



Endgültig, 28.04.2025, für das Gesundheitsdepartement des Kantons Wallis

Pestizidexposition über die Luft und Atemwegsgesundheit von Schulkindern im Wallis, Schweiz (PARVAL)

Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse und Empfehlungen

Verfasser: Lucienne Zinsstag, Anouk Petitpierre, Aline Berweger, Noémie Pidoux, Christine Dalla Pola, Dr. Medea Imboden, PD Dr. Christian Schindler, Prof. Nicole Probst Hensch, Prof. Samuel Fuhrimann*

Kontakt:

*Projektkoordination:

Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut
Kreuzstrasse 2
4123 Allschwil
Schweiz
www.swisstph.ch

Prof. Samuel Fuhrimann

Epidemiologie und Gesundheitswesen
(Epidemiology and Public Health)
Gruppenleiter: Gruppe Landwirtschaftliche
Gesundheit
Tel.: +41 61 284 86 19
E-Mail: samuel.fuhrimann@swisstph.ch

Projektfinanzierung:

Gesundheitsdepartement Wallis
Avenue de la Gare 23
1950 Sitten
Schweiz
<https://www.vs.ch/de/web/ssp>

Schweizerischer Nationalfonds (SNF)

SNSF Starting Grant (Grant-Nummer
TMSGI3_211325)
SDG Collaborative Funding Call von SNF, NRF und FORMAS (Grant-Nummer:
40CF40_221709)



Swiss Tropical and Public Health Institute
Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut
Institut Tropical et de Santé Publique Suisse
Associated Institute of the University of Basel

INHALT

Inhalt	2
Zusammenfassung	3
Einleitung.....	5
Allgemeine Methode	6
Studiendesign und Auswahl der Teilnehmenden	6
Datenerhebung	7
Merkmale der Studienpopulation	10
Ergebnisse	12
Welchen Pestiziden sind die Kinder der Studie über die Luft ausgesetzt?	12
Was sind die potenziellen Risikofaktoren für die Exposition gegenüber spezifischen Pestiziden und mit unterschiedlicher Intensität?	15
Besteht ein Zusammenhang zwischen der gemessenen Pestizidexposition und akuten Atemwegssymptomen?	17
Besteht ein Zusammenhang zwischen der gemessenen Pestizidexposition und Veränderungen der Lungenfunktion?.....	17
Diskussion	18
Welchen Pestiziden sind die Kinder über die Luft ausgesetzt?	18
Was sind die potenziellen Risikofaktoren für die Exposition gegenüber spezifischen Pestiziden und mit unterschiedlicher Intensität?	19
Besteht ein Zusammenhang zwischen den gemessenen Pestiziden und Angaben über akute Atemwegssymptome?.....	20
Besteht ein Zusammenhang zwischen den gemessenen Pestiziden und Veränderungen der Lungenfunktion?	20
Empfehlungen	21
Finanzierung.....	23
Interessenserklärung	23
Literaturverzeichnis	23

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung

Als Anstoss für diese Studie dienten Bedenken bezüglich der potenziellen Risiken für die Lungengesundheit bei der Verwendung von Pestiziden in landwirtschaftlichen Gebieten. 2023 beauftragte das Gesundheitsdepartement des Wallis das Schweizerische Tropen- und Public Health-Institut mit der Konzeption und Durchführung der PARVAL-Studie. Ziel war es, die Pestizidexposition und ihren kurzfristigen Zusammenhang mit der Atemwegsgesundheit (Symptome; Messung der Lungenfunktion) von Primarschulkindern, die in der Nähe von Wein- und Obstanbauflächen im Wallis, Schweiz, leben, zu untersuchen. Im Zuge der Studie konnte zwischen bekannten Auswirkungen auf die Atemwegsgesundheit aufgrund von Luftverschmutzung oder Pollen und pestizidbezogenen Effekten unterschieden werden, die weniger gut erforscht sind.

Tätigkeiten im Rahmen der Studie

Die Studie umfasste 206 Kinder zwischen sechs und 13 Jahren aus drei Schulen im Kanton Wallis, der von verschiedenen landwirtschaftlichen Tätigkeiten geprägt ist (hauptsächlich Weinberge in Salgesch und Chamoson und sowohl Wein- als auch Obstanbau in Saxon). In vier Messzeiträumen von Januar (keine Sprühsaison) über April und Mai bis Juni 2024 (Sprühsaison) sammelten die Forschenden Daten zur Pestizidexposition (und legten dabei den Schwerpunkt auf gebräuchliche Pflanzenschutzmittel, bei denen Auswirkungen auf die Atemwege vermutet werden), indem sie die Kinder aufforderten, Armbänder zu tragen und Urinproben abzugeben, um die Exposition gegenüber 83 unterschiedlichen Fungiziden, Insektiziden und Herbiziden zu beurteilen (welche 60 % der potenziell die Atemwege reizenden Pestizide darstellen, die 2020 in der Schweiz käuflich waren). Die Kinder führten anhand mobiler Spirometer Lungenfunktionstests durch. Die Eltern füllten Fragebögen über die Atemwegsgesundheit ihrer Kinder, die Bedingungen in den Haushalten und andere Risikofaktoren aus.

Wichtigste Erkenntnisse

Den Erkenntnissen ist zu entnehmen, dass die Exposition gegenüber einzelnen Pestiziden und Pestizidmischungen unter Kindern weit verbreitet ist. Von den 81 per Armband analysierten Pestiziden wurden 36 auf den Armbändern festgestellt und beide Biomarker, auf die das Urin überprüft wurde, wurden nachgewiesen. Im Durchschnitt waren die Kinder in allen vier Messungen zusammen 14 verschiedenen Pestiziden ausgesetzt. Die Anzahl der Pestizide auf den Armbändern war für die meisten Pestizide von April bis Juni 2024 (während der Sprühsaison für Pestizide) höher als im Januar (als nicht gesprüht wurde). Dies galt besonders für Kinder, die näher an Wein- und Obstanbauflächen lebten. Die Pestizidexposition der Kinder unterschied sich in den drei Wohngemeinden, was wahrscheinlich mit den verschiedenen Arten von Anbaupflanzen und der verwendeten Pestizidmenge zusammenhängt.

Es wurde kein Zusammenhang zwischen der Pestizidexposition der Kinder und Symptomen der Atemwege wie Husten oder Atembeschwerden festgestellt. Es gab kleine Einbussen bei bestimmten Messungen der Lungenfunktion in Zusammenhang mit einzelnen Pestiziden, doch diese Zusammenhänge waren instabil und hingen von der verwendeten Statistikmethode ab.

Schlussfolgerung

Pestizide, die in der Nähe von Wohnorten von Kindern beim Wein- und Obstanbau verwendet werden, sind ein Faktor, der zur Pestizidexposition von Kindern beiträgt. Die Studie lieferte keinen Nachweis dafür, dass die Pestizidexposition mit schweren kurzfristigen Symptomen der Atemwegsgesundheit in Verbindung stand. Um die beobachteten geringfügigen kurzfristigen Auswirkungen spezifischer Pestizide auf die Lungenfunktion zu bestätigen, sind grösser

angelegte Studien notwendig, in denen ebenfalls die Auswirkungen von Pestizidmischungen und die langfristigen Auswirkungen untersucht werden sollten.

Aufgrund der Ergebnisse ist hervorzuheben, dass im Rahmen einer Strategie zur Risikominderung ein kontinuierliches Pestizidmonitoring und die Überwachung der Gesundheit sowie Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Kinder wichtig sind. Langfristigere Forschung, auch anhand grösserer Gruppen von Studienteilnehmenden, ist unabdingbar, um das Expositionsniveau gegenüber Pestiziden und die potenziellen umfassenden gesundheitlichen Auswirkungen in verschiedenen Bevölkerungsgruppen festzustellen. Eine langfristige Studie über 100'000 Kinder und Erwachsene, die in der Schweiz leben, wird aktuell unter der Leitung des Bundesamts für Gesundheit und der schweizerischen Wissenschaftsgemeinschaft des Bereichs Gesundheitswesen entwickelt. Diese Studie würde den Zweck des dringend notwendigen Chemikalien- und Gesundheitsmonitorings am Menschen erfüllen.

Empfehlungen zur Verringerung der Pestizidexposition

Zur Verringerung der Pestizidexposition wird landwirtschaftlich tätigen Personen empfohlen, fortschrittliche Sprühtechnologien anzuwenden, die Sprühnebelabdrift zu minimieren und gleichzeitig die Anwendungshinweise auf dem Etikett des Pestizids einzuhalten (z.B. Windgeschwindigkeit, Pufferzonen). Eltern, die Pestiziden beruflich ausgesetzt sind, sollten es vermeiden, Kleidung mit nach Hause zu bringen, auf der pestizidhaltiger Staub transportiert wird. Die Ergebnisse könnten als Ausgangspunkt für einen offenen Dialog – etwa durch Informationsveranstaltungen – zwischen in der Landwirtschaft tätigen Personen, staatlichen Stellen und den betroffenen Gemeinschaften dienen, wobei über das Sprühen von Pestiziden informiert, das Verständnis der potenziellen Risiken und Vorteile gefördert und Strategien für eine Minimierung der Exposition diskutiert werden könnten. Die Behörden sollten Monitoringprogramme zur langfristigen Pestizidexposition und den Gesundheitsauswirkungen durchführen und unterstützen.

EINLEITUNG

Menschen, die in der Nähe landwirtschaftlicher Flächen leben, sind Pestiziden auf verschiedene Art und Weise ausgesetzt, etwa durch Pestizidabdrift in der Luft, Rückstände, die auf der Kleidung mit nach Hause gebracht werden, oder über die aufgenommene Nahrung (Hyland & Laribi, 2017). Diese Exposition kann die Atemwegsgesundheit potenziell schädigen, insbesondere bei besonders gefährdeten Bevölkerungsgruppen wie Kindern (Gilden et al., 2023). In der Schweiz wurden 2023 206 verschiedene Pestizide für die Landwirtschaft verkauft (BLW, 2023); 2020 waren es noch 239. Dies zeugt vom Fortschritt bei der Verringerung der Pestizidanwendung in der Schweiz (BLW, 2024). Auf Wein- und Obstanbauflächen werden die meisten Pflanzenschutzmittel verwendet, etwa 25 kg pro Hektar pro Jahr (BLW, 2024). Die Menge und Art der verwendeten Pflanzenschutzmittel hängt jedoch vom landwirtschaftlichen Betrieb, der landwirtschaftlichen Methode (z.B. konventionell vs. biologisch), den Anbaupflanzen und der Region ab, da unterschiedliche Schädlinge verschiedene Gebiete befallen. Die Rückverfolgung der Pestizidexposition in spezifischen Regionen ist wichtig, da es noch keine ausreichenden Kenntnisse darüber gibt, in welchem Ausmass Menschen in landwirtschaftlichen Gebieten Pestiziden oder möglichen gesundheitlichen Auswirkungen, wie Atembeschwerden, ausgesetzt sind (Van Horne et al., 2022). In der Schweiz gibt es 1) kaum Daten zur Pestizidexposition und 2) keine Daten zur Auswirkung von Pflanzenschutzmitteln auf die menschliche Gesundheit, was teilweise daran liegt, dass es nicht genug Programme zum Pestizidmonitoring innerhalb der Bevölkerung gibt (Probst-Hensch et al., 2022). Die fehlende Datengrundlage macht es schwieriger, fundierte Entscheidungen zur Pestizidregulierung zu treffen, Sicherheitsmassnahmen zu verbessern und den schweizerischen nationalen «Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln» umzusetzen (BLW, 2017).

Im Wallis, einer Region der Schweiz, die für ihren Wein- und Obstanbau bekannt ist, wurden öffentlich Bedenken über die Pestizidexposition in der Luft und ihre potenziellen Auswirkungen auf die Atemwegsgesundheit von Kindern laut. Bei ökologische Beurteilungen von Regen und Luft in der Nähe landwirtschaftlicher Gebiete im Wallis wurden 2020 verschiedene Pflanzenschutzmittel nachgewiesen, die die Atemwege potenziell reizen (z.B. die Fungizide Cyprodinil, Dimethomorph, Propiconazol und Tebuconazol sowie die Herbizide Diuron, Terbuthylazin und 2,4-D) (BAFU, 2022; Carbotech, 2021; Lewis et al., 2016). In der Schweiz gibt es bisher jedoch noch keine Studien, in denen die Pestizidexposition oder die gesundheitlichen Risiken für Anwohner von landwirtschaftlichen Flächen beurteilt wurden.

2023 beauftragte das Gesundheitsdepartement des Wallis das Schweizerische Tropen- und Public Health-Institut mit der Beurteilung der Pestizidexpositionsmuster und der Untersuchung ihrer möglichen Auswirkungen auf die akute Atemwegsgesundheit von Primarschulkindern, die in der Nähe von Wein- oder Obstanbauflächen leben. Auf der Grundlage der Studienerkenntnisse und des Fachwissens des Forschungsteams werden am Ende des Berichts Empfehlungen formuliert. Die vom 08.01.2024 bis zum 31.12.2024 durchgeführte Studie verfolgte zwei Hauptziele und war darauf ausgerichtet, vier zentrale Forschungsfragen zu beantworten:

Primäres Ziel: Messung der Pestizidexposition über die Luft von Primarschulkindern, die in der Nähe von Wein- und Obstanbauflächen leben

Zentrale Fragen:

1. Welchen Pestiziden sind die Kinder über die Luft ausgesetzt?
2. Welche Faktoren sind Indikatoren für die Pestizidexposition von Kindern über die Luft in der Nähe von Wein- und Obstkulturen?

Sekundäres Ziel: Beurteilung der Art und Weise, wie sich Pestizidexposition über die Luft in verschiedenen Jahreszeiten auf die Atemwegsgesundheit von Kindern, einschliesslich

Symptome der Atemwege und Lungenfunktion, auswirkt, wobei die Werte um Einfluss von Pollen und Luftverschmutzung korrigiert werden

Zentrale Fragen:

3. Steht Pestizidexposition über die Luft mit von den Eltern berichteten Atemwegssymptomen bei Kindern in Verbindung?
4. Steht Pestizidexposition über die Luft mit einer Verminderung der Lungenfunktion in Verbindung?

Darüber hinaus und insbesondere aufgrund der Ergebnisse dieser Studie hat das Gesundheitsdepartement des Wallis das Schweizerische TPH beauftragt, Empfehlungen darüber zu formulieren, wie, wenn nötig, die Pestizidexposition über die Luft bei Kindern, die in der Nähe von Wein- und Obstanbauflächen leben, verringert und mögliche Auswirkungen auf die Gesundheit der Kinder abgemildert werden können.

ALLGEMEINE METHODE

Studiendesign und Auswahl der Teilnehmenden

In der Studie wurden die Pestizidexposition über die Luft und die Atemwegsgesundheit von Primarschulkindern der **Klassenstufen 3H bis 8H** untersucht. **Die Studie wurde** in drei Primarschulen in den Gemeinden Chamoson, Saxon und Salgesch im Kanton Wallis, Schweiz, **durchgeführt (Abbildung 1)**. Diese drei Schulen wurden aufgrund der hohen Wein- und Obstanbaudichte im Umkreis von einem Kilometer unter den 145 Primarschulen des Kantons Wallis ausgewählt. Zielgruppe der Studie waren alle 785 Kinder dieser drei Primarschulen. Nach der ethischen Genehmigung durch die Waadtländer Kantonale Ethikkommission am 16. November 2023 wurden die Kinder im November und Dezember 2023 für die Studie rekrutiert. Die Daten wurden während vier Messzeiträumen erhoben: Eine Messung der Ausgangslage (B, «baseline») in der Nicht-Sprühsaison (8. Januar bis 9. Februar 2024) und drei Folgezeiträume (A1-A3) in der Pestizidsprühsaison (8. April bis 21. Juni 2024) (**Abbildung 2**).

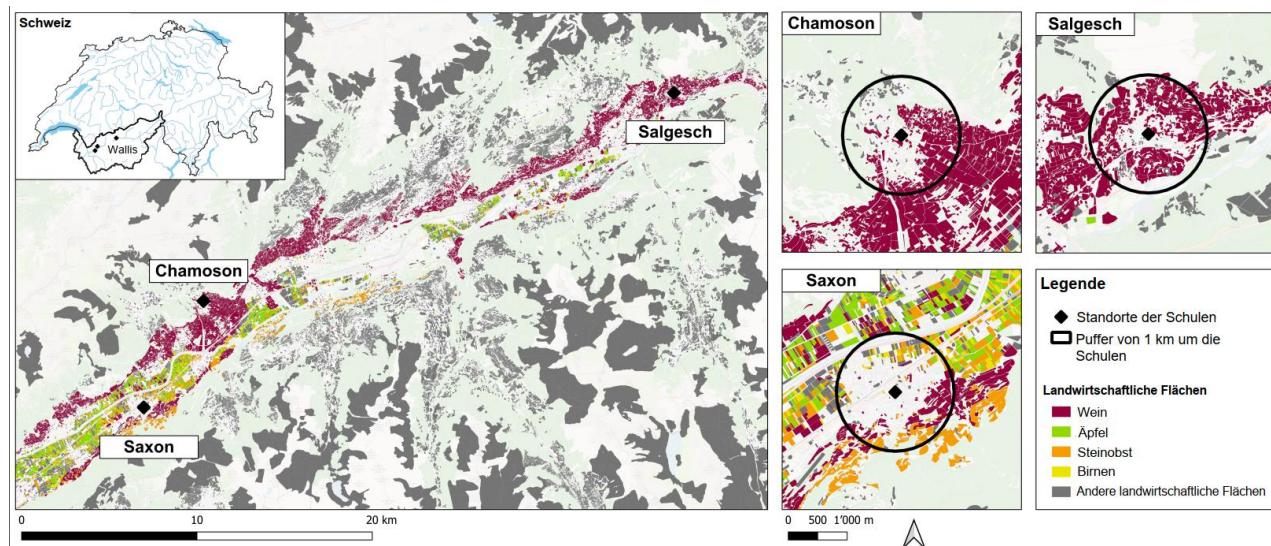


Abbildung 1: Auf der Karte sind die drei Dörfer Saxon, Chamoson und Salgesch sowie die ausgewählten Schulen und die umliegenden landwirtschaftlichen Flächen einschliesslich Wein- und Obstkulturen zu sehen.

Datenerhebung

Nach jedem der vier Messzeiträume füllten die Eltern der teilnehmenden Kinder einen Online-Fragebogen aus (**Abbildung 2**). Der Fragebogen enthielt Fragen zum familiären Hintergrund, dem Wohnort, zur möglichen Pestizidexposition (z.B. beobachteter Pestizideinsatz, Haushaltsanwendung) und zur Atemwegsgesundheit des Kindes. Die gesundheitsbezogenen Fragen beruhten auf dem Fragebogen einer bekannten Asthma- und Allergiestudie, der *International Study of Asthma and Allergies in Childhood* (ISAAC, «Internationale Studie zu Asthma und Allergien in der Kindheit») (Asher et al., 1995; Braun-Fahrlander et al., 1997). Bei 206 Kindern, die zufällig ausgewählt wurden, wurden während jedes Messzeitraums weiterführende Tests durchgeführt, um die Pestizidexposition zu messen und die Atemwegsgesundheit zu überprüfen. Diese Tests umfassten die folgenden Schritte (siehe **Abbildung 1**):

- **Pestizidexposition:** Zur Messung der Pestizidexposition trugen die Kinder während der Messwoche Silikonarmbänder (Fuhrimann et al., 2021). Am Ende jeder Woche (Tag 8) wurden Urinproben gesammelt, um auf zwei Pestizidbiomarker zu testen, die nicht mit den Armbändern nachgewiesen werden konnten (Norén et al., 2020).
- **Lungenfunktion:** Die Kinder verwendeten Spirometer zur Messung ihrer Lungenfunktion (MIR, 2019). Diese Messungen wurden unter der Aufsicht eines geschulten Forschers an den Tagen 1 und 8 sowie unter elterlicher Aufsicht abends zu Hause durchgeführt (zwischen 18 Uhr und 21 Uhr; Ergebnisse sind nicht Teil dieser Studie, sondern einer anschliessenden Doktorarbeit).
- **Grösse und Gewicht:** Die Grösse und das Gewicht der Kinder wurden an Tag 1 jedes Messzeitraums gemessen.
- **Luftverschmutzung und Pollen:** Die Daten wurden den bestehenden Messstationen entnommen.

(a) Messzeiträume



(b)



Messwoche	Total n= 206	Wochentag 1	Wochentag 2-7	Wochentag 8	Messergebnisse
Online Fragebogen für Eltern					<ul style="list-style-type: none"> • Akute Atemwegssymptome • Soziodemografie • Eigenangaben zur Pestizidexposition
Armbänder	Individuell n=206				81 untersuchte Pestizide [ng/g] Beginn der Messung Tag 1, Ende Tag 8
	Stationär zu Hause n=52 in der Schule n=3				
Urinproben					2 untersuchte Pestizidbiomarker [ng/ml]
Spirometrie	Beaufsichtigt in der Schule				Lungenfunktion <ul style="list-style-type: none"> • FEV₁ [L/s] • FVC [L] • FEF₂₅₋₇₅ [L/s] • PEF [L/s]
	Unbeaufsichtigt zu Hause (Daten sind nicht Teil dieses Berichts)				
Anthropometrie					Grösse [cm] Gewicht [kg]

Abbildung 2: (a) zeigt die allgemeine Planung der Studie, einschliesslich der Gesamtzahl der Kinder, die bei der Analyse berücksichtigt wurden, (n = 206) und der beiden Phasen (Nicht-Sprüh- und Sprühsaison) mit den insgesamt vier Messzeiträume. (b) zeigt die Messungen an den Kindern während der weiterführenden Tests.

Auswahl und Messung der Pestizide:

Es wurden insgesamt 81 Pestizide und zwei Urinbiomarker für die Analyse per Armband und Urinprobe ausgewählt. Das Auswahlverfahren erfolgte anhand eines mehrstufigen Ansatzes auf der Grundlage der folgenden Kriterien (Abbildung 3):

- **Verfügbarkeit auf dem Markt:** 2020 in der Schweiz käufliche und grösstenteils noch heute verwendete Pestizide (BLW, 2023).
- **Relevanz für die Atemwegsgesundheit:** Pestizide, bei denen erwiesen ist oder die im Verdacht stehen, die Atemwege zu reizen, sowie Pestizide, deren toxikologische Angaben in der *Pesticides Properties Database* (Datenbank zu den Eigenschaften von Pestiziden) fehlen (Lewis et al., 2016).
- **Analytische Machbarkeit:** Pestizide, die anhand der verfügbaren Analysemethoden zuverlässig nachgewiesen werden konnten.

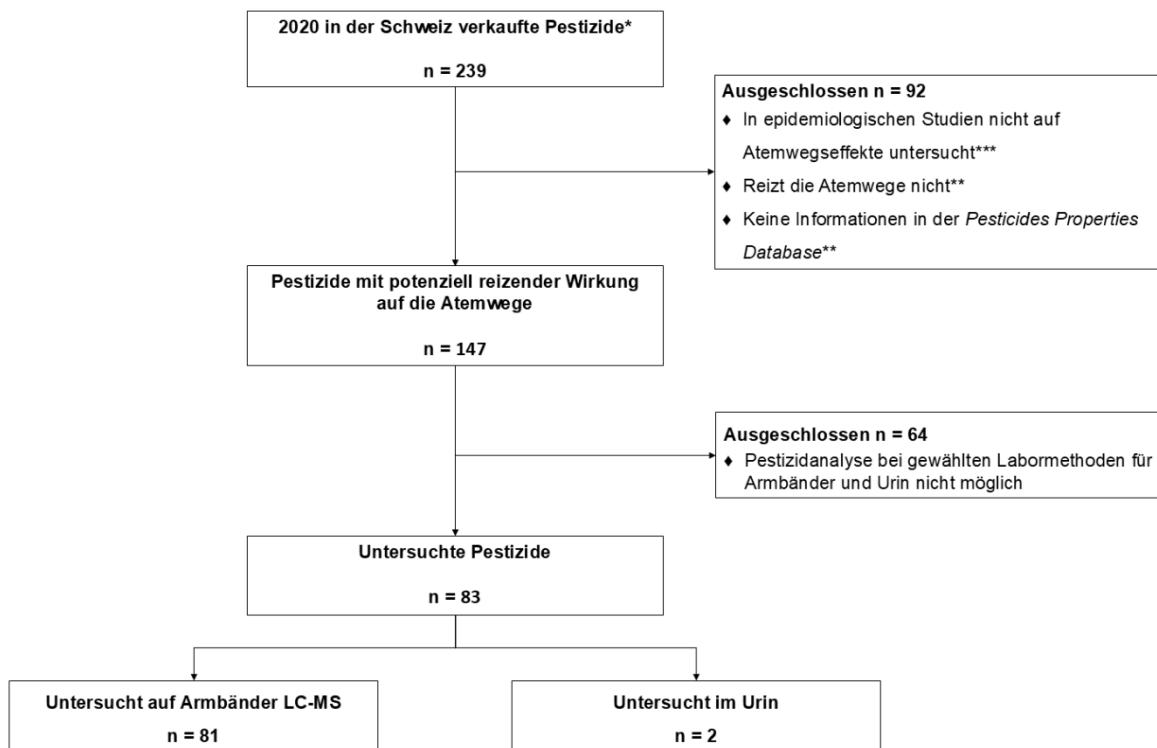


Abbildung 3: Flussdiagramm, das die Auswahl der untersuchten Pestizide für die Armband- und Urinanalyse darstellt, mit den aufeinanderfolgenden Schritten und den bei jedem Schritt angewendeten Kriterien. * Die untersuchten Pestizide wurden aufgrund der zum Auswahlzeitpunkt aktuellsten verfügbaren Daten (2020) ausgewählt (BLW, 2023). ** Auf der Grundlage der *Pesticides Properties Database* (PPDB, Lewis et al., 2016). *** (Raherison et al., 2019; Yang et al., 2023, S. 20).

Zwar werden fast 60 % der möglicherweise die Atemwege reizenden Pestizide, die 2020 in der Schweiz käuflich waren, in unserer Analyse abgedeckt, doch mehrere wichtige Pestizide, etwa Pyrethroide (Arcury et al., 2021; Islam et al., 2023; Lee et al., 2022), Schwefel (Raanan et al., 2017), Kupfer, Folpet und Captan (Galea et al., 2015; Lewis et al., 2016), wurden aufgrund der Einschränkungen des Probenmaterials oder der Analysemethoden nicht in die Studie aufgenommen. Armbänder und Urinproben können beispielsweise eine übermässige Kupfer- und Schwefelexposition nicht wirksam erfassen, während die hohen Nachweisgrenzen für Folpet und Captan die Messung der geringen Niveaus erschweren, mit denen aufgrund der Abdriftexposition in der umliegenden Bevölkerung zu rechnen ist. Die Pyrethroidexposition wird im Urin gemessen und wird in naher Zukunft ausserhalb dieses Berichts vorgestellt werden.

Messungen auf den Silikonarmbändern:

- Durch die Armbänder konnten Pestizide in der Umgebungsluft der Kinder nachgewiesen werden. Dadurch kann die wöchentliche Gesamtexposition geschätzt werden, der die Kinder durch das Einatmen von Luft oder durch direkten Hautkontakt ausgesetzt waren (Fuhrimann et al., 2021).
- Von Kindern getragene Silikonarmbänder wurden für die Messung der Pestizidexposition von einem Forschungslabor der Universität Wageningen in den Niederlanden bereits getestet (Wageningen Food Safety Research, 2019).

Messungen im Urin:

- Die Berücksichtigung von Urinproben zusätzlich zur Armbandanalyse erlaubte eine umfassendere Beurteilung der gesamten kurzfristigen Exposition der Kinder, sowohl über die Luft als auch über die Nahrung. Dies verbesserte das Verständnis der Umweltexposition der Kinder gegenüber Chemikalien.

- Urinproben wurden bereits in der Universität Lund in Schweden getestet (*Applied Mass Spectrometry in Environmental Medicine | Lund University, 2024*).

Merkmale der Studienpopulation

Von den 784 Kindern, die eingeladen wurden, sich an der Studie zu beteiligen (**Abbildung 4**), füllten 273 Eltern den Fragebogen aus, was einer Beteiligungsrate von 35 % entspricht. Unter diesen Kindern wurden 206 zufällig für weiterführende Tests ausgewählt (99 aus Saxon, 77 aus Chamoson und 30 aus Salgesch). Alle Analysen in diesem Dokument beruhen auf den Informationen, die über diese 206 Kinder erhoben wurden.

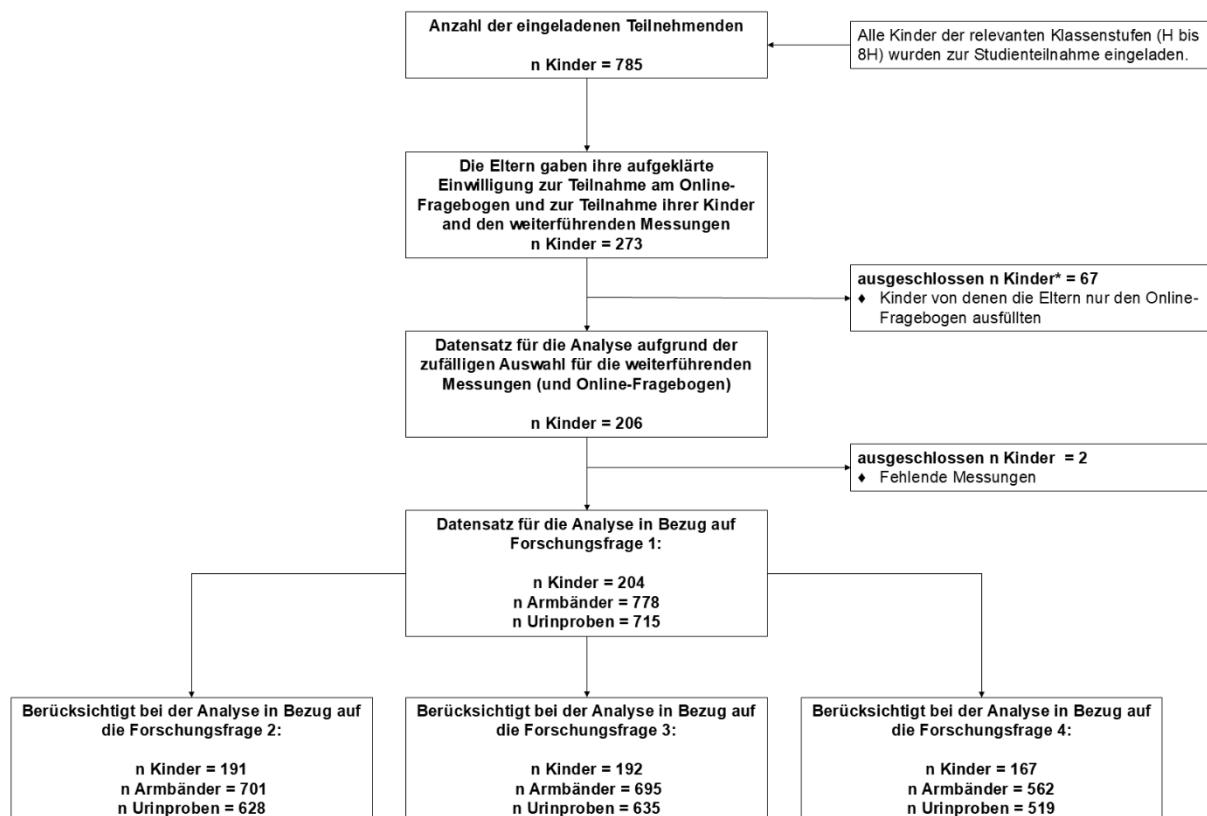


Abbildung 4: Überblick des Rekrutierungsprozesses der Kinder für die Studie, mit den Aufnahme- und Ausschlusskriterien für die Datenanalyse in Bezug auf die vier Forschungsfragen.
Forschungsfrage 1: Identifizierung von Pestiziden, denen Kinder über die Luft ausgesetzt sind
Forschungsfrage 2: Faktoren, die die Pestizidexposition von Kindern in der Nähe von Wein- und Obstbauflächen beeinflussen
Forschungsfrage 3: Zusammenhang zwischen Pestizidexposition und in der Woche auftretenden akuten Symptomen der Atemwege
Forschungsfrage 4: Zusammenhang zwischen Pestizidexposition und Veränderungen der Lungenfunktion * Diese Daten wurden nicht zur Untersuchung der vier Forschungsfragen dieses Berichts genutzt.

Die Kinder waren zwischen sechs und 13 Jahren alt. Es nahmen mehr Jungen (58 %) als Mädchen (42 %) teil (**Tabelle 1**). Die meisten der Eltern verfügten über Sekundar- (47 %) oder Hochschulbildung (44 %). Die Familien entstammten einer Reihe von Einkommensklassen; etwa die Hälfte (44 %) verdiente zwischen CHF 4'500 und CHF 9'000 pro Monat. Bei 17 Kindern (8 %) war zuvor von einem Arzt Asthma diagnostiziert worden, was dem nationalen Schweizer Durchschnitt von 10 % entspricht (*Delgrande Jordan et al., 2022*). In den vier Messzeiträumen berichteten 40.5 % der Eltern, dass ihre Kinder in der Woche akute Symptome der Atemwege aufwiesen, die als eine der in **Tabelle 3** aufgeführten Atembeschwerden definiert waren.

Tabelle 1: Soziodemografische Populationsmerkmale der 206 Kinder und ihrer Eltern

N	Gesamt	Fehlend (%)
	206	
Schule (n (%))		0.0
Chamoson	77 (37.4)	
Saxon	99 (48.1)	
Salgesch	30 (14.6)	
Geschlecht des Kindes = weiblich (n (%))	86 (41.7)	0.0
Alter des Kindes [J] (Mittel (SD))	9.5 (1.7)	0.0
Bildung der Betreuungsperson (n (%))		10.7
Primär oder niedriger	17 (9.2)	
Sekundär	87 (47.3)	
Tertiär	80 (43.5)	
Monatliches Haushaltsnettoeinkommen (n (%))		11.2
<4500 CHF	7 (3.8)	
4500-9000 CHF	89 (48.6)	
>9000 CHF	49 (26.8)	
keine Antwort	38 (20.8)	
BMI standardisiert für Alter und Geschlecht (Mittel (SD))	3.20 (0.53)	1.0
Vorher diagnostiziertes Asthma = ja (n (%))	17 (8.3)	1.0
Kürzester Abstand des Haushalts [m]		0.5
zu Landwirtschaft (Median (IQR))	33.8 (43.4)	
zu Weinkulturen (Median (IQR))	64.2 (134.9)	
zu Obstkulturen (Median (IQR))	216.5 (421.5)	
Den Fragebogen beantwortende Betreuungsperson (n (%))		10.7
Mutter	131 (71.2)	
Vater	51 (27.7)	
Andere	2 (1.1)	
Haushaltmitglieder, die in der Landwirtschaft arbeiten (n (%))	22 (9.9)	

BMI = Body-Mass-Index

ERGEBNISSE

Welchen Pestiziden sind die Kinder der Studie über die Luft ausgesetzt?

Die folgenden Zahlen liefern Informationen darüber, ob Pestizide in den Armbändern und Urinproben der Kinder nachgewiesen werden konnten.

Nachweis von Pestiziden in individuellen Armbändern:

- Auf den Armbändern aller Kinder wurden mindestens in einem Messzeitraum Pestizide nachgewiesen (**Abbildung 5**).
- Von den 81 Pestiziden, auf die getestet wurde, wurden 36 mindestens in einem Messzeitraum auf den Armbändern der Kinder nachgewiesen. 45 Pestizide wurden nicht nachgewiesen (**Abbildung 5**).
- Die häufigsten auf den individuellen Armbändern nachgewiesenen Pestizide waren Fungizide, von denen insgesamt 22 verschiedene Typen identifiziert werden konnten, gefolgt von Herbiziden ($n = 10$). Die am wenigsten häufig nachgewiesenen Pestizide waren Insektizide, von denen nur vier verschiedene Typen festgestellt wurden (**Abbildung 5**).
- Im Durchschnitt wurden pro Kind in den vier Messzeiträumen 14 verschiedene Pflanzenschutzmittel nachgewiesen (mindestens eins und höchstens 32) (**Abbildung 5**).
- 50 % der 36 nachgewiesenen Pestizide wurden bei 5 % oder weniger der Kinder gefunden (**Abbildung 6**).
- Die Anzahl der Pestizide, die auf den Armbändern der Kinder gefunden wurde, stieg von 18 bei der Messung der Ausgangslage im Januar auf 29 im letzten Messzeitraum im Juni (**Abbildung 5**).
- Pestizide wurden im Messzeitraum B auf den Armbändern von 78.8 % der Kinder, im Messzeitraum A1 bei 94.4 %, im Messzeitraum A2 bei 95.9 % und in Messzeitraum A3 bei 98.5 % der Kinder nachgewiesen (**Abbildung 6**).
- Sechs Fungizide wurden in mindestens einem Messzeitraum auf den Armbändern von mehr als 40 % der Kinder nachgewiesen: Ametoctradin, Cyprodinil, Dimethomorph, Imazalil, Propiconazol und Metalaxyl (**Abbildungen 6 und 7**).

Nachweis von Pestiziden in Urinproben:

- Die Pestizid-Urinbiomarker für Hydroxy-Boscalid und Hydroxy-Tebuconazol wurden in mindestens einem Messzeitraum im Urin aller Kinder nachgewiesen (**Abbildung 6**).
- Hydroxy-Boscalid wurde im Messzeitraum B in den Urinproben von 85.9 % der Kinder, im Messzeitraum A1 bei 93.0 % der Kinder, im Messzeitraum A2 bei 95.2 % und in Messzeitraum A3 bei 93.7 % der Kinder nachgewiesen (**Abbildung 6**).
- Hydroxy-Tebuconazol wurde im Messzeitraum B in den Urinproben von 98.4 % der Kinder, im Messzeitraum A1 bei 97.8 % der Kinder, im Messzeitraum A2 bei 99.5 % und in Messzeitraum A3 bei 98.7 % der Kinder nachgewiesen (**Abbildung 6**).

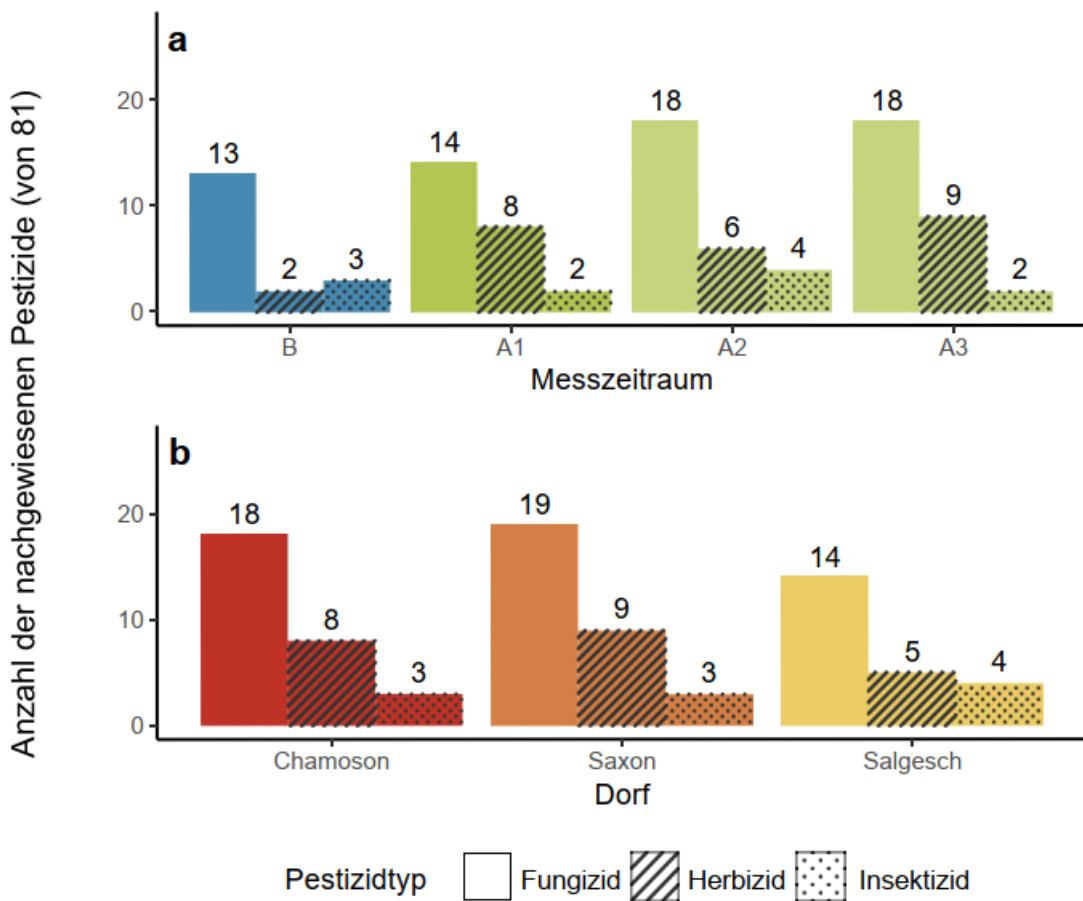


Abbildung 5: Anzahl der Pestizide, die auf den individuellen Armbändern der Kinder (Kinder: n = 202, Armbänder: n = 778) nachgewiesen wurde, aufgeschlüsselt nach Pestizidtyp (Fungizid, Herbizid, Insektizid) (a) Zahlen aufgeschlüsselt nach Messzeitraum (B = Ausgangslage (blau), A1–A3 (grün) = Messzeiträume 1–3) (b) Zahlen aufgeschlüsselt nach Dorf

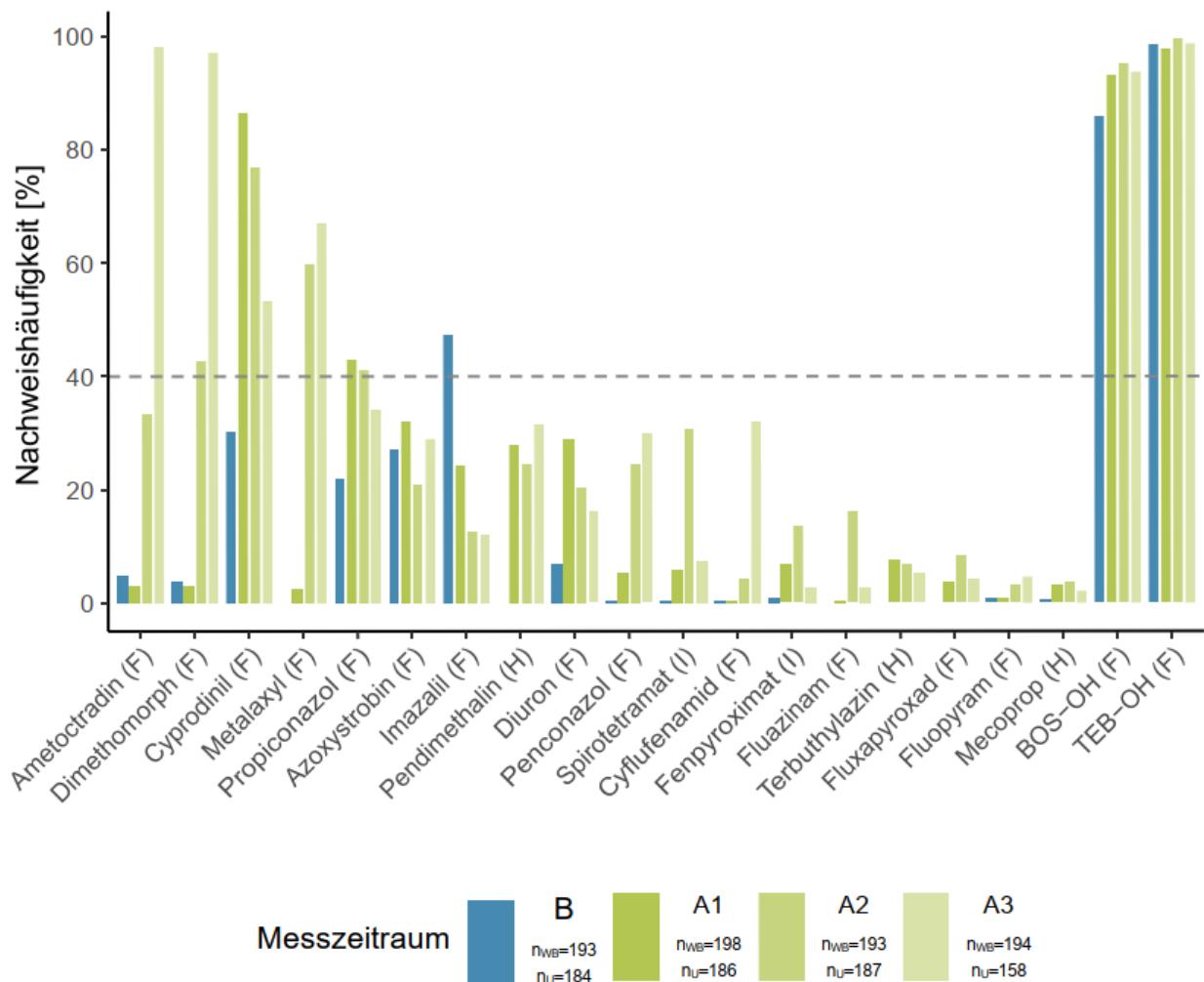


Abbildung 6: Nachweishäufigkeit [%] bei Kindern von Pestiziden, die auf Armbändern oder als Urinpestizidbiomarker (BOS-OH und TEB-OH) gemessen und bei >5 % der Kinder nachgewiesen wurden, aufgeschlüsselt nach Messzeitraum. Die Daten umfassen 778 Armbänder von 204 Kindern ($n_B = 193$, $n_{A1} = 198$, $n_{A2} = 193$, $n_{A3} = 194$) und 715 Urinproben von 202 Kindern ($n_B = 184$, $n_{A1} = 186$, $n_{A2} = 187$, $n_{A3} = 158$). Die Messzeiträume werden in B = Ausgangslage (Januar), A1 = Messzeitraum 1 (April/Mai), A2 = Messzeitraum 2 (Mai/Juni) und A3 = Messzeitraum 3 (Juni) des Jahres 2024 unterteilt. Die Pestizide werden in F (Fungizid), H (Herbizid) und I (Insektizid) unterteilt. Die Messquellen werden in AB (Armbänder) und U (Urin) unterteilt.

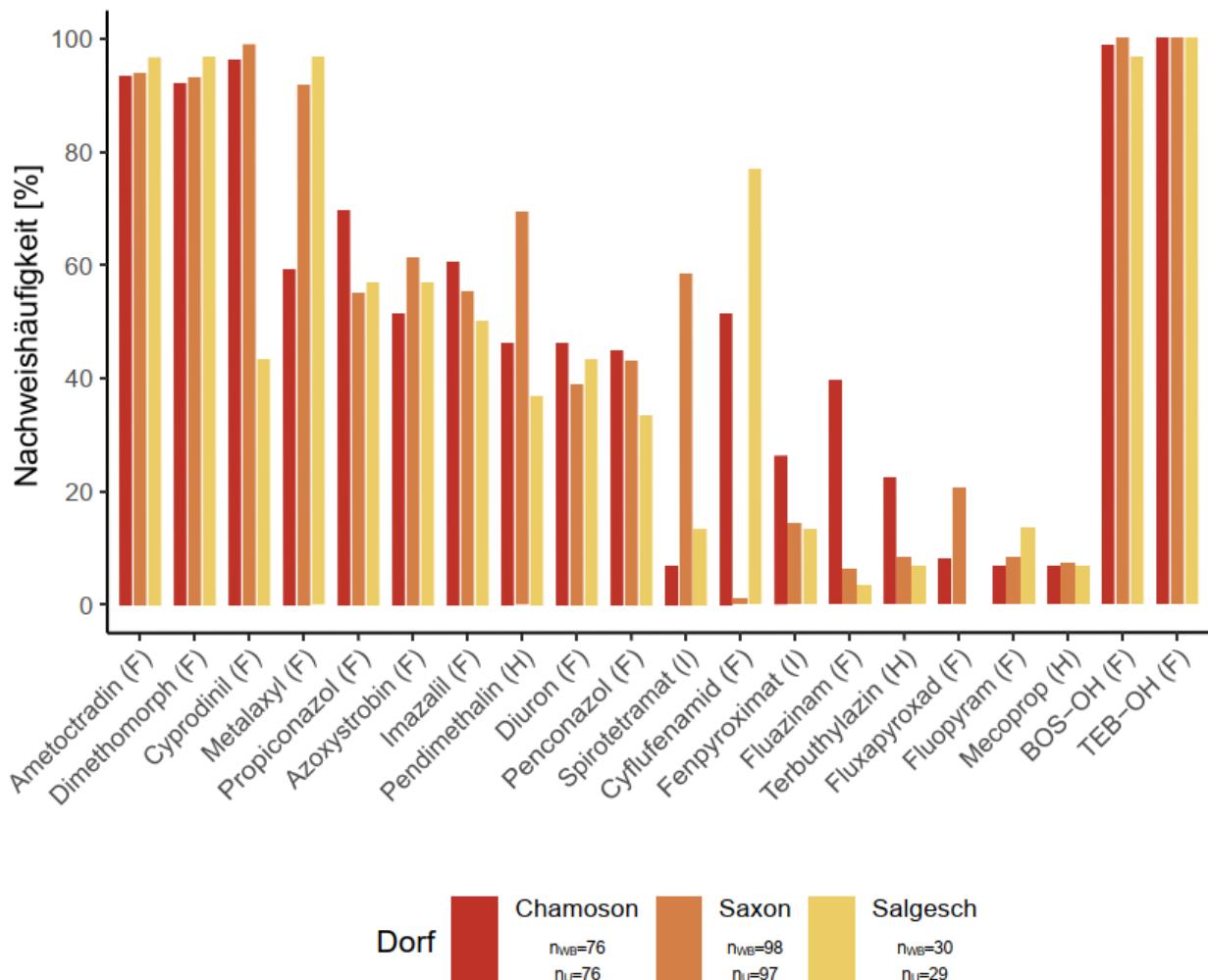


Abbildung 7: Nachweishäufigkeit [%] bei Kindern von Pestiziden, die auf Armbändern oder als Urinpestizidbiomarker (BOS-OH und TEB-OH) gemessen und bei >5 % der Kinder nachgewiesen wurden, aufgeschlüsselt nach Dorf. Die Daten umfassen 778 Armbänder ($n_{\text{Chamoson}} = 283$, $n_{\text{Saxon}} = 380$, $n_{\text{Salgesch}} = 115$) von 204 Kindern ($n_{\text{Chamoson}} = 76$, $n_{\text{Saxon}} = 98$, $n_{\text{Salgesch}} = 30$) und 715 Urinproben ($n_{\text{Chamoson}} = 271$, $n_{\text{Saxon}} = 362$, $n_{\text{Salgesch}} = 82$) von 202 Kindern ($n_{\text{Chamoson}} = 76$, $n_{\text{Saxon}} = 97$, $n_{\text{Salgesch}} = 29$). Die Pestizide werden in F (Fungizid), H (Herbizid) und I (Insektizid) unterteilt. Die Messquellen werden in WB (Armbänder) und U (Urin) unterteilt.

Was sind die potenziellen Risikofaktoren für die Exposition gegenüber spezifischen Pestiziden und mit unterschiedlicher Intensität?

Ausgewählte Pestizide, die mithilfe der Forschungsfragen 2 bis 4 untersucht wurden:

Um eine solide statistische Analyse aufgrund einer ausreichenden Datenmenge zu gewährleisten, wurden nur die acht Pestizide, die in mindestens 40 % der Proben in einem der vier Messzeiträume nachgewiesen wurden, für die Forschungsfragen 2 bis 4 berücksichtigt. Diese Auswahl umfasst sechs Fungizide, die auf Armbändern (Ametoctradin, Cyprodinil, Dimethomorph, Imazalil, Propiconazol und Metalaxyl) und über beide Urinbiomarker (Hydroxy-Boscalid und Hydroxy-Tebuconazol) nachgewiesen wurden. Mithilfe statistischer Modelle wurde der Zusammenhang zwischen der gemessenen Pestizidkonzentration und den damit verbundenen Risikofaktoren untersucht. Diese Modelle sagen etwas darüber aus, ob der jeweilige Risikofaktor die gemessene Pestizidkonzentration erhöht oder verringert.

- **Ametoctradin und Dimethomorph:** Diese für Weinberge registrierten Fungizide werden gegen Echten Mehltau eingesetzt und wurden im zweiten und dritten Messzeitraum (Mai–Juni 2024) häufig nachgewiesen (BLV, 2024a). Dimethomorph, das im Januar 2025 verboten wurde, wurde häufig zusammen mit Ametoctradin festgestellt.
- **Cyprodinil:** Dieses beim Wein- und Obstanbau verwendete Fungizid wird gegen Botrytis und Obstschorf eingesetzt (BLV, 2024a). Es wurde vor allem während des ersten Messzeitraums (April 2024) in Chamoson und Saxon nachgewiesen.
- **Metalaxyl:** Registriert für den Weinanbau und wirksam gegen Echten Mehltau und Botrytis (BLV, 2024a).
- **Propiconazol:** Für den landwirtschaftlichen Gebrauch seit 2022 verboten, weil es als potenzieller endokriner Disruptor identifiziert wurde ([Arena et al., 2017](#)). Die nachgewiesene Exposition ist vermutlich auf seine Persistenz im Boden und den möglicherweise anhaltenden Gebrauch alter Bestände (z.B. in der Landwirtschaft, auf Sportplätzen oder als Biozid in der Forstwirtschaft) zurückzuführen.
- **Imazalil:** Imazalil ist für den Wein- und Obstanbau verboten, konnte aber nachgewiesen werden, möglicherweise aufgrund von Kontakt mit kontaminierten Nahrungspflanzen, zum Beispiel Zitrusfrüchten in den Wintermonaten oder Kartoffeln ([EFSA et al., 2018](#)).
- **Hydroxy-Boscalid und Hydroxy-Tebuconazol:** Ursprungsmoleküle von Pestiziden, die im Wein- und Obstanbau genutzt werden. Die kontinuierliche Exposition, die in allen Messzeiträumen im Urin der Kinder nachgewiesen werden konnte und im Gegensatz zu den Schwankungen bei den Armbandmessungen steht, könnte durch kontaminierte Lebensmittel beeinflusst worden sein.

Zusätzlich zur eindeutigen Saisonabhängigkeit, die bei Vorkommen oder Nichtvorkommen spezifischer Pestizide auf den Armbändern und im Urin festgestellt wurde (siehe oben), konnten in der Studie auf der Grundlage der sechs ausgewählten Pestizide, die auf Armbändern und über die zwei Urinbiomarker nachgewiesen wurden, mehrere Faktoren identifiziert werden, die mit dem Niveau der Pestizidexposition über die Luft in Verbindung stehen:

Geografische Lage: Die Differenz bei den Expositionskonzentrationen der Kinder gegenüber den sechs untersuchten Pestiziden war in den drei Gemeinden unterschiedlich.

Nähe zu landwirtschaftlicher Landnutzung: Es konnte beobachtet werden, dass das Wohnen in grösser Nähe zu verschiedenen Arten landwirtschaftlicher Flächen die Konzentration von fünf der acht untersuchten Pestizide (Boscalid, Tebuconazol, Metalaxyl, Imazalil und Propiconazol) erhöht.

Gesamtfläche von Wein- und Obstanbau in der Umgebung der Wohnorte: Eine erhöhte Gesamtfläche von verschiedenen Arten landwirtschaftlich genutzter Flächen erhöht die Konzentration von sechs der acht Pestizide. Bei einigen Pestiziden sind Auswirkungen bis zu einem Kilometer vom Wohnort entfernt zu beobachten.

Es konnte gezeigt werden, dass die Art und Grösse der landwirtschaftlichen Fläche unabdingbar sind, um die Pestizidexposition in der Luft zu verstehen. Diese Information kann dabei helfen, bessere Strategien zur Überwachung und Verringerung der Exposition über die Luft zu entwickeln. In der Studie konnte jedoch auch gezeigt werden, dass es nicht ausreicht, den Wohnort einer Person zu kennen. Der Beruf der Eltern, persönliches Verhalten, Mobilitätsmuster und die spezifischen Merkmale eines jeden Pflanzenschutzmittels spielen für die Expositionssintensität ebenfalls eine wichtige Rolle.

Besteht ein Zusammenhang zwischen der gemessenen Pestizidexposition und akuten Atemwegssymptomen?

Die Prävalenz von Symptomen war in allen Messzeiträumen recht niedrig: 9.2 % bei der Ausgangsmessung mit einem Anstieg auf 20 % in den Messzeiträumen 1 bis 3. Die am häufigsten angegebenen Symptome waren mit zwischen 2.2 % und 16.2 % Rhinitis und trockener Husten ohne Erkältung oder Bronchitis. Von den 17 Kindern mit Asthma-Diagnose berichteten 16 (94 %) über in der Woche auftretende akute Symptome der Atemwege. Die inkonsistente Verteilung von Symptomen über die Messzeiträume hinweg und die Berichte von nicht-asthmatischen Kinder deuten darauf hin, dass diese Probleme nicht auf Asthma beschränkt sind.

Bei der Anwendung statistischer Modelle, die um Pollen und Luftverschmutzung korrigiert waren, konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen in der Woche auftretenden akuten Symptomen der Atemwege und der Konzentration der sechs gemessenen Pestizide oder der zwei gemessenen Pestizidbiomarker aufgezeigt werden.

Tabelle 3: Binäres wöchentliches akutes Atemwegssymptom, ausgedrückt in n (%), aufgeschlüsselt nach Messzeitraum. B = Ausgangslage, A1-3 = Messzeitraum 1-3.

n ja (%)	Total Kinder	B	A1	A2	A3
n Kinder/Beobachtungen	205	184	192	175	185
Wöchentliche akute Atemwegssymptome	83 (40.5%)	17 (9.2%)	39 (20.3%)	39 (22.3%)	41 (22.2%)
Pfeifen in der Brust**	7 (3.4%)	4 (2.2%)	3 (1.6%)	3 (1.7%)	3 (1.6%)
Schweres Pfeifen in der Brust	0	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Pfeifgeräusche nach Sport	5 (2.4%)	2 (1.1%)	0 (0%)	2 (1.1%)	3 (1.6%)
Rhinitis	51 (24.9%)	4 (2.2%)	20 (10.4%)	27 (15.4%)	30 (16.2%)
Trockener Husten ohne Erkältung/Bronchitis	49 (23.9%)	12 (6.5%)	23 (12%)	18 (10.3%)	16 (8.6%)
Kinder mit Asthmdiagnose gesamt und mit wöchentlichen akuten Atemwegssymptomen	16 (7.8%)	3 (1.6%)	6 (3.1%)	3 (1.7%)	4 (2.2%)

*Datenpunkte beziehen sich auf Fragebögen der Eltern, **Pfeifen in der Brust: Wenn pfeifende Geräusche in der Brust Ihres Kindes zu hören waren; Schweres Pfeifen in der Brust: Wenn schwere Pfeifgeräusche in der Brust Ihres Kindes zu hören waren; Pfeifgeräusche nach Sport: Wenn Ihr Kind nach einer Anstrengung pfeifend gekeucht hat; Rhinitis: Wenn Ihr Kind viel niesen musste oder erkältungsähnliche Symptome hatte, ohne eine Erkältung zu haben; und Trockener Husten ohne Erkältung/Bronchitis: Wenn Ihr Kind trockenen Husten hatte, ohne eine Erkältung oder Bronchitis zu haben.

Besteht ein Zusammenhang zwischen der gemessenen Pestizidexposition und Veränderungen der Lungenfunktion?

Für die meisten Pestizide konnten wir keinen Zusammenhang zwischen der gemessenen Pestizidkonzentration und niedrigeren Werten bei der Lungenfunktion feststellen. Eine erhöhte Konzentration zweier Pestizide (**Metazaryl und Propiconazol**) wurde mit einer geringfügigen Abnahme bestimmter Lungenfunktionsparameter bei Kindern in Verbindung gebracht.

DISKUSSION

In der PARVAL-Studie wurden die Pestizidexposition über die Luft und ihre Auswirkungen auf die Atemwegsgesundheit von Schulkindern, die in der Nähe von Wein- und Obstkulturen im Wallis, Schweiz, leben, untersucht. Die Studie, die über sechs Monate im Jahr 2024 durchgeführt wurde, umfasste 206 Kinder und vier Messzeiträume. Dabei wurde 778 Armbandproben gesammelt und 627 Spirometriemessungen durchgeführt, was die Studie zur weltweit grössten ihrer Art macht. Zu bemerken ist auch, dass es sich um die erste epidemiologische Studie in der Schweiz handelt, in der der Zusammenhang zwischen Pestizidexposition und potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen untersucht wird.

Alle Kinder waren mindestens einem Pflanzenschutzmittel ausgesetzt; durchschnittlich wurden 14 Pestizide pro Kind nachgewiesen und es 36 unterschiedliche Pestizide von den 81 untersuchten Pestiziden identifiziert. Die Pestizidkonzentration schwankte saisonal und kurzfristig erheblich und wurde durch Faktoren wie die Lage des Dorfes und die landwirtschaftliche Landnutzung in der Nähe beeinflusst. Die Nähe zu landwirtschaftlichen Flächen wurde mit einer höheren Konzentration einiger Pflanzenschutzmittel in Verbindung gebracht. Andere potenzielle alternative Quellen von Pestizidexposition wie Sportplätze, Haushaltsprodukte oder Nahrungspflanzen sollten noch weiter untersucht werden.

Es gab keinen Zusammenhang zwischen akuten Atemwegssymptomen und der Intensität der Pestizidexposition. Die erhöhte Konzentration zwei Pestizide wurde jedoch mit einer geringfügigen kurzfristigen Abnahme der Lungenfunktion in Verbindung gebracht, jedoch nicht konsistent bei allen Modellierungsansätzen. Diese Erkenntnisse betonen die Notwendigkeit weiter Forschung in Form gross angelegter epidemiologischer Studien, insbesondere in Bezug auf die Exposition gegenüber Pestizidmischungen und ihre potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen.

Welchen Pestiziden sind die Kinder über die Luft ausgesetzt?

In der Studie handelte es sich bei den meisten nachgewiesenen Pestiziden (23 von 36 = 64 %) um Fungizide. Dies entspricht dem landwirtschaftlichen Umfeld der Gebiete in der Studie, da sowohl Wein- als auch Obstkulturen sehr anfällig für Pilzbefall sind und einen umfangreichen Fungizideinsatz erfordern ([BLW, 2024](#)). 30 der nachgewiesenen Pestizide waren 2024 in der Schweiz für den Gebrauch registriert. Bemerkenswerterweise waren zwölf der Pestizide für das Sprühen aus der Luft per Helikopter zugelassen (z.B. Cyprodinil, Metalaxyl, und Tebuconazol). Sechs der nachgewiesenen Pestizide (S-Metolachlor, Prochloraz, Diuron, Pencycuron, Pymetrozin und Propiconazol) sind in der Schweiz für den landwirtschaftlichen Gebrauch seit 2020 verboten, jeweils mit unterschiedlichen Fristen für den Ausstieg. Das letzte zulässige Gebrauchsdatum für propiconazolhaltige Produkte war zum Beispiel der 1. Juli 2022 ([BLV, 2024b](#)). Eine detaillierte Übersicht der chemischen Merkmale und ein Vergleich mit dem Nachweis der untersuchten Pestizide in anderen Studien in der Schweiz findet sich in den zusätzlichen Informationen (SI3) im vollständigen Bericht.

Fünf der in unserer Studie nachgewiesenen Pestizide (Ametoctradin, Imazalil, Cyprodinil, Tebuconazol und Boscalid) sind zuvor in Human-Biomonitoring-Studien anhand einer zufälligen Stichprobe von 295 Erwachsenen in Basel identifiziert worden ([EEA, 2023; Ottenbros et al., 2023](#)). Ähnlich wie in dieser Studie beeinflussten die kurzfristige Pestizidanwendung und Expositionereignisse die Expositionsniveaus, was zu unterschiedlichen Pestizidzusammensetzungen je Probe führte. Anders als in der Basler Studie im städtischen Raum, in der der Schwerpunkt auf Exposition über die Nahrung lag, wird in dieser Studie die erhebliche Pestizidexposition über die Luft in landwirtschaftlichen Gebieten hervorgehoben. Dies unterstreicht die Notwendigkeit von hochauflösendem longitudinalen Monitoring anhand verschiedener Methoden, etwa Armbänder für Luft- und Urinproben für Nahrungsexposition.

Neben dem Human-Biomonitoring wurden einige der Pestizide zuvor auch bei Umweltstudien in der Schweiz nachgewiesen, was von ihrem weit verbreiteten Vorkommen in der Umwelt zeugt (17 in Regen-, neun in Luft- ([Carbotech, 2021](#)) und acht in Wasserüberwachungsprogrammen ([BAFU, 2022](#))). Sechs der Pestizide werden ausserdem in Bezug auf die Einschränkung ihres Gebrauchs im schweizerischen nationalen Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln erwähnt ([BLW, 2017](#)).

In dieser Studie wurde kein Vergleich der Pestizidkonzentrationen auf den Armbändern und im Urin mit den toxikologischen Schwellenwerten angestellt. Es ist anzumerken, dass die Beurteilung der nachgewiesenen Pflanzenschutzmittel sich ausserdem auf ihr Potenzial, die Atemwege zu reizen, beschränkte.

Was sind die potenziellen Risikofaktoren für die Exposition gegenüber spezifischen Pestiziden und mit unterschiedlicher Intensität?

Neben den eindeutigen saisonalen Expositionsmustern wurde ein Zusammenhang zwischen der Nähe zu landwirtschaftlichen Flächen und der Grösse der umliegenden landwirtschaftlichen Flächen einerseits und der Exposition gegenüber den am häufigsten per Armband und Urinprobe nachgewiesenen Pestizide andererseits hergestellt, was die Rolle von Abdrift aus den naheliegenden Felder hervorhebt. Die Verbindungen zwischen Pestizidexposition und landwirtschaftlicher Landnutzung, in unserer Studie auf 1 km-Pufferzonen im Umkreis der Wohnorte der Kinder festgelegt, legen nahe, dass Pestizidabdrift erhebliche Distanzen zurücklegen kann. Aufgrund der Unterschiede auf Gemeindeebene beim Pestizidaufreten und der Niveaus in Chamoson, Saxon und Salgesch kann zusätzlich die Rolle der lokalen Landnutzung (also den Unterschieden zwischen Wein- und Obstanbauflächen) betont werden. Diese Ergebnisse entsprechen denen anderer Studien und zeigen auf, dass anbaupflanzenspezifische, distanzabhängige und gebietsbezogene Faktoren bei der Beurteilung von Pestizidexpositionsrisiken in verschiedenen Teilen der Welt berücksichtigt werden müssen ([Figueiredo et al., 2021](#); [Fuhrmann et al., 2021](#); [Teyssiere et al., 2020](#)). Erhöhte Konzentrationen von Cyprodinil, Dimethomorph, Ametoctradin, Metalaxyl-M, Boscalid und Tebuconazol beispielsweise spiegeln wahrscheinlich ihren aktuellen Gebrauch beim Wein- und Obstanbau wider. Das Bestehen dieses Zusammenhangs wird auch von einer Studie in den USA ([Yang et al., 2023](#)) gestützt, bei der herausgefunden wurde, dass 23 % der Erwachsenen, die in einem Umkreis von 2 km von Anwendungsorten kommerzieller Pestizide lebten, Hydroxy-Boscalid und 21 % Cyprodinil ausgesetzt waren. Dies birgt Expositionsrisiken, insbesondere für Kinder, die Zeit im Freien verbringen. Diese Erkenntnisse begründen den Einsatz für die Einführung gezielter Pufferzonen mit Anpassungen für spezifische Pestizide und lokale Landnutzungsszenarien zur Verringerung der Exposition. Im Gegensatz dazu könnte der Zusammenhang zwischen Propiconazol und Weinanbauflächen die historische Anwendung oder den Gebrauch älterer Bestände trotz des Verbots widerspiegeln.

Bei den meisten Pestiziden stellten wir sowohl in Bezug auf die Anzahl der nachgewiesenen Pestizide als auch die Konzentration einen Anstieg zwischen Januar und Juni 2024 fest, was der Sprühsaison entspricht. Dieses saisonale Muster entspricht dem in einer französischen Studie ([Raherison et al., 2019](#)), bei der anhand von Messungen durch Monitoring der Luft und Urinproben während der Wachstumssaison der Weinstöcke höhere Pestizidkonzentrationen in der Luft nachgewiesen wurden als in den Wintermonaten. Es ist anzumerken, dass in der französischen Studie ähnliche Pestizide wie in der PARVAL-Studie nachgewiesen wurden, wobei Fungizide am häufigsten vorkamen (z.B. wurden Dimethomorph, Tebuconazol und Cyprodinil in beiden Studien identifiziert).

Interessanterweise wiesen die Urinbiomarker in der vorliegenden Studie keine saisonalen Trends auf, was nahelegt, dass die Aufnahme über die Nahrung eine ständige Expositionsquelle darstellt.

Diese Schlussfolgerung wird von einer Studie gestützt, in der die Expositionswahrscheinlichkeit gegenüber einer Reihe von Pestiziden in Urinproben in fünf europäischen Ländern beschrieben wird ([Ottenbros et al., 2023](#)). Erstens wurde Hydroxy-Boscalid ebenfalls in hohen Konzentrationen in mindestens vier der fünf untersuchten Länder festgestellt. Zweitens liessen die Erkenntnisse bei der Beurteilung von Indikatoren wie landwirtschaftliche Flächennutzung oder Jahreszeit der Urinprobenentnahme keine konsistenten Muster erkennen.

Die Pestizidexposition von Kindern im Wallis wird durch die landwirtschaftliche Landnutzung bestimmt und wird durch räumliche, saisonale, demografische und gemeinschaftsspezifische Faktoren charakterisiert. Die Exposition wird von den Merkmalen der Pestizide, der lokalen Land- und Pestizidnutzung und den Bewegungen der Kinder wahrscheinlich über den Radius von 1 km um ihren Wohnort hinaus beeinflusst. Die beobachteten grossen zeitlichen Schwankungen zeugen von der Notwendigkeit langfristiger, kumulativer Expositionsbeurteilungen – ein Ansatz, der in der bisherigen Forschung kaum verfolgt wurde. Diese Ergebnisse sind ein Appell für umfassende Strategien für das Monitoring und die Verringerung der Pestizidexposition, insbesondere bei besonders gefährdeten Bevölkerungsgruppen in der Nähe landwirtschaftlicher Gebiete.

Besteht ein Zusammenhang zwischen den gemessenen Pestiziden und Angaben über akute Atemwegssymptome?

Die Prävalenz von ärztlich diagnostiziertem Asthma in der Studienpopulation entsprach dem schweizerischen nationalen Durchschnitt bei Kindern, etwa 10 % ([Delgrande Jordan et al., 2022](#)). Die wöchentliche Inzidenz von akuten, von den Eltern berichteten Atemwegssymptomen stieg signifikant an; sie betrug 10 % in der Nicht-Sprühsaison und 20 % in der Sprühsaison. Es wurden jedoch keine kurzfristigen Zusammenhänge mit den Konzentrationen der acht gemessenen Pestizide festgestellt, was den Erkenntnissen früherer Studien, etwa der aus den Niederlanden ([Wijga et al., 2014](#)), entspricht. Es muss angemerkt werden, dass mehrere Pestizide wie Schwefel ([Raanan et al., 2017](#)) und Pyrethroide ([Islam et al., 2023](#)), die in beträchtlichem Masse eingesetzt werden und bei denen in anderen Studien Zusammenhänge mit Atemwegssymptomen aufgezeigt wurden, aufgrund der begrenzten Ressourcen nicht in die Analyse aufgenommen wurden. Andere Pestizide wie Mancozeb und Chlorpyrifos, bei denen in der Vergangenheit Auswirkungen nachgewiesen wurden, werden in der Schweiz nicht mehr verwendet und wurden deswegen nicht in diese Studie aufgenommen.

Der fehlende Zusammenhang zwischen der akuten Atemwegsgesundheit und der Pestizidexposition sollte mit Vorsicht interpretiert werden, da die geringe Anzahl angegebener Atemwegssymptome die statistische Aussagekraft bezüglich der Erkennung möglicher Effekte einschränkte. Darüber hinaus wurden in Studien Zusammenhänge zwischen der Pestizidexposition und der potenziellen langfristigen Gesundheit der Atemwege festgestellt ([Keleb et al., 2024; Yang et al., 2023](#)). Die Erkenntnisse auf der Grundlage von Eigenangaben zu Atemwegssymptomen könnten von verzerrten Angaben der Eltern beeinflusst sein, die die tatsächliche Prävalenz von Symptomen möglicherweise unter- oder überschätzen.

Besteht ein Zusammenhang zwischen den gemessenen Pestiziden und Veränderungen der Lungenfunktion?

Insgesamt und unter Berücksichtigung der acht Pestizide und fünf untersuchten Lungenfunktionsparameter lassen die Erkenntnisse dieser Studie keine oder nur geringfügige Zusammenhänge zwischen der Pestizidkonzentration und niedrigeren Lungenfunktionsniveaus erkennen. Geringfügige, aber statistisch signifikante Negativzusammenhänge wurden bei Propiconazol und Metalaxyl festgestellt. Obwohl die beobachtete Abnahme der Lungenfunktion geringfügig war, könnte sie auf subtile Veränderungen der Atemwege hinweisen oder frühe

Anzeichen von Atemwegsbelastung sein. Dies zeugt von der Notwendigkeit, die langfristigen gesundheitlichen Auswirkungen der Pestizidexposition weiter zu erforschen, was auch den Bedenken entspricht, die in Studien zur Luftverschmutzung formuliert wurden (Obaseki et al. 2014, Kwon et al. 2020).

In anderen Studien wird im Allgemeinen über minimale bis keine Auswirkungen von Pestizidexposition über die Luft auf die Lungenfunktion berichtet (Mamane et al., 2015). Im Vergleich zu früheren Studien wurde in dieser Studie eine sehr viel grössere Bandbreite von Pflanzenschutzmitteln untersucht – insgesamt 81 –, wobei das Hauptaugenmerk auf Pflanzenschutzmitteln lag, die aktuell in der Schweiz verwendet werden und möglicherweise Irritationen der Atemwege hervorrufen. Es ist zu bemerken, dass in der bisherigen epidemiologischen Forschung die Effekte bestimmter Pestizide wie Organophosphate (Hansen et al., 2021) und Mancozeb (Islam et al., 2023) hervorgehoben wurden, die beide auf dem Gebiet dieser Studie bereits verboten sind oder nicht mehr verwendet werden. Anzumerken ist auch, dass andere möglicherweise relevante Pestizide wie Schwefel oder Pyrethroide, die laut früherer Forschung erwiesenmassen Effekte hervorrufen, in dieser Studie nicht untersucht wurden und Gegenstand künftiger Forschung sein sollten.

In dieser Studie wurde der Wissensstand erweitert, indem die Pestizidexposition direkt gemessen und Human-Biomonitoring (HBM)-Methoden angewendet wurden, anstatt auf indirekte Parameter wie die Nähe des Wohnorts zurückzugreifen. Durch die Verwendung von Armbändern und Urinproben konnte eine präzisere Beurteilung der Pestizidexposition über die Luft geliefert werden, die etwa mit der niederländischen PIAMA-Geburtenkohorte vergleichbar ist (Bukalasa et al., 2017). Durch die Messung der Pestizidexposition sowohl auf den Armbändern als auch in den Urinproben wurde in dieser Studie die Komplexität der Expositionswege durch einen Multi-Matrix-Ansatz aufgezeigt. Dadurch wird betont, wie wichtig es ist, mehrere Probentechniken anzuwenden, um die Umweltchemikalienexposition bei Kindern umfassend zu beurteilen (Mora et al., 2020; Probst-Hensch et al., 2022).

Die Erkenntnisse dieser Studie liefern wertvolle Einblicke für das Design künftiger Forschungsprojekte weltweit und insbesondere in der Schweiz. Während bei den meisten Pestiziden keine messbaren Effekte beobachtet wurden, könnte die geringfügige Abnahme der Lungenfunktion, die mit einigen Pestiziden in Verbindung gebracht wurde, langfristige Auswirkungen haben, insbesondere für Bevölkerungsgruppen mit dauerhafter Exposition (Iyanna et al., 2023; Mehta et al., 2012). Besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen wie Kinder mit Asthma, ältere Menschen und Menschen mit Vorerkrankungen könnten einem erhöhten Risiko ausgesetzt sein. In künftigen grösser angelegten Studien, in denen die diesen Effekten zugrundeliegenden Mechanismen untersucht werden, sollten auch kumulative und synergetische Effekte berücksichtigt werden, da in den vier Messzeiträumen zusammengenommen durchschnittlich 14 Pestizide pro Kind nachgewiesen wurden. Dies zeugt von der dringenden Notwendigkeit, in künftigen Studien die potenziellen Auswirkungen von Mischungen zu untersuchen.

EMPFEHLUNGEN

Um die Verringerung der identifizierten Pestizidexposition anzugehen, schlagen wir folgende gezielte Massnahmen vor:

Behörden:

- Unterstützung für die Einführung von Monitoringsystemen für Sprühpestizide (wie das geplante digiFLUX-Monitoring), sodass Daten über Zeitpunkt, Ort und Menge spezifischer Pestizidsprühaktivitäten in der Schweiz offengelegt und abgerufen werden können. Dieses System entspricht den 2004 eingeführten gesetzlichen Anforderungen (Art. 165fbis LwG) und

- wird von der Dienststelle für Landwirtschaft (DLW) unterstützt. Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) ist für seine Umsetzung verantwortlich.
- Prüfung von Regelungen zu Pufferzonen im Umkreis von Spielplätzen, Sportplätzen und Schulen, um die Expositionsrisiken zu beschränken. Die DLW empfiehlt eine sechs Meter breite Pufferzone zwischen Landwirtschafts- und Bauzone (paritätisch geteilt). Langfristige Umsetzung als Teil von Projekten wie «Rebberg des 21. Jahrhunderts» (siehe Technischer Leitfaden, Kapitel 3.2). Die Gemeinden sollten dies bei der Überarbeitung ihrer Zonenpläne einführen.
 - Inspektion von landwirtschaftlichen Betrieben und Pestizidanwendern wie Sportvereinen, um das Problem der veralteten Pestizidbestände zu lösen und die Nutzung registrierter, sichererer Alternativen zu fördern. Die Dienststelle für Landwirtschaft ist nicht für nicht landwirtschaftliche Gebiete wie Sportplätze und öffentliche Parks verantwortlich; daher muss sichergestellt werden, dass die zuständigen Behörden die Pestizidanwendung in diesen Räumen kontrollieren.
 - Monitoring der Pestizidexpositions niveaus bei Kindern, die in den landwirtschaftlichen Gebieten der Schweiz leben, mit Schwerpunkt auf die Mehrfachexposition gegenüber Pestiziden aus verschiedenen Quellen (BLW und BAG).
 - Priorisierung der Forschung zu gesundheitlichen Auswirkungen für sensible Gruppen, etwa Kinder mit Asthma, um ihre Gefährdung besser zu verstehen. Solche Studien sollten Personen, die in landwirtschaftlichen Betrieben tätig sind oder diese leiten, Anwohnende sowie Tiere einbeziehen, um eine inter- und transdisziplinäre Perspektive im Sinne des One-Health-Konzepts zu ermöglichen.
 - Unterstützung weiterer Forschungsprojekte zur Untersuchung potenzieller Gesundheitsrisiken in Zusammenhang mit Pestizidexposition, einschliesslich langfristige Auswirkungen auf die Atemwegsgesundheit sowie neurologische und reproduktive Effekte. Solche Studien sollten breit angelegt sein und neben Anwohnenden auch Personen einbeziehen, die in landwirtschaftlichen Betrieben tätig sind oder diese leiten, sowie Tiere, um eine umfassende Bewertung im Sinne des One-Health-Ansatzes zu ermöglichen.
 - Förderung eines öffentlichen Dialogs über die Gründe für den Einsatz von Pestiziden sowie über bereits umgesetzte Massnahmen zur Risikominderung. Beispielsweise durch die Etablierung lokaler Netzwerke für ein verbessertes Pestizidmanagement als partizipative Entscheidungsplattformen. Diese sollen es landwirtschaftlich tätigen Personen sowie Anwohnenden ermöglichen, gemeinsam lokal angepasste Strategien zur Pestizidanwendung, Risikoreduktion und Konfliktlösung zu entwickeln – basierend auf den jeweiligen Kontextbedingungen und Bedürfnissen. Solche Ansätze knüpfen an bewährte Formen gemeinschaftsbasierter landwirtschaftlicher Steuerung an, wie sie etwa im Kanton Wallis mit Erfolg praktiziert wurden (Netting, 1981).
 - Erarbeitung eines praktischen Leitfadens über Massnahmen zur Verringerung der Exposition für Anwohner, die ihre Pestizidexposition senken möchten. Mögliche Beispiele:
 - Staubbelastung der Haushalte verringern
 - vermeiden, dass Kinder in der Sprühsaison in Weinbergen oder Obsthainen spielen
 - Verringerung der Exposition durch Pestizidanwendung zu Hause (Freizeitanbau, private Gartentätigkeiten)

Landwirtschaftssektor:

- Anwendung fortschrittlicher Sprühtechnologien zur Minimierung von Sprühnebelabdrift (z.B. Präzisionsmethoden wie dronengestütztes Sprühen oder abdriftmindernde Düsen)
- Entsorgung veralteter Pestizidbestände und Überprüfung der Einhaltung bestehender Bestimmungen, um sicherzustellen, dass nur zulässige Produkte verwendet werden
- Eltern, die Pestiziden beruflich ausgesetzt sind, sollten es vermeiden, Kleidung mit nach Hause zu bringen, auf der pestizidhaltiger Staub transportiert wird.

FINANZIERUNG

Die PARVAL-Studie wird vom Gesundheitsdepartement des Kantons Wallis finanziert. Ein Teil der Datenerhebung und -analyse wurde von einem Starting Grant (Grant-Nummer TMSGI3_211325) des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) und dem SDG Collaborative Funding Call von SNF, NRF und FORMAS (Grant-Nummer: 40CF40_221709) finanziert. Die Begleitgruppe, die von der Kantonsregierung des Wallis (Vertreter des Walliser Gesundheitsobservatoriums und des Kantonsarztamts) bestimmt wurde, half bei der Organisation der Studie und bei der Koordinierung mit lokalen Partnern und prüfte den Bericht.

INTERESSENBERKLÄRUNG

Die Verfasser geben keine Interessenskonflikte an.

LITERATURVERZEICHNIS

Applied Mass Spectrometry in Environmental Medicine | Lund University. (2024). <https://www.lunduniversity.lu.se/lucat/group/v1001233>

Arcury, T. A., Chen, H., Arnold, T. J., Quandt, S. A., Anderson, K. A., Scott, R. P., Talton, J. W., & Daniel, S. S. (2021). Pesticide Exposure Among Latinx Child Farmworkers in North Carolina. *American Journal of Industrial Medicine*, 64(7), 602–619. <https://doi.org/10.1002/ajim.23258>

Arena, M., Auteri, D., Barmaz, S., Bellisai, G., Brancato, A., Brocca, D., Bura, L., Byers, H., Chiusolo, A., Court Marques, D., Crivellente, F., De Lentdecker, C., De Maglie, M., Egsmose, M., Erdos, Z., Fait, G., Ferreira, L., Goumenou, M., Greco, L., ... Villamar-Bouza, L. (2017). Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance propiconazole. *EFSA Journal*, 15(7), e04887. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4887>

Asher, M. I., Keil, U., Anderson, H. R., Beasley, R., Crane, J., Martinez, F., Mitchell, E. A., Pearce, N., Sibbald, B., & Stewart, A. W. (1995). International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC): Rationale and methods. *The European Respiratory Journal*, 8(3), 483–491. <https://doi.org/10.1183/09031936.95.08030483>

BAFU. (2022). *Erste nationale Analyse zum Zustand der Gewässer zeigt Fortschritte und Defizite auf*. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/mitteilungen.msg-id-90006.html>

BLV. (2024a). *Zugelassene Pflanzenschutzmittel*. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/zulassung-pflanzenschutzmittel/zulassung-und-gezielte-ueberpruefung/zugelassene-pflanzenschutzmittel.html>

BLV. (2024b). *Zurückgezogene Pflanzenschutzmittel*. <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/zulassung-pflanzenschutzmittel/anwendung-und-vollzug/zurueckgezogene-pflanzenschutzmittel.html>

BLW. (2017). *Aktionsplan Pflanzenschutzmittel*. <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/aktionsplan.html>

BLW. (2023). *Verkaufsmengen der Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe*. <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/verkaufsmengen-der-pflanzenschutzmittel-wirkstoffe.html>

BLW. (2024). *Pflanzenschutzmitteleinsatz in der Schweiz*. *Agrarbericht*. <https://www.agrarbericht.ch/de/umwelt/wasser/psm-einsatz>

Braun-Fahrlander, C., Vuille, J. C., Sennhauser, F. H., Neu, U., Künzle, T., Grize, L., Gassner, M., Minder, C., Schindler, C., Varonier, H. S., & Wüthrich, B. (1997). Respiratory health and long-term exposure to air pollutants in Swiss schoolchildren. SCARPOL Team. Swiss Study on

Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with Respect to Air Pollution, Climate and Pollen. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 155(3), 1042–1049. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.155.3.9116984>

Bukalasa, J. S., Brunekreef, B., Brouwer, M., Vermeulen, R., De Jongste, J. C., Van Rossem, L., Vonk, J. M., Wijga, A., Huss, A., & Gehring, U. (2017). Proximity to agricultural fields as proxy for environmental exposure to pesticides among children: The PIAMA birth cohort. *Science of The Total Environment*, 595, 515–520. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.269>

Buralli, R. J., Dultra, A. F., & Ribeiro, H. (2020). Respiratory and Allergic Effects in Children Exposed to Pesticides—A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2740. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082740>

Carbotech, B. (2021). *Pilotmessungen von Pflanzenschutzmitteln in Luft und Regen*. Carbotech, 2021. <https://carbotech.ch/projekte/pflanzenschutzmitteln-in-luft-und-regen/>

Delgrande Jordan, M., Schmidhauser, V., & Balsiger, N. (2022). Santé et bien-être des 11 à 15 ans en Suisse – Situation en 2022, évolution dans le temps et corrélats. *Addiction Suisse*. <https://doi.org/10.58758/rech159>

EEA. (2023). *How pesticides impact human health and ecosystems in Europe* [Briefing]. European Environment Agency. [https://www.eea.europa.eu/publications/how-pesticides-impact-human-health](https://www.eea.europa.eu/publications/how-pesticides-impact-human-health/how-pesticides-impact-human-health)

EFSA, E. F. S., Brancato, A., Brocca, D., Carrasco Cabrera, L., De Lentdecker, C., Erdos, Z., Ferreira, L., Greco, L., Jarrah, S., Kardassi, D., Leuschner, R., Lostia, A., Lythgo, C., Medina, P., Miron, I., Molnar, T., Pedersen, R., Reich, H., Sacchi, A., ... Villamar-Bouza, L. (2018). Updated review of the existing maximum residue levels for imazalil according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005 following new toxicological information. *EFSA Journal*, 16(10), e05453. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5453>

Figueiredo, D. M., Krop, E. J. M., Duyzer, J., Gerritsen-Ebben, R. M., Gooijer, Y. M., Holterman, H. J., Huss, A., Jacobs, C. M. J., Kivits, C. M., Kruijne, R., Mol, H. J. G. J., Oerlemans, A., Sauer, P. J. J., Scheepers, P. T. J., van de Zande, J. C., van den Berg, E., Wenneker, M., & Vermeulen, R. C. H. (2021). Pesticide Exposure of Residents Living Close to Agricultural Fields in the Netherlands: Protocol for an Observational Study. *JMIR Research Protocols*, 10(4), e27883. <https://doi.org/10.2196/27883>

Fuhrmann, S., Mol, H. G. J., Dias, J., Dalvie, M. A., Röösli, M., Degrendele, C., Figueiredo, D. M., Huss, A., Portengen, L., & Vermeulen, R. (2021). Quantitative assessment of multiple pesticides in silicone wristbands of children/guardian pairs living in agricultural areas in South Africa. *The Science of the Total Environment*, 812, 152330. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152330>

Galea, K. S., MacCalman, L., Jones, K., Cocker, J., Teedon, P., Cherrie, J. W., & van Tongeren, M. (2015). Urinary biomarker concentrations of captan, chlormequat, chlorpyrifos and cypermethrin in UK adults and children living near agricultural land. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 25(6), 623–631. <https://doi.org/10.1038/jes.2015.54>

Gilden, R. C., Harris, R. L., Friedmann, E. J., Han, M., Hackney, A. J., Olorunyemi, E., & Spanier, A. J. (2023). Systematic Review: Association of Pesticide Exposure and Child Wheeze and Asthma. *Current Pediatric Reviews*, 19(2), 169–178. <https://doi.org/10.2174/1573396318666220510124457>

Hansen, M. R. H., Jørs, E., Sandbæk, A., Sekabojja, D., Ssempebwa, J. C., Mubeezi, R., Staudacher, P., Fuhrmann, S., Sigsgaard, T., Burdorf, A., Bibby, B. M., & Schlünssen, V. (2021). Organophosphate and carbamate insecticide exposure is related to lung function change among

smallholder farmers: A prospective study. *Thorax*, 76(8), 780–789. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2020-214609>

Hyland, C., & Laribi, O. (2017). Review of take-home pesticide exposure pathway in children living in agricultural areas. *Environ Res*, 156, 559–570. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.04.017>

Islam, J. Y., Hoppin, J., Mora, A. M., Soto-Martinez, M. E., Gamboa, L. C., Castañeda, J. E. P., Reich, B., Lindh, C., & van Wendel de Joode, B. (2023). Respiratory and allergic outcomes among 5-year-old children exposed to pesticides. *Thorax*, 78(1), 41–49. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2021-218068>

Iyanna, N., Yolton, K., LeMasters, G., Lanphear, B. P., Cecil, K. M., Schwartz, J., Brokamp, C., Rasnick, E., Xu, Y., MacDougall, M. C., & Ryan, P. H. (2023). Air Pollution Exposure and Social Responsiveness in Childhood: The Cincinnati Combined Childhood Cohorts. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 251, 114172. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114172>

Keleb, A., Daba, C., Asmare, L., Bayou, F. D., Arefaynie, M., Mohammed, A., Tareke, A. A., Kebede, N., Tsega, Y., Endawkie, A., Kebede, S. D., Abera, K. M., Abeje, E. T., & Enyew, E. B. (2024). The association between children's exposure to pesticides and asthma, wheezing, and lower respiratory tract infections. A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 12, 1402908. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1402908>

Kwon, D. S., Choi, Y. J., Kim, T. H., Byun, M. K., Cho, J. H., Kim, H. J., & Park, H. J. (2020). FEF25-75% Values in Patients with Normal Lung Function Can Predict the Development of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 15, 2913–2921. <https://doi.org/10.2147/COPD.S261732>

Lee, K.-S., Lim, Y.-H., Lee, Y. A., Shin, C. H., Kim, B.-N., Hong, Y.-C., & Kim, J. I. (2022). The association of prenatal and childhood pyrethroid pesticide exposure with school-age ADHD traits. *Environment International*, 161, 107124. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107124>

Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D., & Green, A. (2016). *An international database for pesticide risk assessments and management*. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1358.htm>

Mamane, A., Raherison, C., Tessier, J.-F., Baldi, I., & Bouvier, G. (2015). Environmental exposure to pesticides and respiratory health. *European Respiratory Review*, 24(137), 462–473. <https://doi.org/10.1183/16000617.00006114>

Mehta, A. J., Miedinger, D., Keidel, D., Bettschart, R., Bircher, A., Bridevaux, P.-O., Curjuric, I., Kromhout, H., Rochat, T., Rothe, T., Russi, E. W., Schikowski, T., Schindler, C., Schwartz, J., Turk, A., Vermeulen, R., Probst-Hensch, N., & Künzli, N. (2012). Occupational Exposure to Dusts, Gases, and Fumes and Incidence of Chronic Obstructive Pulmonary Disease in the Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung and Heart Diseases in Adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 185(12), 1292–1300. <https://doi.org/10.1164/rccm.201110-1917OC>

MIR. (2019). *Spirobank Smart Spirometer with Mobile App*. MIR. <http://spirometry.com>

Mora, A. M., Hoppin, J. A., Córdoba, L., Cano, J. C., Soto-Martínez, M., Eskenazi, B., Lindh, C. H., & van Wendel de Joode, B. (2020). Prenatal pesticide exposure and respiratory health outcomes in the first year of life: Results from the infants' Environmental Health (ISA) study. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 225(January), 113474. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113474>

Netting, R. M. (with Internet Archive). (1981). *Balancing on an Alp: Ecological change and continuity in a Swiss mountain community*. Cambridge [Eng.]; New York: Cambridge University Press. <http://archive.org/details/balancingonalpec00nett>

- Norén, E., Lindh, C., Rylander, L., Glynn, A., Axelsson, J., Littorin, M., Faniband, M., Larsson, E., & Nielsen, C. (2020). Concentrations and temporal trends in pesticide biomarkers in urine of Swedish adolescents, 2000-2017. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 30(4), 756–767. <https://doi.org/10.1038/s41370-020-0212-8>
- Obaseki, D., Akanbi, M., Onyedum, C., Ozoh, O., Jumbo, J., Akor, A., & Erhabor, G. (2014). Peak Expiratory Flow as a Surrogate for Health Related Quality of Life in Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Preliminary Cross Sectional Study. *Ghana Medical Journal*, 48(2), 85–90.
- Ohlander, J., Fuhrmann, S., Basinas, I., Cherrie, J. W., Galea, K. S., Povey, A. C., van Tongeren, M., Harding, A. H., Jones, K., Vermeulen, R., & Kromhout, H. (2020). Systematic review of methods used to assess exposure to pesticides in occupational epidemiology studies, 1993-2017. *Occup Environ Med*, 77(6), 357–367. <https://doi.org/10.1136/oemed-2019-105880>
- Ottenbros, I. B., Ammann, P., Imboden, M., Fuhrmann, S., Zock, J.-P., Lebret, E., Vermeulen, R. C. H., Nijssen, R., Lommen, A., Mol, H., Vlaanderen, J. J., & Probst-Hensch, N. (2023). Urinary pesticide mixture patterns and exposure determinants in the adult population from the Netherlands and Switzerland: Application of a suspect screening approach. *Environmental Research*, 239(Pt 1), 117216. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117216>
- Probst-Hensch, N., Bochud, M., Chiolero, A., Crivelli, L., Dratva, J., Flahault, A., Frey, D., Kuenzli, N., Puhan, M., Suggs, L. S., & Wirth, C. (2022). Swiss Cohort & Biobank—The White Paper. *Public Health Rev*, 43, 1605660. <https://doi.org/10.3389/phrs.2022.1605660>
- Raanan, R., Gunier, R. B., Balmes, J. R., Beltran, A. J., Harley, K. G., Bradman, A., & Eskenazi, B. (2017). Elemental sulfur use and associations with pediatric lung function and respiratory symptoms in an agricultural community (California, USA). *Environmental Health Perspectives*, 125(8), 087007.
- Raherison, C., Baldi, I., Pouquet, M., Berteaud, E., Moesch, C., Bouvier, G., & Canal-Raffin, M. (2019). Pesticides Exposure by Air in Vineyard Rural Area and Respiratory Health in Children: A pilot study. *Environmental Research*, 169, 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.002>
- Teyssiere, R., Manangama, G., Baldi, I., Carles, C., Brochard, P., Bedos, C., & Delva, F. (2020). Assessment of residential exposures to agricultural pesticides: A scoping review. *PLoS One*, 15(4), e0232258. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232258>
- Van Horne, Y. O., Farzan, S. F., Razafy, M., & Johnston, J. E. (2022). Respiratory and allergic health effects in children living near agriculture: A review. *Sci Total Environ*, 832, 155009. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155009>
- Wageningen Food Safety Research*. (2019, May 29). WUR. <https://www.wur.nl/en/research-results/research-institutes/food-safety-research.htm>
- Wijga, A. H., Kerkhof, M., Gehring, U., de Jongste, J. C., Postma, D. S., Aalberse, R. C., Wolse, A. P., Koppelman, G. H., van Rossem, L., Oldenwening, M., Brunekreef, B., & Smit, H. A. (2014). Cohort profile: The Prevention and Incidence of Asthma and Mite Allergy (PIAMA) birth cohort. *International Journal of Epidemiology*, 43(2), 527–535. <https://doi.org/10.1093/ije/dys231>
- Yang, H.-H., Paul, K. C., Cockburn, M. G., Thompson, L. K., Cheng, M. Y., Suh, J. D., Wang, M. B., & Lee, J. T. (2023). Residential Proximity to a Commercial Pesticide Application Site and Risk of Chronic Rhinosinusitis. *JAMA Otolaryngology-- Head & Neck Surgery*, 149(9), 773–780. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2023.1499>