

# Reduktion von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz: Beitrag des Biolandbaus

Lucius Tamm, Bernhard Speiser und Urs Niggli

Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, 5070 Frick, Schweiz

Auskünfte: Lucius Tamm, E-Mail: lucius.tamm@fibl.org



**Abb. 1** | Bei einer Umstellung auf Biolandbau würden mindestens 50% der heute verwendeten Menge an Pflanzenschutzmitteln eingespart. (Foto: Lukas Pfiffner)

## Einleitung

Der Einsatz von organischen Pestiziden («chemisch-synthetische Pestizide») wird in der Öffentlichkeit zunehmend kritisiert, da die Anwendung verbreitet zu Rückständen in Nahrungsmitteln und in der Umwelt führt. Insbesondere das Auftreten von Pestizidrückständen in Fließgewässern und im Grundwasser wird mit zunehmender Besorgnis verfolgt. Reinhardt *et al.* (2017) berichten über das Auftreten von Pflanzenschutzmitteln (PSM) an 56% der Messstellen in der Schweiz. Doppler *et al.* (2017) fanden 128 verschiedene Substanzen in Fließgewässern, wobei zwischen 64 und 98 verschiedene Stoffe pro Beprobung nachgewiesen wurden. Der besorgniserregende Rückgang der Artenvielfalt (BAFU 2017) und der Biomasse von Insekten um 75% (Hallmann *et al.* 2017), besonders von Bestäubern, wird in direkten Zusammenhang mit intensiven Anbausystemen und der Anwendung von organischen Pestiziden

gebracht. Der Anteil der biologisch bewirtschafteten Flächen in der Schweiz hat in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen, liegt aber derzeit erst bei rund 13% (Willer und Lernoud 2016). Die heutige Situation ist geprägt von der intensiven konventionellen Landwirtschaft, die 87% der pflanzenbaulich genutzten Flächen bewirtschaftet.

Aufgrund des Postulats Moser wurde der Bundesrat verpflichtet, einen nationalen Aktionsplan zur Reduktion des PSM-Einsatzes zu erarbeiten (BLW 2017a). Der nationale Aktionsplan schlägt verschiedene Massnahmen vor, die zu einer Reduktion des PSM-Einsatzes führen und dessen Auswirkungen abschwächen sollen.

Die Situationsanalyse und insbesondere der Massnahmenkatalog wurden im Rahmen der zurzeit gemäss ökologischem Leistungsnachweis (ÖLN) bewirtschafteten Anbauflächen erarbeitet; weitergehende Szenarien wie die Ausdehnung der Flächenanteile gemäss IP Suisse, extensiver Produktion (Extensio) oder Biolandwirtschaft wurden nicht berücksichtigt. Bisher liegt keine Studie vor, welche die Auswirkungen von Anbauszenarien, insbesondere des Biolandbaus, quantitativ untersucht. Die schweizerische Bioverordnung schränkt die Anzahl der erlaubten Wirkstoffe gegenüber der konventionellen Landwirtschaft drastisch ein, insbesondere sind keine organischen Pestizide zugelassen. Zusätzlich schränkt Bio Suisse den Einsatz vieler Wirkstoffe je nach Kultur stark ein, beispielsweise in den flächenmässig bedeutenden Ackerkulturen. Für problematische Substanzen wie Kupfer und Spinosad gelten für Bio Suisse-Betriebe auch in Spezialkulturen zusätzliche Einschränkungen, welche über die Anforderungen der PSM-Zulassung hinausgehen. Es ist deshalb klar, dass eine Ausweitung der biologisch bewirtschafteten Fläche die Anwendung von PSM quantitativ und qualitativ verändert.

Ziel der vorliegenden Analyse ist es, Hinweise auf qualitative und quantitative Veränderungen in der Verwendung von PSM in einem Szenario 100% biologisch (nach Bio Suisse-Richtlinien) bewirtschaftete Flächen zu geben.

## Material und Methoden

### Erlaubte Wirkstoffe und Anwendungen

Für den Vergleich der Anbauszenarien wurden sowohl Art als auch Anwendungsmöglichkeiten der PSM gegenübergestellt. Der Verkauf und die Verwendung von PSM unterstehen in der Schweiz den Anforderungen der Pflanzenschutzmittelverordnung. Die bewilligten PSM werden im «Verzeichnis der Pflanzenschutzmittel» aufgelistet. Das Verzeichnis enthält Angaben zur Art des Produktes, zur vorgesehenen Anwendung, über Anwendungseinschränkungen, Aufwandmengen, Gefahrenkennzeichnung und Anwendungsaufgaben (BLW 2017c). Im biologischen Anbau ist die Auswahl eingeschränkt durch die Verordnung des WBF (Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung) über die biologische Landwirtschaft, Anhang 1 (SR 910.181). Die erlaubten Wirkstoffe sind entweder explizit in einer Positivliste aufgeführt oder generisch erlaubt. Die vom FiBL publizierte Liste «Betriebs- und Futtermittel für den biologischen Landbau in der Schweiz» regelt, welche Dünger, Substrate, PSM, Reinigungs-, Desinfektions- und Hygienemittel, Mittel gegen Parasiten, Futter- und Siliermittel im Biolandbau verwendet werden dürfen (Speiser *et al.* 2017). Die Liste ist für Bio Suisse-Produzenten verbindlich. In die Betriebsmittelliste für den biologischen Landbau fliessen auch Anwendungsrestriktionen von Bio Suisse ein, die über die gesetzlichen Anforderungen der PSM-Zulassung hinausgehen (z.B. Mengenbeschränkungen für den Einsatz von Kupfer oder Ausschluss der Verwendung im Ackerbau).

Zugelassenen PSM werden unterschiedliche Gefahrenpotenziale zugeordnet. PSM mit erhöhtem Gefahrenpotenzial sollen so rasch als möglich ersetzt werden und sind in der Schweiz und der EU als Substitutionskandidaten eingestuft (BLW 2017b; European Commission 2017). Eine Reihe von NGOs wie Pesticide Action Network oder Greenpeace haben weiter gehende Beurteilungen vorgenommen und schwarze Listen zusammengestellt. Obwohl ohne offiziellen Charakter, haben diese Listen Eingang in Qualitätsanforderungen des Lebensmittelhandels gefunden. In der vorliegenden Arbeit ist exemplarisch die Greenpeace-Blacklist von 2016 (Neumeister und Reuter 2016) mitberücksichtigt.

### Quantitative Daten und Schätzungen von Anwendungsmengen

Quantitative Aussagen wurden aufgrund der öffentlich verfügbaren PSM- Verkaufszahlen und Hochrechnungen aufgrund des ZA-AUI Netzwerkes erarbeitet (Agrarbericht 2016; Spycher & Daniel, 2013). Zur Verwendung

### Zusammenfassung

In einer auf 100 % biologische Bewirtschaftung umgestellten Schweizer Landwirtschaft würde die Anzahl der Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe von heute 383 auf 107 (28 %) reduziert. Von den verbleibenden 107 Wirkstoffen sind 66 lebende Organismen, 15 Pheromone und 26 Substanzen wie Pflanzenextrakte, Schwefel und Kupfer. Im Ackerbau (23,6 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN)) würde gemäss dem Szenario «100 % Biolandbau» weitgehend auf die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) verzichtet und dort 98,5 % der gegenwärtig verwendeten Menge an PSM eingespart. In den Spezialkulturen Obst-, Wein- Gemüsebau und Kartoffeln (3 % der LN) würden 20 % PSM eingespart und organische Pestizide («chemisch-synthetische Pestizide») ersetzt. Im Grünland (rund 70 % der LN) würden keine PSM mehr eingesetzt. Wegen der grossen Bedeutung des direkten Pflanzenschutzes in den Spezialkulturen reduzieren sich die Gesamtmengen an PSM vorerst nur um 51 %. Nicht berücksichtigt wurden dabei aber Änderungen in den Fruchtfolgen und bei der Wahl der Sorten. Im Szenario 100 % Biolandbau wäre ein starker Rückgang der Kontaminationen von Fließgewässern, Grundwasser und Nahrungsmitteln mit organischen Pestiziden zu erwarten. Veränderte Anbaumethoden würden zu besseren Ökosystemleistungen wie Biodiversität und Bodenfruchtbarkeit beitragen, dennoch wären geringere Flächenerträge wahrscheinlich. Die Chancen und Herausforderungen bezüglich Anbau, Umwelt und Markt sollten in einer erweiterten Studie abgeklärt werden.

von PSM im Gemüsebau, im Grünland und in den Alpen liegen keine publizierten Daten vor. Für die fünf meistverwendeten PSM liegen Daten des BLW vor. Diese haben wir mit eigenen Erfahrungswerten zur Anwendung von PSM auf biologisch bewirtschafteten Betrieben verknüpft. Die Auswertungsmöglichkeiten auf Ebene Wirkstoff sind jedoch beschränkt, da in der Schweiz im Gegensatz zur EU keine detaillierten Statistiken zu einzelnen Wirkstoffen veröffentlicht werden. Hier mussten wir uns auf öffentliche Daten und Schätzungen beschränken. Für die Anbauszenarien haben wir als Basis die Anbaustatistiken von 2015 verwendet (Willer und

Lernoud 2016). Das Szenario 100 % biologische Landwirtschaft geht von denselben Anbauflächen pro Kultur aus, wie sie 2015 angebaut wurden. Es wurden keine Anpassungen für Kulturen wie etwa Zuckerrüben oder Raps vorgenommen, die gemäss heutigem technischem Stand im Biolandbau als besonders schwierig gelten. Ebenso wurden keine erweiterten Szenarien zum Beispiel für reine Ackerbaubetriebe erarbeitet.

## Resultate

### Zugelassene PSM allgemein und im biologischen Anbau

In der Schweiz waren im Ende 2017 insgesamt 383 Wirkstoffe zur Verwendung als PSM registriert. Darin enthalten sind 66 Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Pilze) und Makroorganismen (Nematoden, Arthropoden) (Tab. 1). Insgesamt sind 317 Wirkstoffe ohne lebende Organismen gelistet, darunter organische Pestizide, naturidentische Pheromone sowie Substanzen natürlicher Herkunft wie Neembaum-Extrakt und anorganische Substanzen wie Kaolin, Schwefel und Kupfer. Im Biolandbau ist die Auswahl von PSM limitiert auf lebende Organismen und Substanzen natürlichen Ursprungs sowie einzelne anorganische Substanzen. Von allen zugelassenen PSM können im biologischen Landbau 107 (28 %) eingesetzt werden, wobei davon 66 Biocontrol-Organismen und 15 Pheromone sind. Von den 299 Wirkstoffen ohne lebende Organismen und Pheromone sind 26 Substanzen (9 %) im biologischen Anbau zugelassen. Darin enthalten sind sechs Beistoffe wie Schachtelhalmextrakt und Sesamöl.

Insgesamt verzichtet Bio auf 91 % der zugelassenen nichtlebenden und Pheromon-basierten PSM und setzt vielmehr auf biologische Kontrolle von Schaderregern mit Mikroorganismen, Insekten, Raubmilben und Nematoden. Heute sind 62 % der im Biolandbau zugelassenen PSM lebende Organismen, während der Anteil von Bio-

control-Organismen in der konventionellen Landwirtschaft bei 17 % der zugelassenen PSM liegt.

Für die konventionelle Landwirtschaft sind 317 Wirkstoffe (ohne lebende Organismen) zugelassen. Davon sind 46 (14,5 %) als problematisch erkannt und von den Zulassungsbehörden als Substitutionskandidaten gelistet. Für den biologischen Landbau relevant ist in diesem Zusammenhang Kupfer, das als einziges biozugelassenes PSM als Substitutionskandidat gelistet ist. In der erweiterten Beurteilung von Greenpeace wurden die registrierten PSM (ohne lebende Organismen) aufgrund der verfügbaren umwelt- und humantoxikologischen Daten bewertet. Die Autoren stuften aufgrund der Wirkungen auf Mensch und Umwelt 137 (43 %) der gelisteten PSM als mittel bis sehr problematisch ein (Neumeister und Reuter 2016). In dieser Beurteilung wurden Kupfer wegen seiner Persistenz sowie Paraffinöl, Pyrethrin und Spinosin wegen ihrer Kurzzeittoxizität für Bienen und andere Nutzinsekten in Teilaspekten kritisiert. Im Biolandbau sind die anderen 96 % der gelisteten Substanzen verboten.

Die Bewilligung von PSM beinhaltet immer auch die vorgesehene Anwendung. Die Analyse der Betriebsmittelliste zeigt, dass Bio Suisse-Betriebe nicht alle zugelassenen Anwendungsmöglichkeiten ausschöpfen, sondern sich weitere privatrechtliche Einschränkungen auferlegen. Dies betrifft insbesondere den Ackerbau, wo nur in wenigen Ausnahmen PSM eingesetzt werden dürfen (Kartoffelanbau: Kupfer, *Bacillus thuringiensis*; Raps: Kaolin, Eisensulfat). In den Spezialkulturen Obst, Wein und Gemüse werden die verfügbaren biotauglichen PSM eingesetzt, allerdings mit Limiten (Kernobst: 1,5 kg/ha und Jahr [Speiser *et al.* 2015]; Weinbau: kein Spinosad).

### Einsatz von PSM in verschiedenen Kulturen

Tabelle 2 zeigt eine Abschätzung des Einsatzes von PSM in der gesamten Schweiz, eingeteilt nach Verwendungs-

Tab. 1 | Verfügbarkeit von in der Schweiz zugelassenen Pflanzenschutzmitteln (PSM) im konventionellen und biologischen Anbau.

	Total	Zugelassen im biologischen Landbau	Bemerkungen	Schnittmenge
Total zugelassene PSM-Wirkstoffe	383	107		28 %
Lebende Organismen (Biocontrol)	66	66		100 %
Pheromone	18	15		83 %
Wirkstoffe ohne lebende Organismen und Pheromone	299	26	inklusive 6 Beistoffe natürlicher Herkunft	9 %
Kandidaten für Substitution CH	46	1	Kupfer	2 %
Green Peace Schwarze Liste 2016	137	4	Kupfer, Paraffinöl, Pyrethrin, Spinosin	3 %

Quellen: Pflanzenschutzmittelverzeichnis (BLW) und Betriebsmittelliste für den biologischen Landbau (FiBL).

zweck und Kulturtyp, Bekanntermassen besteht eine erhebliche Differenz von etwa 1000 t/Jahr zwischen PSM Verkaufszahlen (rund 2200 t/Jahr) und der Hochrechnung aus der ZA-AUI (Spycher & Daniel, 2013). Die Differenz wird erklärt durch nicht erfasste Kulturgruppen (Intensivgemüsebau, Gartenbau und Einsatz durch Private), nicht erfasste Applikationsarten (Saatbeizmittel, Nacherntebehandlungen) und Abweichungen zwischen den ZA-AUI-Betrieben und dem Schweizer Durchschnitt. Gemäss ergänzter Hochrechnung werden derzeit rund 1300t PSM pro Jahr eingesetzt, davon etwa 42t (3 %) im Biolandbau. In Bezug auf Mengen und betroffene Flächen zeigt sich ein anderes Bild: Auf den offenen Ackerbauflächen werden insgesamt 702,5t PSM ausgebracht, das entspricht einem Anteil von 54 % der Gesamtmenge. Aufgeschlüsselt nach Verwendungszweck werden 94 % aller Herbizide, 90 % der Molluskizide und 98 % der Wachstumsregulatoren im Ackerbau eingesetzt. Die Analyse von BLW und Agroscope zeigt, dass im Rebbau und Obstbau die höchsten Mengen an PSM pro Flächeneinheit eingesetzt werden; Reben und Obst sind diejenigen Kulturen, die am stärksten von Krankheiten und Schädlingen betroffen sind.

Tabelle 2 und Abbildung 2 geben auch einen Eindruck von den zu erwartenden Auswirkungen bei einer vollständigen Umstellung auf Bio. Die Abschätzung basiert auf der Annahme, dass die jetzigen gesamten Anbauflächen pro Kultur gleich bleiben, jedoch auf Bio umgestellt sind. In diesem Szenario kommen keine Herbizide mehr zum Einsatz und im Ackerbau wird fast vollständig auf PSM verzichtet. Eingebettet in dieses Szenario ist die Erwartung, dass die biozugelassenen PSM jeweils auf der Gesamtfläche eingesetzt würden. Bezogen auf die gesamte landwirtschaftliche Fläche, würde der Einsatz von 1300t pro Jahr um etwa 52 % auf rund 630t reduziert. Die von PSM betroffene Fläche in Spezialkulturen und Ackerbau würde jedoch um über 80–90 % abnehmen. Das Grünland wäre frei von PSM-Anwendungen. Die zu erwartende Abnahme der eingesetzten PSM-Mengen ist nicht proportional zur Flächenreduktion, da die im Biolandbau eingesetzten PSM in vergleichsweise hohen Dosierungen verwendet werden müssen. In diesem Zusammenhang ist klar, dass weniger die ausgebrachten Wirkstoffmengen, sondern vielmehr die Auswirkungen relevant sind.

#### Einsatz der meistverwendeten Pestizide

Die sieben in der Schweiz meistverkauften PSM sind Schwefel (394t/Jahr), Glyphosat (230t/Jahr), Paraffinöl (183t/Jahr), Folpet (143t/Jahr), Kaolin (90t/Jahr), Mancozeb (>50t/Jahr) und Kupfer (>50t/Jahr). Zu Mancozeb

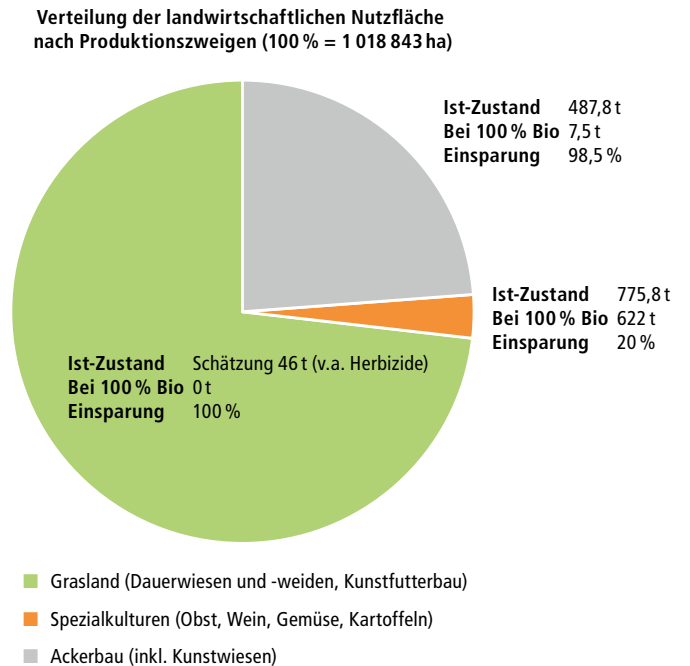


Abb. 2 | Auswirkungen auf die Nutzung von PSM nach Produktionszweigen.

und Kupfer wurden keine genauen Zahlen publiziert. In den Verkaufszahlen sind auch Verwendungen ausserhalb der Landwirtschaft enthalten. Glyphosat, Folpet und Mancozeb sind im Biolandbau verboten. Im Szenario 100 % Bio nimmt deshalb die in der Landwirtschaft verwendete Menge von Glyphosat, Folpet und Mancozeb auf null ab. Schwefel, Paraffinöl, Kaolin und Kupfer werden im konventionellen und im biologischen Anbau genutzt und vor allem in Spezialkulturen eingesetzt. Für diese Produkte ergibt das Szenario 100 % Bio ein differenziertes Bild: Eine Zunahme erwarten wir bei Kaolin, das organische Pestizide im Weinbau und im Rapsanbau ersetzen würde. Schwefel wird vor allem im Kernobstbau und im Weinbau eingesetzt; im Weinbau stehen allerdings auch im biologischen Landbau bewilligte Alternativen zur Verfügung, sodass die Gesamtmenge Schwefel vermutlich in etwa konstant bleiben oder allenfalls leicht ansteigen würde. Paraffinöl und Kupfer würden weniger intensiv oder etwa in gleichen Mengen verwendet, da sie zurzeit vergleichbar im konventionellen Anbau eingesetzt werden. Wir schätzen, dass derzeit etwa 94 % des verwendeten Kupfers im konventionellen Bereich eingesetzt wird. In den Spezialkulturen würden insbesondere zur Kontrolle von Pflanzenkrankheiten vermehrt Biocontrol Organismen und natürliche Substanzen anstelle von organischen Pestiziden zum Einsatz kommen.

## Diskussion

Der Bundesrat hat kürzlich einen nationalen Aktionsplan zur Reduktion von PSM vorgelegt und verabschiedet, der einen Massnahmenkatalog zur Reduktion der Risiken im Rahmen der heutigen Anteile von konventioneller, ÖLN- und biologischer Landwirtschaft vorschlägt (BLW 2017a). Alternative Szenarien, etwa die Ausdehnung der biologisch bewirtschafteten Flächen, wurden bislang weder diskutiert noch modelliert. Eine Entwicklung in Richtung «Bioland Schweiz» könnte zumindest auf den ersten Blick zielführend sein. Ein Szenario «Bioland Schweiz» beinhaltet allerdings eine Vielfalt von Konsequenzen, Herausforderungen und Chancen auf den Ebenen Landwirtschaft und Handel. Es müsste eine detaillierte Modellierung erarbeitet werden. In dieser ersten Studie versuchen wir darzustellen, welches Potenzial der Biolandbau auf dem heutigen Ent-

wicklungsstand bietet, um den Einsatz und vor allem die problematischen Auswirkungen der Verwendung von PSM zu reduzieren.

Wir zeigen hier auf, dass die flächendeckende Umstellung auf biologische Landwirtschaft grundlegende Änderungen in der Anwendung von PSM in der Landwirtschaft nach sich zöge. Die grösste Hebelwirkung wäre sicherlich durch den weitgehenden Verzicht auf den Einsatz von PSM in der Ackerfläche zu erwarten. Rechnerisch würden damit rund 50 % der eingesetzten Mengen eingespart und 80–90 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen (ohne Berücksichtigung des Grünlands) PSM-frei bewirtschaftet. Weitere Reduktionen wären zu erwarten, wenn auch in den Spezialkulturen sukzessive robuste Sorten und fortschrittliche vorbeugende Pflanzenschutztechniken eingesetzt würden. Mit der biologischen Landwirtschaft geht der Verzicht auf organische Pestizide einher, eine Umstellung wür-

Tab. 2 | Abschätzung des Einsatzes unterschiedlicher Pflanzenschutzmittel (PSM) bei verschiedenen Kulturen und Szenarien in der Schweiz (t pro Jahr)

PSM	Herbizide			Fungizide			Insektizide			Molluskizide			Wachstumsregulatoren			Andere			Total			Flächen Status quo 2015		
	Status quo 2015	Anteil biologische Landwirtschaft 2015	Szenario 100 % biologische Landwirtschaft	Status quo 2015	Anteil biologische Landwirtschaft 2015	Szenario 100 % biologische Landwirtschaft	Status quo 2015	Anteil biologische Landwirtschaft 2015	Szenario 100 % biologische Landwirtschaft	Status quo 2015	Anteil biologische Landwirtschaft 2015	Szenario 100 % biologische Landwirtschaft	Status quo 2015	Anteil biologische Landwirtschaft 2015	Szenario 100 % biologische Landwirtschaft	Status quo 2015	Anteil biologische Landwirtschaft 2015	Szenario 100 % biologische Landwirtschaft	Status quo 2015	Anteil biologische Landwirtschaft 2015	Szenario 100 % biologische Landwirtschaft	Total	Bio	Bio %
Kernobst	9,0	0,0	0,0	111,6	9,4	111,6	13,6	1,1	13,6	1,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	43,8	3,7	21,9	179,5	14,2	147,1	4479,0	376,2	8,4
Reben	17,5	0,0	0,0	333,4	15,7	333,4	1,6	0,1	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	0,8	8,6	369,7	16,6	343,6	13212,0	621,0	4,7
Kartoffeln	29,7	0,0	0,0	78,3	4,7	78,3	5,8	0,3	5,8	1,7	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	37,2	2,2	18,6	153,0	7,3	102,7	10891,0	653,5	6,0
Steinobst	1,1	0,0	0,0	6,7	0,4	6,7	1,4	0,1	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	11,6	0,4	8,1	1842,0	97,6	5,3
Zuckerrüben	100,7	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	116,3	0,0	0,0	19759,0	23,7	0,1
Wintergerste	45,1	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	9,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	71,4	0,0	0,0	28640,0	973,8	3,4
Winterweizen	66,5	0,0	0,0	37,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	120,5	0,0	0,4	83719,0	4211,1	5,0
Raps	38,1	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	3,6	0,0	3,6	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	51,6	0,1	6,7	20873,0	187,9	0,9
Hülsenfrüchte	6,9	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	8,0	0,0	0,2	7241,0	1231,0	17,0
Übriges Getreide	17,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	23,9	0,0	0,0	18528,0	2371,6	12,8
Mais	93,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	96,1	0,0	0,2	61226,0	2204,1	3,6
Freilandgemüse																			62,0	3,8	20,7	10864,0	2020,7	18,6
Kunstwiese																						125997,0	11843,7	9,4
Dauergrünland	45,7	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	48,2	0,0	0,0	611572,0	109392,0	17,8
<b>Total</b>	<b>471</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>601</b>	<b>30</b>	<b>530</b>	<b>28</b>	<b>2</b>	<b>23</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>111</b>	<b>7</b>	<b>49</b>	<b>1312</b>	<b>42</b>	<b>630</b>	<b>1018843</b>	<b>136208</b>	<b>13,4%</b>

de deshalb auch das Spektrum der eingesetzten PSM drastisch verändern. Bei den Wirkstoffen ohne lebende Organismen würde in diesem Szenario auf 91 % der jetzt bewilligten PSM verzichtet, womit 98 % der wegen des höheren Gefahrenrisikos als Substitutionskandidaten bezeichneten PSM eliminiert würden.

### Rückstände in der Umwelt

PSM und deren Abbauprodukte können je nach Persistenz und Mobilität in die Umwelt gelangen, namentlich in Fließgewässer und ins Grundwasser (Doppler *et al.* 2017; Reinhardt *et al.* 2017). In keiner uns bekannten Studie wurden PSM nachgewiesen, die im Biolandbau zugelassen sind. Dies entspricht insofern den Erwartungen, als organische Pestizide grossflächig eingesetzt werden und in den meisten Fällen persistenter sind als naturidentische chemische Strukturen. Auch Schwefel, Paraffinöl, Kaolin und Kupfer wurden in Gewässern und im Grundwasser bislang nicht nachgewiesen, was mit deren Mobilität und Abbaueigenschaften, aber auch mit dem begrenzten Einsatzgebiet (Obstbau, Weinbau) erklärbar ist.

Bei einer grossflächigen Ausdehnung der biologischen Bewirtschaftung ist deshalb zu erwarten, dass die Einträge von organischen Pestiziden und deren Abbauprodukten aus der Landwirtschaft in Gewässer und Grundwasser drastisch abnehmen und weitgehend vermieden würden. Gleichzeitig ist jedoch ein vermehrter Einsatz von biotauglichen Produkten wie Schwefel und dessen Alternativen wie Lecithin, Kaliumbicarbonat oder Fenchelöl in den intensiven Kulturen Wein-, Obst- und Gartenbau zu erwarten. Beim Einsatz von Kupfer ist keine Zunahme zu erwarten, jedoch bei alternativen PSM mit ähnlichem Wirkungsspektrum. Bei einer starken Zunahme der Verwendung von einzelnen PSM wie Kaolin, Spinosin oder Pyrethrin sind Skalierungseffekte zu erwarten, deren mögliche Umweltwirkungen vertieft abgeklärt werden müssten. Im Biolandbau wird konsequent daran gearbeitet, alte und teilweise problematische PSM zu ersetzen: In den letzten Jahren wurden beispielsweise Nikotin, Metaldehyd und Rotenon durch Alternativen abgelöst, aber dieser Prozess ist noch längst nicht abgeschlossen. Die Entwicklung von Alternativen (direkter und vorbeugender Pflanzenschutz) sollte deshalb intensiv vorangetrieben werden.

### Rückstände in Lebensmitteln

Behörden und Handel untersuchen Nahrungsmittel auf Pestizidrückstände. Für die Schweiz liegen keine öffentlich zugänglichen konsolidierten Statistiken vor, deshalb wurde für diese Untersuchung der jährlich

aktualisierte EFSA-Bericht (EFSA 2017) beigezogen. Pestizidrückstände in Lebensmitteln kommen oft vor, wobei in den meisten Fällen die Höchstmengen eingehalten werden. Die EFSA hat für das Jahr 2015 Analysedaten aus 84 341 Proben ausgewertet, die auch für die Schweiz repräsentativ sein dürften. In 46,7 % der untersuchten Lebensmittel wurden insgesamt 120 verschiedene PSM nachgewiesen, wobei die Höchstwerte in 2,8 % der Fälle überschritten wurden. In gewissen Lebensmitteln wie Früchten und Gemüse kommen Mehrfachrückstände oft vor, zum Beispiel enthalten 58 % der Bananen Mehrfachrückstände, während dies bei Gemüse bei 15–25 % der Fälle zutrifft. Spinosad wird auch in der konventionellen Landwirtschaft weitverbreitet eingesetzt und kommt dementsprechend als einziges der biotauglichen Mittel öfter vor. In biologischen Produkten werden ebenfalls Spuren von organischen Pestiziden nachgewiesen, die in den meisten Fällen auf Kontaminationen aus dem konventionellen Einsatz zurückzuführen sind. In einem Szenario 100 % Bio ist zu erwarten, dass diese Kontaminationen stark abnehmen würden.

Im Biolandbau zugelassene PSM verursachen aufgrund ihres Verhaltens in der Pflanze und der Umwelt oft weniger Rückstände als organische Pestizide. Dies widerspiegelt sich auch in der EFSA-Studie. In Bioprodukten sind die Anzahl und vor allem die Mengen gemessener Rückstände wesentlich tiefer als in konventioneller Ware. Zum Beispiel waren 96 % der Biofrüchte frei von nachweisbaren Rückständen, während nur 33 % der konventionellen Ware ein ähnliches Niveau erreichten. Der Vergleich zwischen Früchten, Gemüse und Getreide zeigt, dass in der Biolandwirtschaft konstant etwa 15 % der Produkte von Pestizidkontaminationen aus der Hintergrundbelastung betroffen sind. Von den PSM, die im Biolandbau zugelassen sind, wurden nur Spinosad und in ganz seltenen Fällen Pyrethrin nachgewiesen. Insgesamt waren die Biolebensmittel aber viel öfter von Kontaminationen durch nichterlaubte Substanzen betroffen, wenn auch in sehr geringen Mengen. Aufgrund der vorliegenden Daten ist zu erwarten, dass bei einem grossflächigen Verzicht auf organische Pestizide die Belastung von Nahrungsmitteln durch Pestizide und vor allem auch durch Mehrfachrückstände drastisch abnehmen würde.

### Weitere Auswirkungen

Die Ausdehnung der biologisch bewirtschafteten Flächen hat eine Vielzahl von Konsequenzen und schafft Herausforderungen, die im Detail zu modellieren sind. Mit der verminderten Freisetzung von organischen Pestiziden und der verminderten Produktionsintensität sind

erhebliche positive Auswirkungen auf die Biodiversität zu erwarten. Eine Vielzahl von Publikationen kommt zum Schluss, dass biologische Bewirtschaftung in dieser Hinsicht wesentlich besser abschneidet als konventionelle Landwirtschaft. Andererseits ist zu erwarten, dass beim heutigen Stand der Technik die Erträge von vielen Kulturen um 20–30 % abnehmen würden (Hallmann *et al.* 2017) und einzelne Kulturen wie zum Beispiel Zuckerrüben nicht weiterbetrieben werden könnten. Auch ist zu erwarten, dass der Klimawandel sowie invasive Krankheiten und Schädlinge die Anforderungen an den Pflanzenschutz erhöhen werden; dies trifft auch für die konventionelle Landwirtschaft zu. Eine grosse Unbekannte sind Skalierungseffekte: Die Ausdehnung der biologisch bewirtschafteten Flächen sollte zu erhöhter Resilienz der Agrarökosysteme beitragen, jedoch könnten im Einzelfall auch bestimmte Krankheiten und Schädlinge grassieren und vermehrt Schäden verursachen. Die ökonomischen Chancen und Herausforderungen sind ebenfalls erheblich. Die Schaffung der notwendigen Wertschöpfungsketten und Märkte sowie die Begleitung durch stringente agrarpolitische Massnahmen müssten sorgfältig erarbeitet werden. Dies bedingt eine enge Zusammenarbeit von Landwirtschaft, Handel, Wissenschaft und Politik.

## Schlussfolgerungen

Die Ausdehnung der biologisch bewirtschafteten Flächen ist ein zielführender Ansatz, um die Anwendung von PSM zu reduzieren. Insbesondere auf den Ackerbauflächen und im Grünland würde bei 100 % Bio fast vollständig auf den Einsatz von PSM verzichtet. In den anspruchsvollen Spezialkulturen Obst-, Wein- und Feldgemüsebau käme es zu einer Verschiebung weg von der Anwendung organischer Pestizide hin zu Biocontrol, jedoch ist vorerst keine Abnahme der ausgebrachten Mengen zu erwarten. Für die zukünftige Entwicklung eines modernen biologischen Pflanzenschutzes auf der Basis von *lebenden Organismen* und *Botanicals* würden hervorragende Voraussetzungen geschaffen. Weitere Reduktionen liessen sich durch den Einsatz robuster Sorten und fortschrittlicher vorbeugender Pflanzenschutztechniken realisieren. Das Szenario 100 % Bio zeigt die herausragende Rolle der Züchtung für die tatsächliche Reduzierung von PSM.

Durch die Reduktion von organischen Pestiziden würde deren Eintrag in Gewässer, ins Grundwasser und in Nahrungsmittel drastisch reduziert. Mit der biologischen Bewirtschaftungsweise sind erhebliche Vorteile für die Biodiversität und weitere Ökosystemleistungen zu erwarten, jedoch dürften die Erträge pro Fläche abnehmen. Eine vertiefte Abklärung zum Potenzial und zu den notwendigen Begleitmassnahmen ist notwendig und bedingt die enge Zusammenarbeit von Landwirtschaft, Handel, Wissenschaft und Politik. ■

### Literatur

- BAFU 2017. Aktionsplan des Bundesrates. 2017. Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz.)
- BLW 2017a. Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln.
- BLW 2017b. Pflanzenschutzmittel mit besonderem Risikopotenzial.
- BLW 2017c. Verzeichnis der Pflanzenschutzmittel.
- Doppler T., Mangold S., Wittmer I., Spycher S., Comte R., Stamm C., Singer H., Junghans M. & Kunz M., 2017. Hohe PSM-Belastung in Schweizer Bächen. *AQUA & GAS* 4, 47–56.
- EFSA 2017. The 2015 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal* 15, 4791.
- European Commission 2017. EU list of candidates for substitution.
- Hallmann C. A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan H., Stenmans W., Müller A., Sumser H. & Hörrn T., 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS one* 12, e0185809.
- Neumeister L. & Reuter W., 2016. The EU Pesticide Blacklist. Greenpeace e.V., Hamburg.
- Reinhardt M., Kozel R., Hofacker A. & Leu C., 2017. Monitoring von PSM-Rückständen im Grundwasser. *Aqua & Gas* 6, 78–89.
- Speiser B., Mieves E. & Tamm L., 2015. Kupferinsatz von Schweizer Biobauern in verschiedenen Kulturen. *Agrarforschung Schweiz* 6, 160–165.
- Speiser B., Tamm L., Maurer V., Bänninger M., Roggli M., Schneider C. & Chevillat V., 2017. Betriebsmittelliste 2017 für die Schweiz. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Frick.
- Spycher S. und Daniel O., 2013. Agrarumweltindikator Einsatz von Pflanzenschutzmitteln: Auswertungen von Daten der Zentralen Auswertung Agrarumwelt-indikatoren (ZA-AUI) der Jahre 2009–2010. Hrsg. Forschungsanstalt Agroscope Changins Wädenswil, Forschungsanstalt Agroscope Changins Wädenswil. 2013, 79 S.
- Willer H. & Lernoud J., 2016. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2016. Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM Organics International.

**Riassunto****Contributo dell'agricoltura biologica alla riduzione dei pesticidi in Svizzera**

In un'agricoltura svizzera, convertita all'agricoltura biologica al 100 %, il numero di principi attivi nei prodotti fitosanitari passerebbe da 383 a 107 (28 %). Dei restanti 107 principi attivi, 66 sono organismi viventi, 15 feromoni e 22 sostanze quali estratti vegetali, zolfo e rame. Nel settore della coltura (23,6 % della superficie agricola utile SAU), secondo lo scenario «100 % di agricoltura biologica», l'uso di prodotti fitosanitari (PFS) sarebbe ampiamente soppresso, con un risparmio del 98,5 % della quantità di PFS attualmente utilizzata. Nelle colture speciali di frutta, vite, ortaggi e patate (3 % dell' SAU), si risparmierebbero il 20 % di PFS e i pesticidi organici («pesticidi chimici-sintetici») verrebbero completamente sostituiti. Nelle superfici prative (circa il 70 % delle SAU) le PSM non sarebbero più utilizzate. Data la grande importanza della protezione diretta delle colture speciali, le quantità totali di PFS sarebbero attualmente ridotte solo del 51 %. Tuttavia, non sono stati presi in considerazione i cambiamenti nella rotazione delle colture e nella selezione delle varietà. Nello scenario del «100 % di agricoltura biologica», si prevede una forte riduzione della contaminazione da pesticidi organici delle acque correnti, delle acque sotterranee e degli alimenti. Cambiamenti nei metodi di coltivazione contribuirebbero a migliorare i servizi ecosistemici come la biodiversità e la fertilità del suolo, ma è altresì probabile che i raccolti diminuiscano. Le opportunità e le sfide riguardanti la coltivazione, l'ambiente e il mercato dovrebbero essere chiarite in uno studio approfondito.

**Summary****The contribution of organic farming to reducing plant protection products in Switzerland**

If Swiss agriculture was to be converted to 100 % organic management, the number of plant protection products, in terms of active substances, would be reduced from currently 383 to 107 (28 %). Of the remaining 107 substances, 66 are living organisms, 15 pheromones and 26 are substances such as plant extracts, sulphur or copper. Under the «100 % organic farming» scenario, farmers would largely forego applications of plant protection products (PPP) in arable farming (23.6 % of the agricultural area AA), thus reducing the quantity of PPP applied there by 98.5 %. In the specialist crops of fruit, grapes, vegetables and potatoes (3 % of AA), PPP usage would be reduced by 20 %, and organic pesticides («chemically synthesised pesticides») would be replaced by other substances. On grassland (approximately 70 % of AA) PPP would no longer be used. Due to the major significance of direct crop protection in specialist crops, the overall quantities of PPP applied would initially only be reduced by 51 %. However, changes in crop rotations and in cultivar selection were not taken into account. A «100 % organic farming» scenario can be expected to result in a major reduction of the contamination with organic pesticides of watercourses, groundwater and food. Changes in crop production methods would contribute to improved delivery of ecosystem services such as biodiversity and soil fertility; however, this would probably result in lower yields per unit area. An extended study should be undertaken to clarify opportunities and challenges in terms of crop production, the environment and the markets.

**Key words:** plant protection products, organic farming, pesticide use.