



8.1.2021

Weiterentwicklung der Risikobeurteilung von PSM für Arthropoden

Schlussbericht

Autoren

Magdalena Steiner, Mikko Lehto, Erich Szerencsits, Judith Blom & Otto Daniel

Zusammenfassung

In diesem Schlussbericht werden die Ergebnisse aus dem Vorprojekt «Weiterentwicklung der Risikobeurteilung von PSM für Arthropoden» präsentiert. Ziel des Vorprojektes war es, vorhandene Informationen in Bezug auf die Exposition und das Ausmass der Effekte auf Nicht-Ziel-Arthropoden (non-target arthropods, NTA) durch PSM-Abdrift sowie die Erholung der NTA im Off-Crop-Bereich zu analysieren und darzustellen. Zwei Definitionen sind für das Verständnis und die richtige Einordnung des vorliegenden Berichtes wichtig: a) der Begriff NTA schliesst sowohl Nützlinge als auch alle anderen Arthropoden ein, die nicht den Schädlingen zugeordnet werden; b) der Begriff Off-Crop umfasst für diesen Bericht die Biodiversitätsförderflächen (BFF) und Biotope. Besonders geschützt sind die Biotope gemäss dem Natur- und Heimatschutzgesetz. In diesen Bereichen dürfen Tier- und Pflanzenarten auch durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln nicht gefährdet werden. Daher sind Auflagen für Biotope definiert, unter anderem Abstandsauflagen bei der PSM-Zulassung. Anders sieht es aus bei den ökologischen Ausgleichsflächen in intensiv genutzten Gebieten, zu denen die BFF gehören. Für diese Flächen an der Schnittstelle Naturschutz / Landwirtschaft sind noch keine klaren Schutzziele für NTA definiert.

Ergebnisse aus der Analyse der vorhandenen publizierten wissenschaftlichen Literatur

In den analysierten Labor- und Feldstudien war besonders auffällig, dass in den meisten Fällen die Exposition der NTA, also insbesondere die Konzentration der PSM in der Vegetation, nicht gemessen wurde. Eine Abdrift wurde entweder mit entsprechenden Modellen berechnet oder sogar nur angenommen. Bei der Berechnung der Exposition der NTA wurden, wie im Prüfverfahren der PSM auch, Modelle verwendet, die die dreidimensionale Deposition der PSM auf der Vegetation nur approximativ mit einem allgemeinen, nicht verifizierten «Verdünnungsfaktor» aber im Sinne einer Worst-Case-Berechnung berücksichtigen. Nicht beachtet wurde in diesen Studien, dass in verschiedenen Off-Crop-Bereichen (Art, Eigenschaften und Höhe der pflanzlichen Vegetation) die PSM-Depositionen unterschiedlich verteilt ist. Zu wenig berücksichtigt wurde auch die Konzentrationsabnahme der PSM durch Abwaschung oder Verdampfung. Das bedeutet, dass die wichtige Prämisse einer Dosis-Wirkungs-Beziehung für die beobachteten Effekte auf NTA-Gemeinschaften in der publizierten wissenschaftlichen Literatur kaum je erfüllt war. Es besteht daher ein grosser Bedarf, die tatsächliche Deposition der PSM im Off-Crop-Bereich und die damit verbundene Exposition der NTA besser zu untersuchen.

Ergebnisse aus der Analyse der Toxizitätsfeldstudien aus dem Zulassungsverfahren

In den letzten Jahren werden auch im Rahmen des PSM-Zulassungsverfahrens zunehmend Feldstudien durchgeführt, um die Wirkung der PSM ausserhalb der behandelten Flächen zu untersuchen. Diese Studien wurden in der Regel im Grasland gemacht, die PSM wurden dabei kontrolliert mit einem Spritzgerät direkt und nicht durch Abdrift von oben auf die zu untersuchenden Versuchsfelder appliziert. Untersucht wurden demnach hauptsächlich Pflanzenarten und Fauna des Graslands und die Auswirkungen einer durch das Ausbringen bedingten homogenen Verteilung der PSM in der Fläche. Diese Feldstudien simulieren nur beschränkt die Situation in anderen Off-Crop-Habitaten, haben aber den Vorteil einer Vergleichbarkeit untereinander.

In diesen Feldstudien waren die PSM-sensitivsten Taxa Webspinnen, Zikaden und verschiedene Vertreter von Blattkäfern. Eine Erholung nach erfolgter Schädigung wurde durch die Beobachtung beurteilt, ob die Anzahl der NTA sich wieder dem Niveau der Kontrollgruppe angleicht. In diesen Feldstudien wurde aber nicht zwischen Regeneration durch Reproduktion (interne Erholung) und Wiederbesiedelung durch Einwanderung (externe Erholung) unterschieden. Dies wäre jedoch wichtig um die Bedeutung von Vernetzung und Grösse der Ausgleichsflächen in intensiv genutzten Gebieten für die Erholung zu beurteilen. Die durchgeführten Feldstudien im Grasland geben einige Hinweise darauf, dass zwar Nützlinge, aber auch viele andere NTA geschädigt werden. Generell wurde in diesen Studien aber nie analysiert, welche Rolle dabei die Lebens- oder Fortpflanzungsweise der verschiedenen NTA spielt und

inwiefern diese Eigenschaften den Prozess der Erholung, der vermutlich von Art zu Art unterschiedlich ist, beeinflussen.

Ergebnisse der Analyse der Empfindlichkeit der NTA in Laborstudien gegenüber PSM

Die Laborstudien mit Nützlingen, welche im Rahmen des Zulassungsverfahrens durchgeführt werden, erlaubten vergleichende Analysen zur Empfindlichkeit der verwendeten Testarten und Testsysteme. Normalerweise wurden Studien mit den Blattbewohnern *Typhlodromus pyri* (Raubmilbe) und *Aphidius rhopalosiphi* (Schlupfwespe) (sogenannte Standard-NTA) durchgeführt. Wenn mit diesen Arten ein unannehmbares Risiko nicht ausgeschlossen werden konnte, wurden zusätzlich weitere Arten (z.B. Florfliege, Marienkäfer, Blumenwanze, Kurzflügler) getestet. Unsere Analyse zeigt, dass im Vergleich zu bodenbewohnenden NTA die Standard-NTA in der Regel sensitiver waren. Bei den blattbewohnenden NTA jedoch gab es mehrere Wirkstoffe, wo nicht die Standard-NTA, sondern die anderen sensitiver waren. Das bestätigt auch die Analyse der Feldstudien aus dem Zulassungsverfahren, in denen ebenfalls blattbewohnende NTA die sensitivsten waren. Zudem ist bekannt, dass die bestehenden Testprotokolle im Zulassungsverfahren die Empfindlichkeit der NTA gegenüber systemischen und hormonell wirkenden PSM nur ungenügend erfassen. Dies hat mit nicht getesteten Expositionspfaden (bei systemischen PSM ist der Frass relevant) und Lebensstadien (bei hormonell wirkenden PSM sind verschiedene Entwicklungsstadien relevant) zu tun.

Im Rahmen des Zulassungsverfahrens werden auch Bestäuber (Honigbienen und seit 2019 auch Hummel und Solitärbiene) und Bodenarthropoden (Milben, Springchwänze) getestet und bewertet. Die Risikobewertung für diese Gruppen basiert aber auf anderen Richtlinien als die Risikobewertung für NTA. Zusätzlich sind die Testsysteme und Testverfahren im Vergleich zu denjenigen für NTA sehr verschieden. Daher wurden weder Bestäuber noch Bodenarthropoden in die vergleichende Analyse miteinbezogen.

Ergebnisse einer vorläufigen Rangierung der Risiken der PSM für NTA

Um abschätzen zu können, welche Insektizid-Anwendungen in welchen Kulturgruppen für ein Folgeprojekt interessant sein könnten, wurden normierte TER (toxicity exposure ratios) mit Laborstudien berechnet. Diese Berechnungen wurden mit vereinfachten Modellannahmen und unter der Annahme gemacht, dass PSM durch Drift in Off-Crop-Bereiche unmittelbar neben den behandelten Flächen gelangen. Es wurden weder vertiefte Beurteilungen (z.B. Feldstudien), noch Risikominderungs-massnahmen oder mögliche Erholungen berücksichtigt; die normierten TER dienen damit zur Aufstellung von Ranglisten und dadurch dem Vergleich der potentiellen Wirkung einzelner PSM-Wirkstoffe. Mehrere der mit diesem Verfahren topgelisteten Wirkstoffe sind nicht mehr bewilligt, Verkaufs- und Aufbrauchfristen laufen aber teilweise noch. Zu den PSM im Feldbau (grösste Anbaufläche und Relevanz für den Off-Crop-Bereich) mit den obersten Risikorängen gehörten bewilligte Wirkstoffe der Pyrethroide und

Neonicotinoide. In anderen Kulturen war auch Spinosad bei den am höchsten gelisteten PSM. Diese bekanntermassen toxischen Wirkstoffe eignen sich daher dazu offene Fragen bezüglich der Risiken für NTA weiter zu untersuchen.

Abklärung der verfügbaren GIS Daten

Bereits heute existieren Geoinformationen über verschiedene Typen von Off-Crop-Habitaten in der Schweiz (Naturschutzgebiete/Biotope, Biodiversitätsförderflächen etc.). Eine weiterführende Analyse und Aufbereitung der Informationen über die Konfiguration und Vernetzung der verschiedenen Off-Crop-Habitate in der Schweiz ist prinzipiell möglich. Dies würde es in Zukunft erlauben, lokale Erkenntnisse (bestehende und neue) zu extrapolieren und evtl. Aussagen auf regionaler und nationaler Ebene zu ermöglichen. Dafür müssten aber erst die tatsächliche Exposition und die Wirkungen von PSM auf NTA in kleinräumigen Strukturen wie den BFF besser untersucht sein.

Schlussfolgerung

Die in diesem Vorprojekt bereitgestellten Informationen und die Ergebnisse der Analysen zeigen, dass die Risiken der PSM im Bereich der Ausgleichsflächen (insbesondere BFF) zu wenig gut untersucht sind. Wir schlagen vor in spezifischen Feldstudien die folgenden Themen genauer zu untersuchen:

- PSM-Deposition in der Vegetation (BFF),
- Empfindlichkeit ausgewählter NTA-Populationen gegenüber PSM,
- Erholungsfähigkeit der NTA-Populationen,
- Einfluss einer wiederholten PSM-Anwendung und
- Einfluss ökologischer Merkmale der NTA.

Mit den Erkenntnissen eines solchen Folgeprojektes kann der Schutz der NTA in den Ausgleichsflächen (BFF) auf mehreren Ebenen konkretisiert und verbessert werden.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Vorwort.....	6
2 Ausgangslage	7
3 Projektziel und Vorgehen	9
4 Wissenschaftliche Erkenntnisse zur Auswirkung der PSM auf die NTA am Feldrand	10
4.1 Publierte wissenschaftliche Labor- und Feldstudien.....	11
4.2 Off-Crop-Feldstudien aus der Zulassung.....	15
5 Potentielles Risiko der PSM für NTA	20
5.1 Sind Standard-NTA in Testsystemen am empfindlichsten?	21
5.2 Exposition in Testsystemen versus Empfindlichkeit.....	25
5.3 Ranglisten des potentiellen Risikos von PSM-Wirkstoffen	26
5.4 Spezielle Gruppen der PSM	28
6 Geoinformation zu Off-Crop-Habitaten	30
7 Schlussfolgerungen und empfohlenes Folgeprojekt	32
8 Referenzen.....	33

1 Vorwort

Im Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (AP PSM) soll mit der Massnahme 6.3.2.5 eine Weiterentwicklung der Risikobeurteilung für terrestrische Nichtzielorganismen erreicht werden. Das BAFU hat das Vorprojekt «Weiterentwicklung der Risikobeurteilung von Pflanzenschutzmitteln für Arthropoden» als Forschungsprojekt bei Agroscope finanziert. Die Arbeiten begannen am 1. Januar 2020. Der vorliegende Bericht beschreibt die geleisteten Arbeiten und Ergebnisse.

2 Ausgangslage

Im AP PSM soll mit der Massnahme 6.3.2.5 eine Weiterentwicklung der Risikobeurteilung für terrestrische Nichtzielorganismen erreicht werden. Das vorliegende Vorprojekt beschäftigt sich mit Nicht-Ziel-Arthropoden (*non-target arthropods*, NTA). Ihre Populationen und ihre Biodiversität haben aus verschiedenen Gründen stark abgenommen (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019; Hallmann et al., 2017). Der direkte Beitrag der Pflanzenschutzmittel (PSM) zum sogenannten «Insektensterben» ist bisher unklar. PSM werden zwar in den landwirtschaftlichen Parzellen (in-crop) angewendet, können aber durch Drift in Bereiche ausserhalb der Felder (off-crop) gelangen und dort Auswirkungen auf die NTA haben (Abb. 1). Während die Risikobeurteilung für NTA innerhalb der landwirtschaftlich genutzten Flächen primär den Nützlingsschutz zum Ziel hat, sollen ausserhalb der behandelten Flächen sowohl die Nützlinge als auch die anderen für die Biodiversität relevanten NTA geschützt werden (keine unannehmbaren Effekte). Gemäss Natur- und Heimatschutzgesetz sind die Schutzziele für Biotop- und Schutzgebiete nationaler Bedeutung klar definiert und erlauben keine Beeinträchtigung der darin lebenden NTA. Für das Ausbringen von PSM sind daher Abstandsauflagen zu Biotopen definiert worden. In ökologischen Ausgleichsflächen, zu denen Biodiversitätsförderflächen (BFF) zählen, ist eine Definition dieser Schutzziele aber bis jetzt nicht erfolgt. Die BFF dienen der Förderung von Nützlingen, aber auch zur Vernetzung von Biotopen mit dem Ziel der Förderung von Biodiversität in landwirtschaftlich geprägten Landschaften.

PSM können über verschiedene Pfade in Off-Crop-Bereiche gelangen und dort mit NTA in Kontakt kommen. Diskutiert werden in diesem Zusammenhang neben dem direkten Übersprühen im Randbereich die Einträge durch Luftverfrachtung von Spray-Drift oder Stäuben von Saatbeizmitteln. Auch nach erfolgter Deposition im In-Crop-Bereich können PSM sekundär durch Luftverfrachtung von Bodenpartikeln, Abschwemmung oder Verdampfung und nachfolgende Auswaschung aus der Atmosphäre in Off-Crop-Bereiche gelangen. In ESCORT 3 gibt es keine Information darüber, wie gross die tatsächlichen Anteile dieser möglichen Eintragspfade sind. Es wird erwähnt, dass derzeit Methoden, um die Deposition via die verschiedenen Eintragspfade im Off-Crop-Bereich zu messen, fehlen. Der Spray-Drift wird jedoch die grösste Bedeutung zugeordnet (EFSA Scientific Opinion, 2015).

Für mögliche Effekte auf NTA sind die Exposition (abhängig u.a. von Einsatzhäufigkeit und Einsatzmenge der PSM) sowie die Empfindlichkeit der NTA gegenüber den PSM ausschlaggebend. Zum Schutz der Biotop- werden im Zulassungsverfahren je nach Risiko des PSM Auflagen (Abstände) definiert um mögliche Risiken zu reduzieren.

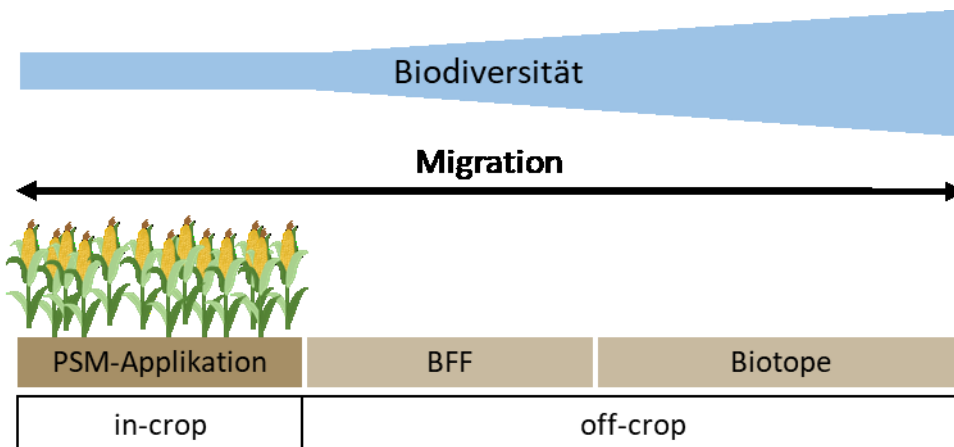


Abbildung 1: Schematische Darstellung von In-Crop- und Off-Crop-Habitaten. BFF = Biodiversitätsförderflächen.

Das Ausmass, die räumliche Ausbreitung und die Dauer der Effekte der PSM und die Kapazität zur Erholung der NTA in den Ausgleichsflächen (u.a. BFF) sind noch zu wenig bekannt. Der zeitliche Verlauf der Erholung wird bestimmt durch die Eigenschaften der PSM, deren Konzentrationsabnahme oder Sorption/Aufnahme in Pflanzen, Umweltfaktoren (Klima), vorhandene Ressourcen (Nahrung, Lebensraum) und die Empfindlichkeit und Fähigkeit zur Erholung der NTA.

Die PSM-Prüfung im Rahmen des Bewilligungsverfahrens basiert auf Methoden, welche zur Abschätzung einer Nützlingsgefährdung innerhalb der behandelten Felder (in-crop) entwickelt wurden. Die Bewertung von NTA ausserhalb des behandelten Feldes (off-crop) wird zwar seit mehr als 10 Jahren durchgeführt, muss aber verbessert werden. Eine Scientific Opinion der EFSA (Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit) aus dem Jahr 2015 wies speziell darauf hin, dass die Standardwerte bezüglich der Konzentrationsabnahme in der Vegetation nur auf spärlich vorhandenen Daten aus experimentellen Versuchen basieren und deshalb dringend vermehrt in Feldversuchen getestet werden sollten. Ausserdem wurde kritisiert, dass jeweils nur ein PSM-Produkt in einem einzigen Jahr betrachtet wird und eine Erholung nicht genügend in die Bewertung einfliesst. Ein weiterer Punkt, der erwähnt wird, ist, dass bisher Unterschiede in der Lebens- und Fortpflanzungsweise der NTA nicht berücksichtigt werden, diese aber potentiell grossen Einfluss auf das Regenerationspotential nach erfolgter Schädigung durch PSM haben. Zudem fehlt eine konzise Definition der Schutzziele für verschiedene Off-Crop-Habitate, die nicht zu den nationalen Biotopen zählen.

Fazit

Es fehlt eine verbindliche Anleitung der EFSA, wie die Risikoanalyse für NTA zu verbessern ist; die Publikation eines Guidance-Dokumentes wird seit Jahren verschoben. Eine Definition der Schutzziele für BFF wird auf nationaler Ebene stattfinden müssen.

3 Projektziel und Vorgehen

In diesem Vorprojekt sollten die nötigen Grundlagen für die Risikobeurteilung von PSM für NTA am Feldrand, im Off-Crop Bereich, erarbeitet werden.

Der erste Themenschwerpunkt beschäftigt sich mit der Frage, welche **wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Auswirkung** der PSM auf die NTA am Feldrand vorliegen. Grundlage war ein Literaturreview zur PSM-Deposition in verschiedene Habitate am Feldrand, über die toxischen Effekte auf NTA und die Bedeutung der Erholung in Habitaten am Feldrand. Dazu wurden die publizierte wissenschaftliche Literatur und die im Rahmen des PSM Zulassungsverfahrens eingereichten Feldstudien ausgewertet. Im zweiten Themenschwerpunkt wurden **Risikopotentiale** untersucht und eine **Rangliste** von Wirkstoffen mit den potentiell höchsten Risiken erstellt. Dazu wurden Toxizitätsdaten, welche im Rahmen des PSM Zulassungsverfahrens erhoben wurden, ausgewertet. In einem dritten Themenschwerpunkt wurde abgeklärt, wie räumliche Informationen helfen können, **potentielle Risiken auf Landschaftsebene** zu verstehen. Die Schweizer Kulturlandschaft könnte dank der Vernetzung und Vielfalt der einzelnen Strukturelemente für die Erholung von NTA nach einer Schädigung von Vorteil sein. Werden kleinräumige Elemente aber sehr stark geschädigt, z.B. durch eine Mehrfachbelastung aus umliegenden Feldern, stimmt diese Annahme nicht mehr. Der vierte Themenschwerpunkt soll zusammenfassend **fehlende Grundlagen** für die Risikobeurteilung darstellen.

4 Wissenschaftliche Erkenntnisse zur Auswirkung der PSM auf die NTA am Feldrand

4.1 Publierte wissenschaftliche Labor- und Feldstudien

Insgesamt wurden 28 Studien analysiert, die die Deposition von und die Effekte durch PSM-Drifteinträge auf NTA (ohne Berücksichtigung von Bestäubern und im Boden lebenden Arthropoden) im Off-Crop-Bereich behandeln. Primär wurden in den Studien die Effekte von Insektiziden untersucht, berücksichtigt wurden im Literaturreview aber jeweils alle Wirkstoffe, die getestet wurden. Aus den Studien wurden Informationen über folgende Aspekte zusammengefasst: Einflussfaktoren auf die Deposition von PSM im Off-Crop-Bereich, Einfluss der Vegetation, Exposition und Expositionswege von NTA, direkte und indirekte (angenommene) Drift-Effekte auf NTA, Vergleiche mit Toxizitätstests und Endpunkten, kulturspezifische Aspekte, Landschaftsaspekte und Erholung (Tabelle 1).

Tabelle 1: Wissenschaftliche publizierte Studien. Drift-Deposition: Drift-Deposition wurde gemessen; Expositionswege: Unterschiedliche Expositionswege (z.B. Kontakt und Oral) wurden in Hinblick auf toxische Effekte verglichen; Exposition-Effekt-Beziehung: Die toxischen Effekte wurden mit PSM-Drift entweder durch Depositionsmessungen in Verbindung gebracht (direkt) oder ein Eintrag von PSM-Abdrift wurde angenommen, aber nicht überprüft (indirekt); Erholung: Die Erholung der NTA nach erfolgter Störung durch PSM-Drifteinträge wurde gemessen; Landschaft: Der Einfluss von Landschaftsfaktoren im Zusammenhang mit PSM wurden untersucht.

Studie	Drift-Deposition	Expositionswege	Exposition-Effekt-Beziehung		Erholung	Landschaft	Untersuchte NTA	Studientyp
			direkt	indirekt				
Buczowski (2019)		x					Formicidae	Labor/Feldstudie
Bundschuh et al. (2019)		x		x			Orthoptera	Labor/Feldstudie
Felsot et al (2010)	X							Review
Frampton (2002)				x	X		Collembola	Feldstudie
Frampton & Dorne (2007)				x			Verschiedene	Metaanalyse
Gagic et al. (2019)				x	X		Räuberische Arthropoden	Feldstudie
Hahn et al. (2015)			x				Lepidoptera	Labor/Feldstudie
Koch, Weisser & Landfried (2003)	X							Feldstudie
Koch & Weisser (2004)	X							Feldstudie
Koch, Weisser & Strub (2004)	X							Feldstudie
Langhof, Gathmann & Poehling (2005)	X		x				<i>Aphidius</i> sp. & Coccinelidae	Feld/Labor
Lazzaro, Otto & Zanin (2008)	X							Feldstudie
Martin et al. (2019)						x	Coccinelidae	Metaanalyse
Moreby, Sotherton & Jepson (1997)				x			Heteroptera	Feldstudie
Mullié & Everts (1991)		x					Erigonidae	Labor
Nuyttens (2007)	X							Labor/Feldstudie
Otto et al. (2009)	X							Model
Rautmann, Streloke & Winkler (2001)	X							Feldstudie
Schaafsma et al. (2015)	x							Feldstudie
Sinha, Lakhani & Davis (1990)		x	x				Pieris brassicae	Feld/Labor

Studie	Drift-Deposition	Expositionswege	Exposition-Effekt-Beziehung		Erholung	Landschaft	Untersuchte NTA	Studientyp
			direkt	indirekt				
Suosa et al. (2009)		x					Isopoda	Labor
Topping et al. (2014)						x	Arachnidae, Coleoptera	Model
Ucar & Hall (2001)	X							Review
Ucar et al. (2003)	X							Labor
Van de Zande (2010)	X							Feldstudie
Vink (1995)		x					Isopoda	Labor
Vogt (2000)		x					Verschiedene	Labor
Yang et al (2019)				x		x	Coccinelidae	Feldstudie
Summe	12	8	3	5	2	3		28

Deposition und Exposition

Die Driftdeposition in unterschiedlichen Abständen vom Feldrand im Off-Crop-Bereich wird oft mit den sogenannten Rautmann-Driftwerten berechnet (z.B. in der Zulassung). Diese Werte repräsentieren die 90. Perzentile von PSM-Depositionen, welche in Feldversuchen mit standardisierten Methoden (z. B. Applikationstechnik, gemähte Wiese) und unter genauer Dokumentation vorherrschender Umweltbedingungen (z. B. Wind, Windrichtung, Luftfeuchtigkeit, Temperatur) ermittelt wurden. Diese Drift- und Depositionsversuche wurden jeweils für verschiedene Kulturen separat durchgeführt. Die Rautmann-Driftwerte wurden von der EU als repräsentativ eingeschätzt und sind weitgehend als Standardannahmen für Driftdeposition in der Risikobeurteilung akzeptiert. In den publizierten wissenschaftlichen Studien wurde die Deposition teilweise anhand der Rautmann-Driftwerte berechnet, aber nicht gemessen. Momentan wird in der Risikobeurteilung für die Zulassung zusätzlich ein ungenügend validierter Faktor von 10 einberechnet, der die Verteilung der PSM in der dreidimensionalen Struktur der Vegetation berücksichtigen soll. Die berechnete Deposition im Off-Crop-Bereich wird somit 10-mal tiefer eingeschätzt als die erwartete Deposition bei Rautmann-Drift-Werten. Aufgrund des grossen Einflusses vieler Umweltfaktoren und der ungleichverteilten Deposition in der Vegetation entsprechen die errechneten Depositionswerte daher selten der tatsächlichen Ablagerung. Deshalb ist eine Überprüfung der realen Exposition der NTAs in der Off-Crop-Vegetation nötig. Die körperinnere Exposition der NTA auf PSM kann über verschiedene Aufnahmepfade erfolgen: über Kontakt, durch Blattfrass, Atmung, Trinken, Pollenaufnahme und über Vektoren. Hauptexpositionsweg für NTA, mit Ausnahme der Bestäuber, scheint die Exposition über Kontakt, also durch Rückstände auf Oberflächen zu sein. Bei herbivoren NTA könnte der Frass eine zusätzliche Rolle spielen. Verschiedene Expositionswege zusammen genommen erhöhen in der Regel die totale Exposition. Metabolisierung und Ausscheidung von aufgenommenen PSM in den NTA sind nur partiell bekannt.

Effekte auf NTA im Off-Crop-Bereich

Die untersuchten Studien berichten von sehr unterschiedlichen (schwachen und kurzandauernden bis sehr starken) Effekten auf NTA im Off-Crop-Bereich. Die Depositionskonzentrationen mit den Effekten zu korrelieren war nicht möglich, da in den meisten Studien entweder die Deposition oder die Effekte gemessen wurden, selten beide Parameter. Es ist daher nicht möglich zu sagen, ob die gefundenen Effekte auf die Empfindlichkeit der Organismen gegenüber dem PSM, die Exposition mit dem PSM oder aber auf andere Faktoren zurückzuführen sind. Die Ergebnisse der wenigen Studien, die beide Parameter gemessen haben, deuten darauf hin, dass sowohl die Deposition als auch die Höhe der Effekte innerhalb des ersten Meters neben dem Feld am höchsten ist. Das bedeutet, dass grössere und vor allem breitere Off-Crop-Habitate direkt neben dem Feld die Erholung der NTA am Rand durch Einwanderung positiv beeinflussen könnten.

Es wurde in den Studien erwähnt, dass die Exposition mit subletalen Dosen auch einen Einfluss auf NTA haben kann, beispielsweise gemessen als Veränderung des Jagdverhaltens, gestörtes Orientierungsvermögen, verminderter Fortpflanzung, geringerer Verbreitung, verlangsamer Entwicklung oder Veränderungen im Balzverhalten. Die Auswirkungen sublethaler Exposition und damit verbundener Effekte, eventuell über den unmittelbaren Feldrand-Bereich hinaus, wurden aber nicht untersucht.

Kulturspezifische Aspekte

Die Drift in den Off-Crop-Bereich ist massgeblich von Höhe und Wuchs der Kulturen, die mit PSM behandelt werden, abhängig. In höheren Kulturen, wie z. B. im Obstbau, sind die Driftraten vergleichsweise höher als im Feld- oder Gemüsebau.

Landschaftsaspekte

BFF werden i.d.R. angrenzend an landwirtschaftlich genutzte Flächen angelegt. Sie sollen sich positiv auf die Einwanderung von Nützlingen in den In-Crop-Bereich auswirken und dienen der Förderung der Biodiversität im Off-Crop-Bereich. In den angeführten Studien gibt es Hinweise darauf, dass die NTA im Off-Crop-Bereich beeinträchtigt sind, zum einen durch PSM-Einträge durch Drift und zum anderen durch eine sogenannte «Source-Sink»-Populations-Dynamik, bei welcher Populationen in bestimmten Bereichen (in-crop) einen negativen Wachstumstrend aufweisen und durch Einwanderung aus stabileren Bereichen (off-crop) aufrechterhalten werden. Diese Dynamik führt zu einem Netto-Verlust von NTA im Off-Crop-Bereich (Source), der sich dort möglicherweise auf die Biodiversität und Biomasse der NTA auswirkt.

Erholung

Regeneration und Wiedereinwanderung sind wichtige Prozesse für die Erholung von NTA-Populationen nach einer Schädigung. In den Feldstudien, in denen die Erholung untersucht wurde, wurde zwischen diesen beiden Mechanismen nicht unterschieden, da die Erholung als die Wieder-Etablierung der ursprünglichen Gemeinschaft erfasst wird. Für Risikobeurteilung und -management von PSM aber auch für die Anlage der BFF sind Informationen zu Wiedereinwanderung und Regeneration relevant.

In der Risikobeurteilung für Off-Crop-Bereiche existiert ein Schutzziel für Biotope: eine Beeinträchtigung von Pflanzen und Tieren wird nicht toleriert und Abstandsaufgaben sind definiert. Für andere Off-Crop-Bereiche, zum Beispiel für BFF, sind keine klaren Schutzziele definiert. Zwar gibt es das Postulat, dass eine Erholung in einem ökologisch sinnvollen Zeitraum stattfinden soll; aber genauere Kriterien fehlen bisher.

Fazit

Es besteht ein Mangel an Information im Hinblick auf die reale Verteilung der PSM-Deposition in verschiedenen Off-Crop-Habitaten (insbesondere BFF) und der damit verbundenen Exposition der NTA, auf den Prozess der Erholung und auf die Rolle der ökologischen Merkmale der NTA wie die Lebens-, Ernährungs- und Fortpflanzungsweisen im Zusammenhang mit der Exposition und Erholung.

4.2 Off-Crop-Feldstudien aus der Zulassung

Zusätzlich zu der wissenschaftlich publizierten Literatur konnten Informationen über die Auswirkungen von PSM auf NTA auch den vorliegenden Feldstudien aus der PSM-Zulassung entnommen werden. Diese Studien folgen in Versuchsaufbau und -durchführung meist einem standardisierten Protokoll und werden in der Regel von privaten Unternehmen im Auftrag von Produktherstellern durchgeführt. Sie bezwecken eine vertiefte Risikoanalyse durch die Anwendung einer Testreihe verschiedener geringer Konzentrationen bis hin zu üblichen PSM-Anwendungsraten unter realistischen Feldbedingungen durchzuführen, um allfällige Bedenken bezüglich Akzeptabilität von Effekten aus den Laborstudien zu klären.

Das Ziel dieses Kapitels ist es, einen Überblick über die zeitlichen und örtlichen Rahmenbedingungen sowie über methodische Vorgehensweisen dieser Feldstudien zu geben und aufzuzeigen, welche Effekte auf NTA beobachtet wurden. Am Schluss werden diese Effekte im Hinblick auf die aktuelle Risikoeinschätzung der NTA im Off-Crop-Bereich diskutiert. Insgesamt wurden 28 Studien für 15 verschiedene Wirkstoffe in der PIERIS Datenbank für Toxizitätsstudien und EU Dokumenten zur Wirkstoffbeurteilung gefunden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Off-Crop-Studien, welche im Rahmen des Zulassungsverfahrens PSM durchgeführt wurden.

Nr.	Wirkstoff	Versuchsperiode	Versuchsdauer (Wochen)	Ort	Habitat	WS Testraten (g a.i./ha)	Toxische Referenz	Versuchsparzelle (ha)
1	Acetamiprid	15.5.- 24.6.2015	6	Baden-Württemberg DE	Weide	2 x 0.7, 2 x 1.4, 2 x 3.4, 2 x 7.2	Dimethoate 1600 g a.i./ha	0.09
2	Acetamiprid	12.5. - 7.7.2016	8	Elst, NL	Grasland	0.25, 0.71, 2.0, 5.65, 16	Chlorpyrifos-ethyl 750 g a.s./ha	0.09
3	Alpha-Cypermethrin	9.5. - 11.7.2011	5	Gers, SW FR	Grasland	0.051, 0.153, 0.460, 1.380, 2.657	Chlorpyrifos-ethyl 750 g a.s./ha	0.058
4	Alpha-Cypermethrin	9.5. - 11.7.2011	9	Gers, SW FR	Grasland	0.051, 0.153, 0.460, 1.380, 2.657	Chlorpyrifos-ethyl 750 g a.s./ha	0.058
5	Beta-cyfluthrin	28.6. - 6.8.2013	6	Baden-Württemberg, DE.	Weide	0.1, 0.4, 1.6, 6.0	Dimethoate 1600 g a.s./ha	0.09
6	Chlorpyrifos	26.5 - 28.6.2006	5	SW FR	Grasland	1, 5, 10, 100	Deltamethrin (AR 1 L Produkt/ha)	0.058
7	Chlorpyrifos	13.6. - 26.10.2007	19	St Pé St Simon, SW FR	Sorghumhirse	2 x 5, 2 x 740, 1 x 960	Chlorpyrifos-methyl 2 x 740 g a.s./ha	ca. 1
8	Chlorpyrifos	6.4.1992 - 6.4.1993	52	SW England	Weide	720	Triazophos 840 g a.s./ha	1.5
9	Chlorpyrifos	26.5. - 28.6.2006	5	NW FR	Grasland	1, 5, 10, 25, 100	Lambda-cyhalothrin 100 g a.s./ha	0.058
10	Chlorpyrifos	20.5.2006 - 22.6.2007	57	Indre et Loire, NW FR	Obstbau	960 oder 960 & 162	Dimethoate (1 L Produkt/ha)	0.198
11	Cypermethrin	27.6. - 27.8.2013	ca. 4	Gers, SW FR	Grasland	0.2, 0.78, 1.2, 3.8, 8.3	Dimethoate 800 g a.s./ha	0.078
12	Cypermethrin	24.6. - 17.7.2013	ca. 4	Hampshire, UK	Weide	0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2	Lambda-cyhalothrin 5 g a.s./ha	0.058
13	Deltamethrin	27.6. - 5.9.2011	6	Wageningen, NL	Grasland	0.1, 0.23, 0.6, 1.3, 3.0	Lambda-cyhalothrin 40 g a.s./ha	0.058
14	Deltamethrin	26.5. - 9.8.2011	11	Gers, SW FR	Grasland/Weide	0.1, 0.23, 0.6, 1.3, 3.0	Lambda-cyhalothrin 40 g a.s./ha	0.058
15	Dimethoate	1.5. – 30.9.2008	22	Brandenburg, DE	Alfalfa	2 x 0.009, 2 x 0.0435	Lambda-cyhalothrin 10 g a.s./ha + Flonicamid 70 g a.s./ha	1

Nr.	Wirkstoff	Versuchsperiode	Versuchsdauer (Wochen)	Ort	Habitat	WS Testraten (g a.i./ha)	Toxische Referenz	Versuchsparzelle (ha)
16	Flupyradifurone	27.6. - 30.8.2010	9	Wageningen, NL	Grasland/Weide	0.51, 1.7, 5.1, 21	Lambda-cyhalothrin 40 g a.s./ha	0.058
17	Flupyradifurone	13.7. - 18.9.2010	10	Lot et Garonne, SW FR	Grasland	0.51, 1.7, 5.1, 21	Lambda-cyhalothrin 40 g a.s./ha	0.048
18	Formetanate	17.5.2015 – 7.4.2016	46	Gers, SW FR	Grasland	0.7, 2.5, 7, 20, 43	Chlorpyrifos-ethyl 750 g a.s./ha	0.09
19	Formetanate	22.5. - 18.9.2008	17	IT	Alfalfa	2 x 21.0, 2 x 48.2	1. Karate (100 g/L Lambda-cyhalothrin) 2. TEPPEKI (500g/kg Flonicamid)	ca. 1
20	Phosmet	28.5.2014 - 16.4.2015	46	St Pé St Simon, SW FR	Grasland	5, 10, 17, 34, 65	Chlorpyrifos-ethyl 750 g a.s./ha	0.09
21	Phosmet	15.5. - 03.9.2008	16	IT	Alfalfa	1 x 14.5, 2 x 21.5, 2 x 63.5	1. Karate (100 g/L Lambda-cyhalothrin) 2. TEPPEKI (500 g/kg Flonicamid)	ca. 1
22	Phosmet	10.5. - 26.9.2008	20	Baden-Württemberg, DE	Winterweizen	1 x 14.5, 2 x 21.5, 2 x 42.5	1. Karate (100 g/L Lambda-cyhalothrin) 2. TEPPEKI (500 g/kg Flonicamid)	ca. 1
23	Phosmet	16.6. - 19.12.2014	28	Baden-Württemberg, DE	Grasland	5, 9, 16, 23,35	Chlorpyrifos 750 g a.s./ha	0.09
24	Spinosad	6.7. - 3.9.2012	13	Gers, SW FR	Grasland	0.375, 1.5, 6, 24, 96	Lambda-cyhalothrin 40 g a.s./ha	0.058
25	Sulcotrione	5.6. - 31.7.2012	9	Wageningen, NL	Grasland/Weide	2.4, 7.3, 22, 66, 198	Lambda-cyhalothrin 40 g a.s./ha	0.058
26	Sulfoxaflor	18.5. - 29.7.2010	6	Gers, SW FR	Grasland	0.3, 0.6, 1.2, 2.4, 4.8 , 9.6	Lambda-cyhalothrin 40 g a.s./ha	0.058
27	Thiacloprid	Juni - Juli 2012	ca. 8	Wageningen, NL	Grasland	0.56, 1.2, 4.7, 10.2, 27	Lambda-cyhalothrin 40 g a.s./ha	0.058
28	Thiacloprid	28.5. - 23.7.2012	8	SW FR	Grasland	0.56, 1.2, 4.7, 10.2, 27	Lambda-cyhalothrin 40 g a.s./ha	0.058

Deposition und Exposition

In den Off-Crop-Feldstudien wurden die zu untersuchenden PSM direkt auf der zu untersuchenden Vegetation appliziert. Die Anwendungsraten sind tiefer als die bewilligte Applikationsrate in der Kultur und sollen repräsentativ für die Driftdeposition am Feldrand sein. Die Benetzung der Vegetation durch die Spritzbrühe wurde mit wassersensitivem Papier überprüft. Teilweise wurden Testraten in grober Vereinfachung als «drift rates» bezeichnet, was nicht korrekt ist, weil die PSM direkt auf den Testparzellen appliziert wurden. Für eine bessere Einschätzung der Risiken, die durch Drift und Deposition im Off-Crop-Bereich entstehen, ist es aber wichtig, die Drift aus der behandelten Fläche und deren dreidimensionale Deposition in der Off-Crop-Vegetation zu messen und realistisch in der Beurteilung von Exposition, Toxizität und Erholung zu berücksichtigen.

Effekte auf NTA im Off-Crop-Bereich

In den Off-Crop-Feldstudien wurde dokumentiert, welche NTA-Taxa die grössten Effekte durch PSM-Anwendungen zeigten. Die Identität der beeinflussten Taxa war je nach Studie sehr unterschiedlich. Die Taxa, die über alle Studien hinweg am häufigsten Effekte aufzeigten, waren Araneae (Webspinnen; 15 Studien), Auchenorrhyncha (Zikaden; 12 Studien), Hymenoptera (Hautflügler; 12 Studien), Collembola (Springschwänze; 9 Studien), Heteroptera (Wanzen; 8 Studien) und Chrysomelidae (Blattkäfer; 7 Studien). In der Risikobeurteilung werden NTA durch die Stellvertreterarten *T. pyri* (Raubmilbe, Phytoseiidae) und *A. rhopalosiph* (Schlupfwespe; Aphidiinae) repräsentiert, bei Hinweisen auf nicht-akzeptable Risiken für NTA werden i. d. R. Studien mit weiteren Arten (z.B. *C. carnea* (Florfliege; Chrysopidae), *C. septempunctata* (Marienkäfer; Coccinellidae), *O. laevigatus* (Blumenwanze; Anthocoridae), *A. bilineata* (Kurzflügler, Staphylinidae) gefordert und berücksichtigt. Aber viele der Taxa, welche in den Feldstudien häufig Effekte aufzeigten, sind weder durch die Standard-NTA noch durch die weiteren Testarten auf taxonomischem Familien- bzw. Ordnungsniveau vertreten. Eine ausreichende Abdeckung der Off-Crop-Arthropoden-Gemeinschaften ist damit in Frage gestellt.

In keiner der Feldstudien wurden die Lebens-, Ernährungs- oder Fortpflanzungsweise der verschiedenen Taxa explizit berücksichtigt. Die Miteinbeziehung solcher Merkmale birgt aber einen hohen Informationsgehalt für eine Verbesserung der Risikoeinschätzung von NTA-Gemeinschaften im Off-Crop-Bereich und sollte daher angestrebt werden. Einige bekanntermassen für Arthropoden toxische Wirkstoffe, wie etwa Lambda-Cyhalothrin oder Pirimicarb, waren in den 28 verfügbaren Off-Crop-Studien nicht vertreten. Wahrscheinlich werden im Rahmen der Re-Evaluation der EU noch weitere Feldstudien durchgeführt werden.

Landschaftsaspekte und Versuchsanordnung

Als Versuchshabitat wurde hauptsächlich Grasland (extensive Wiesen mit unterschiedlicher Pflanzenzusammensetzung) verwendet, wobei innerhalb einer Studie oft die Homogenität der Vegetation innerhalb des Versuchsbereichs betont wurde. In den Studien wurden normalerweise eine Reihe verschiedener Testkonzentrationen getestet, wobei pro Versuchsparzelle jeweils eine Konzentration appliziert wurde. Pro Testkonzentration wurden meist vier Wiederholungen angelegt, die Versuchsparzellen wurden dabei «schachbrettartig» angelegt, wobei jede Versuchsparzelle (inkl. Kontrolle und toxische Referenz) von nicht-behandelten Parzellen umgeben war. Landschaftsaspekte wurden in den Feldstudien nicht berücksichtigt. Es ist davon auszugehen, dass diese Versuchsanordnungen die Situation von BFF und Biotopen am Feldrand in der Schweiz nicht realistisch wiedergeben.

Erholung

Die Wiederetablierung von NTA-Gemeinschaften und der Populationen einzelner Arten wurde als erreichte Erholung bewertet, sobald die Unterschiede im Vergleich zu Kontrollversuchen statistisch nicht mehr signifikant waren. Die Wiederetablierung findet durch eine interne Regeneration durch Fortpflanzung und durch eine Wiedereinwanderung von aussen statt. Die relativen Beiträge dieser Aspekte wurden in den Studien nicht erfasst. Für die Erholung könnten die relativen Beiträge dieser beiden Prozesse, je nach Grösse und Umgebungslandschaft des Off-Crop-Habitats sowie dem Verhältnis von beeinträchtigter zu nicht-beeinträchtigter Fläche durch PSM-Drift, sehr unterschiedlich sein. Die Versuchsanordnung beinhaltete eine relativ grosse unbehandelte Fläche, die beim Prozess der Erholung eine wesentliche Rolle spielen kann. Es ist unklar, ob die Resultate bezüglich der Effekte von PSM und der Erholung von NTA auf andere oder kleinere, begrenztere Lebensräume (wie z.B. Blühstreifen) übertragbar sind.

Die Studien wurden meist nach einer Saison (oder wenigen Wochen) beendet. Nur wenn keine Erholung innerhalb einer Saison stattfand, wurde die Studie verlängert. Es ist jedoch prinzipiell nicht auszuschliessen, dass Effekte erst nach mehreren Monaten ersichtlich werden, da auch subletale Effekte auf Larval-Entwicklung, Paarung und Fortpflanzung stattfinden können.

Fazit

Es gibt gewichtige Unsicherheiten bezüglich der Repräsentativität der Off-Crop-Feldstudien bei der untersuchten Vegetation, Fauna und der Versuchsanordnung, sowie der Erfassung der Erholung (Regeneration und Wiederbesiedelung). Insbesondere ist die Abbildung der Schweizer Situation mit kleinräumiger Landwirtschaft, vernetzten BFF und Biotopen in den Feldstudien im Rahmen der Zulassung ungenügend.

5 Potentielles Risiko der PSM für NTA

5.1 Sind Standard-NTA in Testsystemen am empfindlichsten?

Für die Beantwortung dieser Fragestellung wurden vergleichende Analysen zur Empfindlichkeit der verwendeten Testarten und Testsysteme durchgeführt. Basis waren Toxizitätsdaten für verschiedene Nützlinge, welche im Rahmen des Zulassungsverfahrens der PSM aus Berichten der EFSA und der PPDB (Pesticides Properties Data Base) erhoben oder von Firmen eingereicht wurden. Die Toxizitätsdaten wurden in der Datenbank PIERIS von Agroscope erfasst.

Insgesamt wurden für 252 Wirkstoffe LR50 oder ER50-Werte für NTA berücksichtigt. Der Endpunkt LR50 beschreibt die Applikationsrate, die eine 50-prozentige Mortalität verursacht, der ER50 definiert die Applikationsrate, die eine 50-prozentige Wirkung (in der Regel auf die Reproduktion) verursacht. Analysiert wurden alle Wirkstoffe, auch die, die nicht mehr zugelassen sind oder bei denen re-evaluiert wird, ob eine weitere Zulassung möglich ist. Die Endpunkte stammen aus einfachen Laborstudien auf Glasplatten oder mit Sand (Tier 1, 2D-System) oder komplexeren Laborstudien mit Blättern oder Boden (Tier 2, 2D-System) oder mit lebenden Pflanzen (Tier 2, 3D-System). Da die Endpunkte aus unterschiedlichen Testsystemen in der Risikobeurteilung im Rahmen des Zulassungsverfahrens unterschiedlich berücksichtigt und bewertet werden und weil es nicht für alle Wirkstoffe Studien mit sämtlichen Testsystemen gibt, wurden für eine vergleichende Analyse die Endpunkte wie folgt standardisiert (EP_{std}; standardisierter Endpunkt):

$$EP_{std} = (VDF \times LR50) / ECF \text{ oder } (VDF \times ER50) / ECF$$

VDF = Vegetation Distribution Factor. VDF = 10 für Endpunkte aus 2D-Testsystemen, VDF = 1 für Endpunkte aus 3D-Testsystemen.

ECF = Endpoint Correction Factor. ECF = 1 für Tier 1 Studien; ECF = 2 für Tier 2-Studien.

Für jeden Wirkstoff wurde der tiefste in PIERIS festgelegte EP_{std} pro NTA-Art gewählt. Nur jene Endpunkte wurden berücksichtigt, welche innerhalb des gemessenen Exposition/Effektbereichs lagen.

Für 174 von 252 Wirkstoffen (69 %) basierte der tiefste EP_{std} auf Studien mit einer der zwei Standard-NTA *A. rhopalosiphi* oder *T. pyri*. Für 6 Wirkstoffe konnte für *A. rhopalosiphi* oder *T. pyri* keine EP_{std} berechnet werden, da es keine LR50 oder ER50 Werte gab. Bei den Wirkstoffen, bei denen mehr als die zwei Standard-NTA getestet wurden, wurde die tiefere EP_{std} der beiden Standardarten mit den EP_{std} der anderen Testarten verglichen, separat für Tier 1 und Tier 2 (Tabelle 3).

Für die meisten Wirkstoffe ist der tiefere EP_{std} der zwei Standard-NTA tiefer als der der anderen Testarten; die Standard-NTA reagierten also sensibler auf die jeweilige Wirksubstanz. Über alle NTA zusammengefasst lässt sich sagen, dass auf Tier 1 Ebene die Standard-NTA bei ca. 95 % der Wirkstoffe sensibler reagierten als die anderen NTA. Das wird vor allem im Vergleich mit den bodenbewohnenden NTA deutlich: Verglichen mit den EP_{std} der

bodenbewohnenden Arten haben die Standard-NTA bei praktisch allen getesteten Wirkstoffen sensibler reagiert.

Aber für *Coccinella* sp. (Marienkäfer) und andere blattbewohnende Arten (dazu gehören hauptsächlich weitere Raubmilben und Schlupfwespen) waren die Tier 1 EP_{std} bei 22-23 % der Wirkstoffe tiefer als bei den Standardarten. Beim Vergleich der EP_{std} der Standard-NTA bei den Tier 2 Studien waren die Unterschiede bezüglich der blattbewohnenden Arten grösser. In ca. 23 % der Studien waren die EP_{std}-Werte für *Coccinella* sp. und *Orius* sp. niedriger, bei anderen blattbewohnenden Arten waren die EP_{std}-Werte sogar in 50 % der Studien niedriger.

Tabelle 3: Vergleich des EP_{std} zwischen der Standard-NTA (tiefster EP_{std} von *T. pyri* und *A. rhopalosiphii*) und der EP_{std} anderer NTA. Ein tieferer EP_{std} bedeutet eine höhere Toxizität. Für *Coccinella* (Marienkäfer) und *Orius* (Blumenwanzen) wurden mehrere Arten aus gleicher Gattung zusammengeführt. Die im Blattwerk lebende *C. carnea* gehört in die Familie der Florfliegen. Die Arten der Gattung *Pardosa* sind verschiedene am Boden freilaufende Wolfsspinnen, *P. cupreus* ist ein auf dem Boden lebender Käfer aus der Familie der Laufkäfer, *A. bilineata* ist ein am Boden lebender Käfer aus der Familie der Kurzflügler. Die Gruppe «Andere Blatt» beinhaltet weitere blattbewohnenden Arten und die Gruppe «Andere Boden» weitere bodenbewohnenden Arten. Die Vergleiche in der oberen Tabelle basieren auf Tier 1 EP_{std} Werten und in der unteren auf Tier 2 EP_{std} Werten.

Tier 1 EP _{std}								
Arthropoden	Blattbewohnende NTA				Bodenbewohnende NTA			
	Chrysoper la carnea	Coccinella sp.	Orius sp.	Andere Blatt	Pardosa sp.	Aleochara bilineata	Poecilus cupreus	Andere Boden
Vergleiche Total	49	18	10	13	30	38	64	2
Standard-NTA tiefer	47	14	9	10	29	38	64	2
Anteil Standard-NTA tiefer (%)	96 %	78 %	90 %	77 %	97 %	100 %	100 %	100 %
Tier 2 EP _{std}								
Arthropoden	Blattbewohnende NTA				Bodenbewohnende NTA			
	Chrysoper la carnea	Coccinella sp.	Orius sp.	Andere Blatt	Pardosa sp.	Aleochara bilineata	Poecilus cupreus	Andere Boden
Vergleiche Total	49	26	13	14	13	21	8	3
Standard-NTA tiefer	45	20	10	7	12	21	8	3
Anteil Standard-NTA tiefer (%)	92 %	77 %	77 %	50 %	92 %	100 %	100 %	100 %

Basierend auf den aktuellen Testprotokollen und Risikobeurteilungsmethoden scheinen die Risiken für einen grossen Teil der getesteten NTA, vor allem bodenbewohnende NTA, durch die Risikobeurteilung für *A. rhopalosiphii* oder *T. pyri* abgedeckt zu sein. In erster Linie bestätigt diese Analyse die Studie von Candolfi et al. (1999), die zum Schluss kam, dass mögliche Risiken für NTA durch die Bestimmung der Effekte bei den beiden empfindlichen Arten *T. pyri* und *Aphidius* spp. genügend abgedeckt sind. Es gibt jedoch jeweils zwei Punkte zu bedenken: die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere NTA und die Vergleichbarkeit der Testsysteme.

Weil die Methoden für die Risikobeurteilung ursprünglich nur zur Abschätzung einer möglichen Nützlingsgefährdung innerhalb der behandelten Felder entwickelt wurden, gehören alle verwendeten Testarten für die NTA-Studien (heute und in der erwähnten Studie) zu den sogenannten Nützlingen. Im Off-Crop-Bereich sollen gemäss aktueller Schutzziele aber nicht nur Nützlinge, sondern die Diversität der NTA insgesamt geschützt werden. Es ist deshalb

unklar, ob die aktuellen Testarten dafür geeignet sind, die Erreichung dieses Schutzzieles zu beurteilen.

Offen bleibt auch die Frage, ob und inwiefern Nützlinge, die in unterschiedlichen Testsystemen getestet werden, sich mit gleichen Methoden beurteilen lassen. Ein Vergleich der Testsysteme ist generell heikel, nicht nur, weil andere NTA-Arten getestet werden, sondern auch weil Exposition/Aufnahme, die Dauer des Kontakts mit PSM, die Dauer der Studien, die untersuchten Stadien und auch die erfassten Parameter sich unterscheiden (Candolfi et al., 2000). In Tier 1 Studien werden die bodenbewohnenden Arten auf Sandplatten und die blattbewohnenden Arten (wie z.B. *A. rhopalosiphi* oder *T. pyri*) auf Glasplatten getestet. Es bleibt unklar, ob die bodenbewohnenden Organismen wirklich weniger sensitiv gegenüber PSM sind oder aber, ob die Exposition im Testsystem geringer ist als für die blattbewohnenden Arten.

Neben den Studien für NTA werden auch Bienen-Studien (Honigbiene, *Apis mellifera*; seit 2019 auch Hummeln und Solitärbiene) im Rahmen der Risikobeurteilung gefordert und bewertet. Geliefert werden für die Honigbiene die Endpunkte LD50oral und LD50contact. Sie beschreiben die Dosis, die eine 50-prozentige Mortalität verursacht, entweder bei Aufnahme von Nahrung («oral») oder durch direkte Applikation der Testsubstanz auf die Biene («contact»). Die Testsysteme unterscheiden sich sehr stark von jenen der NTA, bei denen die Substanzen auf verschiedene Testsubstrate (Glasplatte, Sand, Blatt, Pflanze) aufgebracht werden. Dazu werden die Risiken gemäss anderen Richtlinien beurteilt. Eine geeignete Methode, die Endpunkte zwischen NTA und Bienen zu vergleichen, ist bis jetzt nicht bekannt.

Zusätzlich zu den Studien für NTA und Bienen werden auch zwei Bodenarthropoden, *Folsomia candida* (Springschwanz) und *Hypoaspis aculeifer* (Raubmilbe) im Rahmen der Risikobeurteilung für Bodenmakroorganismen getestet und bewertet. Diese Studien unterscheiden sich aber erheblich von denjenigen der NTA in Bezug auf die Exposition und die abgeleiteten Endpunkte. In diesen Studien werden anstelle von LR50 oder ER50-Werten NOEC (No Effect Concentration)-Werte bestimmt, die Einheit ist mg/kg anstatt kg/ha. Ausserdem werden für die Bodenmakroorganismen nur die In-Crop-Risiken beurteilt. Für einen aussagenkräftigen und bedeutungsvollen Toxizitätsvergleich zwischen NTA und Bodenarthropoden wären daher weitere Analysen nötig, die eventuell in einem Folgeprojekt durchgeführt werden könnten.

Fazit

Häufig, aber nicht immer, ist die Empfindlichkeit der Standard-NTA (*A. rhopalosiphi* und *T. pyri*) höher als jene der anderen Arten. Insbesondere für die bodenbewohnenden NTA trifft dies in hohem Mass zu. Im Gegensatz dazu waren bei den blattbewohnenden NTA für einen nennenswerten Anteil der Wirkstoffe nicht die Standard-NTA, sondern die anderen Arten empfindlicher. Letztendlich unterscheiden sich in den Labortests aber nicht nur die untersuchten NTA, sondern auch die Testsysteme, d.h. auch die Art der Exposition. Bei den Studien mit

Bienen erfolgt die Exposition kutikulär oder oral; d.h. als Dosis und nicht via Kontakt mit oberflächlich deponierten PSM. Je verschiedener die Testsysteme sind, desto heikler ist ein direkter Vergleich der Toxizitätswerte.

5.2 Exposition in Testsystemen versus Empfindlichkeit

In Tabelle 3 wurde zwischen blattbewohnenden und bodenbewohnenden Arthropoden unterschieden. Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, sind die Toxizitätsendpunkte für verschiedene Arten aufgrund unterschiedlicher Testmethoden nicht einfach vergleichbar (siehe Tabelle 3).

Diese Studien unterscheiden sich massgeblich von den in der klassischen Toxikologie durchgeführten Dosis-Wirkungsstudien, es sind vielmehr Expositions-/ Wirkungsstudien. Die im Testsystem eingestellte Exposition kann sehr einfach (Stichwort: definierte Sprühdeposition auf Glasplatte) oder etwas komplexer (definierte Sprühdeposition auf Blatt) «simuliert» werden. Sie unterscheidet sich aber je nach Testsystem von der Exposition, die im Feld auftritt. Dies hat unter anderem damit zu tun, dass die Deposition im Off-Crop-Bereich je nach Vegetationstyp, den wachsenden Pflanzenarten und deren Alter und Höhe, aber auch deren Entfernung zum Feld sehr unterschiedlich sein kann. Zudem führt die Aufnahme von PSM über Kontakt (laufen auf übersprühten Oberflächen oder direktes Übersprühen) oder durch Frass und Trinken (Herbivore, Nektar, Pollen, Guttation) zu einer unterschiedlichen oder sogar akkumulierten «inneren Dosis» der PSM. Deshalb können Risiken für blattbewohnende, herbivore, bodenbewohnende oder bestäubende Arthropoden nur dann unterschieden werden, wenn die Aussagekraft der Testmethoden im Vergleich zu Feldsituationen verstanden wird.

Beispielsweise kann für bodenbewohnende NTA die Exposition geringer sein als für blattbewohnende Arten, weil die Deposition der PSM unten auf dem Boden, bedingt durch die Interzeption mit dem Blattwerk, geringer als oben ist. Auch zwischen blattbewohnenden Arten kann es Unterschiede bezüglich der Exposition geben, je nachdem, welchen Teil der Vegetation sie als Lebensraum bevorzugen.

Herbivore NTA werden momentan nicht getestet, weil es keine akzeptierten Testprotokolle gibt. Dieser Mangel wurde bereits in der EFSA Scientific Opinion (2015) erwähnt. Obwohl die Exposition über Kontakt vermutlich der wichtigste Expositionsweg ist, könnte die orale Aufnahme für Herbivore, vor allem bei systemischen PSM, eine wichtige Rolle spielen.

Bienen können, zusätzlich zum Kontakt, in den Blüten über Nahrung (Pollen, Nektar) und über Guttationswasser PSM aufnehmen. Erst seit kurzem werden auch Wildbienen und weitere Bestäuber thematisiert.

Fazit

Die Empfindlichkeit der NTA im Labor ist sehr unterschiedlich und hängt in hohem Ausmass vom Testsystem selbst und der dort gewählten Art der Exposition ab. Eine Übertragung auf Feldsituationen erfolgt bisher mit zu einfachen Annahmen und auf eine Weiterentwicklung der Methodik wird seit längerem gewartet. Zurzeit gibt es viele Meinungen und theoretische Modellvorstellungen, aber wenig belastbare Zahlen aus Feldstudien.

5.3 Ranglisten des potentiellen Risikos von PSM-Wirkstoffen

Um abzuschätzen, welche Insektizid-Anwendungen in welchen Kulturgruppen für ein Folgeprojekt interessant sein könnten, wurden normierte TER (toxicity exposure ratios) mit Laborstudien berechnet. Diese Berechnungen wurden mit vereinfachten Modellannahmen gemacht unter der Annahme, dass die PSM durch Drift in Biotop unmittelbar neben den behandelten Flächen gelangen; sie berücksichtigen nicht die unterschiedliche Empfindlichkeit der Testsysteme im Labor (siehe vorheriges Kapitel), vertiefte Beurteilungen (z.B. Feldstudien), Risikominderungsmaßnahmen oder eine mögliche Wiedererholung und dienen hier dem Vergleich einzelner PSM-Wirkstoffe (Ranglisten).

Die Off-Crop-Risiken für NTA wurden basierend auf den tiefsten EP_{std} -Werten für jeden Wirkstoff (Kapitel 5.1) für sämtliche in 2020 zugelassenen Indikationen berechnet. Indikationen, die nicht Drift-relevant sind (z.B. Anwendungen als Saatbeizmittel oder im Gewächshaus), wurden von der Analyse ausgeschlossen, ebenso Indikationen von zugelassenen Wirkstoffen, für die es keine NTA-Studien in PIERIS gibt. Insgesamt wurden 1537 Produkte mit 162 Wirkstoffen und 19'002 Indikationen analysiert. Pro Anwendungsgebiet (Beerenbau, Obstbau, Gemüsebau, Weinbau und Feldbau) wurden die Risiken (TER, Toxicity-Exposure-Ratio) für die einmalige Worst-Case-Anwendung pro Wirkstoff als $TER = EP_{std} / (AR \times DR)$ berechnet; AR = Applikationsrate, DR = Kultur-spezifische Drift-Raten gemäss Rautmann et al. (2001), ohne Berücksichtigung der jeweiligen im Rahmen der Zulassung verfügbaren Auflagen. Wichtig ist, dass diese TER-Werte nicht denjenigen, die für die Zulassung verwendet wurden, entsprechen, vor allem, weil in der Zulassung zusätzliche Studien (z.B. Feldstudien) berücksichtigt werden.

In Tabelle 4 sind die Wirkstoffe aufgelistet, die in zumindest einem Anwendungsgebiet zu den 10 potentiell risikoreichsten Stoffen für NTA gehören. Über alle Anwendungsgebiete gesehen waren die risikoreichsten Wirkstoffe Insektizide, die das Nervensystem der Arthropoden beeinflussen (Neonikotinoide, Pyrethroide, Organophosphate). Interessanterweise war auch das Herbizid Glufosinat in sämtlichen Anwendungsgebieten relativ hoch im Ranking. Die Zulassungen für Glufosinat sowie für die Organophosphate Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl und Dimethoat sind zwar inzwischen zurückgezogen worden, es gibt aber noch eine Ausverkaufs- oder Aufbrauchfrist, weshalb sie im 2020 noch eingesetzt werden durften. Das Neonikotinoid Thiacloprid ist mittlerweile in der EU nicht mehr zugelassen, in der Schweiz aber noch im Handel. Von den übrigen Wirkstoffen sind verschiedene Pyrethroide, vor allem Lambda-Cyhalothrin und Cypermethrin, sowie das Neonikotinoid Acetamiprid, aber auch Spinosad (ein Spinosyn) diejenigen Wirkstoffe mit den höchsten Risiken für NTA. Sie werden jeweils in mehreren Anwendungsgebieten eingesetzt.

Tabelle 4: Risikoranking von bewilligten Wirkstoffen pro Anwendungsgebiet. Die Zahlen repräsentieren hier die Position innerhalb der Rangliste, wobei «1» die Position mit dem höchsten Risiko darstellt.

Wirkstoff	Chemical family	Beerenbau	Gemüsebau	Obstbau	Weinbau	Feldbau
Chlorpyrifos	Organophosphate	1	1	kA	2	1
Lambda-Cyhalothrin	Pyrethroids/Pyrethrins	2	2	1	kA	3
Glufosinate	Phosphinic acid (herbicide)	5	8	6	3	6
Thiacloprid	Neonicotinoids	4	4	3	kA	5
Chlorpyrifos-methyl	Organophosphate	kA	kA	2	1	2
Cypermethrin	Pyrethroids/Pyrethrins	3	3	kA	kA	4
Spinosad	Spinosyns	9	7	9	5	>10
Acetamiprid	Neonicotinoids	8	9	7	kA	7
Pyrethrine	Pyrethroids/Pyrethrins	>10	>10	>10	6	>10
Clethodim	Cyclohexanedione 'DIMs' (herbicide)	>10	>10	>10	7	>10
Deltamethrin	Pyrethroids/Pyrethrins	7	6	kA	kA	9
Schwefel	Unknown	>10	>10	>10	4	kA
alpha-Cypermethrin	Pyrethroids/Pyrethrins	6	10	kA	kA	8
Dimethoate	Organophosphate	kA	5	4	kA	kA
Pirimicarb	Carbamates	>10	>10	10	kA	>10
Fenpyroximate	METI acaricides and insecticides	>10	>10	>10	10	kA
Emamectinbenzoat	Avermectins/Milbemycins	kA	>10	8	kA	>10
Spirodiclofen	Tetronic and Tetramic acid derivatives	>10	kA	>10	8	kA
zeta-Cypermethrin	Pyrethroids/Pyrethrins	10	>10	kA	kA	10
Cyazofamid	Cyano-imidazole (fungicide)	kA	>10	kA	9	>10
Spinetoram	Spinosyns	kA	kA	5	kA	kA

kA = Keine zugelassene Anwendungen im jeweiligen Anwendungsgebiet.

>10 = Dieser Wirkstoff ist im jeweiligen Anwendungsgebiet zugelassen aber nicht unter den Top-10 Wirkstoffen.

Fazit

Im Feldbau, mit der grössten Anbaufläche und Relevanz für den Off-Crop-Bereich, sind zugelassene Wirkstoffe der Familien der Pyrethroide, Neonicotinoide und Organophosphate in den Top-10 der Rangliste. Die Organophosphate Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl und Dimethoat sind nicht mehr zugelassen, wurden aber im 2020 noch im Rahmen der Ausverkaufs- oder Aufbrauchfristen eingesetzt. In anderen Kulturen ist auch Spinosad bei den am höchsten gelisteten PSM. Diese Wirkstoffe eignen sich wegen ihres vergleichsweise hohen Risikopotentials gut für weitere (Feld-) Studien.

5.4 Spezielle Gruppen der PSM

Systemisch wirkende Insektizide wie z.B. Neonikotinoide, werden von den Pflanzen aufgenommen, innerhalb in der Pflanze verteilt und schützen die Pflanzen während längerer Zeit vor dem Frass durch Insekten. Deshalb kann es auch Rückstände in den Pflanzen und Pollen geben, die von den NTA über die Nahrung aufgenommen werden. Wie im Kapitel 5.2 bereits erwähnt, wird aber für NTA im Beurteilungsverfahren momentan nur die Kontakttoxizität getestet. Bleiben die Rückstände aber länger in den Pflanzen, können vor allem Herbivoren chronisch exponiert werden. Es wäre deshalb wichtig, Langzeit-Experimente mit herbivoren Arthropoden durchzuführen, um die relative Bedeutung der akuten Kontakttoxizität und der chronischen Toxizität durch orale Aufnahme aufzuzeigen. In der Abbildung 2 sind die log transformierten EP_{std} -Werte verschiedener Insektizide dargestellt. Es lässt sich kein eindeutiges Verteilungsmuster bezüglich den systemisch und nicht-systemisch wirkenden Stoffen erkennen. Zu bemerken ist aber auch, dass die getesteten Organismen Nützlinge sind, deren getesteten Lebensstadien räuberisch oder parasitisch sind und die sich nicht herbivor ernähren.

Hormonell wirkende Insektizide beeinflussen das Wachstum bzw. die Entwicklung der NTA. Deshalb sind die negativen Effekte für die verschiedenen Lebensstadien (Ei, Larve, Imago) unterschiedlich stark. In den Standardtests werden die meisten Testarten als adulte Individuen oder als Protonymphen (*T. pyri*) oder Nymphen (*O. laevigatus*) exponiert, aber für *C. septempunctata* und *C. carnea* werden die Larven exponiert. Die Testprotokolle können angepasst werden, um die Wirkung von hormonell-wirkenden Insektiziden auf verschiedene Lebensstadien, z.B. Eier, zu testen. Für Fenoxycarb, das die Metamorphose zur Imago hemmt, sind die Effekte auf *P. cupreus* und *C. septempunctata* deutlich stärker (Faktor > 24), wenn Larven anstelle von adulten Tieren exponiert werden. Lufenuron inhibiert die Chitin-Biosynthese von Larven, dennoch ist der LR50 für *O.-laevigatus*-Nymphen 10-mal tiefer, wenn anstelle von Nymphen Eier exponiert sind. Einige Wirkstoffe sind hochselektiv gegenüber gewissen Organismengruppen: Tebufenozid, ein Agonist des Ecdyson-Rezeptors, verursacht hochselektiv nur bei Schmetterlingslarven eine verfrühte Häutung. Deshalb gibt es in den Standardtests mit den Standardarten kaum negative Effekte. Da es kein validiertes Testprotokoll für Schmetterlinge gibt, können die Effekte aber nur qualitativ und nicht quantitativ aufgezeigt werden.

Für die Wirkstoffe, die das Wachstum oder die Entwicklung beeinflussen (Lufenuron, Fenoxycarb, Diflubenzuron, Tebufenozide, Novaluron, Etoxazol, Hexythiazox und Buprofezin) gab es grosse Unterschiede in Bezug auf ihre Toxizität. Zu bemerken ist, dass die Wirkstoffe, bei denen der tiefste EP_{std} nicht von den Standardarten, sondern von *Coccinella* oder *C. carnea* stammt, zu den toxischeren Stoffen gehören.

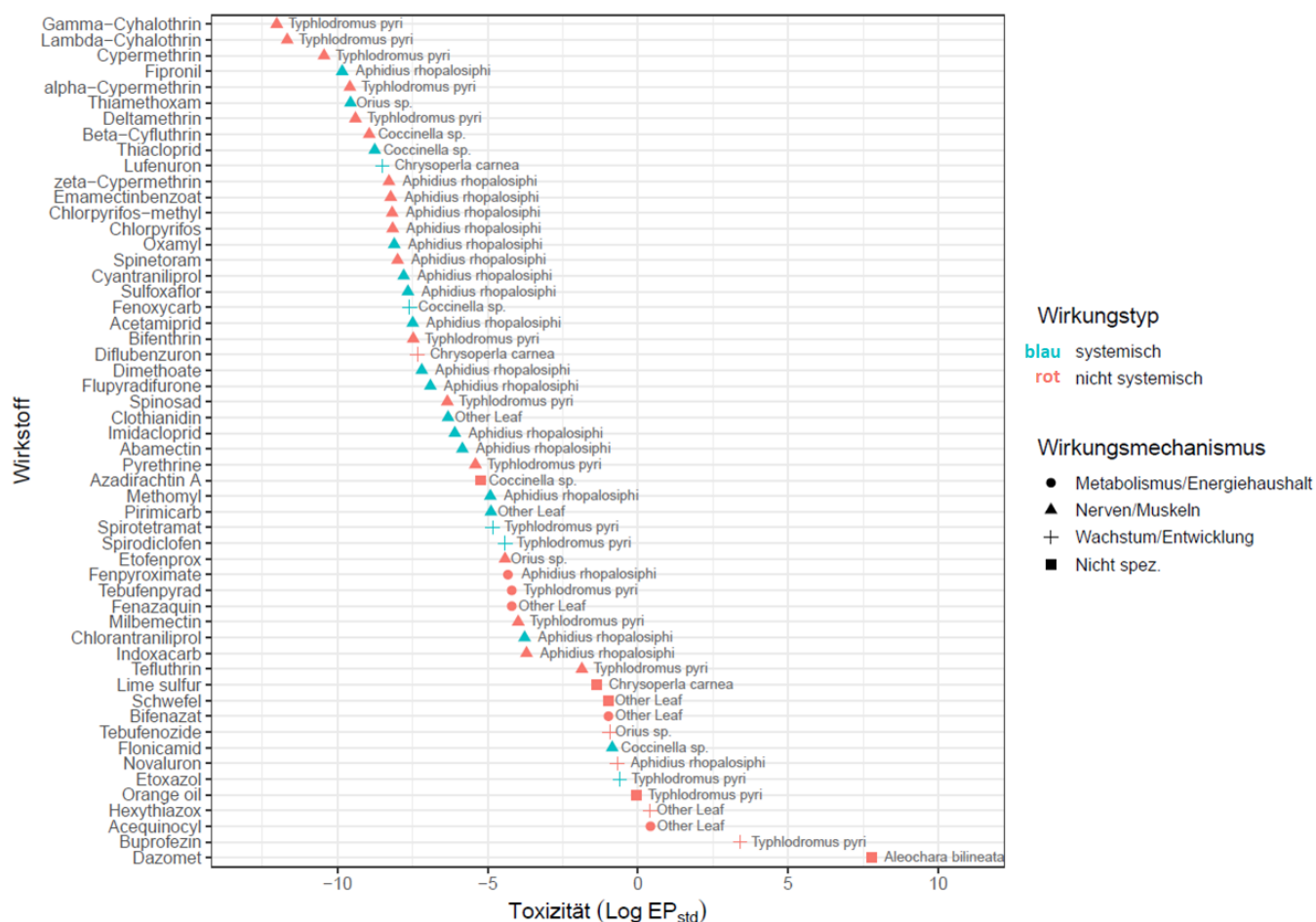


Abbildung 2. Standardisierte Toxizität als Log EP_{std} für Insektizide. Tiefere EP_{std}-Werte bedeuten eine höhere Toxizität. Die Symbole kennzeichnen die Art der Wirkung. Blau markiert sind Wirkstoffe, die die Pflanzen systemisch schützen, alle anderen Wirkstoffe sind rot gefärbt und nicht systemisch.

Fazit

In den Laborstudien (worst-case, extended) zur Toxizität erfolgt die Exposition primär über Kontakt und mit adulten Tieren, auch für Wirkstoffe, welche systemisch (über die Pflanze) und solche, welche Wachstum/Entwicklung der juvenilen NTA hormonell beeinflussen. Die gemessene Toxizität von systemisch (in der Pflanze verteilt) und hormonell (im Insekt) wirkenden Insektiziden unterscheidet sich nicht wesentlich von anderen Insektiziden. Das hat damit zu tun, dass die Testmethoden für systemisch und hormonell wirkende Insektizide nicht genügend geeignet sind (ESCORT 2; Candolfi et al. 2000). Für die systemischen Insektizide muss abgeklärt werden, ob die toxische Wirkung bei oraler Aufnahme grösser ist als jene durch Kontakt und ob tatsächlich die relevanten Organismen getestet werden. Bezüglich der Insektizide, die das Wachstum oder die Entwicklung der NTA beeinflussen, ist es wichtig, relevante Organismen und Lebensstadien zu testen.

6 Geoinformation zu Off-Crop-Habitaten

Die Lage der Off-Crop-Habitate in Bezug auf die landwirtschaftlichen Kulturen ist ausschlaggebend für die Wahrscheinlichkeit und die Höhe einer Exposition. Für die Stabilität der NTA-Populationen und die Wiederbesiedlung betroffener Habitate sind zusätzlich die Häufigkeit, Fläche, Qualität und Vernetzung der Off-Crop-Habitate wichtig. Thematisch wird zwischen dem gesetzlichen Natur- und Artenschutz (Biotope) und der Biodiversitätsförderung auf der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (BFF) unterschieden. Für die räumliche Modellierung stehen mittlerweile hoch aufgelöste Geoinformationen zur Verfügung. Im Hinblick auf eine mögliche räumliche Analyse zur Einschätzung des potentiell betroffenen terrestrischen Off-Crop-Bereichs in der Schweizer Landschaft wurde im Rahmen des Vorprojektes vereinbart, die Verfügbarkeit von relevanten Geoinformationen zu prüfen. Das genaue Wissen über die Häufigkeit und den Vernetzungsgrad von Off-Crop-Flächen, aber auch das Wissen über die Möglichkeiten eines Mehrfacheintrages von PSM von verschiedenen umgebenen landwirtschaftlichen Nutzflächen, ist eine notwendige Grundlage, um potentielle Risiken auf Landschaftsebene modellieren zu können.

Verschiedene räumliche Informationen sind bereits verfügbar oder können mit mehr oder weniger Aufwand modelliert werden. Nationale und kantonale Naturschutzgebiete umfassen Lebensräume wie Hochmoore, Flachmoore, Auen, Amphibienlaichgebiete, Trockenwiesen und –weiden. Ihre Grösse und Position sind mit GIS erfasst und verfügbar. Dagegen sind kommunale und private Schutzgebiete (verwaltet z.B. durch WWF oder Pro Natura) nicht in den Inventaren verzeichnet. Die Beschaffung ist möglich, allerdings aufwändig.

Biodiversitätsförderflächen (BFF) wie Hecken, Ufer- und Feldgehölze, Buntbrachen, Rotationsbrachen, Ruderalflächen (Pufferstreifen: 3 m), Ackerschonstreifen, Saum auf Ackerfläche (kein Pufferstreifen), Streuflächen, extensiv und wenig intensiv genutzten Wiesen sind ebenfalls räumlich erfasst. BFF sollten ab dem Jahr 2021 flächendeckend erfasst sein.

Mit Stand Sept. 2020 ist die Flächen-Nutzung weitestgehend verfügbar. Ausnahmen sind die Kantone AR, GR, TI, VS, NE. In LU sind derzeit 2/3 der Flächen erfasst. In BE, SO, FR sind die Schlagflächen erfasst, die Ackerkulturen innerhalb der Schläge aber noch nicht verortet. Ab 2021 sollte auch dieser Datensatz vollständig sein.

Mit einer Raster-Analyse kann für jeden Punkt in der Landschaft die Distanz zur nächsten Acker-, Obst- und Weinbaufläche berechnet werden. Durch Überlagerung mit einer Off-Crop-Fläche kann die Distanz zur Fläche bilanziert werden (Min, Max, Mean, Std etc.). Durch «buffern» der Crop-Fläche und Überlagerung mit Off-Crop-Flächen können die Flächenanteile der Off-Crop-Habitate innerhalb einer bestimmten Distanz bilanziert werden.

Lineare Elemente wie Fliessgewässer, Strassen, Wege und Geleise liegen im TLM3d (SwissTopo) als Linienelemente vor. Ihre tatsächliche räumliche Ausdehnung kann durch «Buffern» der Linien angenähert werden (Szerencsits, 2008). Alternativ zur Flächenbilanz

kann nach dem «Buffern» auch die Lauflänge der Grenzlinien zwischen den Kulturen und Off-Crop-Habitaten ermittelt werden.

Als Indikator für die Vernetzung der Off-Crop-Habitate kann die Dichte einzelner Habitattypen mit einer Moving-Window Analyse berechnet werden. Für jeden Punkt in der Landschaft wird die Fläche eines Habitattyps summiert und der zentralen Zelle zugewiesen.

Fazit

Eine weiterführende Analyse und Aufbereitung der Informationen über die Konfiguration und Vernetzung der verschiedenen Off-Crop-Habitate, um potentielle Risiken auf Landschaftsebene in der Schweiz extrapolieren zu können, ist prinzipiell möglich. Allerdings muss dafür zuerst geklärt werden, welche NTA in welchem Ausmass durch Drift-Eintrag bei einer PSM-Applikation in kleinräumigen Elementen wie den BFF geschädigt werden, wie schnell die unterschiedlichen NTA sich erholen und ob diese Erholung eine Einwanderung von NTA aus umliegenden Strukturelementen benötigt.

7 Schlussfolgerungen und empfohlenes Folgeprojekt

Die im Vorprojekt durchgeführten Analysen zeigen, dass die Risiken der PSM im Bereich der Ausgleichsflächen (insbesondere BFF) wenig untersucht sind. Wir empfehlen zur Verbesserung der Grundlagen und zur Konkretisierung von Schutzmassnahmen für NTA die Durchführung eines Folgeprojektes in Ausgleichsflächen (BFF) mit folgenden Schwerpunkten:

I. PSM-Deposition in der Vegetation (BFF)

Es soll chemisch-analytisch untersucht werden, wo und in welcher Menge die PSM-Deposition in der Off-Crop-Vegetation stattfindet, welche Faktoren Sorption und Dissipation auf der Vegetation beeinflussen und inwieweit die Vegetation selbst einen Einfluss auf die Deposition hat. Diese Studien bilden die Basis, um zusammen mit Feldtoxizitäts-Studien die Risiken der PSM in Off-Crop-Bereichen abzuschätzen.

II. Empfindlichkeit ausgewählter NTA-Populationen gegenüber PSM

Es soll geklärt werden, welche Effekte auf NTA in welcher Entfernung vom Feldrand und in welcher Höhe in der Vegetation auftreten. Daran lässt sich erkennen, wo welche NTA-Arten am stärksten durch einen PSM-Eintrag geschädigt werden, und ob / wie die Effekte mit der PSM-Deposition korrelieren.

III. Erholungsfähigkeit der NTA-Populationen

Es soll untersucht werden, wie schnell sich die NTA nach einer einmaligen PSM-Applikation erholen. Dabei soll zwischen Regeneration durch Reproduktion (interne Erholung) und Wiederbesiedelung durch Einwanderung (externe Erholung) unterschieden werden. Dies ist wichtig, um die Bedeutung von Vernetzung und Grösse der Ausgleichsflächen in intensiv genutzten Gebieten für die Erholung zu beurteilen. Erholungsfähigkeit und Empfindlichkeit gegenüber den PSM bilden die wichtigste Grundlage, um Schutzziele für die Ausgleichsflächen (BFF) klarer zu definieren.

IV. Einfluss einer wiederholten PSM-Anwendung

Es soll überprüft werden, welchen Einfluss eine mehrfache PSM-Applikation auf die direkten Effekte auf die NTA-Gemeinschaften hat und welchen Rolle Regeneration und Einwanderung nach einer wiederholten Störung spielen. Damit lässt sich ableiten, inwiefern für eine Risikoeinschätzung ganze Spritzfolgen anstelle einer einzelnen Spritzung und mehrere Saisons anstelle einer einzigen, betrachtet werden müssen.

V. Einfluss ökologischer Merkmale der NTA auf die Empfindlichkeit

Es soll untersucht werden, welche ökologischen Merkmale der NTA die PSM-Exposition beeinflussen, also inwiefern die Lebens-, Ernährungs- und Fortpflanzungsweise von NTA einen Einfluss auf die Effekte durch PSM haben. Damit liesse sich besser abschätzen, welche funktionellen Gruppen von NTA potentiell gefährdet sind und wie repräsentativ untersuchte Arten für ganze Arthropoden-Gemeinschaften sind.

8 Referenzen

- Alix, A., Bakker, F., Barret, K., Brühl, C., Couslon, M., Hoy, S., Jansen, J-P., Jepson, P., Lewis, G., Neumann, P., Süssenbach, D. & van Vliet, P. (2012). ESCORT 3: Linking non-target arthropod testing and risk assessment with protection goals. Egmond aan Zee, Netherlands: SETAC.
- Arena, M., Auteri, D., Barmaz, S., Chaideftou, E., Ctverackova, L., De Lentdecker, C., Ippolito, A., Kardassi, D., Lythgo, C., Molnar, T., Padovani, L., Sharp, R., Streissl, F., Sturma, J., Szentes, C., Vagenende, B., Van Dijk, B. & Villamar-Bouza, L. (2019). Technical report on the Outcome of the Pesticides Peer Review Meeting on general recurring issues in ecotoxicology. *EFSA Supporting Publications*, 16(7).
- Botfás, C., David, A., Hill, E. M., & Goulson, D. (2016). Contamination of wild plants near neonicotinoid seed-treated crops, and implications for non-target insects. *Science of the Total Environment*, 566–567, 269–278.
- Brühl, C. A., Alscher, A., Hahn, M., Berger, G., Bethwell, C., Graef, F., & Schmidt, T. (2015). Protection of Biodiversity in the Risk Assessment and Risk Management of Pesticides (Plant Protection Products & Biocides) with a Focus on Arthropods, Soil Organisms and Amphibians. Dessau-Roßlau. Umweltbundesamt. Retrieved from: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/protection-of-biodiversity-in-the-risk-assessment>
- Buczkowski, G. (2019). Trap–treat–release: horizontal transfer of fipronil in field colonies of black carpenter ants, *Camponotus pennsylvanicus*. *Pest Management Science*, 75(8), 2195–2201.
- Bundschuh, R., Schmitz, J., Bundschuh, M., & Brühl, C. A. (2012). Does insecticide drift adversely affect grasshoppers (Orthoptera: Saltatoria) in field margins? A case study combining laboratory acute toxicity testing with field monitoring data. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 31(8), 1874–1879.
- Campbell, P. J., Brown, K. C., Harrison, E. G., Banker, F., Barrett, K. L., Candolfi, M. P., Canez, V., Dinter, A., Lewis, G., Mead-Briggs, M., Miles, M., Neumann, P., Romijn, K., Schmuck, R., Shires, S., Ufer, A. & Waltersdorfer, A. (2000). A Hazard Quotient approach for assessing the risk to non-target arthropods from plant protection products. *Journal of Pest Science*, 9, 117–124.
- Candolfi, M. P., Bakker, F., Canez, V., Miles, M., Neumann, .C., Pilling, E., ... Waltersdorfer, A. (1999). Sensitivity of non-target arthropods to plant protections products: could *Typhlodromus pyri* and *Aphidius* spp. be used as indicator species? *Chemosphere*, 39(8), 1357-1370.
- Candolfi, M., Barrett, K., Campbell, P., Forster, R., Grandy, N., Huet, M.-C., ... Vogt, H. (2000). Guidance document on regulatory testing and risk assessment procedures for plant protection products with non-target arthropods. In *Proceedings of the European Standard Characteristics Of non-target arthropod Regulatory Testing workshop ESCORT 2* (pp. 1–46). Wageningen, the Netherlands. Pensacola (FL): SETAC.
- de Baan, L. (2019). Agrarumweltindikatoren (AUI). Retrieved May 8, 2020, from <https://apps.agroscope.info/s/za-aui/datenreihe/?lang=D>

- de Lange, H. J., Lahr, J., Brouwer, J. H. D., & Faber, J. H. (2012). Review of available evidence regarding the vulnerability of off-crop non-target arthropod communities in comparison to in-crop non-target arthropod communities. *EFSA Supporting Publications*, 9(10).
- Daniel, O., Stöckli, S. & Ruf, D. (2013). Risikomindernde Massnahmen Pflanzenschutz - RMM "Non Target Arthropods" (NTA). Interner Bericht Agroscope, 64 S.
- EFSA. (2015). Scientific Opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for non-target arthropods. *EFSA Journal*, 13(2).
- Felsot, A. S., Unsworth, J. B., Linders, J. B. H. J., Roberts, G., Rautman, D., Harris, C., & Carazo, E. (2011). Agrochemical spray drift; assessment and mitigation-a review. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 46(1), 1–23.
- Frampton, G. K. (2002). Long-term impacts of an organophosphate-based regime of pesticides on field and field-edge Collembola communities. *Pest Management Science*, 58(10), 991–1001.
- Frampton, G. K., & Dorne, J. L. C. M. (2007). The effects on terrestrial invertebrates of reducing pesticide inputs in arable crop edges: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 44(2), 362–373.
- Gagic, V., Hulthen, A. D., Marcora, A., Wang, X., Jones, L., & Schellhorn, N. A. (2019). Biocontrol in insecticide sprayed crops does not benefit from semi-natural habitats and recovers slowly after spraying. *Journal of Applied Ecology*, 56(9), 2176–2185.
- Goulson, D. (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 977–987.
- Hahn, M., Schotthöfer, A., Schmitz, J., Franke, L. A., & Brühl, C. A. (2015). The effects of agrochemicals on Lepidoptera, with a focus on moths, and their pollination service in field margin habitats. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 207, 153–162.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hören, T., Goulson, D., & De Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE*, 12(10), 1–21.
- Koch, H., & Weisser, P. (2004). Die Gesamtoberfläche in Saumstrukturen als potentielle Retentionsfläche für Driftpartikel, Retention Area Index (RAI). *Nachrichtenblatt Des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 56(4), 65–69.
- Koch, Heribert, Strub, O., & Weißer, P. (2004). The patchiness of pesticide drift deposition patterns in plant canopies. *Nachrichtenblatt Des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 56(2), 25–29.
- Koch, Heribert, Weisser, P., & Landfried, M. (2003). Effect of drift potential on drift exposure in terrestrial habitats. *Nachrichtenblatt Des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 55(9), 181–188.
- Langhof, M., Gathmann, A., & Poehling, H. M. (2005). Insecticide drift deposition on noncrop plant surfaces and its impact on two beneficial nontarget arthropods, *Aphidius colemani* Viereck (hymenoptera, braconidae) and *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(8), 2045–2054.
- Lazzaro, L., Otto, S., & Zanin, G. (2008). Role of hedgerows in intercepting spray drift: Evaluation and modelling of the effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123(4), 317–327.

- Long, E. Y., & Krupke, C. H. (2016). Non-cultivated plants present a season-long route of pesticide exposure for honey bees. *Nature Communications*, 7(May), 1–12.
- Main, A. R., Webb, E. B., Goyne, K. W., & Mengel, D. (2020). Reduced species richness of native bees in field margins associated with neonicotinoid concentrations in non-target soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 287, 106693.
- Marshall, E. J. P., & Moonen, A. C. (2002). Field margins in northern Europe: Their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 89, 5–21.
- Martin, E. A., Dainese, M., Clough, Y., Báldi, A., Bommarco, R., Gagic, V., ... Steffan-Dewenter, I. (2019). The interplay of landscape composition and configuration: new pathways to manage functional biodiversity and agroecosystem services across Europe. *Ecology Letters*, 22(7), 1083–1094.
- Moreby, S. J., Sotherton, N. W., & Jepson, P. C. (1997). The effects of pesticides on species of non-target heteroptera inhabiting cereal fields in southern England. *Pesticide Science*, 51(1), 39–48.
- Müller, T., Römer, C. I., & Müller, C. (2019). Parental sublethal insecticide exposure prolongs mating response and decreases reproductive output in offspring. *Journal of Applied Ecology*, 56(7), 1528–1537.
- Mullié, W. C., & Everts, J. W. (1991). Uptake and elimination of [¹⁴C]deltamethrin by *Oedothorax apicatus* (Arachnida; Erigonidae) with respect to bioavailability. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 39(1), 27–34.
- Nuytens, D. (2007). Drift from field crop sprayers: The influence of spray application technology determined using indirect and direct drift assessment means. Katholieke Universiteit Leuven. Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen.
- Otto, S., Lazzaro, L., Finizio, A., & Zanin, G. (2009). Estimating ecotoxicological effects of pesticide drift on nontarget arthropods in field hedgerows. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28(4), 853–863.
- Pekár, S. (2012). Spiders (Araneae) in the pesticide world: An ecotoxicological review. *Pest Management Science*, 68(11), 1438–1446.
- Quesada, C. R., Scharf, M. E., & Sadof, C. S. (2020). Excretion of non-metabolized insecticides in honeydew of striped pine scale. *Chemosphere*, 249, 126167.
- Ramsden, M. W., Menéndez, R., Leather, S. R., & Wäckers, F. (2014). Optimizing field margins for biocontrol services: The relative role of aphid abundance, annual floral resources, and overwinter habitat in enhancing aphid natural enemies. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 199, 94–104.
- Rautmann, D., Streloke, M., & Winkler, R. (2001). New basic drift values in the authorization procedure for plant protection products. *Mitteilungen Aus Der Biologischen Bundesanstalt Für Land- Und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, 383, 133–141.
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27.

- Schaafsma, A., Limay-Rios, V., Baute, T., Smith, J., & Xue, Y. (2015). Neonicotinoid insecticide residues in surface water and soil associated with commercial maize (corn) fields in Southwestern Ontario. *PLoS ONE*, 10(2), 1–21.
- Sinha, S. N., Lakhani, K. H., & Davis, B. N. K. (1990). Studies on the toxicity of insecticidal drift to the first instar larvae of the Large White butterfly *Pieris brassicae* (Lepidoptera: Pieridae). *Annals of Applied Biology*, 116(1), 27–41.
- Sousa, J. P., Loureiro, S., Pieper, S., Frost, M., Kratz, W., Nogueira, A. J. A., & Soares, A. M. V. M. (2000). Soil and plant diet exposure routes and toxicokinetics of lindane in a terrestrial isopod. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(10), 2557–2563.
- Stark, J. D., & Banks, J. E. (2003). Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology*, 48, 505–519.
- Straub, L., Strobl, V., & Neumann, P. (2020). The need for an evolutionary approach to ecotoxicology. *Nature Ecology & Evolution*, 4, 895.
- Szerencsits, E., (2008). Gewässerschonstreifen - wie viel Fläche ist betroffen? *Agrarforschung* 15, 236-238.
- Topping, C. J., Kjær, L. J., Hommen, U., Høye, T. T., Preuss, T. G., Sibly, R. M., & Van Vliet, P. (2014). Recovery based on plot experiments is a poor predictor of landscape-level population impacts of agricultural pesticides. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33(7), 1499–1507.
- Ucar, T., & Hall, F. R. (2001). Windbreaks as a pesticide drift mitigation strategy: A review. *Pest Management Science*, 57(8), 663–675.
- Ucar, T., Hall, F. R., Tew, J. E., & Hacker, J. K. (2003). Wind tunnel studies on spray deposition on leaves of tree species used for windbreaks and exposure of honey bees. *Pest Management Science*, 59(3), 358–364.
- van Klink, R., Menz, M. H. M., Baur, H., Dosch, O., Kühne, I., Lischer, L., Luka, H., Meyer, S., Szikora, T., Unternährer, D., Arlettaz, R. & Humbert, J. Y. (2019). Larval and phenological traits predict insect community response to mowing regime manipulations. *Ecological Applications*, 29(4), e01900.
- Vink, K., Dewi, L., Bedaux, J., Tompot, A., Hermans, M., & Van Straalen, N. M. (1995). The importance of the exposure route when testing the toxicity of pesticides to saprotrophic isopods. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14(7), 1225–1232.
- Vogt, H. (2000). Sensitivity of non-target arthropod species to plant protection products according to laboratory results of the IOBC WG 'Pesticides and Beneficial Organisms'. *Pesticides and Beneficial Organisms*, 23(9), 3–15.
- Yang, L., Zhang, Q., Liu, B., Zeng, Y., Pan, Y., Li, M., & Lu, Y. (2019). Mixed effects of landscape complexity and insecticide use on ladybeetle abundance in wheat fields. *Pest Management Science*, 75(6), 1638–1645.