



Presserohstoff: Reduktion der Umweltauswirkungen von Pflanzenschutzmitteln ist möglich

Kontext und Ziel der Studie

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in der Landwirtschaft und damit verbundene Nutzen und Risiken werden zurzeit kontrovers diskutiert. Aktuelle Messungen weisen z. B. auf eine hohe Belastung von kleinen Schweizer Bächen in landwirtschaftlich intensiv genutzten Einzugsgebieten hin und bestätigen damit den Handlungsbedarf. Auch die Nahrungsmittelproduzenten und der Handel sind bei der Suche nach Lösungen gefragt.

In diesem Kontext untersuchte Agroscope im Auftrag des Migros-Genossenschafts-Bund (MGB) die Umweltwirkungen und Risiken von PSM-Anwendungen gemäss IP-SUISSE-Richtlinien im Vergleich zur PSM-Anwendung gemäss dem Ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN). Es wurden fünf in der Schweiz angebaute Kulturen untersucht: Winterraps (WRA), Winterweizen (WW), Karotten (KARO), Kartoffeln (KART) und Zuckerrüben (ZR). Die Bewertung erfolgte aus zwei Blickwinkeln und umfasste:

- i) Die Berechnung des Ökotoxizitätspotenzials von PSM-Spritzfolgen mittels Ökobilanzen und
- ii) Eine detaillierte Risikobewertung ganzer PSM-Spritzfolgen mittels dem Modell SYNOPS.

Die Ziele dieser Studie waren:

- Quantifizierung des Reduktionspotenzials für die Ökotoxizität durch die Anwendung der IP - SUISSE-Richtlinien bei ausgewählten Kulturen und
- Ermittlung der wichtigsten Beiträge zu den ökotoxikologischen Umweltwirkungen bzw. Risiko bei einer Bewirtschaftung gemäss IP-SUISSE-Richtlinien bzw. gemäss ÖLN.

Ein wichtiges Teilziel war zudem die Weiterentwicklung der verwendeten Methoden und deren Parametrisierung für Schweizer Verhältnisse.

Methoden

Mit der Ökobilanz-Methodik und der Risikobewertungsmethode SYNOPS, wurden zwei sich ergänzende Methoden gewählt, die eine umfassende Bewertung der PSM-Anwendungen ermöglichten und eine robuste Entscheidungsgrundlage schafften: Die Ökobilanz einerseits liefert eine generische Abschätzung der aquatischen und terrestrischen Ökotoxizität sowie eine Wirkungsabschätzung für alle relevanten Umweltwirkungen unter Einbezug der vor- und nachgelagerten Stufen bezogen auf eine funktionelle Einheit (hier 1 kg Erntegut). Die Risikobewertung andererseits erlaubt die Abschätzung von ökotoxikologischen Risiken von PSM unter Berücksichtigung von standort- und anwendungsspezifischen Parametern.

Ökobilanz

Für die Berechnung des aquatischen und terrestrischen Ökotoxizitätspotenzials wurden ein Modell und zwei Methoden der Wirkungsabschätzung eingesetzt. Die Bilanzierung der

Verlagerung von PSM in unterschiedliche Umweltkompartimente im Rahmen der Sachbilanz erfolgte mit dem **PestLCI Konsensus-Modell**. Dieses Modell quantifiziert die Emissionen in fünf Umweltkompartimente: Luft, Oberflächen ausserhalb des Feldes, Grundwasser, landwirtschaftlicher Boden und Deposition auf der Pflanze.

Für die anschliessende Wirkungsabschätzung bezüglich der Gewässer kam die Methode **USEtox** zur Anwendung, welche die toxischen Effekte eines Wirkstoffes auf das Ökosystem mittels Charakterisierungsfaktoren quantifiziert. Die EU empfiehlt USEtox für die Wirkungskategorie aquatisches Ökotoxizitätspotenzial. Das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial wurde mit der Methode ReCiPe 2016 (Hierarchist) abgeschätzt.

In einem ersten Schritt wurden die Ökotoxizitätspotenziale der PSM-Anwendungen abgeschätzt und mit den Resultaten der Risikobewertung verglichen. In einem zweiten Schritt wurde die Ökobilanz der untersuchten Szenarios erstellt, um mögliche Zielkonflikte aufzuzeigen. Die Analyse erfolgte für die funktionelle Einheit „1 kg Produkt“ mit der Systemgrenze „ab Hoftor“ mittels der Ökobilanz-Methode SALCA.

Der Bericht stellt exemplarisch die Ergebnisse für vier Umweltkategorien dar: i) terrestrische Eutrophierung, ii) Treibhauspotenzial, iii) abiotischer Ressourcenbedarf und iv) nicht erneuerbarer Energiebedarf. Dieses Vorgehen ermöglichte eine Beurteilung der ressourcen-, nährstoff- und schadstoffbezogenen Umweltwirkungen sowie die Ermittlung möglicher Trade-offs zwischen den Umweltwirkungen.

Risikobewertung

Für die Risikobewertung kam das Modell **SYNOPS** (**S**ynoptische Bewertungsmodell für **P**flanzenschutzmittel) zur Anwendung. Dieses Modell eignet sich für eine vergleichende Bewertung der ökologischen Risiken von Einzelbehandlungen bis hin zu ganzen Spritzfolgen. Für jede PSM-Applikation berechnet SYNOPS die potentiellen PSM-Einträge in umliegende Umweltkompartimente. Dabei werden sowohl Anwendungsbedingungen, Stoffeigenschaften, wie auch Umweltbedingungen berücksichtigt. Schliesslich wird in jedem Umweltkompartiment das Risiko pro Wirkstoff berechnet. Hierfür wird die Toxizität des Wirkstoffes für verschiedene Stellvertreterorganismen mit der Wirkstoffkonzentration verglichen und ein sogenanntes Exposure-Toxicity-Ratio (ETR) berechnet. Schlussendlich werden die Risiken einzelner Wirkstoffe aggregiert, um eine Gesamtbewertung einer Spritzfolge zu ermöglichen.

Es lassen sich Risiken für drei Umweltkompartimente berechnen: Oberflächengewässer, Boden und Saumbiotop (Nützlinge und Bienen). Die direkte Verfrachtung von Wirkstoffen (durch Übersprühen oder Abdrift) wird in allen Umweltkompartimenten berechnet. Im Oberflächengewässer werden zusätzlich noch die Abschwemmung, Drainage und Erosion als Eintragspfade modelliert. Die verschiedenen Umweltbedingungen in der Schweiz (z. B. Hangneigung oder Klima) wurden durch die Berechnung von verschiedenen Umweltszenarien berücksichtigt.

Untersuchte Szenarien

Für jede Kultur wurden drei Spritzfolgen definiert und mithilfe von Experten validiert:

- **ÖLNmittel**: entspricht einer „typischen“ (d.h. häufig auftretenden) Spritzfolge basierend auf ÖLN. Für die Definition dieser Spritzfolge wurde die mittlere Anzahl Interventionen pro Wirkungsbereich (z.B. Herbizide) und Kultur aus den Daten des Betriebsnetzwerks der Zentralen Auswertung von Agrarumweltindikatoren (AUI-Daten) der Jahre 2009-

2014 berechnet. Es wurden jeweils die am häufigsten verwendeten Wirkstoffe in der Spritzfolge angenommen.

- **ÖLNhoch:** widerspiegelt den ÖLN-Anbau unter hohem Schadddruck und basiert auf dem 75. Perzentil der Anzahl Interventionen pro Kultur und Wirkungsbereich der AUI-Daten.
- **IP-SUISSE (IPS):** Diese Spritzfolge ist abgeleitet von der ÖLNmittel-Spritzfolge und wurde gemäss den IPS-Richtlinien für die jeweilige Kultur angepasst, indem Verbote und Einschränkungen umgesetzt wurden.¹

Bei der Kultur Karotten waren keine AUI-Daten verfügbar und die Spritzfolgen wurden mithilfe von Experten definiert. Zusätzlich zu den obigen drei Spritzfolgen wurden elf Zusatzspritzfolgen definiert, um die Wirkung von weiteren Wirkstoffen zu eruieren, welche bei IP-SUISSE verboten oder bewilligungspflichtig sind, aber nicht zu den am häufigsten verwendeten Wirkstoffen gehören und daher nicht in den Standard-Spritzfolgen berücksichtigt wurden.

Die untersuchten Spritzfolgen decken nicht die ganze Bandbreite an möglichem PSM-Einsatz im IPS- und ÖLN-Anbau der fünf Kulturen ab. Um die Aussagen dieses Projektes auf alle zugelassenen Mittel und Wirkstoffe dieser fünf Kulturen auszudehnen, wären zusätzliche Studien und Berechnungen nötig. Es wurden zudem verschiedene Umweltszenarien berücksichtigt, welche sich bezüglich Hangneigung, Klima, Distanz zum Gewässer und Bodentypen unterschieden. Somit konnte eine breite Palette an Standortbedingungen berücksichtigt werden.

Ergebnisse

Nachfolgend ist eine Übersicht der relativen Veränderung der ökotoxikologischen Umweltwirkungen und Risiken der IPS- und ÖLNhoch-Spritzfolge gegenüber der Referenz-Spritzfolge ÖLNmittel für die Methoden Ökobilanz (ÖB) und Risikobewertung (RB) aufgeführt (Tabelle 1). Bei der Ökobilanzierung wurde das aquatische und terrestrische Ökotoxizitätspotenzial berechnet (ohne Aggregation). Bei der Risikobewertung wurden drei Umweltkompartimente (Gewässer, Boden und Saum) getrennt betrachtet und anschliessend aggregiert.

Tabelle 1: Relative Veränderung der Risiken der Spritzfolgen IP-SUISSE (IPS) und ÖLNhoch gegenüber ÖLNmittel (Referenz) für die fünf untersuchten Kulturen für die Bewertung mittels Ökobilanz (ÖB) und Risikobewertung (RB). Dunkelgrün = <50 %; hellgrün= 50 %- 90 %; orange = 111 % - 200 %; dunkelrot= >200 %.

	WRA			WW			KARO			KART			ZR			
	IPS	ÖLNmittel	ÖLNhoch	IPS	ÖLNmittel	ÖLNhoch	IPS	ÖLNmittel	ÖLNhoch	IPS	ÖLNmittel	ÖLNhoch	IPS	ÖLNmittel	ÖLNhoch	
RB	Gewässer	25%	100%	406%	100%	100%	100%	100%	135%	100%	100%	100%	100%	100%	165%	
	Boden	100%	100%	100%	88%	100%	100%	100%	188%	82%	100%	101%	100%	100%	100%	
	Saum	0%	100%	100%	2%	100%	1678%	1%	100%	147%	24%	100%	100%	100%	114%	
ÖB	Gewässer	20%	100%	1314%	0%	100%	101%	98%	100%	158%	77%	100%	188%	97%	100%	1475%
	Boden	67%	100%	2554%	1%	100%	101%	99%	100%	120%	97%	100%	255%	90%	100%	3573%

Reduktionspotenzial durch unterschiedliche PSM-Strategien

Die Ergebnisse der Risikobewertung und der Ökobilanz zeigten, dass mittels den IPS-Richtlinien bei allen untersuchten Kulturen eine leichte bis sehr starke Reduktion des Risikos (RB) und des Ökotoxizitätspotenzials (ÖB) erreicht wurde im Vergleich zu einer mittleren Bewirtschaftung nach ÖLN (ÖLNmittel). Die Reduktion fiel bei Winterraps mit beiden

¹ Die Richtlinien für Zuckerrüben wurden im Verlaufe des Projektes angepasst; diese Änderungen konnten im vorliegenden Bericht jedoch nicht mehr berücksichtigt werden.

Bewertungsansätzen besonders hoch aus, während es bei Zuckerrüben kaum eine Reduktion gab (Tabelle 1):

Bei der Ökobilanz fiel die Reduktion mittels IPS bei Winterweizen sehr hoch aus, während es bei Kartoffeln (aquatische Ökotoxizität) und bei Zuckerrüben (terrestrische Ökotoxizität) nur einen leicht reduzierenden Effekt gab.

Die Risikoreduktion im Saumbiotop für IPS-Spritzfolgen war in allen Kulturen ausser Zuckerrüben gross, die Risiken für Gewässer waren hingegen nur bei Winterraps stark verringert und jene für den Boden waren bei Winterweizen und Kartoffeln leicht tiefer.

Das Ökotoxizitätspotenzial und die Risiken bei hohem Schadddruck (ÖLNhoch) waren im Vergleich zu ÖLNmittel teils stark erhöht. Bei Karotten und Zuckerrüben waren bei beiden Bewertungsansätzen die Effekte bei ÖLNhoch leicht bis stark erhöht. Bei der Ökobilanz zeigte ÖLNhoch zudem im Winterraps, Kartoffeln und Zuckerrüben deutlich höhere Effekte verglichen mit ÖLNmittel. Bei der Risikobewertung waren die Gesamtrisiken auch bei Winterweizen klar gesteigert bei ÖLNhoch.

Bei der Auswertung von elf Zusatzspritzfolgen zeigte sich, dass in den meisten Fällen die von IPS ausgeschlossenen Wirkstoffe ein höheres Ökotoxizitätspotenzial bzw. Risiko aufwiesen als die in IPS berücksichtigten. Somit erwies sich der Verzicht auf diese Wirkstoffe in den meisten Fällen als eine zielführende Massnahme.

Ermittlung der dominierenden Wirkstoffe

In der Regel dominierten einige wenige Wirkstoffe die ökotoxikologischen Umweltwirkungen und Risiken. Für beide Methoden (ÖB und RB) wurde pro Kultur und Spritzfolge jeweils der dominierende Wirkstoff ermittelt. Die Resultate unterschieden sich teils stark zwischen den beiden Methoden. Während bei der RB bei den Kulturen Winterweizen, Karotten und Kartoffeln hauptsächlich Wirkstoffe dominierten, welche auch auf der Liste von „Wirkstoffe mit besonderem Risikopotential“ des BLWs auftauchen, waren bei der ÖB oft andere Wirkstoffe vertreten.

Der Verzicht auf dominierende Wirkstoffe ermöglicht eine deutliche Verminderung des Ökotoxizitätspotentials und der Risiken.

Berücksichtigung aller Schadstoffe und weiterer Umweltwirkungen in der Ökobilanzierung

Werden neben den PSM noch weitere toxische Substanzen für die Berechnung des aquatischen Ökotoxizitätspotenzials einbezogen, so ändert sich das Ergebnis wesentlich. Der Beitrag der PSM beträgt in allen untersuchten Fällen weniger als die Hälfte und die Wirkungen werden hauptsächlich durch Schwermetalle dominiert. Bei der Abschätzung der Schwermetall-Emissionen (Modell SALCA-Schwermetall) und deren ökotoxischen Wirkung mit USEtox bestehen jedoch grosse Unsicherheiten. In künftigen Untersuchungen sollten daher die Methoden weiterentwickelt und die Rolle der Schwermetalle vertieft untersucht werden. Bei weiteren Umweltwirkungen (Energiebedarf, abiotische Ressourcen, Treibhauspotenzial und terrestrische Eutrophierung) unterschieden sich die Ökobilanzergebnisse pro kg Produkt der drei untersuchten Spritzfolgen nur geringfügig voneinander, da sich die Szenarien hauptsächlich durch den PSM-Einsatz charakterisieren. Einzig bei Winterweizen und Winterraps waren aufgrund der tieferen Erträge bei IPS leicht höhere Umweltwirkung festzustellen.

Schlussfolgerungen

Diese Studie quantifizierte das Reduktionspotential durch die Anwendung der IPS-Richtlinien und identifizierte die dominierenden Wirkstoffe. Das Ökotoxizitätspotenzial und die Risiken von PSM-Anwendungen gemäss IPS-Richtlinien fielen in der Regel geringer aus, als bei mittlerer Bewirtschaftung gemäss ÖLN. In der Spritzfolge ÖLNhoch war das Ökotoxizitätspotenzial und die Risiken für die Kulturen Winterraps, Karotten und Zuckerrüben mit beiden Methoden (RB und ÖB) stark erhöht im Vergleich zu ÖLNmittel. Ein Unterschied zu ÖLNhoch war beim Winterweizen nur beim Risiko erkennbar, während bei den Kartoffeln nur das Ökotoxizitätspotenzial erhöht war. Um das Ökotoxizitätspotenzial und die Risiken möglichst gering zu halten, ist es daher wichtig, das Schadschwellenprinzip strikte anzuwenden und möglichst auf prophylaktische PSM-Behandlungen zu verzichten. Die Studie zeigte daher, dass sich mit Wahl der Wirkstoffe eine teils erhebliche Reduktion der ökotoxikologischen Umweltwirkungen und Risiken erreichen lässt. Gezielte Verbote einzelner PSM ermöglichen folglich beachtliche Reduktionspotenziale. Die Ergebnisse für die verschiedenen Umweltkompartimente sind teilweise ähnlich, teilweise aber auch gänzlich unterschiedlich. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse nicht ohne vertiefte Abklärung von einem Umweltkompartiment (Gewässer, Boden, Saum) auf ein anderes übertragen werden dürfen. Es wird daher empfohlen, für die Abschätzung der Umweltwirkungen und Risiken von PSM auf eine möglichst vollständige Abdeckung der betroffenen Umweltkompartimente zu achten.

Die Berechnung der zusätzlichen Umweltwirkungen (Energiebedarf, abiotische Ressourcen, Treibhauspotenzial und terrestrische Eutrophierung) brachte keine Trade-offs zu Tage, mit Ausnahme der Auswirkung tieferer Erträge bei einzelnen IPS-Kulturen.

Für die Praxis ist die Auflistung der dominierenden Wirkstoffe von besonderem Interesse, da bei einem Verzicht auf diese Wirkstoffe das Ökotoxizitätspotenzial und die Risiken teils stark reduziert werden.

Das Projekt ermöglichte wichtige methodische Weiterentwicklungen bei den verwendeten Modellen im Bereich der Ökobilanz (PestLCI Konsensus-Modell und USEtox) und Risikobewertung (SYNOPS), wobei auch zukünftiger Forschungsbedarf erkannt wurde.

Die verwendeten Methoden für die Risikobewertung und Ökobilanz haben methodische Limitierungen und können die komplexe Umwelt nicht in allen Einzelheiten wiedergeben. Zum Beispiel werden in der vorliegenden Studie in beiden Methoden die chemischen Abbauprodukte der Wirkstoffe (Metaboliten), die Risiken auf Vögel, Säugetiere oder die menschliche Gesundheit nicht berücksichtigt. Die verwendeten Methoden für RB (SYNOPS) und ÖB (PestLCI Konsensus Modell und USEtox 2.02) basieren wegen ihrer unterschiedlichen Zielsetzungen auf unterschiedlichen Modellen und Modellannahmen. Die Verwendung dieser zwei komplementären Methoden auf die gleiche Fragestellung ermöglicht jedoch die gleichzeitige Berücksichtigung mehrerer Aspekte.

Diese Studie leistet einen wichtigen Beitrag zur aktuellen Diskussion um Effekte von PSM auf die Umwelt. Sie ergänzt Monitoringprojekte im Gewässer und im Boden (z.B. durch das NABO) durch eine Abschätzung langfristiger Effekte (Ökobilanzen) und frühzeitige Erkennung von Risiken (Risikobewertung). Die hier durchgeführte parallele Abschätzung von Umweltwirkungen mittels Ökobilanzen und Umweltrisiken von PSM mittels SYNOPS ermöglicht eine umfassende Bewertung und bietet somit eine robustere Entscheidungsgrundlage.

Vollständiger Bericht: Waldvogel T., Mathis M., de Baan L., Haupt C., Nemecek T., 2018. Bewertung der Umweltwirkungen und Risiken verschiedener Pflanzenschutzstrategien für fünf Kulturen in der Schweiz. Agroscope Science 64, Agroscope, Zürich.

<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/publikationen/suchen/agroscope-science.html>