



# GESUNDHEITLICHE BEURTEILUNG DER BELASTUNG MIT PFLANZENSCHUTZMITTELN IN DER AUSSENLUFT

Juni 2021

## **Impressum**

### **Auftraggeber**

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien, Bern  
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

### **Auftragnehmer**

Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH), Basel

### **AutorInnen**

Meltem Kutlar Joss, Ron Kappeler, Zoe Roth, Samuel Fuhrmann, Nicole Probst-Hensch

### **Hinweis**

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst.  
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

# ABKÜRZUNGEN

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ADI</b>            | Acceptable daily intake – tolerierbare Tagesdosis. Dieser Wert gibt die Menge eines Stoffes an, die ein Verbraucher täglich und ein Leben lang ohne erkennbares Gesundheitsrisiko (über die Nahrung) aufnehmen kann.                                                                                              |
| <b>AHS</b>            | Agricultural Health Study – eine amerikanische prospektive Kohortenstudie mit über 50'000 lizenzierten PSM-Applikatoren und deren Partnerinnen in Iowa und North Carolina, seit 1993                                                                                                                              |
| <b>AOEL</b>           | Acceptable Operator Exposure Level – ist ein Grenzwert für die duldbare Exposition von Anwendern der Pflanzenschutzmittel und Personen, die bei oder nach der Anwendung direkt mit dem Pflanzenschutzmittel in Berührung kommen können.                                                                           |
| <b>ARfD</b>           | Acute Reference Dose - ist als die Substanzmenge definiert, die ein Verbraucher im Verlauf eines Tages bei einer Mahlzeit oder bei mehreren Mahlzeiten ohne erkennbares Gesundheitsrisiko mit der Nahrung aufnehmen kann.                                                                                         |
| <b>CAS</b>            | CAS Registry Number, CAS = Chemical Abstracts Service ist ein internationaler Bezeichnungsstandard für chemische Stoffe                                                                                                                                                                                           |
| <b>CH</b>             | Schweiz                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>CO</b>             | Kohlenmonoxid                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>DEET</b>           | Diethyltoluamid – ein Repellent gegen Mücken und Zecken                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>EC</b>             | Effective Concentration – effektive Konzentration                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>ECHA</b>           | European Chemicals Agency                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>EFSA</b>           | European Food and Safety Agency – Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>EU</b>             | Europäische Union                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>GHS</b>            | Globally Harmonized System                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>LD50</b>           | Letal Dose – mittlere tödliche Dosis, bei der 50% der Tiere sterben                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>LUDOK</b>          | Lufthygienische Dokumentationsstelle am Swiss TPH                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>MAK</b>            | Maximale Arbeitsplatzkonzentration                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>ni</b>             | no information – zur gesuchten Zielgrösse wurden keine Ergebnisse berichtet                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>NO<sub>2</sub></b> | Stickstoffdioxid                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>NO(A)EL</b>        | No observable (adverse) effect level - Die Dosis knapp unterhalb der Wirkungsschwelle wird als Dosis ohne erkennbare schädliche Wirkung (NOAEL) bezeichnet. Dieser für eine toxikologische Bewertung eines Stoffes sehr wichtige Wert wird im Tierversuch bestimmt oder aus Erfahrungen beim Menschen abgeleitet. |
| <b>NOEC</b>           | No observed effect concentration – im Gegensatz zum NOEL wird hier die Konzentration ohne Wirkung und nicht die Dosis ohne Wirkung angegeben                                                                                                                                                                      |
| <b>PAN</b>            | Pesticide Action Network International                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                         |                                                                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PM10</b>             | Particulate matter, Feinstaub mit einem maximalen Durchmesser von 10 µm         |
| <b>PPDB</b>             | Pesticides Property Database, Pestiziddatenbank der University of Hertfordshire |
| <b>PSM</b>              | Pflanzenschutzmittel                                                            |
| <b>SO<sub>2</sub></b>   | Schwefeldioxid                                                                  |
| <b>SUVA</b>             | Schweizerische Unfallversicherungsanstalt                                       |
| <b>Swiss TPH</b>        | Swiss Tropical and Public Health Institute                                      |
| <b>UK</b>               | United Kingdom, vereinigtes Königreich                                          |
| <b>WHO</b>              | World Health Organization, Weltgesundheitsorganisation                          |
| <b>µg/m<sup>3</sup></b> | Mikrogramm pro Kubikmeter (Luft)                                                |

# INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ABKÜRZUNGEN .....</b>                                                         | <b>III</b> |
| <b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>                                                  | <b>V</b>   |
| <b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>                                                     | <b>1</b>   |
| <b>RÉSUMÉ .....</b>                                                              | <b>6</b>   |
| <b>1. AUFTRAG UND HINTERGRUND .....</b>                                          | <b>11</b>  |
| <b>2. METHODIK .....</b>                                                         | <b>12</b>  |
| 2.1 Vergleich mit Werten aus der Toxikologie und Arbeitsmedizin .....            | 12         |
| 2.2 Verortung toxikologisch festgelegter Werte .....                             | 13         |
| 2.3 Relevanzbeurteilung anhand epidemiologischer Studien .....                   | 15         |
| 2.4 Sensitivitätsanalysen .....                                                  | 15         |
| <b>3. ERGEBNISSE .....</b>                                                       | <b>16</b>  |
| 3.1 Messwerte in der Aussenluft .....                                            | 16         |
| 3.2 Toxikologische Daten .....                                                   | 18         |
| 3.2.1 Vergleich der gefundenen toxikologischen Grenzwerte mit den Messwerten ... | 18         |
| 3.2.2 Verortung der Messwerte .....                                              | 21         |
| 3.2.3 Einschätzung der PSM anhand toxikologischer Kriterien .....                | 22         |
| 3.3 Literatursuche .....                                                         | 27         |
| 3.3.1 Übersichten .....                                                          | 27         |
| 3.3.2 Bevölkerungsbezogene Studien .....                                         | 27         |
| 3.3.3 Studien mit beruflicher PSM-Belastung .....                                | 28         |
| 3.4 Sensitivitätsanalyse .....                                                   | 35         |
| <b>4. DISKUSSION .....</b>                                                       | <b>35</b>  |
| 4.1 Gesamtsicht toxikologischer und epidemiologischer Daten .....                | 35         |
| 4.2 Gemessene Konzentrationen .....                                              | 36         |
| 4.3 Bedeutung der Belastung über die Luft und anderer Quellen .....              | 37         |
| 4.4 Ausblick .....                                                               | 38         |
| <b>5. SCHLUSSFOLGERUNG .....</b>                                                 | <b>39</b>  |
| <b>6. REFERENZEN .....</b>                                                       | <b>40</b>  |
| <b>ANHANG .....</b>                                                              | <b>45</b>  |

# ZUSAMMENFASSUNG

## Hintergrund

Im Rahmen eines Pilotprojekts für ein mögliches Monitoring von Pflanzenschutzmitteln (PSM) bzw. ihrer aktiven Substanzen in der Luft und im Regenwasser wurden Messungen von 83 Herbiziden, Insektiziden, Fungiziden und Metaboliten in der Luft anvisiert. Messungen wurden im Zeitraum von März bis September 2020 an neun verschiedenen Standorten in der Schweiz vorgenommen. Diese unterschieden sich bezüglich Nähe zur Landwirtschaft und der Art der landwirtschaftlichen Kulturen. Da es sich um ein Pilotprojekt unter anderem zur Methodenentwicklung, Bestimmung der Messbarkeit und Grössenordnung von PSM in Regenwasser und Luft handelt, wurde eine Auswahl von PSM, welche mit der Messmethode der Flüssigchromatographie gekoppelt mit der Massenspektrometrie (LC-MS/MS) nachweisbar waren, untersucht. Die lufthygienische Dokumentationsstelle LUDOK am Schweizerischen Tropen- und Public Health (Swiss TPH) wurde vom Bundesamt für Umwelt beauftragt, die gesundheitlichen Relevanz der PSM-Belastung in der Luft zu beurteilen. Aus Kapazitätsgründen wurden nur die unten aufgeführten elf Substanzen, die im Rahmen des Projektes mit den höchsten Konzentrationen gemessen wurden, beurteilt.

## Vorgehen

Es wurden in einem ersten Schritt relevante toxikologische Daten zusammengetragen und mit den in der Aussenluft ermittelten Konzentrationen verglichen. Die toxikologischen Vergleichsdaten wurden kritisch hinterfragt und etwaige Sicherheitsfaktoren diskutiert. In einem weiteren Schritt wurden Erkenntnisse aus arbeitsmedizinischen und epidemiologischen Studien zusammengetragen, um gesundheitliche Wirkungen, die evtl. weniger in toxikologischen Daten wiedergegeben werden können, zu erfassen. Es wurden auch ökotoxikologische Daten gesammelt, die in die Beurteilung nicht einflussen, da der Fokus auf der gesundheitlichen Relevanz für den Menschen lag. Zur Ergänzung der Erkenntnisse aus der Toxikologie wurden epidemiologische Studien zusammengetragen, welche die Auswirkungen der PSM-Belastung in der Umwelt in der Allgemeinbevölkerung oder bestimmten Gruppen untersuchten und Hinweise zu realen Belastungssituationen, -gemischen und Langzeiteffekten liefern könnten.

## Ergebnisse der Messungen

Mit Passivsammlern wurden die PSM auf PU-Schäumen an den Standorten über einen Messzeitraum von 28 Tagen beprobt. Aus den gemessenen Konzentrationen pro Probe wurden Luftkonzentrationen berechnet (Tagesmittel und möglicher Tagesspitzenwert). Informationen zu Methodik und Ergebnissen finden sich im separaten Messbericht. Dabei kann sich die Endkonzentration in den Proben je nach Anzahl Anwendungen, Resuspension oder Verdampfung über 28 Tage aufgebaut haben oder im schlechtesten Fall einer einmaligen Spitzenbelastung an einem Tag entsprechen. Daher wurde für die toxikologische Beurteilung als worst case Szenario eine einmalige Spitzenbelastung von einem Tag berechnet d.h. eine Konzentration welche 28-fach über dem 4 Wochenmittel liegt.

Unter den Herbiziden wiesen Terbutylazin und sein zusätzlich beurteiltes Abbauprodukt Terbutylazin-desethyl, Diuron und (S-)Metolachlor die höchsten Konzentrationen auf. Im März wurde im Wallis für Terbutylazin ein einmaliger Höchstwert von 21 ng/m<sup>3</sup> (Mittel über 28 Tage) gemessen. Bei den Fungiziden wurden Pyrimethanil, Cyprodinil, Metalaxyl(-M), Fenhexamid, Fenpropidin, Fludioxonil in erhöhten Konzentrationen gemessen. Die gemessenen Belastungen unterschieden sich je nach Standort und Messzeitpunkt um einen Faktor 10 bis 100. Mit Ausnahme des Insektenabwehrmittel Diethyltoluamid (DEET), einem weit verbreiteten Repellent gegen Mücken und Zecken, welches an allen Standorten nachgewiesen wurde, beeinflussten der Standort, die Kulturen und die Jahreszeit die Anwendung und somit die lokale Belastung mit PSM.

Standorte im Wallis und Thurgau wiesen oft die höchsten Belastungen auf, was vor allem auf die unmittelbare Nähe zur Kultur von weniger als 30 Metern zurückzuführen war.

### Vergleich der Messwerte mit toxikologischen Werten

Da es keine Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel in der Luft gibt wurden toxikologische Daten herangezogen. Für einen Vergleich der gemessenen Konzentrationen in der Luft mit den toxikologischen Werten wurden die Werte für die akzeptable Belastung eines Anwenders von Pflanzenschutzmitteln (AOEL, acceptable operator exposure level) und der für die Nahrung definierten Werte für die «akzeptierbare tägliche Dosis» (engl. ADI acceptable daily intake) umgerechnet in eine tolerierbare Luftkonzentration. Diese wird pro kg Körpergewicht angegeben. Die Umrechnung berücksichtigt das unterschiedliche Atemvolumen und Körpergewicht von Erwachsenen, Kindern und Neugeborenen und resultiert aus diesem Grund in unterschiedlichen Werten. In einer Sensitivitätsanalyse wurde zusätzlich die Berechnung nach Vorgaben der europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde EFSA durchgeführt. Bei AOEL und ADI handelt es sich in der Regel um Werte, welche bei einer langfristigen lebenslangen Belastung toleriert werden und tiefer liegen als kurzfristige Toleranzwerte. Es wurde konservativ von einem Szenario ausgegangen, dass eine langfristige Belastung mit der einmalig höchsten gemessenen Belastung untersuchte. Dabei wies keines der betrachteten PSM in der Luft Konzentrationen auf, welche im Vergleich zu toxikologisch festgelegten Kennwerten (AOEL, ADI) und den daraus abgeleiteten Luftkonzentrationen erhöht waren.

AOEL-Werte sind «operator» Werte, welche für Personen, die diese Stoffe handhaben, gelten (Arbeitsplatzwerte). Sie werden auch als Grundlage für die Berechnung der Belastung von unbeteiligten Nebestehenden «bystanders» genommen. Aus der lufthygienischen Forschung ist bekannt, dass die aus epidemiologischen Studien hergeleiteten Immissionsgrenzwerte oftmals tiefer liegen, als toxikologisch festgelegte Grenzwerte. In Analogie zu Luftschadstoffen und deren Verhältnis zu Arbeitsplatzgrenzwerten wurde ein Sicherheitsfaktor berechnet, der bei einem Beizug von MAK-Werten (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) zu berücksichtigen wäre. Es konnte aber gezeigt werden, dass im Fall von Diuron – dem einzigen der beurteilten PSM, für den ein MAK-Wert vorlag – der AOEL-Wert bereits 1000 Mal kleiner war als der MAK-Wert und somit eine Verringerung der AOEL-basierten tolerierbaren Luftbelastung nicht gerechtfertigt schien. Der Vergleich zwischen MAK-Werten und Innenraumluftwerten, welche lediglich für ein (nicht untersuchtes) Fungizid Pentachlorphenol vorlag, wies auf einen möglichen Sicherheitsfaktor von einer Grössenordnung (10) hin. Unter Anwendung eines solchen Sicherheitsfaktors könnte die Spitzenbelastung von Terbuthylazin am Standort Crête des Maladares im Wallis als eventuell kritisch beurteilt werden. Gemäss Messkampagnenleiter liegt dies Messstelle in unmittelbarer Nähe (weniger als 30 Meter) zu einer Kultur. Bei dieser Nähe könnte Drift nach Applikation für die hohen Messwerte verantwortlich sein, was deshalb für Personen, die wenige Meter neben Kulturen wohnen, relevant sein könnte.

Schliesslich wurde versucht, einen Eindruck für die Grössenordnung der Belastung aus der Luft im Vergleich zur PSM-Belastung über Restmengen in Lebensmittel zu erhalten. Dabei wurde der Anteil bzw. die Ausschöpfung des AOEL berechnet und mit veröffentlichten Zahlen zur ADI-Ausschöpfung durch Restmengen von PSM auf Lebensmitteln verglichen (. Die AOEL-Ausschöpfung von Diuron, Cyprodinil und Metalaxyl-M lagen im Bereich der ADI-Ausschöpfung durch Restmengen in Lebensmittel. Der Belastungspfad der Luft könnte im worst case Szenario ebenso wichtig wie jener über Restmengen in Lebensmitteln liegen. Die gemessene Spitzenkonzentration am Standort Crête des Maladares im Wallis durch Terbuthylazin in der Luft lag jedoch weit über der ADI-Ausschöpfung durch Restmengen in Lebensmitteln, aber unterhalb der toxikologisch bestimmten Grenzwerte. Für die übrigen PSM schien die Belastung über der Luft nicht relevant zu sein.

Vergleich der AOEL-Ausschöpfung durch die Pflanzenschutzmittel in der Luft mit der ADI-Ausschöpfung durch Restmengen auf Lebensmitteln.

| Stoff                  | Tagesspitzenwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Höchster Tagesmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Tolerierbare Tagesdosis AOEL mg/kg Körpergewicht/Tag | Tolerierbare AOEL-Luftkonzentration Erwachsene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Tolerierbare AOEL-Luftkonzentration Kinder [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Anteil Luft-AOEL-Erwachsene: Tagesspitzenwert [%] | Anteil Luft-AOEL-Kinder: Tagesspitzenwert [%] | Chronische Belastung über Lebensmittelrückstände in % des ADI Minimal-Maximal [1] |
|------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Diuron                 | 0.07                                          | 0.0025                                                | 0.007                                                | 24.50                                                                       | 10.50                                                                   | 0.29                                              | 0.67                                          | 0.7-1.7                                                                           |
| S-Metolachlor          | 0.035                                         | 0.00125                                               | 0.1                                                  | 350.00                                                                      | 150.00                                                                  | 0.01                                              | 0.02                                          | -                                                                                 |
| Terbuthylazin          | 0.5992                                        | 0.0214                                                | 0.0032                                               | 11.20                                                                       | 4.80                                                                    | 5.35                                              | 12.48                                         | 0.001-1                                                                           |
| Terbuthylazin-desethyl | 0.04004                                       | 0.00143                                               | 0.0032                                               | 11.20                                                                       | 4.80                                                                    | 0.36                                              | 0.83                                          | -                                                                                 |
| Cyprodinil             | 0.756                                         | 0.027                                                 | 0.03                                                 | 105.00                                                                      | 45.00                                                                   | 0.72                                              | 1.68                                          | 0.7-1.7                                                                           |
| Fenhexamid             | 0.07644                                       | 0.00273                                               | 0.2                                                  | 700.00                                                                      | 300.00                                                                  | 0.01                                              | 0.03                                          | 0.11-0.2                                                                          |
| Fenpropidin            | 0.05992                                       | 0.00214                                               | 0.02                                                 | 70.00                                                                       | 30.00                                                                   | 0.09                                              | 0.20                                          | 0.005-0.56                                                                        |
| Fludioxonil            | 0.0574                                        | 0.00205                                               | 0.59                                                 | 2065.00                                                                     | 885.00                                                                  | 0.00                                              | 0.01                                          | 0.29-0.39                                                                         |
| Metalaxyl-M            | 0.21                                          | 0.0075                                                | 0.08                                                 | 280.00                                                                      | 120.00                                                                  | 0.08                                              | 0.18                                          | 0.03-0.21                                                                         |
| Pyrimethanil           | 0.798                                         | 0.0285                                                | 0.12                                                 | 420.00                                                                      | 180.00                                                                  | 0.19                                              | 0.44                                          | 0.9-1                                                                             |
| DEET                   | 0.1036                                        | 0.0037                                                | ni                                                   |                                                                             |                                                                         |                                                   |                                               |                                                                                   |

### Erkenntnisse aus epidemiologischen und arbeitsmedizinischen Studien

Die Suche in der Web of Science Datenbank ergab über 4000 Treffer. Nach Ausschluss nicht relevanter Studien verblieben 32 relevante Studien, welche gesundheitliche Zielgrößen oder Abbauprodukte im Blut oder Urin der gesuchten Wirkstoffe in der Bevölkerung oder häufiger in arbeitsmedizinischen Studien untersuchten. Zusätzlich wurden 18 Studien aus der LUDOK-Datenbank einbezogen.

Insgesamt ist die epidemiologische und arbeitsmedizinische Datenlage bezüglich der von uns gesuchten aktiven Substanzen eher dürftig. Zu den Herausforderungen zählen:

- Die Forschung zu den gesundheitlichen Folgen von den hier untersuchten Wirkstoffen in der Allgemeinbevölkerung ist noch relativ jung und hinkt der Zulassung jeweils zeitlich hinterher.
- Wichtige Forschungsfragen werden erst jetzt mit dem aktuellen Forschungsprojekt Human Biomonitoring for European Union (HBM4EU) mit Schweizer Beteiligung untersucht, beispielsweise Messung der Belastung und mögliche Cocktaileffekte sowie Langzeiteffekte verschiedener Chemikalien.
- Dominanz einer amerikanischen Studie bei Anwendern von Pflanzenschutzmitteln und ihren Partnerinnen (Agricultural Health Study AHS)

- Untersuchung sehr viel verschiedener gesundheitlicher Zielgrössen, die praktisch keine Vergleiche zwischen Studien zulassen
- Belastungsabschätzungen für PSM in der Luft liegen praktisch nicht vor. In den meisten Fällen wird die PSM-Belastung anhand von Nutzungsverhalten qualitativ abgeschätzt oder anhand von Metaboliten in Urin, Blut oder Rückständen in Haarproben bestimmt, weshalb eine Abgrenzung von der Aufnahme über die Nahrung oder Haut von der inhalativen Aufnahme nicht möglich ist.
- Es werden trotz epidemiologischem Studiendesign häufig in irgendeiner Weise beruflich belasteten Studienteilnehmer oder ihre Kinder untersucht und weniger die Allgemeinbevölkerung
- Eine Belastungsabschätzung einzelner PSM liegt in den wenigsten Fällen vor. Oft werden ganze Substanzklassen gemeinsam oder ganz allgemein PSM untersucht.

Von den untersuchten aktiven Substanzen wurden basierend auf den toxikologischen und wenigen epidemiologischen Daten Cyprodinil, Fenhexamid und Fludioxonil als eher unkritisch beurteilt. Aufgrund ihrer Eigenschaften unabhängig von der gemessenen Belastung als kritischere Stoffe wurden Fenpropidin wegen tiefer Toxizitätswerte, Pyrimethanil, welches möglicherweise hormonaktiv ist, und Metalaxyl(-M) eingeschätzt. In den epidemiologischen und arbeitsmedizinischen Studien wurde letzteres mit verringertem Geburtsgewicht und Herzinfarkten in Verbindung gebracht. Diuron, Terbutylazin und (S-)Metolachlor wurden als toxikologisch kritisch und gesundheitlich relevant beurteilt. Diuron gilt als hormonaktiv und wurde mit Blutkrebs beim Menschen in Verbindung gebracht. Terbutylazin gilt ebenfalls als hormonaktiv und die Substanzklasse der Triazine, zu denen Terbutylazin zählt, wies in den wenigen epidemiologischen Studien auf Zusammenhänge mit Nierenkrankheiten und verringertem Geburtsgewicht hin. Zu Metolachlor wurden die meisten negativen Studienergebnisse berichtet. Auch wenn heute nur noch Metolachlor-S zugelassen ist und die Messtechnik nicht zwischen verschiedenen Enantiomeren unterscheiden kann, gehen wir aufgrund praktisch identischer Toxikologiewerte von einer ähnlichen Problematik aus. Dies gilt auch für Metalaxyl-M.

### Schlussfolgerung

Die gemessenen Konzentrationen in der Aussenluft sind unter Annahme eines worst case mit langfristig andauernden Konzentrationen in der Höhe des möglichen Tagesspitzenwerts auch unter Berücksichtigung diverser Messunsicherheiten für die Allgemeinbevölkerung eher weniger relevant. Es kann keine Aussage zu den gemessenen aber hier nicht beurteilten Wirkstoffen gemacht werden. Möglicherweise sind diese trotz geringerer Luftkonzentrationen wegen höherer Toxizität kritischer. Hinzukommt, dass im Messprogramm nur eine Auswahl von PSM berücksichtigt werden konnte und keine Aussage zu nicht gemessenen Substanzen gemacht werden kann.

Die Analyse von arbeitsmedizinischen und epidemiologischen Studien hat gezeigt, dass wenig zu einzelnen PSM-Wirkstoffen geforscht wird und eine isolierte Betrachtung einzelner PSM und der Luftbelastung in den seltensten Fällen vorgenommen werden kann. Belastungskategorien nach Umgang mit PSM, Nähe zu Kulturen und Indikatoren der Belastung in Urin und Blut werden häufiger untersucht.

Eine gesundheitliche Gefährdung über andere Belastungspfade kann derzeit nicht beurteilt werden. Den Rückständen von PSM auf Lebensmitteln und die damit verbundene Aufnahme über die Nahrung und über das Trinkwasser wird gemäss der Literatur in der Allgemeinbevölkerung die grösste Bedeutung beigemessen. Weitere Belastungspfade stellen die Aufnahme über den persönlichen Gebrauch von PSM in Haushalt und Garten dar. Die bisherige Forschung konnte bis jetzt keine konkreten Risiken nachweisen.

## Ausblick

Die Relevanzbeurteilung, welche nur für die elf in den höchsten Konzentrationen nachgewiesenen Substanzen vorgenommen wurde, lässt sich nicht auf andere PSM übertragen. Allenfalls sollte für die nicht beurteilten PSM eine toxikologische Beurteilung nachgeführt werden.

Für die Untersuchung der integrierten PSM Belastung in der Allgemeinbevölkerung in der Schweiz sowohl für einzelne als auch für kombinierte Stoffe braucht es ein Humanbiomonitoring (HBM). Der HBM Ansatz erlaubt zudem, den Beitrag verschiedener Expositionswege zur Belastung zu studieren. HBM im Rahmen von Langzeitstudien mit Gesundheitsuntersuchungen ermöglicht darüber hinaus die Erforschung chronischer gesundheitsschädigender Effekte. Im Bereich der Luftschadstoff-Forschung hat sich der Nutzen von epidemiologischen Langzeitstudien am Beispiel der Schweizer SAPALDIA-Kohorte<sup>1</sup> und Biobank gezeigt. SAPALDIA steuerte wichtige Daten zur Ableitung von Luftschadstoff-Grenzwerten in der Schweiz und in Europa bei. Aufbauend auf dem SAPALDIA Studienprotokoll wird zurzeit die Schweizer Gesundheitsstudie pilotiert. Die künftige Langzeitstudie mit integrierter Biobank soll mindestens 100'000 Teilnehmende aus der allgemeinen Bevölkerung einschliessen und Chemikalienbelastungen miteinschliessen.

Im Rahmen des Horizon 2020 Science-To-Policy Projektes HBM4EU, an welchem sich die Schweiz unter dem Lead des Swiss TPH beteiligt, wird ein europäisches HBM Netzwerk etabliert. Dies wird es künftig erlauben mittels harmonisierter Methoden Exposition- und Gesundheitsdaten so zu erheben und zu beurteilen, dass die Resultate in die Chemikalienregulierung einfließen können. Im Rahmen des HBM4EU Projektes wurden Europaweit (inklusive in der Region Basel) HBM Surveys zur Belastung gegenüber einer Liste von gezielt ausgewählten Pestiziden (Glyphosate/AMPA; TCPy, 3-PBA, 4-F-3-PBA, DBCA, cis-DCCA, trans-DCCA, ClF3CA) sowie für ein sogenanntes Suspect-Screening anhand von Urinproben durchgeführt.

---

<sup>1</sup> <https://www.swisstph.ch/en/topics/non-communicable-diseases/human-biomonitoring/sapaldia/>

# RÉSUMÉ

## Contexte

Dans le cadre d'un projet pilote pour une éventuelle surveillance des produits phytosanitaires (PPh) ou plus particulièrement de leurs substances actives dans l'air et les eaux de pluie, les mesures de 83 herbicides, insecticides, fongicides et métabolites dans l'air ont été ciblées. Les mesures ont été effectuées sur neuf sites différents en Suisse entre mars et septembre 2020. Celles-ci différaient en termes de proximité de l'agriculture et de type de cultures agricoles. Comme il s'agit d'un projet pilote visant, entre autres, à développer des méthodes et à déterminer la mesurabilité et l'ampleur des PPh dans l'eau de pluie et dans l'air, une sélection de PPh détectables par la méthode de mesure de la chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS/MS) a été analysée. Le Centre de documentation sur l'hygiène de l'air LUDOK de l'Institut tropical et de santé publique suisse (Swiss TPH) a été chargé par l'Office fédéral de l'environnement d'évaluer l'importance sanitaire de la contamination de l'air par les PPh. Pour des raisons de capacité, seules les onze substances énumérées ci-dessous, qui ont été mesurées aux concentrations les plus élevées dans le projet, ont été évaluées.

## Procédure

Dans un premier temps, les données toxicologiques pertinentes ont été compilées et comparées aux concentrations déterminées dans l'air extérieur. Les données toxicologiques comparatives ont fait l'objet d'un examen critique et les facteurs de sécurité ont été discutés. Dans une étape suivante, les résultats de la médecine du travail et des études épidémiologiques ont été compilés afin d'identifier les effets sur la santé qui peuvent être moins reflétés dans les données toxicologiques. Des données écotoxicologiques ont également été collectées, mais elles n'ont pas été incluses dans l'évaluation car l'accent a été mis sur l'importance pour la santé humaine. Pour compléter les résultats de la toxicologie, plusieurs études épidémiologiques qui ont étudié les effets de l'exposition aux PPh dans l'environnement, dans la population ou dans des groupes spécifiques et qui pouvaient fournir des indications sur les situations réelles d'exposition, les mélanges et les effets à long terme ont été compilées.

## Résultats des mesures

Des capteurs passifs ont été utilisés pour échantillonner les PPh sur les mousses en polyuréthane PU sur les sites pendant une période de mesure de 28 jours. Les concentrations dans l'air ont été calculées à partir des concentrations mesurées par échantillon (moyenne journalière et pic journalier éventuel). Des informations sur la méthodologie et les résultats sont disponibles dans le rapport de mesures séparé. En fonction du nombre d'applications, de la remise en suspension ou de l'évaporation, la concentration finale dans les échantillons peut s'être accumulée sur 28 jours ou, dans le pire des cas, correspondre à un seul pic d'exposition en un jour. Par conséquent, pour l'évaluation toxicologique, un pic d'exposition unique d'une journée a été calculé comme le pire scénario, c'est-à-dire une concentration 28 fois supérieure à la moyenne sur 4 semaines.

Parmi les herbicides, la terbuthylazine et son produit de dégradation, la terbuthylazine-deséthyle, le diuron et le (S-)métolachlore ont présenté les concentrations les plus élevées. En mars, une valeur maximale de 21 ng/m<sup>3</sup> (moyenne sur 28 jours) a été mesurée pour la terbuthylazine sur un site en Valais. Parmi les fongicides, le pyriméthanil, le cyprodinil, le métalaxyl(-M), le fenhexamid, la fenpropidine et le fludioxonil ont été mesurés à des concentrations élevées. À l'exception de la diéthyltoluamide (DEET), un répulsif largement utilisé contre les moustiques et les tiques, qui a été détecté sur tous les sites, le site, les cultures et la saison ont influencé l'application et donc l'exposition locale aux PPh. Les sites du Valais et de la Thurgovie présentaient souvent les concentrations les plus élevées, ce qui s'explique principalement par la proximité immédiate de la culture (moins de 30 mètres).

## Comparaison des valeurs mesurées avec les valeurs toxicologiques

Comme il n'existe pas de valeurs limites pour les PPh dans l'air, les données toxicologiques ont été utilisées. Pour comparer les concentrations mesurées dans l'air avec les valeurs toxicologiques, les valeurs du niveau acceptable d'exposition de l'opérateur (AOEL, acceptable operator exposure level) et les valeurs de la dose journalière acceptable (ADI, acceptable daily intake) définies pour les aliments ont été converties en une concentration atmosphérique tolérable, donnée par kg de poids corporel. La conversion prend en compte les différents volumes respiratoires et poids corporels des adultes, des enfants et des nouveau-nés et donne donc des valeurs différentes. Dans une analyse de sensibilité, le calcul a également été effectué selon les spécifications de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA). L'AOEL et l'ADI sont généralement des valeurs tolérées en cas d'exposition à long terme et à vie, et sont inférieures aux valeurs de tolérance à court terme. On a supposé un scénario prudent qui examinait l'exposition à long terme avec l'exposition ponctuelle mesurée la plus élevée. Aucun des PPh considérés n'a montré des concentrations dans l'air élevées par rapport aux valeurs caractéristiques définies par la toxicologie (AOEL, ADI) et aux concentrations dans l'air qui en sont dérivées.

Les valeurs AOEL sont des valeurs "opérateur" qui s'appliquent aux personnes manipulant ces substances (valeurs sur le lieu de travail). Elles servent également de base au calcul de l'exposition des personnes non impliquées (« Bystanders »). On sait, grâce à la recherche sur l'hygiène de l'air, que les valeurs limites d'immission dérivées des études épidémiologiques sont souvent inférieures aux valeurs limites définies par la toxicologie. Par analogie avec les polluants atmosphériques et leur relation avec les limites d'exposition professionnelle, on a calculé un facteur de sécurité qui devrait être pris en compte si les valeurs MAK (concentration maximale sur le lieu de travail) devaient être utilisées. Cependant, il a été démontré que dans le cas du diuron - le seul PPh évalué pour lequel une valeur MAK était disponible - la valeur AOEL était déjà 1000 fois inférieure à la valeur MAK et donc une réduction de l'exposition atmosphérique tolérable basée sur l'AOEL ne semblait pas justifiée. La comparaison entre les valeurs MAK et celles de l'air en intérieur, qui n'était disponible que pour le pentachlorophénol (fongicide non étudié), a indiqué un facteur de sécurité possible d'un ordre de grandeur (10). En appliquant un tel facteur de sécurité, le pic d'exposition à la terbuthylazine sur le site de la « Crête des Maladaires », en Valais, pourrait être jugé comme potentiellement critique. Selon le responsable de la campagne de mesure, ce site de mesure est situé à proximité immédiate (moins de 30 mètres) d'une culture. À cette distance, la dérive après application pourrait être responsable des valeurs élevées mesurées, qui pourraient donc être pertinentes pour les personnes vivant à quelques mètres des cultures.

Enfin, l'ampleur de l'exposition atmosphérique par rapport à l'exposition aux PPh via les quantités résiduelles dans les aliments a été estimée. La proportion ou l'exploitation de l'AOEL a été calculée et comparée aux chiffres publiés sur l'exploitation de l'ADI par les quantités résiduelles de PPh dans les denrées alimentaires. (L'exploitation de l'AOEL du diuron, du cyprodinil et du metalaxyl-M était dans la gamme de l'exploitation de l'ADI par les quantités résiduelles dans les denrées alimentaires. La voie d'exposition à l'air pourrait être aussi importante que celle des quantités résiduelles dans les aliments dans le pire des cas. Cependant, la concentration maximale mesurée sur le site de la « Crête des Maladaires », en Valais, due à la présence de terbuthylazine dans l'air, était bien supérieure à la ADI d'exploitation par les quantités résiduelles dans les denrées alimentaires, mais inférieure aux valeurs limites déterminées sur le plan toxicologique. Pour les autres PPh, l'exposition par voie aérienne ne semblait pas pertinente.

Comparaison de l'exploitation de l'AOEL par les PPh dans l'air avec l'exploitation de l'ADI par les résidus sur les denrées alimentaires.

| Substance              | Pic quotidien [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Valeur moyenne journalière la plus élevée [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Dose journalière tolérable AOEL mg/kg de poids corporel/jour | Concentration atmosphérique tolérable AOEL adultes [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Concentration atmosphérique tolérable AOEL enfants [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Proportion Air-AOEL-adultes: Pic quotidien [%] | Proportion Air-AOEL-enfants: Pic quotidien [%] | Exposition chronique via les résidus alimentaires en % de l'ADI minimum-maximum [1] |
|------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Diuron                 | 0.07                                       | 0.0025                                                                 | 0.007                                                        | 24.50                                                                           | 10.50                                                                           | 0.29                                           | 0.67                                           | 0.7-1.7                                                                             |
| S-Metolachlor          | 0.035                                      | 0.00125                                                                | 0.1                                                          | 350.00                                                                          | 150.00                                                                          | 0.01                                           | 0.02                                           | -                                                                                   |
| Terbuthylazin          | 0.5992                                     | 0.0214                                                                 | 0.0032                                                       | 11.20                                                                           | 4.80                                                                            | 5.35                                           | 12.48                                          | 0.001-1                                                                             |
| Terbuthylazin-desethyl | 0.04004                                    | 0.00143                                                                | 0.0032                                                       | 11.20                                                                           | 4.80                                                                            | 0.36                                           | 0.83                                           | -                                                                                   |
| Cyprodinil             | 0.756                                      | 0.027                                                                  | 0.03                                                         | 105.00                                                                          | 45.00                                                                           | 0.72                                           | 1.68                                           | 0.7-1.7                                                                             |
| Fenhexamid             | 0.07644                                    | 0.00273                                                                | 0.2                                                          | 700.00                                                                          | 300.00                                                                          | 0.01                                           | 0.03                                           | 0.11-0.2                                                                            |
| Fenpropidin            | 0.05992                                    | 0.00214                                                                | 0.02                                                         | 70.00                                                                           | 30.00                                                                           | 0.09                                           | 0.20                                           | 0.005-0.56                                                                          |
| Fludioxonil            | 0.0574                                     | 0.00205                                                                | 0.59                                                         | 2065.00                                                                         | 885.00                                                                          | 0.00                                           | 0.01                                           | 0.29-0.39                                                                           |
| Metalaxyl-M            | 0.21                                       | 0.0075                                                                 | 0.08                                                         | 280.00                                                                          | 120.00                                                                          | 0.08                                           | 0.18                                           | 0.03-0.21                                                                           |
| Pyrimethanil           | 0.798                                      | 0.0285                                                                 | 0.12                                                         | 420.00                                                                          | 180.00                                                                          | 0.19                                           | 0.44                                           | 0.9-1                                                                               |
| DEET                   | 0.1036                                     | 0.0037                                                                 | ni                                                           |                                                                                 |                                                                                 |                                                |                                                |                                                                                     |

## Résultats d'études épidémiologiques et de santé au travail

La recherche dans la base de données Web of Science a donné plus de 4000 résultats. Après exclusion des études non pertinentes, il restait 32 études pertinentes qui étudiaient les cibles sanitaires ou les produits de dégradation dans le sang ou l'urine des substances actives recherchées dans la population ou, plus fréquemment, dans des études de santé au travail. En outre, 18 études de la base de données LUDOK ont été incluses.

Dans l'ensemble, la situation des données épidémiologiques et de santé au travail est plutôt faible en ce qui concerne les substances actives ciblées. Les défis à relever sont les suivants:

- La recherche sur les effets sanitaires des substances actives étudiées ici dans la population est encore relativement récente et prend du retard sur le processus d'approbation.
- D'importantes questions de recherche sont seulement en train d'être étudiées dans le cadre du projet de recherche actuel Human Biomonitoring for European Union (HBM4EU) avec la participation de la Suisse, par exemple la mesure de l'exposition et des éventuels effets cocktails, ainsi que des effets à long terme de divers produits chimiques.
- La dominance d'une étude américaine auprès des utilisateurs de produits phytosanitaires et de leurs partenaires (Agricultural Health Study AHS).

- L'étude d'un très grand nombre de résultats différents en matière de santé, ce qui ne permet pratiquement aucune comparaison entre les études.
- Les estimations de l'exposition aux PPh dans l'air sont pratiquement inexistantes. Dans la plupart des cas, l'exposition aux PPh est estimée de manière qualitative sur la base des habitudes d'utilisation ou déterminée sur la base des métabolites dans l'urine, le sang ou les résidus dans les échantillons de cheveux, c'est pourquoi il n'est pas possible de distinguer l'absorption par voie alimentaire ou cutanée de l'inhalation.
- Malgré la conception de l'étude épidémiologique, ce sont souvent les participants à l'étude exposés professionnellement ou leurs enfants qui sont étudiés, plutôt que la population.
- Une évaluation de l'exposition des PPh individuels est disponible dans très peu de cas. Souvent, des classes entières de substances ou la totalité des PPh sont étudiés.

Parmi les substances actives étudiées, le cyprodinil, le fenhexamid et le fludioxonil ont été jugés assez peu critiques sur la base des données toxicologiques et de quelques données épidémiologiques. En raison de leurs propriétés indépendantes de l'exposition mesurée, la fenpropidine en raison de sa toxicité, le pyriméthanil qui est potentiellement hormono-actif, et le métalaxyl(-M) ont été jugés plus critiques. Dans des études épidémiologiques et de santé au travail, ce dernier a été associé à un poids réduit à la naissance et à des crises cardiaques. Le diuron, la terbuthylazine et le (S-)métolachlore ont été évalués comme étant toxicologiquement critiques et pertinents pour la santé. Le diuron est considéré comme un perturbateur endocrinien et a été lié au cancer du sang chez l'homme. La terbuthylazine est également considérée comme un perturbateur endocrinien et la classe de substances des triazines, à laquelle appartient la terbuthylazine, a indiqué des associations avec des maladies rénales et un poids réduit à la naissance dans les quelques études épidémiologiques. La plupart des résultats négatifs des études ont été rapportés sur le métolachlore. Même si seul le (S-)métolachlore est autorisé aujourd'hui et que la technique de mesure ne permet pas de distinguer les différents énantiomères, nous supposons un problème similaire en raison de valeurs toxicologiques pratiquement identiques. Ceci s'applique également au métalaxyl-M.

## Conclusions

Dans l'hypothèse du scénario le plus défavorable, avec des concentrations à long terme considérées comme des pics journaliers potentiels, les concentrations mesurées dans l'air extérieur sont considérées peu pertinentes pour la population, même en tenant compte de diverses incertitudes de mesure. Aucune déclaration ne peut être faite concernant les substances actives mesurées mais non évaluées ici. Il est possible que ces dernières soient plus critiques malgré des concentrations atmosphériques plus faibles en raison de leur toxicité plus élevée. En outre, seule une sélection de PPh a pu être prise en compte dans le programme de mesure et aucun commentaire ne peut être faite sur les substances non mesurées.

L'analyse des études épidémiologiques et de santé au travail a montré que peu de recherches sont menées sur les substances actives individuelles des PPh et qu'il est rarement possible de considérer de manière isolée les PPh individuels et la pollution atmosphérique. Les catégories d'exposition selon la manipulation des PPh, la proximité des cultures et les indicateurs d'exposition dans l'urine et le sang sont plus fréquemment étudiés.

Un risque pour la santé via d'autres voies d'exposition ne peut pas être évalué à l'heure actuelle. D'après la littérature, les résidus de PPh sur les denrées alimentaires et l'absorption associée via les aliments et l'eau potable sont considérés comme étant de la plus grande importance pour la population. D'autres voies d'exposition sont l'absorption par l'utilisation personnelle de PPh dans la maison et le jardin. Les recherches menées à ce jour n'ont pas permis de démontrer l'existence de risques spécifiques.

## Perspectives

L'évaluation de la pertinence, qui n'a été réalisée que pour les onze substances détectées dans les concentrations les plus élevées, ne peut pas être transférée à d'autres PPh. Si nécessaire, une évaluation toxicologique doit être réalisée pour les PPh qui n'ont pas été évalués.

La biosurveillance humaine (HBM) est nécessaire pour l'étude de l'exposition intégrée aux PPh dans la population en Suisse, tant pour les substances individuelles que pour les substances combinées. L'approche HBM permet également d'étudier la contribution des différentes voies d'exposition. Dans le contexte d'études de santé à long terme, l'HBM permet également d'étudier les effets indésirables chroniques sur la santé. Dans le domaine de la recherche sur la pollution atmosphérique, les avantages des études épidémiologiques à long terme ont été démontrés à l'exemple de la cohorte SAPALDIA et de la biobanque suisse. SAPALDIA a fourni des données importantes pour la détermination des valeurs limites des polluants atmosphériques en Suisse et en Europe. Basée sur le protocole de l'étude SAPALDIA, l'Étude suisse sur la santé est actuellement en phase-pilote. La future étude à long terme avec biobanque intégrée devrait inclure au moins 100'000 participants représentatifs de la population et inclure les expositions chimiques. Dans le cadre du projet Horizon 2020 Science-To-Policy HBM4EU, auquel la Suisse participe sous la direction du Swiss TPH, un réseau européen HBM est en cours de création. À l'avenir, cela permettra de collecter et d'évaluer les données relatives à l'exposition et à la santé à l'aide de méthodes harmonisées, de telle sorte que les résultats puissent être intégrés dans la réglementation des produits chimiques. Dans le cadre du projet HBM4EU, des enquêtes HBM ont été réalisées dans toute l'Europe (y compris dans la région de Bâle) sur l'exposition à une liste de pesticides spécifiquement sélectionnés (glyphosate/AMPA ; TCPy, 3-PBA, 4-F-3-PBA, DBCA, cis-DCCA, trans-DCCA, ClF3CA) et pour le dépistage à l'aide d'échantillons d'urine.

# 1. AUFTRAG UND HINTERGRUND

Im Rahmen eines Pilotmessprojekts wurden im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, der EAWAG, des Lufthygieneamts beider Basel und Ostluft Konzentrationen von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in der Luft und im Regenwasser an verschiedenen Standorten in der Schweiz gemessen. Ziel war es, eine Messmethode zu entwickeln und einen Eindruck der Konzentrationen in der Luft und im Regen von zu erhalten. Von den in der Schweiz 380 zugelassenen PSM wurden mit den gegebenen Ressourcen und dem gewählten Messverfahren der Flüssigchromatographie gekoppelt mit der Massenspektrometrie (LC-MS/MS) schliesslich 109 Einzelstoffe (Herbizide, Insektizide und Fungizide, Metaboliten) in das Untersuchungsprogramm für Regen und 83 Einzelstoffe für Luftproben aufgenommen. Die Untersuchung wurde an neun Standorten vom März bis September 2020 durchgeführt. Standorte wurden sowohl in Biotopen<sup>2</sup> (Trockenwiesenstandorte) als auch nahe an landwirtschaftlichen Kulturen (Wein- und Obstbau) betrieben. (weitere Informationen finden sich im Messbericht [2]).

In der Luft wurden 26 PSM nachgewiesen. Für eine erste gesundheitliche Beurteilung der Relevanz der gemessenen Pflanzenschutzmittelmengen bzw. der darin enthaltenen Wirkstoffe (aktive Substanzen) wurde die lufthygienische Dokumentationsstelle LUDOK am Schweizerischen Tropen- und Public Health Institut vom Bundesamt für Umwelt beauftragt, die zehn in der Luft am häufigsten gemessenen Substanzen zu beurteilen. Dabei sollten Werte aus der Toxikologie und Erkenntnisse zu Stoffgruppen aus epidemiologischen Studien zur Beurteilung herangezogen werden. Für eine weitere Beurteilung dieser PSM bezüglich Vorkommen in Wasser und Biotopen wurden relevante toxikologische und ökotoxikologische Daten zusammengetragen, die aber nicht Gegenstand der nachfolgenden Beurteilung sind.

Beurteilt wurden die Herbizide:

- Diuron,
- (S-)Metolachlor,
- Terbutylazin inklusive des in relevanten Mengen gemessenen Abbauprodukts Terbutylazin-desethyl (als elfte Substanz),

die Fungizide:

- Cyprodinil
- Fenhexamid
- Fenpropidin
- Fludioxinil
- Metalaxyl(-M)
- Pyrimethanil

und das Mückenabwehrmittel (Repellent)

- Diethyltoluamid (DEET)

Metalaxyl konnte messtechnisch nicht von Metalaxyl-M und Metolachlor nicht von S-Metolachlor unterschieden werden, weshalb grundsätzlich beide Substanzen betrachtet wurden, aber

---

<sup>2</sup> Vgl. ConSoil Projekt: "In der ersten Projektphase wird ein Verfahren zur Ableitung von ökologischen Bodenrichtwerten bestimmt und auf 10 priorisierten Schadstoffe angewendet." [https://www.oekotoxzentrum.ch/media/195151/2020\\_campiche\\_consoil.pdf](https://www.oekotoxzentrum.ch/media/195151/2020_campiche_consoil.pdf)  
<https://www.oekotoxzentrum.ch/projekte/bodenoekotoxikologie/monitoringkonzept-fuer-pflanzenschutzmittel-in-boeden/>

aufgrund der Zulassung (vgl. Anhang A.7) davon auszugehen ist, dass es sich um Metalaxyl-M und von S-Metolachlor handelt.

Wichtig ist, dass der Fokus der Beurteilung möglicher Gesundheitsfolgen durch die Belastung aus der Aussenluft, gemessen von Frühjahr bis Herbst 2020, erfolgt und im Rahmen dieses Auftrags keine Gesamtsicht auf die Problematik der PSM auf die menschliche Gesundheit möglich ist.

Gemäss dem laufenden pan-europäischen HBM4EU-Forschungsprojekt stellen die Rückstände von PSM auf Nahrungsmitteln (und Trinkwasser) die wichtigste Quelle für PSM-Belastung in der Allgemeinbevölkerung dar. Neben diesem ernährungsbedingten Belastungspfad stellt die Nutzung von PSM in Haushalt und Garten sowie das Wohnen in Nähe von behandelten Äckern, Wein- und Obsthainen eine weitere Belastungsquelle dar. Das HBM4U Projekt, an dem auch Forscherinnen und Forscher des Swiss TPH beteiligt sind, hat sich zum Ziel gesetzt, die Belastung der europäischen Bevölkerung mit Chemikalien wie auch Pestiziden zu untersuchen und ein besseres Verständnis für die Wechselwirkungen zu entwickeln. Es untersucht unter anderem die wichtigen Fragen nach den Belastungspfaden, der Relevanz der gemessenen Belastungen und Herleitung möglicher Richtwerte. Des Weiteren befasst sich ein spezifisches Unterprojekt mit der Frage der Pestizidbelastung von Bauernfamilien und Familien in ihrer näheren Umgebung. Diese Studie untersucht unter anderem auch die Pestizidbelastung aus der Luft (vgl. 4.4 Ausblick). Das vorliegende Projekt versucht daher, mit den beschränkten Mitteln und vorhandenen Daten eine bestmögliche Einschätzung der gefundenen Messwerte vorzunehmen [3].

## 2. METHODIK

### 2.1 Vergleich mit Werten aus der Toxikologie und Arbeitsmedizin

In einem ersten Schritt wurde in Absprache mit dem BAFU definiert, welche Daten zusammengetragen werden sollten. Die Daten einschliesslich der gewünschten ökotoxikologischen Daten wurden in einer Exceltabelle (separates Dokument) zusammengetragen.

Da es keine Grenzwerte für Pflanzenschutzmittel in der Luft gibt, wurden toxikologische Daten herangezogen. Für einen Vergleich der gemessenen Konzentrationen in der Luft mit den vorhandenen toxikologischen Werten wurden die Angaben für die akzeptable Belastung eines Anwenders von PSM (AOEL, acceptable operator exposure level) und der für die Nahrung definierte Werte für die «akzeptierbare tägliche Dosis» (engl. ADI) umgerechnet in eine tolerierbare Luftkonzentration. Der AOEL-Wert (acceptable operator exposure level) ist ein Grenzwert für die duldbare Exposition von Anwendern der Pflanzenschutzmittel und Personen, die bei oder nach der Anwendung direkt mit dem Pflanzenschutzmittel in Berührung kommen können («bystanders»). Der ADI-Wert (acceptable daily intake) – gibt die Menge eines Stoffes an, die ein Verbraucher täglich und ein Leben lang ohne erkennbares Gesundheitsrisiko über die Nahrung aufnehmen kann. Beides sind Werte, welche eine langfristige bzw. chronische Belastung untersuchen. Während die AOEL-Werte in der Regel auch die Belastung über die Atemwege und die Haut berücksichtigen, gilt der ADI nur für eine orale Aufnahme. Aus diesem Grund wird der AOEL dem ADI vorgezogen [vgl. 4]. Beide Werte werden aus NO(A)EL-Werten im Tierversuch mit Sicherheitsfaktoren (margin of safety) von 100 hergeleitet [5]. Zusätzlich wurde der ARfD-Wert (acute reference dose) untersucht. Er beschreibt das Risiko kurzfristig erhöhter Belastungen über einen Tag und nicht über das ganze Leben. Insgesamt lagen für den ARfD

jedoch nur wenig Daten<sup>3</sup> vor, da er aufgrund tiefer akuter Toxizität für manche Wirkstoffe nicht definiert wurde. Gewisse Toxikologen gehen aber davon aus, dass der langfristig angelegte ADI-Wert jedoch auch kurzfristig nicht überschritten werden sollte [6, 7]. Alle drei Werte werden als Menge pro Kilogramm Körpergewicht und Tag angegeben und sind wie erwähnt per se keine Luftbelastungswerte.

Für die Umrechnung in tolerierbare Luftkonzentrationen orientierten wir uns am Ansatz von Coscollo und Kollegen [8], welche anhand der Inhalationsrate die Belastung pro Kilogramm Körpergewicht hergeleitet haben: Unter der Annahme, dass eine Person während des ganzen Tages (24h) der Pestizidbelastung ausgesetzt ist, wurden Tagesdosen berechnet. Als tägliche Inhalationsrate wurde dabei konservativ für Erwachsene von einer hohen Inhalationsrate von 20 Kubikmetern (m<sup>3</sup>), für Kinder von 10m<sup>3</sup> und für Neugeborene von 2.52m<sup>3</sup> ausgegangen, wobei das Körpergewicht auf 70, 15 und 3.5 Kilogramm (kg) festgelegt wurde<sup>4</sup>. Zusätzlich wurde ebenfalls einem worst case folgend eine Aufnahme der Luftkonzentration zu 100% über die Luft angenommen. Aus dem geringeren Körpergewicht und dem höheren Atemvolumen bei Kindern und Neugeborenen ergeben sich dann rechnerisch tiefere Werte der tolerierbaren Luftkonzentration als bei Erwachsenen:

$$\text{tolerierbare Luftkonzentration} = \frac{(\text{AOEL} \times \text{Körpergewicht})}{\text{tägliche Inhalationsrate}}$$

Die gemessenen Luftkonzentrationen wurden von der Projektleitung zur Verfügung gestellt. Es handelt sich um durchschnittliche Tageswerte, welche unter Annahme einer mittleren Aufnahme von 4m<sup>3</sup>/Tag auf den PU-Schäumen der Passivsammler für die 28 Tage der Sammelperiode berechnet wurden [2]. Um einen Eindruck bezüglich Höhe der Belastung, Belastungsspanne, Monate, in denen die PSM nachweisbar waren, und Messorten zu erhalten, wurden die Messwerte in Tabelle 1 aufbereitet.

Unter Annahme eines worst case, dass die über 28 Tage kumulierten Konzentrationen im schlechtesten Fall von einer einmaligen Belastung stammen, wurde die mittlere Tageskonzentration über die Messdauer von 28 Tagen mit 28 multipliziert («möglicher Tagesspitzenwert», fortan «Tagesspitzenwert» genannt). Der so berechnete Wert könnte also die maximal an einem Tag in der Luft gemessene Belastung an einem Standort darstellen. Diese maximalen Messwerte wurden mit den hergeleiteten tolerierbaren Konzentrationen in der Luft verglichen (Tabelle 2). Im Falle, dass der gemessene Wert höher ist als jener, welcher aus toxikologischen Studien als akzeptabel hergeleitet wird, sollte das Pestizid als relevant in der Aussenluft beurteilt werden.

Neben den humantoxikologischen Kennzahlen wurden ausserdem wichtige humantoxikologische Kriterien der Exceltabelle entnommen und zusammen mit qualitativen Beurteilungen für eine toxikologische Einschätzung zusammengetragen (Tabelle 4).

## 2.2 Verortung toxikologisch festgelegter Werte

Es wurden Überlegungen zur Übertragbarkeit der toxikologisch bestimmten Werte für die Allgemeinbevölkerung gemacht, um die Relevanz der gemessenen Konzentrationen ggf. anderweitig einordnen zu können. Die ADI-Werte berücksichtigen nur eine orale Aufnahme des Wirkstoffs. Die AOEL-Werte sollten auch die Belastung über die Atemwege und die Haut

<sup>3</sup> Die ARfD-Werte betragen für Diuron 0.016 mg/kg, Fenpropidin 0.02 mg/kg, Metalaxyl 0.5 mg/kg, S-Metolachlor 0.5 mg/kg und für Terbutylazin 0.008 mg/kg.

<sup>4</sup> Es wurde auch mit anderen Referenzgewichten und Inhalationsraten nach den in der EFSA diskutierten Vorgaben gerechnet. Siehe «Sensitivitätsanalysen».

berücksichtigen. Es ist jedoch nicht klar, ob die inhalative Belastung ggf. toxischer ist und dies bei der Berechnung der AOEL-Werte ausreichend berücksichtigt wird. Am Beispiel von Arbeitsplatzgrenzwerten, Aussenluftgrenzwerten und Innenraumwerten wurden mögliche Sicherheitsfaktoren diskutiert. Auch ein Vergleich der Luftkonzentrationen mit Restmengen auf Lebensmitteln wurde gemacht.

In einem ersten Schritt wurde ein möglicher Sicherheitsfaktor, der auf den AOEL anzuwenden wäre, über einen Vergleich von lufthygienischen MAK-Werten mit epidemiologisch festgelegten Immissionsgrenzwerten verglichen. Dann wurde untersucht, ob die AOEL in einem ähnlichen Verhältnis zum MAK stehen. Arbeitsplatzgrenzwerte zielen auf den Gesundheitsschutz von (gesunden) Erwachsenen ab, welche einer Substanz 8 Stunden pro Tag, 5 Tage die Woche also 40 Stunden ausgesetzt sind. Zudem werden die Personen häufig nicht in einer Alltagsumgebung, sondern zum Beispiel an den jeweiligen Arbeitsstätten untersucht, sodass eine mögliche Wechselwirkung mit anderen Schadstoffen des Alltags ausgeschlossen wird. Die zugrunde liegenden Studien sind nicht immer langfristig angelegt und können somit die Folgen jahrzehntelanger vergleichsweise niedriger kumulativer Schadstoffkonzentrationen aus dem alltäglichen Leben außerhalb des Arbeitsplatzes nicht abbilden [nach 9]. Es wurden die MAK-Werte der SUVA herangezogen [10] und mit den in der Luftreinhalteverordnung<sup>5</sup> [11] definierten Immissionsgrenzwerten für Staub/Feinstaub, Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid, Diesel und Kohlenmonoxid verglichen und ein möglicher Sicherheitsfaktor berechnet (Tabelle im Anhang A.3).

Die Frage, ob die Anwendung eines aus der Lufthygiene hergeleiteten Sicherheitsfaktors auf den AOEL bzw. die daraus berechneten akzeptablen Luftkonzentrationen gerechtfertigt ist, wurde mittels Vergleich mit dem Verhältnis von definierten MAK-Werten für PSM zum AOEL beurteilt. MAK-Werte der untersuchten PSM lagen nur für Diuron vor. Aus diesem Grund wurden weitere PSM untersucht, für die Daten vorlagen: die Insektizide Lindan, Chlordan, Heptachlor, das Schwermetall Quecksilber und das Fungizid Pentachlorphenol (Tabelle 3).

In einem zweiten Ansatz wurde das Verhältnis von AOEL zu Innenraumrichtwerten untersucht. Es wurden Innenraumrichtwerte II des deutschen Umweltbundesamts herangezogen. Diese sind wirkungsbezogene, begründete Werte, die sich auf die toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Extrapolationsfaktoren stützen. Bei dem Richtwert II handelt es sich in der Regel um einen Langzeitwert. Der Richtwert II stellt die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht [12]. Lediglich für Pentachlorphenol und Quecksilber lagen Innenraumrichtwerte vor (Tabelle 3 letzte 2 Spalten).

In einem dritten Schritt wurde ein weiterer Ansatz untersucht, der die gemessenen Werte in der Luft mit gefundenen Restmengen von Wirkstoffen auf Lebensmitteln vergleicht, um so einen Eindruck für die Größenordnung der Belastung aus der Luft im Vergleich zu jener über Lebensmittel zu erhalten. Wie eingangs erwähnt wird postuliert, dass der Hauptaufnahmeweg von PSM in der Allgemeinbevölkerung über PSM-Rückstände in Lebensmitteln erfolgt [3]. Die gemessenen Konzentrationen wurden als Ausschöpfungsgrad in Prozent (Anteil am AOEL-Wert in Prozent) berechnet und mit Rückstandswerten auf Lebensmitteln verglichen, die von der europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde ebenfalls als Anteil des ADI in % berichtet werden [1]. Schweizer Daten lagen nur in Form von absoluten Zahlen vor (vgl. [13]).

---

<sup>5</sup> Die Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung stehen im Einklang mit den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation WHO. Diese leitet Grenzwerte aus epidemiologischen Studien ab, welche von einer Belastung der ganzen Bevölkerung rund um die Uhr ausgehen und Werte definieren, unter welchen keine oder wenig negative Gesundheitsfolgen zu erwarten sind. Es geht also darum, auch empfindlichere Personen, wie vorerkrankte Menschen, Kinder und ältere Personen zu schützen, welche einem Schadstoff länger ausgesetzt sind.

## 2.3 Relevanzbeurteilung anhand epidemiologischer Studien

Die Toxikologie beurteilt oft nur hohe Belastungen, den einzelnen Wirkstoff ohne möglicherweise beeinflussende Zusatzstoffe und kann weniger langfristige Belastungen bzw. Wirkungen berücksichtigen. Auch die maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen, wie sie beispielsweise durch die SUVA definiert werden, gelten nur für gesunde Erwachsene, welche 8 Stunden 5 Tage pro Woche einer Substanz ausgesetzt sind. Aus diesem Grund wurden in einem zweiten Schritt epidemiologische Studien gesucht, die reale (Umwelt-)Belastungen in der Aussenluft berücksichtigten und auch langfristige Wirkungen beschreiben können. Eine systematische Schlagwortsuche nach Studien zu den gesuchten PSM im Web of Science wurde für alle Jahre bis 11. Februar 2021 vorgenommen. Dabei wurden die Namen der PSM, die CAS-Nummern mit den Schlagworten «health», «cancer\*», «epidemiolog\*», «Cohort» und «cross-section\*» kombiniert und eine Einschränkung nach *research area* für «PUBLIC ENVIRONMENTAL OCCUPATIONAL HEALTH» vorgenommen (vgl. Tabelle im Anhang).

Von einer Suche nach PSM-Substanzklassen wurde abgesehen, da diese als nicht genügend aussagekräftig für die spezifischen PSM beurteilt wurden. Die Studien wurden in einer EndNote-Datei gesammelt und ausgewertet. Dabei wurde unterschieden zwischen Messstudien, Übersichtsarbeiten, toxikologische Studien, Studien welche berufliche Belastungen untersuchten (occupational studies) und epidemiologischen Studien, welche die Gesamtbevölkerung oder einen Teil davon untersuchten.

Aktuelle epidemiologische Studien der letzten Jahre zu PSM allgemein wurden dennoch aus dem Recherchefundus von LUDOK ([www.ludok.ch](http://www.ludok.ch)) herausgesucht und ausgewertet. So war es möglich, einen Eindruck der Literatur zu Substanzklassen und jenseits der spezifischen PSM bzw. ihrer aktiven Substanzen mit zu berücksichtigen.

Die epidemiologischen Studien und die arbeitsmedizinischen Studien wurden schliesslich analysiert auf die Art der Belastungsabschätzung, die untersuchten PSM, die untersuchte Bevölkerungsgruppe, die gesundheitliche Zielgrösse und die Resultate. Diese wurden in EndNote notiert und schliesslich pro Studientyp in einer Übersichtsmatrix zusammengetragen. Hinweise zu Gesundheitseffekten in epidemiologischen Studien an der Allgemeinbevölkerung zu spezifischen PSM, welche in der Aussenluft gemessen wurden, liefern dabei die übertragbarsten Ergebnisse (Tabellen 5-7).

## 2.4 Sensitivitätsanalysen

Zusätzlich zum oben beschriebenen Vorgehen wurden alternative Methoden zur Berechnung der Luftkonzentrationen gemäss EFSA [14, 15] untersucht. Dabei werden für das Körpergewicht bei Erwachsenen 60 statt 70 kg zugrunde gelegt und geringere Inhalationswerte von 13.8 bzw. 16 m<sup>3</sup> statt 20 m<sup>3</sup> pro Tag, für Kinder werden 10 kg und 8 m<sup>3</sup> angenommen statt 15 kg und 8 bzw. 10 m<sup>3</sup> (vgl. Anhang Tabelle A.8). Ausserdem wurde überprüft, ob die EFSA-Werte für ADI und AOEL übernommen wurden und die humanökotoxikologischen Daten der Tabelle 4 wurden mit Daten der teilweise älteren EFSA-Berichte verglichen (vgl. Anhang Tabelle A.9).

## 3. ERGEBNISSE

### 3.1 Messwerte in der Aussenluft

Anhang A.1 zeigt die durchschnittlichen Tageswerte aller in der Aussenluft im Jahr 2020 gemessenen Wirkstoffe. Tabelle 1 listet die Ergebnisse der Messungen der elf am häufigsten in der Luft gemessenen PSM an 9 verschiedenen Standorten in der Schweiz auf. Dabei handelt es sich um die von der Projektleitung zur Verfügung gestellten durchschnittlichen Tagesmittelwerte der über 28 Tage gesammelten Proben. Weiterführende Informationen zu Messtechnik und den Standorten finden sich im separaten Messbericht [1]. Es fällt auf, dass die gemessenen Belastungen sich je nach Standort und Messzeitpunkt um einen Faktor 10 bis 100 unterscheiden können. Mit Ausnahme von DEET, einem weit verbreiteten Repellent gegen Mücken und Zecken, welches an allen Standorten nachgewiesen wurde, beeinflussen der Standort, die Kulturen und die Jahreszeit die Anwendung und somit die punktuelle Belastung mit PSM.

Die höchsten Werte der ausgesuchten PSM wurden an den Rebbaustandorten VSCM (Crête des Maladaires VS) und TGHB (Hintere Bärg TG), BLAE (Aesch BL), dem Obstbau und Beerenkulturenstandort TGGÜ (Güttingen TG) gemessen. Allen Standorten gemeinsam ist die Nähe von <50m zu Kulturen mit eher hohem PSM-Einsatz.

Ein etwas spezieller Fall ist Metolachlor, welches in der höchsten Konzentration am NABEL-Messstandort Basel-Land gemessen wurde. Obwohl in der Nähe von Schrebergärten und einem Landwirtschaftsbetrieb gelegen, kann bei diesem Messwert eine Beeinflussung durch ein Regenereignis welches hohe Metolachlordepositionen in die Standorte in BL und JU brachte, vermutet werden. Dafür sprechen die ähnlichen Muster der Regen- und Luftbelastungen in dieser Vierwochenperiode an den 4 Standorten (vgl. Messbericht).

Tabelle 1: Spanne der mittleren Tageswerte der 28 Tagemessungen, Orte und Nachweismonate der 11 am häufigsten gemessenen PSM in der Luft.

|           |                        | Wirkstoff | Standort   | Spanne <sup>6</sup><br>[ng/m³] | Mär-Apr | Apr-Mai | Mai-Jun | Jun-Jul | Jul-Aug | Aug-Sep |
|-----------|------------------------|-----------|------------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Herbizide | Diuron                 | VSCM      | 0.12-2.50  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSNA      | 0.13-0.88  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           | (S-) Metolachlor       | BLNA      | 0.19-1.25  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | BLAE      | 0.25-0.89  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | BLBR      | 0.21-0.75  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | JUGP      | 0.21-0.29  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGHB      | 0.27       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGWW      | 0.25       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGGÜ      | 0.30-0.58  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           | Terbuthylazin          | JUGP      | 1.07       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSCM      | 0.63-21.4  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSNA      | 0.48-4.02  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGHB      | 0.48       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGWW      | 0.33       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGGÜ      | 0.28-1.16  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           | Terbuthylazin-desethyl | JUGP      | 0.25       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSCM      | 0.27-1.43  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSNA      | 0.26       |                                |         |         |         |         |         |         |
| Fungizide | Cyprodinil             | BLAE      | 0.89-4.91  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSCM      | 23.00      |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSNA      | 0.19-1.25  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGHB      | 0.29-20.5  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGGÜ      | 0.48-27.00 |                                |         |         |         |         |         |         |
|           | Fenhexamid             | BLAE      | 2.73       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGGÜ      | 2.59       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           | Fenpropidin            | VSCM      | 2.14       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGHB      | 0.24       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           | Fludioxinil            | BLAE      | 0.20-0.87  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGHB      | 0.40       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGGÜ      | 0.40-2.05  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           | Metalaxyl(-M)          | BLAE      | 0.29-1.79  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSCM      | 0.79-1.70  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSNA      | 0.16-0.38  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGHB      | 6.52-7.50  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGGÜ      | 0.86       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           | Pyrimethanil           | BLAE      | 0.77-7.50  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSCM      | 0.13       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSNA      | 0.18       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGHB      | 0.21       |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGGÜ      | 0.26-28.50 |                                |         |         |         |         |         |         |
| Repellent | DEET                   | BLNA      | 0.23-1.34  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | BLAE      | 0.11-0.98  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | BLBR      | 0.10-0.80  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | JUGP      | 0.13-0.16  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSCM      | 0.13-0.46  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | VSNA      | 0.12-0.25  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGHB      | 0.12-3.66  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGWW      | 0.11-0.23  |                                |         |         |         |         |         |         |
|           |                        | TGGÜ      | 0.13-1.07  |                                |         |         |         |         |         |         |

□ Messung unterhalb Nachweisgrenze ■ fehlenden Messdaten, ■ höchste Belastung, ■ tiefere Belastung, **fett:** Messort mit der höchsten Tagesmittelbelastung, *kursiv:* Geschätzte Werte, da Gesamtgehalt der Probe oberhalb der Kalibrationskurve lag.

<sup>6</sup> Bezieht sich auf die im Messbericht angegebenen Tagesmittelbelastungen (Konzentration der 28 Tagesprobe umgerechnet in Luftbelastung und geteilt durch 28, um die durchschnittliche Belastung eines Tages im Messzeitraum anzugeben)

Standorte: BLNA, Basel-Binningen BL (NABEL, Schrebergärten, Margaretenpark), BLAE, Aesch BL (Rebbau), BLBR, Brugglingen BL (Park, Naherholungsgebiet), JUGP, Grand Prés JU (Landwirtschaft), VSNA, Sion VS (NABEL, Hintergrund, Flugplatz), VSCM, Crête des Maladaires VS (wenige Meter oberhalb Rebbau), TGWW, Weerswilen TG (Landwirtschaft, Wald), TGHB, Hintere Bärz TG (Rebbau), TGGÜ, Güttingen TG (direkt neben Obstbau und Beerenkulturen).

## 3.2 Toxikologische Daten

Hauptquellen für die Sammlung der relevanten toxikologischen und ökotoxikologischen Daten waren die EFSA-Datenbank der europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde mit PSM-Zulassungsunterlagen bzw. Conclusions [16-27], die Pestiziddatenbank Pesticides Property Database PPDB der University of Hertfordshire<sup>7</sup> (<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>) [28], eine Publikation der Weltgesundheitsorganisation WHO zur Klassifikation von Pestiziden gemäss ihrer Gefahren [29], die GESTIS-Stoffdatenbank des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung<sup>8</sup> [30], die Liste der maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen der SUVA [10] und bezüglich endokriner Disruptoren wurde eine Publikation der WHO und UNEP [31] sowie das Inventar des MRC Institute for Environment and Health [32] studiert. Als Ergänzung im Sinne einer kritischen Gesamtschau, welche weitere Faktoren wie ökotoxikologische Daten einbeziehen, wurden Einschätzungen der Nicht-Regierungsorganisationen Greenpeace<sup>9</sup> [33] und des Pesticide Action Network International (PAN)<sup>10</sup> [34] einbezogen.

### 3.2.1 Vergleich der gefundenen toxikologischen Grenzwerte mit den Messwerten

Tabelle 2 stellt die Messwerte den AOEL-Werten und den daraus berechneten tolerierbaren Luftkonzentrationen für Erwachsene<sup>11</sup>, Kinder und Neugeborene gegenüber. Die Tabelle in Anhang A.2 stellt zusätzlich Werte der ADI- und ARfD<sup>12</sup>-basierten Luftkonzentrationen den Messwerten gegenüber. Die Tabelle in Anhang A.8 stellt die nach EFSA-Methode berechneten AOEL-Werte dar (siehe Sensitivitätsanalyse).

Die erste Konzentrationsspalte gibt den im worst case angenommenen möglichen Spitzenwert eines Tages an (Tagesspitzenwert). In vier Fällen lagen die Messwerte bei drei PSM oberhalb der Kalibrationskurve von 1-1000ng. Cyprodinil in TGGÜ und TGHB, Pyrimethanil in TGGÜ und Terbutylazin in VSCM. Die Kalibrationskurven wurden extrapoliert und eine Schätzung mit > in einer Klammer als Einschätzung des Labors eingetragen (vgl. Tabellen im Anhang A.1). Diese Einschätzungen sind mit einer grossen Messunsicherheit verbunden, da sie ausserhalb der Kalibrationskurve erfolgten. Es ist zu beachten, dass die Luftproben mit >1'000 ng/Probe allesamt

<sup>7</sup> Die Food and Agricultural Organization FAO schätzt die PPDB als gute Datenquelle ein: "The main sources of information used for the PPDB are the monographs produced as part of the EU review process; where EU documents are not available, alternative sources are used. The PPDB is therefore more comprehensive than the EU endpoint lists. In principle, one value is selected for each endpoint in the database, which the database managers consider the most appropriate (generally the EU agreed endpoint, or alternatively a conservative value selected from a range of values). All data held in the PPDB are 'tagged' with a code that allows the source of the data to be identified. The tag also includes a quality score, ranging from 1 (low) to 5 (high), which reflects the faith that the database managers have in the quality of the data. The database is actively updated as additional information is identified and new or better data become available.

<sup>8</sup> Die GESTIS-Stoffdatenbank des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IfA) beinhaltet Informationen zu über 9400 Gefahrstoffen und anderen chemischen Stoffen am Arbeitsplatz, wie z.B. die Wirkungen der Stoffe auf den Menschen, die erforderlichen Schutzmaßnahmen und die Maßnahmen im Gefahrenfall.

<sup>9</sup> Greenpeace beurteilt die akute Toxizität für Anwender und Konsumenten, chronische Toxizität, krebserzeugende Wirkung, erbgutschädigende (mutagene) Wirkung, Reproduktionstoxizität, Immuntoxizität, Neurotoxizität (neu), hormonelle/endokrine Wirkung, Explosionsgefahr (neu), ätzende Wirkung (neu), aquatische Toxizität, Vogel-Toxizität, Bienen-Toxizität, Regenwurm-Toxizität, Persistenz (Abbaubarkeit in der Umwelt) und Bioakkumulation (Anreicherung).

<sup>10</sup> PAN beurteilt die Wirkstoffe anhand von human- und ökotoxikologischen Kriterien: WHO-Toxizitätseinstufung, Karzinogenität EPA / IARC, Endokriner Disruptor (GHS), Umwelt (nach Stockholmer Konvention), Toxizität für Bienen (LD50 nach US EPA), Pestizide der Rotterdamer Konvention

<sup>11</sup> Beispielrechnung gemäss Formel im Methodenteil: AOEL Diuron mg/kgKG/Tag\*1000ug/mg\*Körpergewicht Erwachsene/Atemvolumen eines Tages =  $0.003 \cdot 1000 \cdot 70 / 20 = 10.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

<sup>12</sup> Für keines der betrachteten PSM wurden akzeptable Werte für eine akute Belastung von Arbeitern definiert, sogenannte AAOEL-Werte. Aus diesem Grund bedienten wir uns des ARfD-Wertes.

von Standorten stammen, die nahe d.h. weniger als 50 Meter an Rebbau-, Obst-/Beerenkulturen lagen und daher auch eine Beeinflussung durch Tröpfchen (Drift) möglich ist. Aus diesem Grund wurden zusätzlich jene Tagesspitzenwerte aufgeführt, welche innerhalb der Kalibrationskurve bestimmt werden konnten. Die dritte Konzentrationsspalte zeigt den höchsten durchschnittlichen Tageswert eines Messmonats (entspricht den Maximalwerten der Messspanne in Tabelle 1 umgerechnet in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Der Vergleich der Messwerte mit den berechneten tolerierbaren Luftkonzentrationen zeigt, dass in keinem Fall die aus dem AOEL hergeleiteten tolerierbaren Luftkonzentrationen überschritten werden. Ausser für Terbutylazin entsprechen die Messwerte einem Bruchteil der tolerierbaren Belastungen für Kinder (letzte Spalte bzw. Tabelle 3, siebte und achte Spalten). Beispielsweise schöpft die gemessene Menge Fenpropidin, welche im worst case einer konstanten Belastung von  $0.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entspricht, 0.20% der aus dem AOEL berechneten tolerierbaren Luftkonzentration aus. Bei Terbutylazin macht der Tagesspitzenwert 12.5% der tolerierbaren Luftbelastung aus.

Tabelle 2: Maximale Messwerte in der Luft umgerechnet in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Vergleich zu relevanten toxikologischen Daten und ihrer Entsprechung als Werte in der Luft

| Stoff                  | Tagesspitzenwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Tagesspitzenwert ohne Werte über Kalibrationskurve [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Höchster Tagesmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | AOEL mg/kg Körpergewicht/Tag | AOEL-Luftkonzentration Erwachsene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | AOEL-Luftkonzentration Kinder [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | AOEL-Luftkonzentration Neugeborene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Anteil Luft-AOEL-Kinder: Tagesspitzenwert [%] |
|------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Diuron                 | 0.07                                          | -                                                                               | 0.0025                                                | 0.007                        | 24.50                                                          | 10.50                                                      | 9.72                                                            | 0.67                                          |
| S-Metolachlor          | 0.035                                         | -                                                                               | 0.00125                                               | 0.1 [21] <sup>13</sup>       | 350.00                                                         | 150.00                                                     | 138.89                                                          | 0.02                                          |
| Terbuthylazin          | 0.5992                                        | 0.11256                                                                         | 0.0214                                                | 0.0032                       | 11.20                                                          | 4.80                                                       | 4.44                                                            | 12.48                                         |
| Terbuthylazin-desethyl | 0.04004                                       | -                                                                               | 0.00143                                               | 0.0032                       | 11.20                                                          | 4.80                                                       | 4.44                                                            | 0.83                                          |
| Cyprodinil             | 0.756                                         | 0.13748                                                                         | 0.027                                                 | 0.03                         | 105.00                                                         | 45.00                                                      | 41.67                                                           | 1.68                                          |
| Fenhexamid             | 0.07644                                       | -                                                                               | 0.00273                                               | 0.2                          | 700.00                                                         | 300.00                                                     | 277.78                                                          | 0.03                                          |
| Fenpropidin            | 0.05992                                       | -                                                                               | 0.00214                                               | 0.02                         | 70.00                                                          | 30.00                                                      | 27.78                                                           | 0.20                                          |
| Fludioxonil            | 0.0574                                        | -                                                                               | 0.00205                                               | 0.59                         | 2065.00                                                        | 885.00                                                     | 819.44                                                          | 0.01                                          |
| Metalaxyl-M            | 0.21                                          | -                                                                               | 0.0075                                                | 0.08                         | 280.00                                                         | 120.00                                                     | 111.11                                                          | 0.18                                          |
| Pyrimethanil           | 0.798                                         | 0.21                                                                            | 0.0285                                                | 0.12                         | 420.00                                                         | 180.00                                                     | 166.67                                                          | 0.44                                          |
| DEET                   | 0.1036                                        | -                                                                               | 0.0037                                                | ni                           |                                                                |                                                            |                                                                 |                                               |

Wo nicht anders bezeichnet, stammen die Informationen zu AOEL aus den EFSA-Berichten [16-26]. *Kursiv geschriebene Zahlen wurden berechnet bzw. hergeleitet.*

<sup>13</sup> Der EFSA-Bericht von 2004 definiert einen AOEL von 0.15 mg/kg KG/Tag für S-Metolachlor. Dies entspräche einer tolerierbaren Luftbelastung bei Erwachsenen von 525.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.2.2 Verortung der Messwerte

Die gemessenen Luftkonzentrationen liegen auch unter Annahme des worst case Szenarios mit langfristiger Belastung in Höhe der Tagesspitzenbelastung unterhalb der akzeptierbaren Belastung auf Basis des acceptable operator exposure levels AOEL.

Betrachtet man die AOEL als Arbeitsplatzgrenzwerte MAK könnte folgende Überlegung angestellt werden: Immissionsgrenzwerte für die Luft, wie sie in der Schweizer Luftreinhalte-Verordnung festgesetzt sind, werden ein Vielfaches unter den MAK-Grenzwerten für Arbeitnehmer angesiedelt (vgl. Tabelle im Anhang A.3). Sie basieren auf epidemiologischen Studien, die langfristige reale Belastungsbedingungen besser abbilden können, und müssen dabei gemäss Umweltschutzgesetz die gesamte Bevölkerung vor schädlichen Auswirkungen schützen [11, 35]. Für langfristige Belastung unterscheiden sich die Werte um einen Faktor von 43-500 und für den krebserregenden Diesel bzw. Russ sogar um einen Faktor 1000. Die Unterschiede bei den Kurzzeitwerten sind mit Faktoren von etwa 10-100 um nur eine bis zwei Grössenordnungen tiefer.

Aus dem Konzept der Toxikologie mit der Anwendung von Sicherheitsfaktoren, könnte man ableiten, dass ein Sicherheitsfaktor von 100 und bei krebserregenden Stoffen von 1000 bei Herleitung von bevölkerungsbezogenen Langzeitwerten basierend auf arbeitsmedizinischen Werten angebracht sein könnte.

Der Vergleich von SUVA-MAK-Werten für PSM zeigt aber, dass das Verhältnis von MAK-Wert zu ADI-Wert<sup>14</sup> in einer ähnlichen Grössenordnung sein könnte (vgl. Tabelle im Anhang A.4). Für die hier untersuchten Wirkstoffe wurde nur für Diuron ein MAK-Wert definiert. Das Verhältnis dieses MAK-Werts zum hergeleiteten Luftkonzentrations-ADI beträgt ungefähr 1000 ( $10'000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vs. ADI-basiertem Luftwert von  $10.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei Erwachsenen). Der ADI-Wert für Diuron entspricht also bereits einem Tausendstel des MAK-Werts. Für andere PSM wie Lindan oder Pentachlorphenol sind die MAK-Werte jedoch lediglich um Faktor 28.6 bzw. 4.8 grösser. Der zusätzliche Vergleich der Innenraumrichtwerte für Quecksilber und Pentachlorphenol ergab, dass der ADI um Faktor 10-50 höher lag. Ein begründeter fixer Sicherheitsfaktor konnte auf diese Weise also nicht bestimmt werden. Wird dennoch ein Sicherheitsfaktor von 10-100 angewandt, könnten die Konzentrationen von Terbutylazin und Cyprodinil im worst case Szenario kritisch sein, da sie lediglich ein bis zwei Grössenordnungen unterhalb der AOEL-Werte für Kinder liegen.

Ein weiterer Vergleich zur Verortung der gemessenen Luftkonzentrationen wurde mittels Vergleich von Restmengen auf Lebensmitteln erprobt. Die Europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde hat 2018 die Restmengen (residues) von Pflanzenschutzmitteln in über 90'000 Lebensmitteln in Europa gemessen und anhand von Verzehrsmengen werden die Restmengen als Anteil des ADI in Prozent berichtet<sup>15</sup> [1, vgl. Kapitel 5.2] – quasi ein Wert, der die Ausschöpfung des ADI über Restmengen in Lebensmitteln angibt. Dabei wird die durchschnittliche Verzehrsmenge eines Produkts mit den PSM-Restmengen verrechnet und in Relation zum ADI gesetzt. Tabelle 3 zeigt die prozentuale Ausschöpfung des AOEL durch die gemessenen Spitzenkonzentrationen für Erwachsene und Kinder (Spalte 7 und 8) und stellt diese der minimal und maximal bestimmten ADI-Ausschöpfung durch Nahrungsmittel gegenüber (Spalte 9). Dieser Vergleich soll einen Eindruck der Grössenordnung der Belastung aus der Luft vermitteln. Im Fall von Fludioxonil, Fenhexamid und Perimethanil liegt die Ausschöpfung des AOEL weit unterhalb der ADI-Ausschöpfung durch Lebensmittel. Die AOEL-Ausschöpfung durch Diuron, Cyprodinil und Metalaxyl-M liegt im Bereich von ADI-Ausschöpfung durch Restmengen in Lebensmitteln. Die gemessene Spitzenkonzentration durch Terbutylazin in der Luft liegt

<sup>14</sup> Ein Vergleich mit AOEL-Werten wäre passender. Da die AOEL-Werte weitgehend den ADI-Werten entsprachen oder in einer ähnlichen Grössenordnung lagen, wurde auf eine Neuberechnung verzichtet, da dies die Aussagen nicht verändert.

<sup>15</sup> Its calculation is based on a deterministic approach [...]. It consists of multiplying the average measured pesticide concentration by the average commodity's daily intake consumption per capita, summing up the results for all commodities. The chronic risk assessment compares the dietary exposure per pesticide residue (mg of residue/kg bw per day) to the substance's Acceptable Daily Intake (ADI in mg of residue/kg bw per day).

jedoch weit über der ADI-Ausschöpfung durch Restmengen in Lebensmitteln. Die Belastung aus der Luft scheint im worst case Szenario relevanter als über Restmengen in Lebensmitteln zu sein, liegt aber immer noch deutlich unterhalb der tolerierbaren Menge. Schweizer Daten lagen nur in Form von absoluten Belastungen pro kg Lebensmittel vor. So wurden Pyrimethanil, Cyprodinil, Metalaxyl, Fludioxonil, Fenhexamid und Fenpropidin in geringen Mengen in Lebensmitteln in der Schweiz 2019 nachgewiesen [13].

*Tabelle 3: Vergleich der AOEL-Ausschöpfung durch die Pflanzenschutzmittel in der Luft mit der ADI-Ausschöpfung durch Restmengen auf Lebensmitteln.*

| Stoff                  | Tagesspitzenwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Höchster Tagesmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Tolerierbare Tagesdosis AOEL mg/kg Körpergewicht/Tag | Tolerierbare AOEL-Luftkonzentration Erwachsene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Tolerierbare AOEL-Luftkonzentration Kinder [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Anteil Luft-AOEL-Erwachsene: Tagesspitzenwert [%] | Anteil Luft-AOEL-Kinder: Tagesspitzenwert [%] | Chronische Belastung über Lebensmittelrückstände in % des ADI Minimal-Maximal [1] |
|------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Diuron                 | 0.07                                          | 0.0025                                                | 0.007                                                | 24.50                                                                       | 10.50                                                                   | 0.29                                              | 0.67                                          | 0.7-1.7                                                                           |
| S-Metolachlor          | 0.035                                         | 0.00125                                               | 0.1                                                  | 350.00                                                                      | 150.00                                                                  | 0.01                                              | 0.02                                          | -                                                                                 |
| Terbuthylazin          | 0.5992                                        | 0.0214                                                | 0.0032                                               | 11.20                                                                       | 4.80                                                                    | 5.35                                              | 12.48                                         | 0.001-1                                                                           |
| Terbuthylazin-desethyl | 0.04004                                       | 0.00143                                               | 0.0032                                               | 11.20                                                                       | 4.80                                                                    | 0.36                                              | 0.83                                          | -                                                                                 |
| Cyprodinil             | 0.756                                         | 0.027                                                 | 0.03                                                 | 105.00                                                                      | 45.00                                                                   | 0.72                                              | 1.68                                          | 0.7-1.7                                                                           |
| Fenhexamid             | 0.07644                                       | 0.00273                                               | 0.2                                                  | 700.00                                                                      | 300.00                                                                  | 0.01                                              | 0.03                                          | 0.11-0.2                                                                          |
| Fenpropidin            | 0.05992                                       | 0.00214                                               | 0.02                                                 | 70.00                                                                       | 30.00                                                                   | 0.09                                              | 0.20                                          | 0.005-0.56                                                                        |
| Fludioxonil            | 0.0574                                        | 0.00205                                               | 0.59                                                 | 2065.00                                                                     | 885.00                                                                  | 0.00                                              | 0.01                                          | 0.29-0.39                                                                         |
| Metalaxyl-M            | 0.21                                          | 0.0075                                                | 0.08                                                 | 280.00                                                                      | 120.00                                                                  | 0.08                                              | 0.18                                          | 0.03-0.21                                                                         |
| Pyrimethanil           | 0.798                                         | 0.0285                                                | 0.12                                                 | 420.00                                                                      | 180.00                                                                  | 0.19                                              | 0.44                                          | 0.9-1                                                                             |
| DEET                   | 0.1036                                        | 0.0037                                                | ni                                                   |                                                                             |                                                                         |                                                   |                                               |                                                                                   |

### 3.2.3 Einschätzung der PSM anhand toxikologischer Kriterien

Tabelle 4 listet mögliche Faktoren auf, die für die humantoxikologische Beurteilung der PSM relevant sind, die wir unabhängig von den gemessenen Konzentrationen in der Luft beurteilt haben. Der Vollständigkeit halber werden auch Informationen zu möglicher Phytotoxizität oder Funktion als Acetylcholinesterasehemmer aufgeführt, welche für die untersuchten PSM nicht relevant sind. Die hier gezeigten Daten beruhen in erster Linie auf den Angaben der PPDB<sup>16</sup> (vgl. Sensitivitätsanalyse). In den letzten drei Spalten werden Einschätzungen der WHO basierend auf akuten Toxizitätswerten (LD50 Ratte) [29], von Greenpeace basierend auf einer eigenen Gesamtschau von human- und ökotoxikologischen Daten [33] und des Pesticide Action Network International (PAN) [34] aufgeführt. Alle in der Luft nachgewiesenen PSM sind in der Schweiz zugelassen ausser Metolachlor und Metalaxyl (vgl. Tabelle im Anhang A.7), welche

messtechnisch aber nicht von den weiterhin zugelassenen Formen S-Metolachlor und Metalaxyl-M unterschieden werden konnten. Wir gehen davon aus, dass die zugelassenen PSM gemessen wurden.

## **Herbizide**

### **Diuron**

Diuron ist seit September 2020 in Europa nicht mehr zugelassen und ein Verbot wird für die Schweiz diskutiert (vgl. Tabelle im Anhang A.7). Der Stoff könnte krebserregend und hormonaktiv sein. Basierend auf den (neueren) toxikologischen Daten ist Diuron als kritisch zu betrachten.

### **Metolachlor / S-Metolachlor**

Metolachlor ist eine sogenannte racemische Mischung aus R- und S-Enantiomeren. (rac-) Metolachlor ist in Europa und der Schweiz nicht mehr zugelassen. Gemäss US Umweltschutzbehörde könnte es ein menschliches Kanzerogen sein (possible human carcinogen). Ausserdem steht es im Verdacht, reproduktionstoxisch und hormonaktiv zu sein. Wir stufen Metolachlor aufgrund der humantoxikologischen Daten als eher kritisch ein.

S-Metolachlor ist in der EU und der Schweiz, aber nicht in Ländern wie dem vereinigten Königreich (UK) und Skandinavien zugelassen. Ob es eine krebserregende Wirkung hat ist unklar. Es wird jedoch als reproduktionstoxisch beschrieben. Daher stufen wir auch S-Metolachlor als eher kritisch ein.

### **Terbuthylazin**

Terbuthylazin ist in UK und Skandinavien nicht mehr zugelassen. Es könnte kanzerogen und reproduktionstoxisch sein. Ausserdem wird es als irritierend für Augen, Haut und Atemwege sowie schwach sensibilisierend (allergiefördernd) beschrieben. Oft liegen keine separaten Daten für das Abbauprodukt Terbuthylazin-desethyl vor, viele toxikologische Quellen gehen jedoch von einer ähnlichen Toxizität und ähnlichen Werten aus [21]. Terbuthylazin und sein Abbauprodukt könnten kritisch sein.

## **Fungizide**

### **Cyprodinil**

Cyprodinil ist in Europa und in UK und Skandinavien zugelassen. Es kann die Atemwege reizen und sensibilisieren (allergiefördernd) und hat einen unklaren Status bezüglich Reproduktionstoxizität, der als eventuell möglich seitens PPDB eingestuft wird. Der Stoff erscheint humantoxikologisch weniger kritisch zu sein.

### **Fenhexamid**

Das Fungizid Fenhexamid fällt bezüglich toxikologischer Merkmale wenig auf. Einzig die Mutagenität wird als unwahrscheinlich (statt keiner Mutagenität) gelistet.

### **Fenpropidin**

Fenpropidin ist irritierend für Augen und Haut und hat einen relativ tiefen LD50-Wert, weshalb die WHO die Substanz als «mässig schädlich» einstuft. Dieser Stoff könnte kritisch sein.

### **Fludioxonil**

Das Fungizid Fludioxonil ist sowohl in der EU als auch UK und skandinavischen Ländern zugelassen und fällt lediglich durch mögliche unklare Reproduktionstoxizität auf. Aus humantoxikologischer Sicht, scheint der Stoff nicht allzu kritisch zu sein.

### **Metalaxyl und Metalaxyl-M**

Metalaxyl ist eine sogenannte racemische Mischung aus R- und S-Enantiomeren [36]. Dieser Stoff ist in der Schweiz, UK und skandinavischen Ländern nicht mehr zugelassen und weist eine WHO-Klassifizierung von «mässig schädlich».

Metalaxyl-M, bestehend aus R-Enantiomeren ist in Europa und Ländern wie UK und Skandinavien zugelassen, weist jedoch eine unspezifische Mutagenität auf und ist irritierend für Haut und Augen. Der Stoff ist als eher kritisch zu betrachten.

### **Pyrimethanil**

Pyrimethanil ist in Europa zugelassen. Gemäss US Umweltschutzbehörde wird es nicht mehr als mögliches Karzinogen eingestuft. Es könnte reproduktionstoxisch sein. Die WHO stuft den Stoff als «leicht schädlich». Basierend auf diesen Daten ist Pyrimethanil als eher kritisch zu betrachten.

### **Repellent Diethyltoluamid**

Ist kein PSM, sondern ein Insektenabwehrmittel bzw. Repellent. Aus diesem Grund wurden auch nur sehr wenig der üblichen toxikologischen Daten gefunden. Der Stoff scheint sicher zu sein und kommt in handelsüblichen Insektenschutzmitteln vor. Lediglich eine gewisse Neurotoxizität wird vor allem bei Kindern beschrieben, welche bei unsachgemässer Anwendung und sehr hoher Belastung auch in der toxikologischen Literatur beschrieben wird [37, 38].

### **Gesamtschau der kritischen NGOs**

Diuron wird seitens Greenpeace und von PAN seit 2019 als hochgefährliches PSM eingestuft. Terbutylazin und Fenpropidin wird von Greenpeace wegen tiefer akuter Toxizitätswerte (ARfD) – also hoher Toxizität – auf der schwarzen Liste aufgeführt, von PAN aber nicht (mehr) gelistet. Cyprodinil und Fludioxonil werden von Greenpeace vorwiegend wegen kritischer oder möglicherweise kritischer ökotoxikologischer und Umweltwerte auf der schwarzen Liste aufgeführt.

Tabelle 4: Generelle toxikologische Verortung der in der Luft gemessenen Substanzen und ihrer Einstufung seitens verschiedener Organisationen.

| Stoff<br>Zulassungsjahr<br>USA <sup>17</sup> [39] | CAS-Nr. [29] | PSM-Typgemäss WHO [29] | Zulassung nach EC<br>1107/2009 <sup>18</sup> [28] | Zulassung in UK /<br>Skandinavien [28] | Kanzerogenität [28]        | Mutagenität [28] | Acetylcholinesterase-<br>inhibitor [28] | Neurotoxizität [28] | Reizungen [28]                                                               | Phototoxizität [28]       | Reproduktionstoxizität [28] | Hormonaktivität [28]  | WHO Klassifizierung <sup>19</sup> [29] | Schwarze Liste<br>Greenpeace 2010 [33]                   | Einstufung gemäss PAN<br>als hoch gefährliches<br>PSM [34] |
|---------------------------------------------------|--------------|------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Diuron</b><br>1971                             | 330-54-1     | Herbizid               | -                                                 | -/-                                    | möglich <sup>20</sup> [30] | keine [17]       | kein                                    | keine [17]          | keine primäre Reizwirkung, keine Sensibilisierung [30], Reizung der Atemwege | keine                     | möglich <sup>21</sup>       | möglich <sup>22</sup> | 1                                      | ja: sehr niedrige ARfD; karzinogen; reproduktionstoxisch | Seit 2019 (mögl. Karzinogen)                               |
| <b>Metolachlor</b><br>1976                        | 51218-45-2   | Herbizid               | -                                                 | -/-                                    | möglich (Mensch)           | keine            | kein                                    | keine               | irritierend: Haut, Augen                                                     | keine Daten <sup>23</sup> | möglich                     | möglich               | 1                                      | graue Liste - keine Gefährdung                           | bis 2013                                                   |
| <b>S-Metolachlor</b>                              | 87392-12-9   | Herbizid               | ✓                                                 | -/-                                    | möglich                    | keine Daten      | kein                                    | keine Daten         | Irritierend: Haut, Augen, Respirationstrakt (unklar), sensibilisierend       | keine                     | ja                          | keine                 | -                                      | graue Liste - keine Gefährdung                           | bis 2009                                                   |
| <b>Terbutylazin</b><br>1988                       | 5915-41-3    | Herbizid               | ✓                                                 | -/-                                    | möglich                    | keine            | kein                                    | keine Daten         | Irritierend: Haut, Augen, Respirationstrakt, schwach sensibilisierend        | ni <sup>24</sup>          | möglich                     | keine Daten           | 1                                      | ja: sehr niedrige ARfD; karzinogen; reproduktionstoxisch | ni                                                         |
| <b>Terbutylazin-desethyl</b> <sup>25</sup>        | 30125-63-4   | Metabolit [21]         | na                                                | na                                     | möglich                    | keine Daten      | keine Daten                             | keine Daten         | keine Daten                                                                  | ni                        | keine Daten                 | keine Daten           | Not listed                             | ni                                                       | ni                                                         |

<sup>17</sup> Die Hauptquelle der Daten ist als Referenz in der Tabellenüberschrift angegeben und nur Abweichungen von dieser Referenz werden in den Zellen der Tabellen genannt.

<sup>18</sup> Regulation EC 1107/2009 fordert Verbot des PSM, wenn es erwiesenermassen karzinogen, mutagen, reproduktionstoxisch oder hormonaktiv ist. Schweizer Zulassungsdaten siehe Diskussion (falls vorhanden).

<sup>19</sup> WHO-Klassifizierung zu akuter Toxizität abgeleitet aus dem LD50-Wert bei Ratten: 4 = extremely hazardous (sehr schädlich), 3 = highly hazardous (schädlich), 2 = moderately hazardous (mässig schädlich), 1 = slightly hazardous (leicht schädlich), 0 = unlikely to present acute hazard (eher nicht schädlich)

<sup>20</sup> Die Kanzerogenität von Diuron ist unklar nach verschiedenen Quellen. Neuere Quellen tendieren jedoch zu einer möglichen Kanzerogenität (PPDB limited evidence of carcinogenic effect)

<sup>21</sup> Alle «möglich» wenn nicht anders vermerkt wurden übersetzt aus der PPDB. Originalformulierung: «possibly, status not identified».

<sup>22</sup> Gemäss IEA2002: eine Quelle sagt Diuron ist group II (potential endocrine disruptors or compounds a medium level of concern with regard to exposure), eine andere Quelle sagt nicht bestimmt.

<sup>23</sup> «Keine Daten» bedeutet, dass in der PPDB «no data found» vermerkt war. Es also es möglicherweise eine Forschungslücke gibt.

<sup>24</sup> ni steht für «no information found» und bedeutet, dass in keiner der konsultierten Quellen Information oder Angaben zum spezifischen Kriterium gefunden werden konnten.

<sup>25</sup> Daten zum Abbauprodukt von Terbutylazin-desethyl werden oft vom Ausgangsstoff abgeleitet bzw. übernommen.

| Stoff<br>Zulassungsjahr<br>USA <sup>17</sup> [39] | CAS-Nr. [29]           | PSM-Typgemäss WHO [29] | Zulassung nach EC<br>1107/2009 <sup>18</sup> [28] | Zulassung in UK /<br>Skandinavien [28] | Kanzerogenität [28]                             | Mutagenität [28]              | Acetylcholinesterase-<br>inhibitor [28] | Neurotoxizität [28] | Reizungen [28]                                                           | Phototoxizität [28] | Reproduktionstoxizität [28] | Hormonaktivität [28]  | WHO Klassifizierung <sup>19</sup> [29] | Schwarze Liste<br>Greenpeace 2010 [33]                 | Einstufung gemäss PAN<br>als hoch gefährliches<br>PSM [34] |
|---------------------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Cyprodinil</b><br>1982                         | 121552-<br>61-2        | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | keine                                           | keine                         | kein                                    | keine               | Irritierend: Haut,<br>Augen, Respi-<br>rationstrakt,<br>sensibilisierend | ni                  | möglich                     | keine<br>Daten        | 1                                      | ja: sehr giftig für<br>Wasserorganismen;<br>persistent | Ni                                                         |
| <b>Fenhexamid</b><br>1974                         | 126833-<br>17-8        | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | keine<br>[22]                                   | unwahr-<br>scheinlich<br>[22] | kein                                    | keine               | nicht irritierend:<br>Haut, Auge, keine<br>Sensibilisierung [22]         | ni                  | möglich                     | ni                    | 0                                      | graue Liste - keine<br>Gefährdung                      | ni                                                         |
| <b>Fenpropidin</b><br>2005 [40]                   | 67306-<br>00-7         | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | keine<br>[19]                                   | keine [19]                    | kein                                    | keine               | irritierend: Haut,<br>Augen nicht korrosiv,<br>sensibilisierend [19]     | ni                  | keine                       | keine<br>Daten        | 2                                      | Ja: Sehr niedrige<br>ARfD                              | bis 2013                                                   |
| <b>Fludioxonil</b><br>1993                        | 131341-<br>86-1        | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | keine<br>[18]                                   | keine [18]                    | kein                                    | keine               | nicht irritierend Haut,<br>Auge, keine<br>Sensibilisierung [18]          | ni                  | möglich                     | ni                    | 0                                      | Ja: hohe<br>Gesamtpunktzahl                            | bis 2013                                                   |
| <b>Metalaxyl</b><br>1985                          | 57837-<br>19-1         | Fungizid               | ✓                                                 | -/-                                    | keine                                           | keine                         | kein                                    | keine               | nicht irritierend Haut,<br>Auge, keine<br>Sensibilisierung               | keine               | keine                       | keine                 | 2                                      | graue Liste - keine<br>Gefährdung                      | ni                                                         |
| <b>Metalaxyl-M</b><br>1986                        | 70630-<br>17-0<br>[36] | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | keine                                           | un-<br>spezifisch             | kein                                    | keine               | irritierend: Haut,<br>Augen                                              | ni                  | keine                       | keine<br>Daten        | Not<br>listed                          | graue Liste - keine<br>Gefährdung                      | ni                                                         |
| <b>Pyrimethanil</b><br>1982                       | 53112-<br>28-0         | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | unwahr-<br>scheinlich<br>[41, 42] <sup>26</sup> | keine [20]                    | kein                                    | keine               | Nicht irritierend Haut,<br>Auge, keine<br>Sensibilisierung               | bo <sup>27</sup>    | möglich                     | möglich <sup>28</sup> | 1                                      | graue Liste - keine<br>Gefährdung                      | bis 2013                                                   |
| <b>Diethyltoluamid<br/>DEET</b><br>1982           | 134-62-<br>3           | Repellent              | -                                                 | -/-                                    | Keine<br>Daten                                  | ni                            | kein                                    | Ja                  | irritierend: Haut,<br>Augen,<br>Respirationstrakt                        | ni                  | möglich                     | ni                    | 1                                      | ni                                                     | ni                                                         |

<sup>26</sup> Gemäss PubChem stuft die US EPA 2006 den Stoff als mögliches Karzinogen ein, wurde aber 2018 zurückgestuft ("Not Likely to be Carcinogenic to Humans at Doses that Do Not Alter Rat Thyroid Hormone Homeostasis.") ,Keine Informationen dazu in den EFSA-Berichten oder der ECHA Datenbank.

<sup>27</sup> Es konnten keine Informationen gefunden werden, was "Bo" in der PPDB zu bedeuten hat.

<sup>28</sup> Gemäss IEA 2002 ist Pyrimethanil ein Thyroid hormone disruptor "which seemed to enhance the hepatic metabolism and excretion of thyroid hormone" (Hurley, Hill & Whiting, 1998). Gemäss UNEP & WHO: "In rodents, a number of pesticides induce thyroid follicular cell tumours, including [...] pyrimethanil

### 3.3 Literatursuche

Die Literatursuche ergab nach Entfernen von Duplikaten in EndNote 4360 Treffer, welche geprüft und bewertet wurden. Aus diesem ersten Screening stachen 199 möglicherweise relevante Studien hervor. Der Grossteil der übrigen Studien beschäftigte sich mit Verbleib, Transport, Abbau in Wasser und Boden, Analysemethoden, Abbau, Rückstände auf Pflanzen, Toxizität für Nicht-Zielorganismen wie Pflanzen, Wasser- und Bodenlebewesen, Anwendungsempfehlungen. Nachdem wiederum Studien ausgemustert wurden, welche Messungen in der Aussenluft oder Gewässern oder nicht relevante toxikologische Studien waren, verblieben 32 relevante Studien, welche gesundheitliche Zielgrössen oder Abbauprodukte im Blut oder Urin der gesuchten PSM in der Bevölkerung oder häufiger in arbeitsmedizinischen Studien untersuchten. Ergänzt wurden diese Studien mit 18 Studien aus dem LUDOK Fundus (Tabellen 5-7).

Die epidemiologische und arbeitsmedizinische Datenlage bezüglich der von uns gesuchten PSM ist insgesamt sehr dürtig. Zu den Herausforderungen zählen:

- Dominanz einer amerikanischen Studie bei Anwendern von Pflanzenschutzmitteln und ihren Partnerinnen (Agricultural Health Study AHS)
- Untersuchung sehr viel verschiedener gesundheitlicher Zielgrössen, die praktisch keine Vergleiche zwischen Studien zulassen
- Belastungsabschätzungen für PSM in der Luft liegen praktisch nicht vor. In den meisten Fällen wird die PSM-Belastung anhand von Nutzungsverhalten qualitativ abgeschätzt oder anhand von Metaboliten in Urin, Blut oder Rückständen in Haarproben bestimmt
- Es werden trotz epidemiologischem Studiendesign häufig in irgendeiner Weise beruflich belasteten Studienteilnehmer oder ihre Kinder untersucht und weniger die Allgemeinbevölkerung
- Eine Belastungsabschätzung einzelner PSM liegt in den wenigsten Fällen vor. Es liegen vor allem Belastungen unterschiedlichster PSM gemeinsam vor, weshalb auch oft Substanzklassen oder PSM allgemein untersucht werden

#### 3.3.1 Übersichten

Die sechs von uns identifizierten Übersichtsarbeiten kommen zum Schluss, dass erhöhte PSM-Belastung ganz allgemein mit einem erhöhten Risiko von Hirntumoren, Krebs bei Kindern und hormonellen Wirkungen auf die Schilddrüse einhergehen können [43-45]. Eine Übersichtsarbeit, welche die Belastung mit Herbiziden untersuchte, sieht ausserdem einen Zusammenhang mit Leukämien [46]. Zwei Fallkontroll-Studien zur Frage eines Zusammenhangs von Autismus und Anilino-Pyrimidine, zu denen Cyprodinil und Pyrimethanil zählen, fanden keinen Zusammenhang, jedoch einen mit Urea Herbiziden, zu dem Diuron zählt [47]. Die unspezifische Feststellung von PSM-Effekten allgemein hilft für die hier zu beurteilenden PSM nicht weiter. Die einzige Übersichtsarbeit, welche spezifisch eines von uns untersuchtes PSM untersucht, kam zum Schluss, dass ein Zusammenhang einer Metolachlorbelastung mit Krebserkrankungen bestehe [48]. Die herangezogene Einzelstudie von Alavanja et al. [49] wurde jedoch mit neueren Daten von Silver et al. [50] widerlegt und zeigte statt eines Zusammenhangs mit Lungenkrebs einen möglichen mit Leberkrebs in der AHS-Kohorte auf.

#### 3.3.2 Bevölkerungsbezogene Studien

Bei den Einzelstudien wird PSM-Belastung im Allgemeinen bei beruflich belasteten Eltern, Nutzung von PSM im Haushalt, beim Wohnen in der Nähe von Landwirtschaft mit einem erhöhten Risiko für Hirntumore [51] und Leukämien [52, 53] bei Kindern, mehr Kopfschmerzen und verringerter kognitiver Leistung bei Kindern [54] und einem verringerten Geburtsgewicht und –grösse [55, 56] oder gestörtem Hormonhaushalt [56] in Verbindung gebracht.

Zu den einzelnen PSM Cyprodinil, Pyrimethanil, Fludioxonil und Fenpropidin wurden keine Publikationen gefunden. Zur Substanzgruppe der Anilinopyrimidine, zu denen Cyprodinil und Pyrimethanil zählen, wurde eine Übersichtsarbeit gefunden.

Zu Metolachlor und Diethyltoluamid (DEET) konnten die meisten Studien mit Gesundheitsfolgen in der Allgemeinbevölkerung gefunden werden. Verschiedene Studien berichten über eine gestörte Entwicklung des Kindes im Mutterleib in Zusammenhang mit der Metolachlorbelastung, welches sich in verringertem Geburtsgewicht [57-59], geringerem Kopfumfang [60] oder einem grösseren Risiko für Herzfehler [61] zeigte. Dabei ist zu beachten, dass nur die Studie von Rappazzo [61] annähernd Belastung aus der Luft untersuchte. Dort wurde die Pestizidbelastung mit Wohnen in Nähe zur Landwirtschaft definiert. Eine Studie fand keinen Zusammenhang des Geburtsgewichts mit Metolachlor und Diuron, jedoch ein nicht signifikant erhöhtes Risiko mit Fenhexamid gemessen im Haar der Mutter [62]. Leukämien bei Kindern gemessen als PSM-Belastung im Umkreis von 4000m um den Wohnort hing nicht mit Metolachlor zusammen. Das Risiko war jedoch erhöht mit der Diuronbelastung.

Für DEET wurden Hinweise auf neurotoxische Wirkungen in Form von Epilepsie bei einem Kind (Fallbericht) [63], verringertes Geburtsgewicht [57, 59] und verringerte Samenqualität berichtet, die in der gleichen Studie auch mit Metolachlor verschlechtert [64] war. Hodenhochstand bei Geburt hing in einer englischen Studie mit der privaten DEET-Nutzung zusammen [65].

Die zu Metolachlor erwähnte französische PELARGIE-Studie, welche Metaboliten im Urin mass, und die amerikanische Studie, welche Pestizide im Trinkwasser mass, fanden ausserdem ein verringertes fötales Wachstum mit Triazinen, zu denen Terbutylazin zählt [58, 60].

### 3.3.3 Studien mit beruflicher PSM-Belastung

Bei den Studien, welche Gesundheitsfolgen bei beruflich belasteten Personen untersuchten, fallen die vielen Ergebnisse zu Metolachlor und Metalaxyl auf. Dies ist in erster Linie auf die amerikanische AHS-Studie (agricultural health study), die mit vielen Publikationen den Grossteil der Datenbasis ausmacht und ebendiese hier interessierenden PSM untersuchte. Zu den einzelnen PSM Cyprodinil, Pyrimethanil, Fenhexamid, Fludioxonil und Fenpropidin wurden keine Publikationen gefunden.

#### Krebs

Die AHS-Studie untersuchte oft, den Zusammenhang von PSM mit Krebs. Dabei fand die frühe Publikation von Rusiecki 2005 keinen Zusammenhang mit Krebs und Metolachlor [66], spätere Studien mit längeren Beobachtungszeiten fanden jedoch erhöhte Risiken für Leberkrebs [50], Kehlkopfkrebs [67] und ein möglicherweise erhöhtes Risiko für Darmkrebs [68]. In der gleichen Studie war das Darmkrebsrisiko nicht mit Triazinen und Urea-Stoffen erhöht, zu denen Terbutylazin und Diuron zählen. In einer gemeinsamen Auswertung verschiedener Kohorten in den USA und Europa war das Risiko für Non-Hodgkin-Lymphome mit Metolachlor und Urea sogar verringert [69]. Ebenso war das Risiko für Prostatakrebs in der AHS-Kohorte mit der Metolachlor paradox reduziert [70]. In einer indischen Studie mit Teegärtnern waren Biomarker für Gentoxizität mit der Urea-Belastung erhöht [71]. In einer griechischen Studie in Zusammenhang mit der Metlaxylbelastung jedoch nicht [72].

Insgesamt ist die Beweislage recht dünn und uneinheitlich und wird von einer einzigen Studie dominiert, welche eine sehr grobe Nutzungsabschätzung von PSM vornahm.

#### Endokrine Disruption, Wirkung wie Hormone

Ein gestörter Hormonhaushalt insbesondere in Bezug auf die Schilddrüse konnte in der AHS Studie mit Metolachlor und Metalaxyl gezeigt werden [73, 74] sowie bei Bauern in Thailand mit der Nutzung von Triazinen (Terbutylazin), Metolachlor und Diuron. Mit Diuron und Metalaxyl belastete Personen in Kamerun zeigten ausserdem veränderte Testosteronwerte [75].

## **Herz-/Kreislaufkrankheiten und Stoffwechsel**

Eine Studie, welche in Thailand metabolische und kardiovaskuläre Indikatoren bei konventionellen Bauern mit jenen von Bio-Bauern verglich, waren diese verschlechtert. Beispielsweise zeigten erste höhere Blutfettwerte oder einen höheren BMI [76]. In der AHS-Kohorte hing die Metolachlor- und Metalaxylnutzung nicht mit Diabetes zusammen [77], das Herzinfarktrisiko war allerdings mit der Metalaxylnutzung assoziiert, jedoch nicht mit Triazinen oder Metolachlor [78]. Das Risiko für Nierenkrankheiten im Endstadium war jedoch mit diesen beiden PSM erhöht [79].

## **Mentale Gesundheit**

In einer amerikanischen Querschnittstudie bei Bauern und ihren Angehörigen waren depressive Symptome mit dem Gebrauch von PSM allgemein erhöht [80]. In der AHS Kohorte konnten Depressionen mit Fungizidnutzung in Zusammenhang gebracht werden [81], aber nicht mit der Nutzung von Triazinen oder Metolachlor, deren Nutzung sogar paradox negativ mit weniger Depressionen assoziiert war [82]. Brasilien und Südkorea war das Suizidrisiko bei Bauern bzw. mit der Nutzung von PSM erhöht [83, 84].

Tabelle 5: Übersichtsmatrix der gefundenen Übersichten zu PSM-Belastung beim Menschen

| PSM-Typ               | Herbizide                 |                   |            | Fungizid           |                         |                   | Repellent | Fungizid   |             |             |
|-----------------------|---------------------------|-------------------|------------|--------------------|-------------------------|-------------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| Substanzklasse        | Traizine                  | Chloracet-anilide | Urea       | Anilino-Pyrimidine | Acetylalanin-Phenylamid | Carbonsäure-amide | Pyrole    | Piperidine |             |             |
| PSM                   | Terbuthylazin             | Metolachlor       | Diuron     | Cyprodinil         | Pyrimethanil            | Metalaxyl         | DEET      | Fenhexamid | Fludioxonil | Fenpropidin |
| Turner 2010 [46]      | Metaanalyse: Leukämie +   |                   |            |                    |                         |                   |           |            |             |             |
| Maele-Fabry 2013 [43] | Metaanalyse: Hirntumore + |                   |            |                    |                         |                   |           |            |             |             |
| Ongono 2020 [47]      |                           |                   | Autismus + | Autismus 0         |                         |                   |           |            |             |             |
| Vinson 2011 [44]      | Kinderkrebs +             |                   |            |                    |                         |                   |           |            |             |             |
| Campos 2016 [45]      | Schilddrüsenhormone (+)   |                   |            |                    |                         |                   |           |            |             |             |
| Weichenthal 2010 [48] |                           | Krebs +           |            |                    |                         |                   |           |            |             |             |

Lesebeispiel der Matrix: **blau** unterlegte Gesundheitseffekte wurden für die Gesamtheit von Pflanzenschutzmittel allgemein (bspw. Hirntumore) oder für ganze PSM-Klassen wie Herbizide (bspw. Leukämie) beschrieben. Für Autismus **grün** hinterlegt wie die Substanzklasse Urea wurde in Zusammenhang mit der Stoffgruppe der Urea, zu dem auch Diuron gehört, ein erhöhtes Risiko für Autismus beobachtet. Für Krebs ohne farbliche Abhebung wiederum wurde ein Zusammenhang mit einem spezifischen PSM, hier Metolachlor, beobachtet.

Tabelle 6: Übersichtsmatrix zu den gefundenen epidemiologischen Studien zu PSM-Belastung beim Menschen: Allgemeinbevölkerung

|                          | Kohorte, Land                               | Herbizide                             |                                |               | Fungizide              |                        |                             | Repellent               | Fungizide       |             |             |
|--------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------|-------------|-------------|
| Substanz-<br>klasse      |                                             | Triazine                              | Chloracetanilide               | Urea          | Anilino-<br>Pyrimidine | Anilino-<br>Pyrimidine | Acetylaniline<br>Phenylamid | Carbonsäure-<br>amide   | Pyrole          | Piperidine  |             |
| PSM                      |                                             | Terbuthylazin                         | Metolachlor                    | Diuron        | Cyprodinil             | Pyrimethanil           | Metalaxyl                   | DEET                    | Fenhexamid      | Fludioxonil | Fenpropidin |
| Wijngaarden<br>2002 [51] | USA, berufliche<br>Belastung Eltern         | Kinder: Hirntumore +                  |                                |               |                        |                        |                             |                         |                 |             |             |
| Mhlanga<br>2021 [54]     | CapSA, Südafrika,<br>Nähe<br>Landwirtschaft | Kinder: Kopfschmerzen und Kognition + |                                |               |                        |                        |                             |                         |                 |             |             |
| Patel 2020<br>[52]       | Dänemark, Nähe                              | Leukämie: Kinder +                    |                                |               |                        |                        |                             |                         |                 |             |             |
| Monge 2007<br>[53]       | Nutzung PSM<br>Eltern, Costa Rica           | Leukämie +                            |                                |               |                        |                        |                             |                         |                 |             |             |
| Park 2020<br>[85]        | USA, Kinder<br>Umkreis 4000m                |                                       | Leukämie 0                     | Leukämie<br>+ |                        |                        |                             |                         |                 |             |             |
| Matsuki<br>2020 [55]     | JECS, Japan, FB<br>Haushaltspestizide       | Geburtsgewicht- und Grösse +          |                                |               |                        |                        |                             |                         |                 |             |             |
| Barr 2010<br>[57]        | USA<br>Nabelschnurblut                      |                                       | Geburtsgewicht<br>(Ggewicht) + |               |                        |                        |                             | Ggewicht (+)            |                 |             |             |
| Beranger<br>2020 [62]    | ELFE, Frankreich,<br>Haar                   |                                       | Ggewicht 0                     | Ggewicht<br>0 |                        |                        |                             |                         | Ggewicht<br>(+) |             |             |
| Wickerham<br>2012 [59]   | Nabelschnurblut,<br>China                   |                                       | Ggewicht +                     |               |                        |                        | Ggewicht<br>+               | Ggewicht +              |                 |             |             |
| Rappazzo<br>2019 [61]    | USA, Nähe<br>Landwirtschaft                 |                                       | Kinder:<br>Herzfehler +        |               |                        |                        |                             |                         |                 |             |             |
| Chevrier<br>2011 [60]    | PELARGIE, Urin<br>Frankreich                | fötales<br>Wachstum +                 | Kopfumfang +                   |               |                        |                        |                             |                         |                 |             |             |
| Munger<br>1997 [58]      | Iowa, USA,<br>Trinkwasser                   | fötales<br>Wachstum +                 | fötales<br>Wachstum +          |               |                        |                        |                             |                         |                 |             |             |
| Briassoulis<br>2001 [63] | Fallbericht USA                             |                                       |                                |               |                        |                        |                             | Epilepsie-<br>anfälle + |                 |             |             |

|                        | Kohorte, Land            | Herbizide                                                                      |                    |        | Fungizide              |                        |                             | Repellent             | Fungizide  |             |             |
|------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------|-------------|-------------|
| Substanz-<br>klasse    |                          | Triazine                                                                       | Chloracetanilide   | Urea   | Anilino-<br>Pyrimidine | Anilino-<br>Pyrimidine | Acetylalanine<br>Phenylamid | Carbonsäure-<br>amide | Pyrole     | Piperidine  |             |
| PSM                    |                          | Terbuthylazin                                                                  | Metolachlor        | Diuron | Cyprodinil             | Pyrimethanil           | Metalaxyl                   | DEET                  | Fenhexamid | Fludioxonil | Fenpropidin |
| Wohlfahrt<br>2011 [56] | PSM-<br>Anwenderinnen DK | endokrine Disruptoren (+), Störung der fötalen und postnatalen Entwicklung (+) |                    |        |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Dugas 2010<br>[65]     | UK, Nutzung priv.        |                                                                                |                    |        |                        |                        |                             | Hypospadie +          |            |             |             |
| Swan 2003<br>[64]      | Urinmetaboliten,<br>USA  |                                                                                | Samenqualität<br>+ |        |                        |                        |                             | Samenqualität<br>+    |            |             |             |

FB = Fragebogen, priv. = privat

Tabelle 7: Übersichtsmatrix der gefundenen Studien zu beruflicher PSM-Belastung beim Menschen

|                        | Studie, Land | Herbizide     |                                     |             | Fungizide              |                        |                             | Repellent             | Fungizide  |             |             |
|------------------------|--------------|---------------|-------------------------------------|-------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------|-------------|-------------|
| Substanz-<br>klasse    |              | Triazine      | Chloracetanilide                    | Urea        | Anilino-<br>Pyrimidine | Anilino-<br>Pyrimidine | Acetylalanine<br>Phenylamid | Carbonsäure-<br>amide | Pyrole     | Piperidine  |             |
| PSM                    |              | Terbuthylazin | Metolachlor                         | Diuron      | Cyprodinil             | Pyrimethanil           | Metalaxyl                   | DEET                  | Fenhexamid | Fludioxonil | Fenpropidin |
| Alavanja<br>2004 [49]  | AHS          |               | Lungenkrebs<br>+                    |             |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Andreotti<br>2010 [68] | AHS          | Darmkrebs 0   | Darmkrebs (+)                       | Darmkrebs 0 |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Silver 2015<br>[50]    | AHS          |               | allg. Krebs 0,<br>Leberkrebs<br>(+) |             |                        |                        |                             |                       |            |             |             |

|                          | Studie, Land                                  | Herbizide                                    |                          |                                 | Fungizide              |                        |                             | Repellent             | Fungizide  |             |             |
|--------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------|-------------|-------------|
| Substanz-<br>klasse      |                                               | Triazine                                     | Chloracetanilide         | Urea                            | Anilino-<br>Pyrimidine | Anilino-<br>Pyrimidine | Acetylalanine<br>Phenylamid | Carbonsäure-<br>amide | Pyrole     | Piperidine  |             |
| PSM                      |                                               | Terbuthylazin                                | Metolachlor              | Diuron                          | Cyprodinil             | Pyrimethanil           | Metalaxyl                   | DEET                  | Fenhexamid | Fludioxonil | Fenpropidin |
| Rusiecki<br>2006 [66]    | AHS                                           |                                              | Krebs 0                  |                                 |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Hardell 1998<br>[86]     | FB Beruf                                      |                                              |                          |                                 |                        |                        |                             | Hodenkrebs<br>+       |            |             |             |
| Pardo 2020<br>[70]       | AHS                                           |                                              | Prostatakrebs<br>-       | Prostatakrebs<br>-              |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Lerro 2018<br>[67]       | AHS                                           |                                              | Kehlkopfkrebs<br>+       |                                 |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Leon 2019<br>[69]        | AGRICOH, FR,<br>NOR, USA, FB                  |                                              | Non-Hodgkin<br>Lymphom - | NHL -                           |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Vlastos 2004<br>[72]     | Tabakbauern,<br>Griechenland                  |                                              |                          |                                 |                        |                        | Gentoxizität 0              |                       |            |             |             |
| Dhananjayan<br>2019 [71] | Indien, Arbeit in<br>Teegärten                |                                              |                          | Biomarker für<br>Gentoxizität + |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Shrestha<br>2019 [87]    | AHS                                           |                                              | Riechstörung<br>+        |                                 |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Kongtip 2018<br>[76]     | Thailand,<br>Bauern, Bio vs.<br>konventionell | metabolische und kardiovaskuläre Biomarker + |                          |                                 |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Starling 2014<br>[77]    | AHS                                           |                                              | Diabetes -               |                                 |                        |                        | Diabetes -                  |                       |            |             |             |
| Dayton 2010<br>[78]      | AHS                                           | Herzinfarkt 0                                | Herzinfarkt 0            |                                 |                        |                        | Herzinfarkt +               |                       |            |             |             |
| Lebov 2016<br>[79]       | AHS                                           | Nieren-<br>krankheiten +                     | Nieren-<br>krankheiten + |                                 |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Stallones<br>2002 [80]   | USA, FB zur<br>Nutzung                        | depressive Symptome (+)                      |                          |                                 |                        |                        |                             |                       |            |             |             |
| Beard 2013<br>[82]       | AHS                                           | Depressionen<br>-                            | Depressionen<br>-        |                                 |                        |                        |                             |                       |            |             |             |

|                     | Studie, Land                           | Herbizide                  |                                  |                            | Fungizide              |                        |                                  | Repellent             | Fungizide  |             |             |
|---------------------|----------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------------|------------|-------------|-------------|
| Substanz-<br>klasse |                                        | Triazine                   | Chloracetanilide                 | Urea                       | Anilino-<br>Pyrimidine | Anilino-<br>Pyrimidine | Acetylalanine<br>Phenylamid      | Carbonsäure-<br>amide | Pyrole     | Piperidine  |             |
| PSM                 |                                        | Terbuthylazin              | Metolachlor                      | Diuron                     | Cyprodinil             | Pyrimethanil           | Metalaxyl                        | DEET                  | Fenhexamid | Fludioxonil | Fenpropidin |
| Beseler 2008 [81]   | AHS                                    |                            |                                  |                            | Depressionen +         |                        |                                  |                       |            |             |             |
| Meyer 2010 [83]     | Brasilien, Bauern vs. AllgBev.         | Selbsttötungen +           |                                  |                            |                        |                        |                                  |                       |            |             |             |
| Jung 2019 [84]      | Südkorea, FB                           | Selbsttötungen +           |                                  |                            |                        |                        |                                  |                       |            |             |             |
| Shrestha 2019 [73]  | AHS                                    |                            | Schilddrüsen-<br>unterfunktion - |                            |                        |                        | Schilddrüsen-<br>unterfunktion 0 |                       |            |             |             |
| Shrestha 2018 [74]  | AHS Ehefrauen                          |                            | Schilddrüsen-<br>überfunktion +  |                            |                        |                        | Schilddrüsen-<br>unterfunktion + |                       |            |             |             |
| Kongtip 2019 [88]   | Bauern, Bio vs. konventionell Thailand | Schilddrüsen-<br>hormone + | Schilddrüsen-<br>hormone +       | Schilddrüsen-<br>hormone + |                        |                        |                                  |                       |            |             |             |
| Manfo 2012 [75]     | Kamerun, FB                            |                            |                                  | Testosteron +              |                        |                        | Testosteron +                    |                       |            |             |             |
| Slager 2010 [89]    | AHS                                    |                            | Rhinitis 0                       |                            |                        |                        |                                  |                       |            |             |             |
| Kaur 2018 [90]      | FB Beruflich/ Nähe vs. keine Indien    | oxidativer Stress +        | oxidativer Stress +              |                            |                        |                        |                                  |                       |            |             |             |

FB = Fragebogen AllgBev = Allgemeinbevölkerung + = es wurde ein signifikanter Zusammenhang gefunden im negativen Sinne, z.B. Zunahme Krebs, Abnahme Geburtsgewicht, (+) = ein nicht signifikant erhöhtes Risiko wurde beobachtet (Effekt könnte auch dem Zufall geschuldet sein), 0 = es wurde kein Zusammenhang gefunden, - = signifikant protektive Effekte wurden gefunden (geringere Risiken)

### 3.4 Sensitivitätsanalyse

Bis auf S-Metolachlor entsprachen die extrahierten AOEL-Werte jenen der EFSA-Berichte. Der höhere Wert von 0.15 (statt 0.1) mg / kg KG/Tag entspräche einer 50% höheren tolerierbaren Luftbelastung für Erwachsene von 525.0 µg/m<sup>3</sup>. Da die Messwerte beide Werte nicht überschreiten, ändert sich die Einschätzung nicht.

Die alternative Berechnung nach den Vorgaben der EFSA ergab für Erwachsene 7-24% höhere tolerierbare Luftkonzentrationen und für Kinder 17-37% tiefere Konzentrationen. Auch unter Berücksichtigung dieser Werte liegen die gemessenen Konzentrationen unterhalb dieser Toleranzwerte.

Für die Beurteilung der toxikologischen Merkmale in Tabelle 4 wurden in erster Linie Daten aus der Pestiziddatenbank PPDB herangezogen. Anhang A.9 stellt die Daten aus den EFSA-Berichten jenen der PPDB gegenüber. Generell stimmen die Daten gut überein und es gibt nur geringe Unterschiede, welche die Einschätzung der Stoffe nicht verändert. Es könnte angenommen werden, dass die Daten der PPDB ggf. aktueller sind, da die herangezogenen EFSA-Berichte in den Jahren 2004-2015 publiziert wurden.

## 4. DISKUSSION

### 4.1 Gesamtssicht toxikologischer und epidemiologischer Daten

Insgesamt zeigt die Analyse der humantoxikologischen Daten und die Studienlage aus arbeitsmedizinischer und bevölkerungsbezogener Sicht ein sehr gemischtes Bild bezüglich einer Gefährdung (engl. Hazard). Fenhexamid und Fludioxonil können humantoxikologisch als weniger kritisch betrachtet werden. Es finden sich derzeit auch (praktisch) keine bevölkerungsbezogenen Studien, welche diese Stoffe belasten würden. Im Fall von Fludioxonil könnte das auch daran liegen, dass der Stoff erst 1993 in den USA zugelassen wurde (in der Schweiz vor 2004 vgl. Tabelle im Anhang A.7). Cyprodinil zeigt geringe akute Toxizität für den Menschen und es gibt keine bevölkerungsbezogene Studie, welche den Stoff belasten würde und die humantoxikologische Datenlage scheint nicht eindeutig zu sein. Der Stoff ist jedoch persistent und wird als sehr giftig für Wasserorganismen beschrieben, weshalb er im Gewässerschutzgesetz reguliert wird. Auch zu Fenpropidin findet sich keine bevölkerungsbezogene Studie. Da dieser Stoff aber erst 2005 in den USA zugelassen wurde, könnte dies ein Grund für fehlende Studien sein. Da der Stoff bei geringen Mengen relativ toxisch wirkt und von Greenpeace auf der schwarzen Liste geführt wird, könnte es ein problematisches PSM sein. Pyrimethanil, welches 1982 in den USA zugelassen wurde und möglicherweise krebserregend und hormonaktiv ist, wird in keiner der arbeitsmedizinischen oder epidemiologischen Studien erwähnt. Es gibt also bisher keine Hinweise, welche dieses spezifische PSM belasten würde und wird auch von Greenpeace als nicht gefährdend beurteilt.

Metalaxyl und Metalaxyl-M werden von Greenpeace ebenfalls als eher unproblematisch eingestuft. Metalaxyl-M scheint jedoch eine unspezifische Mutagenität aufzuweisen und zwei Studien sahen Zusammenhänge mit verringertem Geburtsgewicht oder Herzinfarkten, aber keine Zusammenhänge mit Gentoxizität, Diabetes oder der Schilddrüsenfunktion. Krebserkrankungen wurden allerdings nicht untersucht.

Terbutylazin, welches seit 1988 in den USA registriert ist, könnte basierend auf den humantoxikologischen Daten kritisch sein. Zu diesem PSM und seinem Abbauprodukt gibt es keine spezifischen Studien, aber die Stoffgruppe der Triazine scheint das Risiko für

Nierenkrankheiten und verringertem fötalen Wachstum zu erhöhen und zeigte in einer Studie ein erhöhtes Risiko für Schilddrüsenunterfunktion. Der Stoff ist in Skandinavien und UK nicht mehr zugelassen. Diuron ist zwar erst seit 1991 zugelassen, die humantoxikologischen Daten und ein paar wenige Studien weisen auf erhöhtes Leukämierisiko und Hormonaktivität hin, was als kritisch zu betrachten ist. Diuron ist seit letztem Herbst (September 2020) in Europa nicht mehr zugelassen. Ein Verbot wird auch in der Schweiz diskutiert. Das am längsten am Markt erhältliche PSM Metolachlor weist die meisten Studienergebnisse und kritische humantoxikologische Daten auf. Auch das heute noch in der EU und der Schweiz zugelassene Enantiomer S-Metolachlor weist kritische humantoxikologische Daten auf.

## 4.2 Gemessene Konzentrationen

Betrachtet man die Konzentrationen, welche an verschiedenen Schweizer Standorten in der Luft gemessen wurden, werden toxikologisch hergeleitete kritische Werte (AOEL, ARfD) nie überschritten. Auch unter Annahme von maximalen Belastungswerten, die in der Regel an Standorten gemessen wurden, welche in unmittelbarer Nähe zu den Applikationsorten standen und bei denen Drift vermutet wird. Die Belastung über Drift wird nur in unmittelbarer Nähe zur Applikation als relevant erachtet. Unter Berücksichtigung von möglichen (sehr unsicheren) Sicherheitsfaktoren, könnten Terbutylazin im schlechtesten Fall ggf. kritische Werte erreichen.

Für Luftproben beträgt der abgeschätzte Messfehler +/- 40 % bei 4-Wochenprobenahmen. Neben dem analytischen Fehlerbereich ist bei den berechneten Luftkonzentrationen die Unsicherheit der Umrechnung, welche auf der Basis einer Aufnahme der Passivsammler von 4 m<sup>3</sup>/Tag erfolgte, zu beachten. Basierend auf den Vergleichsmessungen mit der aktiven Probenahmemethode liegen die berechneten Luftkonzentrationen der Passivsammler im Mittel um einen Faktor 3 (Min 1.2, Max 6.1) über den mit Aktivprobenahmen gemessenen Konzentrationen. Die hier genutzten Passivsammlerdaten überschätzen also gegebenenfalls die tatsächliche Belastung (vgl. Messbericht [2]).

Falls die gemessene Belastung in den über 28 Tage gesammelten Proben nicht aus einer einmaligen Applikation stammte, sondern sich via Resuspension oder Verdampfung von Blättern im PU-Schaum angesammelt hat, läge die Belastung an einzelnen Tagen tiefer. Die Belastung wäre also tiefer als die hier als worst case angenommen. Die Luftkonzentrationen der elf beurteilten Substanzen sind also eher als unproblematisch einzustufen.

Festzuhalten ist, dass im Rahmen dieser Beurteilung elf Substanzen mit den höchsten Konzentrationen in der Luft an für die Schweiz typischen Standorten im Messzeitraum von Frühling bis Herbst 2020 beurteilt wurden. Je nach Kultur und Standort werden unterschiedliche PSM eingesetzt und die Top Ten im Thurgau entsprechen nicht den Top Ten im Wallis. Unklar ist, ob gegebenenfalls andere PSM, die nicht unter den Top Ten der höchsten gemessenen Belastungen lagen, gesundheitlich relevanter sind. Je nach toxikologischen Eigenschaften des Stoffs könnten aber andere nicht beurteilte Wirkstoffe mit niedrigeren Konzentrationen oder solche die nicht im Messprogramm enthalten waren kritischere Werte aufweisen. Hinzukommt, dass nur eine Einzelstoffanalyse vorgenommen wurde, aber je nach Wirkungsmechanismus, gewisse Stoffe sich in ihrer Wirkung addieren oder sogar multiplizieren könnten (Mischungen). Solche Wirkungen sind noch wenig erforscht. Derzeit wird ihnen jedoch eine untergeordnete Relevanz in Bezug auf Wirkungen über Restmengen in Lebensmitteln beigemessen [91].

Es kann davon ausgegangen werden, dass die PSM-Konzentrationen in der Luft generell unproblematisch sind. Soweit dies abgeschätzt werden konnte, tragen die hier untersuchten PSM ggf. mit Ausnahme von Terbutylazin eher wenig zur menschlichen Belastung bei und andere Quellen sind relevanter.

### 4.3 Bedeutung der Belastung über die Luft und anderer Quellen

Gemäss dem pan-europäischen HBM4EU Forschungsprojekt, welches zum Ziel hat, einen Überblick über die vielfältigen Chemikalienbelastungen von Menschen im europäischen Raum zu gewinnen, stellen die Rückstände von PSM auf Nahrungsmitteln die wichtigste Quelle für PSM-Belastung dar. Neben diesem ernährungsbedingten Belastungspfad stellt die Nutzung von PSM in Haushalt und Garten sowie das Wohnen in Nähe von behandelten Äckern, Wein- und Obsthainen eine weitere Belastungsquelle dar [3]. Der in diesem Projekt untersuchte Belastungspfad von PSM über die Luft ist also ein für die Allgemeinbevölkerung eher weniger relevanter Belastungspfad. Die generell als unproblematisch zu beurteilenden Messwerte in der Luft weisen ebenfalls in diese Richtung. Allerdings untersucht das HBM4EU-Projekt spezifisch auch die Belastung von Bauernfamilien und von Familien, die in Landwirtschaftsnähe leben, um die Höhe der Belastung und die Beiträge der verschiedenen Expositionswege noch näher zu untersuchen. Eine in das HBM4EU integrierte HBM Studie in Basel-Stadt untersucht die Pestizidbelastung anhand von Urinproben und detaillierten Fragebogen zu möglichen Expositionsquellen in einem städtischen Umfeld.

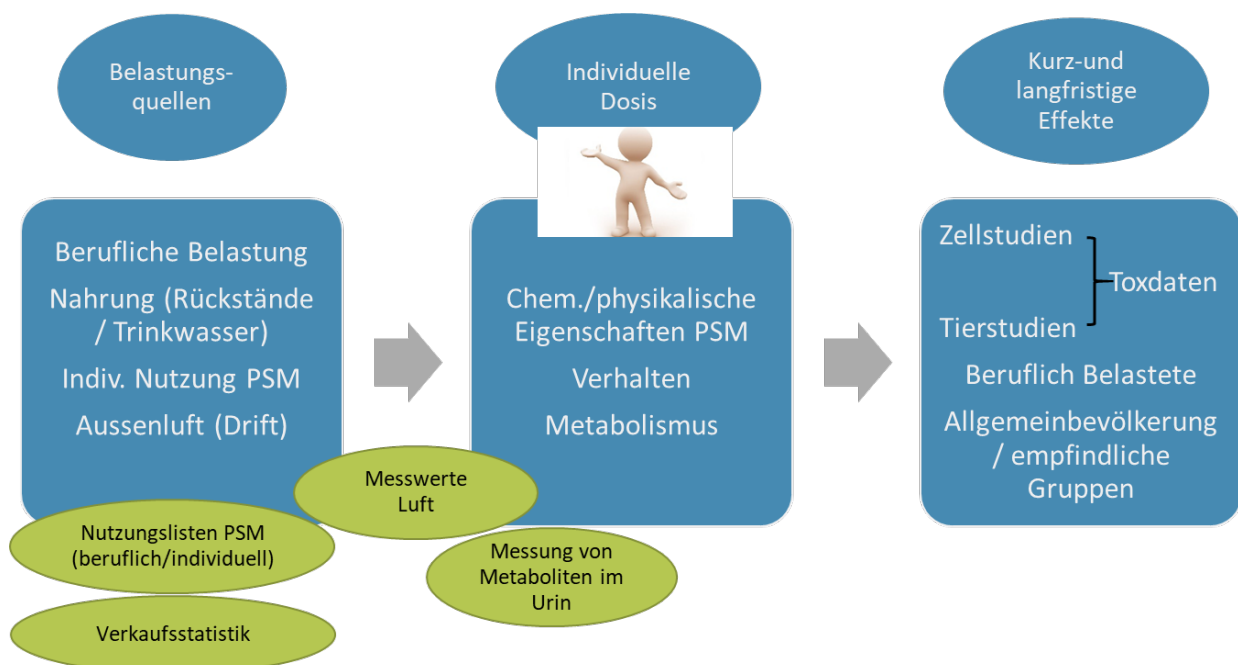


Abbildung 1: Veranschaulichung von verschiedenen Faktoren, welche von der Belastung bis zur Wirkung und deren Erforschung relevant sind.

Es ist jedoch wichtig zu verstehen, dass die Belastung mit Pestiziden aus verschiedenen Quellen kommen kann (Abbildung 1, linke Spalte) und wir hier lediglich versucht haben, die Relevanz der Belastung aus der Luft zu beurteilen. Inwiefern die partikuläre Belastung, die über die Haut resorbiert werden könnte oder bei persistenten Stoffen zu einer wiederholten Belastung durch Wiederaufwirbelung vom Boden führen könnte, oder die im Regenwasser gemessenen Werte einen Einfluss auf die Trinkwasserqualität haben, kann in diesem Bericht nicht beurteilt werden. Insgesamt kommt jedoch eine Übersichtsarbeit zum Schluss, dass Personen, welche in der Nähe zur Landwirtschaft wohnen, generell höher belastet sind [92]. Bei der PSM-Zulassung in der Schweiz wird eine Belastung von Anwohnern von bis zu 2-3 m bei Feldkulturen und 5 m bei Raumkulturen berücksichtigt. Die hohen, aber vermutlich einmaligen Konzentrationen, welche an einzelnen Standorten wahrscheinlich wegen der Drift gemessen wurden, könnten für Anwohner in unmittelbarer Nähe zu Kulturen in der Schweiz relevant sein.

Für die individuelle Belastung bzw. interne Dosis (Spalte 2) sind neben den chemischen Eigenschaften des PSM besonders das Verhalten und individuelle metabolische Eigenschaften, die unter anderem vom Alter abhängen wichtig. So resultieren beispielsweise je nach Körpergewicht und Atemvolumen unterschiedliche tolerierbare Luftbelastungswerte, welche auf Basis von ADI oder AOEL berechnet werden (Tabelle 2).

Schliesslich setzen sich die Erkenntnisse zu gesundheitlichen Wirkungen aus verschiedenen Disziplinen und Forschungsansätzen zu einem Gesamtbild zusammen (letzte Spalte und grüne Kreise). Im Falle der PSM und deren Beurteilung wird stark auf toxikologische Studien zurückgegriffen, da die Datenlage aus arbeitsmedizinischen und epidemiologischen Studien generell dünn ist. Hinzu kommt die Schwierigkeit, die PSM-Belastung zu messen, sei es aus der Luft, im Wasser oder als Restmenge auf Lebensmitteln, welche über typische Ernährungsgewohnheiten zu Gesamtbelastung aufgerechnet werden muss [vgl. 93]. Individuelle Messungen im Blut, Urin oder Haar weisen auf eine Gesamtbelastung der Person hin, die in unserem Fall die Belastung aus der Luft vermutlich weniger abbildet.

Die epidemiologische Forschung zu Wirkungen der hier untersuchten PSM steckt insgesamt noch in den Kinderschuhen und zentrale Fragen wie Langzeiteffekte, Summierung verschiedener Belastungspfade und Cocktaileffekte werden erst noch erforscht (siehe Ausblick und HBM4EU Forschungsfragen zu Pestiziden im Anhang A.10). Der mit der Suchstrategie verfolgte Ansatz, einzelne PSM zu beurteilen, brachte nur wenig Studien hervor. Inwiefern jedoch eine Studie zu Effekten von Substanzklassen übertragbar auf die einzelne Substanz ist, kann nicht beantwortet werden. Tatsache ist, dass Personen oft einer Vielzahl von PSM gleichzeitig ausgesetzt sind und eine Abgrenzung einzelner PSM als fast unmöglich erachtet werden kann. Die Untersuchung von Stoffgruppen oder PSM-Gemischen im Allgemeinen weist jedoch auf teilweise nicht zu vernachlässigende Risiken durch PSM hin, die in unserem Fall jedoch eher nicht aus der Luft zu kommen scheinen.

## 4.4 Ausblick

Das Swiss TPH hat die Schweiz in das europäische HBM4EU Projekt eingebracht. Mit Basel-Stadt konnten so Humanbiomonitoring-Resultate für die Pestizidbelastung bei Erwachsenen in einem städtischen Umfeld erhoben werden. Die Urinanalysen sind noch in Auswertung. Vor dem Hintergrund der wissenschaftlichen Erfahrung im Bereich der Pestizidforschung in Europa und international konnte sich das Swiss TPH zudem in ein Sinergia Projekt des Schweizerischen Nationalfonds einbringen. Dort führt Swiss TPH in Zusammenarbeit mit eawag, FIBL, ETH Zürich und Universität Bern das Projekt «Transformation in Pesticide Governance» (TRAPEGO; 2021-2024) durch [94]. Innerhalb von TRAPEGO wird eine Studie zu Pestizidexposition in Schweizer Bauernfamilien durchgeführt. Dabei werden Familien von 50 konventionellen Betrieben, 50 Bio-Betrieben und 50 weitere Haushalte untersucht, die in unmittelbarer Nähe zu Bauernbetrieben liegen. Die Exposition zu verschiedenen, aktuell in der Landwirtschaft eingesetzten Pestiziden wird mittels «Silicon Wristbands» (passive Sampling-methode) und Urin Proben (Pestizid Biomarker) abgeschätzt. Die Proben werden über zwei Zeitfenster erhoben (jeweils während einem Monat in der Pestizidausbringungsphase/keiner Pestizidausbringungsphase).

Die epidemiologische Gesundheitsforschung entwickelt sich hin zur Exposome-Forschung. Das heisst, dass die Gesundheitswirkung einzelner Umweltrisiken im Gesamtkontext und im Kontext von anderen Risiken untersucht werden. Das Swiss TPH ist aktiver Partner in mehreren Exposom-Forschungsprojekten, wie zur Zeit im Horizon 2020 Projekt Expanse, das den gesamten Food sowie den physikalisch-chemischen, gebauten und sozialen Umweltkontext auf die Gesundheit untersucht. Damit die Schweiz in der Umwelt-Forschung kompetitiv bleibt, braucht es grosse Langzeitstudien wie sie die Länder um die Schweiz aufbauen oder aufgebaut haben. Diese Kohorten mit integrierten Biobanken können den ganzen Weg von Expositionspfaden über

pathophysiologische Pfade bis hin zu kurz- und langfristigen Gesundheitseffekten abbilden. Sie sind der Goldstandard für die Untersuchung von Chemikalieneffekten auf die menschliche Gesundheit, denn randomisierte Studien kommen dafür nicht in Frage. Der Grundstein für den Aufbau einer Schweizer Gesundheitsstudie wurde gelegt und die Machbarkeit von SAPALDIA bereits belegt. Dieser Bericht zeigt die Bedeutung von integrierten Forschungsansätzen gerade auch am Beispiel der Pestizide auf. Im Bereich der Luftverschmutzungsforschung wurden das Umweltmonitoring und die Gesundheitsstudie SAPALDIA eng aufeinander abgestimmt für den grösstmöglichen Nutzen für die Luftreinhaltung. Ein analoges Vorgehen wird es auch bei der Schweizer Gesundheitsstudie brauchen.

## 5. SCHLUSSFOLGERUNG

Die in diesem Projekt gemessenen Konzentrationen von PSM in der Aussenluft können anhand der Vergleichsgrössen als eher unproblematisch eingestuft werden. Belastung mit bestimmten PSM wie Diuron, Terbutylazin, Cyprodinil und Metolachlor aus anderen Quellen müssen kritisch betrachtet werden. Die Forschung zu einzelnen PSM, Substanzklassen und Chemikaliengemischen wird in Zukunft voraussichtlich mehr Erkenntnisse bringen. Die Schweiz braucht eine grosse Langzeitinfrastuktur mit Biobank um in der internationalen Gesundheitsforschung und Humanbiomonitoringforschung kompetitiv zu bleiben, um dieses Wissen in die Gesundheits- und Umweltpolitik einbringen zu können.

## 6. REFERENZEN

1. EFSA (European Food Safety Authority), *The 2018 European Union report on pesticide residues in food*. EFSA Journal, 2020. **18**(4).
2. Winter, F., et al., *Messungen von Pflanzenschutzmitteln in Luft und Regen in den Kantonen BL, JU, TG und VS*. 2021, Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt & Carbotech AG: Basel.
3. HBM4EU. *HBM4EU Priority Substances - Pesticides*. 2021 [cited 2021 18.3.]; Available from: <https://www.hbm4eu.eu/the-substances/pesticides/>.
4. ANSES, *Premières interprétations des résultats de la Campagne Nationale Exploratoire des Pesticides (CNEP) dans l'air ambiant*. 2020, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES): Maisons-Alfort cedex. p. 146.
5. Greim, H., *Das Toxikologiebuch: Grundlagen, Verfahren, Bewertung*. 2017.
6. Zarn, J.A. and H.C. Geiser, *The Current Dietary Risk Assessment of Chemicals in Food Underestimates the Actual Risk*. *Chimia (Aarau)*, 2019. **73**(10): p. 832-834.
7. Zarn, J.A. and C.D. O'Brien, *Current pesticide dietary risk assessment in light of comparable animal study NOAELs after chronic and short-termed exposure durations*. *Arch Toxicol*, 2018. **92**(1): p. 157-167.
8. Coscolla, C., et al., *Human exposure and risk assessment to airborne pesticides in a rural French community*. *Science of the Total Environment*, 2017. **584**: p. 856-868.
9. Umweltbundesamt, *Unterschied zwischen Außenluft- und Arbeitsplatzgrenzwert für NO<sub>2</sub>*. 2017.
10. SUVA, *SUVA Berufskrankheiten und deren Verhütung: Grenzwerte, Aktuelle MAK- und BAT-Werte*. 2021.
11. Schweizerischer Bundesrat, *Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV) (LRV; SR 814.318.142.1)*. in *SR 814.318.142.1*, S. Bundesrat, Editor. 1985: Bern.
12. Umweltbundesamt, *[Guide values for indoor air: update of the German risk assessment procedure (basic scheme)]*. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 2012. **55**(2): p. 279-90.
13. BLV, *Überwachung von Pestizidrückständen in Lebensmitteln (Probenahmeprogramm des BLV)*. 2020, Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen BLV; : Bern. p. 14.
14. EFSA (European Food Safety Authority), *Draft Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment for plant protection products*. 2021.
15. EFSA (European Food Safety Authority), *Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment for plant protection products*. EFSA Journal, 2014. **12**(10).
16. EFSA (European Food Safety Authority), *Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance cyprodinil*. EFSA Journal, 2006. **4**(1): p. RN-51.
17. EFSA (European Food Safety Authority), *Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Diuron*. EFSA Journal, 2005. **3**(1): p. 58.
18. EFSA (European Food Safety Authority), *Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fludioxonil*. EFSA Journal, 2007. **5**(8): p. 110.
19. EFSA (European Food Safety Authority), *Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fenpropidin*. EFSA Journal, 2008. **6**(1): p. 124.
20. EFSA (European Food Safety Authority), *Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance pyrimethanil*. EFSA Journal, 2006. **4**(2): p. 61.
21. EFSA (European Food Safety Authority), *Review report for the active substance S-Metolachlor*. 2004.
22. EFSA (European Food Safety Authority), *Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fenhexamid*. EFSA Journal, 2014. **12**(7).

23. EFSA (European Food Safety Authority), *Review of the existing maximum residue levels (MRLs) for S-metolachlor according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005*. EFSA Journal, 2012. **10**(2): p. 42.
24. EFSA (European Food Safety Authority), *Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance metalaxyl-M*. EFSA Journal, 2015. **13**(3).
25. EFSA (European Food Safety Authority), *Combined review of the existing maximum residue levels (MRLs) for the active substances metalaxyl and metalaxyl-M*. EFSA Journal, 2015. **13**(4).
26. EFSA (European Food Safety Authority), *Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance acetochlor*. EFSA Journal, 2011. **9**(5).
27. EFSA (European Food Safety Authority), *Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance terbutylazine*. EFSA Journal, 2011. **9**(1).
28. Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D. and Green, A., *An international database for pesticide risk assessments and management*. 2016, gesamtnamen: Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal,. p. 1050-1064.
29. World Health Organization (WHO), *WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification*. 2020, WHO: Geneva.
30. IFA (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung), *GESTIS-Stoffdatenbank*. 2021.
31. UNEP and WHO, *State of the science of endocrine disrupting chemicals 2012*, B. Åke, et al., Editors. 2013: Geneva.
32. IEH, *Chemicals Purported to be Endocrine Disruptors: A Compilation of Published Lists*. 2005, MRC Institute for Environment and Health: Leicester, UK.
33. Greenpeace, *Die Schwarze Liste der Pestizide II*. 2010, Greenpeace e.V.: Hamburg.
34. PAN (Pesticide Action Network International), *PAN International List of Highly Hazardous Pesticides*. 2019, Pesticide Action Network International,.
35. Schweizerischer Bundesrat, *Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG) vom 7. Oktober 1983 (Stand am 1. Januar 2021)*, in SR 814.01, S. Bundesrat, Editor. 1983: Bern.
36. Verschiedene Autoren. *Metalaxyl*. 2021 12. Januar 2021; 207565759:[Available from: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Metalaxyl&oldid=207565759>].
37. Sudakin, D.L. and W.R. Trevathan, *DEET: A review and update of safety and risk in the general population*. Journal of Toxicology-Clinical Toxicology, 2003. **41**(6): p. 831-839.
38. Legeay, S., et al., *Unusual modes of action of the repellent DEET in insects highlight some human side effects*. European Journal of Pharmacology, 2018. **825**: p. 92-98.
39. US EPA. *Pesticide Chemical Search*. 2021 22.3.2021 [cited 2021 22.3.]; Available from: <https://iaspub.epa.gov/apex/pesticides/f?p=chemicalsearch:1>.
40. PubChem, *Zulassung PSM*.
41. PubChem Database, *Pyrimethanil*. n.a., National Library of Medicine: PubChem.
42. US EPA, *Pesticide Tolerances: Pyrimethanil*. 2015, US EPA,.
43. Van Maele-Fabry, G., P. Hoet, and D. Lison, *Parental occupational exposure to pesticides as risk factor for brain tumors in children and young adults: a systematic review and meta-analysis*. Environ Int, 2013. **56**: p. 19-31.
44. Vinson, F., et al., *Exposure to pesticides and risk of childhood cancer: a meta-analysis of recent epidemiological studies*. Occup Environ Med, 2011. **68**(9): p. 694-702.
45. Campos, E. and C. Freire, *Exposure to non-persistent pesticides and thyroid function: A systematic review of epidemiological evidence*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2016. **219**(6): p. 481-497.
46. Turner, M.C., D.T. Wigle, and D. Krewski, *Residential pesticides and childhood leukemia: a systematic review and meta-analysis*. Environ Health Perspect, 2010. **118**(1): p. 33-41.
47. Ongono, J.S., et al., *Pesticides used in Europe and autism spectrum disorder risk: can novel exposure hypotheses be formulated beyond organophosphates, organochlorines, pyrethroids and carbamates? - A systematic review*. Environ Res, 2020. **187**: p. 109646.
48. Weichenthal, S., C. Moase, and P. Chan, *A Review of Pesticide Exposure and Cancer Incidence in the Agricultural Health Study Cohort*. Environmental Health Perspectives, 2010. **118**(8): p. 1117-1125.
49. Alavanja, M.C.R., et al., *Pesticides and lung cancer risk in the agricultural health study cohort*. American Journal of Epidemiology, 2004. **160**(9): p. 876-885.

50. Silver, S.R., et al., *Cancer incidence and metolachlor use in the Agricultural Health Study: An update*. International Journal of Cancer, 2015. **137**(11): p. 2630-2643.
51. van Wijngaarden, E., et al., *Parental occupational exposure to pesticides and childhood brain cancer*. Am J Epidemiol, 2003. **157**(11): p. 989-97.
52. Patel, D.M., et al., *Parental occupational exposure to pesticides, animals and organic dust and risk of childhood leukemia and central nervous system tumors: Findings from the International Childhood Cancer Cohort Consortium (I4C)*. Int J Cancer, 2020. **146**(4): p. 943-952.
53. Monge, P., et al., *Parental occupational exposure to pesticides and the risk of childhood leukemia in Costa Rica*. Scandinavian Journal of Work Environment & Health, 2007. **33**(4): p. 293-303.
54. Chetty-Mhlana, S., et al., *Association of activities related to pesticide exposure on headache severity and neurodevelopment of school-children in the rural agricultural farmlands of the Western Cape of South Africa*. Environ Int, 2021. **146**: p. 106237.
55. Matsuki, T., et al., *Association between Prenatal Exposure to Household Pesticides and Neonatal Weight and Length Growth in the Japan Environment and Children's Study*. Int J Environ Res Public Health, 2020. **17**(12).
56. Wohlfahrt-Veje, C., et al., *Lower birth weight and increased body fat at school age in children prenatally exposed to modern pesticides: a prospective study*. Environmental Health, 2011. **10**.
57. Barr, D.B., et al., *Pesticide concentrations in maternal and umbilical cord sera and their relation to birth outcomes in a population of pregnant women and newborns in New Jersey*. Science of the Total Environment, 2010. **408**(4): p. 790-795.
58. Munger, R., et al., *Intrauterine growth retardation in Iowa communities with herbicide-contaminated drinking water supplies*. Environmental Health Perspectives, 1997. **105**(3): p. 308-314.
59. Wickerham, E.L., et al., *Reduced birth weight in relation to pesticide mixtures detected in cord blood of full-term infants*. Environment International, 2012. **47**: p. 80-85.
60. Chevrier, C., et al., *Urinary Biomarkers of Prenatal Atrazine Exposure and Adverse Birth Outcomes in the PELAGIE Birth Cohort*. Environmental Health Perspectives, 2011. **119**(7): p. 1034-1041.
61. Rappazzo, K.M., et al., *Maternal residential exposure to specific agricultural pesticide active ingredients and birth defects in a 2003-2005 North Carolina birth cohort*. Birth Defects Research, 2019. **111**(6): p. 312-323.
62. Beranger, R., et al., *Multiple pesticides in mothers' hair samples and children's measurements at birth: Results from the French national birth cohort (ELFE)*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2020. **223**(1): p. 22-33.
63. Briassoulis, G., M. Narlioglou, and T. Hatzis, *Toxic encephalopathy associated with use of DEET insect repellents: a case analysis of its toxicity in children*. Human & Experimental Toxicology, 2001. **20**(1): p. 8-14.
64. Swan, S.H., et al., *Semen quality in relation to biomarkers of pesticide exposure*. Environmental Health Perspectives, 2003. **111**(12): p. 1478-1484.
65. Dugas, J., et al., *Use of biocides and insect repellents and risk of hypospadias*. Occupational and Environmental Medicine, 2010. **67**(3): p. 196-200.
66. Rusiecki, J.A., et al., *Cancer incidence among pesticide applicators exposed to metolachlor in the Agricultural Health Study*. International Journal of Cancer, 2006. **118**(12): p. 3118-3123.
67. Lerro, C.C., et al., *Alachlor Use and Cancer Incidence in the Agricultural Health Study: An Updated Analysis*. Jnci-Journal of the National Cancer Institute, 2018. **110**(9): p. 950-958.
68. Andreotti, G., et al., *Body mass index, agricultural pesticide use, and cancer incidence in the Agricultural Health Study cohort*. Cancer Causes & Control, 2010. **21**(11): p. 1759-1775.
69. Leon, M.E., et al., *Pesticide use and risk of non-Hodgkin lymphoid malignancies in agricultural cohorts from France, Norway and the USA: a pooled analysis from the AGRICOH consortium*. Int J Epidemiol, 2019. **48**(5): p. 1519-1535.
70. Pardo, L.A., et al., *Pesticide exposure and risk of aggressive prostate cancer among private pesticide applicators*. Environ Health, 2020. **19**(1): p. 30.

71. Dhananjayan, V., et al., *Assessment of genotoxicity and cholinesterase activity among women workers occupationally exposed to pesticides in tea garden*. *Mutat Res*, 2019. **841**: p. 1-7.
72. Vlastos, D., G. Demisia, and D. Matthopoulos, *Evaluation of genetic damage in tobacco-growing farmers occupationally exposed to a mixture of metalaxyl and imidacloprid*. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 2004. **84**(1-3): p. 183-191.
73. Shrestha, S., et al., *Pesticide use and incident hyperthyroidism in farmers in the Agricultural Health Study*. *Occupational and Environmental Medicine*, 2019. **76**(5): p. 332-335.
74. Shrestha, S., et al., *Incident thyroid disease in female spouses of private pesticide applicators*. *Environment International*, 2018. **118**: p. 282-292.
75. Manfo, F.P.T., et al., *Effect of agropesticides use on male reproductive function: A study on farmers in Djutitsa (Cameroon)*. *Environmental Toxicology*, 2012. **27**(7): p. 423-432.
76. Kongtip, P., et al., *A Cross-Sectional Investigation of Cardiovascular and Metabolic Biomarkers among Conventional and Organic Farmers in Thailand*. *Int J Environ Res Public Health*, 2018. **15**(11).
77. Starling, A.P., et al., *Pesticide use and incident diabetes among wives of farmers in the Agricultural Health Study*. *Occup Environ Med*, 2014. **71**(9): p. 629-35.
78. Dayton, S.B., et al., *Pesticide Use and Myocardial Infarction Incidence Among Farm Women in the Agricultural Health Study*. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2010. **52**(7): p. 693-697.
79. Lebov, J.F., et al., *Pesticide use and risk of end-stage renal disease among licensed pesticide applicators in the Agricultural Health Study*. *Occupational and Environmental Medicine*, 2016. **73**(1): p. 3-12.
80. Stallones, L. and C. Beseler, *Pesticide poisoning and depressive symptoms among farm residents*. *Ann Epidemiol*, 2002. **12**(6): p. 389-94.
81. Beseler, C.L., et al., *Depression and pesticide exposures among private pesticide applicators enrolled in the Agricultural Health Study*. *Environ Health Perspect*, 2008. **116**(12): p. 1713-9.
82. Beard, J.D., et al., *Pesticide exposure and depression among male private pesticide applicators in the agricultural health study*. *Environ Health Perspect*, 2014. **122**(9): p. 984-91.
83. Meyer, A., et al., *Mood disorders hospitalizations, suicide attempts, and suicide mortality among agricultural workers and residents in an area with intensive use of pesticides in Brazil*. *J Toxicol Environ Health A*, 2010. **73**(13-14): p. 866-77.
84. Jung, M., et al., *Association Between Chronic Exposure to Pesticide and Suicide*. *J Occup Environ Med*, 2019. **61**(4): p. 314-317.
85. Park, A.S., et al., *Prenatal pesticide exposure and childhood leukemia - A California statewide case-control study*. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2020. **226**.
86. Hardell, L., et al., *Case-control study on risk factors for testicular cancer*. *International Journal of Oncology*, 1998. **13**(6): p. 1299-1303.
87. Shrestha, S., et al., *High Pesticide Exposure Events and Olfactory Impairment among US Farmers*. *Environmental Health Perspectives*, 2019. **127**(1).
88. Kongtip, P., et al., *Thyroid Hormones in Conventional and Organic Farmers in Thailand*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019. **16**(15).
89. Slager, R.E., et al., *Rhinitis Associated with Pesticide Use Among Private Pesticide Applicators in the Agricultural Health Study*. *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part a-Current Issues*, 2010. **73**(20): p. 1382-1393.
90. Kaur, G., N. Dogra, and S. Singh, *Health Risk Assessment of Occupationally Pesticide-Exposed Population of Cancer Prone Area of Punjab*. *Toxicological Sciences*, 2018. **165**(1): p. 157-169.
91. Roth, N.W., MF., *Kombinationswirkungen von Pestizidrückständen in Lebensmitteln. Zusammenfassung. Bericht für Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV)*. 2018, Schweizerisches Zentrum für Angewandte Humantoxikologie (SCAHT),: Basel. p. 53.
92. Dereumeaux, C., et al., *Pesticide exposures for residents living close to agricultural lands: A review*. *Environ Int*, 2020. **134**: p. 105210.

93. Ohlander, J., et al., *Systematic review of methods used to assess exposure to pesticides in occupational epidemiology studies, 1993-2017*. Occupational and Environmental Medicine, 2020. **77**(6): p. 357-367.
94. Ingold, K. *TRAPEGO - Transformation in Pesticide Governance*. 2021 [cited 2021 14.4.]; Available from: [https://www.ipw.unibe.ch/ueber\\_uns/personen/forschungsprojekte\\_ingold/forschungsprojekte\\_ingold/9/landnutzung\\_und\\_biodiversitaet/index\\_ger.html](https://www.ipw.unibe.ch/ueber_uns/personen/forschungsprojekte_ingold/forschungsprojekte_ingold/9/landnutzung_und_biodiversitaet/index_ger.html).
95. EKL, *Feinstaub in der Schweiz 2013*. 2013: Bern. p. 63.

# Anhang

## A.1 Messergebnisse der 26 in der Luft nachgewiesenen PSM

| Messergebnisse Luftproben 4 Wochen in ng/m3 (Aufnahmerate von 4 m3/Tag) |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| < bedeutet nicht gemessen, da unterhalb der Nachweisgrenze              |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| > bedeutet oberhalb der Kalibrationskurve, Wert extrapoliert            |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| 2,4-D                                                                   | 24.03.<br>-21.04. | 21.04.<br>-19.05. | 19.05.<br>-16.06. | 16.06.<br>-14.07. | 14.07.<br>-11.08. | 11.08.<br>-08.09. |
| BLNA                                                                    | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            |
| BLAE                                                                    | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            |
| BLBR                                                                    | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            |
| JUGP                                                                    | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            |
| VSCM                                                                    | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            |
| VSNA                                                                    | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            |
| TGHB                                                                    | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            |
| TGWW                                                                    | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            | <0.045            |
| TGGÜ                                                                    | <0.045            | 0.071             | 0.054             | <0.045            | <0.045            | 0.071             |
| Cyprodinil                                                              | 24.03.<br>-21.04. | 21.04.<br>-19.05. | 19.05.<br>-16.06. | 16.06.<br>-14.07. | 14.07.<br>-11.08. | 11.08.<br>-08.09. |
| BLNA                                                                    | <0.09             | <0.09             | <0.09             | <0.09             | n.                | <0.09             |
| BLAE                                                                    | <0.09             | <0.09             | <0.09             | 0.89              | 1.88              | 4.91              |
| BLBR                                                                    | <0.09             | <0.09             | <0.09             | <0.09             | <0.09             | <0.09             |
| JUGP                                                                    | <0.09             | <0.09             | <0.09             | <0.09             | <0.09             | <0.09             |
| VSCM                                                                    | n.                | <10               | <0.09             | 23                | n.                | <0.09             |
| VSNA                                                                    | 1.25              | 0.19              | <0.09             | <0.09             | n.                | <0.09             |
| TGHB                                                                    | <0.09             | n.                | <0.09             | > 9 (20.5)        | 1.52              | 0.29              |
| TGWW                                                                    | <0.09             | n.                | <0.09             | <0.09             | n.                | <0.09             |
| TGGÜ                                                                    | 4.38              | >9 (27)*          | 1.96              | 2.05              | n.                | 0.48              |
| DEET                                                                    | 24.03.<br>-21.04. | 21.04.<br>-19.05. | 19.05.<br>-16.06. | 16.06.<br>-14.07. | 14.07.<br>-11.08. | 11.08.<br>-08.09. |
| BLNA                                                                    | 0.152             | 0.232             | 0.295             | 0.563             | 1.250             | 1.339             |
| BLAE                                                                    | 0.250             | 0.286             | <0.09             | 0.107             | 0.982             | 0.232             |
| BLBR                                                                    | <0.09             | <0.09             | 0.098             | 0.286             | 0.804             | 0.580             |
| JUGP                                                                    | <0.09             | <0.09             | <0.09             | <0.09             | 0.161             | 0.134             |
| VSCM                                                                    | <0.09             | 0.134             | 0.188             | 0.286             | 0.464             | 0.330             |
| VSNA                                                                    | <0.09             | 0.179             | 0.116             | 0.196             | 0.250             | 0.196             |
| TGHB                                                                    | <0.09             | <0.09             | 0.116             | 0.170             | 3.661             | 0.214             |
| TGWW                                                                    | <0.09             | <0.09             | 0.107             | 0.107             | 0.232             | 0.170             |
| TGGÜ                                                                    | <0.09             | <0.09             | <0.09             | 0.134             | 1.071             | 0.393             |
|                                                                         |                   |                   |                   | Wert bestätigt    |                   |                   |

| Fenhexamid                                                               | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                                                          | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA                                                                     | <0.9    | <0.9    | n.      | >0.9    | <0.9    | <0.9    |
| BLAE                                                                     | <0.9    | <0.9    | <0.9    | 2.37    | <0.9    | <0.9    |
| BLBR                                                                     | <0.9    | <0.9    | <0.9    | <0.9    | <0.9    | <0.9    |
| JUGP                                                                     | n.      | <0.9    | <0.9    | <0.9    | <0.9    | <0.9    |
| VSCM                                                                     | n.      | <0.9    | n.      | <0.9    | <0.9    | <0.9    |
| VSNA                                                                     | <0.9    | <0.9    | n.      | <0.9    | <0.9    | <0.9    |
| TGHB                                                                     | n.      | <0.9    | <0.9    | <0.9    | <0.9    | <0.9    |
| TGWW                                                                     | n.      | <0.9    | n.      | <0.9    | <0.9    | <0.9    |
| TGGÜ                                                                     | n.      | 2.59    | <0.9    | <0.9    | <0.9    | <0.9    |
| korrigierter Wert gemäss Mail 10.3. ursprünglicher Wert war <100ng/Probe |         |         |         |         |         |         |
|                                                                          |         |         |         |         |         |         |
| Fenpropidin                                                              | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|                                                                          | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA                                                                     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| BLAE                                                                     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| BLBR                                                                     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| JUGP                                                                     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| VSCM                                                                     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | 2.14    | <0.22   | <0.22   |
| VSNA                                                                     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| TGHB                                                                     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | 0.24    | <0.22   | <0.22   |
| TGWW                                                                     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| TGGÜ                                                                     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
|                                                                          |         |         |         |         |         |         |
|                                                                          |         |         |         |         |         |         |
| Fenpropimorph                                                            | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|                                                                          | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA                                                                     | 0.330   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   |
| BLAE                                                                     | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   |
| BLBR                                                                     | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   |
| JUGP                                                                     | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   |
| VSCM                                                                     | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   |
| VSNA                                                                     | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   |
| TGHB                                                                     | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   |
| TGWW                                                                     | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   |
| TGGÜ                                                                     | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   | <0.31   |

| <b>Iprovalicarb</b> | <b>24.03.</b>  | <b>21.04.</b>  | <b>19.05.</b>  | <b>16.06.</b>  | <b>14.07.</b>  | <b>11.08.</b>  |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                     | <b>-21.04.</b> | <b>-19.05.</b> | <b>-16.06.</b> | <b>-14.07.</b> | <b>-11.08.</b> | <b>-08.09.</b> |
| BLNA                | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| BLAE                | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| BLBR                | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| JUGP                | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| VSCM                | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| VSNA                | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| TGHB                | <0.09          | <0.09          | 0.51           | 0.30           | 0.25           | 0.12           |
| TGWW                | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| TGGÜ                | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |

| <b>Mecoprop</b> | <b>24.03.</b>  | <b>21.04.</b>  | <b>19.05.</b>  | <b>16.06.</b>  | <b>14.07.</b>  | <b>11.08.</b>  |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                 | <b>-21.04.</b> | <b>-19.05.</b> | <b>-16.06.</b> | <b>-14.07.</b> | <b>-11.08.</b> | <b>-08.09.</b> |
| BLNA            | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         |
| BLAE            | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         |
| BLBR            | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         |
| JUGP            | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         |
| VSCM            | <0.045         | <0.045         | 0.11           | <0.045         | <0.045         | 0.04           |
| VSNA            | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         |
| TGHB            | 0.05           | 0.07           | 0.09           | <0.045         | <0.045         | <0.045         |
| TGWW            | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         |
| TGGÜ            | 0.10           | 0.24           | <0.045         | <0.045         | <0.045         | <0.045         |

| <b>Metalaxyl</b> | <b>24.03.</b>  | <b>21.04.</b>  | <b>19.05.</b>  | <b>16.06.</b>  | <b>14.07.</b>  | <b>11.08.</b>  |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                  | <b>-21.04.</b> | <b>-19.05.</b> | <b>-16.06.</b> | <b>-14.07.</b> | <b>-11.08.</b> | <b>-08.09.</b> |
| BLNA             | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| BLAE             | <0.09          | 0.29           | 1.79           | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| BLBR             | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| JUGP             | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| VSCM             | <0.09          | 0.79           | 1.70           | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| VSNA             | <0.09          | 0.16           | 0.38           | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| TGHB             | <0.09          | 6.52           | 7.50           | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| TGWW             | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |
| TGGÜ             | 0.86           | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          | <0.09          |

| Pyrimethanil | 24.03.  | 21.04.     | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|--------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|
|              | -21.04. | -19.05.    | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA         | < 0.09  | < 0.09     | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  |
| BLAE         | < 0.09  | < 0.09     | < 0.09  | 0.77    | 7.50    | < 0.09  |
| BLBR         | < 0.09  | < 0.09     | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  |
| JUGP         | < 0.09  | < 0.09     | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  |
| VSCM         | 0.13    | < 0.09     | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  |
| VSNA         | 0.18    | < 0.09     | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  |
| TGHB         | < 0.09  | 0.21       | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  |
| TGWW         | < 0.09  | < 0.09     | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  | < 0.09  |
| TGGÜ         | 0.26    | >9 (28.5)* | 0.72    | 0.46    | < 0.09  | < 0.09  |
|              |         |            |         |         |         |         |
|              |         |            |         |         |         |         |
| Spiroxamin   | 24.03.  | 21.04.     | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|              | -21.04. | -19.05.    | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA         | <0.09   | <0.09      | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| BLAE         | <0.09   | <0.09      | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| BLBR         | <0.09   | <0.09      | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| JUGP         | <0.09   | <0.09      | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| VSCM         | <0.09   | <0.09      | <0.09   | <0.09   | 0.25    | <0.09   |
| VSNA         | <0.09   | <0.09      | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGHB         | <0.09   | 0.54       | 0.89    | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGWW         | <0.09   | <0.09      | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGGÜ         | <0.09   | <0.09      | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
|              |         |            |         |         |         |         |
| Dimethachlor | 24.03.  | 21.04.     | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|              | -21.04. | -19.05.    | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA         | <0.045  | <0.045     | <0.045  | <0.045  | <0.045  | 0.000   |
| BLAE         | <0.045  | <0.045     | <0.045  | <0.045  | <0.045  | <0.045  |
| BLBR         | <0.045  | <0.045     | <0.045  | <0.045  | <0.045  | <0.045  |
| JUGP         | <0.045  | <0.045     | <0.045  | <0.045  | <0.045  | 0.000   |
| VSCM         | <0.045  | <0.045     | <0.045  | <0.045  | <0.045  | <0.045  |
| VSNA         | <0.045  | <0.045     | <0.045  | <0.045  | <0.045  | <0.045  |
| TGHB         | <0.045  | <0.045     | <0.045  | <0.045  | <0.045  | <0.045  |
| TGWW         | <0.045  | <0.045     | <0.045  | <0.045  | <0.045  | <0.045  |
| TGGÜ         | <0.045  | <0.045     | <0.045  | <0.045  | <0.045  | <0.045  |

| Dinoterb | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|          | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA     | 0.21    | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| BLAE     | 0.23    | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| BLBR     | 0.21    | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| JUGP     | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| VSCM     | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| VSNA     | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| TGHB     | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| TGWW     | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| TGGÜ     | 0.21    | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |

| Diuron | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|        | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA   | <0.09   | <0.09   | n.      | <0.09   | n.      | <0.09   |
| BLAE   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| BLBR   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| JUGP   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| VSCM   | 2.500   | 0.116   | <0.09   | n.      | n.      | <0.09   |
| VSNA   | 0.875   | 0.134   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGHB   | <0.09   | n.      | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGWW   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGGÜ   | <0.09   | n.      | n.      | <0.09   | n.      | <0.09   |

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

| Fludioxonil | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|             | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA        | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| BLAE        | <0.18   | <0.18   | <0.18   | 0.20    | 0.87    | <0.18   |
| BLBR        | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| JUGP        | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| VSCM        | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| VSNA        | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| TGHB        | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | 0.40    |
| TGWW        | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| TGGÜ        | <0.18   | 2.05    | 0.65    | <0.18   | <0.18   | 0.40    |

| Flufenacet | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| BLAE       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| BLBR       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| JUGP       | <0.09   | <0.09   | 0.152   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| VSCM       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| VSNA       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGHB       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGWW       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGGÜ       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |

| Icaridin | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|          | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA     | <0.27   | <0.27   | <0.27   | 0.429   | 0.473   | 0.366   |
| BLAE     | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   |
| BLBR     | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   |
| JUGP     | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   |
| VSCM     | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   |
| VSNA     | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   |
| TGHB     | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   |
| TGWW     | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   |
| TGGÜ     | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   | <0.27   |

| Metolachlor | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|             | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA        | 0.19    | 1.25    | 0.44    | <0.18   | <0.18   | 0.28    |
| BLAE        | <0.18   | 0.89    | 0.25    | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| BLBR        | 0.21    | 0.75    | 0.30    | <0.18   | <0.18   | 0.27    |
| JUGP        | <0.18   | 0.29    | 0.21    | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| VSCM        | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| VSNA        | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| TGHB        | <0.18   | <0.18   | 0.27    | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| TGWW        | <0.18   | <0.18   | 0.25    | <0.18   | <0.18   | <0.18   |
| TGGÜ        | <0.18   | 0.30    | 0.48    | 0.58    | <0.18   | <0.18   |

| Penconazol | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA       | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   |
| BLAE       | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   |
| BLBR       | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   |
| JUGP       | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   |
| VSCM       | <0.45   | 0.45    | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   |
| VSNA       | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   |
| TGHB       | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   |
| TGWW       | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   | <0.45   |
| TGGÜ       | <0.45   | <0.45   | <0.45   | 0.64    | <0.45   | <0.45   |

| Pirimicarb | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| BLAE       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| BLBR       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| JUGP       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| VSCM       | 0.29    | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| VSNA       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGHB       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGWW       | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   | <0.09   |
| TGGÜ       | <0.09   | 0.11    | 1.34    | 0.57    | 0.09    | 0.09    |

| Terbuthylazin                                          | 24.03.    | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|--------------------------------------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                                        | -21.04.   | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA                                                   | <0.22     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| BLAE                                                   | <0.22     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| BLBR                                                   | <0.22     | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| JUGP                                                   | <0.22     | <0.22   | 1.07    | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| VSCM                                                   | >9(21.4)* | 3.93    | 1.25    | 0.63    | n.      | <0.22   |
| VSNA                                                   | 4.02      | 1.07    | 0.59    | 0.48    | <0.22   | <0.22   |
| TGHB                                                   | <0.22     | <0.22   | 0.48    | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| TGWW                                                   | <0.22     | <0.22   | 0.33    | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| TGGÜ                                                   | <0.22     | <0.22   | 1.16    | 0.28    | <0.22   | <0.22   |
| korrigierter Wert gemäss Mail 25.2. (Ausgangswert 120) |           |         |         |         |         |         |

| Terbuthylazin-<br>desethyl | 24.03.  | 21.04.  | 19.05.  | 16.06.  | 14.07.  | 11.08.  |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                            | -21.04. | -19.05. | -16.06. | -14.07. | -11.08. | -08.09. |
| BLNA                       | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| BLAE                       | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| BLBR                       | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| JUGP                       | <0.22   | <0.22   | 0.25    | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| VSCM                       | 1.43    | 0.55    | 0.27    | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| VSNA                       | 0.26    | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| TGHB                       | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| TGWW                       | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   | <0.22   |
| TGGÜ                       | <0.22   | <0.22   | 0.31    | <0.22   | <0.22   | <0.22   |

## A.2 Vergleich Messwerte auf Basis weiterer toxikologischer Werte (AOEL, ADI, ARfD)

| Stoff                | Tagesspitzenwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Möglicher Tagesspitzenwert ohne Werte über Kalibrationskurve [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Höchster Tagesmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | AOEL mg/kg Körpergewicht/Tag | AOEL-Luftkonzentration Erwachsene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | AOEL-Luftkonzentration Kinder [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | AOEL-Luftkonzentration Neugeborene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Faktor AOEL-Neugeborenes: Tagesspitzenwert | Tolerierbare Tagesdosis (ADI) mg/kg Körpergewicht/Tag | Tolerierbare ADI-Luftkonzentration Erwachsene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Tolerierbare ADI-Luftkonzentration Kinder [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Tolerierbare ADI-Luftkonzentration Neugeborene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Faktor ADI-Neugeborenes: Tagesspitzenwert | ARfD mg/kg Körpergewicht | ARfD-Luftkonzentration Erwachsene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | ARfD-Luftkonzentration Kinder [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | ARfD-Luftkonzentration Neugeborene [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |
|----------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Diuron               | 0.07                                          |                                                                                           | 0.0025                                                | 0.007                        | 24.50                                                          | 10.50                                                      | 9.72                                                            | 138.89                                     | 0.003                                                 | 10.50                                                                      | 4.50                                                                   | 4.17                                                                        | 59.57                                     | 0.016                    | 56                                                             | 24                                                         | 22.22                                                           |
| S-Metolachlor        | 0.035                                         |                                                                                           | 0.00125                                               | 0.1                          | 350.00                                                         | 150.00                                                     | 138.89                                                          | 3968.25                                    | 0.1                                                   | 350.00                                                                     | 150.00                                                                 | 138.89                                                                      | 3968.29                                   | 0.5                      | 1750                                                           | 750                                                        | 694.44                                                          |
| Terbuthylazin        | 0.5992                                        | 0.11256                                                                                   | 0.0214                                                | 0.0032                       | 11.20                                                          | 4.80                                                       | 4.44                                                            | 7.42                                       | 0.004                                                 | 14.00                                                                      | 6.00                                                                   | 5.56                                                                        | 9.28                                      | 0.008                    | 28                                                             | 12                                                         | 11.11                                                           |
| Terbuthylazidesethyl | 0.04004                                       |                                                                                           | 0.00143                                               | 0.0032                       | 11.20                                                          | 4.80                                                       | 4.44                                                            | 111.00                                     | 0.004                                                 | 14.00                                                                      | 6.00                                                                   | 5.56                                                                        | 138.86                                    | 0.008                    | 28                                                             | 12                                                         | 11.11                                                           |
| Cyprodinil           | 0.756                                         | 0.13748                                                                                   | 0.027                                                 | 0.03                         | 105.00                                                         | 45.00                                                      | 41.67                                                           | 55.11                                      | 0.03                                                  | 105.00                                                                     | 45.00                                                                  | 41.67                                                                       | 55.12                                     | nb                       |                                                                |                                                            |                                                                 |
| Fenhexamid           | 0.07644                                       |                                                                                           | 0.00273                                               | 0.2                          | 700.00                                                         | 300.00                                                     | 277.78                                                          | 3633.93                                    | 0.2                                                   | 700.00                                                                     | 300.00                                                                 | 277.78                                                                      | 3633.96                                   | nb                       |                                                                |                                                            |                                                                 |
| Fenpropidin          | 0.05992                                       |                                                                                           | 0.00214                                               | 0.02                         | 70.00                                                          | 30.00                                                      | 27.78                                                           | 463.58                                     | 0.02                                                  | 70.00                                                                      | 30.00                                                                  | 27.78                                                                       | 463.62                                    | 0.02                     | 70                                                             | 30                                                         | 27.78                                                           |
| Fludioxonil          | 0.0574                                        |                                                                                           | 0.00205                                               | 0.59                         | 2065.00                                                        | 885.00                                                     | 819.44                                                          | 14276.04                                   | 0.37                                                  | 1295.00                                                                    | 555.00                                                                 | 513.89                                                                      | 8952.79                                   | nb                       |                                                                |                                                            |                                                                 |
| Metalaxyl-M          | 0.21                                          |                                                                                           | 0.0075                                                | 0.08                         | 280.00                                                         | 120.00                                                     | 111.11                                                          | 529.10                                     | 0.08                                                  | 280.00                                                                     | 120.00                                                                 | 111.11                                                                      | 529.10                                    | 0.5                      | 1750                                                           | 750                                                        | 694.44                                                          |
| Pyrimethanil         | 0.798                                         | 0.21                                                                                      | 0.0285                                                | 0.12                         | 420.00                                                         | 180.00                                                     | 166.67                                                          | 208.86                                     | 0.17                                                  | 595.00                                                                     | 255.00                                                                 | 236.11                                                                      | 295.88                                    | nb                       |                                                                |                                                            |                                                                 |
| DEET                 | 0.1036                                        |                                                                                           | 0.0037                                                | ni                           |                                                                |                                                            |                                                                 |                                            | ni                                                    |                                                                            |                                                                        |                                                                             |                                           | ni                       |                                                                |                                                            |                                                                 |

nb: nicht bestimmt wegen tiefer akuter Toxizität

### A.3 Verhältnis MAK-Werte von Luftschadstoffen zu Immissionsgrenzwerten

|                                           | Staub einatembare Feinstaub<br>PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | NO2 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | SO2 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Diesel bzw. Russ<br>[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | Kohlenmonoxid<br>[ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>SUVA MAK-Langzeitwert</b>              | 10'000                                                           | 3000                             | 1300                             | 100                                              | 35                                          |
| <b>LRV-Jahresmittelwert<br/>Grenzwert</b> | 20                                                               | 30                               | 30                               | 0.1 <sup>29</sup>                                | -                                           |
| <b>Faktor</b>                             | 500                                                              | 100                              | 43                               | 1000                                             | -                                           |
| <b>SUVA MAK-Kurzzeitwert</b>              | -                                                                | 6000                             | 1000                             | -                                                | 70                                          |
| <b>LRV-Tagesmittel</b>                    | 50                                                               | 80                               | 100                              | -                                                | 8                                           |
| <b>Faktor</b>                             | -                                                                | 75                               | 10                               | -                                                | 8.75                                        |

<sup>29</sup> Zielwert gemäss 95.

EKL, *Feinstaub in der Schweiz* 2013. 2013: Bern. p. 63.2013 .

#### A.4 Vergleich von MAK-Werten, ADI-Werten und Innenraumrichtwerten zur Herleitung eines möglichen Sicherheitsfaktors

| Stoff                    | Stoffgruppe  | SUVA MAK Spitzenbelastung [mg/m <sup>3</sup> ] | SUVA-Wert [ug/m <sup>3</sup> ] | Tolerierbare Tagesdosis (ADI) [mg/kg Körpergewicht/Tag] | Tolerierbare ADI-Luftkonzentration Erwachsene [µg/m <sup>3</sup> ] | Tolerierbare ADI-Luftkonzentration Kinder [µg/m <sup>3</sup> ] | Tolerierbare ADI-Luftkonzentration Neugeborene [µg/m <sup>3</sup> ] | Verhältnis MAK:Erwachsene- ADI | Verhältnis MAK:Kinder-ADI | Verhältnis MAK: Neugeborene-ADI | Innenraumrichtwerte (RW II) [ug/m <sup>3</sup> ] | Verhältnis ADI:RW II |
|--------------------------|--------------|------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------|
| <b>Diuron</b>            | Herbizid     | 10                                             | 10000                          | 0.003                                                   | 10.50                                                              | 4.50                                                           | 4                                                                   | 952                            | 2222                      | 2400                            | ni                                               |                      |
| <b>Quecksilber</b>       | Schwermetall | 0.05                                           | 50                             | 0.005                                                   | 17.50                                                              | 7.50                                                           | 7                                                                   | 3                              | 7                         | 7                               | 0.35                                             | 50                   |
| <b>Lindan</b>            | Insektizid   | 0.1                                            | 100                            | 0.001                                                   | 3.50                                                               | 1.50                                                           | 1                                                                   | 29                             | 67                        | 72                              | ni                                               |                      |
| <b>Chlordan</b>          | Insektizid   | 0.5                                            | 500                            | 0.0005                                                  | 1.75                                                               | 0.75                                                           | 1                                                                   | 286                            | 667                       | 720                             | ni                                               |                      |
| <b>Heptachlor</b>        | Insektizid   | 0.05                                           | 50                             | 0.0005                                                  | 1.75                                                               | 0.75                                                           | 1                                                                   | 29                             | 67                        | 72                              | ni                                               |                      |
| <b>Pentachlor-phenol</b> | Fungizid     | 0.05                                           | 50                             | 0.003                                                   | 10.50                                                              | 4.50                                                           | 4                                                                   | 5                              | 11                        | 12                              | 1                                                | 10.5                 |

## A.5 Suchstrategie und Ergebnisse der Web of Science-Suche

### A.5.1 Suchstrategie im Web of Science

|      |            |                                                                                                                                                                          |
|------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| # 31 | 173        | #19 AND #10<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>              |
| # 30 | 1,261      | #19 AND #11<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>              |
| # 29 | 175        | #19 AND #9<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>               |
| # 28 | 218        | #19 AND #7<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>               |
| # 27 | 26         | #19 AND #5<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>               |
| # 26 | 55         | #19 AND #3<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>               |
| # 25 | 691        | #19 AND #2<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>               |
| # 24 | 1,424      | #19 AND #1<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>               |
| # 23 | 1,469      | #19 AND #6<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>               |
| # 22 | 538        | #19 AND #12<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>              |
| # 21 | 538        | #19 AND #12<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>              |
| # 20 | 89         | #19 AND #8<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>               |
| # 19 | 15,239,621 | #18 OR #17<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>               |
| # 18 | 12,790,227 | #16 OR #15 OR #14 OR #13<br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i> |

|      |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| # 17 | 2,878,358 | <b>TOPIC: (cross-section*)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                                       |
| # 16 | 1,025,316 | <b>TOPIC: (cohort)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                                               |
| # 15 | 7,405,959 | <b>TOPIC: (health)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                                               |
| # 14 | 4,319,968 | <b>TOPIC: (cancer*)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                                              |
| # 13 | 2,801,972 | <b>TOPIC: (epidemiolog*)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                                         |
| # 12 | 1,476     | <b>TOPIC: (Terbuthylazin) OR TOPIC: (Terbuthylazine) OR TOPIC: (5915-41-3)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                       |
| # 11 | 3,145     | <b>TOPIC: (Diethyltoluamid) OR TOPIC: (DEET) OR TOPIC: (Diethyl-m-toluamide) OR TOPIC: (134-62-3)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                |
| # 10 | 1,187     | <b>TOPIC: (cyprodinil) OR TOPIC: (121552-61-2)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                   |
| # 9  | 1,320     | <b>TOPIC: (pyrimethanil) OR TOPIC: (53112-28-0)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                  |
| # 8  | 653       | <b>TOPIC: (fenhexamid) OR TOPIC: (126833-17-8)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                   |
| # 7  | 2,202     | <b>TOPIC: (Fludioxonil) OR TOPIC: (131341-86-1)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                  |
| # 6  | 7,380     | <b>TOPIC: (diuron) OR TOPIC: (330-54-1)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                          |
| # 5  | 249       | <b>TOPIC: (Fenpropidin) OR TOPIC: (67306-00-7)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                   |
| # 4  | 67        | <b>TOPIC: (Fenpropidin) AND TOPIC: (67306-00-7)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                  |
| # 3  | 83        | <b>TOPIC: (Terbuthylazin-desethyl) OR TOPIC: (Terbuthylazine-desethyl) OR TOPIC: (Desethylterbuthylazine) OR TOPIC: (30125-63-4)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i> |

|      |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| # 15 | 7,405,959 | <b>TOPIC: (health)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                                               |
| # 14 | 4,319,968 | <b>TOPIC: (cancer*)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                                              |
| # 13 | 2,801,972 | <b>TOPIC: (epidemiolog*)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                                         |
| # 12 | 1,476     | <b>TOPIC: (Terbuthylazin) OR TOPIC: (Terbuthylazine) OR TOPIC: (5915-41-3)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                       |
| # 11 | 3,145     | <b>TOPIC: (Diethyltoluamid) OR TOPIC: (DEET) OR TOPIC: (Diethyl-m-toluamide) OR TOPIC: (134-62-3)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                |
| # 10 | 1,187     | <b>TOPIC: (cyprodinil) OR TOPIC: (121552-61-2)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                   |
| # 9  | 1,320     | <b>TOPIC: (pyrimethanil) OR TOPIC: (53112-28-0)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                  |
| # 8  | 653       | <b>TOPIC: (fenhexamid) OR TOPIC: (126833-17-8)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                   |
| # 7  | 2,202     | <b>TOPIC: (Fludioxonil) OR TOPIC: (131341-86-1)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                  |
| # 6  | 7,380     | <b>TOPIC: (diuron) OR TOPIC: (330-54-1)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                          |
| # 5  | 249       | <b>TOPIC: (Fenpropidin) OR TOPIC: (67306-00-7)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                   |
| # 4  | 67        | <b>TOPIC: (Fenpropidin) AND TOPIC: (67306-00-7)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                  |
| # 3  | 83        | <b>TOPIC: (Terbuthylazin-desethyl) OR TOPIC: (Terbuthylazine-desethyl) OR TOPIC: (Desethylterbuthylazine) OR TOPIC: (30125-63-4)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i> |
| # 2  | 5,602     | <b>TOPIC: (Metalaxyl) OR TOPIC: (57837-19-1)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                     |
| # 1  | 5,280     | <b>TOPIC: (Metolachlor) OR TOPIC: (51218-45-2)</b><br><i>Databases= WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, INSPEC, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC Timespan=All years<br/>Search language=Auto</i>                                                                                   |

### A.5.2 Suchergebnisse vom 11.2.2021 in Web of Science

| Web of Science Suche all databases 11.2.21 [englisch und deutsche Namen]        | Treffer | +CAS-Nr | health, cancer*, epidemiolog*, cross-section* (#35) | only research area: PUBLIC ENVIRONMENTAL OCCUPATIONAL HEALTH | after removal of patents and deduplication |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Cyprodinil</b>                                                               | 1184    | 1186    | 173                                                 | 92                                                           | 92                                         |
| <b>Terbuthylazin /Terbuthylazine</b>                                            | 1360    | 1475    | 537                                                 | 498                                                          | 497                                        |
| <b>Metalaxyl</b>                                                                | 5382    | 5595    | 690                                                 | 407                                                          | 406                                        |
| <b>Pyrimethanil</b>                                                             | 1311    | 1319    | 175                                                 | 107                                                          | 107                                        |
| <b>Diethyltoluamid / DEET / Diethyl-m-toluamide</b>                             | 3137    | 3142    | 1258                                                | 997                                                          | 997                                        |
| <b>Metolachlor</b>                                                              | 5263    | 5263    |                                                     |                                                              | 1275                                       |
| <b>Fenhexamid</b>                                                               | 644     | 652     | 89                                                  |                                                              | 37                                         |
| <b>Fludioxonil</b>                                                              | 2157    | 2197    | 218                                                 | 79                                                           | 79                                         |
| <b>Diuron</b>                                                                   | 6648    | 7376    | 1465                                                | 1268                                                         | 1268                                       |
| <b>Fenpropidin</b>                                                              | 241     | 248     | 26                                                  | 10                                                           | 10                                         |
| <b>Terbuthylazin-desethyl / Terbuthylazine-desethyl /Desethylterbuthylazine</b> | 69      | 82      | 55                                                  | 51                                                           | 51                                         |

## A.6 Sammlung der ökotoxikologisch relevanten Daten für die PSM

| Stoff                         | höchster Messwert CH<br>28 Tage [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | acute tox GHS | LD <sub>50</sub> oral mg/kg | LD <sub>50</sub> dermal mg/kg | LD <sub>50</sub> inhalativ mg/kg     | NOAEL mg/kg bw/d oral       | NOAEL mg/l inhalative | Hauptangriffsorgan<br>(main target) | NO(A)EL 90d mg/kg<br>bw/d | LC <sub>50</sub> Fische 96h static<br>mg/l active substance | EC <sub>50</sub> Krustentiere<br>(Daphnia magna) 48h<br>[mg/l] | LD <sub>50</sub> Algen 72h static<br>mg/l | NOEC Fische 21-36d<br>mg/l        | NOEC Krustentiere 21d<br>reproduction mg/l | EC <sub>50</sub> Algen (growth<br>inhibition) ( $\text{mg l}^{-1}$ )                   | LC <sub>50</sub> Regenwurm<br>Eisenia foetia akut 14d<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | NOEC Regenwurm 56d        | Bienen akut 48h LD <sub>50</sub><br>ug/bee                                | Soil degradation (days)<br>aerobic) DT <sub>50</sub> (typical) | Interpretation: Soil<br>degradation (days)<br>aerobic) DT <sub>50</sub> (typical) |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cyprodinil (1982)</b>      | 0.027                                                        | 4             | >2000                       | 2000                          | >1.2<br>mg/l                         | 200<br>Maus                 |                       | Leber                               | 3.14<br>(oral)            | 2.17                                                        | 0.033<br>mg/l<br>0.22                                          | 2.11<br>(Navicula<br>pelliculosa)         | 0.083<br>(Onchorynchus<br>mykiss) | 0.0088                                     | no data<br>only for<br>sediment<br>dwellers<br>27d<br>80mg<br>a.s/kg<br>sediment<br>dw | 192<br>a.s.<br>mg/kg<br>Boden                                                    | 15 kg<br>a.s./kg<br>Boden | 75<br>ug/bee<br>(contact)<br>784<br>(oral)<br>)<br>112.<br>5<br>(contact) | 37                                                             | Moderately<br>persistent                                                          |
| <b>Diethyltoluamid (1982)</b> | 0.0037                                                       | 4             | 1950                        | 3170<br>(Kaninchen)<br>5000   | 5.95                                 |                             |                       |                                     |                           | 90.6<br>(71.2-<br>110<br>median<br>max)                     | 75                                                             |                                           |                                   |                                            | ni                                                                                     | ni                                                                               | ni                        | ni                                                                        | ni                                                             | ni                                                                                |
| <b>Diuron (1971)</b>          | 0.0025                                                       | 5             | 437                         | >5000                         | > 7.1<br>(dust)<br>0.26<br>(aerosol) | 0.66<br>mg/kg<br>bw/day rat | 0.0041<br>mg/l        | Blood<br>system                     | 80                        | 4.9<br>(0.5-<br>84<br>median<br>min<br>max)                 | 1.85<br>(1-8.6<br>median<br>min<br>max)<br>67.4                |                                           | 0.41<br>(Oncorhynchus<br>mykiss)  | 0.096<br>(reproduction)                    | 0.0027<br>(Scenedesmus<br>quadricauda)                                                 | > 798                                                                            |                           | >100<br>(bottles)                                                         | 146.<br>6                                                      | Persistent                                                                        |

| Stoff                         | höchster Messwert CH<br>28 Tage [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | acute tox GHS | LD <sub>50</sub> oral mg/kg | LD <sub>50</sub> dermal mg/kg | LD <sub>50</sub> inhalativ mg/kg                              | NOAEL mg/kg bw/d oral       | NOAEL mg/l inhalative | Hauptangriffsorgan<br>(main target)                                                                                         | NO(A)EL 90d mg/kg<br>bw/d   | LC <sub>50</sub> Fische 96h static<br>mg/l active substance | EC <sub>50</sub> Krustentiere<br>(Daphnia magna) 48h<br>[mg/l] | LD <sub>50</sub> Algen 72h static<br>mg/l | NOEC Fische 21-36d<br>mg/l | NOEC Krustentiere 21d<br>reproduction mg/l | EC <sub>50</sub> Algen (growth<br>inhibition) ( $\text{mg l}^{-1}$ ) | LC <sub>50</sub> Regenwurm<br>Eisenia foetia akut 14d<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | NOEC Regenwurm 56d                             | Bienen akut 48h LD <sub>50</sub><br>ug/bee | Soil degradation (days)<br>aerobic) DT <sub>50</sub> (typical) | Interpretation: Soil<br>degradation (days)<br>aerobic) DT <sub>50</sub> (typical) |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fenhexamid<br/>(1974)</b>  | 0.002<br>59                                                  | 5             | >5000                       | >5000                         | >5<br>mg/<br>L air/4<br>h (dust<br>aerosol,<br>nose-<br>only) |                             |                       | Blood<br>system and<br>Liver<br>(Kidney<br>only in rats<br>and mice)                                                        | 38<br>(rat)                 | 1.34<br>(flow<br>through)                                   | >18.8                                                          | ni                                        | 0.101                      | 1.03                                       | 5.36<br>(NOEC,<br>96h)                                               | >1000<br>> 500                                                                   | 19.8<br>(duration not<br>defined)<br>>9.9      | >10.2<br>07 (oral)<br>>20<br>0 (contact)   | 0.43                                                           | non-<br>persistent                                                                |
| <b>Fenpropidin<br/>(2005)</b> | 0.002<br>14                                                  | 4             | 1440<br>1452                | >4000                         | 1.22<br>mg/<br>L air/<br>4 h (nose<br>only)                   | 1.14<br>mg/kg<br>bw/day rat |                       | Local<br>irritation,<br>body<br>weight, liver<br>(hypertrophy),<br>spinal<br>chord<br>demyelination,<br>corneal<br>opacity. | 10.1<br>mg/kg<br>bw/day rat | 1.9<br>(Bluegill<br>sunfish,<br>flow-<br>through)           | 0.54<br>(immobility)                                           |                                           | 0.32<br>(rainbow<br>trout) | 0.32                                       | 0.39 $\mu\text{g}$<br>fenpropidin/L<br>(NOEC,<br>96h)                | >500                                                                             | ni, but<br>acute<br>risk<br>assessed as<br>low | >10<br>(oral), 46<br>(contact)             | 90                                                             | Moderately<br>persistent                                                          |

| Stoff                     | höchster Messwert CH<br>28 Tage [µg/m³] | acute tox GHS | LDrat50 oral mg/kg | LDrat50 dermal mg/kg | LDrat50 inhalativ mg/kg | NOAEL mg/kg bw/d oral | NOAEL mg/l inhalative | Hauptangriffsorgan<br>(main target)                              | NO(A)EL 90d mg/kg<br>bw/d | LC50 Fische 96h static<br>mg/l active substance                    | EC50 Krustentiere<br>(Daphnia magna) 48h<br>[mg/l] | LD50 Algen 72h static<br>mg/l | NOEC Fische 21-36d<br>mg/l | NOEC Krustentiere 21d<br>reproduction mg/l | EC50 Algen (growth<br>inhibition) (mg l <sup>-1</sup> ) | LC50 Regenwurm<br>Eisenia foetia akut 14d<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | NOEC Regenwurm 56d | Bienen akut 48h LD50<br>µg/bee | Soil degradation (days)<br>aerobic) DT50 (typical) | Interpretation: Soil<br>degradation (days)<br>aerobic) DT50 (typical) |
|---------------------------|-----------------------------------------|---------------|--------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Fludioxonil (1993)</b> | 0.00205                                 | 5             | >5000              | >2000                | 2.6                     | 58.5 (dog)            | ni                    | Leber (für Ratten, Mäuse und Hunde) und Niere (Ratten und Mäuse) | 64 (rat)                  | 1.8 (Lepomis macrochirus) 0.23 (Oncorhynchus mykiss, flow through) | 0.4                                                | 0.11                          | 0.04 (Onchorynchus Mykiss) | 0.0025                                     | 0.024 (Scenedesmus subspicatus)                         | >1000                                                               | >20                | <5 (oral) <10.8 (contact)      | 164                                                | Persistent                                                            |
| <b>Metalaxyl (1985)</b>   | 0.00143                                 | 4             | 670566             | >3100                |                         | 2.5                   |                       |                                                                  |                           | 131 (18.4.159 median min max) 0.96 (onchorynchus mykiss)           | 29.3. (12.5-121 median min max) 3.47               |                               | ni                         | >1                                         | 0.42 (Scenedesmus subspicatus)                          | >1000                                                               | 40                 | 269 (oral) 200 (contact)       | 36                                                 | Moderately persistent                                                 |

| Stoff                      | höchster Messwert CH<br>28 Tage [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | acute tox GHS | LD <sub>50</sub> oral mg/kg | LD <sub>50</sub> dermal mg/kg | LD <sub>50</sub> inhalativ mg/kg | NOAEL mg/kg bw/d oral | NOAEL mg/l inhalative | Hauptangriffsorgan<br>(main target)                       | NO(A)EL 90d mg/kg<br>bw/d | LC <sub>50</sub> Fische 96h static<br>mg/l active substance | EC <sub>50</sub> Krustentiere<br>(Daphnia magna) 48h<br>[mg/l] | LD <sub>50</sub> Algen 72h static<br>mg/l | NOEC Fische 21-36d<br>mg/l | NOEC Krustentiere 21d<br>reproduction mg/l | EC <sub>50</sub> Algen (growth<br>inhibition) ( $\text{mg l}^{-1}$ ) | LC <sub>50</sub> Regenwurm<br>Eisenia foetia akut 14d<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | NOEC Regenwurm 56d   | Bienen akut 48h LD <sub>50</sub><br>ug/bee | Soil degradation (days)<br>aerobic) DT <sub>50</sub> (typical) | Interpretation: Soil<br>degradation (days)<br>aerobic) DT <sub>50</sub> (typical) |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Metalaxy I-M (1986)</b> | 0.0075                                                       | ni            | 375                         | 2000                          | > 2.29                           | 2.5                   |                       |                                                           | 9 (dog)                   | > 100                                                       | > 100                                                          |                                           | 9.1                        | 1.2                                        | 36 (Unknown species)                                                 | 830                                                                              | 35.63 (reproduction) | >100 (contact) > 97.3 (oral)               | 6.5                                                            | Non-persistent                                                                    |
| <b>Metolachlor (1976)</b>  | 0.00125                                                      | 5             | 2780<br>2200<br>>1200       | >10'000<br>5050               | > 1,75 mg/l/4 h<br>2.02          |                       |                       |                                                           |                           | 8.5 (3.9-13 median min max)                                 | 15.4 (1.1.-26 median min max)                                  |                                           | 1                          | > 0.707                                    | 3 (NOEC 96h, growth)                                                 | 140                                                                              | ni                   | 110 (oral) >110 (contact)                  | 90                                                             | Moderately persistent                                                             |
| <b>Pyrimethanil (1982)</b> | 0.0285                                                       | 5             | 4150                        | >5000                         | > 1.98                           | > 139                 | ni                    | Liver, Thyroid (rats and mice), Kidney and Bladder (mice) | 5.4                       | 10.56 (onchorynchus mykiss)                                 | 2.9                                                            |                                           | 1.6                        | 0.94                                       | 1.2 (Raphidocelis subcapitata)                                       |                                                                                  |                      | >100 (both)                                | 50.9                                                           | Moderately persistent                                                             |

| Stoff                              | höchster Messwert CH<br>28 Tage [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | acute tox GHS | LD <sub>50</sub> oral mg/kg                  | LD <sub>50</sub> dermal mg/kg              | LD <sub>50</sub> inhalativ mg/kg                                                                         | NOAEL mg/kg bw/d oral | NOAEL mg/l inhalative | Hauptangriffsorgan<br>(main target) | NO(A)EL 90d mg/kg<br>bw/d | LC <sub>50</sub> Fische 96h static<br>mg/l active substance | EC <sub>50</sub> Krustentiere<br>(Daphnia magna) 48h<br>[mg/l] | LD <sub>50</sub> Algen 72h static<br>mg/l                                         | NOEC Fische 21-36d<br>mg/l | NOEC Krustentiere 21d<br>reproduction mg/l | EC <sub>50</sub> Algen (growth<br>inhibition) ( $\text{mg l}^{-1}$ ) | LC <sub>50</sub> Regenwurm<br>Eisenia foetia akut 14d<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | NOEC Regenwurm 56d                                                                                                               | Bienen akut 48h LD <sub>50</sub><br>ug/bee | Soil degradation (days)<br>aerobic) DT <sub>50</sub> (typical) | Interpretation: Soil<br>degradation (days)<br>aerobic) DT <sub>50</sub> (typical) |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Terbuthylazin<br/>(1988)</b>    | 0.021<br>4                                                   | 5             | 2160<br>1000-<br>1590<br>mg/kg<br>bw<br>1850 | >3000<br>(Kanin-<br>chen)<br>2000<br>(rat) | > 5.3<br>mg/<br>L<br>air/4<br>h<br>(dust<br>aero-<br>sol,<br>nose-<br>only)<br>><br>3,51<br>mg/l/<br>4 h | 0.22                  |                       |                                     |                           | 2.27<br>(1.6-<br>66<br>median<br>min<br>max)                | EC no<br>definite<br>endpo-<br>int<br>available<br>21.2        | EC <sub>50</sub><br>0.012<br>mg/l<br>Pseudo-<br>kirchneri-<br>ella<br>subcapitata | 0.09                       | 0.019<br>mg a.s/l                          | 0.012<br>(Pseudo-<br>kirchneri-<br>ella<br>subcapitata)              | >141.<br>7                                                                       | < 0.5<br>mg/kg<br>dw soil<br>regulatory<br>concentration<br>including a<br>safety<br>factor<br>of 5 =<br>0.1<br>mg/kg<br>dw soil | 22.6<br>(oral)<br>32<br>(contact)          | 72                                                             | Moderately<br>persistent                                                          |
| <b>Terbuthylazin-<br/>desethyl</b> | 0.001<br>43                                                  | ni            | 236                                          | ni                                         | ni                                                                                                       | ni                    | ni                    | ni                                  | ni                        | 18<br>(Oncorhynchus<br>mykiss)                              | 42                                                             | 0.38                                                                              | ni                         | ni                                         | 0.14<br>(Pseudo-<br>kirchneri-<br>ella<br>subcapitata)               | 120                                                                              | 2.8                                                                                                                              | ni                                         | 54                                                             | Moderately<br>persistent                                                          |

## A.7 Zulassungsdaten Schweiz

Gemäss Angaben BAFU

|                  | Zulassung<br>seit | CH            | Verbot CH | Zulassung / EU             |
|------------------|-------------------|---------------|-----------|----------------------------|
| Cyprodinil       | <2004             | /             |           | Bis 30.4.2022              |
| Diethyltoluamid* |                   | -             |           | -                          |
| Diuron           | <2004             | In Diskussion |           | Verboten seit<br>30.9.2020 |
| Fenhexamid       | <2004             | /             |           | Bis 31.12.2030             |
| Fenpropidin      | <2004             | /             |           | Bis 31.12.2021             |
| Fludioxonil      | <2004             | /             |           | Bis 31.10.2021             |
| Metalaxyl        | <2004             | Seit langem   |           | Bis 30.06.2023             |
| Metalaxyl-M      | <2004             | /             |           | Bis 31.12.2035             |
| S-Metolachlor    | <2004             | /             |           | Bis 31.7.2021              |
| Metolachlor      | <2004             | Seit langem   |           | -                          |
| Pyrimethanil     | <2004             | /             |           | Bis 31.4.2022              |
| Terbuthylazin    | <2004             | /             |           | Bis 31.12.2024             |

\*Kein PSM-Wirkstoff – er ist als Biozid Wirkstoff genehmigt

## A.8 Vergleich Berechnung der tolerierbaren Luftbelastung gemäss Vorgaben der EFSA

Berechnungen im Bericht richten sich nach Coscolla und Kollegen [8] und nimmt folgendes Gewicht und Inhalationsvolumen pro Tag an: Erwachsene 70kg und 20m<sup>3</sup>, Kinder 15kg und 10m<sup>3</sup>, Neugeborene 3.5kg und 2.52m<sup>3</sup>. Die EFSA schlägt für die Umrechnung in Luftkonzentrationen ein Körpergewicht von 60kg für Erwachsene und 10 kg für Kinder vor. Die Inhalationsrate werden im Bericht von 2014 für Erwachsene mit 13.8m<sup>3</sup> (grün hinterlegt [15]) angegeben und im Draft Bericht von 2021 mit 16 m<sup>3</sup> (gelb hinterlegt [14]) angegeben; für Kinder mit 10.7m<sup>3</sup> und 8m<sup>3</sup>.

| Stoff (US-Registrierung) | AOEL mg/kg Körpergewicht/Tag | Tolerierbare Luftkonzentration µg/m <sup>3</sup> für Erwachsene (anhand AOEL berechnet) | Erwachsene nach EFSA | Erwachsene nach EFSA Draft 16m <sup>3</sup> | Unterschied zu EFSA% | Tolerierbare Luftkonzentration µg/m <sup>3</sup> für Kinder (anhand AOEL berechnet) | Kinder nach EFSA | Kinder nach EFSA Draft 8m <sup>3</sup> | Unterschied zu EFSA% | Tolerierbare Luftkonzentration µg/m <sup>3</sup> für Neugeborene (anhand AOEL berechnet) |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diuron (1971)            | 0.007                        | 24.50                                                                                   | 30.43                | 26.25                                       | 7-24%                | 10.50                                                                               | 6.54             | 8.75                                   | -17 bis-37%          | 9.72                                                                                     |
| Metolachlor (1976)       | ni                           |                                                                                         |                      |                                             |                      |                                                                                     |                  |                                        |                      |                                                                                          |
| S-Metolachlor            | 0.15 <sup>30</sup>           | 525.00                                                                                  | 652.17               | 562.50                                      |                      | 225.00                                                                              | 140.19           | 187.50                                 |                      | 138.89                                                                                   |
| Terbuthylazin (1988)     | 0.0032                       | 11.20                                                                                   | 13.91                | 12.00                                       |                      | 4.80                                                                                | 2.99             | 4.00                                   |                      | 4.44                                                                                     |
| Terbuthylazin-desethyl   | 0.0032                       | 11.20                                                                                   | 13.91                | 12.00                                       |                      | 4.80                                                                                | 2.99             | 4.00                                   |                      | 4.44                                                                                     |
| Cyprodinil (1982)        | 0.03                         | 105.00                                                                                  | 130.43               | 112.50                                      |                      | 45.00                                                                               | 28.04            | 37.50                                  |                      | 41.67                                                                                    |
| Fenhexamid (1974)        | 0.2                          | 700.00                                                                                  | 869.57               | 750.00                                      |                      | 300.00                                                                              | 186.92           | 250.00                                 |                      | 277.78                                                                                   |
| Fenpropidin (2005)       | 0.02                         | 70.00                                                                                   | 86.96                | 75.00                                       |                      | 30.00                                                                               | 18.69            | 25.00                                  |                      | 27.78                                                                                    |
| Fludioxonil (1993)       | 0.59                         | 2065.00                                                                                 | 2565.22              | 2212.50                                     |                      | 885.00                                                                              | 551.40           | 737.50                                 |                      | 819.44                                                                                   |
| Metalaxyl (1985)         | 0.08                         | 280.00                                                                                  | 347.83               | 300.00                                      |                      | 120.00                                                                              | 74.77            | 100.00                                 |                      | 111.11                                                                                   |

| Stoff<br>(US-<br>Registrierung) | AOEL mg/kg<br>Körpergewicht/Tag | Tolerierbare<br>Luftkonzentration µg/m3<br>für Erwachsene (anhand<br>AOEL berechnet) | Erwachsene nach EFSA | Erwachsene nach EFSA<br>Draft 16m3 | Unterschied zu EFSA% | Tolerierbare<br>Luftkonzentration µg/m3<br>für Kinder (anhand<br>AOEL berechnet) | Kinder nach EFSA | Kinder nach EFSA Draft<br>8m3 | Unterschied zu EFSA% | Tolerierbare<br>Luftkonzentration µg/m3<br>für Neugeborene<br>(anhand AOEL<br>berechnet) |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Metalaxyl-M<br/>(1986)</b>   | 0.08                            | 280.00                                                                               | 347.83               | 300.00                             |                      | 120.00                                                                           | 74.77            | 100.00                        |                      | 111.11                                                                                   |
| <b>Pyrimethanil<br/>(1982)</b>  | 0.12                            | 420.00                                                                               | 521.74               | 450.00                             |                      | 180.00                                                                           | 112.15           | 150.00                        |                      | 166.67                                                                                   |

<sup>30</sup> Der EFSA-Bericht von 2004 definiert einen AOEL von 0.15 mg/kg KG/Tag für S-Metolachlor. Im Hauptbericht (Tabelle 2 und 3) wurde der niedrigere AOEL-Wert der PPDB von 0.1 verwendet.

## A.9 Toxizitätsmerkmale der PSM (Tabelle 4): Vergleich mit Daten aus EFSA-Berichten

Die Zeile unterhalb eines PSM mit Vermerk EFSA listet die in EFSA-Berichten gefundenen Einschätzungen. **Gelb** hinterlegt sind Unterschiede zur Originaltabelle.

| Stoff<br>Zulassungsjahr<br>USA <sup>31</sup> [39] | CAS-Nr. [29] | PSM-Typgemäss WHO [29] | Zulassung nach EC<br>1107/2009 <sup>32</sup> [28] | Zulassung in UK /<br>Skandinavien [28] | Kanzerogenität [28]        | Mutagenität [28] | Acetylcholinesterase-<br>inhibitor [28] | Neurotoxizität[28] | Reizungen [28]                                                                      | Phototoxizität [28]       | Reproduktionstoxizität [28] | Hormonaktivität [28]  | WHO Klassifizierung <sup>33</sup> [29] | Schwarze Liste<br>Greenpeace 2010 [33]                   | Einstufung gemäss PAN<br>als hoch gefährliches<br>PSM [34] |
|---------------------------------------------------|--------------|------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Diuron</b><br>1971                             | 330-54-1     | Herbizid               | -                                                 | -/-                                    | möglich <sup>34</sup> [30] | keine [17]       | kein                                    | keine [17]         | keine primäre Reizwirkung, keine Sensibilisierung [30], <b>Reizung der Atemwege</b> | keine                     | möglich <sup>35</sup>       | möglich <sup>36</sup> | 1                                      | ja: sehr niedrige ARfD; karzinogen; reproduktionstoxisch | Seit 2019 (mögl. Karzinogen)                               |
| <b>Diuron, EFSA 2005 [17]</b>                     |              |                        |                                                   |                                        | Möglich Kat.3 R40          | keine            | <b>ni</b>                               | keine              | <b>keine</b>                                                                        | keine                     | möglich <sup>37</sup>       | <b>ni</b>             |                                        |                                                          |                                                            |
| <b>Metolachlor</b><br>1976                        | 51218-45-2   | Herbizid               | -                                                 | -/-                                    | möglich (Mensch)           | keine            | kein                                    | keine              | irritierend:Haut, Augen                                                             | keine Daten <sup>38</sup> | möglich                     | möglich               | 1                                      | graue Liste - keine Gefährdung                           | bis 2013                                                   |
| <b>S-Metolachlor</b>                              | 87392-12-9   | Herbizid               | ✓                                                 | -/-                                    | möglich                    | keine Daten      | kein                                    | keine Daten        | Irritierend: Haut, Augen, Respirationstrakt (unklar), sensibilisierend              | keine                     | ja                          | keine                 | -                                      | graue Liste - keine Gefährdung                           | bis 2009                                                   |

<sup>31</sup> Die Hauptquelle der Daten ist als Referenz in der Tabellenüberschrift angegeben und nur Abweichungen von dieser Referenz werden in den Zellen der Tabellen genannt.

<sup>32</sup> Regulation EC 1107/2009 fordert Verbot des PSM, wenn es erwiesenermassen karzinogen, mutagen, reproduktionstoxisch oder hormonaktiv ist. Schweizer Zulassungsdaten siehe Diskussion (falls vorhanden).

<sup>33</sup> WHO-Klassifizierung zu akuter Toxizität abgeleitet aus dem LD50-Wert bei Ratten: 4 = extremely hazardous (sehr schädlich), 3 = highly hazardous (schädlich), 2 = moderately hazardous (mässig schädlich), 1 = slightly hazardous (leicht schädlich), 0 = unlikely to present acute hazard (eher nicht schädlich)

<sup>34</sup> Die Kanzerogenität von Diuron ist unklar nach verschiedenen Quellen. Neuere Quellen tendieren jedoch zu einer möglichen Kanzerogenität (PPDB limited evidence of carcinogenic effect)

<sup>35</sup> Alle «möglich» wenn nicht anders vermerkt wurden übersetzt aus der PPDB. Originalformulierung: «possibly, status not identified».

<sup>36</sup> Gemäss IEA2002: eine Quelle sagt Diuron ist group II (potential endocrine disruptors or compounds a medium level of concern with regard to exposure), eine andere Quelle sagt nicht bestimmt.

<sup>37</sup> Schwangere schienen empfindlicher auf die Substanz zu reagieren und die Toxizität war erhöht, aber bei hohen NOAEL-Werten von 10-50 mg/kg/Tag

<sup>38</sup> «Keine Daten» bedeutet, dass in der PPDB «no data found» vermerkt war. Es also es möglicherweise eine Forschungslücke gibt.

| Stoff<br>Zulassungsjahr<br>USA <sup>31</sup> [39] | CAS-Nr. [29]    | PSM-Typgemäss WHO [29] | Zulassung nach EC<br>1107/2009 <sup>32</sup> [28] | Zulassung in UK /<br>Skandinavien [28] | Kanzerogenität [28] | Mutagenität [28] | Acetylcholinesterase-<br>inhibitor [28] | Neurotoxizität[28] | Reizungen [28]                                                                    | Phototoxizität [28] | Reproduktionstoxizität [28] | Hormonaktivität [28] | WHO Klassifizierung <sup>33</sup> [29] | Schwarze Liste<br>Greenpeace 2010 [33]                         | Einstufung gemäss PAN<br>als hoch gefährliches<br>PSM [34] |
|---------------------------------------------------|-----------------|------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|------------------|-----------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| S-Metolachlor,<br>EFSA 2004 [21]                  |                 |                        |                                                   |                                        | keine <sup>39</sup> | ni               | ni                                      | Keine<br>Daten     | Nicht irritierend:<br>Haut, Augen,<br>sensibilisierend                            |                     | keine                       | ni                   |                                        |                                                                |                                                            |
| Terbuthylazin<br>1988                             | 5915-<br>41-3   | Herbizid               | ✓                                                 | -/-                                    | möglich             | keine            | kein                                    | keine<br>Daten     | Irritierend: Haut,<br>Augen,<br>Respirationstrakt,<br>schwach<br>sensibilisierend | ni <sup>40</sup>    | möglich                     | keine<br>Daten       | 1                                      | ja: sehr niedrige<br>ARfD; karzinogen;<br>reproduktionstoxisch | ni                                                         |
| Terbuthylazin,<br>EFSA 2011 [27]                  |                 |                        |                                                   |                                        | möglich<br>R40      | keine            | ni                                      | keine              | Irritierend: minimal<br>Haut, Augen<br>schwach<br>sensibilisierend                | ni                  | möglich <sup>41</sup>       | ni                   |                                        |                                                                |                                                            |
| Terbuthylazin-<br>desethyl <sup>42</sup>          | 30125-<br>63-4  | Metabolit<br>[21]      | na                                                | na                                     | möglich             | keine<br>Daten   | keine<br>Daten                          | keine<br>Daten     | keine Daten                                                                       | ni                  | keine<br>Daten              | keine<br>Daten       | Not<br>listed                          | ni                                                             | ni                                                         |
| Terbuthylazinde<br>sethyl EFSA<br>2011 [27]       |                 |                        |                                                   |                                        | möglich             |                  |                                         |                    |                                                                                   |                     |                             |                      |                                        |                                                                |                                                            |
| Cyprodinil<br>1982                                | 121552-<br>61-2 | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | keine               | keine            | kein                                    | keine              | Irritierend: Haut,<br>Augen, Respi-<br>rationstrakt,<br>sensibilisierend          | ni                  | möglich                     | keine<br>Daten       | 1                                      | ja: sehr giftig für<br>Wasserorganismen;<br>persistent         | Ni                                                         |

<sup>39</sup> Wird als nicht karzinogen eingestuft mit Hinweisen auf Veränderungen an bestimmten Orten (emergence of eosinophilic foci and neoplastic nodules)

<sup>40</sup> ni steht für «no information found» und bedeutet, dass in keiner der konsultierten Quellen Information oder Angaben zum spezifischen Kriterium gefunden werden konnten.

<sup>41</sup> Reduced fertility, reduced bodyweight of parents, offspring reduced survival

<sup>42</sup> Daten zum Abbauprodukt von Terbuthylazin-desethyl werden oft vom Ausgangsstoff abgeleitet bzw. übernommen.

| Stoff<br>Zulassungsjahr<br>USA <sup>31</sup> [39] | CAS-Nr. [29]    | PSM-Typgemäss WHO [29] | Zulassung nach EC<br>1107/2009 <sup>32</sup> [28] | Zulassung in UK /<br>Skandinavien [28] | Kanzerogenität [28] | Mutagenität [28]              | Acetylcholinesterase-<br>inhibitor [28] | Neurotoxizität[28]    | Reizungen [28]                                                             | Phototoxizität [28] | Reproduktionstoxizität [28] | Hormonaktivität [28] | WHO Klassifizierung <sup>33</sup> [29] | Schwarze Liste<br>Greenpeace 2010 [33] | Einstufung gemäss PAN<br>als hoch gefährliches<br>PSM [34] |
|---------------------------------------------------|-----------------|------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Cyprodinil,<br>EFSA 2005 [16]                     |                 |                        |                                                   |                                        | keine               | keine                         | ni                                      | keine                 | nicht irritierend:<br>Haut, Augen<br>sensibilisierend                      | ni                  | möglich <sup>43</sup>       | ni                   |                                        |                                        |                                                            |
| Fenhexamid<br>1974                                | 126833-<br>17-8 | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | keine<br>[22]       | unwahr-<br>scheinlich<br>[22] | kein                                    | keine                 | nicht irritierend:<br>Haut, Auge, keine<br>Sensibilisierung<br>[22]        | ni                  | möglich                     | ni                   | 0                                      | graue Liste - keine<br>Gefährdung      | ni                                                         |
| Fenhexamid,<br>EFSA 2014 [22]                     |                 |                        |                                                   |                                        | keine               | keine                         | ni                                      | keine                 | nicht irritierend:<br>Haut, Auge, keine<br>Sensibilisierung                | ni                  | möglich <sup>44</sup>       | unwahrscheinlich     |                                        |                                        |                                                            |
| Fenpropidin<br>2005 [40]                          | 67306-<br>00-7  | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | keine<br>[19]       | keine [19]                    | kein                                    | keine                 | irritierend: Haut,<br>Augen nicht<br>korrosiv,<br>sensibilisierend<br>[19] | ni                  | keine                       | keine<br>Daten       | 2                                      | Ja: Sehr niedrige<br>ARfD              | bis 2013                                                   |
| Fenpropidin,<br>EFSA 2008 [19]                    |                 |                        |                                                   |                                        | keine               | keine                         |                                         | möglich <sup>45</sup> | irritierend: Haut,<br>Augen,<br>sensibilisierend                           |                     | keine                       | ni                   |                                        |                                        |                                                            |
| Fludioxonil<br>1993                               | 131341-<br>86-1 | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | keine<br>[18]       | keine [18]                    | kein                                    | keine                 | nicht irritierend<br>Haut, Auge, keine<br>Sensibilisierung<br>[18]         | ni                  | möglich                     | ni                   | 0                                      | Ja: hohe<br>Gesamtpunktzahl            | bis 2013                                                   |
| Fludioxonil,<br>EFSA 2007 [18]                    |                 |                        |                                                   |                                        | keine               | keine                         | ni                                      | keine                 | nicht irritierend<br>Haut, Auge, keine<br>Sensibilisierung                 | ni                  | keine <sup>46</sup>         | ni                   |                                        |                                        |                                                            |

<sup>43</sup> Verringerte Zunahme des Körpergewichts der Eltern und Nachkommen und erhöhte Gewichtszunahme der Nieren und Leber der Eltern.

<sup>44</sup> Verringerter Geburtsgewicht

<sup>45</sup> Wiederholte Neurotoxizität berichtet von einer Demethylierung bei Ratten mit NOAEL 10.1 mg/kg KG/Tag

<sup>46</sup> Sehr hohe NOAEL-Werte, es wird jedoch reduziertes Körpergewicht bei Eltern und Nachkommen beschrieben.

| Stoff<br>Zulassungsjahr<br>USA <sup>31</sup> [39] | CAS-Nr. [29]           | PSM-Typgemäss WHO [29] | Zulassung nach EC<br>1107/2009 <sup>32</sup> [28] | Zulassung in UK /<br>Skandinavien [28] | Kanzerogenität [28]                 | Mutagenität [28]  | Acetylcholinesterase-<br>inhibitor [28] | Neurotoxizität[28] | Reizungen [28]                                             | Phototoxizität [28] | Reproduktionstoxizität [28] | Hormonaktivität [28]  | WHO Klassifizierung <sup>33</sup> [29] | Schwarze Liste<br>Greenpeace 2010 [33] | Einstufung gemäss PAN<br>als hoch gefährliches<br>PSM [34] |
|---------------------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>Metalaxyl</b><br>1985                          | 57837-<br>19-1         | Fungizid               | ✓                                                 | -/-                                    | keine                               | keine             | kein                                    | keine              | nicht irritierend<br>Haut, Auge, keine<br>Sensibilisierung | keine               | keine                       | keine                 | 2                                      | graue Liste - keine<br>Gefährdung      | ni                                                         |
| <b>Metalaxyl-M</b><br>1986                        | 70630-<br>17-0<br>[36] | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | keine                               | un-<br>spezifisch | kein                                    | keine              | irritierend: Haut,<br>Augen                                | ni                  | keine                       | keine<br>Daten        | Not<br>listed                          | graue Liste - keine<br>Gefährdung      | ni                                                         |
| <b>Metalaxyl-M,<br/>EFSA 2015 [24]</b>            |                        |                        |                                                   |                                        | keine                               | ni                | ni                                      | keine              | Irritierend: Augen<br>(Hase), nicht<br>sensibilisierend    | ni                  | keine                       | unwahr-<br>scheinlich |                                        |                                        |                                                            |
| <b>Pyrimethanil</b><br>1982                       | 53112-<br>28-0         | Fungizid               | ✓                                                 | ✓/ ✓                                   | unwahr-<br>scheinlich <sup>47</sup> | keine [20]        | kein                                    | keine              | Nicht irritierend<br>Haut, Auge, keine<br>Sensibilisierung | bo <sup>48</sup>    | möglich                     | möglich <sup>49</sup> | 1                                      | graue Liste - keine<br>Gefährdung      | bis 2013                                                   |
| <b>Pyrimethanil,<br/>EFSA 2006 [20]</b>           |                        |                        |                                                   |                                        | keine                               | keine             | ni                                      | keine              | Nicht irritierend<br>Haut, Auge, keine<br>Sensibilisierung | ni                  | möglich <sup>50</sup>       | möglich <sup>51</sup> |                                        |                                        |                                                            |
| <b>Diethyltoluamid<br/>DEET</b><br>1982           | 134-62-<br>3           | Repellent              | -                                                 | -/-                                    | Keine<br>Daten                      | ni                | kein                                    | Ja                 | irritierend: Haut,<br>Augen,<br>Respirationstrakt          | ni                  | möglich                     | ni                    | 1                                      | ni                                     | ni                                                         |

<sup>47</sup> Gemäss PubChem stuft die US EPA 2006 den Stoff als mögliches Karzinogen ein, wurde aber 2018 zurückgestuft ("Not Likely to be Carcinogenic to Humans at Doses that Do Not Alter Rat Thyroid Hormone Homeostasis.") 41. PubChem Database, *Pyrimethanil*. n.a., National Library of Medicine: PubChem., keine Informationen dazu in den EFSA-Berichten oder der ECHA Datenbank. 42. US EPA, *Pesticide Tolerances: Pyrimethanil*. 2015, US EPA.

<sup>48</sup> Es konnten keine Informationen gefunden werden, was "Bo" in der PPDB zu bedeuten hat.

<sup>49</sup> Gemäss IEA 2002 ist Pyrimethanil ein Thyroid hormone disruptor "which seemed to enhance the hepatic metabolism and excretion of thyroid hormone" (Hurley, Hill & Whiting, 1998). Gemäss UNEP & WHO: "In rodents, a number of pesticides induce thyroid follicular cell tumours, including [...] pyrimethanil

<sup>50</sup> Körpergewicht reduziert und verzögerte Gewichtszunahme bei Nachkommen bei NOAEL 18.4 mg/kg KG/Tag

<sup>51</sup> Erhöhte Schilddrüsenhormon clearance: Induction of increased thyroid hormone clearance by enhanced hepatic metabolism resulting in chronic stimulation of thyroid gland

## A.10 HBM4EU Forschungsfragen zu Pestiziden

For the general population, pesticide residues in food constitute the main source of exposure. This has been illustrated in intervention studies where the urinary excretion of pesticides reduced markedly after one week of limiting consumption to organic food (Bradman et al. 2015; C Lu et al. 2006; Liza Oates et al. 2014). Similar conclusions have emerged from studies investigating associations between urinary concentrations of pesticides and questionnaire information on food intake and organic food choices. Thus a high intake of fruit and vegetables is positively correlated with pesticide excretion (Berman et al. 2016; Ye et al. 2015) and frequent consumption of organic produce is associated with lower urinary pesticide concentration (Berman et al. 2016; Curl et al. 2015). Children have higher food intake per kg body weight leading to higher exposure levels as also confirmed in most HBM-studies. Besides, non-dietary sources (e.g., residential use or living in the vicinity of pesticide treated crops) can also be important determinants of exposure (Babina et al. 2012; Curl et al. 2015; Curwin et al. 2007; Dereumeaux et al. 2018; Fortes et al. 2013; Glorennec et al. 2017; CS Lu et al. 2006; L. Oates et al. 2014; Roca et al. 2014; Ye et al. 2015).

*HBM4U project website <https://www.hbm4eu.eu/the-substances/pesticides/> chapter human exposure to pesticides.*

1. Which are the most suitable methods and biomarkers of exposure?
2. What are the current exposure levels of the EU population to the prioritised pesticides: pyrethroids, chlorpyrifos and dimethoate, glyphosate (in combination with polyethoxylated tallow amine (POEA)), and fipronil and do the exposure levels differ between countries?
3. What are the main dietary sources of exposure across the member states?
4. What are other sources and pathways of exposure?
5. What are exposure levels among occupationally exposed workers?
6. Are the exposure levels of health-relevance/concern for vulnerable groups (infants, children and pregnant women) or high exposure population groups (e.g., occupational exposure)?
7. How can cumulative risks of pesticide mixtures on health outcomes be assessed and integrated in regulation?
8. Is it possible to establish EU wide accepted health-based guidance values for the pesticides, preferably taking potential mixture effects and evidence from epidemiological studies into account?
9. How can HBM data from HBM4EU feed into prioritisation of the pesticides for risk assessments and regulatory decision-making?

**lease find answers to the updated (2020) Policy-related questions on Pesticides here**