



Monitoring von Pflanzenschutzmitteln in Biotopen nach Artikel 18a NHG

Rechenschaftsbericht 2021

Inhalt

	Zusammenfassung	3
1	Einleitung	5
2	PSM-Rückstände im Boden	6
2.1	Ausgangslage	6
2.2	Standorte und Beprobung	6
2.3	Umweltparameter	7
2.4	Lagerung	7
3	Pflanzenschutzmittel in Stillgewässern	8
3.1	Ausgangslage	8
3.2	Standorte und Beprobung	8
3.3	Umweltparameter	9
3.4	Auswahl der Wirkstoffe	9
3.5	Resultate	10
4	Vorläufige Auswertungen	16
4.1	Pflanzenschutzmittel im Boden	16
4.2	Pflanzenschutzmittel in Stillgewässern	17
5	Diskussion und Empfehlungen	21
6	Literatur	24
7	Anhang	25

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. 2021 wurden an 15 Standorten (neun TWW, sechs Stillgewässer) Messungen durchgeführt.

In neun 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 der ART Reckenholz entwickelten Methode analysiert werden können. Gemäss Rückmeldung von der NABO soll ein privates Labor die Proben aufbereiten. Am Reckenholz kann pro TWW nur eine Probe analysiert werden. Bis Ende 2022 wurde die Lagerung im Kühlhaus bezahlt. Falls die Proben erst später analysiert werden können, ist die Lagerung über 2022 hinaus rechtzeitig zu regeln. Unabhängig vom Zeitpunkt muss auch die Aufbereitung der Proben noch organisiert werden.

Sechs Stillgewässer wurden mit Wasser-Schöpfproben beprobt. Dabei wurden 41% der gesuchten PSM mindestens einmal festgestellt. In den einzelnen Biotopen wurden zwischen sieben und 38 PSM nachgewiesen. In fünf der sechs Stillgewässer wurden mindestens einmal PSM in Konzentrationen über der numerischen Anforderung gemäss Gewässerschutzverordnung Anhang 2 gemessen. Mit sieben Proben wurde dieser Grenzwert vom Insektizid Cypermethrin am häufigsten überschritten. Die chronischen Qualitätskriterien gemäss GSchV von Cypermethrin wurden um das 25-fache, die von Nicosulfuron um das 8-fache, die von Chlorpyrifos um das Zweifache überschritten. Bei Metazachlor und Thiamethoxam lagen die Messwerte nur wenig über den Anforderungswerten der GSchV. Bei Cypermethrin wurde auch das akute Qualitätskriterium gemäss GSchV um knapp das Zweifache überschritten. Ebenfalls überschritten wurden vom Oekotoxzentrum vorgeschlagene chronischen Qualitätskriterien von Deltamethrin (1180-fach), von lambda-Cyhalothrin (18-fach) und von Permethrin (5-fach). Weitere weniger gut abgesicherte ad-hoc Qualitätskriterien wurden von Cyfluthrin (60-fach), von Tefluthrin (27-fach) und von Bifenthrin (5-fach) überschritten.

Im Gegensatz zum Vorjahr wurden 2021 die Stillgewässer auch in den Monaten August bis November beprobt. Auch im Herbst wurden in allen beprobten Stillgewässern PSM gemessen. Acht PSM wurden ausschliesslich im Herbst gemessen.

Der kalte Frühling mit viel Niederschlag und verheerenden Hagelunwettern gefolgt vom nassesten Sommer in den langjährigen Aufzeichnungen waren für die Landwirtschaft sehr herausfordernd und haben zu grossen Ernteausschlägen geführt. Die vielen Niederschläge und die Hagelunwetter haben sich wahrscheinlich auch auf den PSM-Einsatz und die gemessenen Wirkstoffe und Konzentrationen ausgewirkt. Möglicherweise hat das Wetter die Häufigkeit der PSM-Applikationen beeinflusst und/oder zu vermehrten PSM-Abschwemmungen geführt. Die gemessenen PSM-Einträge weichen vermutlich von der Situation in «normalen» Jahren an den beprobten Standorten ab.

In einer vorläufigen Analyse wurden die Befunde der 12 bisher beprobten Stillgewässer ausgewertet. Dafür wurden von 2021 nur die Messungen von März bis Juli berücksichtigt und die 2020 gemessenen Chlorothalonil-Metabolite rückwirkend gemäss der Einstufung von

2021 als «nicht relevant» eingestuft. In allen Biotopen wurden PSM gemessen. Im Durchschnitt waren es elf, maximal 29 PSM. In der Hälfte der Stillgewässer wurden die numerischen Anforderungswerte der GSchV überschritten. In zwei Dritteln der Stillgewässer wurden chronische, bei einem Drittel auch akute Qualitätskriterien überschritten. Die chronischen Qualitätskriterien waren bei 21, die akuten Qualitätskriterien bei sieben PSM überschritten.

Bisher wurden die organischen PSM im Boden noch nicht analysiert. Bis zur Verarbeitung werden die Proben tiefgefroren gelagert. Die vorläufige Auswertung der Belastung mit Kupfer im Boden der TWW zeigt, dass in knapp einem Drittel der TWW Konzentrationen über dem Richtwert von 40 mg/kg gemäss VBBo gefunden wurden. Da es sich um einen ersten kleinen Teil der geplanten Stichprobe handelt, müssen diese ersten Resultate mit der nötigen Vorsicht interpretiert werden.

Da sich Wasser-Schöpfproben bewährt haben, kann das Konzept aus 2019 weitergeführt werden. Auch 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, damit Engpässe wie im Jahr 2021 in Zukunft vermieden werden können. 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 (WBF 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 (BAFU) sollten die Massnahmen des AP-PSM dazu führen, dass die Biotop 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) wurden zwei Haupteintragspfade für Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten (im Folgenden als PSM bezeichnet) in diese Biotop unterschieden: über das Medium Wasser oder über die Luft. Beim Haupteintragspfad Wasser handelt es sich um PSM-Einträge aus Oberflächenabfluss, Auswaschung, Drainagen 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 Biotop (Schlöpfer et al. 2021). 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 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 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 (Kohli et al. 2020) für das PSM-Monitoring fokussiert auf Einzugsgebiete mit Acker-, Obst- oder Rebbau in der Tal- und Hügellzone. 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 sollen entweder mit Hilfe von Luft-Passivsammlern (n=36) oder Bodenproben (n=30) überprüft werden. Im Konzept ist die Beprobung im Screening für die Jahre 2020 bis 2024 geplant.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Messungen im Jahr 2021 zusammen und beinhaltet auch eine Gesamtbetrachtung der 2020 und 2021 beprobten Stillgewässer.

2 PSM-Rückstände im Boden

2.1 Ausgangslage

Die Evaluation der PSM im Boden von Biotopen von nationaler Bedeutung soll an das 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 im Frühjahr 2020 von der NABO geschult. Die Methode für die Extraktion und Analyse der PSM-Rückstände wird Mitte 2022 verfügbar sein (T. Bucheli, mündl.). Bis zur Verarbeitung werden die Proben tiefgefroren gelagert. Bereits analysiert wurden hingegen die folgenden Parameter: pH-Wert (H₂O), 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 2021 9 Standorte vorgesehen (Tabelle 1). Gemäss Konzept (Kohli et al. 2020) wurden je drei TWW pro Risikoklasse gewählt.

Tabelle 1: TWW-Standorte, in denen 2021 Bodenproben gestochen wurden.

Objekt Name	Objekt-Nr.	Kanton	Gemeinde	Risikoklasse	Methode
Zelg	4612	AG	Hellikon	klein	Quadrat
Les Condémines	7233	VS	Lens	klein	Quadrat
Les Cleives	7438	VS	Chamoson	klein	Quadrat
Grossmatt	4609	AG	Villigen	mittel	Linie
Hubil	7226	VS	Salgesch	mittel	Quadrat
Les Planches	7490	VS	Conthey	mittel	Quadrat
Le Lanciau	6509	VD	Bourg-en-Lavaux	hoch	Quadrat
Les Auges	6425	VD	Bourg-en-Lavaux	hoch	Quadrat
Le Signal	6562	VD	Puidoux	hoch	Linie

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 («Quadrat» in Tab. 1). Falls nur eine Belastungsquelle zu erwarten war, wurden auf vier Linien je 25 Proben gestochen (Handbuch Bodenprobenahme VBBo, BUWAL 2003; «Linie» in Tab. 1). 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.

Gemäss Rückmeldung von der NABO soll ein privates Labor die Proben aufbereiten und pro TWW kann am Reckenholz nur eine Probe analysiert werden: Von Biotopen mit Quadrat-Design je eine der Mischproben 0-5 cm und von Biotopen mit Linien-Design die Probe 0-5 cm der Linie, die am nächsten zur vermuteten PSM-Quelle liegt.

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.

Alle Böden sind alkalisch, bei der Feinerdekörnung kamen hauptsächlich toniger Lehm und lehmiger Ton vor. Von den 36 Kupfer-Messungen lagen fünf (14%) über dem Richtwert von 40 mg/kg gemäss Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö, SR 814.12) vom 1. Juli 1998, Stand am 12. April 2016). Davon sind bei vier Proben aus der Grossmatt AG die Konzentrationen grösser als der Prüfwert gemäss VBBö (150 mg/kg).

Tabelle 2: In den TWW gemessene Mittelwerte \pm SD für pH-Wert (H₂O), 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 ₂ O	Org Substanz %	Ton %	Schluff %	Kupfer (mg/kg)	total	Anzahl
Zelg	7.7 \pm 0.08	8.5 \pm 0.77	31	52	28	\pm 15.4	1
Grossmatt	7.6 \pm 0.05	7.4 \pm 3.41	33	40	230	\pm 19.8	4
Le Lanciau	7.6 \pm 0.10	5.5 \pm 1.26	23	27	21	\pm 3.4	0
Les Condémines	7.6 \pm 0.13	8.3 \pm 1.05	22	37	18	\pm 0.8	0
Les Auges	6.8 \pm 0.73	5.0 \pm 0.29	42	41	22	\pm 0.5	0
Hubil	7.6 \pm 0.00	7.7 \pm 0.31	25	44	26	\pm 4.0	0
Les Cleives	7.7 \pm 0.06	7.0 \pm 1.13	24	48	18	\pm 0.7	0
Les Planches	7.6 \pm 0.13	9.9 \pm 1.39	31	46	23	\pm 3.8	0
Le Signal	7.6 \pm 0.19	6.3 \pm 0.19	41	39	33	\pm 2.6	0

2.4 Lagerung

Für die spätere Analyse der PSM-Rückstände wurden die Mischproben gekühlt ins Büro transportiert und dort tiefgefroren. Nach Abschluss der Feldkampagne wurden alle Proben am 5. Mai zusammen auf einer Holzpalette 80x120 der Frigosuisse AG in Möhlin übergeben, wo sie bis zur Analyse der PSM-Rückstände, zusammen mit den Proben aus 2020, zwischengelagert werden.

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 und analog wie im Jahr 2020 durchgeführt.

3.2 Standorte und Beprobung

Von den zufällig ausgewählten Biotopen haben wir aufgrund von logistischen Überlegungen sechs ausgewählt und beprobt (Tabelle 3). Gemäss Konzept (Kohli et al. 2020) wurden je zwei Stillgewässer pro Risikoklasse gewählt. Da der Kanton Zürich im Januar eine restriktive Bewilligungspraxis zum Betreten von Naturschutzgebieten erlassen hat, mussten für die Beprobung im Jahr 2021 vorgesehene Zürcher Stillgewässer durch solche im Kanton Aargau ersetzt werden. Da zudem im Interkantonalen Labor SH (IKL) nicht genügend Kapazitäten vorhanden waren, wurden nur sechs anstatt der geplanten neun Stillgewässer beprobt.

Tabelle 3: Die sechs im Jahr 2021 beprobten Stillgewässer in Amphibienlaichgebieten und Flachmooren von nationaler Bedeutung.

Objekt Nr	Name	Gemeinde (Kanton)	Inventar	Risikoklasse
SG598	Arniger Witi	Gossau (SG)	IANB	klein
TG213	Bommer Weiher	Kemmental (TG)	IANB	klein
TG49	Hauptwiler Weiher	Hauptwil-Gottshaus (TG)	IANB	mittel
AG449	Oberschachen	Merenschwand (AG)	IANB	mittel
1521	Barchetsee	Neunforn (TG)	Flachmoor	hoch
309	Seematte/Hellsee	Aristau (AG)	Flachmoor	hoch

Von März bis November haben wir nach den Vorgaben des Interkantonale Labor SH (IKL) pro Standort neun Wasserproben genommen und gekühlt ins IKL gebracht, wo sie analysiert wurden. Die Beprobung der Stillgewässer war am 30. März, am 27. April, am 24. Mai, am 22. Juni, am 21. Juli, am 17. August, am 13. September, am 12. Oktober und am 8. November geplant. Damit die Proben rechtzeitig im IKL abgeliefert werden konnten, wurden im

März, im April und im Juli die beiden Standorte im Kanton Aargau, also Seematte / Hellsee und Oberschachen jeweils einen Tag früher beprobt. Die Proben im Mai wurden per Expresspost über Nacht ans IKL geschickt.

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 die jahreszeitlichen Unterschiede, aber auch den Ablauf der Probenahme vom Morgengrauen bis zum späteren Nachmittag. Die hohe Maximaltemperatur und die grosse Streuung der Leitfähigkeit im Biotop «Seematte / Hellsee» deuten darauf hin, dass es weniger stark vom Grundwasser beeinflusst ist als die anderen Stillgewässer.

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
Arniger Witi	4	28	5.5	18.3	370	605	6.4	7.5
Bommer Weiher	8	28	7.6	22.1	455	560	6.5	8.0
Hauptwiler Weiher	6	28	7.3	24.0	396	766	6.9	8.3
Oberschachen	6	27	7.8	24.5	289	414	6.2	7.6
Barchetsee	8	28	7.9	24.2	460	738	6.5	7.5
Seematte/Hellsee	5	27	7.3	29.2	158	390	6.5	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 130 Substanzen gesucht (2020 waren es 121), davon 96 PSM (Tabelle 5, Anhang).

Tabelle 5: Anzahl der 2021 analysierten Wirkstoffe und Metabolite je Wirkstoffklasse sowie die weiteren erfassten, aber nicht ausgewerteten Wirkstoffe.

Pflanzenschutzmittel	Wirkstoffe	Metabolite
Fungizide	17	4
Herbizide	32	17
Insektizide	25	1
	74	22
Weitere Wirkstoffe		
Biozid / Repellent	2	
Pyrethroide zusätzlich	10	
Arzneimittel	19	
Süssstoff	1	
Komplexbildner	2	

Der in Mückenspray verwendete Repellent DEET sowie das in der Schweiz nicht verkaufte Biozid Dinoseb wurden zwar erfasst, aber hier nicht ausgewertet. Ebenfalls nicht ausgewertet wurden zehn Pyrethroide, die 2021 neu ins Messprogramm aufgenommen wurden. Dies wurde in Absprache mit dem IKL beschlossen, weil die Proben zum Teil nicht mit Sicherheit quantifiziert werden konnten, drei PSM nie nachgewiesen wurden und eine ökologische Beurteilung oft nicht möglich wäre, weil keine Qualitätskriterien vorliegen. Die Messwerte werden jedoch diskutiert und finden sich im Anhang.

3.5 Resultate

Von den 96 gesuchten PSM (inklusive Metaboliten) wurden 40 mindestens einmal festgestellt, dies entspricht 41% (Tabelle 6). An allen sechs Standorten festgestellt wurde Cyfluthrin und Cypermethrin gefolgt von Deltamethrin, Etofenprox und Metolachlor-ESA (je fünf Standorte), Chloridazon, Chloridazon-desphenyl, Chloridazon-methyl-desphenyl, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, lambda-Cyhalothrin und Permethrin (je vier Standorte), drei weitere Substanzen an je drei Standorten (Nicosulfuron, Metolachlor CGA 368208, Metolachlor NOA 413173).

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

Substanz	Klasse	Arniger Witi	Bommer Weiher	Hauptwiler Weiher	Ober- schachen	Barchet- see	Seematte Hellsee
Azoxystrobinsäure	F-M		x				
Bentazon	H		x				
Bifenthrin	I		x	x			
Chloridazon	H		x	x	x	x	
Chloridazon-desphenyl	H-M		x	x		x	x
Chloridazon-methyl-desphenyl	H-M		x	x		x	x
Chlorothalonil Metabolit R417888	F-M		x				
Chlorothalonil Metabolit R471811	F-M		x				
Chlorpyrifos	I		x	x	x		x
Chlorpyrifos-methyl	I	x	x	x			x
Cyfluthrin	I	x	x	x	x	x	x
Cypermethrin	I	x	x	x	x	x	x
Deltamethrin	I	x	x	x		x	x
Dimethachlor CGA 369873	H-M		x				x
Dimethachlor-ESA	H-M		x				
Dimethenamid	H		x				x
Dimethenamid-ESA	H-M	x	x				
Ethofumesat	H		x				
Etofenprox	I	x	x	x	x	x	
Fluopyram	F		x				
lambda-Cyhalothrin	I		x	x		x	x
MCPA	H		x				
Mecoprop	H		x				
Metazachlor	H		x				
Metazachlor ESA	H-M		x				x
Metolachlor	H		x			x	
Metolachlor CGA 368208	H-M		x			x	x
Metolachlor NOA 413173	H-M		x			x	x
Metolachlor-ESA	H-M		x	x	x	x	x
Metolachlor-OXA	H-M		x			x	
Metribuzin	H		x				
Nicosulfuron	H	x	x			x	
Nicosulfuron AUSN	H-M					x	
Permethrin	I		x	x	x	x	
Propachlor-ESA	H-M					x	
Tefluthrin	I		x	x			
Terbuthylazin	H		x			x	
Terbuthylazin CGA 324007	H-M		x			x	
Terbuthylazin CSCD 648241	H-M		x	x			
Thiamethoxam	I		x				
Herbizide und -Metaboliten	25	2	23	4	2	13	8
Fungizide und -Metaboliten	4	0	4	0	0	0	0
Insektizide und -Metaboliten	11	5	11	10	5	6	6
PSM gesamt	40	7	38	14	7	19	14

In allen sechs Stillgewässern wurden PSM festgestellt, ungeachtet der vorgängig von Kohli et al. (2020) definierten Risikoklassen. Die Anzahl reichte von sieben bis 38 PSM. In zwei Biotopen wurden 19 oder mehr verschiedene PSM gemessen (Abbildung 1).

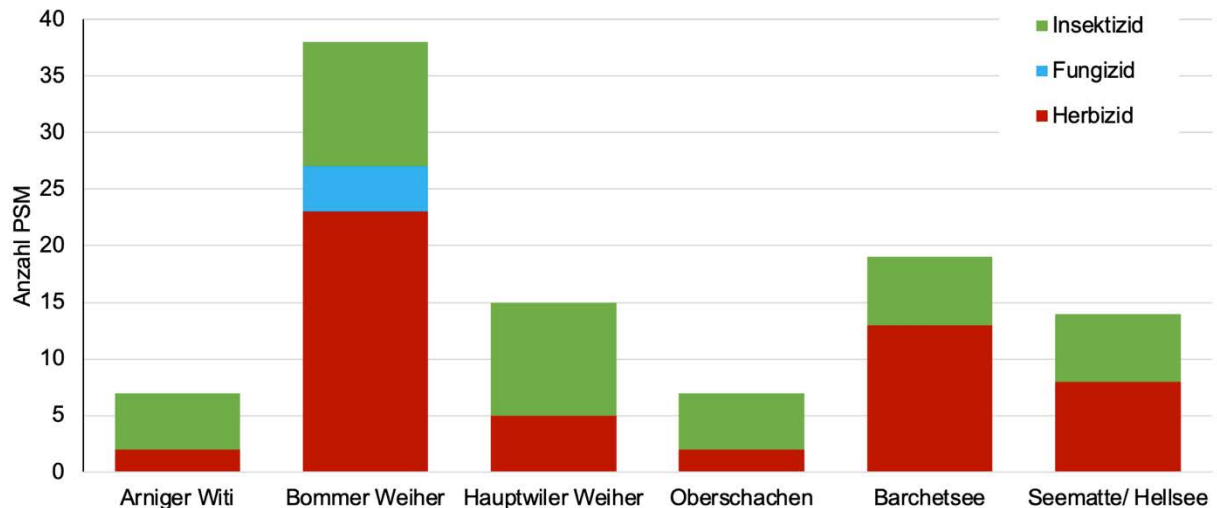


Abbildung 1: Anzahl PSM (Wirkstoffe und Metabolite) gemessen in den Schöpfproben in den sechs untersuchten Stillgewässern, aufgeteilt nach Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden. Von links nach rechts je zwei Stillgewässer mit kleinem, mittlerem und hohem Risiko nach Kohli et al.(2020).

In fünf 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)

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 Januar 2021).

Überschreitungen des allgemeinen numerischen Anforderungswerts der GSchV wurde beim Herbizid Dimethenamid gemessen. Zudem wurden die spezifischen Anforderungswerte der GSchV beim Insektizid Cypermethrin sieben Mal überschritten, gefolgt von den Herbiziden Nicosulfuron (drei Mal) und Thiamethoxam (zwei Mal) und Metazachlor (je einmal) sowie dem Insektizid Chlorpyrifos (einmal).

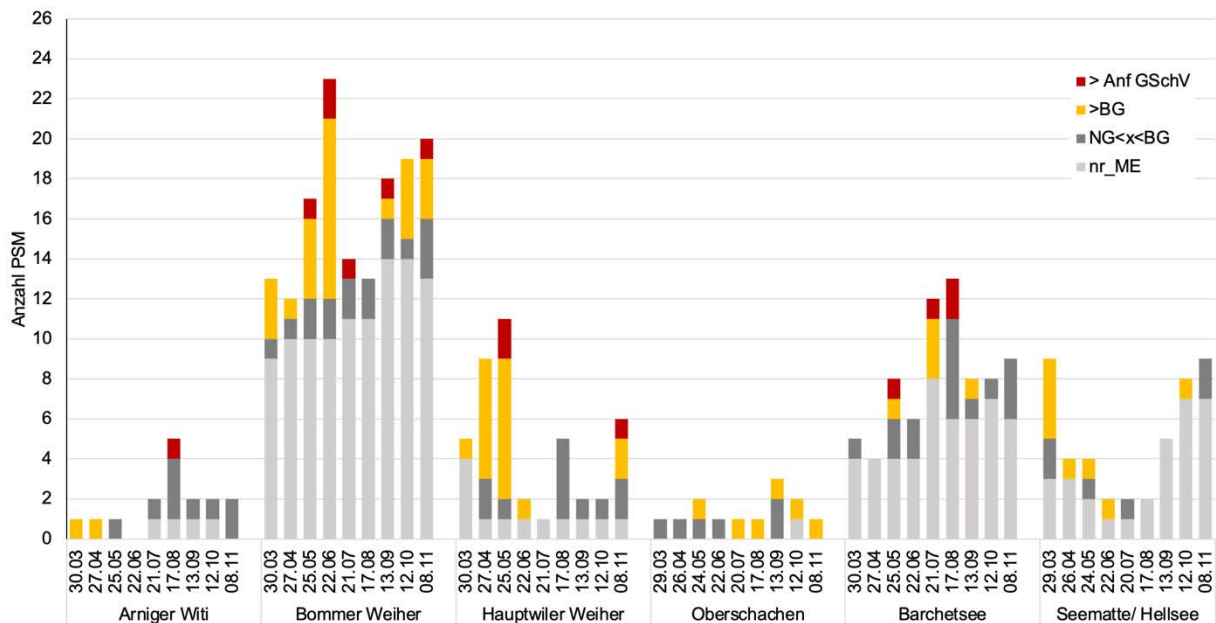


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Anzahl PSM-Nachweise in den sechs untersuchten Biotopen, aufgeteilt nach rechtlicher Relevanz der Konzentrationen. Unterschieden werden Konzentrationen über der numerischen Anforderung der Gewässerschutzverordnung (> Anf GSchV, rot), über der Bestimmungsgrenze (> BG, gelb), Spuren (NG<x<BG, dunkelgrau) und als nicht relevant eingestufte Metabolite (nr_ME, hellgrau). Die Relevanz von Pflanzenschutzmittel-Metaboliten im Grund- und Trinkwasser wurde von der Einschätzung des BLW vom Januar 2021 übernommen. Von links nach rechts je zwei Stillgewässer mit kleinem, mittlerem und hohem Risiko nach Kohli et al. (2020).

Der grösste Anteil mit 59 Prozent der 339 erfassten Wirkstoffbefunde sind jedoch nicht relevante Metabolite (BLW und BLV 2021). Bei weiteren 63 Messungen wurden Spuren gefunden, das heisst die Konzentrationen liegen zwischen Nachweis- und Bestimmungsgrenze (19%).

Zusätzlich zum Vergleich der gemessenen Konzentrationen mit den gesetzlichen Anforderungen ist für das PSM-Monitoring in Biotopen der Vergleich mit weiteren ökologischen Qualitätskriterien wichtig. Mit den chronischen Qualitätskriterien (CQK), die für ein Monitoring der Gewässerqualität empfohlen werden, können Belastungen über einen längeren Zeitraum beurteilt werden (Oekotoxzentrum 2021).

Qualitätskriterien finden sich für 19 Substanzen in der GSchV, weitere Vorschläge für akute und chronische Qualitätskriterien wurden vom Oekotoxzentrum (2021) 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 weniger gut untermauerte ad-hoc-Werte.

Insgesamt lagen 22 Konzentrationen über den CQK, wovon sechs auf Cypermethrin, fünf auf lambda-Cyhalothrin, drei auf Nicosulfuron, zwei auf Tefluthrin, je eine auf Chlorpyrifos, Metazachlor, Thiamethoxam, Permethrin, Bifenthrin und auf Cyfluthrin und fielen. Zudem wurden auch die akuten Qualitätskriterien (AQK) überschritten, nämlich vier Mal bei Deltamethrin und je einmal bei Cypermethrin und lambda-Cyhalothrin (Abbildung 3).

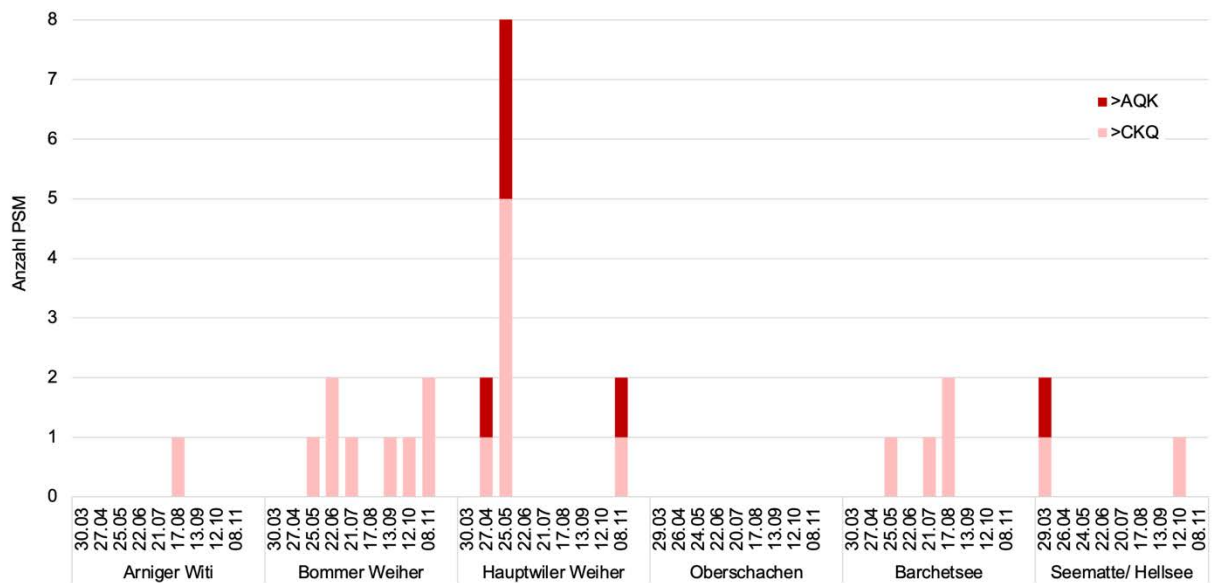


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf der Anzahl PSM-Nachweise in den sechs untersuchten Biotopen, aufgeteilt nach ökologischer Relevanz der Konzentrationen. Unterschieden werden Konzentrationen über den chronischen Qualitätskriterien (CKQ) und über den akuten Qualitätskriterien (AQK). Von links nach rechts je zwei Stillgewässer mit kleinem, mittlerem und hohem Risiko (Kohli et al. 2020).

Die chronischen Qualitätskriterien gemäss GSchV von Cypermethrin wurden um das 25-fache, die von Nicosulfuron um das 8-fache, die von Chlorpyrifos um das Zweifache überschritten. Bei Metazachlor und Thiamethoxam lagen die Messwerte nur wenig über den CQK der GSchV (Tabelle 7). Bei Cypermethrin wurde auch das akute Qualitätskriterium gemäss GSchV um knapp das Zweifache überschritten.

Ebenfalls überschritten wurden vom Oekotoxzentrum (2021) vorgeschlagene chronischen Qualitätskriterien von Deltamethrin (1180-fach), von lambda-Cyhalothrin (18-fach) und von Permethrin je (5-fach). Die von Rösch et al. (2019) vorgeschlagenen Qualitätskriterien wurden von Cyfluthrin (60-fach), von Tefluthrin (27-fach) und von Bifenthrin (5-fach) überschritten.

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 mindestens einem der Qualitätskriterien sind hervorgehoben. Alle Messwerte sind im Anhang zu finden.

	CQK [ng/L]	AQK [ng/L]	Arniger Witi	Bommer Weiher	Hauptwiler Weiher	Ober- schachen	Barchet- see	Seematte Hellsee
GSchV								
Chlorpyrifos	0.46	4.4		0.043	1.0	0.074		0.03
Cypermethrin	0.03	0.44	0.037	0.23	0.75	<0.03	0.039	<0.03
MCPA	660	6400		54				
Metazachlor	20	280		26				
Metolachlor	690	3300		190			110	
Metribuzin	58	870		38				
Nicosulfuron	8.7	230	<8	12			66	
Terbuthylazin	220	1300		<40			210	
Thiamethoxam	42	1400		54				
Oekotoxzentrum 2021								
Bentazon	270'000	470'000		23				
Chloridazon	10'000	190'000		<15	<15	<15	17	
Chloridazon-desphenyl	250'000	A		700	29		310	<17
Chloridazon-methyl- desphenyl	37'000	3'700'000		330	<21		150	<21
Chlorpyrifos-methyl	1	7.3	0.04	<0.03	0.85			0.07
Deltamethrin	0.0017	0.017	<0.05	<0.05	2.0		<0.05	0.06
Ethofumesat	3100	260'000		59				
Fluopyram	1400	2500		<14				
lambda-Cyhalothrin	0.022	0.19		0.15	0.4		<0.02	0.05
Mecoprop	3600	190'000		<50				
Permethrin	0.27	3.1		0.14	1.3	<0.1	0.15	
Rösch et al. 2019								
Bifenthrin	0.095	11		0.04	0.45			
Cyfluthrin	0.2	–	<0.03	0.074	12	0.031	0.032	0.11
Tefluthrin	0.016	–		<0.03	0.43			

A nicht bewertbar

Auswirkung der Messungen in der zweiten Jahreshälfte

Im Gegensatz zur Messkampagne im Vorjahr wurde 2021 auch in den Monaten August bis November gemessen. In den vier zusätzlichen Messungen wurden in allen sechs Stillgewässern PSM gemessen (Abbildung 2, Tabelle 8).

Tabelle 8: Anzahl PSM und Anzahl Nachweise in den sechs untersuchten Biotopen, aufgeteilt nach rechtlicher Relevanz der Konzentrationen. Unterschieden werden als nicht relevant eingestufte Metaboliten (nr_ME), Spuren (NG<x<BG), Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze (> BG) und über der numerischen Anforderung der Gewässerschutzverordnung (> Anf GSchV) aufgeteilt nach Messungen im Frühjahr (F, März bis Juli, n=5) und Herbst (H, August bis November, n=4).

Biotop	Anzahl PSM		Anz Nachweise		nr_ME		NG<x<BG		>BG		> Anf GSchV	
	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
Arniger Witi	4	5	5	11	1	3	2	7	2	0	0	1
Bommer Weiher	29	28	79	70	50	52	8	8	17	9	4	1
Hauptwiler Weiher	14	7	28	15	8	4	3	8	15	2	2	1
Oberschachen	4	4	6	7	0	1	4	2	2	4	0	0
Barchetsee	16	16	35	38	24	25	5	10	4	3	2	0
Seematte/Hellsee	11	9	21	24	10	21	4	2	7	1	0	0
Total	78	69	174	165	93	106	26	37	47	16	8	6
Anteil Herbst %		47		49		53		59		25		43
Mittelwert / Woche	15.6	13.8	34.8	41.3	18.6	26.5	5.2	9.3	9.4	4.0	1.6	1.6

Nur im Herbst wurden Fungizide gemessen: Fluopyram und zwei Metabolite (Azoxystrobin-säure und Chlorothalonil Metabolit R417888). Ebenfalls nur im Herbst wurden die Herbizide Chloridazon, MCPA, Mecoprop und Metazachlor sowie der Metabolit Propachlor-ESA gemessen.

4 Vorläufige Auswertungen

Das Konzept für das PSM-Monitoring fokussiert auf Einzugsgebiete mit Acker-, Obst- oder Rebbau in der Tal- und Hügelzone (Kohli et al. 2020). Für Biotope in diesen Einzugsgebieten wurde anhand von neun Kriterien ein potenzielles Risiko definiert, dass PSM in Biotopen nachgewiesen werden können. Anschliessend wurden die Risiken in drei Klassen (klein, mittel und hoch) eingeteilt. Von den Teilflächen wurden insgesamt 96 zufällig, jedoch gleichmässig über Eintragspfade und Risikoklassen verteilt, ausgewählt. Davon sind 30 Teilflächen aus Biotopen mit Haupteintragspfad Wasser, die mit Proben aus Stillgewässern untersucht werden. 66 der ausgewählten Teilflächen sind aus Biotopen mit Haupteintragspfad Luft und sollen entweder mit Hilfe von Luft-Passivsammlern (n=36) oder Bodenproben (n=30) überprüft werden.

Bisher wurden erst in 40% der vorgesehenen Stillgewässer 96 PSM analysiert. Gleichzeitig wurden zwar relativ viele Bodenproben (70%) gestochen, hier wurde aber erst der Kupfergehalt gemessen. Die nachfolgenden Auswertungen sollen einen ersten Eindruck geben. Da es sich um einen ersten kleinen Teil der geplanten Gesamtstichprobe handelt, müssen diese ersten Resultate mit der nötigen Vorsicht interpretiert werden.

4.1 Pflanzenschutzmittel im Boden

Gemäss Konzept soll der PSM-Eintrag über die Luft in den Böden von 30 Trockenwiesen und -weiden TWW untersucht werden (Kohli et al. 2020). Bisher wurden insgesamt 21, das heisst je sieben pro Risikoklasse, beprobt. In jedem Biotop wurden vier Bodenproben gestochen (Kupfer und bodenphysikalische Parameter wurden nicht in den Mischproben für die PSM-Analytik gemessen).

Von den 84 Kupfer-Messungen lagen 14 (16%) über dem Richtwert von 40 mg/kg. Davon lagen sechs (7%) sogar über dem Prüfwert von 150 mg/kg gemäss VBBo (Verordnung über Belastungen des Bodens (SR 814.12) vom 1. Juli 1998, Stand am 12. April 2016).

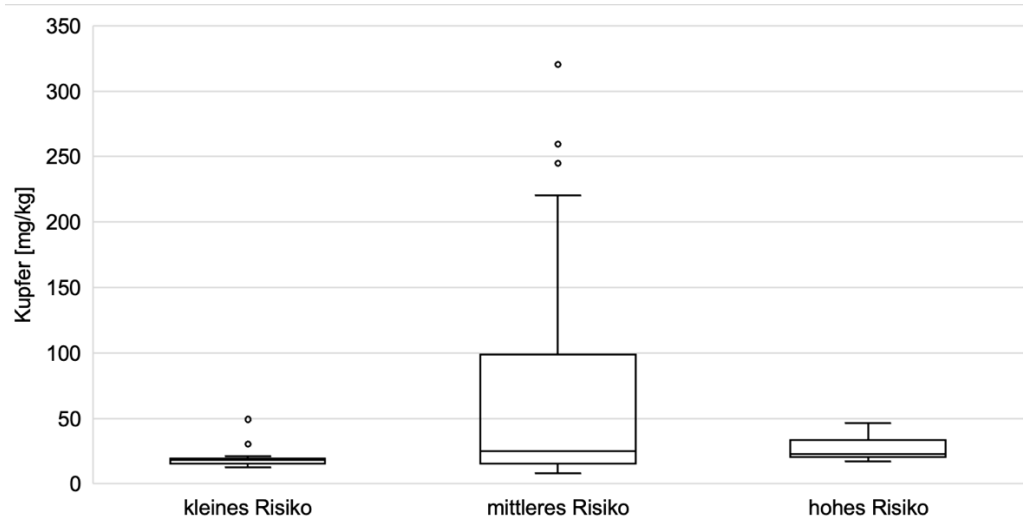


Abbildung 4: Verteilung der Kupferkonzentrationen (mg/kg Totalgehalt), aufgeteilt nach den von Kohli et al. (2020) definierten Risikoklassen. Je Risikoklasse 28 Bodenproben von je 7 TWW. Die Box umfasst 50% der Daten, die Whisker die 1,5-fache Boxhöhe und Ausreisser sind als Kreise dargestellt.

In sechs der bisher beprobten 21 TWW wurden Kupferkonzentrationen über dem Richtwert von 40 mg/kg gemäss VBBo gefunden. Dies entspricht einem Anteil von 29 Prozent. In den drei Risikoklassen sind die Mediane der Kupferkonzentration ähnlich tief (Tabelle 9). Bei 13 Messungen liegen die Konzentrationen über dem Richtwert nach VBBo, davon sind bei sechs die Konzentrationen grösser als 150 mg/kg (Prüfwert), was sich im hohen Mittelwert, der über dem Richtwert liegt, niederschlägt.

Tabelle 9: Im Boden der TWW gemessene Mittelwerte \pm 95%-Vertrauensintervalle und Mediane für Kupfer (mg/kg Totalgehalt), aufgeteilt nach Risikoklassen (Kohli et al. 2020) mit je 28 Proben. «Anzahl» gibt die Anzahl Proben mit Kupferkonzentrationen über dem Richtwert an, «Max» die höchste gemessene Konzentration.

Risiko	Mittelwert	95%-VI	Median	Anzahl	Max
Klein	19	\pm 3	18	1	49
Mittel	79	\pm 37	25	11	321
Hoch	26	\pm 3	22	2	46
Total	41	\pm 24	21	14	321

Da die Methode für die Extraktion und Analyse der PSM-Rückstände im Boden noch in Erarbeitung ist, liegen hierzu noch keine Resultate vor. Die Bodenproben aus 2020 und 2021 werden gefroren gelagert, für eine Interpretation der PSM-Belastung wäre eine baldige Analyse vorteilhaft.

4.2 Pflanzenschutzmittel in Stillgewässern

Gemäss Konzept soll der PSM-Eintrag über das Wasser in 30 Stillgewässern von Amphibienlaichgebieten und Flachmooren untersucht werden (Kohli et al. 2020). Bisher wurden insgesamt 12 (40%), das heisst je vier pro Risikoklasse beprobt.

Um die beiden Jahre miteinander vergleichen zu können, wurden von 2021 nur die Resultate der Monate März bis Juli verwendet und die Relevanz aller Metabolite nach Stand vom Januar 2021 beurteilt. Dies führt dazu, dass die Resultate sowohl von den Ergebnissen von Kohli et al. (2021) wie auch von den Resultaten im vorhergehenden Kapitel abweichen (siehe Tabelle 8). Momentan können Daten aus 2020 und 2021 sowohl gegenübergestellt (Abbildung 5) und zusammen betrachtet werden (Abbildung 6).

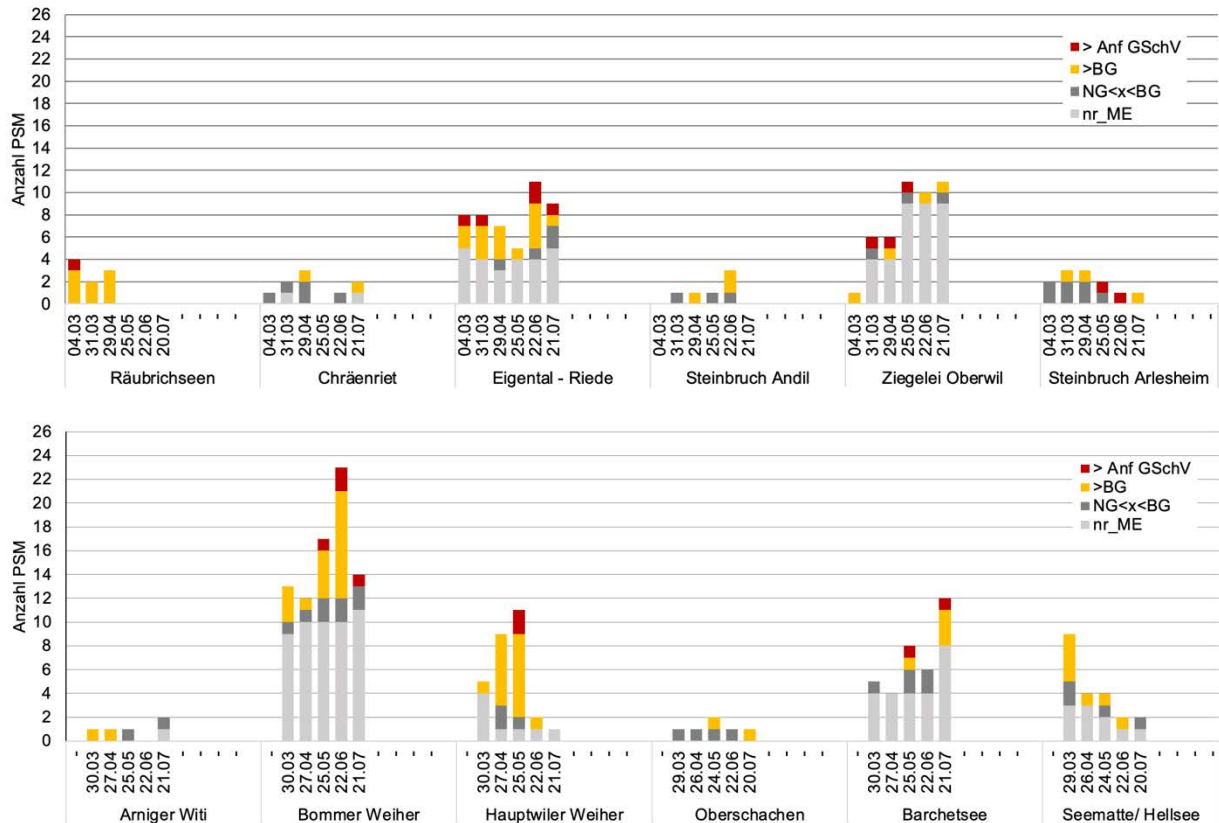


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf der Anzahl PSM-Nachweise in den 2020 (oben) und 2021 (unten) untersuchten Biotopen, aufgeteilt nach rechtlicher Relevanz der Konzentrationen. Unterschieden werden Konzentrationen über der numerischen Anforderung der Gewässerschutzverordnung (> Anf GSchV, rot), über der Bestimmungsgrenze (> BG, gelb), Spuren (NG<x<BG, dunkelgrau) und als nicht relevant eingestufte Metabolite (nr_ME, hellgrau). Die Relevanz von Pflanzenschutzmittel-Metaboliten im Grund- und Trinkwasser wurde von der Einschätzung des BLW vom Januar 2021 übernommen.

In allen Stillgewässern wurden PSM gemessen, die Anzahl lag zwischen vier und 29 PSM (Abbildung 5). Viele Befunde betreffen Metabolite (hellgrau in Abbildung 5), aber in allen Stillgewässern wurden Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze gefunden, und zwar zwischen einer und neun Substanzen (gelb in Abbildung 5, Tabelle 10). In sieben Biotopen wurde auch die Anforderungen gemäss GSchV überschritten (rot in Abbildung 5). Die Anforderungen gemäss GSchV werden weniger oft überschritten, Gegenüber dem Bericht von Kohli et al. (2021) hat die Anzahl der «nicht relevanten Metabolite» zu- und die Anzahl der «Überschreitungen der Anforderungen gemäss GSchV» abgenommen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die hohen Konzentrationen von Chlorothalonil-Metaboliten rückwirkend als «nicht relevant» eingestuft wurden (BLW und BLV 2021).

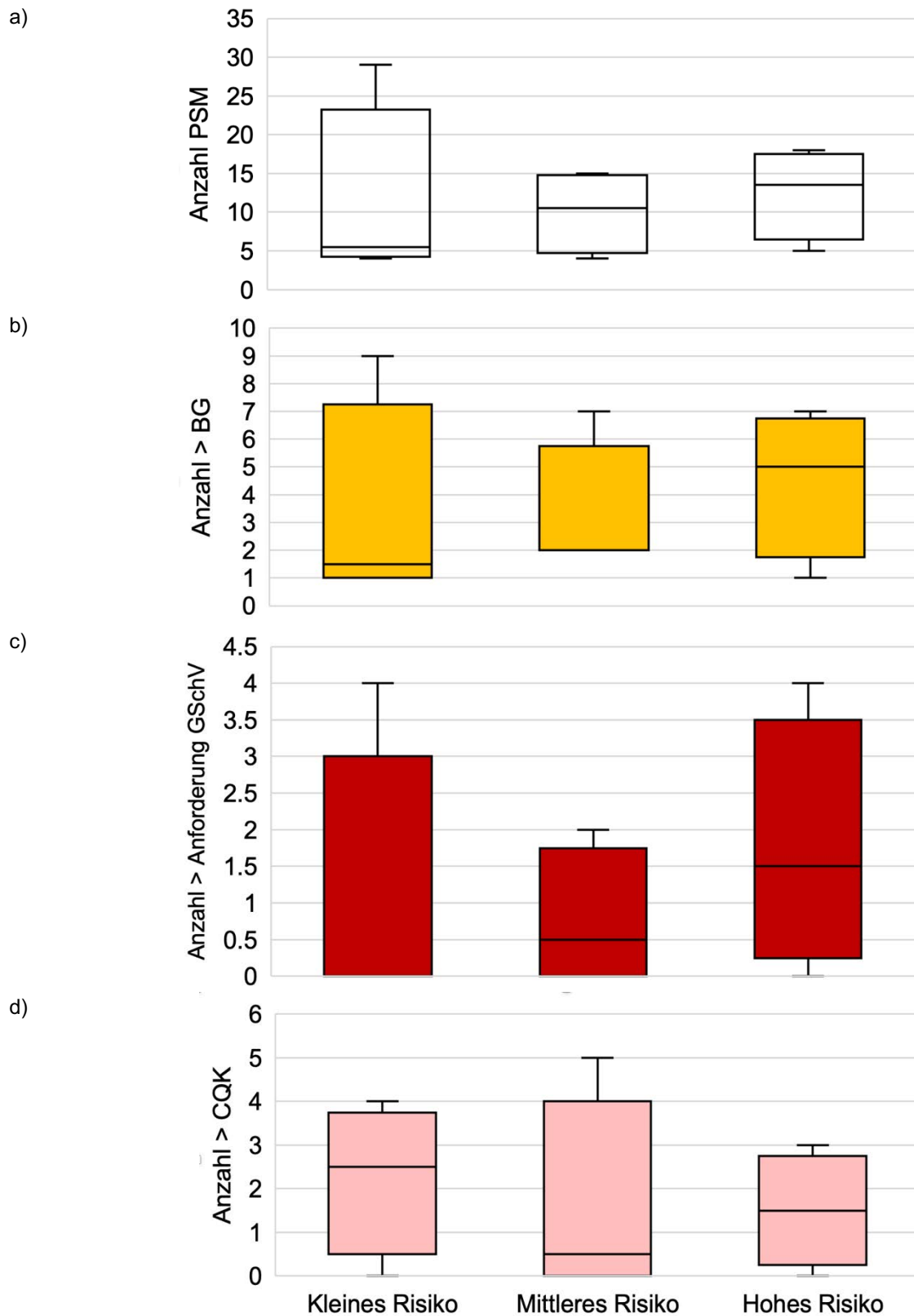


Abbildung 6: Anzahl PSM insgesamt a), über der Bestimmungsgrenze b), über den numerischen Anforderungswerten der GSchV c) und über den chronischen Qualitätskriterien d), aufgeteilt nach den drei Risikokategorien gemäss Kohli et al. (2020). Die Box umfasst 50% der Daten, die Whisker die 1,5-fache Boxhöhe.

Ungeachtet der Risikoklasse (Kohli et al. 2020) wurden in allen Stillgewässern PSM gemessen. In Stillgewässern mit kleinem Risiko lag der Median bei 5.5 PSM, bei mittlerem Risiko bei 10.5 PSM und bei hohem Risiko bei 13.5 PSM (Abbildung 6a). In drei der vier Stillgewässer mit kleinem Risiko wurden 4–6 PSM gefunden, in einem jedoch die maximale Anzahl von 29 PSM. Daher stammt der grosse Vertrauensbereich in Tabelle 10. Ebenfalls in allen Stillgewässern wurden Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze gefunden, und zwar zwischen einer und neun Substanzen (Tabelle 10). In Stillgewässern mit kleinem Risiko lag der Median bei 1.5 PSM, bei mittlerem Risiko bei 2 PSM und bei hohem Risiko bei 5 PSM (Abbildung 6b;).

Die Werte zur Überschreitung der numerischen Anforderungswerte der GSchV in Abbildung 6c stammen von einem Stillgewässer mit kleinem Risiko, zwei mit mittlerem Risiko und drei mit hohem Risiko. Im Stillgewässer mit kleinem Risiko wurden vier PSM in so hohen Konzentrationen gemessen. In den beiden mit mittlerem Risiko waren es zwei PSM und in den drei Stillgewässern mit hohem Risiko vier PSM (Tabelle 10).

Tabelle 10: Durchschnittliche Anzahl PSM-Nachweise (Mittelwert \pm 95%-Vertrauensintervall), minimal und maximale Anzahl (Minimum, Maximum) und Anteil der Stillgewässer mit Nachweisen (Biotope %) in den zwölf untersuchten Biotopen, aufgeteilt nach rechtlicher Relevanz der Konzentrationen: Unterschieden werden Anzahl PSM, als nicht relevant eingestufte Metaboliten (Metaboliten), Spuren ($NG < x < BG$), Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze ($> BG$) und über der numerischen Anforderung der Gewässerschutzverordnung ($> Anf\ GSchV$). Dazu angegeben werden Konzentrationen über den chronischen Qualitätskriterien (CQK) und über den akuten Qualitätskriterien (AQK) für die drei Risikokategorien gemäss Kohli et al. (2020).

	Anzahl PSM	Metabolite	Spuren	> BG	> Anf GSchV	>CKQ	>AQK
Kleines Risiko							
MW \pm 95%-VI	11.0 \pm 19.1	3.3 \pm 9.3	2.3 \pm 2.7	3.3 \pm 6.1	1.0 \pm 3.2	2.25 \pm 2.7	0.25 \pm 0.8
Minimum	4	0	0	1	0	0	0
Maximum	29	12	4	9	4	4	1
Biotope %	100	75	75	100	50	75	25
Mittleres Risiko							
MW \pm 95%-VI	10.0 \pm 8.5	3.8 \pm 6.1	2.3 \pm 1.5	3.3 \pm 4.0	0.75 \pm 1.5	1.5 \pm 3.8	0.75 \pm 2.4
Minimum	4	0	1	2	0	0	0
Maximum	15	9	3	7	2	5	3
Anteil Biotope %	100	50	100	100	50	50	25
Hohes Risiko							
MW \pm 95%-VI	12.5 \pm 9.2	4.5 \pm 5.4	1.8 \pm 1.5	4.5 \pm 4.2	1.75 \pm 2.7	1.5 \pm 2.1	0.75 \pm 1.5
Minimum	5	0	1	1	0	0	0
Maximum	18	8	3	7	4	3	2
Biotope %	100	75	100	100	75	75	50

Auch die chronischen Qualitätskriterien wurden überschritten, bei mittlerem Risiko waren zwei Stillgewässer betroffen, in den beiden anderen Klassen je drei Stillgewässer.

5 Diskussion und Empfehlungen

Diskussion

In allen im Jahr 2021 untersuchten Stillgewässern wurden PSM nachgewiesen, in einigen wurden die Anforderungen der GSchV bis zu 25-fach überschritten. Die Anzahl reichte je nach Standort von sieben bis 38 PSM. In zwei Biotopen wurden mehr als 15 verschiedene PSM gemessen. Die Anzahl der erfassten PSM ($n = 96$) ist im Vergleich zu anderen Studien (Hoffmann 2020, Greenpeace 2020) klein. Zum einen hat das damit zu tun, dass «Altlasten» (DDT, Lindan) bewusst nicht gemessen wurden. Es wurden weniger PSM erfasst und tiefere Konzentrationen gemessen als in kleinen Fliessgewässern (Doppler et al. 2017, Langer et al. 2017, Junghans et al. 2019). Dies war wegen der unterschiedlichen Frequenz der Probenahme (Doppler et al. 2017: alle 45 Minuten; diese Studie: alle 30 Tage) zu erwarten. Mit nur einer Schöpfprobe pro Monat werden Spitzenbelastungen eher verpasst.

Prinzipiell werden in Stillgewässern mit höherem Risiko mehr PSM nachgewiesen (Abbildung 6a). Aber in diesem Jahr fällt der «Bommer Weiher» mit der durchgehend grossen Anzahl an PSM auf, obwohl das Biotop mit kleinem Risiko bewertet wurde. Das IANB wurde bei der Auswahl der Stichprobe in drei Teileinzugsgebiete unterteilt, wovon zwei mit hohem und eines mit kleinem Risiko bewertet wurden. Eine vertikale Durchmischung des Weihers ist durchaus denkbar. Vielleicht werden aber in das beprobte Teileinzugsgebiet ebenfalls viele PSM eingetragen. Im Bommer Weiher befindet sich ein Biberrevier und ein Ausstieg befand sich bei der Beprobungsstelle. Wenn Biber das Sediment aufwirbeln, werden möglicherweise PSM wieder freigesetzt.

Von den erfassten, aber nicht ausgewerteten PSM wurde Dinoseb (in Schweiz nicht im Handel) nie nachgewiesen, DEET (Mückenrepellent) zwei Mal unter der Nachweisgrenze. Die Pyrethroide Cyphenothrin, Fenprothrin und Prallethrin wurde nie nachgewiesen, bei Allethrin und Phenothrin konnten die Substanzen nicht mit Sicherheit quantifiziert werden (siehe Anhang). Acrinathrin und Empenthrin wurden über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen, es gibt aber keine CQK. Fenvalerat wurden in allen Stillgewässern, ausser Oberschachen, nachgewiesen. Im Hauptwiler Weiher wurde das CQK von Rösch et al. (2019) um das 2.6-fache, im Bommer Weiher um das 1,4-fache überschritten. Empenthrin wurde sogar in unglaublich hohen Konzentrationen, vor allem im Hauptwiler Weiher, gemessen. Die Resultate wurden mehrmals überprüft, die Analyse scheint korrekt zu sein. Empenthrin wurde vom IKL noch nie in Fliessgewässern gemessen und auch Rösch et al. (2019) wiesen die Substanz nicht nach. In Weihern im Kanton Schaffhausen wurde die Substanz jedoch ebenfalls gemessen (Ch. Moschet mündl.) Möglicherweise handelt es sich um das Abbauprodukt einer natürlichen Substanz die sich im GC/MS nicht vom Signal des PSM unterscheiden lässt (Ch. Moschet mündl.).

Die Schweiz erlebte den kältesten Frühling seit über 30 Jahren. Nach einem leicht überdurchschnittlichen März kam die Kälte in den Monaten April und Mai. Die Temperatur in den tieferen Lagen der Nordschweiz lag im April um 2 bis 3 Grad unter der Norm 1981-2010. Auch der Mai zeichnete sich durch tiefe Temperaturen und weit überdurchschnittliche Niederschläge aus. Bis am 27. Mai regnete es vielerorts fast an jedem Tag. Zudem zogen mehrere verheerende Hagelunwetter über die Schweiz. In der Nordostschweiz war der Sommer 2021 mit lokal über 160 Prozent der Norm 1981–2010 einer der nassesten in den langjährigen Aufzeichnungen, im Herbst wurden hingegen am wenigsten Niederschläge seit 150 Jahren verzeichnet (Abbildung 7).

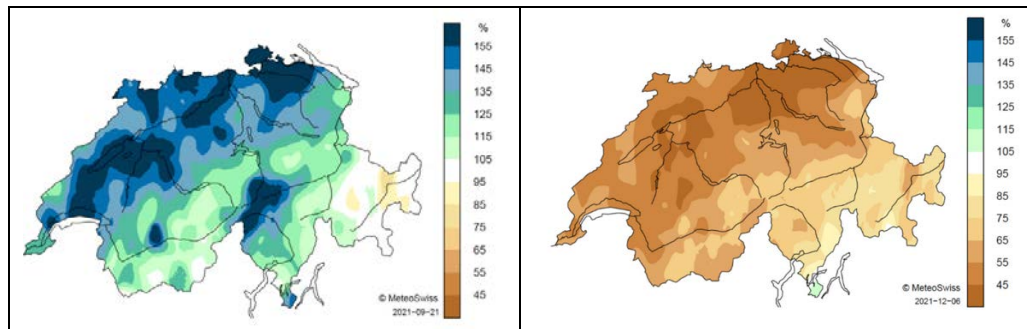


Abbildung 7: Räumliche Verteilung der Niederschlagssummen im Sommer (links) und im Herbst (rechts) 2021. Dargestellt sind die Niederschlagssummen in Prozent der Norm 1981–2010. Quelle: MeteoSwiss.

Diese schwierigen Witterungsverhältnisse waren für die Landwirtschaft sehr herausfordernd und haben zu grossen Ernteaufällen geführt: Bei den Kartoffeln rechnet man mit Ertrags-einbussen von 15–30% bei konventionellen und 60–80% bei Biokartoffeln. Auch beim Getreide war die Ernte deutlich kleiner als im Vorjahr: Bei Brotweizen minus 30%, bei Dinkel minus 24% und bei Roggen sogar minus 55% (www.agroswiss.ch).

Die vielen Niederschläge und die Hagelunwetter haben sich wahrscheinlich auf den PSM-Einsatz und die gemessenen Wirkstoffe und Konzentrationen ausgewirkt. Höhere PSM-Belastungen wären möglich, falls häufiger PSM eingesetzt wurden oder wenn mehr PSM abgeschwemmt oder ausgewaschen wurden. Andererseits war der PSM-Einsatz in verschiedenen Kulturen entweder nicht möglich oder nicht mehr lohnend, was zu geringeren PSM-Belastungen führen würde. Es ist unklar, welche Effekte an welchem Standort überwiegen oder ob sie sich aufgewogen haben. Sicher muss man sich aber fragen, ob die 2021 gemessenen PSM-Belastungen repräsentativ für die beprobten Standorte sind.

Auch im Herbst wurden in allen beprobten Stillgewässern PSM gemessen. Acht PSM wurden ausschliesslich im Herbst gemessen, was 20 Prozent der gefundenen PSM entspricht. Die gemessenen Werte im Spätherbst zeigen zwar, dass auch im Oktober und November PSM in Biotop gelangen, die Befunde aus Frankreich mit höheren Konzentrationen von Herbiziden im Spätherbst (Marliere et al. 2020) konnte jedoch nicht bestätigt werden.

In einer vorläufigen Analyse wurden die Befunde der in den Jahren 2020 und 2021 beprobten 12 Stillgewässer ausgewertet. Dafür wurden von 2021 nur die Messungen von März bis Juli berücksichtigt und die 2020 gemessenen Chlorothalonil-Metabolite rückwirkend gemäss der Einstufung von 2021 als «nicht relevant» eingestuft. In allen Biotopen wurden PSM gemessen. Im Durchschnitt waren es elf, maximal 29 PSM. In der Hälfte der Stillgewässer wurden, bei total 14 PSM, auch die numerischen Anforderungswerte der GSchV überschritten. Sollten die Metaboliten von Chlorothalonil doch relevant sein, würden in denselben Stillgewässern noch vier Überschreitungen vom Metabolit R471811 dazukommen. In zwei Dritteln der Stillgewässer wurden chronische, bei einem Drittel auch akute Qualitätskriterien überschritten. Die CQK waren bei 21, die AQK bei sieben PSM überschritten.

Die vorläufige Auswertung zeigt, dass in knapp einem Drittel der TWW Kupferkonzentrationen über dem Richtwert von 40 mg/kg gemäss VBBo gefunden wurden. Dies erstaunt nicht, wenn man bedenkt, dass zum Beispiel die TWW «Grossmatt» früher als Rebberg bewirtschaftet wurde. Dass mehr als doppelt so viele Flächen wegen dem ehemaligen Weinbau stark mit Kupfer belastet sind, als die Rebfläche vermuten liesse, wurde schon von Studer et al. (1995) hervorgehoben.

Bisher liegen noch keine Resultate von organischen PSM im Boden vor. Die Studie von Silva et al. (2019) hat gezeigt, dass in Mittel- und Nordeuropa viele Böden mit mehreren PSM

belastet sind. Auch in biologisch bewirtschafteten Böden und Heckensäumen wurden PSM nachgewiesen (Riedo et al. 2021, Geissen et al. 2021, Pelosi et al. 2021). Es scheint deshalb wahrscheinlich, dass es in den Böden der TWW ebenfalls organische PSM hat.

Empfehlungen

Auf Grund der Erkenntnisse aus den letzten zwei Jahren geben wir für das PSM-Monitoring in Biotopen nach Artikel 18a NHG die folgenden Empfehlungen ab:

- PSM sollten weiterhin auch in der zweiten Jahreshälfte gemessen werden.
- 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, damit Engpässe wie im Jahr 2021 in Zukunft vermieden werden können.
- Speziell bei den Bodenproben ist zu beachten, dass sie (wie von Beginn weg vorgesehen) nach wie vor gelagert und noch nicht analysiert wurden. Bis Ende 2022 wurde die Lagerung im Kühlhaus bezahlt. Falls die Proben erst später analysiert werden können, ist die Lagerung über 2022 hinaus rechtzeitig zu regeln. Unabhängig vom Zeitpunkt muss auch die Aufbereitung der Proben durch ein privates Labor noch organisiert werden.
- Bisher liegen erst vorläufige Ergebnisse vor und für fundierte Resultate sollten die restlichen Biotope gemäss Konzept noch beprobt werden.

6 Literatur

BLW und BLV (2021): Relevanz von Pflanzenschutzmittel-Metaboliten im Grund- und Trinkwasser. www.blw.admin.ch/dam/blw/de/dokumente/Nachhaltige%20Produktion/Pflanzenschutz/Pflanzenschutzmittel/Nachhaltige%20Anwendung%20und%20Risikoreduktion/Schutz%20des%20Grundwassers/listen_metaboliten_dezember_2020.pdf.download.pdf/Relevanz%20von%20Pflanzenschutzmittel-Metaboliten%20im%20Grund-%20und%20Trinkwasser_202012.pdf (Zugriff am 27.01.2022).

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.

Geissen, V., Silva, V., Lwanga, E. H., Beriot, N., Oostindie, K., Bin, Z., ... & Ritsema, C. J. (2021). Cocktails of pesticide residues in conventional and organic farming systems in Europe—Legacy of the past and turning point for the future. *Environmental Pollution*, 278, 116827.

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

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.

Kohli, L., Martinez, N., Heer, N., Steiner, E. (2021). Monitoring von Pflanzenschutzmitteln in Biotopen nach Artikel 18a NHG. Rechenschaftsbericht 2020. Unveröffentlichter Bericht, 27 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.

MeteoSwiss (2021): Klimabulletin Jahr 2021. www.meteoschweiz.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/Ungebundene-Seiten/Publikationen/Klimabulletin/doc/2021_ANN_d.pdf (Zugriff am 4.02.2022).

Oekotoxzentrum (2021): Vorschläge für akute und chronische Qualitätskriterien für ausgewählte schweizrelevante Substanzen. www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxzentrum/ (Zugriff am 27.01.2022).

Pelosi, C., Bertrand, C., Daniele, G., Coeurdassier, M., Benoit, P., Néliu, S., ... & Fritsch, C. (2021). Residues of currently used pesticides in soils and earthworms: A silent threat?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 305, 107167. doi.org/10.1016/j.agee.2020.107167

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.

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.

Silva, V., Mol, H. G., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2019). Pesticide residues in European agricultural soils—A hidden reality unfolded. Science of the Total Environment, 653, 1532-1545.

Studer, K., Gsponer, R. und Desaulles, A. (1995). Erfassung und Ausmass der Flächenhaften Kupferbelastung in Rebbergböden der Schweiz. Schriftenreihe FAC Nr. 20. 55 S.

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

7 Anhang

Protokolle der Probenahme in TWW

Resultate der bodenphysikalischen Messungen

Fotodokumentation der Stillgewässer

Charakterisierung der Stillgewässer

Erfasste Substanzen

Resultate Stillgewässer

Resultate weitere Pyrethroide