilligung geschehen sei und die Fläche im Spätsommer 2018 wiederhergestellt wurde. Die Kupfergehalte lagen zwischen 423 und 770 mg pro kg Trockensubstanz. Der Richtwert wurde also mindestens um das Zehnfache überschritten.

Nach Rücksprache mit dem Auftraggeber wurde im selben TWW-Objekt ein zweiter Standort (Ost) beprobt.

## 2.4 Lagerung

Für die spätere Analyse der PSM-Rückstände wurden die acht Mischproben gekühlt ins Büro transportiert und dort tiefgefroren. Nach Abschluss der Feldkampagne wurden alle Proben zusammen auf einer Holzpalette 80x120 der Frigosuisse AG in Möhlin übergeben, wo sie bis zur Analyse der PSM-Rückstände zwischengelagert werden können.



## 3 Pflanzenschutzmittel in Stillgewässern

### 3.1 Ausgangslage

Die Evaluation der PSM in Biotopen von nationaler Bedeutung soll an das schweizweite Monitoring der Wasserqualität in den Fliessgewässern (NAWA, Massnahme 6.3.3.5) angelehnt sein. Da die PSM mit der Zeit abgebaut werden, ist in stehenden Gewässern auch mit Metaboliten zu rechnen. Die Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA überwacht die Metaboliten und die Analytik wurde dementsprechend übernommen.

### 3.2 Standorte und Beprobung

Wir haben die folgenden zufällig ausgewählten Biotope beprobt (Tabelle 3). Gemäss Konzept (Kohli et al. 2020) wurden je zwei Stillgewässer pro Risikoklasse gewählt.

**Tabelle 3:** Die sechs zufällig ausgewählten Stillgewässer in Amphibienlaichgebieten und einem Flachmoor von nationaler Bedeutung, die 2020 beprobt wurden.

Objekt Nr	Name	Gemeinde (Kanton)	Inventar	Abkürzung	Risikoklasse
BL598	Steinbruch Andil	Liesberg (BL)	IANB	BL01	klein
ZH476	Räubrichseen	Kleinandelfingen (ZH)	IANB	ZH01	klein
BL45	Ziegelei Oberwil	Oberwil (BL)	IANB	BL02	mittel
ZH714	Chatzensee, Chräenriet	Regensdorf (ZH)	IANB	ZH02	mittel
BL618	Steinbruch Arlesheim	Arlesheim (BL)	IANB	BL03	gross
856	Eigentel-Riede	Kloten (ZH)	Flachmoor	ZH03	gross

Von März bis Juli haben wir nach den Vorgaben des Interkantonale Labor SH (IKL) pro Standort sechs Wasserproben genommen und gekühlt ins IKL gebracht, wo sie analysiert wurden.

Die Beprobung der Stillgewässer war am 4. und 31. März, am 29. April, am 26. Mai, am 23. Juni und am 20. Juli geplant. Damit die Proben rechtzeitig im IKL abgeliefert werden konnten wurden im Mai und im Juli der Steinbruch Andil sowie im Juni alle Standorte im Kanton Basel-Landschaft jeweils einen Tag früher beprobt.

### 3.3 Umweltparameter

Die Luft- und Wassertemperatur, der pH, die Leitfähigkeit sowie die Wassertiefe wurden bei jeder Beprobung gemessen (Tabelle 4). Die sechs Stillgewässer waren permanent wasserführend. Die grossen Temperaturunterschiede widerspiegeln den Ablauf der Probenahme vom Morgengrauen bis zum späteren Nachmittag.

**Tabelle 4:** Minimal- und Maximalwerte von Luft- und Wassertemperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert für die sechs Stillgewässer.

	Temperatur Luft (°C)		Temperatur Wasser (°C)		Leitfähigkeit (µS/cm)		pH-Wert	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Chräenriet	7	26	8.4	23.6	443	525	7.3	8.0
Eigental-Riede	8	29	7.7	23.3	364	588	7.7	8.1
Räubrichseen	10	29	7.4	22.5	183	280	6.6	7.6
Steinbruch Andil	-2	29	4.1	24.1	610	1162	7.2	7.7
Steinbruch Arlesheim	4	22	6.2	22.4	324	375	7.3	7.7
Ziegelei Oberwil	-3	20	4.7	25.4	460	662	7.4	8.2

### 3.4 Auswahl der Wirkstoffe

Die Wahl der Wirkstoffe lehnt sich an die Vorgaben vom Monitoring der Wasserqualität in den Fließgewässern (NAWA, Massnahme 6.3.3.5) und an die Nationale Grundwasserbeobachtung NAQUA an. Das IKL suchte folglich mit den gleichen Methoden (M-0486.2 (NAWA ESI+) und M-0488.2 (NAWA Erfolgskontrolle), M-0500.1 (ESI-)) nach denselben Wirkstoffen. Insgesamt wurde nach 121 Substanzen gesucht, davon 98 PSM (Tabelle 5, Anhang). Der in Mückenspray verwendete Repellent DEET sowie das in der Schweiz nicht verkaufte Biozid Dinoseb wurden zwar erfasst, aber hier nicht ausgewertet. Wegen kontinuierlichen Anpassungen der zu suchenden Substanzen bei NAWA/NAQUA kamen einige erst im Verlauf des Jahres auf die Liste der analysierten Substanzen: Es kamen je ein Herbizid und ein Insektizid sowie zwei Fungizid-, 11 Herbizid- und ein Insektizid-Metabolit dazu (Anhang). Dies waren unter anderem vom Fungizid Chlorothalonil die beiden Metaboliten R471811 und SYN507900 sowie je zwei Metabolite der Herbizide Metolachlor, Nicosulfuron und Terbutylazin.

**Tabelle 5:** Anzahl der analysierten Wirkstoffe und Metabolite je Wirkstoffklasse. In Klammern die Anzahl Substanzen, die erst im Verlauf des Jahres analysiert wurden.

	Wirkstoffe	Metabolite
Fungizide	17	4 (2)
Herbizide	31 (1)	18 (11)
Insektizide	15 (1)	1 (1)
Biozid / Repellent	2	
	65	23
Arzneimittel	19 (4)	

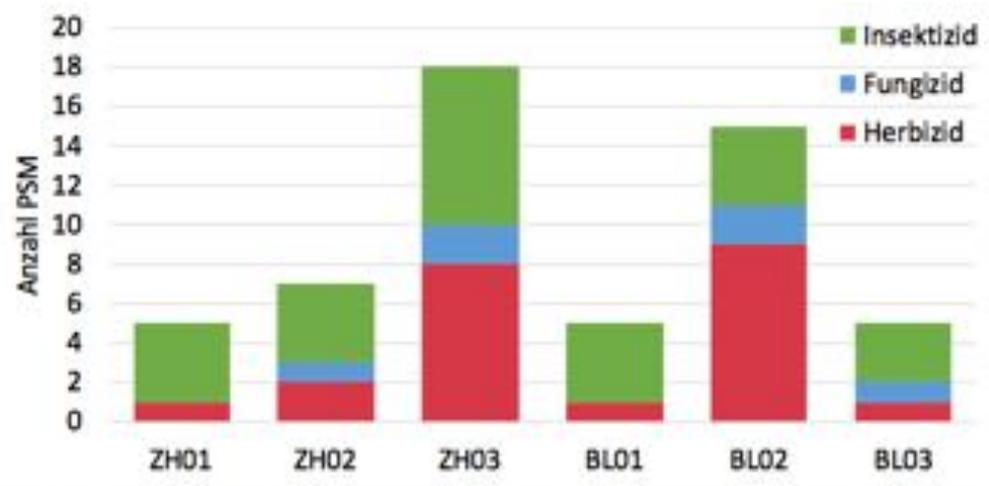
### 3.5 Resultate

Von den 98 gesuchten PSM wurden 28 mindestens einmal festgestellt, dies entspricht 29% (Tabelle 6). An allen Standorten festgestellt wurde Chlorpyrifos-methyl, gefolgt von Tefluthrin (fünf Standorte), Bifenthrin (vier Standorte), sechs weitere Substanzen an je drei Standorten (z.B. Clothianidin, Metolachlor und Metolachlor-ESA, Chlorothalonil-Metabolit R471811 und Chlorothalonil-Metabolit R417888 und Chlorpyrifos).

**Tabelle 6:** Übersicht der gefundenen PSM mit Klasse (F: Fungizid, H: Herbizid, I: Insektizid) und Metaboliten (-M) in den sechs Stillgewässern.

Substanz	Klasse	Räubrich- seen	Chrärenriet	Eigentäl- Riede	Steinbruch Andil	Steinbruch Arlesheim	Ziegeli Oberwil
2,4-D	H	x		x			
3,5,6-trichloro-2-pyridinol	I-M			x			x
Bentazon	H						x
Bifenthrin	I	x		x	x		x
Chloridazon-desphenyl	H-M			x			
Chloridazon-methyl-desphenyl	H-M			x			
Chlorothalonil R471811	F-M		x	x			x
Chlorothalonilsulfonsäure	F-M			x			x
Chlorpyrifos	I	x	x	x			
Chlorpyrifos-methyl	I	x	x	x	x	x	x
Clothianidin	I		x			x	x
Cyfluthrin	I			x			
Cypermethrin	I			x			
Deltamethrin	I	x					
Dimethachlor CGA 369873	H-M						x
Dimethachlor-ESA	H-M						x
lambda-Cyhalothrin	I			x	x		
MCPA	H		x	x			
Mecoprop	H			x			
Metalaxyl	F					x	
Metazachlor-ESA	H-M			x			x
Metolachlor	H				x	x	x
Metolachlor CGA 368208	H-M						x
Metolachlor NOA 413173	H-M						x
Metolachlor-ESA	H-M		x	x			x
Metolachlor-OXA	H-M						x
Propyzamid	H			x			
Tefluthrin	I	x	x	x	x	x	
<b>Herbizide und -Metaboliten</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9</b>
<b>Fungizide und - Metaboliten</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Insektizide und - Metaboliten</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>PSM gesamt</b>	<b>28</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>15</b>

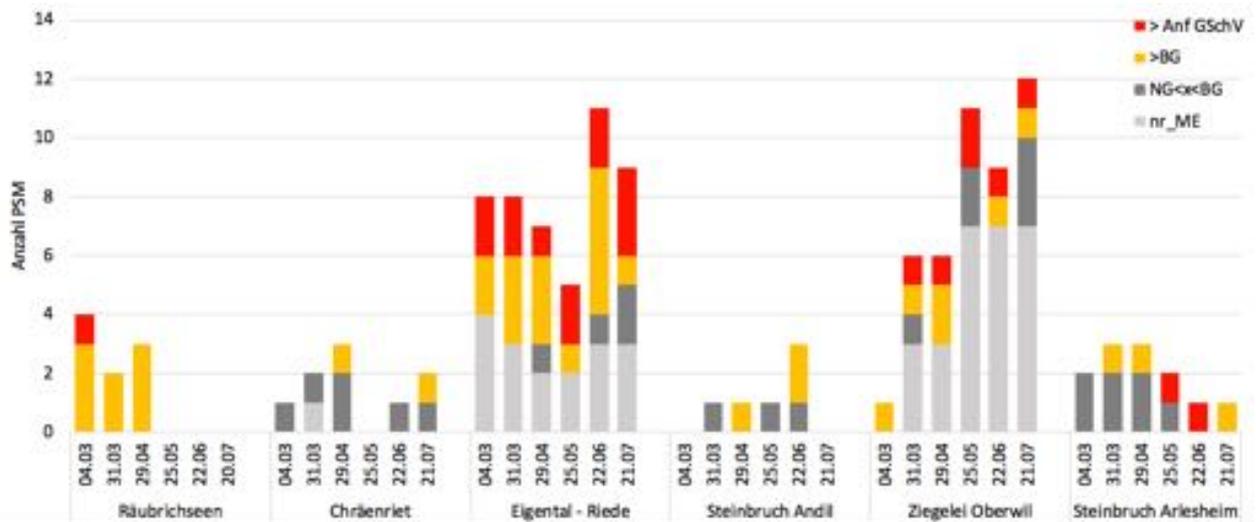
In allen sechs Stillgewässern wurden in den Schöpfproben PSM festgestellt, ungeachtet der vorgängig definierten Risikoklassen (Kohli et al. 2020). Die Anzahl reichte von fünf bis 18 PSM. In zwei Biotopen wurden mehr als 10 verschiedene PSM gemessen (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Anzahl PSM (Wirkstoffe und Metabolite) gemessen in den Schöpfproben in den sechs untersuchten Stillgewässern, aufgeteilt nach Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden.

In vier der sechs Stillgewässer wurde mindestens einmal PSM in Konzentrationen über der numerischen Anforderung gemäss Gewässerschutzverordnung Anhang 2 gemessen (Abbildung 2, GSchV SR 814.201, vom 28. Oktober 1998, Stand am 1. Januar 2021). Mit je fünf Mal wurde sie von den beiden Chlorothalonil-Metaboliten R471811 und R417888 am häufigsten überschritten.

Gemäss GSchV beträgt der numerische Anforderungswert für Pestizide und PSM je Einzelstoff 0,1 µg pro Liter (entspricht 100 ng/l), ausgenommen sind 19 Substanzen bei denen die ökologischen Qualitätskriterien massgebend sind. Die Relevanz von PSM-Metaboliten im Grund- und Trinkwasser wird vom Bundesamt für Landwirtschaft BLW und vom Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV beurteilt (Stand 31. 01 2020).

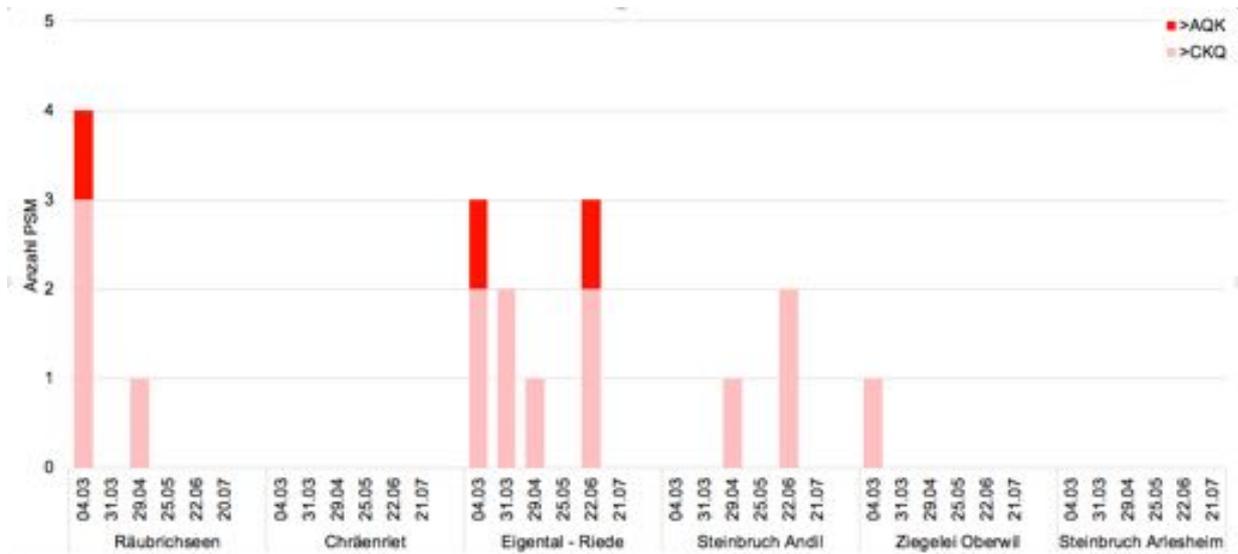


**Abbildung 2:** Zeitlicher Verlauf der Anzahl PSM-Nachweise in den sechs untersuchten Biotopen, aufgeteilt nach rechtlicher Relevanz der Konzentrationen. Unterschieden werden Konzentrationen über der numerischen Anforderung der Gewässerschutzverordnung (> Anf GSchV, rot), über der Bestimmungsgrenze (> BG, gelb), Spuren (NG<x<BG, dunkelgrau) und als nicht relevant eingestufte Metaboliten (nr\_ME, hellgrau). Die Relevanz von Pflanzenschutzmittel-Metaboliten im Grund- und Trinkwasser wurde von der Einschätzung des BLW vom 31.01.2021 übernommen.

Zusätzlich zum Vergleich der gemessenen Konzentrationen mit den gesetzlichen Anforderungen ist für das PSM-Monitoring in Biotopen der Vergleich mit ökologischen Qualitätskri-

terien wichtig. Mit den chronischen Qualitätskriterien (CQK), die für ein Monitoring der Gewässerqualität empfohlen werden, können Belastungen über einen längeren Zeitraum beurteilt werden (Oekotoxzentrum 2017).

Qualitätskriterien finden sich für 19 Substanzen in der GSchV, weitere Vorschläge für akute und chronische Qualitätskriterien wurden vom Oekotoxzentrum (2017) sowie von Rösch et al. (2019) veröffentlicht (Tabelle 7). Während die Qualitätskriterien der ersten beiden Referenzen sehr gut abgesichert sind, handelt es sich bei den Qualitätskriterien von Rösch et al. (2019) um ad-hoc-Werte. Insgesamt lagen 15 Konzentrationen über den CQK, wovon 13 auf Bifenthrin und Tefluthrin fielen. Die akuten Qualitätskriterien (AQK) wurden je einmal bei Cypermethrin, Deltamethrin und lambda-Cyhalothrin überschritten (Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Zeitlicher Verlauf der Anzahl PSM-Nachweise in den sechs untersuchten Biotopen, aufgeteilt nach ökologischer Relevanz der Konzentrationen. Unterschieden werden Konzentrationen über den chronischen Qualitätskriterien (CQK) und über den akuten Qualitätskriterien (AQK).

Die Qualitätskriterien gemäss GSchV von Cypermethrin wurden um das 16-fache, die von Chlorpyrifos um das Zweifache überschritten (Tabelle 7). Ebenfalls überschritten wurden die CQK von lambda-Cyhalothrin (15-fach), von Bifenthrin (4-fach), von Cyfluthrin (7-fach) und von Tefluthrin (39-fach).

Tabelle 7: PSM mit chronischen (CQK) und akuten (AQK) Qualitätskriterien sowie die maximal gemessenen Konzentrationen in Nanogramm pro Liter (ng/L) je Biotop. Werte über den Qualitätskriterien sind hervorgehoben. Alle Messwerte sind im Anhang zu finden.

	CQK [ng/L]	AQK [ng/L]	Räubruch- seen	Chräen- riet	Eigentäl- riede	Steinbruch Andil	Steinbruch Arlesheim	Ziegelei Oberwil
<b>GSchV</b>								
Chlorpyrifos	0.46	4.4	1.1	<0.2	0.52			
Cypermethrin	0.03	0.44			0.48			
MCPA	660	6'400		125	250			
Metolachlor	690	3'300				<40	<40	<40
<b>Oekotoxzentrum 2017</b>								
2,4-D	600	4'000	53		229			
Chloridazon-desphenyl	250'000	–			152			
Chloridazon-methyl-desphenyl	37'000	3'700'000			63			
Chlorpyrifos-methyl	1	7.3	0.26	0.16	0.2	<0.1	0.15	0.15
Deltamethrin	0.0017	0.017	<2					
Propyzamid	63	2'100			<9			
Bentazon	270'000	470'000						185
lambda-Cyhalothrin	0.022	0.19			0.32	<0.3		
Mecoprop	3'600	190'000			263			
Metalaxyl	20'000	97'000					170	
<b>Rösch et al. 2019</b>								
Bifenthrin	0.095	11	0.15		0.4	0.37		0.05
Cyfluthrin	0.2	–			1.3			
Tefluthrin	0.016	–	0.12	<0.02	0.62	0.04	<0.02	

## 4 Pilotprojekt Passivsammler-Einsatz in Stillgewässern

### 4.1 Ausgangslage

Am Expertenworkshop vom 2. September 2019 wurde festgelegt, dass in Stillgewässern die PSM mit Passivsammlern erhoben werden sollten. Die weiteren Abklärungen haben jedoch gezeigt, dass die bisher vom Oekotoxzentrum verwendeten Membranen nicht mehr erhältlich sind. Dadurch können neue Messungen mit einem Alternativprodukt nicht direkt mit bereits durchgeführten Analysen verglichen werden, sind ohne neue Kalibrierung schwer zu interpretieren und somit angreifbar. Im Pilotjahr sollte mit Passivsammlern und Schöpfproben gearbeitet werden und die Vor- und Nachteile der beiden Methoden in Erfahrung gebracht werden.

### 4.2 Methodik

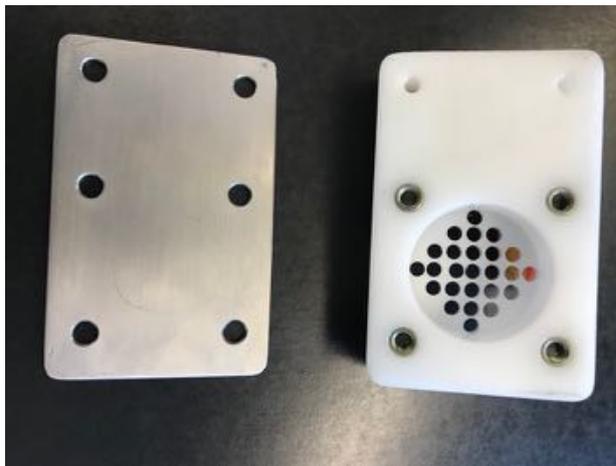
#### Auswahl der Wirkstoffe

Grundsätzlich wurden dieselben Wirkstoffe analysiert wie in den Schöpfproben. Aus methodischen Gründen konnten jedoch die Pyrethroide und Organophosphate nicht gemessen

werden. Da in vielen Blindproben 1H-Benzotriazol, 4-/5-Methyl-benzotriazol und DEET gemessen wurden, wurden die drei Substanzen von der Auswertung ausgeschlossen. Propamocarb war aufgrund einer technischen Schwierigkeit ebenfalls nicht auswertbar.

### Passivsammler

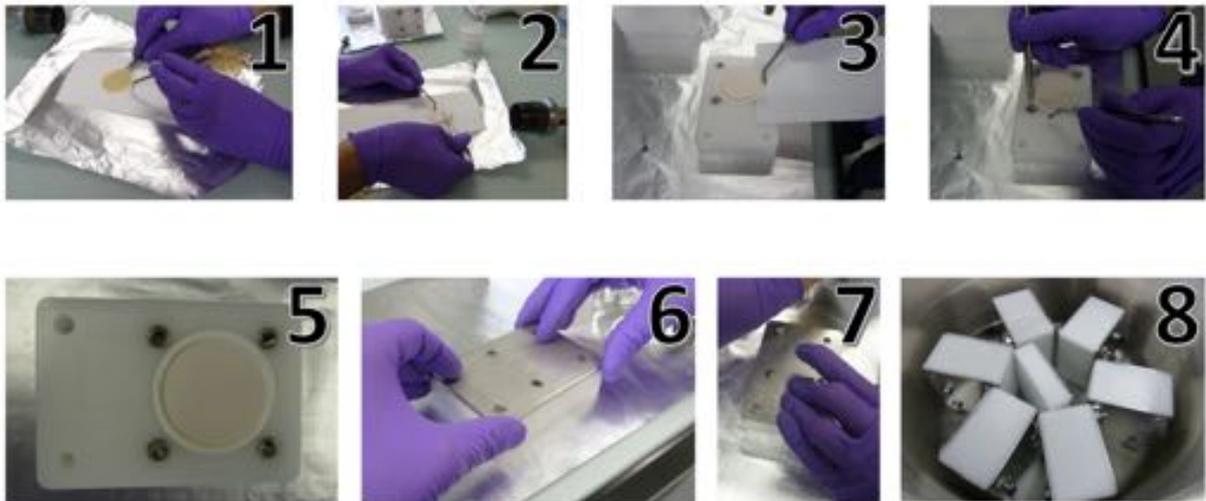
Zum Festmachen der Passivsammler wurden von der Firma Dirimechanik in Kölliken Halterung mit den Massen 70x100x20 mm konstruiert (Abbildung 4). Sie bestehen aus einer Messbox aus POM-C sowie einem Gegenblech aus Chromstahl (1.4301). Mit der Messbox von 20 mm Dicke soll die Wasserbewegung reduziert und standardisiert werden. Gegenüber früheren Varianten konnten mit dieser Halterung viele Einzelteile eingespart werden, was das Handling im Feld stark vereinfachte.



**Abbildung 4:** Halterung für den Passivsammler mit Messbox (rechts) und Gegenblech (links) 70x100x20 mm.

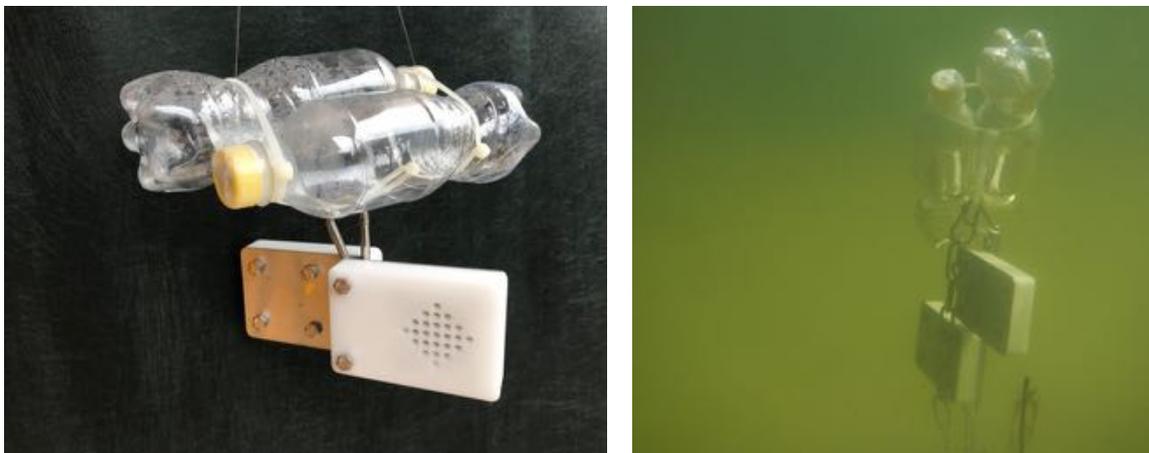
### Vorbereitung der Passivsammler

Für die Anreicherung wurden SDB-RPS-Disks von Affiniseq verwendet (AttractSPE@Disks SDB-RPS - 47mm; PN: SPEDisks-RPS-47.T1.20). Diese haben sich für den Nachweis von PSM in Gewässern bewährt (Becker et al. 2021). Vom Oekotoxzentrum wurden jeweils 13 Disks, je zwei Sammler pro Standort und ein Blindwert zusammen vorbereitet (Abbildung 5). Die SDB-Disks sowie PES-Membranen (0.1 µm) wurden für je 30 Minuten zuerst in 50 ml Methanol, dann in 50 ml nanopurem Wasser eingelegt. Die SDB-Disks wurden anschließend auf einen Durchmesser von 40 mm gestanzt und auf den PES-Membranen mit 47 mm Durchmesser zentriert (1). Eine 1 mm dicke Teflonscheibe mit 39 mm Durchmesser wurde mittig darauf gelegt und das Wasser herausgedrückt (2). Zusammen wurden PES-Membran, SDB-Disk und Teflonscheibe auf den Messblock transferiert (3) und über der Öffnung zentriert (4). Bild (5) zeigt, dass die PES-Membran die Grenzfläche zur Wasserfläche bildet. Die PES-Membran wird durch die vorsichtig eingepresste Gegenplatte aus Chromstahl gespannt (6). Schlussendlich wird die Gegenplatte mit Schrauben von Hand fixiert. Zum Transport wurden jeweils zwei Sammler mit der Öffnung gegeneinander gelegt, zusammen und in einem mit nanopurem Wasser gefüllten Stahlgefäß transportiert (8).



**Abbildung 5:** Illustration der Anfertigung der Passivsammler. Erklärung zu den einzelnen Schritten siehe Lauftext.

Im Feld wurden pro Standort zwei Passivsammler ins Wasser gehängt. Für den Auftrieb sorgten zwei PET-Flaschen (je 0.5 l) die mit Kabelbindern zusammengehalten wurden. Mit Hilfe einer Kette aus rostfreiem Stahl wurden die Passivsammler jeweils circa 20 Zentimeter unter der Wasseroberfläche positioniert.



**Abbildung 6:** Die beiden Passivsammler vor der Probenahme (links) und im Wasser (rechts).

#### **Extraktion der PSM nach der Beprobung**

Die SDB-Disks wurden im Feld aus der Halterung entfernt, je in 6 ml Aceton aufbewahrt und am Abend im Büro tiefgefroren. Im Labor wurden vom Oekotoxzentrum die Fläschchen aufgetaut und vor dem Transfer für 30 Minuten leicht geschüttelt. Anschliessend wurde das Aceton in ein 12 ml Fläschchen umgefüllt und dann eingeeengt (Speedvap: 20 min /30°C / VAL).

In die Fläschchen mit den SDB-Disks wurde 6 ml Methanol zugegeben und wieder für 30 Minuten leicht geschüttelt. Die beiden Extrakte wurden zusammen mit einer 10 ml Glaspritze durch einen (mit Methanol vorgespülten) 0.45µm PTFE hydrophilic Filter filtriert (SF1309-2; BGB). Anschliessend wurde der Extrakt auf ca. 3 ml eingeeengt (Speedvap: 35

min / 45°C / VAL) und das Volumen mit Methanol auf 4 ml eingestellt. Davon wurde 1 ml Aliquot an das Interkantonale Labor Schaffhausen für die Analytik verschickt.

### Standorte

Mit den Passivsammlern wurden ebenfalls die in Tabelle 3 aufgeführten Biotope beprobt. Es wurde bei jeder Beprobung die Luft- und Wassertemperatur, der pH, die Leitfähigkeit gemessen (Tabelle 4). Ebenfalls erhoben wurde jeweils die Wassertiefe (Tabelle 8) und ob sich ein Biofilm auf den Passivsammlern gebildet hatte. Die sechs Stillgewässer waren permanent wasserführend.

**Tabelle 8:** Minimal- und Maximalwerte der Wassertiefe am Standort der Passivsammler für die sechs Stillgewässer.

	Wasserstand (cm)	
	Min	Max
Chrärenriet	58	83
Eigental-Riede	65	73
Räubrichseen	32	107
Steinbruch Andil	57	68
Steinbruch Arlesheim	106	119
Ziegelei Oberwil	65	89

### Probenahme

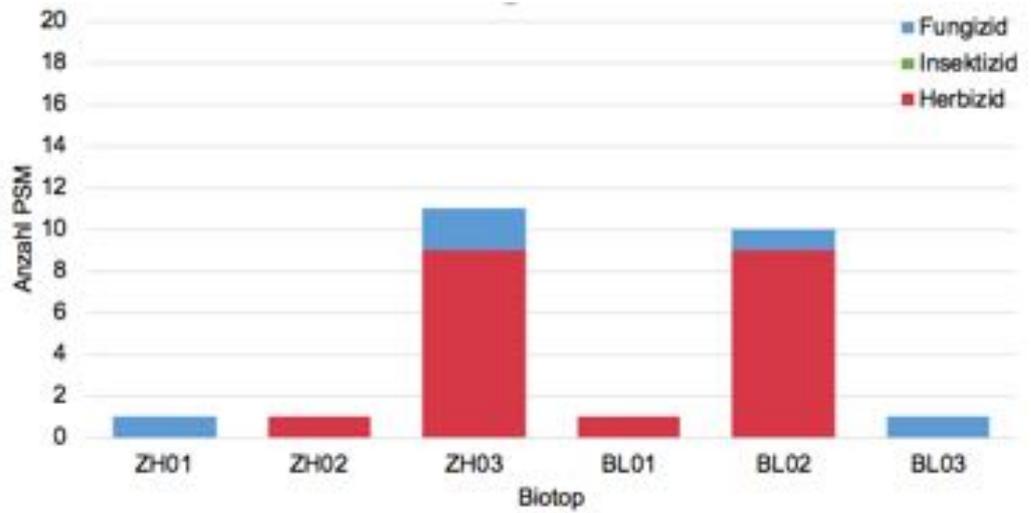
Die Passivsammler wurden von März bis Juli in den Stillgewässern platziert. Sie wurden jeweils nach etwa einem Monat ausgetauscht und analysiert:

- 4. März bis 31. März,
- 29. April bis 25. Mai,
- 25. Mai bis 23. Juni,
- 23. Juni bis 21. Juli

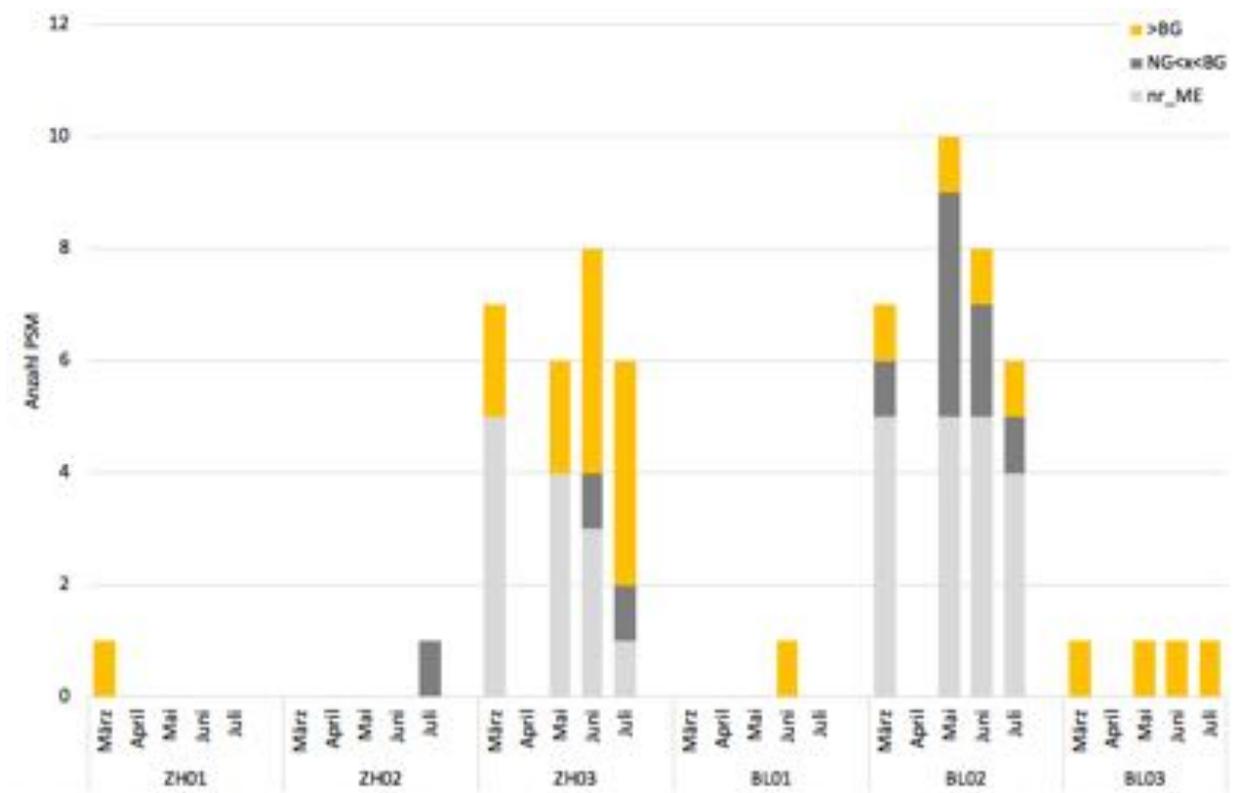
Ursprünglich war noch eine Beprobung vom 31. März bis am 29. April vorgesehen. Da Covid19-bedingt die Passivsammler nicht vorbereitet werden konnten, liess sich diese Beprobung nicht durchführen.

## 4.3 Resultate

In drei Stillgewässern wurde je nur ein PSM gemessen. An zwei Standorten wurden zehn und mehr PSM gemessen. An keinem Standort wurden Insektizide festgestellt (Abbildung 7).



**Abbildung 7:** Anzahl PSM gemessen mit den Passivsammlern in den sechs untersuchten Stillgewässern, aufgeteilt nach Herbiziden (rot), Fungiziden (hellblau) und Insektiziden (kein Nachweis). Die Metaboliten sind den Wirkstoffklassen zugeordnet.



**Abbildung 8:** Zeitlicher Verlauf der Anzahl PSM-Nachweise in den Biotopen aufgeteilt nach Konzentrationen. Unterschieden werden Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze (> BG, gelb), Spuren (NG<x<BG, dunkelgrau) und als nicht relevant eingestufte Metaboliten (nr\_ME, hellgrau).

In allen Proben vom Standort ZH 03 wurde Chlorothalonil-R417888 gemessen, aber niemals der Wirkstoff selber. In den Proben vom Juni und Juli wurden zudem die Herbizide 2,4-D, MCPA und Mecoprop gemessen.

#### 4.4 Reproduzierbarkeit der beiden Passivsammler

Um die Reproduzierbarkeit der Messungen zu analysieren, wurden die Resultate der beiden Passivsammler eines Standorts miteinander verglichen. Für 10 Messungen wurden beide Passivsammler analysiert. Die Konzentration der PSM in den beiden Messungen stimmen gut überein, wenn man bedenkt, dass die Messunsicherheit der Methode mit rund 30 Prozent angegeben wird (Anhang).

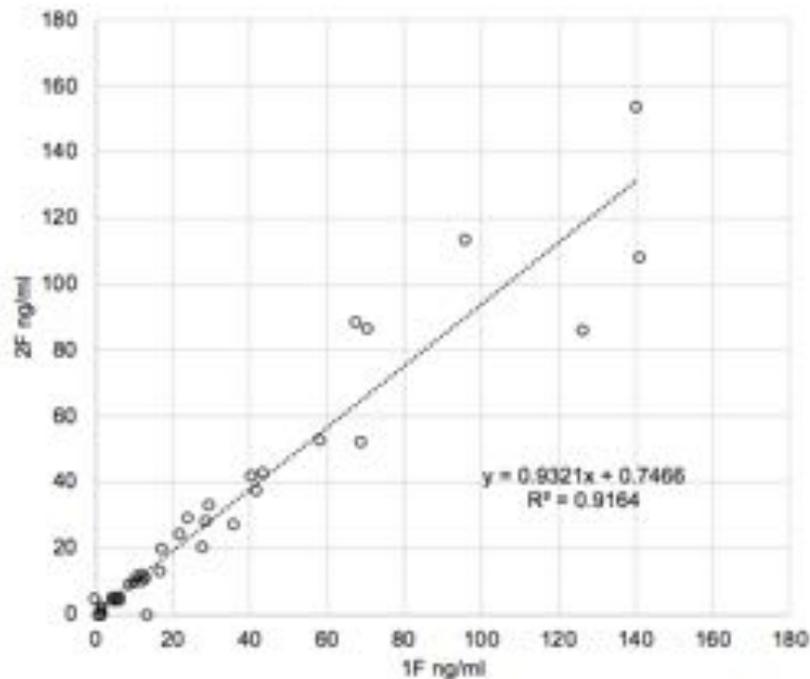


Abbildung 9: Vergleich von jeweils zwei Passivsammlern bei zehn Messungen. Nur für PSM mit Nachweis.

#### 4.5 Versuch mit stärker konzentrierten Extrakten

Auf Grund der vielfältigen Erfahrung der Projektpartner mit Passivsammlern (Moschet, 2014, Becker et al. 2021) wurde die Extrakte zuerst mit bewährten Menge Probe analysiert. Um sich etwas näher an die NWG heranzutasten, wurde mit stärker konzentrierten Extrakten überprüft, ob sich zusätzliche Substanzen in relevanten Konzentrationen finden lassen. Dazu wurden 10 Proben ausgewählt, 10-fach aufkonzentriert und das Lösungsmittel auf 90% Wasser eingestellt um für mehr Empfindlichkeit grössere Menge Probe einspritzen zu können. In den zusätzlich konzentrierten Extrakten wurden 18 weitere PSM erfolgreich nachgewiesen (Tabelle 9). Aber nur von Metazachlor, Metolachlor-ESA und Terbutylazin wurde mehr als 1 ng pro Probe gemessen und für Flufenacet, Fluopyram, Foramsulfuron, Propiconazol (Summe) und Propyzamid lagen die gemessenen Werte zwischen Nachweis- und Bestimmungsgrenze. Je vier Mal nachgewiesen wurde Terbutylazin und Terbutylazine-CGA324007, gefolgt von Metolachlor und Metalaxyl.

**Tabelle 9:** PSM die in stärker konzentrierten Extrakten gefunden wurden mit der Anzahl Biotope mit Nachweisen.

PSM	Anzahl Biotope mit neuer Substanz
Atrazin	1
Azithromycin	1
Carbendazim	1
Ethofumesat	1
Metalaxyl	2
Metamitron	1
Metazachlor	1
Metolachlor	3
Terbuthylazin	4
Terbutryn	1
Thiaclopid	1
Dimethachlor-CGA 369873	1
Dimethenamid-ESA	1
Flufenacet-ESA	1
Terbuthylazine-CGA324007	4
Fluopyram	3
Foramsulfuron	1
Propiconazol (Summe)	1

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit zehnmal stärker konzentrierten Extrakten noch weitere PSM nachgewiesen werden können. Es handelt sich aber meist um sehr geringe Konzentrationen resp. weniger als 1 Nanogramm pro Probe.

## 4.6 Vergleich mit Schöpfproben

Mit beiden Methoden wurden über alle sechs Standorte betrachtet ähnliche viele Herbizide und Fungizide erfasst (siehe Abbildung 1 und Abbildung 7). In den Wasser-Schöpfproben konnten aber zusätzlich noch etliche Insektizide (Pyrethroide) gemessen werden. Dieser methodische Unterschied führt dazu, dass mit den Passivsammlern 18, mit den Schöpfproben 28 PSM erfasst wurden.

Die Gegenüberstellung der Messungen im Wasser mit Passivsammler-Messungen zeigen, dass beide Methoden für Herbizide und Fungizide ähnlich gut funktionieren (Abbildung 10).

Chlorothalonil R417888 (ng)							
Sulfonsäure							
Datum	04. Mär	31. Mär	29. Apr	25. Mai	23. Jun	21. Jul	
<b>Schöpfproben</b>							
Steinbruch Andil	BL01						
Ziegelei Oberwall	BL02		40	28	<50	<50	
Steinbruch Arlesheim	BL03						
Räubrichseen	ZH01						
Chatzensee	ZH02						
Eigentel - Riede	ZH03	180	240	163	179	99	
<b>Passivsammler</b>		4.3-31.3		29.4-25.5		25.5-23.6	
Steinbruch Andil	BL01						
Ziegelei Oberwall	BL02	11		12		9	
Steinbruch Arlesheim	BL03						
Räubrichseen	ZH01						
Chatzensee	ZH02						
Eigentel - Riede	ZH03	78		55		43	

Abbildung 10: Gegenüberstellung der Messungen von Chlorothalonil-Metabolit im Wasser (Schöpfprobe, ng/L) und mit Passivsammler (ng/Probe).

Als Resultat der Messung mit den Passivsammlern wird eine Menge pro Probe ausgegeben, bei den Schöpfproben resultiert hingegen eine Konzentration (Menge pro Liter). Somit können die gemessenen Konzentrationen in den Schöpfproben direkt mit den gesetzlichen Anforderungswerten gemäss GSchV und mit den Qualitätskriterien verglichen werden.

## 4.7 Fazit

Die Beprobung von PSM in Stillgewässern ist grundsätzlich mit den SDB-RPS-Disks von Affinisep möglich. Auch die Halterungen haben sich bewährt. Am selben Standort zeigen zwei Passivsammler recht gut reproduzierbare Resultate. Mit stärker konzentrierten Extrakten könnten noch weitere PSM in sehr geringen Mengen nachgewiesen werden.

Mit Passivsammlern konnten entgegen unserer Erwartung nicht viel mehr Wirkstoffe erfasst werden als mit Schöpfproben – vor allem Insektizide fehlen. Deshalb kann sich das PSM-Monitoring auf eine Methode beschränken. Für Schöpfproben spricht, dass die Probenahme im Feld sowie die Analytik im Labor viel einfacher sind.

# 5 Pilotprojekt PSM in der Luft

## 5.1 Ausgangslage

Berichte aus umliegenden Ländern haben gezeigt, dass an Orten, fernab vom Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM), viele Substanzen, zum Teil in beträchtlichen Konzentrationen in der Luft und/oder im Regen vorkommen (Hofmann et al. 2018). Auf Initiative des Lufthygieneamtes beider Basel, haben im Winter 2019 verschiedene Institutionen beschlossen, erste Abklärungen zur Problematik in der Schweiz zu machen. Das Vorhaben wurde vom Oekotoxzentrum, der Sektion Luftreinhaltung und Chemikalien des Bundesamts für Umwelt, dem Lufthygieneamt beider Basel (LHA), dem Nationalen Beobachtungsnetz Luft (NABEL), der OSTLUFT sowie den Kantonen Thurgau und Jura finanziert. Das Labor des Amtes für

Umwelt Kanton Basel-Stadt unterstützte das Projekt mit der Methodenentwicklung. Der Pilotversuch wurde von Schläpfer et al. (2021) ausführlich beschrieben.

Als methodische Basis des Projektes dienen Messungen mit Passivsammlern und Depositionssammlern, welche in den vergangenen Jahren im Vinschgau und Bayern sowie im 2019 auch in der Schweiz (Ehrler & Lötscher 2020, Greenpeace 2020) durchgeführt wurden. In diesen Projekten wurden die PSM, welche gasförmig sowie am Feinstaub adsorbiert sind, mit Passivsammlern (Vinschgau, Münstertal) erfasst. Mit den Depositionssammlern (Bayern) werden die PSM in grösseren Partikeln, in Aerosolen und im Regen gesammelt. Die bisherigen Studien haben gezeigt, dass die PSM auch in grösseren Distanzen von den typischen Einsatzgebieten gefunden werden. Unklar war bisher, inwieweit dieser Pfad auch in der Schweiz relevant ist. In erster Linie ging es darum, die Methoden zu entwickeln. Die Messungen fanden zwischen März und August 2020 statt. Insgesamt wurden rund 130 Luft- und 90 Regenproben analysiert.

Die Auswahl der Pflanzenschutzmittel und deren Abbauprodukte, welche in den Proben untersucht werden sollen, orientierten sich am Aktionsplan PSM des Bundes, an den Ergebnissen ähnlicher Studien sowie an den analytischen Möglichkeiten. Die Probenahmen erfolgten wie vorgesehen mit Passivsammlern und zusätzlich mit Bulk Regensammlern über 2–4 Wochenperioden. Das Untersuchungsprogramm beinhaltet 109 Einzelstoffe (Herbizide, Insektizide und Fungizide) für Regen bzw. 83 für Luftproben.

## 5.2 Messstandorte

Die Messungen werden von März bis September 2020 an insgesamt neun Standorten durchgeführt (Tabelle 10).

Tabelle 10: Standorte des Pilotversuchs.

Messstation / Biotop	Typ; PSM Quellen	Abkürzung	Kanton	Luft 2 Wo aktiv / passiv	Regen 2 Wo	Luft 4 Wo
Basel-Binningen (NABEL)	Lufthygiene; Kleingärten	BLNA	BL	x	x	x
Rebbau Klus (Aesch)	Rebbau	BLAE	BL		x	x
TWW Brügglingen	Biotop	BLBR	BS		x	x
TWW Grand Prés	Biotop	JUGP	JU		x	x
Sion (NABEL)	Lufthygiene	VSNA	VS		x	x
TWW Crête des Maladares	Biotop / Rebbau	VSCM	VS		x	x
Weerswilen =TWW Weierste	Lufthygiene / Biotop	TGWW	TG		x	x
TWW Hintere Bärig	Biotop; Rebbau	TGHB	TG		x	x
Güttingen	Lufthygiene; Obstbau	TGGÜ	TG	x	x	x

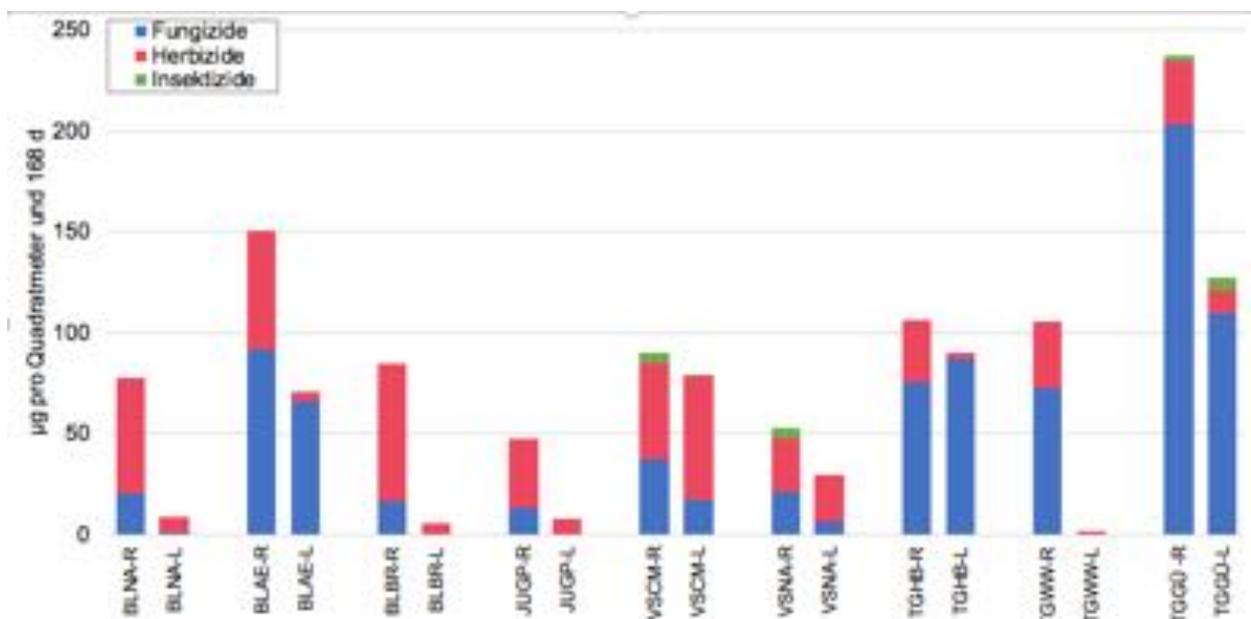
An zwei dieser Standorte wurden umfangreiche methodische Untersuchungen durchgeführt. An drei dieser Standorte (NABEL in Binningen und Sion sowie in Weerswilen) befinden sich lufthygienische Messstationen. Fünf Standorte sind TWW von nationaler Bedeutung. Drei Standorte befinden sich in Rebbaugebieten und ein Standort liegt inmitten von grossen Obst- und Beerenkulturen. Ebenfalls Teil des Pilotprojektes war ein eintägiger Ausbreitungsversuch an zwei Obstbauparzellen im Kanton Thurgau. Dabei wurde die PSM Luftbelastung nach einer definierten Applikation in unterschiedlichen Entfernungen zu den Parzellen gemessen.

### 5.3 Methodische Abklärungen

Die methodischen Untersuchungen zeigten, dass die Probenahme und Analytik der Regenproben im Gegensatz zu den Luftproben einfacher und zuverlässiger ist. Zudem lassen sich die Regenproben-Daten einfach und zuverlässig als  $\mu\text{g}$  pro Quadratmeter und Zeiteinheit (z. B. zwei Wochen) darstellen; für Luftpassivsammler ist dies nicht ähnlich akkurat möglich. Als Probleme der Luftprobenahme zeigten sich die Abhängigkeit der Aufnahmezeit vom Wind und die analytischen Probleme mit den exponierten Polyurethanschäumen. Der Vergleich von zwei- und vierwöchiger Expositionsdauer zeigt, dass viele Stoffe nach vier Wochen nicht mehr bestimmbar waren. Dies war der Fall, wenn der entsprechende interne Standard von störenden Matrixeinflüssen komplett unterdrückt wurde und daher für die Quantifizierung des entsprechenden PSM nicht als Referenz zur Verfügung stand. Da die Polyurethanschäume in anderen Studien während mehreren Monate exponiert wurden, ist dies unerwartet und wirft Fragen auf. Auf die 12-wöchige Exposition wurde danach verzichtet.

### 5.4 Resultate

In den Regenproben wurden gegenüber den Luftproben eine grössere Anzahl Einzelstoffe nachgewiesen. Während die Luftproben die Nähe zu den Obst- und Weinbau-Kulturen mit deutlich höheren Belastungen anzeigten, waren die Unterschiede zwischen den Standorten in den Regenproben weniger ausgeprägt. Primär wurden Herbizide und Fungizide bzw. deren Metaboliten in den Proben gefunden.



**Abbildung 11:** Deposition über die ganze Messperiode (168 Tage) an den verschiedenen Standorten (siehe Tabelle 10) über die Luft (-L) und im Regen (-R) aufgeteilt nach den verschiedenen Klassen. Quelle: Schläpfer et al. 2021.

Das Herbizid Metolachlor und das Fungizid Cyprodinil wurden am häufigsten nachgewiesen. Die erhobenen Daten lassen vermuten, dass PSM mit dem Regen grossräumig verfrachtet werden und so auch in grösseren Distanzen vom Ort der Applikation nachgewiesen werden können.

Die Ergebnisse des Ausbreitungsversuches zeigten, dass es nach einer Applikation auch in 600–700 Metern Entfernung noch zu deutlich messbaren Belastungen in der Luft kommt. Der Versuch deutete darauf hin, dass Stunden nach der Applikation im Feld eine Verflüchtigung der eingesetzten PSM stattfindet.

## 5.5 Diskussion

Die Ergebnisse der Pilotstudie entsprechen im Wesentlichen denjenigen von publizierten Studien aus dem europäischen Umfeld. Ein Vergleich von Einzelstoffen ist nur bedingt möglich bzw. sinnvoll, da sich der Einsatz von Stoffen nach landwirtschaftlicher Kultur, dem kommerziellen Angebot etc. unterscheidet. Weil die untersuchten Stoffe in den einzelnen Untersuchungen unterschiedlich waren, können auch keine vergleichbaren Summen nach Stoffklassen (Herbizide, Fungizide etc.) gebildet werden. Darüber hinaus erschweren auch die unterschiedlichen Methoden der Luftprobenahmen sowie chemisch analytische Verfahren quantitative Vergleiche. Etliche Untersuchungen zeigen deutliche Hinweise, dass ein relevanter Anteil von PSM über grössere Distanzen verfrachtet wird (Kreuger & Lindstöm 2019, Kruse-Plass et al. 2020). Bei den wenigen Messkampagnen, die nicht nur vom Frühling bis Herbst durchgeführt wurden, wurden auch im Winter Spitzenbelastungen gemessen. Die Interpretation, dass die Verflüchtigung und Verteilung von PSM-Belastungen in der Luft eine bedeutendere Rolle spielt als der Drift von Aerosolen durch die Applikation, wird ebenfalls durch verschiedene Studien gestützt (Vermeulen et al. 2019). Die kürzlich publizierten Untersuchungen basieren auf Luftmessungen. Zur Deposition von PSM und zur Konzentration im Regen gibt es nur wenig aktuelle Daten.

## 5.6 Fazit

Für weitere Vorhaben zur Erfassung von PSM-Belastungen in Luft und Regen werden die folgenden Empfehlungen abgeleitet:

- Für die Untersuchungen sollte das Analyseprogramm so gewählt werden, dass flüchtige und in Bezug auf die Einsatzmengen relevante PSM berücksichtigt sind. Zudem sollte es einen Vergleich mit den Daten von Stillgewässern und Böden ermöglichen.
- Um die Ferntransporte/Verfrachtungen von PSM deutlicher zu erfassen, sollten entsprechend geeignete Standorte und ereignisorientierte Regenprobenahmen durchgeführt werden. Da die Verflüchtigung von PSM über längere Perioden und auch vertikal erfolgt, sind Luftmessungen alleine nicht geeignet, um quantitative Ergebnisse zu liefern.
- Da auch winterliche PSM-Belastungen dokumentiert sind, sollten Messkampagne über das ganze Jahr durchgeführt werden.

# 6 Diskussion und Empfehlungen

## Diskussion

In allen im Jahr 2020 untersuchten Stillgewässern wurden PSM nachgewiesen, in einigen wurden die Anforderungen der GSchV bis zu 16-fach überschritten. Mit den Wasser-Schöpfproben wurden mehr Substanzen erfasst als mit den Passivsammlern. Die Anzahl reichte je nach Standort von fünf bis 18 PSM. In zwei Biotopen wurden mehr als 10 verschiedene PSM gemessen. Die Anzahl der erfassten PSM ist im Vergleich zu anderen Studien (Hoffmann 2020, Greenpeace 2020) klein. Zum einen hat das damit zu tun, dass «Atlanten» (DDT, Lindan) bewusst nicht gemessen wurden. Es wurden auch weniger PSM erfasst und tiefere Konzentrationen gemessenen als in kleinen Fliessgewässern (Doppler et al. 2017). Dies war

wegen der unterschiedlichen Frequenz der Probenahme (Doppler et al. 2017: alle 45 Minuten; diese Studie: alle 30 Tage) zu erwarten. In den Stillgewässern werden Spitzenbelastungen eher verpasst.

Beim Eintrag über die Luft wurden zusätzlich zu den ursprünglich geplanten Messungen mit Passivsammlern (Kohli et al. 2020) auch noch die PSM im Regenwasser gemessen. Dieses Monitoring erwies sich als das Monitoring mit Luftpassivsammlern. Die Methode mit Regenwasserproben erfasst mehr Substanzen und ist viel einfacher in der Handhabung. In allen im Jahr 2020 untersuchten TWW wurden PSM über die Luft beziehungsweise über den Regen eingetragen. Dies stimmt mit Daten aus Schweden überein, wo gezeigt wurde, dass PSM im Regen über weite Distanzen verfrachtet werden (Kreuger et al. 2019).

Im letzten Jahr wurden in der Schweiz mit Passivsammlern PSM in der Luft im Münstertal (Ehrler & Lötscher 2020) und auf Biobetrieben nachgewiesen (Greenpeace 2020). Riedo et al. (2020) untersuchten 100 Felder mit biologischer und konventioneller Bewirtschaftung mit einer Analysemethode, die 46 PSM umfasste. In allen (!) 40 biologisch bewirtschafteten Böden wurden PSM-Rückstände gemessen. Die Autoren folgern daraus sinngemäss: «Da auf die biologisch bewirtschafteten Felder mindestens drei Jahre lang keine PSM ausgebracht wurden, legt unsere Arbeit nahe, dass die PSM entweder viel länger als erwartet im Boden verbleiben oder dass die Kontamination über einen indirekten Weg von benachbarten konventionellen Feldern durch Partikelabdrift, Winderosion oder Abfluss erfolgte». In der Summe weisen diese Studien und die ersten Resultate unseres Screenings in Stillgewässern sowie die Nachweise von PSM in den Regenmessungen darauf hin, dass PSM weiter verbreitet sind als dies aufgrund der Abdrift erwartet wurde.

Das umfassende PSM-Monitoring in Frankreich (Marliere et al. 2020) bestätigt die Vermutung aus dem NAWA SPEZ (Doppler et al. 2017), dass im Spätherbst höhere Konzentrationen von Herbiziden in der Umwelt gemessen werden.

### Empfehlungen

Auf Grund der Erkenntnissen aus den Pilotversuchen und neuen Publikationen geben wir für das PSM-Monitoring in Biotopen nach Artikel 18a NHG die folgenden Empfehlungen ab:

- Da mit den Wasser-Schöpfproben mehr Substanzen erfasst werden können und die Methode im Feld und im Labor viel einfacher ist und direkt Konzentrationen liefert welche mit Qualitätskriterien verglichen werden können, empfehlen wir in Stillgewässern die PSM nur in Schöpfproben zu messen.
- Für den Eintragspfad über die Luft empfehlen wir 2-wöchige Probenahmen von Regenwasser jedoch auf die Luftmessungen mit Passivsammlern zu verzichten. Für die Analytik können jeweils zwei 2-Wochenproben zu einer Monatsprobe vereinigt werden. Für Regenwasserproben spricht, dass mehr Substanzen erfasst werden können und die Methode viel einfacher ist.
- Aufgrund der verschiedenen Hinweise auf hohe PSM-Belastungen im Spätherbst empfehlen wir, dass PSM auch in der zweiten Jahreshälfte gemessen werden sollten.
- Die Substanzpalette von NAWA und NAQUA hat sich bewährt und sollte weiterhin gemessen werden.
- Längerfristig müssen eventuell die Risiko-Klassen überdacht und auch Biotope beprobt werden wo das Risiko für einen PSM-Eintrag als sehr klein erachtet wurde.
- Geeignete Laboratorien müssen genügend Kapazitäten zum Analysieren von Wasser- und Bodenproben aufbauen.

## 7 Literatur

Becker, B., Kochleus, C., Spira, D., Möhlenkamp, C., Bachtin, J., Meinecke, S., Vermeirssen, E.L.M. (2021). Passive sampler phases for pesticides: evaluation of AttractSPE™ SDB-RPS and HLB versus Empore™ SDB-RPS. *Environ Sci Pollut Res*. doi.org/10.1007/s11356-020-12109-9.

Doppler, T., Mangold, S., Wittmer, I., Spycher, S., Comte, R., Stamm, C., ... Kunz, M. (2017). Hohe PSM-Belastung in Schweizer Bächen. *Aqua & Gas*, 4, 46–56.

Ehrler, A. & Lötscher H. (2020). Vom Winde verweht – Messung von Pflanzenschutzmitteln in der Luft im Münstertal (2019). 13 S.

[www.gr.ch/DE/Medien/Mitteilungen/MMStaka/2020/DokumenteMedien/Messkampagne Pflanzenschutzmittel Münstertal 2019.pdf](http://www.gr.ch/DE/Medien/Mitteilungen/MMStaka/2020/DokumenteMedien/MesskampagnePflanzenschutzmittelMünstertal2019.pdf)

Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998, Stand am 1. Januar 2021. Anhang 2. (SR 814.201).

Vermeulen, R.C.H. , Gooijer, Y.M., Hoftijser, G.W., Lageschaar, L.C.C., Oerlemans, A., ... A., Krop, E.J.M. (2019). Research on exposure of residents to pesticides in the Netherlands: OBO flower bulbs – Onderzoek Bestrijdingsmiddelen en Omwonenden. Utrecht University. 382 S.

Greenpeace 2020: Pestizide in der Schweizer Luft – Untersuchung mit Passivsammlern von Mai bis November 2019. 35 S.

Hofmann, F., Bär, K., Plass-Kruse, M., Vogt, C., Holzheid, F., & Vengels, J. (2018). Vom Winde verweht - Messungen von Pestiziden in der Luft im Vinschgau 2018. Studie im Auftrag des Umweltinstituts München e.V.. 78 S.

Junghans, M., Langer, M., Baumgartner, C., Vermeirssen, E., & Werner, I. (2019). Ökotoxikologische Untersuchungen: Risiko von PSM bestätigt. *Aqua & Gas*, (4), 26–35.

Kohli, L., Martinez, N., Guillebeau, M. (2020). Monitoring von Pflanzenschutzmitteln in Biotopen nach NHG Artikel 18a; Schlussbericht 2020. 66 S.

Kreuger J. & Lindstöm B. (2019): Long-term monitoring of pesticides in air and atmospheric deposition in Sweden; Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala; Presentation IUPAC, Ghent, Belgium 20 May 2019.

Kruse-Plass, M., Schlechtriemen, U., Wosniok, W., Hofmann, F. (2020): Pestizid-Belastung der Luft – Eine deutschlandweite Studie zur Ermittlung der Belastung der Luft mit Hilfe von technischen Sammlern, Bienenbrot, Filtern aus Be- und Entlüftungsanlagen und Luftgüte-Rindenmonitoring hinsichtlich des Vorkommens von Pestizid-Wirkstoffen, insbesondere Glyphosat. 140 S.

Langer, M., Junghans, M., Spycher, S., Koster, M., Baumgartner, C.; Vermeirssen, E., Werner, I. (2017): Hohe ökotoxikologische Risiken in Bächen. *Aqua & Gas* (4) 58-68.

Marliere, F., Letinois, L., Salomon, M. (2020). Résultats de la campagne nationale exploratoire de mesure des résidus de pesticides dans l'air ambiant (2018–2019). LCSQA/Ineris-DRC-20-172794-02007C | 535 S.

Oekotoxzentrum (2017): Vorschläge für akute und chronische Qualitätskriterien für ausgewählte schweizrelevante Substanzen. [www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxzentrum/](http://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxzentrum/) (Zugriff am 10.12.2020)

Riedo, J., Wettstein, F.E., Rösch, A., Herzog, C., Banerjee, S., Büchi, L., Charles, R., Wächter, D., Fabrice, M.-L., Bucheli, T.D., Walder, F., van der Heijden, M.G.A. (2021). Widespread occurrence of pesticides in organically managed agricultural soils - the ghost of a conventional agricultural past?»; *Environmental Science and Technology*. doi.org/10.1021/acs.est.0c06405

Rösch, A., Beck, B., Hollender, J., Stamm, C., Singer, H., Doppler, T., Junghans, M. (2019). Geringe Konzentrationen mit grosser Wirkung. *Aqua & Gas* 11. 54–66.

WBF (2016). Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bern, Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung. 75 S.

Schläpfer, K., Mazacek, J., Kutlar Joss, M., Winter, F., Kappeler, R., Zoller, N., Farronato, N., Ruppe, S., Roth, Z., Fuhrmann, S., Tiefenbacher, A. (2021): Pilot-Messungen von Pflanzenschutzmitteln in Luft und Regen in der Schweiz.

WBF 2017: Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Bern, Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung. 75 S.

## 8 Anhang

**Protokolle der Probenahme in TWW**

**Resultate der bodenphysikalischen Messungen**

**Charakterisierung der Stillgewässer**

**Erfasste Substanzen**

**Resultate Schöpfproben**

**Resultate Passivsammler**