

Pestizide in der Schweizer Luft

Untersuchung mit Passivsammlern von Mai bis November 2019



GREENPEACE

Abstract

Zur Messung von Pestiziden in der Schweizer Luft in der wurden an vier Standorten Passivsammler mit Polyurethanschaum-Scheiben (PUF) sowie Polyesterringen (PEF) als Sammelmatrizes aufgestellt. Der Messzeitraum erstreckte sich über sechs Monate von Mai bis November 2019. Während dieses Zeitraums wurden die PUF-Scheiben einmal gewechselt. Insgesamt wurden pro Standort und Messzeitraum 213 Pestizidwirkstoffe und Metaboliten analysiert. Die PUF-Matrix wurde mittels Multi-Methode (GC-MS/MS und HPLC-MS/MS) analysiert und die PEF-Filter über eine gesonderte Analytik auf Glyphosat und AMPA hin untersucht.

Als Standorte wurden biologisch bewirtschaftete Betriebe in unterschiedlichen Schweizer Gegenden ausgewählt. An Standort A im Wallis wird Obst- und Weinbau betrieben, an Standort B in der Nordwestschweiz Ackerbau, an Standort C im Mittelland ebenfalls Ackerbau und an Standort D in der Ostschweiz Obstbau. An allen Standorten war sowohl im Sommer als auch im Herbst eine mehrfache Belastung mit Pestiziden festzustellen. Dabei war Standort A der am stärksten belastete und Standort B der am wenigsten belastete. Insgesamt konnten 25 verschiedene Pestizidwirkstoffe bzw. Metaboliten nachgewiesen werden. Am häufigsten wurden die Fungizide Folpet, Captan, Chlorothalonil und Cyprodinil, die Herbizide Terbutylazin, Metolachlor und Pendimethalin sowie das Insektizid Chlorpyrifos nachgewiesen.

Diese explorative Untersuchung zeigt, dass es in der Schweiz – wie in anderen Ländern auch – ein Problem mit der Verfrachtung von Pestiziden gibt. Eine grösser angelegte Untersuchung mit mehreren Standorten und häufigeren Probenentnahmen über die gesamte Spritzsaison hinweg scheint angebracht, um die Belastung im Zeitverlauf feststellen zu können.



Titelseite und oben: Fungizid-Einsatz per Helikopter auf konventionellen Rebbergen in der Bielersee-Region (Schweiz).

Inhalt

Abstract	2
1 Einleitung und Aufgabenstellung	6
2 Material und Methoden	7
2.1 Messverfahren	7
2.2 Auswertung	8
2.3 Standortauswahl	10
2.3.1 Standort A: Obst- und Weinbau im Wallis	10
2.3.2 Standort B: Ackerbau in der Nordwestschweiz	11
2.3.3 Standort C: Ackerbau im Mittelland	11
2.3.4 Standort D: Obstbau in der Ostschweiz	12
2.4 Wirkstoffauswahl	12
3 Ergebnisse	13
3.1 Ergebnisse nach Pestizidwirkstoff	13
3.1.1 Folpet	14
3.1.2 Terbutylazin	14
3.1.3 Captan	14

3.1.4 Chlorothalonil	15
3.1.5 Chlorpyrifos	15
3.1.6 Cyprodinil	16
3.1.7 Metolachlor	16
3.1.8 Pendimethalin	16
3.2 Ergebnisse nach Standort	17
3.2.1 Standort A: Obst- und Weinbau im Wallis	17
3.2.2 Standort B: Ackerbau in der Nordwestschweiz	20
3.2.3 Standort C: Ackerbau im Mittelland	22
3.2.4 Standort D: Obstbau in der Ostschweiz	23
3.3 Vergleich der Standortprofile	24
4 Vergleich mit anderen Messungen und Grenzen der Methodik	27
5 Schlussfolgerungen	28
6 Zusammenfassung und Fazit	30
7 Literaturverzeichnis	31
8 Anhang	33

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Der Einsatz von chemisch-synthetischen Pestiziden in der Landwirtschaft stösst aufgrund seiner Nebenwirkungen auf den Naturhaushalt, den Gefahren für die Gesundheit von Anwender*innen und Verbraucher*innen sowie seiner Rolle als Säule nicht nachhaltiger landwirtschaftlicher Praktiken auf immer mehr Kritik. In der Schweiz stehen zurzeit der vorliegenden Untersuchung zwei Referenden an, die den Einsatz von chemisch-synthetischen Pestiziden in der Landwirtschaft stark beschränken oder verbieten wollen. Zudem fordert die Europäische Bürgerinitiative Bienen und Bauern retten! aktuell den Ausstieg aus der Nutzung dieser Mittel in der ganzen EU.

Zu den Problemen des Pestizideinsatzes gehört, dass diese Mittel nicht nur an ihrem Einsatzort verbleiben. Selbst bei Einhaltung der guten fachlichen Praxis kommt es zu Abdrift (Tröpfchen, die sich beim Ausbringen des Mittels in die Luft verteilen und davongetragen werden) und Ferntransport (verdampfte Stoffe, die sich durch die Luft verbreiten) von Pestiziden. Sogar Stoffe, die kaum flüchtig sind, wie zum Beispiel das Herbizid Glyphosat, verbreiten sich, an Staubpartikeln haftend, mit dem Wind. Sie kontaminieren so andere landwirtschaftliche Kulturen inklusive der Produkte von biologischen Erzeuger*innen. Auch Ökosysteme in Schutzgebieten sind von der Kontamination durch Abdrift betroffen. Abdrift beeinträchtigt zudem Menschen, die in der Nachbarschaft von intensiver Landwirtschaft leben.

Eine Vielzahl von Studien zeigt, dass Wirkstoffe, Synergisten (Hilfsstoffe) und Metaboliten (Abbauprodukte) von Pestiziden zum Teil sogar mehrere Kilometer entfernt vom Einsatzort in der Luft nachgewiesen werden können. Aktuelle Beispiele dafür sind Messungen mit Passivsammlern und Vegetationsproben in Brandenburg (Hofmann & Schlechtriemen 2015), ein langfristig angelegtes Luftmonitoringprogramm aus Schweden (Kreuger et al. 2013; Kreuger & Lindström 2019), eine Untersuchung von Baumrinde aus ganz Deutschland (Hofmann et al. 2019), Messungen mit Passivsammlern im Südtiroler Vinschgau (Hofmann & Bär 2019) sowie eine parallel zur vorliegenden Untersuchung durchgeführte Studie im Münstertal (Ehrler & Lötscher [Amt für Natur und Umwelt Kanton Graubünden] 2020), bei der ebenfalls Passivsammler genutzt wurden. In einer 2020 veröffentlichten Studie mit über 160 Standorten in Deutschland und vier verschiedenen Sammelmedien (Passivsammler, Luftfiltermatten, Bienenbrot und Baumrinde) wurden 147 verschiedene Wirkstoffe, Synergisten und Metaboliten von Pestiziden sowie sechs verbotene Polychlorierte Biphenyle (kurz: PCBs) aus der Industrie nachgewiesen (Kruse-Plass et al. 2020). Auch bei Projekten, die auf die Messung der Hintergrundbelastung mit persistenten organischen Schadstoffen ausgelegt sind, wie dem Global Atmospheric Passive Sampling (GAPS) Programm (Pozo et al. 2006; Pozo et al. 2009) oder dem Projekt Pure Alps mit Aktivsammlern auf Bergen in Bayern, Österreich und der Schweiz (Freier et al. 2019), werden immer wieder Pestizide in der Luft nachgewiesen, darunter viele persistente Stoffe, die längst verboten wurden.

Greenpeace Schweiz und das Umweltinstitut München e.V. entschlossen sich vor diesem Hintergrund, im Frühjahr 2019 eine explorative Studie zur Verbreitung von Pestizidwirkstoffen in der Schweiz durchzuführen. An vier Standorten mit unterschiedlichen Expositionsszenarien in den Kantonen Wallis, Thurgau und Aargau wurden dazu Passivsammler aufgestellt, um die aktuelle Belastung der Luft mit Pestiziden zu untersuchen. Als Basis für weitere Untersuchungen und Diskussionen beschreibt die vorliegende Studie, welche Pestizide in der Luft in der Schweiz nachweisbar sind und wie sich die verschiedenen Standorte unterscheiden.

2 Material und Methoden

2.1 Messverfahren

Die Messungen wurden mit Passivsammlern durchgeführt, in die als Sammelmatrix je eine Scheibe aus Polyurethanschaum (PUF) sowie vier Ringe aus Polyester (PEF) eingelegt wurden.

Die Passivsammler für dieses Projekt wurden von der TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR im Jahr 2018 entwickelt (siehe Abbildung, S.9). In ihnen liegt die PUF-Matrix innerhalb eines umschlossenen Raums, ähnlich dem Sammler TE-200-PAS aus dem unter Punkt 1 erwähnten GAPS-Programm. Der PEF-Filter ist als zweite Matrix offen exponiert, um Partikel aus der Luft zu sammeln. In der Kombination der beiden Matrizes können sowohl volatile und semivolatile Pestizidwirkstoffe, die in den PUF-Scheiben adsorbieren, als auch Glyphosat und andere Stoffe, die sich an Partikel gebunden in den PEF-Ringen fangen, in der Luft nachgewiesen werden.

Die PUF-Matrix, eine Polyurethan-Scheibe mit 14 cm Durchmesser und 1,35 cm Höhe, wurde von TISCH Environment, Inc. aus den USA bezogen. Es handelt sich dabei um dieselben PUF-Scheiben, die auch im GAPS-Programm in Sammlern der Firma Tisch Environment (TE-200-PAS) verwendet werden. Diese Matrix ist in vielen Publikationen umfassend validiert (Gouin et al. 2008; Hayward et al. 2010; Koblizkova & Harner 2012; Herkert et al. 2018) und in den Arbeiten von Zhang und seinen Kollegen bestätigt (Zhang et al. 2011; Zhang & Wania 2012; Zhang et al. 2013).

Die PEF-Matrix entspricht den Filtern aus standardisierten Pollenmassenfiltern (DIN CEN/TS 2016). Es handelt sich dabei um Polyesterfilter mit 8 cm Durchmesser, 2 cm Höhe und einem runden Ausschnitt von 3 cm Durchmesser in der Mitte. Bei Versuchen von Hofmann und Schlechtriemen hat sich gezeigt, dass sie gut geeignet sind, um Glyphosat nachzuweisen, das sich an Partikel gebunden in der Luft verbreitet (Hofmann et al. 2019). Sie wurden von TIEM bezogen, die sie wiederum von Freudenberg Filtration Technologies in Weinheim (Deutschland) bezieht. Diese Filter nehmen Staubpartikel aus der Luft auf.

Während die PEF-Ringe in fabrikneuem Zustand in die Sammler eingesetzt werden, wurden die verwendeten PUF-Medien zuvor nach dem Verfahren von Shoeib und Kollegen (Shoeib et al. 2008) im Labor der Gesellschaft für Umweltchemie in München aufgereinigt.

Die Passivsammler wurden an vier Standorten in der Schweiz auf Grundstücken von freiwilligen Biolandwirten aufgestellt. Die Kontaktierung der Landwirte, die Auswahl der Standorte, die Aufstellung der Sammler, der Wechsel der Sammelmedien und der Abbau der Sammler erfolgte jeweils durch Fausta Borsani, Agronomin und Präsidentin des Vereins «ohneGift» (www.ohnegift.ch), im Auftrag von Greenpeace Schweiz. **Die genauen Standorte werden in Absprache mit den Landwirten nicht öffentlich kommuniziert.**

Der Messzeitraum erstreckte sich über sechs Monate von Mai bis November 2019. Die PUF-Scheiben wurden nach drei Monaten, also im August, einmal gewechselt. Der PUF-Wechsel erfolgte mit Hilfe von Handschuhen und Pinzetten in ein vorgesehene Probengefäß. Die Proben wurden in einer Kühlbox gesammelt und anschließend tiefgekühlt gelagert.

2.2 Auswertung

Am Ende des Messzeitraums wurden die gesammelten PUF- und PEF-Proben in den Probengefäßen zusammen mit Kühlakkus in einer Kühlbox an das Labor für Rückstandsanalytik in Bremen geschickt. Das akkreditierte Labor analysierte die PUF-Matrix auf 213 Stoffe mittels Multi-Methode (GC-MS/MS und HPLC-MS/MS) und die PEF-Filter über eine gesonderte Analytik auf Glyphosat und AMPA. Dazu wurden die Matrizes in einem Ultraschallbad mit polaren Lösungsmitteln extrahiert. Das Eluat aus den PUF-Scheiben wurde anschliessend gereinigt, bevor es analysiert wurde. Das Eluat aus den PEF-Ringen wurde zur Derivatisierung von Glyphosat zusätzlich mit Fluorenylmethoxycarbonylchlorid behandelt.

Die Bestimmungsgrenzen sind unter anderem vom Zustand der Matrizes abhängig, die im Labor ankommen. Hohe Mengen an Staub oder Öl in den PUF-Scheiben führen dazu, dass das Eluat stärker verdünnt werden muss. Dadurch steigt die Bestimmungsgrenze, und sehr geringe Mengen der untersuchten Stoffe können nicht mehr nachgewiesen werden. Für alle untersuchten Wirkstoffe und Metaboliten ergab sich eine Bestimmungsgrenze von 20 ng. Eine Liste der analysierten Wirkstoffe befindet sich in Tabelle 5 im Anhang.



Weil immer mehr wissenschaftliche Studien das Pestizid Glyphosat mit Gefahren für die Gesundheit bei Mensch und Tier in Verbindung bringen, hat Greenpeace, zusammen mit anderen Organisationen, 2016 dem Parlament in Bern eine Petition überreicht. Ziel: Verkauf und Einsatz von Glyphosat sollen verboten werden.

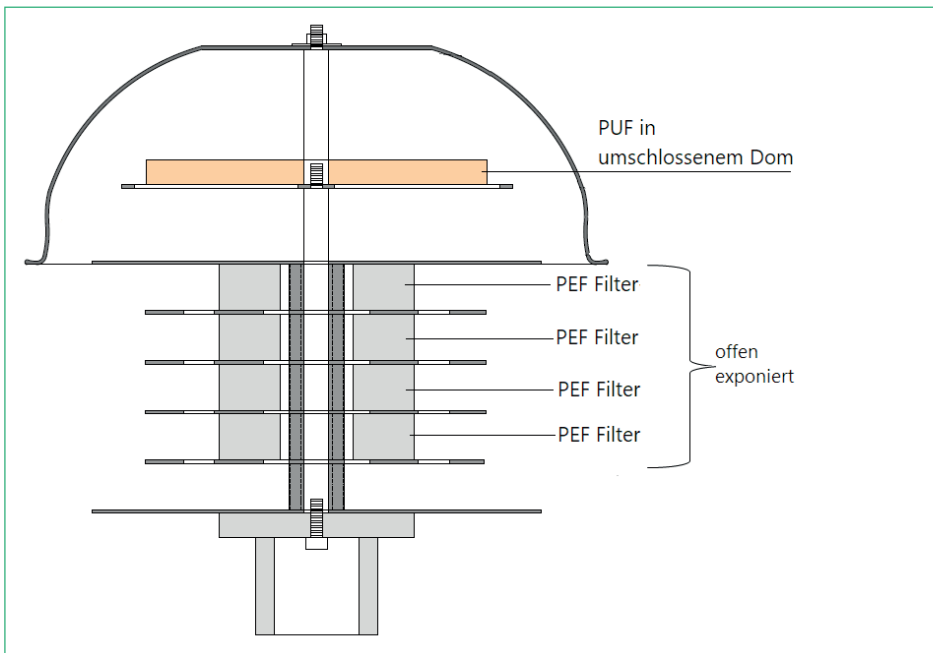


Abbildung 1: Von TIEM Technik entwickelter Passivsammler mit einer PUF-Matrix zur Erfassung volatiler und semivolatiler Pestizide sowie einem PEF-Filter zur Erfassung von Glyphosat.



Ausbringung von Glyphosat auf einem Acker in der Nähe von Bettlach (Schweiz).

2.3 Standortauswahl

Die Auswahl der Standorte der Passivsammler hatte das Ziel, ein Bild der Belastung der Luft mit Pestiziden an Standorten mit unterschiedlichen Expositionsszenarien, landwirtschaftlichen Umgebungen und Landschafts- und Bodenverhältnissen zu bekommen. Der Anspruch des Projekts war es nicht, repräsentativ für die gesamte Schweiz zu sein, sondern explorativ zu untersuchen, wonach es sich in der gesamten Schweiz zu suchen lohnt.

Alle Passivsammler wurden auf biologisch bewirtschafteten Flächen aufgestellt, auf denen die untersuchten Wirkstoffe nicht ausgebracht werden. An jedem Standort wurde ein Passivsammler aufgestellt, in den als Sammelmatrix je eine Scheibe aus Polyurethanschaum (PUF) sowie vier Ringe aus Polyester (PEF) eingelegt wurden.



Passivsammler 07 an Standort A.

2.3.1 Standort A: Obst- und Weinbau im Wallis

Der erste Standort wurde in einem Obst- und Weinbaugebiet im Kanton Wallis, im Süden der Schweiz, gewählt. Der Passivsammler mit der Nummer 07 wurde am 26. Mai 2019 am Rande eines biologisch bewirtschafteten Weinbergs aufgestellt. Der Standort liegt frei anströmbar oberhalb des Rhonetals auf ca. 630 Höhenmetern über NN. Am Berghang wird Weinbau, im Tal selbst intensiver Obstbau betrieben. Die nächste konventionell bewirtschaftete Parzelle liegt nur wenige Meter entfernt.

Die PUF-Scheibe wurde am 22. August 2019 ausgewechselt und der Passivsammler am 21. November 2019 wieder abgebaut.



Passivsammler 08 an Standort B.

2.3.2 Standort B: Ackerbau in der Nordwestschweiz

Der zweite Standort wurde in einer von Ackerbau geprägten Region im nordwestlichen Teil des Kantons Aargau gewählt, wo in einer Rheinschleife auf der Schweizer Seite Ackerbau betrieben wird. Am 24. Mai 2019 wurde hier der Passivsammler mit der Nummer 08 zwischen zwei biologisch bewirtschafteten Getreidefeldern aufgestellt, wobei am Rand des einen Feldes ein Blühstreifen war. Der Standort liegt frei anströmbar inmitten von Getreidefeldern auf ca. 290 Höhenmetern über NN. Das nächste konventionell bewirtschaftete Weizenfeld liegt ca. 200 Meter weit entfernt.

Die PUF-Scheibe wurde am 20. August 2019 ausgewechselt und der Passivsammler am 20. November 2019 wieder abgebaut.

2.3.3 Standort C: Ackerbau im Mittelland

Der dritte Standort wurde ebenfalls im Kanton Aargau, zwischen dem Zürichsee und dem Hallwilersee gewählt. Er liegt in einem Ackerbaugebiet im Schweizer Mittelland, es gibt aber auch Gemüseanbau in der Umgebung. In etwas über 50 Metern Entfernung wurde während des Messzeitraums Gemüse angebaut. Am 24. Mai 2019 wurde hier der Passivsammler mit der Nummer 09 inmitten einer biologisch bewirtschafteten Wiese aufgestellt. Der Standort liegt frei anströmbar auf ca. 440 Höhenmetern über NN.

Die PUF-Scheibe wurde am 20. August ausgewechselt und der Passivsammler am 20. November wieder abgebaut.



Passivsammler 09 an Standort C.



Passivsammler 10 an Standort D.

2.3.4 Standort D: Obstbau in der Ostschweiz

Der vierte Standort wurde auf einer biologisch bewirtschafteten Streuobstwiese südlich des Bodensees im Kanton Thurgau gewählt. In der Umgebung wird neben etwas Ackerbau und Viehwirtschaft auch intensiver Obstbau betrieben und es finden sich Sonderkulturen wie Baumschulen und Beeren. Am 22. Mai 2019 wurde hier der Passivsammler mit der Nummer 10 aufgestellt. Er ist zwar frei anströmbar, aber im Vergleich zu den anderen drei Standorten durch die hochstämmigen Obstbäume auf der Wiese besser geschützt. Der Sammler steht auf ca. 450 Höhenmetern über NN.

Die PUF-Scheibe wurde am 21. August 2019 ausgewechselt und der Passivsammler am 21. November 2019 wieder abgebaut.

2.4 Wirkstoffauswahl

Für die vorliegende Untersuchung wurden 213 verschiedene Pestizidwirkstoffe und Metaboliten ausgewählt. Es wurde sowohl nach zugelassenen als auch nach nicht mehr genehmigten Wirkstoffen gesucht. Durch die Auswahl der Wirkstoffe wurden alle Anwendungsgebiete abgedeckt.

3 Ergebnisse



Traubenblatt mit Fungizidrückständen.

Nachfolgend werden die Ergebnisse einzeln für die verschiedenen Pestizidwirkstoffe (siehe Punkt 3.1) und Standorte (siehe Punkt 3.2) dargestellt. Anschliessend werden die Standorte miteinander verglichen (siehe Punkt 3.3).

3.1 Ergebnisse nach Pestizidwirkstoff

Im Folgenden wird genauer auf die Pestizide eingegangen, die an allen vier Standorten (Folpet und Terbuthylazin) oder an drei der vier Standorte (Captan, Chlorothalonil, Chlorpyrifos, Cyprodinil, Metolachlor und Pendimethalin) nachgewiesen werden konnten und die damit am weitesten verbreitet waren und auch an sehr unterschiedlichen Standorten vorkamen.

Soweit nicht anders gekennzeichnet, sind die Quellen für die Zulassungsbedingungen in diesem Kapitel das Pflanzenschutzmittelverzeichnis des eidgenössischen Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) (<https://www.psm.admin.ch/de/wirkstoffe>) und für die Gefahreneinstufung die Pestizidatenbank der EU-Kommission (<http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/>). Letztere folgt dem «Global harmonisierte[n] System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien» (GHS).



Ein Warnschild weist auf den Fungizid-Einsatz im Rebberg hin.

3.1.1 Folpet

Folpet ist ein Fungizid, das vor allem im Weinbau Anwendung findet und dabei auch für den Einsatz aus Helikoptern zugelassen ist. Mittel mit diesem Wirkstoff sind aber auch im Obstbau, in Beerenkulturen sowie beim Hopfen- und Zierpflanzenanbau zugelassen.

Folpet konnte an allen vier Standorten dieser Untersuchung nachgewiesen werden. Dabei sticht der Wert aus dem Sommer am Weinberg im Rhonetal (Standort A) mit 25 000 ng in einer PUF-Scheibe als Extremwert heraus und ist nur durch das direkte Ansprühen des Sammlers erklärbar. Die Werte sind an allen Standorten im Messzeitraum im Sommer höher als im Herbst. Folpet ist auch im Herbst der am weitesten verbreitete Wirkstoff und konnte an den Standorten A, B und D auch während dieses Messzeitraums nachgewiesen werden. Mit 1550 ng liegt die Herbst-Scheibe an Standort A noch fast auf dem Niveau der Sommer-Scheibe an Standort D mit 1934 ng. Folpet ist der am weitesten verbreitete Wirkstoff dieser Untersuchung und liefert in der PUF-Matrix mit Abstand die höchsten Werte, selbst wenn der Extremwert aus der Sommer-Scheibe an Standort A nicht berücksichtigt wird.

Das Fungizid ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- Wirkstoff, der vermutlich Krebs erzeugen kann (Karzinogenität, Kategorie 2 / H351)
- Wirkstoff, der schwere Augenreizung verursacht (Kategorie 2 / H319)

- Gesundheitsschädlich beim Einatmen (akut toxisch, Kategorie 4 / H332)
- Wirkstoff, der allergische Hautreaktionen verursachen kann (Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1 / H317)
- Sehr giftig für Wasserorganismen (Kategorie Acute 1 / H400)

3.1.2 Terbutylazin

Terbutylazin ist ein Herbizid, das gegen ein vergleichsweise breites Spektrum von Unkraut im Ackerbau wirkt. Es wird in der Schweiz hauptsächlich im Maisanbau eingesetzt und ist dabei von der Zeit vor dem Auflaufen der Pflanzen bis spätestens Ende Juni zugelassen. Es gibt aber auch eine Zulassung für ein Mittel, das im Obst- und Weinbau unter den Bäumen/Reben sowie für den Anbau von Sorghum (Hirse) eingesetzt werden darf. Der Stoff ist aus anderen Untersuchungen bereits als sehr flüchtig bekannt. So fanden Hofmann und Schleichriemen Terbutylazin bei einer Untersuchung von Baumrinden im Jahr 2018 in 49 Prozent der Proben. Damit war Terbutylazin einer der am häufigsten vorkommenden Wirkstoffe dieser Untersuchung (Hofmann & Schleichriemen, 2019). Weitere Untersuchungen mit Passivsammlern und PUF-Matrizes in Deutschland weisen ebenfalls auf eine weite Verbreitung von Terbutylazin hin (Kruse-Plass et al. 2020).

Terbutylazin wird in dieser Untersuchung an allen vier Standorten in den PUF-Scheiben aus dem ersten Messzeitraum im Sommer nachgewiesen, was dem Einsatz im Maisanbau bis Ende Juni entspricht. Die Werte liegen von 134 ng an Standort A über 109 ng an Standort C und 43 ng an Standort B bis 34 ng an Standort D.

Das Herbizid ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- Wirkstoff, der bei längerer oder wiederholter Exposition innere Organe schädigen kann (organschädigend, Kategorie 2 / H373)
- Gesundheitsschädlich beim Verschlucken (akut toxisch, Kategorie 4 / H302)
- Gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (Kategorie Acute 1 und Chronic 1 / H400 und H410)

3.1.3 Captan

Captan ist ein Fungizid, das in der Schweiz im Kern- und Steinobstanbau sowie für Beerenkulturen und den Zierpflanzenbau zugelassen ist und zum Beispiel gegen Schorf, Mehltau und diversen anderen Pilzbefall eingesetzt wird.

Captan wurde an den Standorten mit Obstbau sowohl in der PUF-Scheibe aus dem Messzeitraum im Sommer wie auch in derjenigen aus dem Messzeitraum im Herbst nachgewiesen: An Standort A mit 530 ng im Sommer und 94 ng im Herbst und an Standort D mit 1300 ng im Sommer und 340 ng im Herbst. Mit 24 ng lag der Wert aus der PUF-Scheibe aus dem Herbst an Standort C zudem knapp über der Bestimmungsgrenze. Captan gehört damit nicht nur zu den verbreitetsten Stoffen, sondern liefert nach Folpet auch die höchsten Werte in den PUF-Scheiben. Das passt zur Untersuchung des Umweltinstituts München e.V. aus dem Jahr 2018 im Südtiroler Obstbaugebiet (Hofmann & Bär, 2019), wo Captan ebenfalls zu den verbreitetsten Stoffen mit den höchsten Werten gehörte, wobei die höchsten Werte vom Ende der Messreihe im August stammten.

Das Fungizid ist laut EU-Pestizidatenbank eingestuft als:

- Gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen (Kategorie Acute 1 / H400)
- Giftig beim Einatmen (akut toxisch, Kategorie 3 / H331)
- Wirkstoff, der allergische Hautreaktionen verursachen kann (Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1 / H317)
- Wirkstoff, der vermutlich Krebs erzeugen kann (Karzinogenität, Kategorie 2 / H351)
- Wirkstoff, der schwere Augenschäden verursacht (Kategorie 1 / H318)
- Wirkstoff, der allergische Hautreaktionen verursachen kann (Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1 / H317)

3.1.4 Chlorothalonil

Chlorothalonil (im Deutschen manchmal auch Chlorthalonil) ist ein Fungizid, das im Jahr 2019 in der Schweiz als auch in der EU verboten wurde. Grund für das Verbot in der EU und auch in der Schweiz waren häufige Funde von Abbauprodukten von Chlorothalonil (z. B. Chlorthalonilsulfonsäure) im Grundwasser (BAFU 2016).

Bis zum 31.12.2019 und damit während des Untersuchungszeitraums waren Mittel mit dem Wirkstoff in der Schweiz für Anwendungen in Obst- und Weinbau, Getreide und Kartoffeln, Zierpflanzen, Gemüse und der Zucht von Speisepilzen zugelassen.

Chlorothalonil wurde in den PUF-Scheiben aus dem Sommer an Standort B mit 173 ng, an Standort C mit 231 ng und an Standort D mit 100 ng nachgewiesen.

Das Fungizid ist laut EU-Pestizidatenbank eingestuft als:

- Gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (Kategorie Acute 1 und Chronic 1 / H400 und H410)
- Lebensgefährlich beim Einatmen, (akut toxisch, Kategorie 2 / H330)
- Wirkstoff, der die Atemwege reizen kann, (organschädigend, Kategorie 3 / H335)
- Wirkstoff, der allergische Hautreaktionen verursachen kann (Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1 / H317)
- Wirkstoff, der vermutlich Krebs erzeugen kann (Karzinogenität, Kategorie 2 / H351)
- Wirkstoff, der schwere Augenschäden verursacht (Kategorie 1 / H318)

3.1.5 Chlorpyrifos

Chlorpyrifos ist ein insektizider und akarizider Wirkstoff. Mit der allgemein verwendeten Bezeichnung Chlorpyrifos ist Chlorpyrifos-ethyl gemeint. In der Schweiz waren Mittel mit dem Wirkstoff während des Messzeitraums für den Einsatz im Acker- und Gemüseanbau, im Beeren- und Weinbau, im Zierpflanzenbau, für den Einsatz in Zier- und Sportrasen sowie in Bäumen und Sträuchern ausserhalb der Forstwirtschaft und für die Verwendung in forstlichen Pflanzgärten zugelassen. Bei einigen Mitteln war auch der Einsatz für den/die Privatanwender*in genehmigt. Seit dem 1.7.2020 sind die meisten Mittel mit dem Wirkstoff in der Schweiz nicht mehr zugelassen. Für drei Mittel gilt allerdings eine Aufbrauchfrist bis Ende Mai 2021. In der EU ist der Einsatz dieses Wirkstoffs seit dem 16.4.2020 nicht mehr erlaubt.

Chlorpyrifos wurde in den PUF-Scheiben aus dem Sommer an Standort A mit 32 ng, an Standort C mit 68 ng und an Standort D mit 33 ng nachgewiesen.

Das Insektizid ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- Gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (Kategorie Acute 1 und Chronic 1 / H400 und H410)
- Giftig beim Verschlucken (akut toxisch, Kategorie 3 / H301). Chlorpyrifos-ethyl wird zudem mit strukturellen Veränderungen im Gehirn von Menschen in Zusammenhang gebracht, die dem Wirkstoff im Mutterleib ausgesetzt waren (Rauh et al. 2012)

3.1.6 Cyprodinil

Cyprodinil ist ein Fungizid. Mittel mit diesem Wirkstoff sind in der Schweiz für ein sehr breites Einsatzspektrum zugelassen. Dazu zählt der Einsatz im Obst- und Beerenanbau, im Gemüse- und Weinbau, im Getreideanbau, im Zierpflanzenbau, in Zier- und Sportrasen sowie in Bäumen und Sträuchern ausserhalb der Forstwirtschaft.

Cyprodinil wurde in den PUF-Scheiben aus dem Sommer an Standort A mit 1530 ng, an Standort C mit 463 ng und an Standort D mit 36 ng nachgewiesen.

Das Fungizid ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- Gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (Kategorie Acute 1 und Chronic 1 / H400 und H410)
- Wirkstoff, der allergische Hautreaktionen verursachen kann (Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1 / H317)
- Substitutionskandidat, der zwei der Kriterien aus der Gruppe persistent, bioakkumulierend und toxisch (PBT) erfüllt

3.1.7 Metolachlor

Metolachlor kommt in den beiden sogenannten enantiomeren Formen R-Metolachlor und S-Metolachlor vor. Diese lassen sich bei der Analyse im Massenspektrometer nicht unterscheiden. Da sowohl in der Schweiz als auch in der EU nur Mittel mit dem Wirkstoff S-Metolachlor zugelassen sind, wird in dieser Untersuchung davon ausgegangen, dass es sich bei dem nachgewiesenen Wirkstoff auch um diesen handelt.

Metolachlor ist ein Herbizid. Mittel mit diesem Wirkstoff sind in der Schweiz für den Einsatz im Gemüse- und Ackerbau zugelassen. Metolachlor ist

einer von drei Pestizidwirkstoffen, die in den Jahren 2014 bis 2017 die Grenzwerte für Grundwasser an mehreren Messstellen in der Schweiz überschritten haben. 2017 traten im Grundwasser vier Metaboliten des Herbizids in Konzentrationen von mehr als 0,1 µg/l auf (BAFU 2020).

Metolachlor wird in dieser Untersuchung an drei Standorten in den PUF-Scheiben aus dem ersten Messzeitraum im Sommer nachgewiesen. Die Werte liegen an Standort B bei 80 ng, an Standort C bei 27 ng und an Standort D bei 39 ng.

Das Herbizid ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- Wirkstoff, der allergische Hautreaktionen verursachen kann (Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1 / H317)
- Gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (Kategorie Acute 1 und Chronic 1 / H400 und H410)

3.1.8 Pendimethalin

Pendimethalin ist ein Herbizid. Mittel mit diesem Wirkstoff sind in der Schweiz für zahlreiche Anwendungen zugelassen. Sie werden eingesetzt im Gemüse- und Ackerbau, beim Anbau von Hartschalenobst, Beeren, Rhabarber und Kräutern, beim Anbau von Chinaschilf und Tabak, im Grünland (Wiesen und Weiden), im Zierpflanzenbau, bei Bäumen und Sträuchern ausserhalb der Forstwirtschaft sowie in Zier- und Sportrasen.

An Standort A konnte Pendimethalin nicht nachgewiesen werden. An Standort B wurden im Sommer 57 ng gemessen, im Herbst 59 ng. An Standort C konnte das Herbizid im Sommer mit 138 ng und im Herbst mit 188 ng nachgewiesen werden. An Standort D konnte Pendimethalin nur im Sommer mit 48 ng nachgewiesen werden.

Das Herbizid ist laut EU-Pestiziddatenbank eingestuft als:

- Wirkstoff, der allergische Hautreaktionen verursachen kann (Sensibilisierung der Haut, Kategorie 1 / H317)
- Gewässergefährdend und sehr giftig für Wasserorganismen, sowohl mit akuter als auch mit langfristiger Wirkung (Kategorie Acute 1 und Chronic 1 / H400 und H410)

Fungizide werden in den Rebbergen in der Bielersee-Region (Schweiz) ausgebracht.



3.2 Ergebnisse nach Standort

Die Einzelwerte der Ergebnisse der Pestizidanalysen für die jeweiligen Standorte sind in den Tabellen 1 bis 4 dokumentiert. Insgesamt wurden an den vier Standorten mit je einem Sammler über zwei Perioden hinweg je 213 Pestizidwirkstoffe und Metaboliten analysiert. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass insgesamt 25 verschiedene Pestizide und Metaboliten nachgewiesen werden konnten: die Metaboliten 4,4'-DDE (Abbauprodukt von DDT) und AMPA (Abbauprodukt von Glyphosat), das nicht mehr zugelassene Akarizid Brompropylat, die Fungizide Captan, Chlorothalonil, Cyprodinil, Fenhexamid, Fenpropimorph (in der EU nicht mehr zugelassen, jedoch in der Schweiz), Fludioxonil, Folpet, Metalaxyl-M, Metazachlor, Metolachlor, Myclobutanil, Penconazol und Pyrimethanil sowie die Herbizide Clomazone, Flufenacet, Glyphosat, Pendimethalin, Pethoxamid, Prosulfocarb, Terbutylazin und die Insektizide Chlorpyrifos-ethyl und Chlorpyrifos-methyl.

3.2.1 Standort A: Obst- und Weinbau im Wallis

Standort A war der am stärksten belastete Standort der Untersuchung. Insgesamt 15 Pestizidwirkstoffe und Metaboliten konnten nachgewiesen werden. Die Werte sind in Tabelle 1 (Seite 19) dargestellt. In den PEF-Ringen wurden das Totalherbizid Glyphosat sowie sein Abbauprodukt AMPA nachgewiesen, in der PUF-Scheibe aus dem ersten Messzeitraum im Sommer zudem das Herbizid Terbutylazin. In den PUF-Scheiben konnten die Fungizide Captan, Cyprodinil, Fenhexamid, Fludioxonil, Folpet, Metalaxyl-M, Myclobutanil und Penconazol, die Insektengifte Chlorpyrifos und Chlorpyrifos-methyl, das Akarizid Brompropylat sowie 4,4'-DDE (Dichlordiphenyldichlorethen, ein Abbauprodukt von DDT) nachgewiesen werden.

Die PUF-Scheibe aus dem Messzeitraum im Sommer (29 127 ng) war stärker belastet als diejenige aus dem Messzeitraum im Herbst (1664 ng), sowohl was die Zahl der gefundenen Stoffe als auch die Höhe der Werte angeht. In den PEF-Ringen befanden sich 43 ng Glyphosat und 54 ng AMPA.

4,4'-DDE ist ein Abbauprodukt des seit Jahrzehnten verbotenen Insektengifts DDT. DDT ist so persistent, dass es nach wie vor präsent ist und auch in ähnlichen Untersuchungen nachgewiesen wurde (z. B. Hofmann et al. 2019). Auch im Fall von Brom-

propylat gibt es seit spätestens 2010 in der Schweiz und in der Europäischen Union keine Pestizide mehr, die den Wirkstoff enthalten. Brompropylat wurde auch in der Imkerei zur Bekämpfung der Varroamilbe eingesetzt. In einer Entfernung von 50 bis 100 Metern zum Messstandort befindet sich zwar ein konventioneller Bienenstand, doch auch in der Schweiz ist die Anwendung von Brompropylat in der Imkerei nicht mehr erlaubt. Eine illegale Anwendung unbekannter Art kann dementsprechend nicht ausgeschlossen werden.

Besonders auffällig ist der Wert für das Fungizid Folpet in der PUF-Matrix aus dem Messzeitraum im Sommer, der mit 25000 ng aussergewöhnlich hoch ist. Die wahrscheinlichste Erklärung dafür ist, dass der Sammler einem oder mehreren starken Abdriftereignissen mit einem Folpet-haltigen Mittel direkt ausgesetzt war. Der Besitzer der Fläche hat im Gespräch bestätigt, dass im fraglichen Zeitraum auf benachbarten Flächen Pestizide mit einer handgesteuerten Drohne ausgebracht wurden.

Da das Problem der Abdrift bekannt ist, vermarktet der Besitzer die Trauben aus den Reben am unteren Rand der biologisch bewirtschafteten Parzellen ohne Bio-Label.



Einfüllstutzen für die Befüllung des Tanks mit den Fungiziden am Helikopter.

**Tabelle 1: Tabellarische Zusammenfassung der Pestizidbelastung an Standort A.
Es wird dabei unterschieden nach Matrix, Wirkstoffklasse und Messzeitraum.**

PUF-Matrix	Wirkstoffklasse	26.5.–22.8. [ng/Probe]	22.8.–21.11. [ng/Probe]	Summe [ng/Probe]
4,4'-DDE	(Metabolit)	37	20	57
Brompropylat	Akarizid	23		23
Captan	Fungizid	530	94	624
Chlorpyrifos(-ethyl)	Insektizid	32		32
Chlorpyrifos-methyl	Insektizid	51		51
Cyprodinil	Fungizid	1530		1 530
Fenhexamid	Fungizid	223		223
Fludioxonil	Fungizid	41		41
Folpet	Fungizid	25 000	1 550	26 550
Metalaxyl-M	Fungizid	1 230		1 230
Myclobutanil	Fungizid	36		36
Penconazol	Fungizid	260		260
Terbuthylazin	Herbizid	134		134
Summe PUF		29 127	1 664	30 791
PEF-Matrix	Wirkstoffklasse	26.5.–21.11. [ng/Probe]		
Glyphosat	Herbizid	43		
AMPA	(Metabolit)	54		
Summe PEF		97		
Summe PUF und PEF		30 888		

3.2.2 Standort B: Ackerbau in der Nordwestschweiz

Standort B war, was die Höhe der gefundenen Werte angeht, der am wenigsten belastete in dieser Untersuchung. Doch auch hier konnten elf Pestizidwirkstoffe sowie ein Metabolit nachgewiesen werden. Die Werte sind in Tabelle 2 (siehe gegenüber) dargestellt. In den PEF-Ringen wurden das Totalherbizid Glyphosat sowie sein Abbauprodukt AMPA, in den PUF-Scheiben die Herbizide Clomazone, Flufenacet, Metazachlor, Metolachlor, Pendimethalin, Prosulfocarb und Terbutylazin sowie die Fungizide Chlorothalonil, Fenpropimorph und Folpet nachgewiesen.

Die PUF-Scheibe aus dem Messzeitraum im Sommer (932 ng) war stärker belastet als diejenige aus dem Messzeitraum im Herbst (288 ng), sowohl was die Zahl der gefundenen Stoffe als auch die Höhe der Werte angeht. In den PEF-Ringen befanden sich 27 ng Glyphosat und 21 ng AMPA.



Sommerliche Wiese im Tessin (Schweiz).

Tabelle 2: Tabellarische Zusammenfassung der Pestizidbelastung an Standort B.
Es wird dabei unterschieden nach Matrix, Wirkstoffklasse und Messzeitraum.

PUF-Matrix	Wirkstoffklasse	24.5.–20.8. [ng/Probe]	20.8.–20.11. [ng/Probe]	Summe [ng/Probe]
Chlorothalonil	Fungizid	173		173
Clomazone	Herbizid		55	55
Fenpropimorph	Fungizid	132		132
Flufenacet	Herbizid	40		40
Folpet	Fungizid	407	50	457
Metazachlor	Herbizid		36	36
Metolachlor	Herbizid	80		80
Pendimethalin	Herbizid	57	59	116
Prosulfocarb	Herbizid		88	88
Terbutylazin	Herbizid	43		43
Summe PUF		932	288	1 220
PEF-Matrix	Wirkstoffklasse	24.5.–20.11. [ng/Probe]		
Glyphosat	Herbizid	27		
AMPA	(Metabolit)	21		
Summe PEF		48		
Summe PUF und PEF		1 268		

3.2.3 Standort C: Ackerbau im Mittelland

An Standort C konnten 13 Pestizidwirkstoffe nachgewiesen werden, wobei in den PEF-Ringen weder Glyphosat noch AMPA festgestellt wurden. Die Werte sind in Tabelle 3 (siehe unten) dargestellt. In den PUF-Scheiben wurden die Fungizide Captan, Chlorothalonil, Cyprodinil, Fenpropimorph, Fludioxonil, Folpet und Pyrimethanil, die Herbizide Clomazone, Metolachlor, Pendimethalin, Pethoxamid und Terbutylazin sowie das Insektizid Chlorpyrifos nachgewiesen.

Die PUF-Scheibe aus dem Messzeitraum im Sommer (1895 ng) war stärker belastet als diejenige aus dem Messzeitraum im Herbst (410 ng), sowohl was die Zahl der gefundenen Stoffe als auch die Höhe der Werte angeht.

Tabelle 3: Tabellarische Zusammenfassung der Pestizidbelastung an Standort C. Es wird dabei unterschieden nach Matrix, Wirkstoffklasse und Messzeitraum.

PUF-Matrix	Wirkstoffklasse	24.5.–20.8. [ng/Probe]	20.8.–20.11. [ng/Probe]	Summe [ng/Probe]
Captan	Fungizid		24	24
Chlorothalonil	Fungizid	231		231
Chlorpyrifos	Insektizid	68		68
Clomazone	Herbizid		53	53
Cyprodinil	Fungizid	463		463
Fenpropimorph	Fungizid	50		50
Fludioxonil	Fungizid	54		54
Folpet	Fungizid	90		90
Metolachlor	Herbizid	27		27
Pendimethalin	Herbizid	138	188	138
Pethoxamid	Herbizid	25	145	170
Pyrimethanil	Fungizid	640		640
Terbutylazin	Herbizid	109		109
Summe		1895	410	2305

3.2.4 Standort D: Obstbau in der Ostschweiz

An Standort D konnten in den PUF-Scheiben elf Pestizidwirkstoffe nachgewiesen werden. Die Werte sind in Tabelle 4 (siehe unten) dargestellt. Es handelt sich um die Fungizide Captan, Chlorothalonil, Cyprodinil, Folpet, Penconazol und Myclobutanil, die Herbizide Metolachlor, Pendimethalin und Terbutylazin sowie die Insektizide Chlorpyrifos und Chlorpyrifos-methyl. In den PEF-Scheiben wurden weder Glyphosat noch AMPA nachgewiesen.

Die PUF-Scheibe aus dem Messzeitraum im Sommer (3724 ng) war stärker belastet als diejenige aus dem Messzeitraum im Herbst (715 ng), sowohl was die Zahl der gefundenen Stoffe als auch die Höhe der Werte angeht.

Tabelle 4: Tabellarische Zusammenfassung der Pestizidbelastung an Standort D. Es wird dabei unterschieden nach Matrix, Wirkstoffklasse und Messzeitraum.

PUF-Matrix	Wirkstoffklasse	24.5 –20.8. [ng/Probe]	20.8.–20.11. [ng/Probe]	Summe [ng/Probe]
Captan	Fungizid	1 300	340	1 640
Chlorothalonil	Fungizid	100		100
Chlorpyrifos	Insektizid	33		33
Chlorpyrifos-methyl	Insektizid	134		134
Cyprodinil	Fungizid	36		36
Folpet	Fungizid	1 934	375	2 309
Metolachlor	Herbizid	39		39
Myclobutanil	Fungizid	40		40
Penconazol	Fungizid	26		26
Pendimethalin	Herbizid	48		48
Terbutylazin	Herbizid	34		34
Summe		3 724	715	4 439

3.3 Vergleich der Standortprofile

Beim Vergleich der Standorte untereinander fallen deutliche Unterschiede zwischen den Ackerbaustandorten in der Nordwestschweiz und im Mittelland (Standorte B und C) und den beiden Sammlern im Obst- und Weinbau im Wallis (Standort A) und in der Ostschweiz (Standort D) auf.

Keine deutliche Unterscheidung gibt es bei der Zahl der gefundenen Stoffe. Sie weisen mit 11 Wirkstoffen an den Standorten B und D (Glyphosat und AMPA zusammengefasst), über 13 Wirkstoffen an Standort C und 14 Wirkstoffen an Standort A (Glyphosat und AMPA zusammengefasst) nur eine geringe Schwankungsbreite auf. Abbildung 7 (siehe unten) stellt die Zahl der gefundenen Wirkstoffe und Metaboliten nach Standorten und Wirkstoffklassen dar. Da AMPA als Abbauprodukt von Glyphosat nicht auf einen weiteren Wirkstoff hinweist, werden die beiden Stoffe für den Vergleich der Zahl der gefundenen Wirkstoffe zusammengefasst.

Unterschiede werden allerdings sichtbar, wenn es um die Art der Wirkstoffe geht. An den Ackerbaustandorten spielen Herbizide eine wesentlich grössere Rolle als an den beiden Standorten mit Wein- und Obstbau, deren Belastung durch Fungizide

dominiert wird. Insektizide spielen an den Obst- und Weinbaustandorten ebenfalls eine grössere Rolle. Dass insgesamt nur wenige Insektizide nachgewiesen werden konnten, könnte allerdings auch daran liegen, dass keine Daten aus dem Frühling vorliegen. Im konventionellen Obstbau werden bereits ab März Insektizide eingesetzt.

Noch deutlicher wird der Unterschied zwischen den Ackerbau- und Obstbaustandorten, wenn man die Zahl und Art der gefundenen Wirkstoffe in den PUF-Scheiben aus dem Sommer und dem Herbst vergleicht. Sie sind in den Abbildungen 8 und 9 (siehe gegenüber) grafisch dargestellt. Daraus geht hervor, dass die Pestizidbelastung in der Luft im Sommer deutlich höher ist als im Herbst, sowohl was die Anzahl der Wirkstoffe als auch deren Konzentration betrifft. Lediglich an Standort B konnten sowohl im Sommer als auch im Herbst ausschliesslich Herbizide und Fungizide nachgewiesen werden, wobei im Sommer die gleiche Anzahl an Herbizid-Wirkstoffen gefunden wurde wie im Herbst.

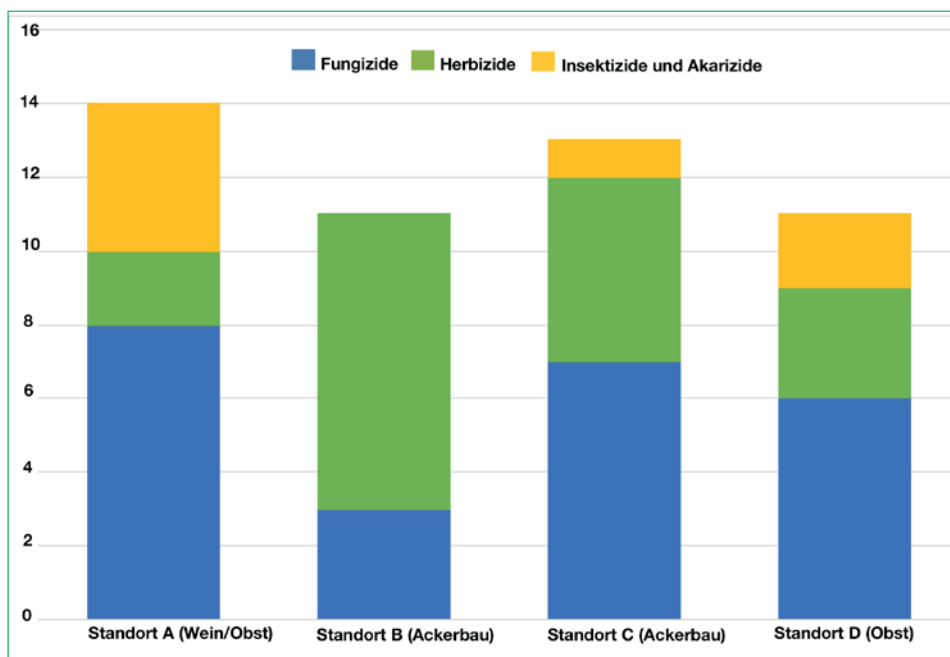


Abbildung 7: Zahl der gefundenen Wirkstoffe oder Abbauprodukte in der PUF-Scheibe und den PEF-Ringen nach Standorten (A bis D) und Wirkstoffklassen: Fungizide (blau), Herbizide (grün), Insektizide und Akarizide (gelb).

Abbildung 8: Zahl der gefundenen Wirkstoffe oder Abbauprodukte in der PUF-Scheibe aus dem Sommer nach Standorten (A bis D) und Wirkstoffklassen: Fungizide (blau), Herbizide (grün), Insektizide und Akarizide (gelb).

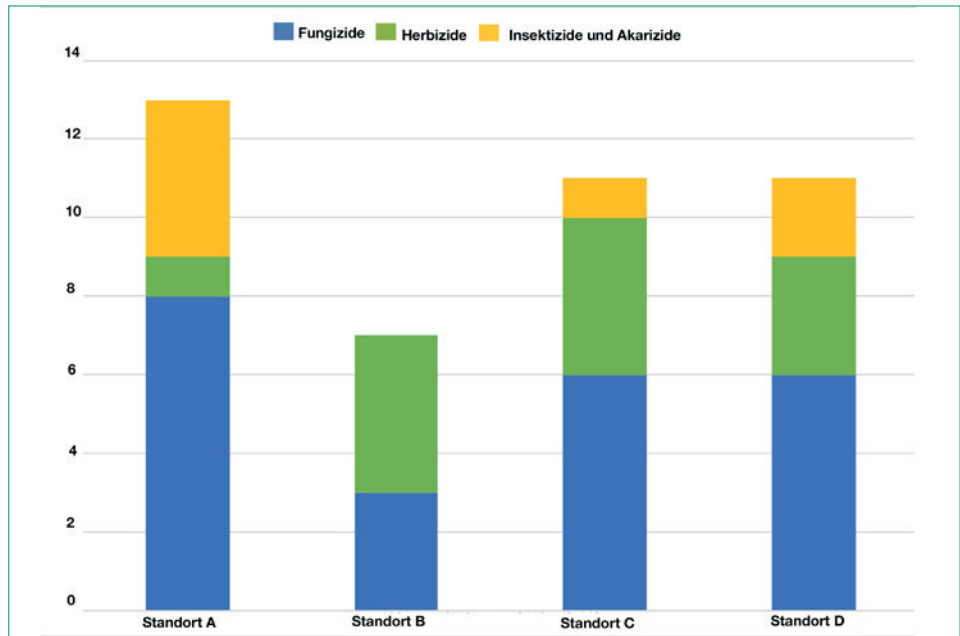


Abbildung 9: Zahl der gefundenen Wirkstoffe oder Abbauprodukte in der PUF-Scheibe aus dem Herbst nach Standorten (A bis D) und Wirkstoffklassen: Fungizide (blau), Herbizide (grün), Insektizide und Akarizide (gelb).

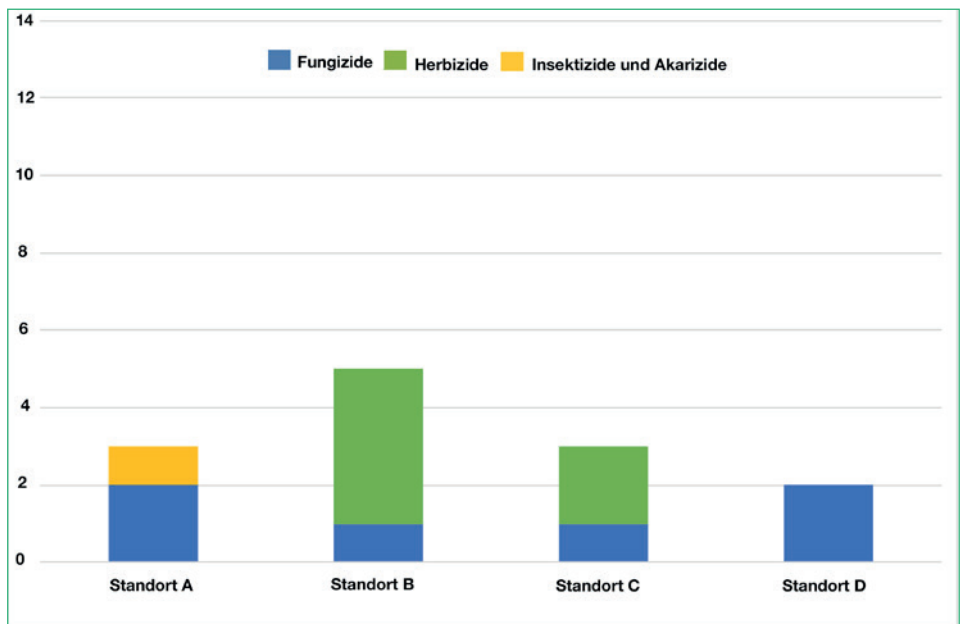
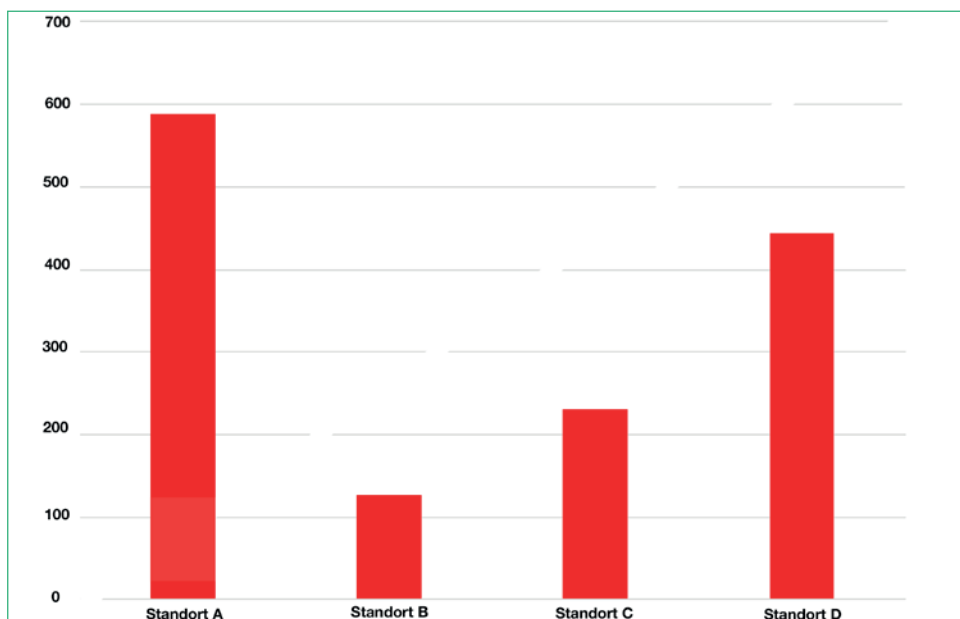
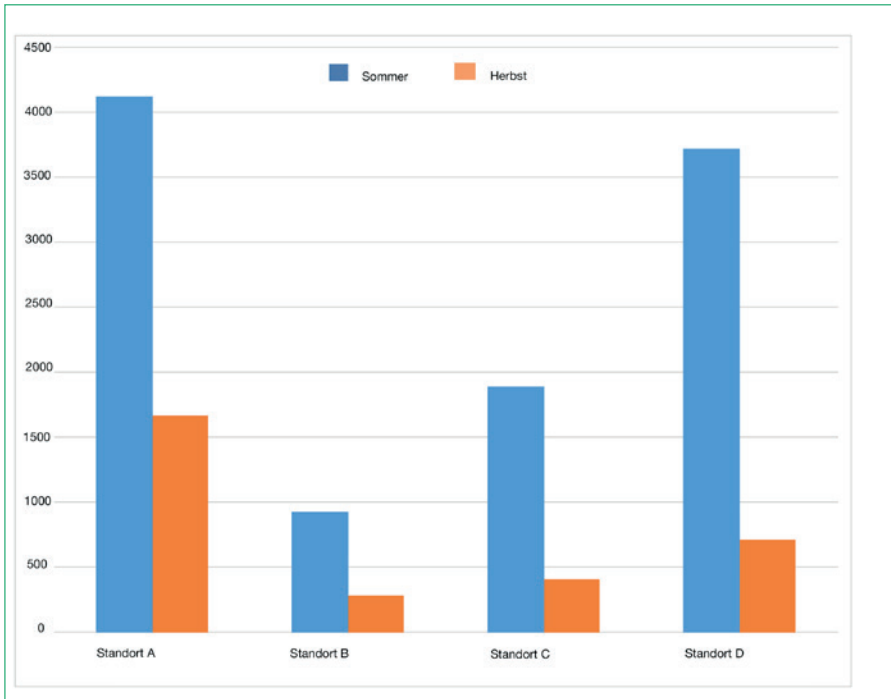


Abbildung 10: Summarische Pestizidbelastung der vier Standorte (A bis D) im direkten Vergleich ohne Berücksichtigung des Wirkstoffs Folpet.





Zahl der gefundenen Wirkstoffe oder Abbauprodukte in der PUF-Scheibe und den PEF-Ringen nach Standorten A bis D und Jahreszeiten.

Während an den Standorten A und D im zweiten Messzeitraum im Herbst nur Wirkstoffe nachgewiesen wurden, die auch im Sommer schon nachgewiesen worden waren, treten an den Ackerbaustandorten B und C im zweiten Messzeitraum im Herbst auch bisher nicht nachgewiesene Wirkstoffe auf. Der Nachweis von selektiven Herbiziden wie Clomazone und Pendimethalin (an Standort B und C) sowie Metazachlor, Prosulfocarb (nur an Standort B) und Pethoxamid (nur an Standort C) in den PUF-Scheiben aus dem Herbst weist auf den Einsatz dieser Wirkstoffe rund um das Auflaufen von Wintergetreide hin. Dabei wurden Clomazone, Prosulfocarb und Metazachlor nur im Herbst nachgewiesen.

Auch der Blick auf die summarische Pestizidbelastung der vier Standorte (siehe Abbildung 10, Seite 25) bestätigt, dass es einen Unterschied zwischen den Standorten nach der landwirtschaftlichen Umgebung gibt. Um diese Darstellung nicht durch den extremen Wert für Folpet aus dem Sommer an Standort A zu verzerren, wird dieser hier weggelassen. Damit ergibt sich folgendes Bild: An den beiden Standorten im Obst- und Weinbau befinden sich mit 5888 ng (Standort A) und 4439 ng (Standort D) deutlich mehr Pestizide in den Sammelmatrizes als an Standort C mit 2305 ng. Der reine Ackerbaustandort B ist mit 1268 ng am geringsten belastet.

4 Vergleich mit anderen Messungen und Grenzen der Methodik



Insektizid-Belastungen konnten im Südtirol nachgewiesen werden.

Für das vorliegende Messprojekt wurden die Passivsammler erst Mitte/Ende Mai aufgestellt. Die Messungen begannen also zu einem Zeitpunkt, an dem insbesondere im Obst- und Weinbau schon viele Pestizideinsätze erfolgt sein können. Bei den Messungen des Umweltinstituts im Vinschgau in Südtirol im Jahr 2018 erlaubt die grössere Zahl der Proben über den Jahresverlauf, einen zeitlichen Verlauf der Pestizidbelastung zu zeichnen. Pestizide können hier schon im März in der Luft nachgewiesen werden, und der Expositionszeitraum von Ende April bis Mitte Mai zeigt mit die höchsten Werte. Insbesondere Insektizide, die in der vorliegenden Studie kaum eine Rolle spielten, hatten 2018 im Vinschgau ihre Peaks im Frühling (z. B. Flonicamid, Etofenprox, Pirimicarb, Spirotetramat und die damals noch zugelassenen Neonicotinoide Imidacloprid und Thiacloprid). Für die Fragestellung dieser Untersuchung bedeutet dies, dass es im Anschluss an diese Untersuchung sinnvoll wäre, auch nach Wirkstoffen zu suchen, die in der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen werden konnten. So könnte während der gesamten Spritzsaison eines Jahres in der Schweiz auch die Abdrift von Insektiziden näher untersucht werden. Denn dass Insektizide in der vorliegenden Studie nur eine geringe Rolle spielen, heisst nicht notwendigerweise, dass sie sich nicht auch in der Schweiz durch die Luft verbreiten.

Das gilt selbstverständlich auch für andere Wirkstoffe. Für die vorliegende Untersuchung wurden 213 verschiedene Pestizidwirkstoffe und Metabolite ausgewählt. In ähnlichen Projekten wurde jedoch nach bis zu 500 Wirkstoffen gesucht (Hofmann et al. 2019). Je mehr Wirkstoffe in die Untersuchung aufgenommen werden, desto mehr können auch nachgewiesen werden.

5 Schlussfolgerungen

Die Pestizidwirkstoffe wurden allesamt auf biologisch bewirtschafteten Flächen nachgewiesen. Dies stellt eine grosse wirtschaftliche Gefahr für die Betriebe dar, da sie ihre Produkte unter Umständen nicht mehr als biologisch produziert auf den Markt bringen können. Bereits jetzt treffen einige Betriebe selbst Massnahmen, indem sie Produkte, die in direkter Nachbarschaft zu konventionell bewirtschafteten Feldern erzeugt wurden, ohne Bio-Label vermarkten. Dadurch entsteht ein nicht unerheblicher wirtschaftlicher Schaden, den die biologisch wirtschaftenden Betriebe nicht selbst zu verantworten haben, aber dennoch tragen müssen.

Dass Pestizide nicht auf der Fläche bleiben, auf der sie ausgebracht wurden, ist ein bekanntes Problem. In der Schweiz gibt es deshalb auch Massnahmen, die die Abdrift von Pestiziden verringern sollen. Diese sind in den «Weisungen betreffend die Massnahmen zur Reduktion der Risiken bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln» festgehalten (BLW 2020). Allerdings gelten die Weisungen nur für bestimmte Pestizide. Die vorliegende explorative Untersuchung gibt deutliche Hinweise darauf, dass die darin festgehaltenen Massnahmen nicht ausreichend sind, um die Verfrachtung von Pestiziden durch die Luft zu vermeiden.

So muss bei der Ausbringung von Folpet-haltigen Mitteln zwar ein zwischen 6 und 50 Metern variierender Abstand zu Oberflächengewässern eingehalten werden. Der Abstand kann allerdings durch die Ergreifung bestimmter Massnahmen reduziert werden. Laut dem Pflanzenschutzmittelverzeichnis des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) gelten die Abstandsregelungen ausserdem nicht für alle zugelassenen Anwendungsgebiete (z. B. gilt für das Folpet-haltige Mittel Pergado F Pepite in einer Anwendungskonzentration von 0,25 Prozent keine Abstandsregelung). Der Wirkstoff, der vermutlich Krebs erzeugen kann, wurde an allen vier Standorten nachgewiesen. An Standort A sogar in auffällig hoher Menge, was höchstwahrscheinlich auf die Luftapplikation des Pestizids per Sprühdrohne zurückzuführen ist. Falls nicht anders vereinbart, muss bei der Ausbringung von Pestiziden mit Helikoptern ein Sicherheitsabstand von 30 Metern zu benachbarten biologisch bewirtschafteten Parzellen eingehalten werden (BAFU & BAZL 2016). Mit der Drohne oder anderen Boden-Spritzmethoden, darf die Spritzung nicht oberhalb von biologisch bewirtschafteten Parzellen stattfinden. Die Beobachtungen, die der Bio-Landwirt gemacht hat, dass die Drohne beim Wenden ca. 1–1.5 Meter über der biologisch bewirtschafteten Parzelle geflogen ist, könnte die Luftverfrachtung von Pestiziden bei seinen Feldern teilweise erklären. Die Ausbringung von Pestiziden mittels Drohnen soll in der Schweiz die bekanntermassen abdriftstarke Ausbringung mit Helikoptern ersetzen. Um eine umwelt- und gesundheitsschonende Ausbringung mit Drohnen zu ermöglichen, wurden gewisse Anforderungen erarbeitet. Der Fund der hohen Menge an Folpet an Standort A liefert starke Hinweise darauf, dass diese Anforderungen nicht ausreichend sind und dass deren Einhaltung auch nicht ausreichend kontrolliert wird.



Kerbel auf einer Wiese im Maggiatal (Schweiz).



Als Bienen verkleidete Greenpeace-Aktivist*innen werden in Genf mit «Pestizid» versprüht, während sie Unterschriften gegen den Einsatz von Pestiziden sammeln.

6 Zusammenfassung und Fazit

Die empirischen Messungen der Pestizidbelastung an vier Standorten in der Schweiz ergeben Folgendes:

- Die höchste Belastung wurde an Standort A im Wallis (Obst- und Weinbau) gefunden. Hier lassen sich 14 verschiedene Wirkstoffe und ein Metabolit nachweisen, und die gemessenen Werte sind mit 30888 ng in der Summe mit Abstand die höchsten. Dies liegt in erster Linie an dem extrem hohen Wert des Fungizids Folpet (25000 ng). Doch auch wenn der hohe Folpet-Wert in der Sommer-Scheibe nicht mit einberechnet wird, ist Standort A in der Summe der am stärksten belastete.
- An Standort B in der Nordwestschweiz (Ackerbau) konnten 11 verschiedene Wirkstoffe und ein Metabolit nachgewiesen werden. In der Summe waren die gemessenen Werte mit 1268 ng an diesem Standort am geringsten.
- An Standort C im Mittelland (Ackerbau) konnten 13 Wirkstoffe nachgewiesen werden, darunter weder der Wirkstoff Glyphosat noch sein Abbauprodukt AMPA. Die Summe der Werte lag hier bei 2305 ng.
- An Standort D in der Ostschweiz (Obstbau) konnten 11 Wirkstoffe nachgewiesen werden. Obwohl dort insgesamt die wenigsten Wirkstoffe festgestellt wurden, waren die gemessenen Werte mit 4439 ng in der Summe am zweithöchsten. Es wurde weder der Wirkstoff Glyphosat noch sein Abbauprodukt AMPA gefunden.

Insgesamt konnten 13 unterschiedliche Fungizid-Wirkstoffe nachgewiesen werden, sieben Herbizid-Wirkstoffe sowie drei verschiedene Insektizide bzw. Akarizide, darunter der Wirkstoff Brompropylat, der seit 2010 nicht mehr zugelassen ist. Ausserdem wurden zwei Metaboliten gefunden: AMPA, ein Abbauprodukt von Glyphosat, sowie 4,4'-DDE, ein Abbauprodukt des längst nicht mehr zugelassenen DDT, das aber so persistent ist, dass es in der Umwelt nach wie vor präsent und sehr weit verbreitet ist.

Diese explorative Untersuchung zeigt, dass es auch in der Schweiz ein Problem mit der Verfrachtung von Pestiziden gibt. Eine grösser angelegte Untersuchung mit noch mehr Standorten, einer grösseren Anzahl an Wirkstoffen und häufigeren Probenentnahmen über die gesamte Spritzsaison hinweg, würde eine Feststellung der Belastung über einen Zeitverlauf ermöglichen und erscheint sinnvoll. Bisher gibt es in der Schweiz keine systematische Untersuchung der Verfrachtung von Pestiziden durch die Luft.

7 Literaturverzeichnis

BAFU, Bundesamt für Umwelt (2020): Chlorothalonil-Metaboliten im Grundwasser: Erste Einschätzung der gesamtschweizerischen Belastung. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/dossiers/chlorothalonil-metaboliten-im-grundwasser.html> (aufgerufen am 27.7.2020).

BAFU, Bundesamt für Umwelt; BAZL, Bundesamt für Zivilluftfahrt (2016): Ausbringen aus der Luft von Pflanzenschutzmitteln, Biozidprodukten und Düngern, Bern. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/boden/publikationen-studien/publikationen/ausbringen-pflanzenschutzmitteln-biozidprodukten-duengern.html> (aufgerufen am 27.7.2020).

BLW, Bundesamt für Landwirtschaft, Fachbereich Nachhaltiger Pflanzenschutz (2020): Weissungen betreffend die Massnahmen zur Reduktion der Risiken bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, Bern.

Ehrler A., Lötscher H. (Amt für Natur und Umwelt, Kanton Graubünden) (2020): Vom Winde verweht – Messung von Pflanzenschutzmitteln in der Luft im Münstertal (2019). https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/ekud/anu/ANU_Dokumente/20200923_Messungen_Pflanzenschutzmittel_Muenstertal_2019.pdf (aufgerufen am 8.10.2020)

Freier KP., Denner M., Körner W., Moche W. Ratz, G. Weiss P. (2019): Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt. München 84. Jahrgang 2019, S. 187–202.

Gouin T., Ruepert C., Castillo L.E. (2008). Field Testing Passive Air Samplers for Current Use Pesticides in a Tropical Environment. *Environ. Sci. Technol.* 42(17): 6625–6630. <https://doi.org/10.1021/es8008425>

Harner T., Pozo K., Gouin T., Macdonald A.M., Hung H., Caine J., Peters A., (2006). Global pilot study for persistent organic pollutants (POPs) using PUF disk passive air samplers. *Environ. Pollut.* 144(2), 445–452. [10.1016/j.envpol.2005.12.053](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2005.12.053)

Hayward S., Gouin, T. Wania, F. (2010). Comparison of four active and passive sampling techniques for pesticides in air. *Environ. Sci. Technol.* 44(9), 3410–3416. <https://doi.org/10.1021/es902512h>

Herkert N., Spak S., Smith A. Schuster J., Harner T., Martinez A., Hornbuckle K. (2018). Calibration and evaluation of PUF-PAS sampling rates across the Global Atmospheric Passive Sampling (GAPS) network. *Environ. Sci.: Processes Impacts* 2018(20), 210–219. <https://doi.org/10.1039/C7EM00360A>

Hofmann F., Schlechtriemen U., Kruse-Plass M., Wosniok W. (2019): Biomonitoring der Pestizid-Belastung der Luft mittels Luftgüte-Rindenmonitoring und Multi-Analytik auf >500 Wirkstoffe inklusive Glyphosat 2014–2018. <https://www.enkeltauglich.bio/wp-content/uploads/2019/02/Bericht-H18-Rinde-20190210-1518-1.pdf> (aufgerufen am 28.7.2020).

Hofmann F., Bär, K. (2019): Vom Winde verweht – Messungen von Pestiziden in der Luft im Vinschgau 2018. http://www.umweltinstitut.org/fileadmin/Mediapool/Downloads/01_Themen/05_Landwirtschaft/Pestizide/Messprojekt_Pestizide_Luft/20190306_Messprojekt_Vinschgau_Doppelseiten_web.pdf (aufgerufen am 28.7.2020).

Hofmann F., Schlechtriemen, U. (2015): Immissionsmessungen – Durchführung einer Bioindikation auf Pflanzenschutzmittelrückstände mittels Luftgüte-Rindenmonitoring, Passivsammlern und Vegetationsproben. Gutachten, TIEM Integrierte Umweltüberwachung, im Auftrag von LUGV Brandenburg, Eberswalde. https://lfu.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/fb_lugv-147.pdf (aufgerufen am 28.7.2020).

Koblizkova M., Genualdi S., Lee S.C., Harner T. (2012). Application of Sorbent Impregnated Polyurethane Foam (SIP) Disk Passive Air Samplers for Investigating Organochlorine Pesticides and Polybrominated Diphenyl Ethers at the Global Scale. *Environ. Sci. Technol.* 46(1), 391–396. <https://doi.org/10.1021/es2032289>

Kreuger J., Lindström B. (2019): Long-term monitoring of pesticides in air and atmospheric deposition in Sweden. IUPAC. Ghent, Belgium 20 May 2019.

Kreuger J., Larsson M., Nanos T. (2013): Atmospheric transport and deposition of pesticides in Sweden. Pesticide Behaviour in Soil, Water and Air, 2–4. September 2013. York, UK: received from Kreuger J.

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. http://www.umweltinstitut.org/fileadmin/Mediapool/Aktuelles_ab_2016/2020/2020_09_29_Pestizid-Studie_Enkeltauglich/Studie_Pestizid-Belastung_der_Luft_UmweltinstitutM%C3%BCn

chen_B%C3%BCndis_enkeltaugliche_Landwirtschaft.pdf (aufgerufen am 8.10.2020).

Pozo K., Harner T., Lee S.C., Wania F., Muir D.C.G., Jones K.C. (2009). Seasonally resolved concentrations of persistent organic pollutants in the global atmosphere from the first year of the GAPS study. *Environ. Sci. Technol.* 43(3), 796–803 . <https://doi.org/10.1021/es802106a>

Rauh V., Perera F., Horton M., Whyatt R., Bansal R., Hao X., Liu J., Barr D., Slotkin T., Peterson B. (2012). Brain anomalies in children exposed prenatally to a common organophosphate pesticide. *PNAS* 109(20), 7871–7876. <https://doi.org/10.1073/pnas.1203396109>

Shoeib M., Harner T., Lee S.C., Lane D., Zhu J. (2008). Sorbent-Impregnated Polyurethane Foam Disk for Passive Air Sampling of Volatile Fluorinated Chemicals. *Anal. Chem.* 80(3), 675–682. <https://doi.org/10.1021/ac701830s>

Zhang X., Brown T., Ansari A., Yeun B., Kitaoka K., Kondo A., Lei Y.D., Wania F. (2013). Effect of wind on the chemical uptake kinetics of a passive air sampler. *Environ Sci Technol.* 47(14), 7868–7875. <https://doi.org/10.1021/es401486f>

Zhang X., Wania F. (2012). Modeling the Uptake of Semivolatile Organic Compounds by Passive Air Samplers: Importance of Mass Transfer Processes within the Porous Sampling Media. *Environ. Sci. Technol.* 46(17), 9563–9570. <https://doi.org/10.1021/es302334r>

Zhang X., Tsurukawa M., Nakano T., Lei Y.D., Wania F. (2011). Sampling Medium Side Resistance to Uptake of Semivolatile Organic Compounds in Passive Air Samplers. *Environ. Sci. Technol.* 45(24), 10509–10515. <https://doi.org/10.1021/es2032373>

8 Anhang

Tabelle 5: Liste der analysierten Wirkstoffe, alphabetisch gegliedert

2,4,5-T	Endosulfan-alpha	Monuron
2,4'-DDD	Endosulfan-beta	Myclobutanil
2,4'-DDE	Endosulfansulfat	Nicosulfuron
2,4'-DDT	Endrin	Nitrofen
2,4-D	Epoxiconazol	Oxadixyl
2,4-DB	Esfenvalerat	Oxamyl
4,4'-DDD	Etaconazol	Oxydemeton-methyl
4,4'-DDE	Ethion	Parathion-ethyl
4,4'-DDT	Ethoprophos	Parathion-methyl
Acetamiprid	Etofenprox	Penconazol
Aclonifen	Etoxazol	Pendimethalin
Alachlor	Fenamiphos	Permethrin-cis
Aldicarb	Fenamirol	Permethrin-trans
Aldrin	Fenazaquin	Pethoxamid
Ametryn	Fenchlorphos	Phosmet
Amidosulfuron	Fenhexamid	Pirimicarb
AMPA	Fenitrothion	Pirimiphos-ethyl
Atrazin	Fenoxycarb	Pirimiphos-methyl
Azadirachtin	Fenpropathrin	Prochloraz
Azoxystrobin	Fenpropimorph	Procymidon
Bendiocarb	Fenpyroximat	Promecarb
Benfuracarb	Fenuron	Propamocarb
Benomyl	Fenvalerat	Propargit
Bensulfuron-methyl	Fipronil	Propethamphos
Bentazon	Flonicamid	Propiconazol

Bifenthrin	Florasulam	Propoxur
Boscalid	Fluazifop-P-butyl	Prosulfocarb
Bromophos-ethyl	Fluazinam	Prosulfuron
Bromophos-methyl	Fludioxonil	Pymetrozin
Bromoxynil	Flufenacet	Pyrethrine
Brompropylat	Flufenoxuron	Pyridaben
Bupirimat	Folpet	Pyrimethanil
Buprofezin	Fonofos	Pyriproxyfen
Captan	Fuberidazol	Quinmerac
Carbaryl	Furathiocarb	Quizalofop
Carbendazim	Glyphosat	Rimsulfuron
Carbofuran	HCH-alpha	Simazin
Carbophenothion	HCH-beta	Spirotetramat
Carboxin	HCH-delta	Spiroxamin
Chlordan	Heptachlor	Sulfoxaflor
Chlorfenvinphos-cis	Heptachlorepoxyd	tau-Fluvalinat
Chlorfenvinphos-trans	Hexachlorbenzol	Tebuconazol
Chloridazon	Hexaflumuron	Tebufenozid
Chlorotoluron	Hexythiazox	Tebufenpyrad
Chloroxuron	Imazalil	Teflubenzuron
Chlorpyrifos-ethyl	Imidacloprid	Tepraloxydim
Chlorpyrifos-methyl	Indoxacarb	Terbuthylazin
Chlorsulfuron	loxynil	Tetrachlorvinphos
Chlorthalonil	Iprodion	Tetradifon
Chlortoluron	Isoproturon	Tetrasul
Clethodim	Isoxaben	Thiabendazol
Clofentezine	Isoxaflutol	Thiacloprid
Clomazone	Kresoxim-methyl	Thiamethoxam

Clothianidin	lambda-Cyhalothrin	Thifensulfuron-methyl
Coumaphos	Lindan	Thiophanat-methyl
Cyfluthrin	Linuron	Tolyfluamid
Cypermethrin	Lufenuron	Triadimefon
Cyproconazol	Malathion	Triadimenol
Cyprodinil	MCPA	Tribenuron-methyl
Deltamethrin	MCPB	Trifloxstrobin

Copyright

Titelseite, S. 3, S. 14, S. 16, S.18: Greenpeace/Ephraim Bieri; S. 8: Greenpeace/
Ex-Press/Markus Forte; S. 10, S. 11, S. 12: Greenpeace/Alexandra Gavilano; S.20, S. 29:
Greenpeace/Anne Gabriel-Jürgens S. 27: Greenpeace/Juraj Rizman; S. 30: Greenpeace

Impressum

«Pestizide in der Schweizer Luft» – Untersuchung mit Passivsammlern von Mai bis November 2019

Veröffentlicht durch Greenpeace Schweiz, 11. November 2020

schweiz@greenpeace.org, www.greenpeace.ch

Projektleitung und Kontakt: Alexandra Gavilano, Greenpeace Schweiz, alexandra.gavilano@greenpeace.org

Grafik: Manù Hophan

Korrektur: Danielle Lerch-Süess

Analysen vom Umweltinstitut München e.V. im Auftrag von Greenpeace Schweiz

Umweltinstitut München e.V.

Goethestr. 20, 80336 München