



Beim Langzeitmonitoring wurde auf einem der Spielplätze 0,68 mg Captan/kg Gras gefunden (siehe Artikel). Davon müsste ein 9 kg schweres Kind an einem Tag 400 g essen, um ein gesundheitliches Risiko einzugehen (siehe Leitartikel).

Langzeitmonitoring von Pflanzenschutzmittelrückständen auf öffentlichen Flächen

Ulrich Prechsl, Martina Bonadio, Michael Oberhuber, Versuchszentrum Laimburg
Lino Wegher, Abteilung für Gesundheitsvorsorge, Südtiroler Sanitätsbetrieb

Aufbauend auf ein Monitoring des Südtiroler Sanitätsbetriebs wurden in den Jahren 2018-2021 insgesamt 397 Grasproben von 39 öffentlichen Flächen auf Pflanzenschutzmittelrückstände untersucht. Die Analyseergebnisse zeigen, dass die abdriftmindernden Maßnahmen greifen.

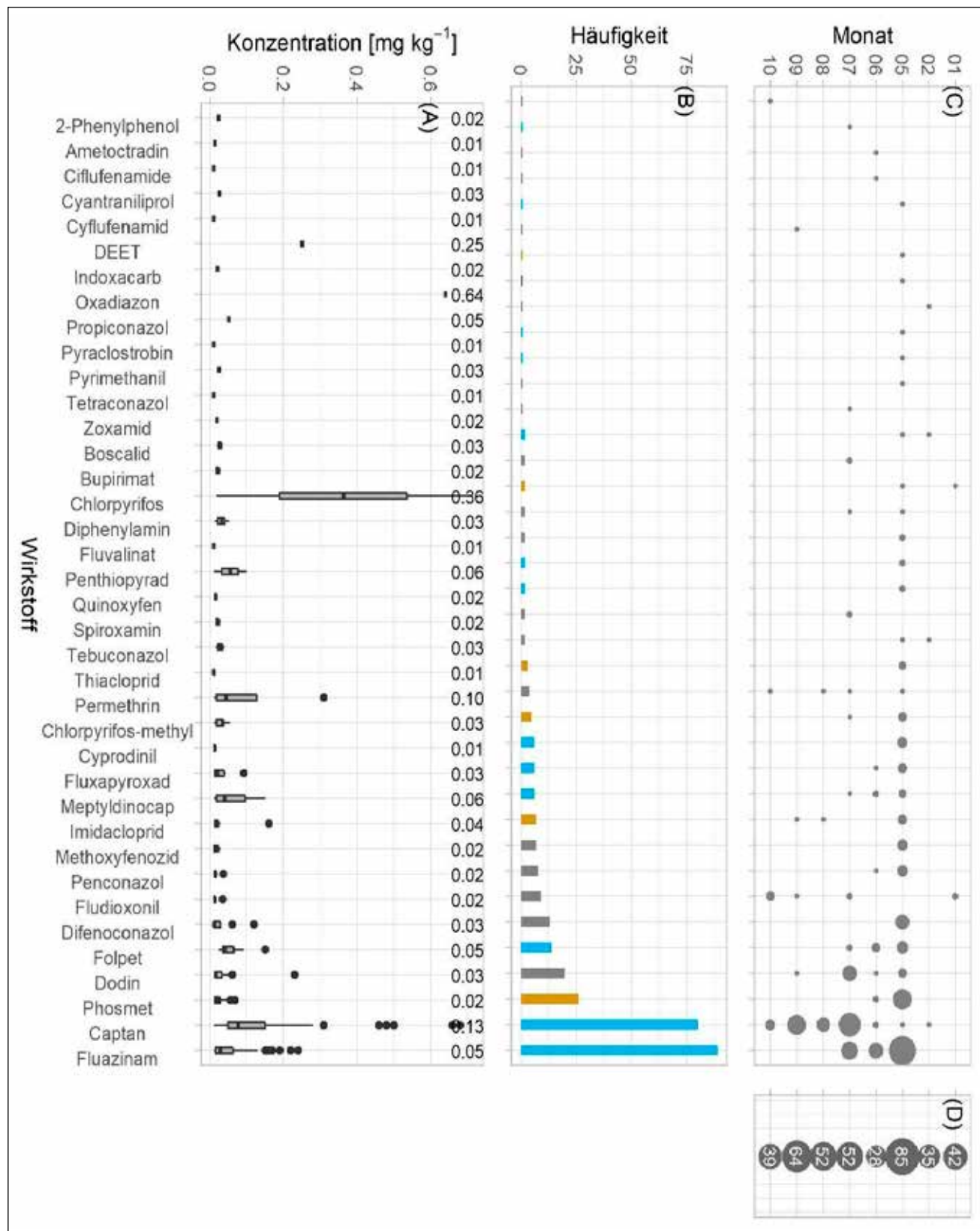
Die Kehrseite

Schädlinge wie Insekten, Pilze oder Nematoden sind eine große Bedrohung für die Landwirtschaft und reduzieren die weltweite landwirtschaftliche Produktion jedes Jahr um etwa 40%. Um diese Schadorganismen zu regulieren, hängt die Landwirtschaft stark von „Pestiziden“ ab. Dieser Begriff ist eine allgemeine Bezeichnung für Stoffe „die Schädlinge oder Krankheiten verhindern, vernichten und kontrollieren oder Pflanzen oder Pflanzenprodukte während der Produktion, Lagerung

und dem Transport schützen“, so die Definition der Europäischen Kommission. Ein Großteil der Pestizide oder Pflanzenschutzmittel (PSM) enthält synthetische Wirkstoffe, die aufgrund ihrer hohen Wirksamkeit weltweit in großem Umfang eingesetzt werden. Der Einsatz von PSM hat allerdings eine Kehrseite und ist mit Risiken verbunden: Viele Wirkstoffe können schädlich für andere, sogenannte Nicht-Zielorganismen sein. Sie bergen auch Risiken für die menschliche Gesundheit, für die Böden, die Gewässer und die Artenvielfalt.

Die genannten Punkte haben zu umfangreichen gesetzlichen Regelungen auf Ebene der EU und der Mitgliedsstaaten geführt, die verlangen, dass durch den Einsatz von PSM unter Bedingungen der „Guten Agrarpraxis“ keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Menschen oder Tieren und keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt entstehen. Dennoch bleibt die wissenschaftliche und politische Debatte über den Einsatz von Pestiziden ein fortlaufender Prozess.

Grafik 1: Übersicht über Konzentrationen (A) und Häufigkeit (B) aller Rückstände auf 397 Grasproben von 39 Flächen von 2018 bis 2021. Die Zahlen (A) stellen die durchschnittliche Konzentration pro Wirkstoff dar. (B) Blaue Balken repräsentieren Fungizide, orange Insektizide und grüne Herbizide. Die Monate (C), in denen die Rückstände nachgewiesen wurden (Summe von 2018-2021), und (D) die Gesamtzahl der Proben, die in dem jeweiligen Monat entnommen wurden (Summe von 2018-2021). Die Größe der Punkte gibt die relative Häufigkeit des Nachweises pro Monat wieder. Die Rückstandskonzentration bezieht sich auf das Frischgewicht der Grasproben.



Abdrift

Für die Minderung der genannten Risiken ist es wichtig zu verstehen, wie PSM in andere Bereiche gelangen, besonders wenn Gebiete belastet werden, die nicht das Ziel sind, wie Naturgebiete, Gewässer oder Wohngebiete. Ein gängiger Eintrittspfad ist die Abdrift, d.h. der luftgetragene Transport von PSM aus landwirtschaftlichen Zielflächen in Nicht-Zielflächen. Es gibt viele Faktoren, die das Vorhandensein und den Umfang der Abdrift beeinflussen. Die Wetterbedingungen, insbesondere Luftturbulenzen und Wind, sind die Hauptfaktoren, die für den Transport der Tropfen verantwortlich sind. Aber auch die Applikationstechnik hat einen großen Einfluss sowie der Typ und die Wuchsform der Kulturpflanze. Dauerkulturen wie Obstbäume, die nicht von einer Fruchtfolge profitieren können, sind naturgemäß einem höheren Krankheits- und Schädlings-

druck ausgesetzt. In der Regel bedeutet dies einen regelmäßigen Einsatz von PSM mit erhöhtem Abdriftrisiko als Konsequenz. Bekanntlich ist der Apfelanbau ein prominentes Beispiel solch einer Dauerkultur. In Südtirol, mit knapp 18.000 ha Apfelanbaufläche, ist das Thema der Abdrift in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus der öffentlichen Wahrnehmung und Diskussion gerückt.

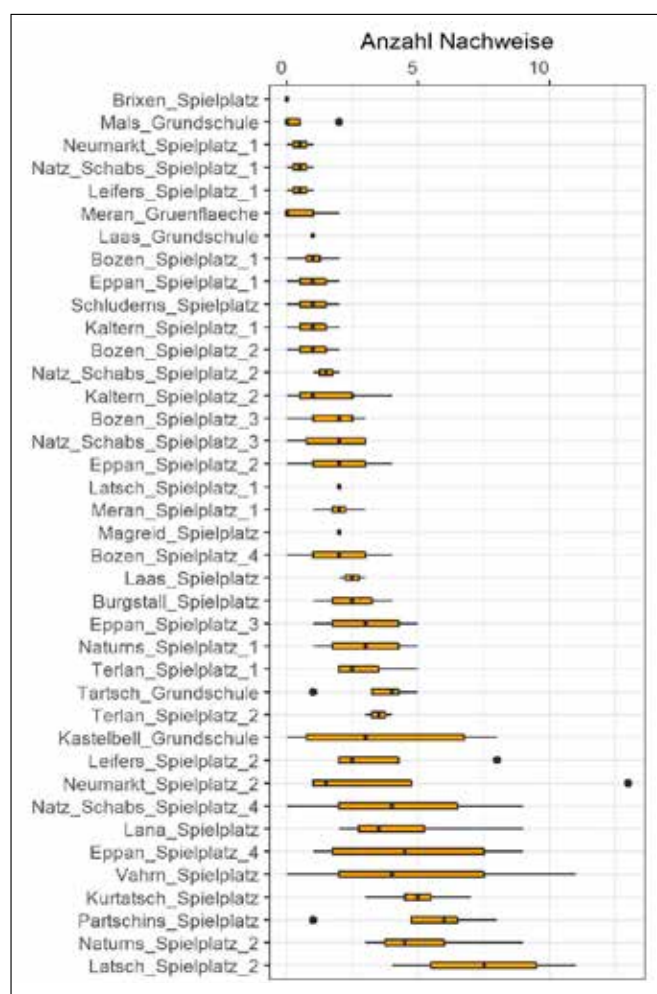
Um der Abdriftproblematik Rechnung zu tragen, wurden in den letzten Jahren Maßnahmen zur Reduktion der Abdrift eingeführt. Seit 2020 ist die Verwendung von Injektordüsen mit abdriftmindernden Eigenschaften für Südtiroler Landwirte verpflichtend. Als Teil des Nationalen Aktionsplans wurden zudem sogenannte „sensible Zonen“ ausgewiesen, in deren unmittelbarer Nähe zusätzliche Auflagen gelten. Sensible Zonen umfassen öffentliche Parks, Sportplätze, Erholungsflächen, Schulgelände, Kindergärten,

Flächen von Gesundheitseinrichtungen und Spielplätze.

Studie zur Abdrift

In der hier vorgestellten Studie haben wir die gesammelten Daten aus vier Jahren (2018-2021) von 33 Spielplätzen, 4 Schulen, einer Kinderkrippe und einer öffentlichen Grünfläche genutzt, um folgende Fragen zu beantworten:

1. Können PSM-Rückstände auf öffentlichen Plätzen in Südtirol nachgewiesen werden, und wenn ja, in welcher Konzentration?
2. Stammen die meisten nachgewiesenen Wirkstoffe aus der Landwirtschaft oder gibt es weitere Quellen?
3. Gibt es in den letzten Jahren einen Trend bezüglich der Anzahl der nachgewiesenen Rückstände und ihrer Konzentration, insbesondere im Hinblick auf die eingeführten Maßnahmen zur Reduzierung der Abdrift?



Grafik 2:
Anzahl an Nachweisen für jeden Standort im Zeitraum 2018 bis 2021. Die Streuung der Boxplots basiert auf den Nachweisen pro Jahr.

Versuchsaufbau

Das Monitoring geht auf eine Pilotuntersuchung aus dem Jahr 2014 zurück. Der Südtiroler Sanitätsbetrieb startete damals ein Monitoring zur Abdrift bzw. zu den PSM-Rückständen auf ausgewählten sensiblen Zonen. Nur Flächen, auf denen Rückstände nachgewiesen wurden, nahmen wir in unser weiterführendes Monitoringprogramm auf. Daher spiegelt unsere Studie Flächen mit eher überdurchschnittlichen Rückstandskonzentrationen wider. Alle 39 Flächen befinden sich im Talboden von Südtirol und in unmittelbarer Nähe zu einer landwirtschaftlichen Produktionsfläche. Der Abstand zwischen den Probenstandorten und der Grenze einer Obst- oder Weinbaufläche lag zwischen 0 und 450 Metern (Spielplätze in der Innenstadt). Diese unmittelbare Nähe zu den möglichen Quellen bedeutete hier ebenfalls ein erhöhtes Potenzial, von Abdrift betroffen zu sein. Auf allen Flächen wurden mehrmals im Jahr Grasproben genommen, die anschließend im Labor auf Rückstän-

de untersucht wurden. Das EU-Recht definiert eine Konzentration von 0,01 mg/kg (entspricht 0,01 ppm) als die niedrigste Bestimmungsgrenze, unterhalb derer sich die Menge eines Wirkstoffs nicht mehr zuverlässig messen lässt. Aus diesem Grund werden sie in der Messtechnik als „unmessbar“ oder „nicht nachweisbar“ (n.d. = non detectable) bezeichnet. Alle Konzentrationen, die größer sind als dieser Wert, sind per Definition ein „Nachweis“.

Wirkstoffe, Konzentrationen und Häufigkeiten

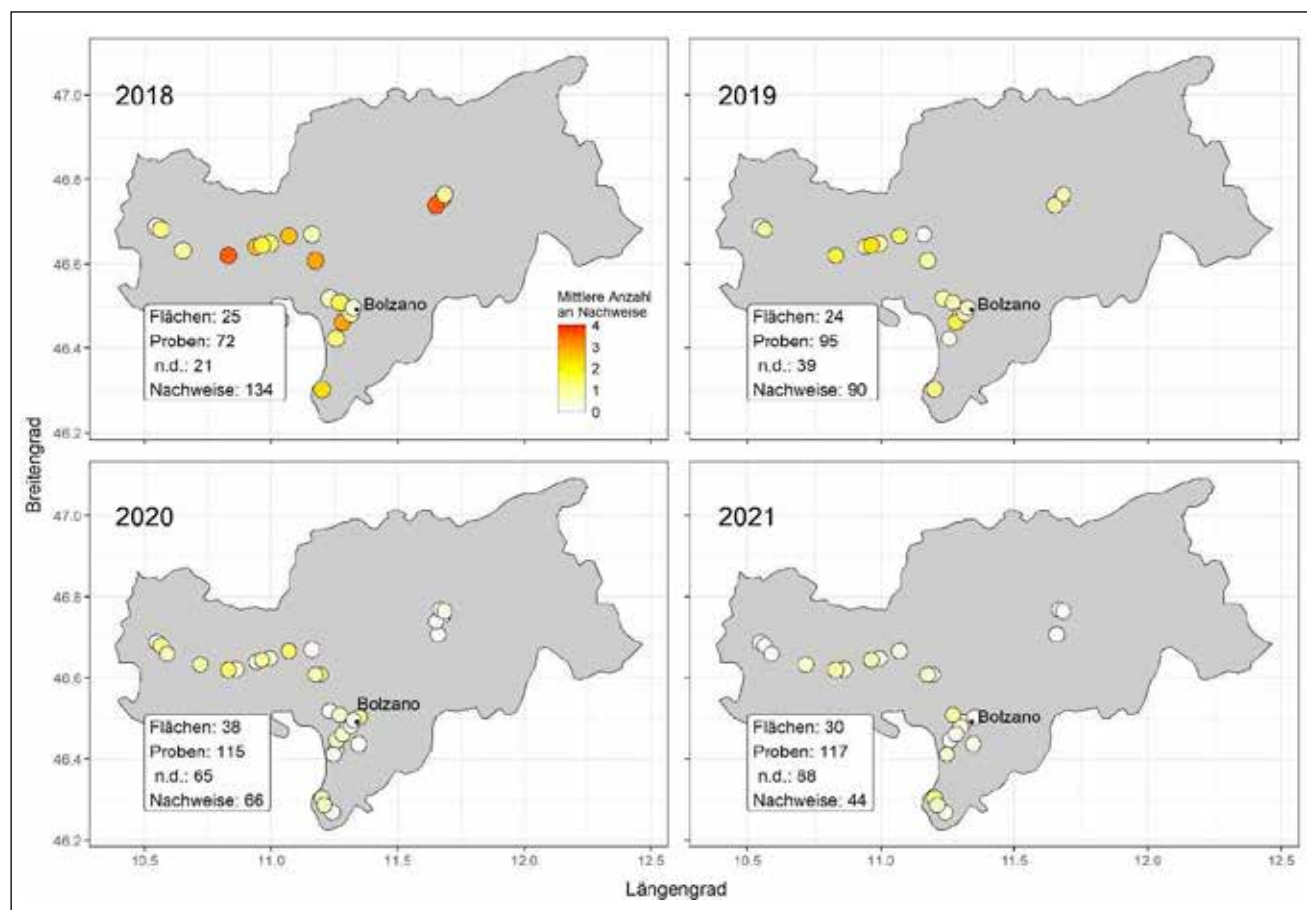
Ein zentrales Ziel dieser Studie war es, die Ergebnisse umfassend, transparent und nachvollziehbar darzustellen. Grafik 1, S. 6, ist ein zentrales Element unserer Studie, da sie alle gefundenen Wirkstoffe und deren Konzentrationen, Häufigkeiten und Fundzeitpunkte (Mo-

nat) abbildet. Für jeden nachgewiesenen Wirkstoff sind die gefundenen Konzentrationen angegeben (Teil A), deren Häufigkeit, also wie oft (Teil B) und in welchem Monat (Teil C) sie gefunden wurden. Die Größe des Punkts gibt die Häufigkeit für den entsprechenden Monat an. Für jeden Monat ist noch die Gesamtzahl an Probenahmen (Summe 2018-2021) abgebildet (Teil D). Hierzu ein Beispiel: Fluazinam ist der am häufigsten nachgewiesene Wirkstoff (89 Mal, 22% aller Proben). Dies wird durch die Höhe des Balkens dargestellt (Teil B). Der darunter liegende Boxplot zeigt die Verteilung aller 89 Konzentrationen an. Die mittlere Konzentration war 0,05 mg/kg (Zahlen in Teil A). Fluazinam wurde in den Monaten Mai, Juni und Juli gefunden (Teil C). Zusätzlich sind die Wirkstoffe anhand ihrer Häufigkeit von unten nach oben angeordnet. Es ist leicht zu

erkennen, dass Fluazinam und Captan die am häufigsten nachgewiesenen Wirkstoffe sind. Bei der Konzentration fällt sofort Chlorpyrifos auf. Von insgesamt zwei Nachweisen hatte ein Nachweis die höchste Konzentration in dieser Studie (0,71 mg/kg), gefolgt von Captan (0,68 mg/kg). Die durchschnittliche Konzentration aller Nachweise betrug 0,0645 mg/kg (SD: $\pm 0,1013$ mg/kg).

Hinsichtlich der Klassifizierung der gefundenen Wirkstoffe findet der Großteil (>90%) im Obstbau Verwendung. Es handelt sich um 25 Fungizide, 10 Insektizide, 1 Herbizid und 2 Wirkstoffe, die zur Insektenabwehr außerhalb der Landwirtschaft eingesetzt werden. Einer davon, DEET, ist z.B. im Mittel „Autan“ enthalten, der zweite, Permethrin ist ebenfalls Bestandteil verschiedener Produkte, die zur Abwehr von Parasiten (bei Tier und Mensch) wie Zecken

Grafik 3: Entwicklung nachgewiesener Rückstände pro Ort von 2018 bis 2021. Die Farbgebung gibt die durchschnittliche Anzahl der nachgewiesenen Rückstände (Anzahl der Rückstände/Probenahme) für den jeweiligen Standort wieder. Die Ergebnisse reichen von keinem Nachweis („n.d.“; weiß) bis zu einem Maximum von 3,7 Rückständen (rot).



und Läuse, Anwendung finden. Der landwirtschaftliche Ursprung der gefundenen Wirkstoffe deckt sich auch mit den Zeitpunkten (Monaten) der Nachweise, die in die behandlungsintensiven Zeiten fielen. Die meisten Rückstände wurden im Mai gefunden (48,5%), gefolgt von Juli (24,3%), Juni (9,0%) und September (8,4%). Natürlich spielt hier auch das Abbauverhalten der Wirkstoffe eine wichtige Rolle. Die Halbwertszeit (DT50 Boden), ein Maß für das Abbauverhalten, beträgt für Captan beispielsweise 0,8 Tage, während die Halbwertszeit von Fluazinam 124 Tage beträgt. Dies könnte erklären, warum Fluazinam der am häufigsten nachgewiesene Wirkstoff war.

Regelmäßiges Muster

Die durchschnittliche Anzahl der gefundenen Rückstände pro Standort und Probenahme betrug 0,83 (SD: $\pm 1,34$). Allerdings gab es große Unterschiede in der Art und Anzahl der gefundenen Rückstände an den verschiedenen Standorten. Bei der Betrachtung der Anzahl der gefundenen Rückstände pro Jahr zeigte sich zudem ein regelmäßiges Muster: Es gab Standorte, an denen keine oder nur wenige Rückstände gefunden wurden, und Standorte, an denen bei jeder Probenahme

vergleichsweise hohe Rückstandszahlen auftraten (Grafik 2, S. 7).

Die Ursache für diesen Trend ist noch nicht genau analysiert. Faktoren wie Topografie, Entfernung zwischen Spielplätzen und Obst- und Rebanlagen, Mikroklima und Luftturbulenzen beeinflussen die Sprühnebelverteilung und somit die Menge an Rückständen. Da die Topografie und das Mikroklima sich in Südtirol sehr kleinräumig unterscheiden, ist davon auszugehen, dass die Ursachen für die Abdrift ebenfalls kleinräumig variieren. Nichtsdestotrotz kann man davon ausgehen, dass eine der wichtigsten Ursachen für dieses Muster die Handhabung von Pflanzenschutzmitteln und die landwirtschaftliche Praxis sind.

Deutliche Abnahme

Um herauszufinden, ob es im Lauf der Jahre Veränderungen gab, haben wir den zeitlichen Verlauf der Rückstände analysiert. Von 2018 bis 2021 ist die durchschnittliche Anzahl (Jahressumme pro Standort) der gefundenen Rückstände signifikant von 5,36 (SD: $\pm 3,35$) auf 1,46 (SD: $\pm 1,25$) gesunken, was einem Rückgang von 72% entspricht. Analog dazu sank die durchschnittliche Zahl der Nachweise pro Probe von 1,86 (2018) auf 0,38

(2021), bei gleichzeitiger Zunahme der Probenahmen pro Jahr. Dieser Trend ist in Grafik 3 dargestellt.

Die nachgewiesenen Konzentrationen folgten ebenfalls diesem Trend. Von 2018 bis 2021 ist die durchschnittliche Konzentration signifikant um 78% gesunken, von 0,055 mg/kg (SD: $\pm 0,10$) auf 0,012 mg/kg (SD: $\pm 0,03$). Somit lag 2021 die durchschnittliche Konzentration fast auf der Bestimmungsgrenze. Die Abnahme der Anzahl und Konzentration der Rückstände von 2018 bis 2021 deutet darauf hin, dass die Maßnahmen zur Verringerung der Abdrift erfolgreich waren. Aus den vorliegenden Daten lässt sich zwar der Effekt der einzelnen Maßnahmen nicht ableiten, aber ein so starker Rückgang lässt sich nur durch die gesamten Bemühungen der letzten Jahre erklären.

Abschätzung möglicher gesundheitlicher Risiken

Ein wichtiger Aspekt der Belastung von Nicht-Zielflächen ist das mögliche Gesundheitsrisiko für den Menschen. Allgemein ist für die Risikobewertung die sogenannte „Konzentrations-Wirkungs-Beziehung“ von zentraler Bedeutung. Sie geht auf den Schweizer Arzt und Alchemisten Paracelsus zurück, der im 16. Jahrhundert die fundamentale Aussage prägte: „Alle Dinge sind Gift und nichts ist ohne Gift; allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist“. Diese Aussage wird oft als Grundlage für die moderne Toxikologie angesehen, und die Konzentration ist daher entscheidend für die Risikobewertung von Substanzen.

Eine vollständige Risikobewertung ist mit zahlreichen aufwändigen Tests verbunden und war nicht Teil dieser Studie. Trotzdem kann eine grobe Schätzung der toxikologischen Relevanz der gefundenen Rückstandskonzentrationen durch einen Vergleich mit den zulässigen Höchstmengen bei Lebensmitteln vorgenommen werden. Für jeden PSM-Wirkstoff gibt es gesetzlich festgelegte Rückstandshöchst-mengen (MRL = Maximum Residue Level), die auf und in landwirtschaftli-



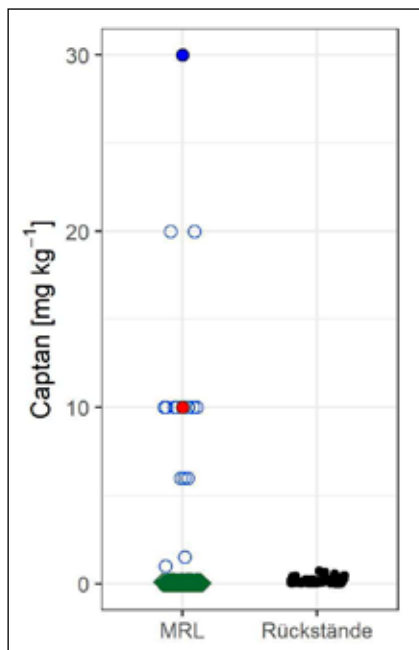
In der Nähe von Kinderspielplätzen ist beim Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln besondere Vorsicht geboten.

Stichwort Boxplot

Ein Boxplot ist ein Diagramm, um die Verteilung von Daten darzustellen. Die Box beinhaltet 50% der Datenpunkte, wobei das untere Ende 25% und das obere Ende 75% der Datenpunkte einschließt. Die horizontale Linie, repräsentiert den Median, er ist sozusagen der Mittelpunkt der Daten. Über ihm und unter ihm liegen 50% der Daten. Die vertikalen Linien (Whisker), die von den Boxen zu den höchsten und niedrigsten Werten reichen, beschreiben die Datenpunkte von 0-25% und von 75% bis 100% (ohne Ausreißer). Ein Boxplot ermöglicht es, die Verteilung der Daten, den Mittelwert, die Symmetrie und mögliche Ausreißer schnell zu erkennen. Ausreißer werden als Punkte dargestellt. Sie sind Extremwerte die weit außerhalb eines berechneten Intervalls liegen.

chen Produkten erlaubt sind. Der MRL liegt immer unter toxikologischen Referenzwerten wie beispielsweise der lebenslang erlaubten Tagesdosis (ADI). Bei vorhandener Zulassung gibt es für jeden Wirkstoff und für jedes landwirtschaftliche Produkt (Lebens- und Futtermittel) einen eigenen MRL-Wert. Für Lebens- und Futtermittel, auf und in denen der Wirkstoff nicht zugelassen ist, wird der MRL-Wert auf die Grenze der analytischen Bestimmbar-

Grafik 4: Vergleich von zulässigen Höchstmengen (MRLs) in 244 Agrarprodukten mit den gefundenen Captan-Rückständen (schwarze Punkte) auf Grasproben. Grüne Rechtecke stehen für MRL für Agrarprodukte, für die es keine Captan-Zulassungen gibt, offene Kreise für solche mit Zulassung. Rote Punkte stehen für die MRL auf Äpfeln, blaue auf Heidelbeeren.



keit festgelegt (0,01 mg/kg), d.h. die Produkte müssen analytisch frei von diesem Wirkstoff sein. Dies gilt auch in einigen Fällen für Pflanzenschutzmittel mit Zulassung und schnellem Abbauverhalten. Nach sachgerechter Anwendung (Gute Landwirtschaftliche Praxis) sollten sie bis zur Ernte vollständig abgebaut und nicht mehr nachweisbar sein. Damit das Lebensmittel in den Verkehr gebracht, also verkauft werden kann, müssen alle Rückstände unter den MRLs liegen.

Da Gras kein Lebensmittel für den Menschen ist, gibt es dafür keine MRLs. Um trotzdem einzuschätzen, um welche Größenordnung es sich bei den nachgewiesenen Rückstandskonzentrationen handelt, verglichen wir diese mit MRLs von anderen Lebensmitteln. Stellvertretend für alle Wirkstoffe erklären wir diese Vorgehensweise für den Wirkstoff Captan mit Grafik 4. Die schwarzen Punkte zeigen die nachgewiesenen Konzentrationen von Captan auf den Grasproben. Gegenüber stehen alle verfügbaren MRLs (244 Agrarprodukte). Grüne Rauten stehen für die MRLs von Agrarprodukten, für die keine Zulassung von Captan vorliegt, wie beispielweise Blattsalat. Blaue Kreise stehen für die MRLs eines Agrarprodukts mit einer Zulassung. Wir haben hier als Beispiel „Heidelbeeren“ (blauer Punkt) und „Apfel“ (roter

Punkt) hervorgehoben. Bei Heidelbeeren liegt der maximale Rückstandshöchstgehalt für Captan bei 30 mg/kg und bei Äpfeln bei 10 mg/kg. Die nachgewiesenen Rückstände auf den Grasproben hatten eine vielfach geringere Konzentration. Sie lagen nahe der Nachweisgrenze. Dies traf auf den Großteil der restlichen 38 Wirkstoffe ebenso zu. Daraus leiten wir ab: Wenn die Rückstandskonzentrationen auf Gras und die MRLs in einer vergleichbaren Größenordnung liegen, dann sind negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit unwahrscheinlich. Zudem ist Gras nicht Bestandteil der menschlichen Ernährung, und eine Absorption von Wirkstoffen über die Haut ist normalerweise viel geringer als über das Verdauungssystem (ca. 1/10).

Schlussfolgerungen

Der beobachtete Rückgang von PSM-Rückständen innerhalb weniger Jahre zeigt die Wirkung der abdriftmindernden Ausbringungstechnik. Aus der Variabilität der verbliebenen Rückstände an den verschiedenen Standorten lesen wir Hinweise heraus, wie wichtig die professionelle Anwendung der abdriftmindernden Maßnahmen ist. Das ist ein entscheidender Punkt, mit Potenzial für eine weitere Rückstandsreduktion. Daher schlagen wir vor, weitere abdriftreduzierende Maßnahmen zu entwickeln, um die Belastung von Nicht-Zielflächen zu minimieren. Schließlich ist die Entwicklung und Umsetzung integrierter und präventiver Maßnahmen zur Reduzierung der Gesamtmenge an ausgebrachten Pflanzenschutzmitteln eine unvermeidliche Strategie für eine nachhaltigere Landwirtschaft. 🍏 🍇

ulrich.prechsl@laimburg.it

Dieser Artikel basiert auf einer wissenschaftlichen Veröffentlichung, die im Dezember 2022 im Wissenschaftsmagazin „Frontiers in Environmental Sciences“ veröffentlicht wurde. Bei dem vorliegenden Artikel handelt es sich um eine vereinfachte und unvollständige Version. Der Originalartikel „Long-term monitoring of pesticide residues on public sites: A regional approach to survey and reduce spray drift“ ist unter dem folgenden Link öffentlich zugänglich: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.1062333/full>