Evaluation von Massnahmen in der Landwirtschaft zur Reduktion der Gewässerbelastung mit Pflanzenschutzmitteln

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Ö+L Ökologie und Landschaft GmbH
Litzibuch, 8966 Oberwil-Lieli
Tel. 056 641 11 55, www.agraroekologie.ch

Impressum:

Evaluation von Massnahmen in der Landwirtschaft zur Reduktion der Gewässerbelastung mit Pflanzenschutzmitteln. Schlussbericht.

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Wasser, 3003 Bern
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

Auftragnehmer: Ökologie und Landschaft GmbH

Autoren: Simon Spycher, Andreas Bosshard

Hinweis: Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Titelfoto: Auswirkung von Starkniederschlägen auf Maisfeld in Oberwil-Lieli, 8.6.2015 (Foto: S. Spycher)

Datum: 31.10.2015

INHALT

Zusammenfassung **4**

1. Einleitung **6**

2. Methoden zur Erhebung des PSM-Einsatzes **7**

2.1 Vollerfassung **7**

2.2 Betriebserhebungen **7**

2.2.1 Datenlage in der Schweiz 7

2.2.2 Auf Betriebserhebungen basierende Indikatoren 9

2.3 Aus öffentlichen Unterlagen abgeschätzte Verteilung auf Kulturen **10**

2.4 Verkaufte Mengen **10**

2.4.1 Entwicklung der Mengen 10

2.4.2. Von verkauften Mengen zu behandelten Flächen 11

2.4.3 Berechnungspraxis in einzelnen Ländern 13

2.4.4 Fazit zur Wahl geeigneter Indikatoren 13

3. Handlungsansätze in verschiedenen Kulturen **15**

3.1 Studien zur Abschätzung des Reduktionspotentials im Ausland **15**

3.1.1 Dänemark 15

3.1.2 Frankreich 16

3.1.3 Deutschland 19

3.1.4 Auswirkungen der EU-Pflanzenschutzrahmenrichtlinie (2009/128/EG) 19

3.2 Frühere Studien in der Schweiz **19**

3.2.1 Definition der Anzahl Interventionen im Ackerbau 20

3.3 Datenlage in den wichtigsten Kulturen **22**

3.3.1 Reduktion 22

3.3.2 Substitution 26

3.3.3 Optimierung 27

3.4 Begünstigende Faktoren für Erfolg der Handlungsansätze und Ausblick **29**

4. Schlussfolgerungen **31**

Danksagung **33**

Literaturverzeichnis **34**

Anhang 1: Umrechnungen von Mengen auf behandelte Flächen **41**

Anhang 2: Korrelation Landnutzung mit Abschätzungen **44**

Anhang 3: Übersichtstabelle Szenariendefinition in Frankreich **46**

Anhang 4: Umweltrelevante Informationen in Produktekatalogen **47**

Verwendete Abkürzungen

DZV:	Direktzahlungsverordnung
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
NAP	Nationaler Aktionsplan (im vorliegenden Bericht jeweils bezüglich PSM)
NODU	Nombre de Doses Unités
ÖLN	Ökologischer Leistungsnachweis
PSM	Pflanzenschutzmittel
TFI	Treatment Frequency Index
ZA-AUI	Zentrale Auswertung Agrarumweltindikatoren

Zusammenfassung

Das Hauptziel des Projekts war die Evaluation und Priorisierung von Massnahmen in der landwirtschaftlichen Praxis, welche dazu beitragen können, die Einträge von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in Gewässer zu vermindern. In einem ersten Schritt wurden dazu diejenigen Anwendungen, Kulturen und Eintragspfade identifiziert, welche am meisten zur Gewässerbelastung beitragen. Als wesentliches Problem zeigte sich dabei die sehr begrenzte Datenlage. Diese erschwert einerseits die Evaluation von Monitoringdaten und andererseits führt dies dazu, dass sowohl positive als auch negative Entwicklungen in der Praxis nur begrenzt oder gar nicht erkannt werden. Es wurde deshalb zunächst untersucht, welche Ansätze zur Verbesserung der Datenlage im Bereich Einsatz von PSM sich in anderen Ländern bewährt haben und welche Indikatoren geeignet sind, um zukünftig Trends frühzeitig erkennen und mögliche Handlungsansätze besser bewerten zu können (Kap. 2).

Auf nationaler Ebene sind Daten zur Behandlungsintensität eine wichtige Grösse. Bisher wird in der Schweiz nur die aggregierte verkaufte Menge publiziert. Anhand von Daten aus Schweden und Grossbritannien konnte gezeigt werden, dass diese Grösse keine Trendaussagen zulässt. Sie kann sogar irreführend sein, weil die Behandlungsintensität trotz sinkender verkaufter Mengen zunehmen kann. Solche Fehlschlüsse lassen sich verhindern, wenn die verkauften Mengen anhand der bewilligten Aufwandmengen auf eine behandelte Fläche umgerechnet werden. Für diese Umrechnung gibt es bereits verschiedene in anderen Ländern verwendete Ansätze. Das in Frankreich verwendete Mass der Anzahl Einheitsdosen erscheint am geeignetsten, um in Zukunft auf nationaler Ebene die Entwicklung beurteilen zu können.

Für die konkrete Evaluation und Verbesserung der agronomischen Praxis sind darüber hinaus kulturspezifische Daten nötig. Die Schweiz erhebt seit 2009 solche Daten über die an der Zentralen Auswertung Agrarumweltindikatoren (ZA-AUI) beteiligten Betriebe. Die teilnehmenden Betriebe deckten 2009 knapp 1% der landwirtschaftlichen Nutzfläche (ohne Grünflächen) ab, was für knapp die Hälfte der im Ackerbau eingesetzten Wirkstoffe Schätzungen über deren primäres Einsatzgebiet erlaubt. Um die Quellen der Gewässerbelastung besser eingrenzen zu können, ist es unumgänglich, die Abdeckung zu erhöhen und bisher fehlende Kulturen insbesondere den Gemüsebau mit einzubeziehen. Zudem muss auch der bisher kaum erfasste Einsatz durch private Anwender und im Garten- und Landschaftsbau ins Monitoring einbezogen werden. Studien aus Grossbritannien und Deutschland können hier als Vorlage für ein mögliches Vorgehen dienen.

In einem zweiten Teil wurden einige wichtige Handlungsansätze evaluiert, die dazu beitragen können, den PSM-Einsatz und seine Risiken zu reduzieren (Kap. 3). Umfassende Studien der grossen Agrarforschungsinstitutionen in Dänemark und Frankreich kamen zum Schluss, dass es in den beiden Ländern rein wirtschaftlich sinnvoll wäre, den PSM-Einsatz um 20-40% zu reduzieren. Die aktuellere Studie stammt aus Frankreich. Sie wird in der vorliegenden Untersuchung auf ihre Übertragbarkeit auf die Schweiz evaluiert. Aufgrund der begrenzten Datenlage zum PSM-Einsatz in der Schweiz und vor allem aufgrund der Schwierigkeit, die konkrete Umsetzung der Instrumente in der Praxis zu beurteilen, sind die Aussagemöglichkeiten beschränkt. Angesichts der häufigen Nachweise erhöhter Herbizidkonzentrationen in Schweizer Gewässern sind insbesondere die in den französischen Studien vorgeschlagenen Anbausysteme mit reduziertem Herbizideinsatz von hohem Interesse und gemäss derzeit in der Schweiz laufenden Versuchen teilweise übertragbar.

Im Weiteren zeigte sich, dass in der Schweiz verschiedene zielführende Instrumente zur Reduktion des PSM-Einsatzes bestehen, diese aber oft wenig konsequent angewendet werden, obwohl sie Bestandteil des Ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) sind. Das gilt insbesondere für die Prognosesysteme, die gemäss aktuellen Umfragen in der Praxis wenig oder gar nicht genutzt werden. Auch die Aktualisierung und konsequente Anwendung der

Bekämpfungsschwellen und die Sortenwahl sind effektive Hebel, um den PSM-Einsatz zu reduzieren.

Genauer untersucht wurden die beiden Kulturen Mais und Raps. Die Resultate dieses Projektteils wurden im vorliegenden Projektbericht nicht im Detail wiedergegeben, sondern in einer im Dezember 2015 in der Zeitschrift Aqua & Gas erscheinenden Publikation separat dargestellt (Spycher *et al.* 2015). Es zeigte sich, dass sich beim Mais der Herbizideinsatz mit bereits erprobten und bewährten Massnahmen massgeblich reduzieren lässt. Beim Raps sind ebenfalls entsprechende Massnahmen möglich, wobei regionale und saisonale Unterschiede im Schaderregerdruck eine grössere Rolle spielen. Ein noch vertiefter abzuklärendes Potential besteht im Einsatz von Wirkstoffen mit günstigerem Umweltprofil. Beim Mais zeigten grobe Abschätzungen anhand von Stoffdaten Unterschiede von rund einem Faktor 100. Die mögliche Substitution durch Wirkstoffe mit niedrigerer Eintragswahrscheinlichkeit müsste noch agronomischen Zielen (Wirksamkeit, Resistenzmanagement) abgeglichen werden. Was die Reduktion der Abschwemmung betrifft, scheint neben bereits umfassend evaluierten Massnahmen wie bewachsenen Pufferstreifen vor allem bei der Bodenbearbeitung noch verschiedene Massnahmen mit Optimierungspotential zu bestehen. Hier bietet es sich an, Synergien zwischen Gewässer- und Bodenschutz besser zu nutzen.

Die Quantifizierung der Effektivität einzelner Massnahmen auf der Ebene von Einzugsgebieten ist nach wie vor schwierig, was vor allem an den auf kleiner Skala stark variierenden Eintragsrisiken liegt. Konkrete Entscheidungshilfen zur Planung und Evaluation von regionalen Gewässerschutzprojekten wären von grossem Wert.

Damit die bestehenden Möglichkeiten zur Verminderung der Einträge in Gewässer auch realisiert werden, ist ein gut abgestimmtes Vorgehen unter Nutzung unterschiedlicher Handlungsansätze notwendig. Diese reichen von einer Stärkung der Offizialberatung über adäquate Kontrollen, finanzielle Anreize bis hin zu einer Beteiligung des Marktes.

1. Einleitung

Die Diskussion um den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) in der Landwirtschaft ist aus verschiedenen Gründen kontrovers. Ein wesentliches Problem ist die in der Schweiz sehr begrenzte Datenlage. Dadurch werden sowohl positive als auch negative Entwicklungen weniger leicht oder gar nicht erkannt. Es wurde deshalb zunächst untersucht, welche Ansätze zur Verbesserung der Datenlage im Bereich Einsatz von PSM sich in anderen Ländern bewährt haben und welche Indikatoren geeignet sind, um zukünftig wichtige Handlungsfelder und Trends frühzeitig zu erkennen (Kap. 2).

Ein weiteres Problem ist das Fehlen einer ganzheitlichen Sicht auf die möglichen Handlungsansätze, wie PSM-Einträge in Gewässer und die Umweltbelastung durch PSM generell reduziert werden können. Gemäss der FAO Guidance on Pest and Pesticide Management lassen sich drei Handlungsansätze unterscheiden (FAO 2010) und zwar

1. Reduktion des PSM-Einsatzes
2. Substitution problematischer Wirkstoffe
3. Optimierung des Anbaus und der Handhabung

Entsprechend dem Vorsorgeprinzip hat das Ausschöpfen der Möglichkeiten bei der ***Reduktion*** die höchste Priorität, also die Evaluation von Alternativen zum chemischen Pflanzenschutz bzw. Reduktionsmöglichkeiten (z.B. Präventionsmassnahmen, Schadschwellen, mechanische Unkrautregulierung, tolerante Sorten, etc.). Bei der ***Substitution*** interessiert aus Sicht des Gewässerschutzes vor allem, wie gross der Spielraum ist, Wirkstoffe einzusetzen, die rascher abbaubar und/oder weniger mobil und weniger toxisch sind. Zur ***Optimierung*** können alle Praktiken und Massnahmen gezählt werden, welche dazu führen, dass die ausgebrachten PSM weniger leicht in die Gewässer gelangen, also z.B. auf dem Feld Massnahmen gegen Verschlämmung, Massnahmen zur Verhinderung von Verdichtungen, hoher Bodenbedeckungsgrad und am Feldrand das Anlegen von bewachsenen Pufferstreifen. Auch das Sicherstellen der sachgerechten Handhabung gehört zu diesem Handlungsansatz.

Am Beispiel der Gewässermonitoringdaten aus dem Programm NAWA Spez 2012 wurden in einer zeitgleich mit diesem Bericht erschienen Publikation die drei genannten Handlungsansätze für Kulturen evaluiert, die bezüglich der Gewässerbelastung besonders relevant sind (Spycher *et al.* 2015). Im vorliegenden Bericht wurde der Schwerpunkt dagegen auf übergeordnete Prinzipien wie Schadschwellen oder Prognosesysteme (Kap. 3) und auf die Beschreibung von Studien aus anderen Ländern gelegt, die im Hinblick auf die Diskussionen um den Nationalen Aktionsplan PSM (NAP) relevant sein könnten.

2. Methoden zur Erhebung des PSM-Einsatzes

Es gibt zwei mögliche Quellen, um den PSM-Einsatz zu erfassen: erstens das Sammeln von Aufzeichnungen von Landwirtschaftsbetrieben, wobei zwischen einer Vollerfassung und einer Stichprobenerhebung unterschieden werden kann, und zweitens Abschätzungen anhand der verkauften Mengen. Beim ersten Ansatz muss sichergestellt werden, dass die Lücken und systematischen Abweichungen bekannt sind. Werden Abschätzungen anhand der verkauften Mengen gemacht, besteht dieses Problem nicht, allerdings sind so keine kulturspezifischen Aussagen möglich. Je nach Fragestellung haben beide Ansätze ihren sich ergänzenden Nutzen.

2.1 Vollerfassung

Gemäss dem Methodenhandbuch der Eurostat führt bisher einzig der Bundesstaat Kalifornien eine Vollerfassung des PSM-Einsatzes durch (Eurostat 2008). Die Daten umfassen Angaben zu eingesetztem Produkt, Datum, Kultur und Lage der Fläche auf einem Quadratmeilenraster. Dies ermöglicht detaillierte Auswertungen für das Gewässermonitoring, für Studien im Bereich Humantoxizität (z.B. für Expositionsmodelle) und auch für agronomische Fragestellungen. Die seit 1990 etablierte Vollerfassung ist mit erheblichem Aufwand verbunden. Der Fortschritt der Informationstechnologie und die heute im Ackerbau aufkommende Nutzung von satellitenbasierten Lenksystemen, z.B. für Controlled Traffic Farming (Holpp *et al.* 2013), dürften aber dazu führen, dass der PSM-Einsatz mittelfristig automatisch und georeferenziert erfasst werden kann.

2.2 Betriebserhebungen

Sowohl in der EU als auch in Schweiz sind auf jedem Betrieb Aufzeichnungen zum Einsatz von PSM vorhanden. In der EU besteht aufgrund der Verordnung über Lebensmittelhygiene (EC 852/2004, Anhang I, Teil A, Punkt 9) eine Aufzeichnungspflicht für den Pflanzenbau, und in der Schweiz ist das Führen des Feldkalenders Teil der Anforderungen für den ÖLN (Anhang 1, 1.1., e). Mit dem Erlass der EU-Verordnung über Statistiken zu Pestiziden (1185/2009) sind seit 2010 alle EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet, direkt von landwirtschaftlichen Betrieben aufgezeichnete Daten zu sammeln. Die Verordnung macht abgesehen von den zu erfassenden Wirkstoffen bisher kaum Vorgaben zu Art und Umfang der Erhebungen. Als Folge davon werden die Erhebungen von Land zu Land sehr unterschiedlich durchgeführt.

Die umfangreichsten Erhebungen kennt Grossbritannien, wo seit 1965 basierend auf Betriebsbesuchen Daten erhoben werden, die ab 1990 in einheitlichem Format vorliegen und in Berichten und im Internet [1] frei zugänglich sind. Neben zweijährlich durchgeführten Erhebungen zum Ackerbau werden alle vier Jahre auch Erhebungen zu Dauer- und Spezialkulturen und zum Einsatz auf Grünland durchgeführt. Erhebungen zum Einsatz ausserhalb der Landwirtschaft (Zierpflanzen, Landschaftsbau, private Anwender) werden ebenfalls durchgeführt.

2.2.1 Datenlage in der Schweiz

In der Schweiz erhebt das BLW über das Agrarumweltmonitoring (Zentrale Auswertung Agrarumweltindikatoren, ZA-AUI) seit 2009 jährlich auf knapp 1% der landwirtschaftlichen Nutzfläche (ohne Grünland) unter anderem den PSM-Einsatz. Je nach Kultur ist der durch die Erhebung abgedeckte Anteil an der Landnutzung um einen Faktor 5 (Ackerbau) bis 50 (Obstbau) tiefer als in Grossbritannien (Spycher und Daniel 2013, Abschnitt 5.3.1). Andererseits liegt der erfasste Anteil in der Schweiz rund 10 Mal höher als in Deutschland, was die enormen Unterschiede in Europa unterstreicht.

[1] http://pusstats.fera.defra.gov.uk/ Register "Pesticide Usage Surveys" bzw. "PUS Stats Home"

Die aus den Erhebungen hochgerechneten Mengen sind klar niedriger als die verkauften Mengen. Für das Jahr 2009 betrug die hochgerechnete Menge 63% der verkauften Menge (Spycher und Daniel 2013). Ähnliche Werte wurden auch in anderen Erhebungen festgestellt, z.B. 62 bzw. 52% in einer 2001 und 2003 in Norwegen durchgeführten brieflichen Erhebung in der rund 7% der landwirtschaftlichen Nutzfläche erfasst wurden (Homstvedt und Moss 2011).

Die Gründe sind erstens Lücken durch nicht erfasste Kulturgruppen und zweitens systematische Abweichungen. Die drei wichtigsten und bisher nur teilweise quantifizierbare Lücken sind 1. der Einsatz durch Private und Gemeinden, 2. der Einsatz im Garten- und Landschaftsbau und 3. der durch die ZA-AUI nur in Ansätzen erfasste intensive Gemüsebau.

Möglichkeiten die Lücken in den Erhebungen zu schliessen: Zur ersten Lücke, dem Einsatz durch private Anwender, gibt es wertvolle Vorstudien des BAFU und der EAWAG (Wittwer und Gubser 2010 und Mahler und Moschet 2008). Die von Wittwer und Gubser vorgenommene Auswertung der Verkaufszahlen ergab, dass allein die 8 für Private und Gemeinde-Unterhaltsdienste relevantesten Herbizide 4.5% der gesamten verkauften Menge ausmachen. Solche Informationen sind von hohem Nutzen für die Interpretation von Monitoringdaten, denn die Wahrscheinlichkeit eines Gewässereintrags ist bei nichtberuflichen Anwendern höher (Braun *et al.* 2015). In Deutschland wird seit 2013 jährlich der Anteil der an private Anwender verkauften Wirkstoffmenge publiziert (BVL 2014). Er lag 2014 unter einem Prozent, was deutlich unter den 4.5% der Studie von Wittwer und Gubser liegt. Eine mögliche Erklärung ist, dass der Einsatz von Gemeinde-Unterhaltsdiensten in der deutschen Statistik nicht erfasst wird. In einer britischen Erhebung wurde der sogenannte "Amenity use" (Private Gärten, Parkanlagen, Infrastruktur und Golfplätze) auf 4% der eingesetzten Wirkstoffmenge geschätzt (Goulds 2012). Die Angaben des britischen Industrieverbandes lagen mit 15-20% jedoch deutlich höher (Spycher und Daniel 2013, Anhang A8), was unterstreicht, dass in diesem Bereich noch klarere Abgrenzungen nötig sind. Grundsätzlich sollte es möglich sein, über die Analyse der verkauften Produkte eine gute Einschätzung des Einsatzes durch private Anwender zu erhalten.

Auch zur zweiten Lücke, dem Einsatz im Garten und Landschaftsbau, liegen zwei vom BAFU in Auftrag gegebene Studien vor (Krebs *et al.* 2008 und Krebs *et al.* 2011). Die in den beiden Studien durchgeführten Hochrechnungen weichen stark voneinander ab. Wertvolle Beispiele zu grösseren Studien in dem Bereich gibt es aus Grossbritannien (Garthwaite *et al.* 2009).

Zur dritten Lücke, dem Einsatz im Intensivgemüsebau, gibt es lediglich qualitative Angaben (Moschet 2011). Für eine Erhebung in der Schweiz wäre eine Eingrenzung auf die wichtigsten Kulturen zielführend, wie es z.B. in Deutschland gemacht wird (Rossberg 2009a und Rossberg und Hommes 2013).

Weitere teilweise relevante Lücken ausserhalb der Landwirtschaft sind der Einsatz zur Vegetationskontrolle auf Bahnanlagen und der Einsatz in der Forstwirtschaft. Bei der Landwirtschaft kommen noch der Vorratsschutz und Saatbeizmittel dazu. Im Fall der Saatbeizmittel wird nur ein Teil davon durch die Verkaufszahlen des BLW erfasst, denn durch Kulturen mit importiertem Saatgut, wie z.B. Zuckerrüben und Gemüse, wird eine zusätzliche Wirkstoffmenge in die Schweiz gebracht (Moschet 2011).

Systematische Abweichungen: Auch wenn die oben genannten Lücken geschlossen werden, dürften die aus den ZA-AUI-Daten hochgerechneten Mengen tiefer liegen als die verkauften Mengen. Dies legt zumindest eine Auswertung der ZA-AUI-Daten nahe, in der nach Wirkstoffen gesucht wurde, die ausschliesslich im Acker-, Obst- und Weinbau zugelassen sind und daher von den oben genannten Lücken nicht betroffen sind (Spycher und Daniel 2013, Abschnitt 4.2.5). Für das Jahr 2009 wurde für die 13 Wirkstoffe, die dieses Kriterium erfüllen, eine Unterschätzung von rund 20% bestimmt. Mindestens 10% der Unterschätzung sind auswertungsbedingt (nicht verwendbare Einträge im Feldkalender) und der Rest dürfte an der Auswahl der Betriebe liegen, die als etwas motivierter und offener gegenüber einem zurückhaltenderen PSM-Einsatz eingestuft werden können als der Durchschnittsbetrieb.

Fazit: Die oben genannten Lücken im Bereich Einsatz durch private Anwender, Einsatz im Garten- und Landschaftsbau und Einsatz im Intensivgemüsebau sollten durch die ZA-AUI ergänzende Erhebungen geschlossen werden. Der Einsatz durch private Anwender wird in Deutschland inzwischen jährlich über die Auswertung der verkauften Produkte ausgewertet.

2.2.2 Auf Betriebserhebungen basierende Indikatoren

Anzahl Interventionen: Die kulturspezifische Anzahl Interventionen lässt sich direkt aus den Feldkalenderaufzeichnungen der an der ZA-AUI beteiligten Betriebe berechnen. Sie entspricht der Anzahl Durchfahrten, wobei einerseits die gesamte Anzahl Durchfahrten und andererseits die einzelnen Wirkungsbereiche (Insektizide, Fungizide, Herbizide, Wachstumsregulatoren und Andere) ausgewertet werden. Teilflächenbehandlungen, z.B. die im Obstbau üblichen Herbizidbehandlungen des Baumstreifens, werden anhand der behandelten Fläche (*bF*) gewichtet (Spycher und Daniel 2013).

Behandlungsindex (BI) oder Index Fréquence de Traitement (IFT): Der in Deutschland und Frankreich publizierte Behandlungsindex bzw. der analoge Index Fréquence de Traitement berücksichtigt die empfohlene bzw. bewilligte Aufwandmenge (Dosis) der ausgebrachten Produkte. Werden bei einer Intervention mehrere Produkte ausgebracht, wird der *BI* als Summe aller Quotienten von eingesetzter Menge (*eM*) und bewilligter Aufwandmenge (*bM*) berechnet. Für eine bestimmte Parzelle wird der BI aller in einer Saison ausgebrachte Produkte *p* dann

$$BI = \sum_p \frac{eM \cdot bF}{bM \cdot gF} \qquad (1)$$

mit *bF*: behandelte Fläche der Kultur und *gF*: gesamte Fläche der Kultur. Für eine bestimmte Kultur wird dann der Mittelwert der *BI* aller erhobenen Parzellen gebildet.

Der *BI* weicht in zwei Fällen substanziell von der Anzahl Interventionen ab. Erstens wenn in einer Kultur häufig Tankmischungen mit mehreren Produkten ausgebracht werden (und die Summe der *eM*/*bM* in der Tankmischung > 1 ist) und zweitens, wenn in einer Kultur tiefere Aufwandmengen oder Teilflächenbehandlungen üblich sind. Der erste Fall ist gemäss den Auswertungen in Deutschland vor allem bei Fungiziden im Wein- und Obstbau (z.B. Rossberg 2008 und Rossberg 2009b) und bei Fungiziden im Kartoffelanbau häufig (Rossberg 2013). Der zweite Fall, also der Einsatz tieferer Aufwandmengen, ist in Deutschland in mehreren Ackerbaukulturen verbreitet, insbesondere bei Wachstumsregulatoren im Wintergetreide, Herbiziden in Zuckerrüben und Fungiziden im Raps (Rossberg 2013).

In Frankreich werden im Rahmen der Bemühungen, den PSM-Einsatz zu reduzieren, auch die Möglichkeiten vorangetrieben, bei gewissen Kulturen und Wirkungsbereichen mit reduzierten Aufwandmengen zu arbeiten. Erfolge in diesem Bereich lassen sich nur mit dem BI (bzw. IFT) erfassen, denn die Anzahl Interventionen kann diesen Aspekt nicht wiedergeben. Die im Rahmen des französischen Aktionsplans durchgeführte Berechnung des PSM-Reduktionspotentials basiert auf dem kulturspezifischen Vergleich der IFT konventionell wirtschaftender Betriebe und dem IFT von eigens für den Aktionsplan aufgebauten Betriebsnetzen (siehe Kap. 3.1.2).

Behandelte Fläche: In Grossbritannien wird neben der Anzahl Interventionen auch die behandelte Fläche publiziert. Die behandelte Fläche lässt sich einerseits als globale Grösse berechnen (z.B. mittlere Anzahl Interventionen Kartoffeln mal Anbaufläche Kartoffeln) und andererseits auf der Ebene der einzelnen Wirkstoffe. Gerade im Hinblick auf den Gewässerschutz ist es eine sehr wertvolle Information, ob ein bestimmter Wirkstoff auf 1% oder auf 50% der Anbaufläche einer Kultur ausgebracht wird.

Fazit: Auf Betriebsebene erhobene Daten sind, sofern eine Vollerfassung nicht machbar ist, der beste Weg, um den PSM-Einsatz in den verschiedenen Kulturen abzuschätzen und gezielter nach Lösungen zur Verminderung der Gewässereinträge zu suchen. Gewisse Fragestellungen, z.B. ob der PSM-Einsatz auf nationaler Ebene im Lauf der Zeit zu- oder abnimmt, sind anhand von begrenzten Betriebserhebungen schwer zu beantworten. Deshalb berech-

nen Länder wie Frankreich, Schweden und Dänemark ergänzend zu den kulturspezifischen Erhebungen auch auf den Verkaufszahlen basierende nationale Indikatoren (siehe Kap. 2.4.3).

2.3 Aus öffentlichen Unterlagen abgeschätzte Verteilung auf Kulturen

Wenn keine Daten zum Einsatz und zum Verkauf von Wirkstoffen vorliegen, muss auf Beratungsunterlagen und Empfehlungen zum Einsatz der einzelnen Wirkstoffe zurückgegriffen werden. Auf diese Quellen sind derzeit vor allem die kantonalen Gewässerschutzfachstellen angewiesen, aber auch das deutsche Umweltbundesamt hat im Sommer 2015 ein Forschungs- und Entwicklungs-Vorhaben ausgeschrieben [2], in welchem dieses Vorgehen Teil des Leistungsauftrags war.

Auch in diesem Projekt mussten die Quellen der im Programm NAWA Spez 2012 gemessenen Wirkstoffe anhand solcher Abschätzungen vorgenommen werden. Die Plausibilität der Abschätzungen wurden dabei anhand der gemessenen Konzentrationen überprüft (Details in Spycher *et al.* 2015 und Anhang 2). Dabei wurden Wirkstoffe gesucht, die gemäss der Schätzung primär in einer Kultur eingesetzt werden. Der Flächenanteil solcher Kulturen in den fünf Einzugsgebieten wurde mit der mittleren Konzentration des Wirkstoffs korreliert (Anhang 2). Es wurde keine Optimierung vorgenommen, sondern die Auftragung wurde erst nach Abschluss der Schätzungen durchgeführt. Das wichtigste Resultat war, dass es keine Fälle erhöhter Konzentration trotz tiefem Anteil an der Landnutzung gab, ein Hinweis, dass die Schätzungen im Fall der häufig eingesetzten Wirkstoffe robust sind. Es wäre wertvoll, die Schätzungen noch mit Daten aus Betriebserhebungen wie z.B. der Zentralen Auswertung Agrarumweltindikatoren (ZA-AUI) zu überprüfen (de Baan *et al.* 2015). Ein Vorteil des Vorgehens, anhand von Beratungsunterlagen den relativen Anteil der Kulturen zu schätzen, liegt darin, dass keine der möglichen Anwendungen ausgeschlossen werden, also auch der von der ZA-AUI nicht abgedeckt intensive Gemüsebau, der Einsatz durch private und der Garten- und Landschaftsbau miteinbezogen sind. Der Gemüsebau war in den fünf 2012 untersuchten Einzugsgebieten gemäss den Schätzungen eine der relevantesten Kulturen, insbesondere bei Insektiziden.

2.4 Verkaufte Mengen

2.4.1 Entwicklung der Mengen

Die aggregierte verkaufte Menge wird in allen EU-Ländern seit längerem erfasst. Seit 2012 werden die einzelnen Wirkstoffe gemäss einer einheitlichen Einteilung (Anhang III der EU-Verordnung über Statistiken zu Pestiziden (1185/2009)) von der Eurostat erfasst. Gemäss Auskunft der Eurostat sollen alle im Land in Verkehr gebrachten PSM erfasst werden, also auch Parallelimporte und über Saatgut importierte Saatbeizmittel (im Sinne von Artikel 3 Nummer 9 der EU-Pflanzenschutzmittelverordnung 1107/2009). Die Mengen der einzelnen Wirkstoffe werden voraussichtlich vertraulich bleiben, aber die aggregierte Menge sollte in Zukunft für alle Länder einheitlich publiziert werden.

Die Entwicklung der aggregierten Menge als nationaler Indikator wird in den meisten Ländern bereits seit langem publiziert. In den 1980er und 1990er Jahren definierten mehrere Länder, z.B. Schweden, Finnland und auch die Schweiz, quantitative Ziele zur Senkung der verkauften Menge (Gianessi 2009). Die Schweiz definierte das quantitative Ziel einer Reduktion der eingesetzten Menge um 30%. Die von den Mitgliedern der Schweizerischen Gesellschaft der Chemischen Industrie (SGCI) erfasste Menge nahm von 1992/1993 bis 2003 um 30% ab (Poiger *et al.* 2005). Welchen Anteil dabei die Verlagerung auf mit tiefen Aufwandmengen wirksame Wirkstoffe hatte, liess sich nicht evaluieren.

[2] UFOPLAN 3715 63 407 0: „Umweltrisiken von PSM zwischen Prognose und Realität: Wie belastbar sind Ergebnisse der ökotoxikologischen Risikobewertung zum einzelnen Mittel vor dem Hintergrund der üblichen Anwendungspraxis (Tankmischungen, Spritzserien)?“ Ausschreibung: 28.05.2015

Das gleiche Problem stellte sich auch in anderen Ländern. In Schweden sank z.B. vom Referenzzeitraums 1981-1985 bis 2005 die verkaufte Menge von 4500 to auf 1700 to bzw. von rund 1.2 kg/ha auf 0.4 kg/ha, was einer Reduktion um 62% entspricht (Abb. 1).

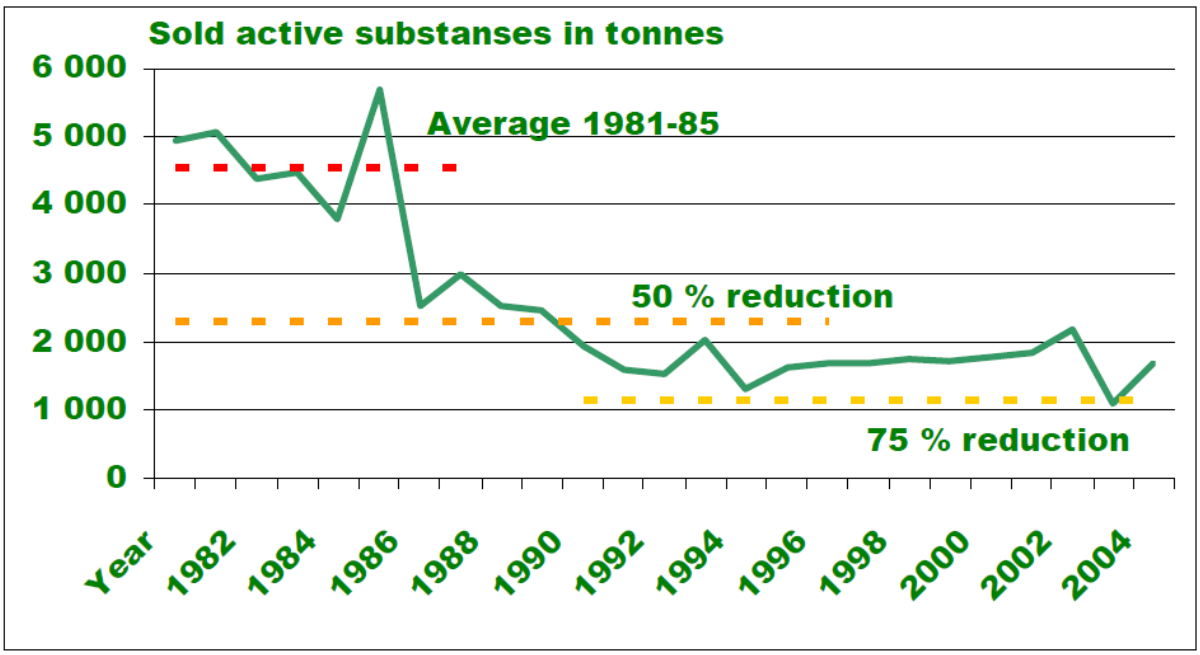


Abbildung 1: *Entwicklung der verkauften Menge in Schweden (Abbildung aus Franzén 2007). Die Ausschläge nach oben sind die Folge von Vorratskäufen vor der Einführung von erhöhten Abgaben auf PSM.*

Um festzustellen, welchen Einfluss die Verlagerung auf Wirkstoffe mit tieferen Aufwandmengen hat, wurde die verkaufte Menge in Ländern wie Schweden, Dänemark und Frankreich anhand der empfohlenen Aufwandmengen normiert (siehe Kap. 2.4.2).

2.4.2. Von verkauften Mengen zu behandelten Flächen

Um die verkaufte Menge der einzelnen Wirkstoffe im Hinblick auf ihre biologische Aktivität zu normieren, wird bei allen bekannten Ansätzen die in der Bewilligung angegebene Aufwandmenge herbeigezogen, um eine standardisierten Aufwandmenge zu bestimmen, welche in vielen Quellen auch Standarddosis genannt wird (frz. "Dose unité"). Die biologische Aktivität wird also über die Wirkung auf Zielorganismen quantifiziert. In erster Näherung werden damit auch Nebenwirkungen auf Ökosysteme erfasst (Abgrenzung zu Risikoindikatoren in Kap. 2.4.4). Beträgt die verkaufte Menge eines bestimmten Wirkstoffs 100 to und die Standarddosis 1 kg/ha, dann wurden gemäss dem Ansatz 100‘000 ha behandelt. In Schweden wurde mit diesem Ansatz die in Abb. 2 dargestellte Anzahl "Hektar-Dosen" berechnet.

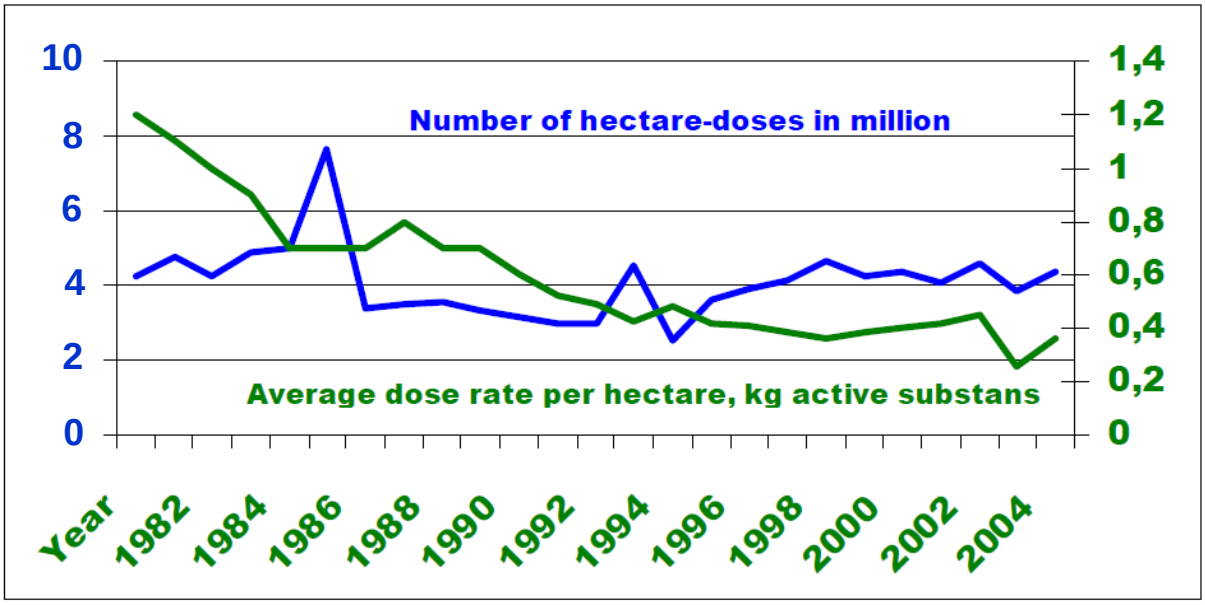


Abbildung 2: *Entwicklung der mittleren Aufwandmenge pro Hektar (grün) und der behandelten Fläche (blau) in Schweden (Abbildung aus Franzén 2007)*

Der Vergleich der mittleren Aufwandmenge pro Fläche mit der Anzahl "Hektar-Dosen" zeigt, dass diese über den Zeitraum von 20 Jahren nicht abgenommen haben. Auch das Beispiel Grossbritannien zeigt, wie unterschiedlich die zeitliche Entwicklung der beiden Indikatoren – eingesetzte Menge und die berechnete behandelte Fläche – ist (Abb. 3).

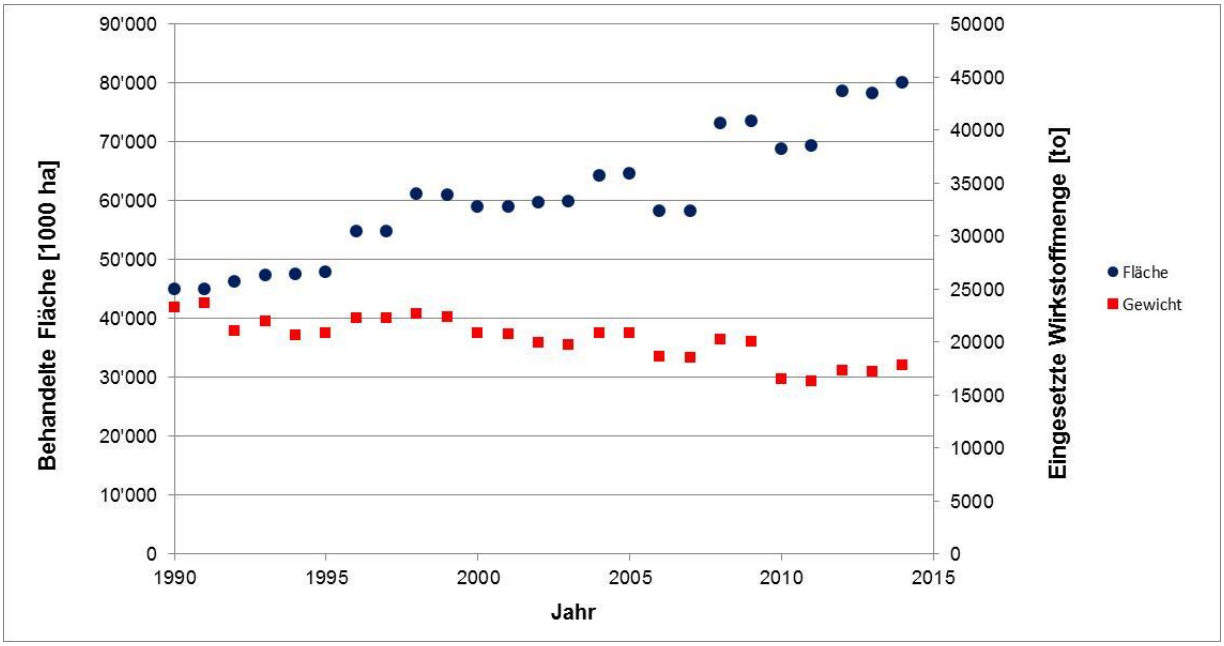


Abbildung 3: *Entwicklung des PSM-Einsatzes einerseits als Menge und andererseits als behandelte Fläche (analog zu DEFRA 2013 ohne Sulphuric acid)*

Von 1990 bis 2013 ist in Grossbritannien als Folge einer Verlagerung auf Wirkstoffe, die in niedrigeren Dosen wirksam sind, die eingesetzte Menge um 25% gesunken[3]. Gleichzeitig stieg im selben Zeittraum die behandelte Fläche um 75%. Die Gründe für die Zunahme der Behandlungsintensität wurden nicht recherchiert, aber die komplette Privatisierung der Bera-

[3] http://pusstats.fera.defra.gov.uk/

tung in den 1990er Jahren dürfte ein entscheidender Faktor gewesen sein (Blanc und Noe 2011).

Zwei Definitionsschritte sind bei dieser Art von Umrechnung entscheidend: Erstens die Definition der Standarddosis und zweitens die Datengrundlage zur Verteilung der Wirkstoffe auf die verschiedenen Kulturen. Je nach Land wird die Umrechnung unterschiedlich gehandhabt.

2.4.3 Berechnungspraxis in einzelnen Ländern

a) Frankreich: Das im französischen NAP formulierte quantitative Ziel ist eine 50% Reduktion der behandelten Fläche, die in Frankreich als Nombre de Doses Unités (NODU) bezeichnet wird (Baschet und Pingault 2009). Basis für die Berechnung der NODU sind die verkauften Mengen der einzelnen Wirkstoffe (siehe Anhang 1). Diese werden anhand der mittleren Aufwandmenge und der Anbaufläche der einzelnen Kulturgruppen gewichtet. Spezifische Präferenzen in einzelnen Kulturen (z.B. Anhand von Erhebungsdaten) werden nicht berücksichtigt.

b) Dänemark: In der dänischen Landwirtschaftspolitik wird die Behandlungshäufigkeit über den Treatment Frequency Index (TFI) berechnet (Miljøstyrelsen 2012). Die Grundidee bei der Berechnung des TFI ähnelt den französischen NODU, basiert aber auf Verkaufszahlen der einzelnen Produkte (siehe Anhang 1) und nicht der Wirkstoffe. Da die einzelnen Produkte tendenziell auf einer geringeren Anzahl Kulturen zugelassen sind als die einzelnen Wirkstoffe, benötigt der TFI im Hinblick auf die Verteilung der Wirkstoffe auf die Kulturen weniger Annahmen, beinhaltet dafür aber weniger Informationen z.B. zu Wirkstoffklassen.

c) Deutschland: Die Basis für die Berechnung des nationalen Risikoindikators Synops sind ebenfalls verkaufte Mengen (siehe Anhang 1). Zur Verteilung der Wirkstoffe auf die Kulturen wurden anhand von Annahmen zum Schaderregerdruck Wahrscheinlichkeiten für den Einsatz in den einzelnen Kulturen abgeleitet (Gutsche und Strassemeyer 2007). Angaben zur behandelten Fläche werden nicht publiziert, sondern nur die daraus abgeleiteten Risikoindikatoren.

d) Grossbritannien: In Grossbritannien werden die Verkaufszahlen nicht verwendet, um Kennzahlen zur Behandlungsintensität zu berechnen. Dies ist auch weniger dringlich, da zu allen Kulturen und auch zum Einsatz ausserhalb der Landwirtschaft sehr umfassende Erhebungen existieren.

2.4.4 Fazit zur Wahl geeigneter Indikatoren

Nationaler Indikator für die Behandlungsintensität: Die Beispiele Schweden und Grossbritannien machen klar, dass anhand der aggregierten verkauften Mengen keine Aussagen zur Entwicklung der Intensität des PSM-Einsatzes gemacht werden können. Anhand der bewilligten Aufwandmengen lassen sich die verkauften Mengen der einzelnen Wirkstoffe jedoch normieren und ein Bezug zur behandelten Fläche herstellen. Die auf diese Weise berechnete Grösse ist ein geeigneter Indikator für die Behandlungsintensität auf nationaler Ebene.

Da es sich um einen globalen Indikator handelt, der keine Aussagen zu den einzelnen Kulturen macht, dürfte der transparente und einfache französische Ansatz die beste Wahl sein.

Abgrenzung Risikoindikatoren und Indikatoren zur Behandlungsintensität: Risikoindikatoren stellen einen Bezug zwischen der Menge der eingesetzten Wirkstoffe und ihren Effekten her. Dieser Bezug ist wünschenswert und wichtig, denn je nach Wirkstoffeigenschaften sind die Effekte sehr unterschiedlich. Im Synthesebericht zur Vorbereitung des französischen Aktionsplans wurde folgende Aussage bezüglich Risikoindikatoren gemacht:

«Malgré la demande forte et légitime de développement d'indicateurs de risques de contamination et d'impacts, simples d'accès, il est nécessaire de rester temporairement circons-

pect sur l'utilisation des indicateurs existants comme outil d'aide à la décision. La mise en oeuvre de vrais programmes de validation des différents indicateurs existants devrait toutefois permettre de dépasser ce stade dans le futur. En revanche, l'utilité des indicateurs comme outil d'aide à la communication, à la prise de conscience, au raisonnement, semble d'ores et déjà indiscutable.» (Aubertot *et al.* 2005, S. 19)

Die Aussage unterstreicht die Tatsache, dass Risikoindikatoren wertvoll sind und bereits heute für Analysen und Schlussfolgerungen genutzt werden können. Da sie aber auf einer starken Reduktion und Vereinfachung ökologischer Zusammenhänge beruhen, kommt der Beschreibung ihrer Grenzen und ihrer Validierung eine hohe Bedeutung zu. Zum Beispiel unterschätzen Indikatoren für wirbellose Gewässerorganismen systematisch die Toxizität gewisser Wirkstoffklassen, wenn die Toxizität lediglich mit Daphnien (eine Gattung der Krebstiere) als Stellvertreterorganismen quantifiziert wird (Brock und van Wijngaarden 2012). Auswirkungen auf die Biodiversität, die primär über indirekte Effekte erfolgen, dürften mit den meisten Risikoindikatoren ebenfalls nur schwer abbildbar sein. Unabhängig davon, welche Rolle Risikoindikatoren spielen, müssen sie gemeinsam oder ergänzend zu geeigneten Indikatoren für die Behandlungsintensität verwendet werden, wie es z.B. heute in Dänemark gemacht wird (Miljøstyrelsen 2012 und DK 2013).

3. Handlungsansätze in verschiedenen Kulturen

3.1 Studien zur Abschätzung des Reduktionspotentials im Ausland

3.1.1 Dänemark

Bereits im ersten dänischen NAP von 1986 wurde das Ziel formuliert, die durch den Treatment Frequency Index (TFI) quantifizierte Behandlungshäufigkeit um 50% zu senken. Als Referenzzeitraum wurden die Jahre 1981-1985 mit einem mittleren TFI von 2.67 gewählt. Zehn Jahre nach Verabschiedung des NAP lag der TFI bei 2.51 (Nistrup Jørgensen und Kudsk 2006). Das Bichel Komitee, eine umfassend besetzte Expertenkommission, analysierte 1999 erneut verschiedene Szenarien (Anonym 1999). Im vom dänischen Institut für Agrarforschung (Danmarks Jordbrugs Forskning) ausgearbeiteten Szenario zum ökonomischen Optimum lag der TFI bei 1.4.-1.7, was einer Reduktion zwischen 31 und 44% entspricht. Im zweiten Aktionsplan wurde deshalb folgende quantitative Ziele formuliert: TFI auf 2.0 bis 2004 und TFI auf 1.7 bis 2009. Während das erste Etappenziel bereits um die Jahrtausendwende erreicht schien (Abb. 4a), liessen sich danach keine weiteren Reduktionen mehr erzielen. Wie Abbildung 4b aus dem aktuellen dänischen NAP illustriert, ist sogar das Gegenteil eingetreten, denn der TFI steigt seit der Jahrtausendwende leicht aber stetig. Es wurden bisher keine Dokumente gefunden, welche die Gründe für die Zunahme beschreiben. Die Zunahme betrifft offenbar vor allem den Herbizid- und zu einem geringerem Anteil den Insektizideinsatz.

Abbildung 4a: *Entwicklung des Treatment Frequency Index in Dänemark von 1981-2003 (aus Nistrup Jørgensen und Kudsk 2006)*

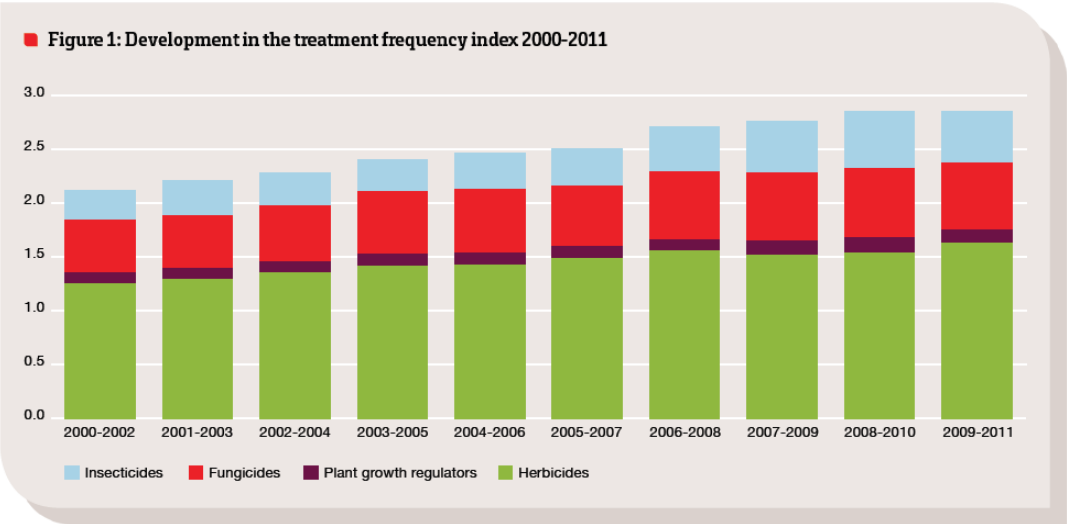


Abbildung 4b: *Entwicklung des Treatment Frequency Index in Dänemark von 2000-2011 (aus DK 2013)*

Im aktuellen NAP wurde keine Reduktion der Behandlungshäufigkeit mehr angestrebt, sondern eine Reduktion des Pesticide Loads (PL). Dieser Indikator basiert auf den drei Aspekten Verbrauch, Persistenz und Toxizität, die zu einer Gesamtzahl aggregiert werden.

3.1.2 Frankreich

In einer sehr umfassenden Analyse des Institut National de la Recherche Agronomique (INRA[4]) wurden für jede Kultur und unter Berücksichtigung des regionalen Schädlingsdrucks drei verschiedene Szenarien mit unterschiedlich weit gehenden Massnahmen der integrierten Produktion definiert (Butault *et al.* 2010). Eine grobe Übersicht der über mehrere Jahre von vier Expertengruppen für die vier Kulturgruppen Ackerbau, Rebbau, Obstbau und Gemüsebau ausgearbeiteten Szenarien findet sich im Anhang 3. Für jeden Reduktionsgrad von -10 bis -50% wurde geschätzt, wie stark der Anteil der Anbaufläche mit intensivem PSM-Einsatz zurückgefahren und der Anteil mit weit gehenden Massnahmen der integrierten Produktion und des biologischen Anbaus hochgefahren werden muss.

Das Reduktionspotential der drei Szenarien mit integrierter Produktion wurde je nach Kultur sehr unterschiedlich geschätzt. Während einige Kulturen wie Raps bereits im N1-Szenario stark reduzierten PSM-Einsatz aufweisen, erreichen Kartoffeln auch im N2c (Szenario mit weitgehendsten Massnahmen) keine 50% Reduktion.

[4] Mit einem Budget von über 800 Millionen Euro die grösste europäische Agrarforschungsinstitution (http://institut.inra.fr/Reperes/Chiffres)

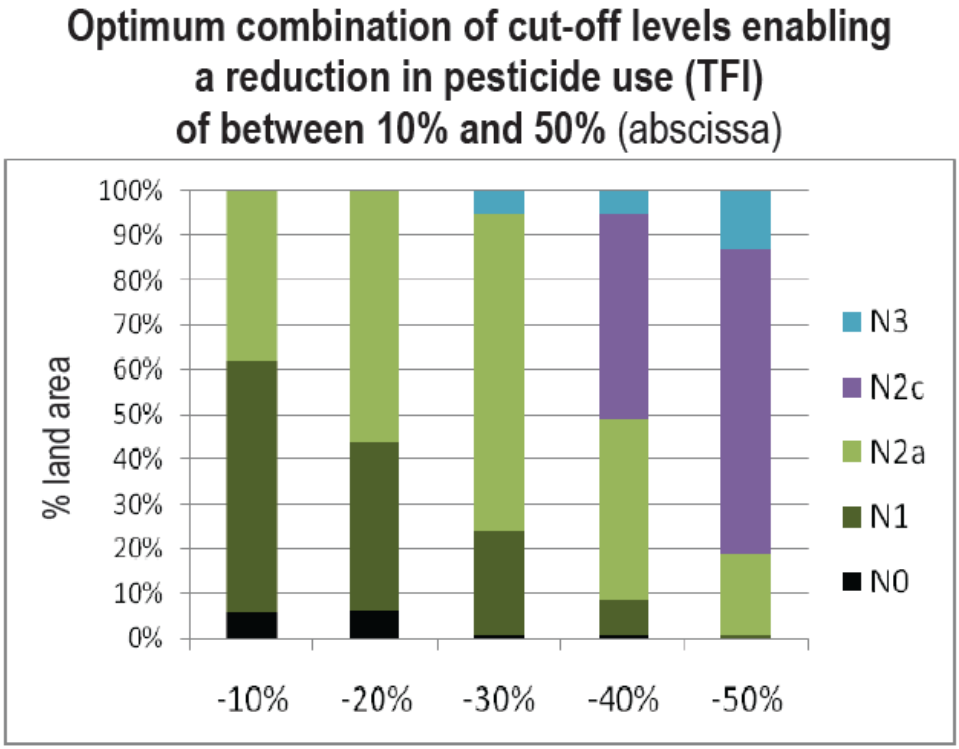


***Abbildung 5a**: Nötiger Anteil verschiedener Anbausysteme, um das betreffende Reduktionsziel zu erreichen (aus INRA 2010 bzw. Butault et al. 2010).*
N0: Intensivanbau ohne Einschränkungen
N1: Optimierte Dosierung "Agriculture Raisonnée" und Schadschwellen
N2a: zusätzlich zu N1 Anpassungen bei Sorten, Saatdichte, Saatzeitpunkt
N2c: zusätzlich zu N2a mehrjährige Planung der Massnahmen
N3: Biologischer Anbau

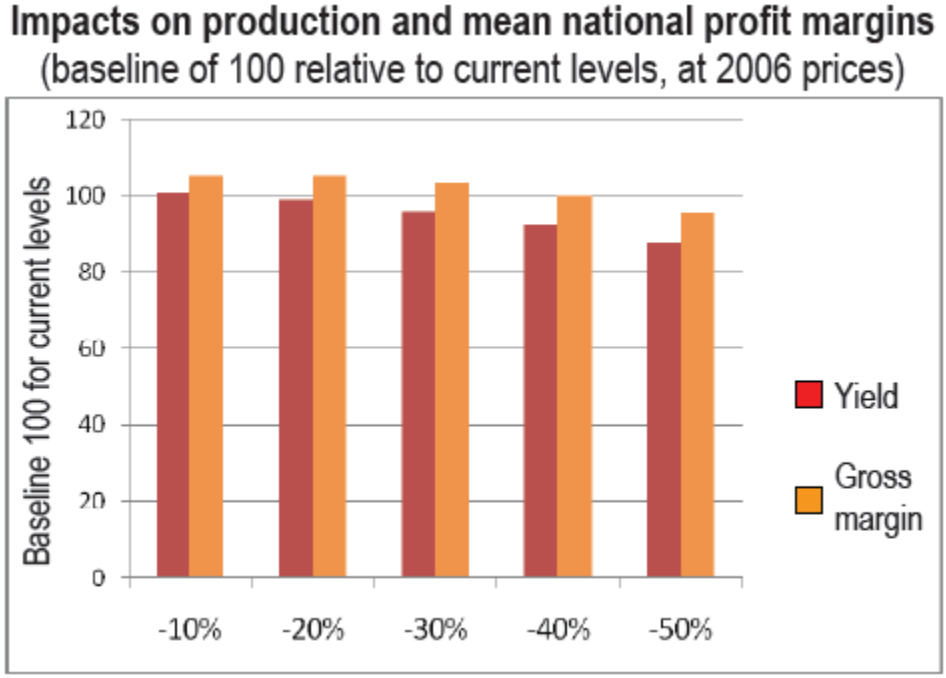


***Abbildung 5b:** Auswirkung der prozentualen Reduktion der Behandlungshäufigkeit auf Erträge und Einkommen (aus INRA 2010 bzw. Butault et al. 2010)*

Wie in Abbildung 5b ersichtlich ergab die Analyse, dass in Frankreich bei einer Reduktion des PSM-Einsatzes bis zu 20% nur geringfügige Ertragseinbussen von rund 1% zu erwarten

sind. Für 30% und 50% Reduktion des PSM-Einsatzes wurden Ertragseinbussen von 4 bzw. 12% prognostiziert. Dieses Ergebnis ist zentral für die Diskussion um den PSM-Einsatz, die meistens auf zwei Punkte reduziert wird, und zwar den Ertragsverlust von 30-50%[5] , der mit einem Verzicht auf PSM in Verbindung gebracht wird, und auf die Alternativlosigkeit des jetzigen PSM-Einsatzes unter der Prämisse der Ertragsmaximierung. Die wichtigste Schlussfolgerung aus Abbildung 5b ist, dass die Ertragskurve durch Anpassung der Anbausysteme nicht linear sinkt, sondern zuerst flach verläuft.

Noch mehr Spielraum zeigte sich in der Analyse der INRA bei der Bruttomarge ("Marge brute"), die bei Reduktionen um 10-30% höher lag als beim Ist-Zustand des Jahres 2006. Berechnungen für das Preisniveau der beiden Jahre 2006 und 2007 kamen auf eine Reduktion von 41 bzw. 36%, die sich ohne Einbussen der Bruttomarge erreichen lassen (Butault *et al.* 2010). Interessant ist, dass die Bruttomargen nicht stetig über die verschiedenen Szenarien verlaufen, sondern Sprünge aufweisen. So beträgt bei Erbsen im N1-Szenario der Unterschied zum Ist-Zustand 0%, während bei N2a und N2c die Bruttomarge um 18 bzw. 27% steigt. Einzig bei Kartoffeln sinkt die Marge über alle Szenarien stetig.

Bei der Hochrechnung auf die nationale Ebene ist die Anbaufläche der entscheidende Faktor. Entsprechend wirken sich kleine Änderungen bei den Szenarien für Getreide, Raps oder Mais sehr stark aus, während auch grössere Anpassungen im Obstbau noch keine grosse Änderung der insgesamt behandelten Fläche bewirkt (das Verhältnis der Anbauflächen von Kernobst zu Ackerbau liegt in Frankreich bei fast 1:200).

Ziel des Plan Ecophyto war ursprünglich, von 2008 bis 2018 primär durch verbessere Verbreitung des Fachwissens im Bereich integrierte Produktion den PSM-Einsatz um 50% zu reduzieren. Bis 2012 war jedoch keine Abnahme oder sogar eine leichte Zunahme der behandelten Fläche zu verzeichnen (Anonym 2013), weshalb Ende 2014 eine Anpassung des Plans vorgenommen werden musste (Potier 2014). Neben einem verlängerten Zeithorizont (25%-Reduktion bis 2020 und 50% bis 2025) wurden 68 Prinzipien, Massnahmen und Indikatoren genannt, welche es ermöglichen sollen, dieses Ziel zu erreichen unter anderem auch eine Erhöhung der Abgaben auf PSM.

Der Plan Ecophyto hat also bisher keine Wirkung in der Breite erzielt. Die zur Umsetzung des Ziels initiierten Aktivitäten, vor allem die Betriebsnetze mit innovativen Anbausystemen (Reseau Dephy[6] mit mittlerweile 1900 Betrieben), scheinen aber motivierten Landwirten einen Ansporn zu geben, eine andere Risikokultur zu entwickeln und das verfügbare Know-How zu innovativen Anbausystemen aufzugreifen und weiterzuentwickeln. In einigen wenigen Bereichen liegen Daten vor, dass nicht nur ein paar Pioniere etwas geändert haben, sondern dass sich die Praxis gewandelt hat. Ein Beispiel ist der Weinbau, in dem bereits im dritten Jahr des Aktionsplans die ohne Herbizid angebaute Fläche von 10% (2006) auf 19% (2010) gestiegen ist (Ambiaud 2012), davon überproportional häufig in Rebbergen für Weine im hohen Preissegment. Mit 67% am häufigsten war in der Erhebung 2010 ein kombinierter Einsatz von Herbiziden und mechanischer Unkrautregulierung. Ausschliesslich mit Herbiziden wird nur noch auf 14% der Flächen gearbeitet. Die schnelle Anpassung der Praxis war vor allem möglich, weil sich direkte Vorteile wie eine Reduktion der Erosion und eine reichere Nützlingsfauna ergaben (Ambiaud 2012). Synergien mit anderen agronomischen Zielen wie dem Erosionsschutz oder Resistenzmanagement sind daher als günstige Voraussetzung zur raschen Anpassung der Praxis einzustufen (siehe auch Kap. 3.3.3).

Die mechanische Unkrautregulierung scheint in Frankreich auch in anderen Kulturen nie ganz verschwunden zu sein. Gemäss Erhebungsdaten des Jahres 2006 wurden z.B. auf 38% der Zuckerrübenfläche neben dem Einsatz von Herbiziden ergänzend auch mit mechanischen Methoden (v.a. Hackgeräte) gebearbeitet (Agreste 2014). Gemäss Aussagen von Beratern wurde deren Potential zur Reduktion des Herbizideinsatzes und zur gleichzeitigen

[5] Gemäss ECPA zwischen 30-50%: http://www.ecpa.eu/page/what-are-pesticides

[6] Réseau de Démonstration, d'Expérimentation et de Production de références sur les systèmes de culture économes en produits pHYtosanitaires (DEPHY) http://www.ecophyto.fr/gc/itin%C3%A9raires-et-syst%C3%A8mes/fermes-dephy

Kosteneinsparung bisher aber nicht genutzt. Eine Wende in diesem Bereich deutet sich aber an, denn inzwischen empfiehlt auch die Branche bzw. das Institut Technique de la Betterave (ITB) den ergänzenden Einsatz chemischer und mechanischer Methoden. Das ITB schätzt das Kosteneinsparpotential im Bereich Unkrautregulierung für die Betriebe und die meteorologischen Verhältnisse in Frankreich auf 25-35% bei einer gleichzeitigen Reduktion des Herbizideinsatzes um 50-70% (ITB 2015).

3.1.3 Deutschland

In Deutschland wurde für die am "Netz Vergleichsbetriebe" beteiligten Betriebe für die Kulturen Winterweizen, Wintergerste und Raps eine umfassende Evaluation des als "notwendiges Mass" bezeichneten Behandlungen vorgenommen (Freier *et al.* 2013). Jede erfasste Pflanzenschutzmassnahme der Jahre 2007-2012 wurde dabei von Experten der regionalen Pflanzenschutzdienste bewertet und, falls sie als unnötig oder unklar eingestuft wurde, als "kritisch" bezeichnet. Generell sind solche Bewertungen ohne Kenntnisse der Befallssituation vor Ort nicht einfach und im Zweifelsfall wurde die Massnahme als notwendig eingestuft.

Der Anteil an Behandlungen mit als kritisch bewerteten Massnahmen in Winterweizen wurde je nach Jahr bei Herbiziden auf 4-9%, bei Fungiziden auf 10-17% und bei Insektiziden auf 16-40% geschätzt. Bei der Wintergerste lag der Anteil für Herbizide bei 3-9%, bei Fungiziden bei 5-24% und bei Insektiziden bei 10-39%. Beim Raps lag der Anteil für Herbizide bei 4-11%, bei Fungiziden bei 4-22% und bei Insektiziden bei 10-31%. Für alle Jahre und Applikationen zusammengefasst ergab sich ein Anteil von 11% für Winterweizen, 11% für Wintergerste und 13% für Raps. Da die Datenlage bei anderen Kulturen nicht sehr umfangreich war, wurden nur zusammengefasste Zahlen wiedergegeben.

Nicht Teil der Bewertung waren Alternativen wie der Anbau robusterer Sorten. Die Zahlen wiederspiegeln also das Reduktionspotential innerhalb der derzeit vorherrschenden Anbausysteme, das sich durch Massnahmen wie z.B. verbesserte Information zum Befallsdruck und durch Beratung realisieren lassen.

3.1.4 Auswirkungen der EU-Pflanzenschutzrahmenrichtlinie (2009/128/EG)

Die 2009 von der EU in Kraft gesetzte Richtlinie für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden (2009/128/EG) behandelt im Annex III auch den integrierten Pflanzenschutz (EU 2009). Dieser ist seit dem 1.1.2014 für alle EU-Mitgliedsstaaten verpflichtend. Die aufgeführten Massnahmen entsprechen weitgehend den in der schweizerischen Direktzahlungsverordnung (DZV) aufgeführten Massnahmen, sind aber offener formuliert (z.B. Punkt 1: "*Die Vorbeugung und/oder Bekämpfung von Schadorganismen sollte neben anderen Optionen insbesondere wie folgt erreicht oder unterstützt werden: – Fruchtfolge; – Anwendung geeigneter Kultivierungsverfahren (z.B. Unkrautbekämpfung im abgesetzten Saatbett vor der Saat/Pflanzung, Aussaattermine und -dichte, Untersaat, konservierende Bodenbearbeitung, Schnitt und Direktsaat); – gegebenenfalls Verwendung resistenter/toleranter Sorten und von Standardsaat- und -pflanzgut/ zertifiziertem Saat- und Pflanzgut (…)*").

Das bedeutet, dass es den einzelnen Mitgliedsländern überlassen bleibt, inwieweit sie griffige nationale Regulierungen entwickeln oder ob die Richtlinie eher zu einer Verwässerung des Begriffs "Integrierte Produktion" führt. Auf dem Gebiet der angewandten Agrarforschung scheint die Richtlinie aber zu einer neuen Dynamik im Bereich der Integrierten Produktion geführt zu haben.

3.2 Frühere Studien in der Schweiz

Die entscheidende Grundlagen-Studie für die Schweiz war die 1986 von der 1982 neu gegründeten Schweizerischen Gesellschaft für Phytomedizin durchgeführte "Analyse der phytomedizinischen Situation in der Schweiz 1986". In zweijähriger Arbeit wurden für alle relevanten Kulturen die Möglichkeiten einer möglichst umweltschonenden Produktion evaluiert

(Schweizerische Gesellschaft für Phytomedizin 1986). Implizit und z.T. auch explizit wurden die drei Handlungsansätze Reduktion, Substitution und Optimierung des Anbau- und Agrarökosystems berücksichtigt. Viele Elemente der 1993 erlassenen Verordnung über Beiträge für besondere ökologische Leistungen in der Landwirtschaft (OeBV) und der später eingeführten Direktzahlungsverordnung (DZV) bzw. des ÖLN basierten auf dieser Analyse. Die wichtigsten direkt den Pflanzenschutz betreffenden Elemente waren die geregelte Fruchtfolge, Bekämpfungsschwellen, Einschränkung nützlingsschädigender PSM, ökologische Ausgleichsflächen und später das Instrument der Sonderbewilligungen.

Was die Evaluation der Wirtschaftlichkeit betrifft waren die in den 1990er Jahren durchgeführten Studien mit Betriebsnetzen von grossem Wert (Hilfiker 1995). Aktuellere Daten zur Wirtschaftlichkeit liegen für gewisse Anbaupraktiken vor (z.B. Fungizideinsatz im Raps: Basler 2014) oder für einzelne Kulturen (z.B. ein szenarienbasierter Ansatz für die Apfelproduktion: Mouron *et al.* 2012). Aktuelle Vergleiche von Anbausystemen existieren abgesehen vom 2008 abgeschlossenen Anbausystemversuch Burgrain (Zihlmann *et al.* 2010) aber nicht. Eine für gewisse Fragestellungen wertvolle Datenquelle sind die Grundlagenbericht der Zentralen Auswertung von Buchaltungsdaten (ZA-BH) (Hoop und Schmid 2015). Eine gutes Beispiel sind die anhand von ZA-BH-Daten durchgeführten Auswertungen von Wirth (2012). Dabei wurden jeweils die zur Egalisierung der Extensobeiträge nötigen Mehrerträge errechnet. Diese können dem Landwirt als Entscheidungshilfe dienen, ob sich an seinem Standort ein intensiver Anbau lohnt.

Im Zusammenhang mit wirtschaftlichen Aspekten erwähnenswert ist eine kürzlich verfasste Studie zu den externen Kosten des PSM-Einsatzes (Verwaltung, Monitoring, Ökosystemschäden und Gesundheitsbelastung). Diese wurden für die Schweiz trotz einem von den Autoren als konservativ eingestuftem Ansatz auf 50 und 100 Mio. CHF pro Jahr geschätzt (INFRAS 2014).

3.2.1 Definition der Anzahl Interventionen im Ackerbau

In den neunziger Jahren hat anlässlich der Diskussionen um die gute landwirtschaftliche Praxis die Arbeitsgruppe "Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln" eine Liste von Behandlungshäufigkeiten zusammengestellt (Flury 2005). Die beteiligten Experten bestimmten in aufwändiger Arbeit für jede Ackerkultur und für jeden Wirkungsbereich die Anzahl Interventionen, die im mehrjährigen Durchschnitt der guten landwirtschaftlichen Praxis entsprechen sollte. Anhand solcher Werte wurde in 1990er Jahren jeweils ein sogenannter Phytoindex berechnet, der die prozentuale Ausschöpfung der gemäss guter landwirtschaftlicher Praxis üblichen Behandlungshäufigkeit wiedergibt (siehe z.B. Hilfiker 1995). Der Vergleich der Werte mit den Erhebungen der ZA-AUI zeigt für viele Kulturen nur geringe Unterschiede (Tab. 1).

Bei Vergleichen mit den Erhebungen der ZA-AUI ist zu beachten, dass diese Werte die effektive Behandlungshäufigkeit rund 20% unterschätzen dürften (Spycher und Daniel 2013 und Kap. 2.2.1). Um das effektive Reduktionspotential zu schätzen, müssten die Erhebungsdaten anlog zum Vorgehen in den Niederlanden anhand von Verkaufszahlen skaliert (also nach oben korrigiert) werden (Kruijne 2012), was ausserhalb des Rahmens dieser Studie liegt. Deshalb wurde mit den öffentlich verfügbaren Daten aus dem ZA-AUI-Schlussbericht gearbeitet.

	Herbizide	Fungizide	Insektizide
Weizen	1.3 (1.1)	1.4 (1.4) [1]	0.3 (0.1) [1]
Gerste	1 (1.1)	1 (1.5) [1]	0 (0) [1]
Mais	1 (1.0)	0 (0)	0.4 [3] (0.01)
Raps	1 (1.1)	0.7 (0.8)	1.4 (2.2)
Rüben	1.4 (3.8)	0.7 (1.1)	0.7 [4] (0.1)
Erbsen	1.1 (1.3) [2]	0 (0.4) [2]	0.4 (0.4) [2]
Kartoffeln	1.1 (1.9)	7 (5.4)	0.2 (0.44)

[1] ÖLN (ohne Extenso)
[2] In ZA-AUI nur Angaben für aggregierte Kulturgruppe der Hülsenfrüchte
[3] Unklar, ob in Empfehlung auch biologische Schädlingsbekämpfung mit Trichogramma einbezogen wurde (in ZA-AUI nur chemische Bekämpfung ausgewertet)
[4] Anfang 1990er noch keine für Zuckerrüben geeigneten Saatbeizmittel

Tabelle 1: Von der Arbeitsgruppe "Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln" des BLW 1994 empfohlene Anzahl Interventionen und in Klammer der im Jahr 2009 im Betriebsnetz der ZA-AUI erhobene Wert. Saatbeizmittel nicht berücksichtigt. Abweichungen von 50% oder mehr sind grau schattiert.

Die grössten Abweichungen nach oben (ZA-AUI höher als Empfehlungen) sind in folgenden Kulturen und Wirkungsbereichen zu verzeichnen:

- Fungizideinsatz Gerste
- Herbizideinsatz Zuckerrüben
- Insektizideinsatz Raps
- Insektizid- und Herbizideinsatz Kartoffeln

Beim Herbizideinsatz im Zuckerrübenanbau ist zu beachten, dass sich die Anzahl Interventionen vor allem wegen des heute üblichen Kleinmengensplits (mehrmaligen Applikation mit geringeren Aufwandmengen) erhöht hat (Rossberg 2010). In Deutschland liegt z.B. der Behandlungsindex für Herbizide bei 2.3, während die Behandlungshäufigkeit bei 3.8 liegt. Auch wenn dieser Effekt berücksichtigt wird, scheint der über die ZA-AUI erhobene Herbizideinsatz über dem empfohlenen Wert der 1990er Jahre zu liegen. Bei allen vier Kulturen dürfte ein Teil der Abweichung auf die heute höher liegenden Ertragserwartungen zurückzuführen sein (die Erträge liegen heute ausser beim Weizen bei allen Ackerfrüchten rund 10-20% höher als vor 20 Jahren (BAFU 2013)). Den grösseren Anteil dürften aber die zu wenig genutzten Möglichkeiten von Prognosesystemen, Bekämpfungsschwellen, etc. haben (siehe Kap. 3.3.1). Dieser Aspekt sollte deshalb vertieft analysiert werden.

Die grösste Abweichung nach unten (ZA-AUI tiefer als Empfehlungen) gab es beim Insektizideinsatz im Mais. Dies ist vor allem wegen der grossen Anbaufläche relevant. Es ist nicht klar, ob mit den 0.4 Behandlungen, die gemäss der Expertengruppe des BLW in den 1990er Jahren der guten landwirtschaftlicher Praxis entsprechen sollten, der Einsatz von Schlupfwespen gegen den Maiszünsler gemeint ist oder die früher verbreitete Praxis, Insektizide in Form von Granulaten einzusetzen. Ein weiterer zu berücksichtigender Faktor ist das die gegen Ende der 1990er aufkommenden Insektizidbeizungen beim Mais einen Teil der Granulatbehandlungen ersetzt haben dürften (Spycher *et al.* 2015). Saatgutbehandlungen werden in den aktuellen Erhebungen der ZA-AUI bisher nicht berücksichtigt. Der unter den (in dieser Hinsicht veralteten) Empfehlungen liegende Einsatz von Insektiziden bei Zuckerrüben ist ein gutes Beispiel für eine Verlagerung von gespritzten Behandlungen auf Beizmittel. Weitere Abweichungen nach unten betreffen den Insektizideinsatz im Weizen, der aber je nach Jahr sehr stark schwanken kann (die in den Agrarberichten der letzte vier Jahre aufgeführte Fläche der Sonderbewilligungen gegen Getreidehähnchen reichte je nach Jahr von 500 bis über 7000 ha (z.B. BLW 2012), wobei die frei einsetzbaren Mittel in diesen Erhebungen nicht erfasst werden).

Generell hat der in 1990er Jahren intensiv diskutierte Ansatz, eine gute Landwirtschaftliche Praxis anhand der maximalen Anzahl Interventionen zu definieren, in den letzten 10 Jahren kaum noch eine Rolle gespielt. Dies nicht zuletzt deshalb, weil es bisher an Erhebungsdaten zum Einsatz von PSM gefehlt hat.

3.3 Datenlage in den wichtigsten Kulturen

3.3.1 Reduktion

Situation in der Schweiz

Eine komplette Aufarbeitung aller Kulturen und Wirkungsbereiche war im Rahmen des Projekts nicht möglich. Eine vertiefte Evaluationen für den als prioritär eingestuften Mais- und Rapsanbau wurde jedoch im zeitgleich erschienen Artikel vorgenommen (Spycher *et al.* 2015). Deshalb wurden an dieser Stelle vor allem Hinweise gesammelt, welche übergeordneten Prinzipen heute das grösste Potential für eine Reduktion des PSM-Einsatzes haben (Tab. 2).

Bereits die aufgeführten Beispiele machen deutlich, dass es regional unterschiedliche Potentiale gibt, den PSM-Einsatz zu senken. Gerade bei der Reduktion bzw. beim Verzicht auf Herbizide gibt es ja nach Jahr und je nach Standort grosse Unterschiede. Eine Quantifizierung dieses Potentials bedürfte in jedem Bereich vertiefte Abklärungen, z.B. durch Auswertung mehrjähriger Daten zum Schaderregerdruck oder von Versuchsdaten zu bestimmten Pflanzenschutzstrategien, wie sie z.B. die Plattform Ackerbau durchführt. Ein Beispiel wären die aktuellen Versuche zur Wirtschaftlichkeit des Fungizideinsatzes im Raps (Basler 2014).

Krankheiten und Schädlinge

Eine von der Arbeitsgruppe Bekämpfungsschwellen durchgeführte Umfrage mit rund 450 ausgewerteten Fragebögen ermöglicht die Bedeutung der ersten drei in Tabelle 2 genannten Aspekte in der Praxis einzuschätzen (Ramseier *et al.* 2015). Von den **Prognosesystemen** für den Ackerbau (PhytoPre, FusaProg und Agrometeo) war nur die für den Kartoffelanbau aufgebaute Entscheidungshilfe PhytoPre mehr als der Hälfte der Produzenten bekannt (30% kennen es nicht) und von denen die PhytoPre kennen, wenden es weniger als die Hälfte immer oder oft an. Das für den Getreidebau relevante FusaProg kannten weniger als 40% der Getreideproduzenten und nur 5% gaben an, es zu nutzen. Hauptnutzen solcher Entscheidungshilfen ist ein effektiverer Pflanzenschutz, aber es besteht gleichzeitig ein Potential, PSM einzusparen, wobei die Höhe dieses Einsparpotenzials noch quantifiziert werden müsste.

Monitoring z.B. im Bereich Primärherde von Kartoffelkrankheiten, ermöglicht eine über die Prognosesysteme hinaus gehende Abschätzungen der lokalen Situation, was z.B. in der Ostschweiz ermöglicht, den Spritzbeginn bei den Kartoffeln erheblich hinauszuzögern (Schwarz 2015).

Bezüglich der **Bekämpfungsschwellen** ergab die Umfrage, dass vor allem bei Schädlingen mit hohem Schadenspotential die Bekämpfungsschwellen erhoben werden (Ramseier *et al.* 2015). Bei den Krankheiten gaben im Fall des Getreidebaus je nach Krankheit ein Viertel bis ein Drittel der Befragten an, die Bekämpfungsschwelle immer anzuwenden. Nicht erhoben wurde der Anteil der Flächen, welche nach der Bestimmung der Bekämpfungsschwelle behandelt wurde und welcher nicht, wodurch es nicht möglich ist, das Einsparpotential bei Fungiziden zu quantifizieren. Die in Tabelle 2 zitierte Studie von Forrer und Amiet (1989) ergab für den Ende 1980er Jahr üblichen Produzentenpreis (rund 2.5x höher als heute) und für den damals vorherrschenden Schaderregerdruck eine kostenneutral realisierbare Reduktion des Fungizideinsatzes im Weizenanbau von einem Drittel (von 1.5 auf 1.0 Interventionen), wobei die Erträge rund 2% (nicht signifikant) tiefer lagen.

	Bereich/Prinzip	Beschreibung	Standortabhängigkeit	Wissenslücken und Highlights
Krankheiten und Schädlinge	Prognosesysteme	Hilfe bei Abschätzung des Risikos und Wahl des Behandlungszeitpunkts	Berücksichtigt	*Highlight:* Effizienz PSM-Einsatz lässt sich steigern (z.B. durch Blattnässemodell für Zuckerrübenkrankheitsdruck ermöglichte mit toleranten Sorten Ertragssteigerungen (Schwarz 2015))
	Monitoring	Monitoring auf Krankheitsherde (v.a. bei Kartoffeln relevant)	Berücksichtigt	*Wissenslücke:* Ausnutzung regionaler Unterschiede im Krankheitsdruck (z.B. Ostschweiz geringerer Kraut- und Knollenfäuledruck)
	Bekämpfungsschwellen	Einschätzung, ob Behandlung wirtschaftlich	-	*Wissenslücke:* Konkrete Umsetzung im Rahmen der Arbeitsgruppe "Bekämpfungschwellen" (Ziele: Aktualisierung, bessere Umsetzbarkeit und Kontrollierbarkeit) *Highlight:* Versuche der Agroscope Reckenholz mit möglicher Reduktion des Fungizideinsatzes von 1.5 auf 1.0 Behandlungen bei gleichbleibendem Gewinn (Forrer und Amiet 1989) und ähnliche aktuellere Ergebnisse in Frankreich (Bouchard 2008)
	Sortenwahl	Unterschiede bezüglich Krankheitsanfälligkeit nutzen	Mässig bis Hoch	*Highlight:* Versuche mit toleranten Zuckerrübensorten und präventiven Massnahmen brachten 50-66% Fungizideinsparung (Schwarz 2015)
	Andere (Düngung, Zeitpunkt der Saat, Prävention)	Saatzeitpunkt, Nährstoffe, Einarbeiten der Ernterückstände	Hoch	*Wissenslücke:* Potential reduzierte Düngung in verschiedenen Kulturen, generelles Potential präventiver Massnahmen
Unkraut	Schadschwelle	Unkrautregulierung	-	*Wissenslücken:* Möglichkeiten Mehrwert in Praxis zu tragen, Nutzen von Prognosemodellen wie z.B. FlorSys (Mézière 2015a,b)
	Mechanisch	Ergänzend zu chemischer Unkrautregulierung oder auch rein mechanisch	Hoch	*Wissenslücke:* Einbinden der mechanischen Unkrautregulierung in andere agronomische Ziele (Resistenzmanagement und Erosionsschutz) *Highlight:* Versuche deuten auf eine machbare Herbizidreduktion von 50% in Zuckerrüben hin. Die Geräte wären auch im Mais und vermutlich auch Kartoffeln, Sonnenblumen und Raps einsetzbar (ITB 2015 und HAFL 2015)
	Untersaat	Unkrautunterdrückende Wirkung	Mässig	*Wissenslücke:* Mehrwert im Mais (Streifenfrässaat heute populärer) Highlight: Ertragsneutral in Raps

Tabelle 2: Übergeordnete Prinzipien mit Potential im Bereich Reduktion des PSM-Einsatzes. Bei der Standortabhängigkeit deutet der Bindestrich an, dass der Einfluss unklar ist. Als Wissenslücke wurden Bereiche bezeichnet, in denen gemäss Einschätzung der Autoren weitere Abklärungen besonders wertvoll wären.

Die aktuelleren, in insgesamt 76 zwischen 2003-2006 durchgeführten Versuchen der INRA zeigten für das extensivere Anbausystem (reduzierte Düngung, Verzicht auf Wachstumsregulatoren, reduzierter Fungizideinsatz) ein Fungizid-Reduktionspotential von rund 50% (Bouchard 2006). Der Ertrag lag je nach Sorte um 7-8% tiefer, während ein um 35 bis 45 € höherer Gewinn pro Hektare bestimmt wurde, wobei die Produzentenpreise zur damaligen Zeit in Frankreich bei tiefen 0.1 €/kg lagen.

Im Bereich der **Sortenwahl** besteht heute vor allem dank den in den 1990er Jahren erfolgten vorausschauenden Planung und Prioritätensetzung ein grosses Potential. Ein exemplarisches Bespiel dieser Weitsicht war eine im Auftrag des Nationalfonds vor 20 Jahren erstellten Expertise, in der systematisch die Möglichkeiten nationaler Züchtungsprogramme im Hinblick auf einen reduzierten PSM-Einsatz bewertet wurden (Fried *et al.* 1993), konkret bei Weizen, Reben, Kartoffeln, Äpfeln, Gerste, Raps, Mais und Rüben. Die wichtigsten Schlussfolgerungen waren, dass 1. die Resistenzzüchtung gegen Krankheiten grössere Chancen hat als die Resistenzzüchtung gegen Schädlinge, 2. die Schweiz bei Kartoffeln und Raps über keine eigenen Züchtungsprogramme verfügt und deshalb ein hoher Aufwand nötig wäre, und 3., dass die grössten Chancen bei der Resistenzzüchtung für Weizen, Reben und Äpfel bestehen. Die Agroscope-Forschungsanstalten und beteiligte Partner haben seither für alle drei Kulturen verstärkt im Hinblick auf die Resistenz gezüchtet, und in allen drei Kulturen sind grosse Erfolge vorzuweisen (Mascher *et al.* 2012, Spring *et al.* 2013, Franck und Kellerhals 2010). Bisher wird vor allem das Potential der pilztoleranten Weizensorten genutzt, nicht zuletzt weil deren Anbau mit Extenso-Beiträgen unterstützt wurde. Bei den Reben und beim Obst wären heute Sorten vorhanden, deren benötigter Fungizidschutz um ein Vielfaches unter den herkömmlichen Sorten liegt. Entscheidend dürfte deren Erfolg am Markt sein. Auch bei den anderen Kulturen bieten die heute verfügbaren Sorten Spielraum, den Fungizideinsatz zu senken. Zuckerrüben sind z.B. eine von Experten häufig genannten Kultur, bei der das Potential bestehender Sorten noch besser genutzt werden könnte.
Nicht evaluiert wurde das Potential präventiver Massnahmen wie gezielterer Düngung und optimierter Saatzeitpunkte (z.B. für den Raps: Aubertot *et al.* 2006) und die derzeit bestehenden Optimierungsmöglichkeiten bei der Fruchtfolgegestaltung (Vullioud 2005).

Unkräuter

In der Praxis kaum noch eine Bedeutung haben **Bekämpfungsschwellen** im Bereich Unkrautregulierung. Bei der oben erwähnten Umfrage gaben 11% an, sie immer und 25% sie häufig anzuwenden (Ramseier *et al.* 2015). In diesem Bereich könnten die Erfahrungen der INRA Dijon wertvoll sein, denn dort werden seit über 10 Jahren Versuche zu reduziertem Herbizideinsatz durchgeführt (Lechenet *et al.* 2014, Petit *et al.* 2015), wobei angestrebt wird, gleichzeitig agronomische Zielgrössen (z.B. Ertrag, Ernteverunreinigungen, Krankheitsreservoirs) und ökologische Zielgrössen zu optimieren (z.B. Nahrungsangebot für Vögel, Nahrungsangebot für Insekten, Diversität der Flora) (Mézière *et al.* 2015a,b). Es müsste überprüft werden, ob die dort entwickelten Konzepte und Methoden (z.B. mit Vorhersageprogrammen für die Verunkrautung) für die Praxis in der Schweiz geeignet sind.

Die **mechanische Unkrautregulierung** scheint nicht zuletzt dank der Umweltpolitik in Ländern wie Dänemark, den Niederlanden und Frankreich einen Technologieschub zu erleben. Die in Tab. 2 genannten ersten Ergebnisse eines Projekts an der Berner Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL wurden mit Zuckerrüben durchgeführt, aber die Geräte sind auch für Kartoffeln, Mais, Raps und Sonnenblumen einsetzbar. Die bisherigen Ergebnisse an der HAFL wiesen darauf hin, dass bei guter Auslastung in Reihenkulturen eine kostenneutrale Herbizidreduktion um 50% möglich ist (HAFL 2015).

Wie in Tabelle 2 erwähnt, ist der Unkrautdruck stark abhängig vom Jahr, von der Fläche (Vorgeschichte) und vom Standort, weshalb flexible Anreize effektiver als fixe Richtlinien sein dürften. Auf nationaler Ebene gibt es im Rahmen der Ressourceneffizienzbeiträge (REB) für schonende Bodenbearbeitung seit 2015 bereits eine Prämie (400.- CHF), wenn bei pfluglosem Anbau auf Herbizide verzichtet wird. Beim pfluglosen Anbau ist der Herbizidverzicht jedoch eine grosse Herausforderung (Huiting 2014) und es dürfte noch länger dauern, bis ein

grösserer Flächenanteil gleichzeitig pflug- und herbizidlos angebaut wird. Bei der nach wie vor vorherrschenden Bodenbearbeitung mit dem Pflug ist ein Verzicht auf Herbizide dagegen in günstigen Jahren weniger anspruchsvoll, weshalb der Kanton Waadt dieses Jahr ergänzend auch eine Prämie (200.- CHF) für herbizidlosen Anbau auf gepflügten Flächen und bei Dauerkulturen vorgesehen hat [7]. Die dort gesammelten Erfahrungen dürften für die ganze Schweiz wertvoll sein.

Übertragbarkeit von Elementen des Plan Ecophyto auf die Schweiz

Der zu Beginn des im vorliegenden Bericht beschriebenen Projekts verfolgte Ansatz war, die umfassenden, von der INRA konzipierten Szenarien für den französischen Aktionsplan hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf die Schweiz zu evaluieren (Butault 2010). Die Szenarien basieren auf mehrjährigen, regional differenzierten Erhebungen einerseits für den Ist-Zustand auf national durchgeführten Betriebserhebungen und andererseits für die innovativen Anbausysteme auf Versuchsdaten der INRA und auf von den Landwirtschaftskammern betreuten Betriebsnetzen. Dieses Vorhaben gestaltete sich auf mehreren Gründen als nur bedingt machbar:

1) Die im Rahmen der ZA-AUI für die Schweiz berechnete Anzahl Interventionen ist mit dem von der INRA verwendeten Index Fréquence de Traitement (IFT) nur begrenzt vergleichbar.
2) In den Szenarien der INRA werden auch regionale Unterschiede berücksichtigt (v.a. bei Weizen und Mais relevant).
3) Viele der in den Szenarien für reduzierten PSM-Einsatz berücksichtigten Massnahmen entsprechen in der Schweiz vorgeschriebene Massnahmen (z.B. geregelte Fruchtfolgen, Schadschwellen).

Der dritte und entscheidende Punkt bedeutet, dass die "Flughöhe" übergeordneter Prinzipien wie "Schadschwellen" oder "früher Saatzeitpunkt" sehr hoch ist und noch wenig darüber aussagt, wie die konkrete Praxis z.B. im Bereich Schadschwellen in den beiden Ländern aussieht.

Einige Schlussfolgerungen sind jedoch möglich. Die wesentlichsten Ergebnisse im Ackerbau betreffen den Herbizideinsatz in den Reihenkulturen Kartoffeln, Mais, Raps und Sonnenblumen. Bei den Szenarien mit weitergehenden Massnahmen der integrierten Produktion liegt der Herbizid-IFT in der Regel unter 1, also weniger als eine volle Dosis eines Herbizidproduktes. Die anhand von Daten aus Betriebsnetzen und Versuchen der INRA als machbar eingestufte Reduktion basierte auf dem ergänzenden Einsatz von drei möglichen Massnahmen und zwar 1. reduzierte Aufwandmengen (v.a. im Raps), 2. mechanische Unkrautregulierung (alle Reihenkulturen) und 3. Reihenbehandlungen mit Bandspritzen (Mais, Sonnenblumen). Beim Getreide basierten die Szenarien mit reduziertem Herbizideinsatz auf der Annahme, dass in Jahren mit geringem Unkrautdruck jedes zweite Jahr zumindest auf Gräsermittel verzichtet werden kann und die mechanische Unkrautregulierung eine ergänzende Rolle spielt. Besonders hervorzuheben sind in diesem Bereich die Versuche der INRA Dijon, welche erstens die agronomische Machbarkeit und zweitens die ökologischen Vorteile eines reduzierten Herbizideinsatzes im konventionellen Anbau belegen (z.B. Lechenet 2014).

Da bei Insektiziden selten mit reduzierten Aufwandmengen gearbeitet wird, ist hier ein Vergleich der IFT in den Szenarien der INRA mit der Anzahl Interventionen der ZA-AUI bedingt möglich (Annahme: der Insektizideinsatz im Ackerbau wird durch die ZA-AUI einigermassen realistisch geschätzt). Auch die französischen Szenarien mit weitgehenden Massnahmen der integrierten Produktion enthalten keine Konzepte, die in der Schweiz nicht schon existieren. Gemäss Aussagen von Beratern in der Normandie hat sich seit dem Verfassen der Studie die Praxis im Rapsanbau als Folge der Resistenzprobleme jedoch verändert (höhere Bekämpfungschwellen, gezieltere Düngung zur Verbesserung der Kompensationsfähigkeit) und als Folge davon hat der Insektizideinsatz leicht abgenommen. Aktuelle Zahlen der französischen Betriebserhebungen dürften aber erst 2016 oder 2017 vorliegen.

[7] http://www.prometerre.ch/sols bzw. http://www.prometerre.ch/documents/showFile.asp?ID=4053

Bei den Fungiziden v.a. bei Weizen, Gerste und Raps weisen die Szenarien der INRA auf Möglichkeiten hin, den Fungizideinsatz im ÖLN-Anbau in der Schweiz zu senken (siehe Grundlegende Arbeiten zum Getreidebau von Bouchard *et al.* 2008).

Übertragbar ist ausserdem die Erhöhung des Anteils der biologischen Landwirtschaft am Pflanzenbau, der je nach Szenario des französischen Aktionsplans im Ackerbau bis maximal 13% geht (Butault *et al.* 2010). Der Flächenanteil der biologischen Landwirtschaft liegt in der Schweiz in der Talstufe derzeit bei 7% und deckt den Bedarf des Schweizer Bio-Marktes noch bei weitem nicht (z.B. Bio-Brotgetreide nur zu 34% aus inländischer Produktion[8]).

Nicht Gegenstand der vorliegenden Studie waren die im Rahmen des Plan Ecophyto evaluierten Möglichkeiten, um den PSM-Einsatz im Obst-, Wein- und Gemüsebau zu reduzieren.

3.3.2 Substitution

Die Frage, ob es Wirkstoffe mit günstigerem Umweltprofil gibt, wird von Landwirten und Pflanzenschutzberatern gemäss unserer Erfahrung häufig gestellt. Besonders hohen Mehrwert hinsichtlich der Umweltbelastung hat die Substitution, wenn auf eine flächige Behandlung verzichtet werden kann (z.B. bei Pheromonen), aber gerade bei Herbiziden gibt es auch Spielraum bei den verfügbaren Wirkstoffen. Beim regionalen Gewässerschutzprojekt "Boiron de Morges" ist die Substitution eine der geförderten Massnahmen, die wesentlich zur Verbesserung der biologischen Qualität des Gewässers beigetragen haben dürfte (BLW 2012).

Im begleitenden Fachartikel wurde das Thema bei den Maisherbiziden aufgegriffen (Spycher *et al.* 2015). Als grobe Näherung für die Eintragswahrscheinlichkeit wurde der im Beurteilungskonzept Mikroverunreinigungen der EAWAG verwendete Eintragsindikator (EI) verwendet (Wittmer *et al.* 2014). Der EI wurde dabei nur anhand der beiden Stoffeigenschaften Abbaubarkeit und Sorption berechnet (ohne Gewichtung der eingesetzten Menge). Dabei zeigten sich Unterschiede von rund einem Faktor 100. Interessant wäre ein Vergleich des EI mit Erhebungsdaten zum Herbizideinsatz im Mais. Abbildung 6 illustriert einen ersten Ansatz einer solchen Evaluation.

Konkret wurden die Eintragsindikatoren mit Daten zum Wirkstoffranking verglichen. Das mit Erhebungsdaten einfach bestimmbare Wirkstoffranking gibt an, welchen prozentualen Anteil die einzelnen Wirkstoffe an allen durchgeführten Behandlungen ausmachen, wobei in der Regel der Anteil innerhalb einer Kulturgruppe und eines Wirkungsbereichs (Herbizide, Fungizide, Insektizide) berechnet wird. Die für Abbildung 6 verwendeten Daten aus Erhebungen in Deutschland (Rossberg 2013) zeigen, dass zwei von den drei zu mehr als 10% der eingesetzten Wirkstoffe einen besonders hohen EI aufweisen (Nicosulfuron und Terbutylazine), während bei den seltener (<5%) eingesetzten Wirkstoffen gleich mehrere Wirkstoffe dabei sind, deren EI rund eine Grössenordnung tiefer liegt.

[8] Bio Suisse (2015): Mengen Biobrotgetreide. www.bioaktuell.ch/de/markt/biomarkt/markt-bioacker-allgemein/brotgetreide/mengen.html [Accessed on 10.25.2015]

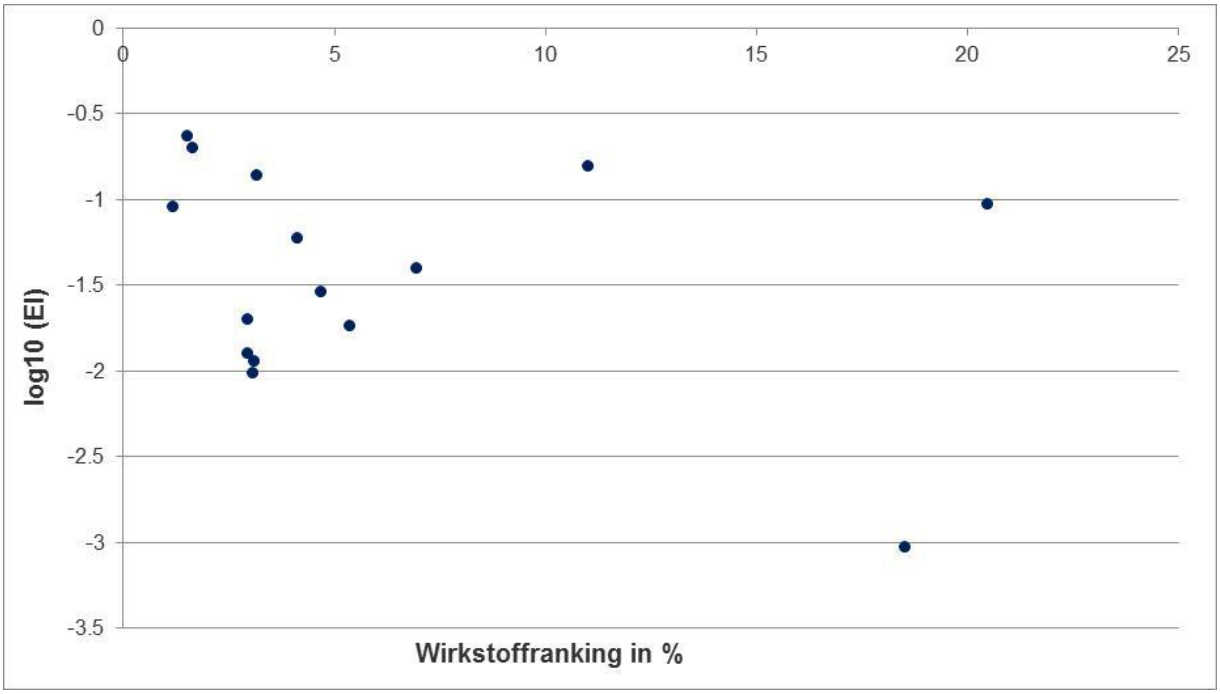


Abbildung 6: *Vergleich des prozentualen Anteils der einzelnen Herbizidwirkstoffe im Maisanbau (Wirkstoffranking) mit dem mengenunabhängigen Eintragsindikator (EI). Wirkstoffranking aus Erhebungen in Deutschland (Rossberg 2013) und EI gemäss Berechnungen EAWAG (Wittmer 2015)*

Es wäre vor allem im Hinblick auf Drainageeinträge interessant, umfassender zu quantifizieren, wie gross die Spielräume für den Einsatz schneller abbaubarer und weniger mobiler Wirkstoffe sind, z.B. indem Risikoindikatoren wie der in Deutschland verwendete Synops-Indikator (Gutsche und Strassemeyer 2007) und ergänzend auch Monitoringdaten verwendet werden. Eine vertiefte Evaluation müsste vor allem sicherstellen, dass die relevanten Sorptionsprozesse berücksichtigt werden und dass die aus Sicht des Gewässerschutzes günstigeren Alternativen auch mit agronomischen Zielen wie Wirksamkeit und Resistenzmanagement abgestimmt werden. Auf solche Aspekte ausgerichtete Informationen für Berater und Landwirte wäre nicht neu. So hatte z.B. bis vor wenigen Jahren das Zielsortiment der fenaco ein dreifarbiges Ampelsystem, welches über die Umweltgefährdung informierte (Anhang 4). Darunter fanden sich auch explizite Hinweise bezüglich Auswaschgefahr.

3.3.3 Optimierung

Der Bereich Optimierung wurde im begleitenden Fachartikel vor allem anhand des Themas Maisanbau besprochen (Spycher *et al.* 2015). Generell existieren unter dem Stichwort Risikomindernde Massnahmen oder Best Management Practices mehrere, in anderen Publikationen im Detail beschriebene Möglichkeiten, um den Eintrag durch Abdrift (Schweizer *et al.* 2013 und Balsari *et al.* 2013), Abschwemmung (Hanke *et al.* 2014 und Bauer *et al.* 2014) und Punkteinträge (TOPPS 2011) zu vermindern. Auch Ansätze zur konkreten Umsetzung insbesondere zur Reduktion der Abschwemmung existieren (Stamm *et al.* 2012, Joos *et al.* 2013 und Daniel *et al.* 2014). Geeignete Massnahmen zur Verminderung von Einträgen in Drainagen fehlen hingegen weitgehend (Brown und van Beinum 2009). Die Schwierigkeiten bestehen einerseits darin, in konkreten Einzugsgebieten die Effektivität der Massnahmen abzuschätzen und andererseits im Wissenstransfer und der Umsetzung in die Praxis, weshalb im Folgenden Beispiele für erfolgreiche und weniger erfolgreiche Umsetzungen besprochen werden.

Eine bereits beim Beispiel reduzierter Herbizideinsatz im Weinbau gemachte Beobachtung, dass überlappende Interessen die Verbreitung in der Praxis stark beschleunigen können (Kap. 3.1.2), gilt auch für die Massnahmen zur Reduktion der Abschwemmung, welche

in der Schweiz für die meisten Wirkstoffe den relevantesten Eintragspfad darstellen dürfte (Leu *et al.* 2010). Hier bietet es sich insbesondere an, die Synergien zwischen Boden- und Gewässerschutz besser zu nutzen. Besondere aufschlussreiche Informationen über den Stand der Umsetzung von Erosionschutzmassnahmen liefern die seit 1992 im Rahmen des Erosionsmonitorings alle 10 Jahre im Kanton Baselland durchgeführten Befragungen (Mosimann 2013). Hier zeigt sich, dass sich gewisse für den Gewässerschutz relevante Massnahmen wie Erosionschutzstreifen oder Massnahmen gegen Verdichtung innerhalb weniger Jahre relativ schnell verbreiten können. So wurden noch bei der Erhebung 2002 im Kanton Baselland keine erosionsmindernde Wiesenstreifen erfasst, während in der Erhebung 2012 rund 30% der Betriebe angaben, Wiesenstreifen als ökologische Ausgleichsflächen so anzulegen, dass sie auf mindestens einem Hang der bewirtschafteten Flächen die Erosionsgefährdung auf den unten liegenden Schlägen vermindern (Abb. 7).

Abbildung 7: *Wiesenstreifen als Erosionsschutzmassnahme in Arisdorf, Kanton Baselland. Foto: Thomas Mosimann (aus Mosimann et al. 2015)*

Auch andere Massnahmen wie Systeme zur Reduktion des Reifendrucks haben sich rasch verbreitet (rund 50% der 2012 befragten Betriebe). Andererseits haben gewisse Massnahmen auch recht schnell an praktischer Bedeutung verloren wie z.B. die Spurlockerung, die 1992 noch auf über 50% der Betriebe eingesetzt wurde und 2012 nur noch auf rund 10%. Weitere zum Erosionsschutz beitragende Massnahmen wie die Mulchsaat scheinen auf tiefem Niveau zu stagnieren (Anteil im Mais bei 8%), obwohl die Mulchsaat die Erosionsanfälligkeit stark reduziert (Mosimann 2013) und bei geeigneter Durchführung auch zu einer starken Reduktion der Abschwemmung führt (Rüttimann 2001 und Hösl und Strauss 2014).

Beim Verdichtungsrisiko scheint es wenig Fortschritte zu geben. Verdichtete Böden dürften aber deutlich stärkere Abschwemmung aufweisen – also ein weiterer Aspekt bei dem Boden- und Gewässerschutz gemeinsame Ziele haben.

Ein hinsichtlich der Organisationsform interessantes Beispiel, wie die Synergien zwischen Boden- und Gewässerschutz gezielt genutzt werden können, sind die im Bundesland Oberösterreich gebildeten Arbeitskreise "Boden.Wasser.Schutz"[9]. Von Beratern der Land-

[9] http://www.bwsb.at/?+Arbeitskreise+Boden.Wasser.Schutz+&id=2500%2C%2C1786677%2C

wirtschaftskammer geschulte sogenannte "Wasserbauern" leiten jeweils in ihrer Gemeinde einen Arbeitskreis, der Verbesserungen im Bereich Boden- und Gewässerschutz bespricht und umsetzt. Von den Beratern werden zusätzlich an Feldtagen neben produktionsrelevanten Themen jeweils auch Aspekte des Boden- und Gewässerschutzes vermittelt. Dieses System mit mittlerweile 55 von "Wasserbauern" geleiteten Arbeitskreisen führte gemäss Beteiligten zu einer erhöhten Sensibilisierung der über 2000 beteiligten Landwirtschaftsbetriebe und fördert den direkten Austausch von Betrieb zu Betrieb (Schütz 2015).

Zur Effektivität einzelner Massnahmen zur Reduktion der Einträge (risikomindernde Massnahmen oder Best Management Practices) gibt es umfangreiche Reviews, z.B. Alletto *et al.* (2010) und Maetens *et al.* (2012) spezifisch zur reduzierten Bodenbearbeitung und Reichenberger et al. (2007) generell zu risikomindernden Massnahmen. Dennoch ist in konkreten Einzugsgebieten die Quantifizierung und damit der Nachweis, welche Massnahmen in welchem Mass zur Verbesserung der Situation beigetragen haben schwierig. Der Hauptgrund sind die auf Parzellenebene stark variierenden Eintragsrisiken z.B. durch vernässte Bereiche (Leu *et al.* 2005) und die hohe Zahl möglicher indirekter Einträge etwa über Ablaufschächte am Feldrand (Stamm *et al.* 2012). Auf der konkreten Ebene der Planung von Massnahmen besteht das Problem, dass es schwierig ist, allein anhand von GIS-Daten eine Unterscheidung von gesättigtem und ungesättigtem Oberflächenabfluss vorzunehmen (Stamm *et al.* 2012). Diese Unterscheidung ist aber zentral für die Auswahl effektiver Massnahmen, denn für Flächen, die zu gesättigtem Oberflächenabfluss neigen (vernässte Standorte), stehen viel weniger Massnahmen für die Reduktion der Einträge zur Verfügung als bei ungesättigtem Oberflächenabfluss (Bauer *et al.* 2014). Die Erkennung dominierender Eintragspfade zur Unterstützung des Handlungsansatzes Optimierung ist also einerseits eine wichtige Forschungsfrage (Schmocker-Fackel *et al.* 2007). Gleichzeitig sollten mit dem bestehenden Wissensstand Entscheidungshilfen entwickelt werden, welche für die Planung und Evaluation von regionalen Gewässerschutzprojekten einsetzbar sind.

3.4 Begünstigende Faktoren für Erfolg der Handlungsansätze und Ausblick

Im aktuellen Bericht zum Stand und zu den nötigen Anpassungen des französischen Aktionsplans wurde festgehalten, dass zwar wertvolle Grundlagen für einen innovativen und ressourcenschonenden Pflanzenschutz gelegt wurden, aber gewisse Voraussetzungen für den Erfolg in der Breite noch nicht gegeben waren (Potier 2014). Zentrale bisher zu wenig berücksichtigte Elemente seien der Einfluss der Agrarpolitik (insbesondere auf die angebauten Kulturen und die Wahl der Fruchtfolgen) und der Einbezug der Branche und der Märkte. Auf diese Aspekte konnte im vorliegenden Bericht nicht vertieft eingegangen werden, aber nachfolgend sollen in paar Beispiele dafür genannt werden, dass Gewässerschutz nicht zwangsläufig mit den in der Diskussion um PSM angeführten Zielkonflikten einhergehen muss, sondern dass auch überlappende Interessen und noch zu wenig genutzte Vorteile bestehen.

Im Fall des Weinbaus sind es die direkten Vorteile des reduzierten Herbizideinsatzes für den Produzenten, sei es durch den besseren Erosionsschutz oder die reichere Nützlingsfauna (Ambiaud 2012). Bei der erwähnten Reduktion der Abschwemmung durch reduzierte Bodenbearbeitung können neben dem besseren Erosionsschutz wirtschaftliche Vorteile dazukommen.

Ein gutes Beispiel für eine zielführende Interessensüberlappung bestand bei dem in der Schweiz seit den 1980er Jahren an der Forschungsanstalt Agroscope (Reckenholz) entwickelten und verbreiteten Einsatz von Schlupfwespen zur biologischen Bekämpfung des Maiszünslers (Bigler *et al.* 1990), welche in Zusammenarbeit mit einer im Bereich Pflanzenschutzmittelverkauf als zentralem Akteur tätigen Firma erfolgte. Die Verfügbarkeit einer nichtchemischen Alternative wurde zudem durch das Einführen einer Sonderbewilligungspflicht für chemische Behandlungen flankiert. Auf eine neue technologische Stufe wurde die Maiszünslerbekämpfung in den letzten Jahren gebracht, indem die Trichogramma-Kugeln mit GPS-gesteuerten Multikoptern gleichmässig auf den Maisanbauflächen ausgebracht werden. Im High-Tech-Bereich wurden vor allem auf dem Gebiet der Sensortechnik in den letzten

Jahren mehrere Firmen gegründet, mehrere davon mit direkter Verbindung zur ETH-Lausanne [10]. Welche Rolle dieser Bereich in Zukunft für die Schweizer Landwirtschaft spielen wird ist noch schwer abzuschätzen, aber die Möglichkeiten dank Diagnostik und gezielterer Applikationstechnik den Wirkstoffeinsatz gleich um Grössenordnungen zu senken, könnte auch für PSM-Hersteller eine grosse Chance darstellen, wenn sie beginnen in die Entwicklungen solcher Technologie zu investieren und neben Wirkstoffen vermehrt auch diagnostische Produkte und letztendlich auch Ökosystemverständnis zur Basis ihres Erfolgs machen (z.B. Young und Giles 2014 im Bereich Unkrautregulierung oder Zijlstra *et al.* 2011 im Bereich Monitoring und diagnostische Systeme).

[10] z.B. http://www.ecorobotix.com/, http://gamaya.com/ , und https://www.sensefly.com/home.html

4. Schlussfolgerungen

1. Eine gute und öffentlich verfügbare Datengrundlage im Bereich PSM-Einsatz ist unumgänglich für ein gezielteres Umweltmonitoring, ein effektives Risikomanagement und eine fundierte agronomische Evaluation. Bessere Daten und mehr Transparenz führen jedoch nicht notwendigerweise zu einem geringerem PSM-Einsatz. Grossbritannien und Kalifornien sind Beispiele für hohe Transparenz bei gleichzeitig intensivem PSM-Einsatz.

2. Verkaufte Menge und behandelte Fläche können sich gegenläufig entwickeln (Beispiel Grossbritannien und Dänemark). Die behandelte Fläche ist ein viel aussagekräftigerer Indikator für die Intensität des PSM-Einsatzes. Die Berechnung der behandelten Fläche aus Betriebsaufzeichnungen setzt umfassende alle relevanten Kulturen abdeckende Erhebungen voraus, wie sie in Europa derzeit nur in Grossbritannien durchgeführt werden. Alternativ ist die Umrechnung verkaufter Mengen auf die behandelte Fläche anhand der verkauften Mengen mit begrenztem Aufwand machbar. Diese Grösse liesse sich im Agrarbericht ergänzend zur derzeit jährlich publizierten, aber wenig aussagekräftigen aggregierten Menge publizieren. Der französische Berechnungsansatz erscheint als nationaler Indikator auch für die Schweiz geeignet.

3. Die bisherigen Schweizer Erhebungen über die Zentrale Auswertung Agrarumweltindikatoren (ZA-AUI) sind wertvoll, z.B. zur Zuordnung in welchen Kulturen die im Gewässermonitoring nachgewiesenen Wirkstoffe primär stammen. Die drei relevantesten Lücken – erstens zum Einsatz durch Private, zweitens zum Einsatz im Garten und Landschaftsbau und drittens zum Einsatz im Gemüsebau – sollten mit ergänzenden Erhebungen geschlossen werden. Die erste Lücke sollte sich über eine Auswertung der verkauften Produkte quantifizieren lassen. Für die zweite und dritte Lücke besteht die Möglichkeit, sich an den britischen bzw. beim Gemüsebau auch an den deutschen Erhebungen zu orientieren.

4. In den Szenarien des französischen Agrarforschungsinstituts INRA führte die Reduktion des PSM-Einsatzes um 20% nur zu einem minimalen Absinken der Erträge um 1%. Erst ab 30% Reduktion sinken die Erträge stärker. Der Gewinn der Betriebe stieg in den ökonomischen Evaluationen durch den effizienteren Einsatz der Mittel ebenfalls bis zu einer Reduktion um 20%. Zwischen 20 und 40% war die weitere Reduktion kostenneutral. Die wichtigste Schlussfolgerung dürfte sein, dass erstens der Ertrag nicht linear mit dem PSM-Einsatz sinkt und dass es sich zweitens auch betriebs- und volkswirtschaftlich lohnt, die Pflanzenschutzpraxis auf ihre Effizienz hin zu evaluieren.

5. Gewisse in den letzten 10 Jahren in Frankreich erarbeiteten Konzepte sind auch für die Schweiz interessant, insbesondere die an der INRA Dijon erarbeiteten Methoden im Bereich reduzierter Herbizideinsatz. Die Unkrautregulierung dürfte in der Schweiz der Bereich sein, in dem in den letzten 20 Jahren am wenigsten Fortschritte oder eher Rückschritte gemacht wurden (Preiszerfall bei Herbiziden, Aufweichen der DZV bezüglich Vorauflaufbehandlungen, Anwendung von Bekämpfungsschwellen, Abbau der angewandten Agrarforschung). Angesichts der Häufigkeit, mit der Herbizide Qualitätskriterien in Oberflächengewässern und Grundwasser überschreiten, ist hier ein verstärktes Engagement nötig.

6. Die starke Ausrichtung des Pflanzenbaus auf chemischen Pflanzenschutz ist zu einem gewissen Grad auch das Ergebnis einer gezielten Förderung dieser Technologie während der grünen Revolution und einer noch heute anhaltenden staatlichen direkten und indirekten Subventionierung. Bereits eine Umlagerung der externen Kosten würde finanzielle Mittel einbringen, die z.B. für angewandte Forschung im Bereich integrierte Produktion, für Offizialberatung oder für den Aufbau innovativer Betriebsnetze einsetzbar wären. Damit liesse sich der Trend zu immer weiter gehendem Stellenabbau bei der angewandten Agrarforschung

umkehren und die öffentliche Beratung ausbauen. Auch für die im Pflanzenschutz tätigen Firmen sollten Anreize geschafft werden, neben chemischen Mitteln vermehrt auch alternative Technologien zu entwickeln und zu vermarkten.

7. Die umfassenden Studien der INRA und auch die Recherchen im Rahmen im vorliegenden Bericht beschriebenen begrenzten Projektes haben gezeigt, dass es in vielen Kulturen wirksame Möglichkeiten gibt, den PSM-Einsatz zu reduzieren, Wirkstoffe zu substituieren und den PSM-Einsatz zu optimieren. Damit diese Möglichkeiten auch realisiert werden, ist ein gut abgestimmtes Vorgehen unter gleichzeitiger Nutzung unterschiedlicher Handlungsansätze notwendig. Diese reichen von zusätzlicher Forschung und Beratung, adäquaten Kontrollen, zusätzlichen Agrarprogrammen mit entsprechenden finanziellen Anreizen bis hin zu einem vermehrten Einbezug des Marktes. Der angewandten Agrarforschung kommt hier eine zentrale Stellung zu, den Übergang von einer Landwirtschaft mit hohem stofflichem Ressourceneinsatz (einschliesslich PSM) zu einer Landwirtschaft mit hohem Wissenseinsatz zu ermöglichen.

Danksagung

Das umfassende Thema des Projekts war nur dank Rat, Ermutigung und Hilfe zahlreicher Personen möglich, denen wir herzlich danken wollen. Insbesondere Irene Wittmer (Eawag), Padruot Fried (ehemals Agroscope), Fritz Häni (ehemals HAFL), Franz Bigler (ehemals Agroscope), Christoph Moschet (Eawag/UC Davis), Werner Jossi (Agroscope), Hans-Rudolf Forrer (Agroscope), Muriel Valantin-Morison (INRA), Ruedi Büchi (ehemals Agroscope), Hans Ramseier (HAFL), Andreas Keiser (HAFL), Andreas Schwarz (Kt. St. Gallen), Johannes Ranke (jrwb), Emilien Quilliot (ITB) und Suzanne Blocaille (ITB). Ein besonderer Dank geht an Bertrand Omon (Chambre d'Agriculture de l'Eure) für die detaillierten Informationen zu den Betriebsnetzen in der Normandie und seine umfassende Erläuturungen zu Anbausystemen mit reduziertem PSM-Einsatz.

Auch allen nicht namentlich genannten Kolleginnen und Kollegen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Literaturverzeichnis

Agreste, 2014: La protection des cultures, AGRESTE Les Dossiers N° 21, Juillet 2014, 49-64.

Alletto L., Coquet Y., Benoit P., Heddadj D., Barriuso E., 2010: Tillage management effects on pesticide fate in soils. A review, A*gron. Sustain. Dev.*, 30, 367–400.

Ambiaud E., 2012: Pratiques phytosanitaires dans la viticulture en 2010 - Moins de désherbants dans les vignes, Agreste Primeur, Numéro 288 - octobre 2012. http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/primeur288.pdf [Accessed on 10.25.2015]

Anonym, 1999: The Bichel Committee 1999 - Report from the Sub-comittee on the environment and health. http://www2.mst.dk/udgiv/publications/2000/87-7944-325-7/pdf/87-7944-326-5.pdf

Anonym, 2013: Note de suivi 2013 - Tendances du recours aux produits phytosanitaires de 2008 à 2012, Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche. http://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-25554-note-suivi-ecphyto.pdf

Aubertot J. N., Pinochet X., Doré T., 2004: The effects of sowing date and nitrogen availability during vegetative stages on Leptosphaeria maculans development on winter oilseed rape, *Crop Prot.*, 23, 635–645.

Aubertot J-N., Barbier J-M., Carpentier A., Gril J-J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Voltz M., 2005: Pesticides, agriculture et environnement - Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux, Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA et le Cemagref, Décembre 2005. http://inra.dam.front.pad.brainsonic.com/ressources/afile/234150-6a298-resource-expertise-pesticides-synthese.html

BAFU, 2013: Nutzungsintensität der landwirtschaftlichen Fläche, Basisdaten aus dem Biodiversitäts-Monitoring Schweiz BDM, Indikator E7. http://www.biodiversitymonitoring.ch/fileadmin/user_upload/documents/daten/basisdaten_dt/1090_E7_Basisdaten_2011_v1.pdf

Balsari P., Duruchowski G., Ophoff H., Roettele M., 2013: Best Management Practices to reduce spray drift. TOPPS prowadis, www.topps-life.org/uploads/8/0/0/3/8003583/en_drift_book.pdf [Accessed on 10.25.2015]

Baschet J-F., Pingault N., 2009: La réduction des usages de pesticides : le plan Ecophyto 2018 - Le rôle des indicateurs d'utilisation pour évaluer l'atteinte des objectifs, Analyse 4, 1-4. http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Analyse_4_Ecophyto_indicateurs.pdf

Basler S., 2014: Raps : Fokus Sorten und Fungizide, in Tagung Forum Ackerbau – Erkenntnisse aus Praxisversuchen 19.11.2014. www.forumackerbau.ch/fileadmin/forumackerbau.ch/Versuche_Raps/FA_Raps_Sorten_und_Fungizide_2014_SB.pdf [Accessed on 10.25.2015]

Bauer F., Dyson J., Le Henaff G., Laabs V., Lembrich D., Maillet-Mezeray J., Real B., Roettele M., 2014: Gute fachliche Praxis zur Verringerung der Gewässerbelastung mit Pflanzenschutzmitteln durch Run-off und Erosion. TOPPS prowadis, http://www.topps-life.org/uploads/8/0/0/3/8003583/de_runoff_book.pdf [Accessed on 10.25.2015]

Bigler F., Bosshart S., Waldburger M., Ingold M., 1990: Einfluss der Dispersion von Trichogramma evanescens Westw. auf die Parasitierung der Eier des Maiszünslers, Ostrinia nubilalis Hbn. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomol. Gesellschaft*, 63, 381–388.

Blanc J., Noe E., 2011: Changes in attitudes concerning pest management practices in the agricultural advisory sector: examples from five European countries (Denmark, Netherlands, United Kingdom, France, Italy). In: Lamine et al. 2011: ENDURE Deliverable DR.3.11 - Societal assessment of current and novel low input crop protection strategies. Phase 2. http://www.endure-network.eu/content/download/5455/42963/file/ENDURE_DR3.11-validated.pdf

BLW, 2012. Agrarbericht 2012, Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.

Bouchard C., Bernicot M.-H., Félix I., Guérin O., Loyce C., Omon B., Rolland B., 2008: Associer des itinéraires techniques de niveau d'intrants variés à des variétés rustiques de blé tendre : évaluation économique, environnementale et énergétique, Courrier de l'environnement de l'INRA n°55, février 2008, 53-77.

Brock T.C.M., van Wijngarden R. P. A., 2012: Acute toxicity tests with Daphnia magna, Americamysis bahia, Chironomus riparius and Gammarus pulex and implications of new EU requirements for the aquatic effect assessment of insecticides, *Environ. Sci. Poll. Res.*, 19(8), 3610-3618.

Braun Ch., Gälli R., Leu Ch., Munz N., Schindler Wildhaber Y., Strahm I. Wittmer I., 2015: Mikroverunreinigungen in Fliessgewässern aus diffusen Einträgen. Situationsanalyse. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1514.

Brown C. D., van Beinum W., 2009: Pesticide transport via sub-surface drains in Europe. *Environ. Pollut.*, 157, 3314–3324.

Butault J.P. , Dedryver C.A. , Gary C. , Guichard L. , Jacquet F. , Meynard J.M. , Nicot P. , Pitrat M. , Reau R. , Sauphanor B. , Savini I. , Volay T., 2010: Synthèse du rapport d'étude Ecophyto R&D : quelles voies pour réduire l'usage des pesticides? http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Ecophyto-R-D

BVL, 2014: Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland - Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2014. http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/meld_par_19_2014.pdf?__blob=publicationFile&v=5

de Baan L., Spycher S., Daniel O. (2015): Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz von 2009 bis 2012, *Agrarforschung Schweiz* 6, 48–55.

Daniel O., Crole-Rees A., Bühler L., Geiger F., Gujer H-U., Bertschinger L., 2014: Win4 in der landwirtschaft: Verbesserungen in den Dimensionen ökologie, soziales und ökonomie. *Agrarforschung Schweiz*, 5, 64–67.

DEFRA, 2013: UK National Action Plan for the Sustainable Use of Pesticides (Plant Protection Products), Department for Environment, Food and Rural Affairs, February 2013.

DK, 2013: Protect water, nature and human health - Pesticides strategy 2013-2015; Nationaler Aktionsplan Dänemark.

EU, 2009: Richtlinie 2009/128/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden, Amtsblatt der Europäischen Union, 24.11.2009.

Eurostat, 2008: A common methodology for the collection of pesticide usage statistics within agriculture and horticulture. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. http://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-manuals-and-guidelines/-/KS-RA-08-010

FAO, 2010: International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides Guidance on Pest and Pesticide Management Policy Development, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. http://www.fao.org/3/a-a0220e.pdf

Flury C., 2005: Bericht Agrarökologie und Tierwohl 1994-2005, Bundesamt für Landwirtschaft, Bern.

Forrer H. R., Amiet J., 1989: Erfahrungen mit EPIPRE und HORDEPROG, Landwirtschaft Schweiz, 2 (1-2), 11-20.

Franck L., Kellerhals M., 2010: Galiwa: Neue süsse, schorfresistente ACW-Apfelsorte, Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau, 146, (24), 10-13.

Franzén M., 2007: Programme to reduce the risks connected with the use of pesticides in Sweden. In: Hommel B., Dachbrodt-Saaydeh S., EU Expert Meeting on National plans and programmes for the reduction of risks associated with the use of plant protection products, p. 43-35. http://www.endure-net-work.eu/content/download/5275/42120/file/National%20plans%20and%20programmes%20for%20the%20reduction%20of%20risks%20associated%20with%20the%20use%20of%20plant%20protection%20products.pdf

Freier B., Sellmann J., Strassemeyer J., Schwarz J., Klocke B., Kehlenbeck H., Zornbach W., 2013: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz, Jahresbericht 2012, Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2012, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 172. http://pub.jki.bund.de/index.php/BerichteJKI/article/view/2999/3197

Fried P., Barben H., Keller S., Müller M. D., Winzeler H., Winzeler M., Weisskopf P., 1993: Möglichkeiten des Einsatzes biotechnologischer Methoden zur Erhöhung der Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge wichtiger Kulturpflanzen in der Schweiz, Schweizer Nationalfonds, Schwerpunktprogramm Biotechnologie (Modul 6), Biotechnologie der höheren Pflanzen.

Garthwaite D.G., Barker I., Parrish G., Smith L., Chippindale C., 2009: Pesticide Usage Survey Report 233 - Hardy Ornamental Nursery Stock in Great Britain. https://secure.fera.defra.gov.uk/pusstats/surveys/documents/hardyNurseryStock2009.pdf

Gianessi L., 2009: An Evaluation of Pestice Use Reduction Policies in Scandinavia, Outlooks on Pest Management, October 2009, 1-7.

Goulds A. J., 2012: Pesticide Usage Survey Report 254, Amenity Pesticides in the United Kingdom. http://www.fera.defra.gov.uk/landUseSustainability/surveys/documents/amenity2012v1.pdf

Gutsche V., Strassemeyer J., 2007: SYNOPS – ein Modell zur Bewertung des Umwelt-Risikopotentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln, *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 59 (9), 197-210.

HAFL, 2015: Herbizidreduktion durch den kombinierten Einsatz von Hackgeräten und Herbizid-Bank- bzw. Unterblattspritzungen. Persönliche Mitteilung Andreas Keiser vom 26.10.2015 zu laufendem Projekt (https://www.hafl.bfh.ch/forschung-dienstleistungen/agrarwissenschaften/pflanzenproduktionssysteme/ackerbau-und-pflanzenzuechtung.html).

Hanke I., Poiger T.; Aldrich A. P. 2014: Pflanzenschutzmitteleinsatz – Risikomindernde Massnahmen bezüglich Abschwemmung. *Agrarforschung Schweiz*, 5, 180–187.

Hilfiker J. 1995: Vergleich der Landbauformen - IP und Biolandbau - wirtschaftliche Alternativen zur konventionellen Produktion. FAT-Berichte Nr. 498., Tänikon.

Holpp M., Anken T., Oberholzer H.-R., Reiser R., Rek J., Weisskopf P., Zihlmann U., Hensel O., 2013: Controlled Traffic Farming : Mit permanenten Fahrspuren zu mehr Bodenschonung, *ART-Bericht 761*, Agroscope Reckenholz.

Homstvedt S., Moss O. O., 2011: Norwegian surveys on pesticide use in agriculture, United Nations Economic Commission for Europe Joint Task Force on Environmental Indicators,

Genf Juli 2011.
http://www.unece.org/fileadmin/DAM/stats/documents/ece/ces/ge.33/2011/4a.e.ppt

Hösl R., Strauss, P., 2014: Wirksamkeit konservierender Bodenbearbeitungsverfahren zur Reduktion von Oberflächenabfluss und Bodenerosion in: Das INTERREG IV A-Projekt ”Gewässer-Zukunft” 2009 - 2013 (ed. HBLFA Raumberg-Gumpenstein), 59–68.

Huiting, H.; van der Weide, R.; Riemens, M. (2014): Practical experiences from physical and cultural weed control in reduced tillage maize growing systems, in: 10 th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control - Alnarp, Sweden (ed. Cloutier, D. C.)

INFRAS, 2014: Volkswirtschaftliche Kosten des Pestizideinsatzes in der Schweiz - Pilotberechnung, Zandonella R., Sutter D., Liechti R., von Stokar T., Schlussbericht, Zürich, 17.4.2014.

INRA, 2010: Ecophyto R&D - Which options to reduce pesticide use? http://institut.inra.fr/en/Missions/Inform-public-decision-making/Advanced-Studies/All-the-news/Ecophyto-R-D (Kurzübersicht auf Englisch - Kompletter Synthesebericht: Butault *et al.* 2010)

ITB, 2015: Désherbage mécanique combiné : coûts et efficacité. *La Technique Betteravière*, 1–2.

Joos O., Bosshard A., Bühler L., 2013: Win4 Pilotprojekt Alberswil-Mauensee/LU - Methodikentwicklung und regionale Vorabklärungen für eine landschaftsorientierte Umsetzung. Ö+L GmbH, Litzibuch.

Krebs R., Hartmann F., Scherrer D., 2008: Pflanzenschutzmittel im gewerblichen Gartenbau. Pilotstudie über die Anwendung. Umwelt-Wissen Nr. 0811. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Krebs R., Hartmann F., Wächter D., 2011: Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Schweizerischen Gartenbau: Datenübersicht - indikatorbasierte Risikobeurteilung - Monitoringkonzept. Bericht zhaw - Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Bern.

Kruijne R., van der Linden A.M.A., Deneer J.W., Groenwold J. G., Wipfler E.L., 2012: Dutch Environmental Risk Indicator for Plant Protection Products. Wageningen, Alterra-Report 2250.1. http://edepot.wur.nl/199114

Lechenet M., Bretagnolle V., Bockstaller C., Boissinot F., Petit M. S., Petit S., Munier-Jolain N. M., 2014: Reconciling Pesticide Reduction with Economic and Environmental Sustainability in Arable Farming, *PLoS One*, 9(6), 1-10.

Leu C., Singer H., Müller S. R., Schwarzenbach R. P., Stamm C., 2005: Comparison of Atrazine Losses in Three Small Headwater Catchments, *J. Environ. Qual.*, 34, 1873-1882.

Leu C., Schneider M. K., Stamm C., 2010: Estimating catchment vulnerability to diffuse herbicide losses from hydrograph statistics. *J. Environ. Qual.*, 39, 1441–1450.

Maetens W., Poesen J., Vanmaercke M., 2012: How effective are soil conservation techniques in reducing plot runoff and soil loss in Europe and the Mediterranean? Earth-Science Rev. 115, 21–36.

Mahler N., Moschet C., 2008: Pflanzenschutz in Privatgärten: „Abschätzung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln im privaten Gebrauch“. Semesterarbeit ETH

Mascher-Frutschi F., Matasci C., Kellenberger S., Beuret B., Beuret M., Busslinger G., Jost D., Gygax M., Hecker A., Heinzer L., Hochstrasser M., Horner M., Kunz P., Merz U., 2012: Virulenzmonitoring und Populationsstruktur des Echten Mehltaus von 2003 bis 2010, Agrarforschung Schweiz. 3, (5), 236-243.

Mézière D., Colbach N., Dessaint F., Granger S., 2015: Which cropping systems to reconcile weed-related biodiversity and crop production in arable crops? An approach with simulation-based indicators, Europ. J. Agronomy 68, 22–37.

Mézière D., Petit S., Granger S., Biju-Duval L., Colbach N., 2015: Developing a set of simulation-based indicators to assess harmfulness and contribution to biodiversity of weed communities in cropping systems, Ecological Indicators 48, 157–170.

Miljøstyrelsen, 2012: The Agricultural Pesticide Load in Denmark 2007-2010, Environmental review no. 2. http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2012/03/978-87-92779-96-0.pdf

Moschet C., 2011: Faktenblatt Insektizide und Fungizide aus landwirtschaftlichen Nutzflächen, in Faktenblatt. Eawag: Dübendorf.

Moschet C., Wittmer I., Stamm C., Singer H., 2015: Insektizide und Fungizde in Fliessgewässern, *Aqua & Gas,* 4, 54–65.

Mosimann T., Mosimann J., Mosimann-Baumgartner B, Saggau P., Holtmann A., 2013: Erosionsmonitoring im Kanton Basel-Landschaft 1982-2012 - Entwicklung der Erosionsgefährdung Schutz der Böden durch die Bewirtschaftung Folgerungen für die Praxis, Amt für Umweltschutz und Energie (AUE), Liestal (BL).
https://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/aue/boden/publikationen/erosionsgefaehrdung_2012.pdf

Mosimann T. (mit Beiträgen von R. Bono, M. Huber, D. Schmutz und T. Gasche in Kap. 5 und 6), 2015: Erd-eich. Eine Reise durch die Böden des Kantons Basel-Landschaft und seiner Nachbargebiete. Verlag des Kantons Basel-Landschaft, Liestal, 416 S.

Mouron P., Heijne B., Naef A., Strassemeyer J., Hayer F., Avilla J., Alaphilippe A., Höhn H., Hernandez J., Gaillard G., Mack G., SoléJ., Sauphanor B., Samietz J., Patocchi A., Bravin E., Lavigne C., Bohanec M., Aubert U., Bigler F., 2012: Sustainability assessment of crop protection systems: SustainOS methodology and its application for apple orchards. *Agricultural Systems* 113, 1–15.

Nistrup Jørgensen L. und Kudsk P., 2006: Twenty years' experience with reduced agrochemical inputs: effects on farm economics, water quality, biodiversity and environment, HGCA conference – 25 and 26 January 2006, Arable crop protection in the balance: Profit and the environment.

Petit S., Munier-Jolain N., Bretagnolle V., Bockstaller C., Gaba, S., Cordeau S., Lechenet M., Mézière D., 2015: Ecological Intensification Through Pesticide Reduction: Weed Control, Weed Biodiversity and Sustainability in Arable Farming, Environmental Management, 56, 1078-1090.

Poiger T., Buser H. R., Müller M. D., 2005: Evaluation der Ökomassnahmen und Tierhaltungspro-gramme, Synthesebericht Bereich Pflanzenschutzmittel. Agroscope FAW Wädenswil.

Potier N., 2014: Pesticides et agro-écologie - Les champs du possible, Rapport de Dominique Potier, député de Meurthe-et-Moselle, au premier ministre Manuel Valls.
http://agriculture.gouv.fr/rapport-pesticides-Potier

Ramseier H., Lebrun M., Steinger T., 2015: Umfrage Bekämpfungsschwellen - Projekt Bekämpfungsschwellen Bundesamt für Landwirtschaft, BFH-HAFL / Agroscope Changins.
http://www.agro-lohnunternehmer.ch/dokumente/news/Umfrage_Bekaempfungsschwellen.pdf

Reichenberger S., Bach M., Skitschak A., Frede H-G., 2007: Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground- and surface water and their effectiveness; A review, *Sci. Total Environ.*, 384, 1–35.

Rossberg D., 2008: NEPTUN 2007 – Obstbau, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 147.
http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_veroeff/berichte/147_NEPTUN_Obstbau_2007.pdf

Rossberg D., 2009a: NEPTUN - Gemüsebau 2009 Statistische Erhebung zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, 153. http://papa.jki.bund.de/dokumente/upload/9729d_neptun_2009_gemuesebau.pdf

Rossberg D., 2009b: NEPTUN 2009 – Weinbau, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 151. http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_veroeff/berichte/151_NEPTUN_Weinbau_2009.pdf

Rossberg D., Vasel E-H., Ladewig E., 2010: NEPTUN 2009 - Zuckerrübe, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 152. http://papa.jki.bund.de/dokumente/upload/a298b_neptun_2009_zuckerruebe.pdf

Rossberg D., 2013: Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Praxis im Jahr 2011, *Journal für Kulturpflanzen* 65 (4), 141-151.

Rossberg D., Hommes M., 2013: NEPTUN-Gemüsebau 2013, Berichte aus dem Julius Kühn-Institut, 175. http://papa.jki.bund.de/dokumente/upload/e3b59_neptun_gemuesebau_2013.pdf

Rüttimann M., 2001: Boden-, Herbizid-, und Nahrstoffverluste durch Abschwemmung bei konservierender Bodenbearbeitung und Mulchsaat von Silomais. Dissertation Universität Basel.

Schmocker-Fackel P., Naef F., Scherrer S., 2007: Identifying runoff processes on the plot and catchment scale, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 891–906.

Schütz R. 2015: Persönliche Mitteilung, 17.11.2015 bzw. Zahlenangaben von http://www.bwsb.at/?+UEber+uns+&id=2500,,1783358,5501

Schwarz A., 2015: Versuchsergebnisse Landwirtschaftszentrum Kanton St. Gallen (LZSG) zum Einsatz von Prognosemodellen und Lufft-Stationen zur Ermittlung der Blattnässe im Zuckerrübenbau (Persönliche Mitteilung Andreas Schwarz vom 14.8.2015,).

Schweizer S., Kauf P, Höhn H., 2013: Abdrift – reduzierende Massnahmen im Praxisversuch, Agrarforschung Schweiz 4, 484–491.

Schweizerische Gesellschaft für Phytomedizin, 1986: Analyse der phytomedizinischen Situation in der Schweiz 1986. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung*, 25, 245–388

Spring J.-L., Gindro K., Voinesco F., Jermini M., Ferretti M. Viret O., 2013: Divico, premier cépage résistant aux principales maladies de la vigne sélectionné par Agroscope, *Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture* 45(5), 292-303

Spycher S.; Daniel O., 2013: Agrarumweltindikator Einsatz von Pflanzenschutzmitteln – Auswertungen von Daten der Zentralen Auswertung Agrarumweltindikatoren (ZA-AUI) der Jahre 2009-2010. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW. http://www.agroscope.admin.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?lang=de&aid=33229&pid=33199&vmode=fancy

Spycher S., Hunkeler J., Bosshard A., Häni F., 2015: Gewässerbelastung durch Pestizide – Ansätze zur Verminderung landwirtschaftlich bedingter Einträge in Oberflächengewässer, *Aqua & Gas,* 12, 56-71.

Stamm C., Doppler T., Prasuhn V., Singer, H., 2012: Standortgerechte Landwirtschaft bezüglich der Auswirkung von landwirtschaftlichen Hilfsstoffen auf Oberflächengewässer. Projekt-Schlussbericht, EAWAG: Dübendorf.

TOPPS, 2011: Vermeiden von Gewässerverunreinigungen durch Punktquellen - TOPPS Beste Management Praxis (BMP). TOPPS prowadis, http://www.topps-life.org/uploads/8/0/0/3/8003583/topps_de.pdf [Accessed on 10.25.2015]

Vullioud P., 2005: Optimale Fruchtfolgen im Feldbau, Agrarforschung, 12 (7). http://www.agroscope.admin.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?lang=de&aid=9198&pid=7995

Wirth P., 2012: Standortbestimmung im Ackerbau, BBZ Arenenberg, Acker- und Futterbau, 6 S. http://www.lbbz.tg.ch/documents/Ackerbau.pdf

Wittmer, I., M. Junghans, H. Singer und C. Stamm, 2014: „ Mikroverunreinigungen – Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus diffusen Einträgen“. Studie im Auftrag des BAFU. Eawag, Dübendorf.

Wittwer A., Gubser C., 2010: Umsetzung des Verbots von Pflanzenschutzmitteln. Untersuchung zum Stand der Umsetzung des Anwendungsverbots von Unkrautvertilgungsmitteln auf und an Strassen, Wegen und Plätzen. Umwelt-Wissen Nr. 1014. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Young S. L., Giles D. K., 2014: Targeted and Microdose Chemical Applications, Chapter 8, p. 139-147, In: Young S. L., Pierce F. J. (eds.), Automation: The future of Weed Control in Cropping Systems, Springer, Dordrecht.

Zihlmann U., Jossi W., Scherrer C., Krebs H., Oberholzer H., Albisser-Vögeli G., Nemecek T., Richner W., Brack E., Gunst L., Hiltbrunner J., van der Heijden M., Weisskopf P., Dubois D., Oehl F., Tschachtli R., Nussbaumer A., 2010: Integrierter und biologischer Anbau im Vergleich. Resultate aus dem Anbausystemversuch Burgrain 1991 bis 2008. ART-Bericht 722, 1-16.

Zijlstra C., Lund I., Justesen A. F., Nicolaisen M., Kryger Jensen P.,Bianciotto V., Posta K., Balestrini R., Przetakiewicz A., Czemborf E., van de Zandea J., 2011: Combining novel monitoring tools and precision application technologies for integrated high-tech crop protection in the future (a discussion document), Pest Manag. Sci., 67, 616–625.

Anhang 1: Umrechnungen von Mengen auf behandelte Flächen

A1.1 Berechnung der NODU (Frankreich):

Die Nombre de Doses Unités (NODU) für einen Wirkstoff *j* werden in Frankreich gemäss den Formeln 1 und 2 berechnet (Baschet und Pingault 2009 und Anonym 2012)

$$DU_j = \sum_i \frac{SAU_i}{SAU_{total,i}} \cdot DUC_i \quad (1)$$

$$NODU_j = \frac{QSAj}{DU_j} \quad (2), \text{ wobei}$$

DU_j: Einheitsdosis für Wirkstoff *j* (Dose Unité) über alle zugelassenen Kulturen gewichtet
DUC_{ij}: Einheitsdosis für Wirkstoff *j* in Kultur *i* (Dose Unité par Culture)
SAU_j: Angebaute Fläche der Kultur *i* (Surface Agricole Utilisée)
$SAU_{j,total}$: Angebaute Fläche aller Kulturen, für die Wirkstoff *j* zugelassen ist
QSA_j: Verkaufte Menge des Wirkstoffs *j* (Quantité Substance Active vendue)

In Tabelle 1 wurde für den Wirkstoff Prosulfocarb anhand der für 2015 in der Schweiz zugelassenen Produkte auf der Basis einer fiktiven verkauften Menge von 10‘000 kg die NODU für diesen Wirkstoff berechnet.

Produkt	Kultur	Mittlere Aufwandmenge Produkt [l/ha]	Wirkstoff-Gehalt [kg/l]	Mittlere Aufwandmenge Wirkstoff [kg/ha]	Solo-formulierung
Arcade 880 EC	Kartoffeln	4.25	0.8	3.4	Nein
Boxer	Kartoffeln	4	0.8	3.2 [1]	Ja
Boxer	Zwiebeln	4	0.8	3.2	Ja
Boxer	Getreide [1]	3.75	0.8	3	Ja
Golapex Basic	Kartoffeln	4	0.8	3.2 [1]	Ja
Golapex Basic	Zwiebeln	4	0.8	3.2	Ja
Golapex Basic	Getreide [1]	3.75	0.8	3	Ja
Roxy EC	Kartoffeln	4	0.8	3.2 [1]	Ja
Roxy EC	Getreide [1]	3.75	0.8	3	Ja
		SAU_i (Angebaute Fläche 2012) [ha]	SAU_i / $SAU_{i,total}$ (Anteil an Total)	DUC_{ij} (Mittelwert Solo-formulierungen) [kg/ha]	$DUCij^*$ $(SAU_i/SAU_{i,total})$ [kg/ha]
	Getreide [1]	130’773	0.918	3	2.753
	Kartoffeln	10’875	0.0761	3.2	0.2449
	Zwiebeln	841	0.006	3.2	0.0189
		$SAU_{i,total}$ (gesamte angebaute Fläche 2012): 142’489 ha			
	QSA_i [kg]		10’000		
	DU_i [kg/ha]		3.02		
	NODU = QSA_i/DU_j		**3315**		

Tabelle A1: Berechnung des NODU-Indikators für Prosulfocarb für angenommene Verkaufsmenge von 10‘000 kg (Zulassungen vom Oktober 2015). [1] Korn (Dinkel), Triticale, Wintergerste, Winterroggen, Winterweizen (Fläche Sommergetreide und Hafer vernachlässigt) [2] Mittlere Dosis Vorauflauf (Nachauflauf TM mit Metribuzin)

Die Summe über alle Wirkstoffe *j* ergibt die gesamte Anzahl Einheitsdosen also die NODU, deren Verlauf seit 2009 in jährlichen erscheinenden Berichten veröffentlicht wird (Anonym 2014). Sie entspricht vom Prinzip her der Normierung der Verkaufszahlen auf die behandelten Fläche (z.B. den in Abb. 2 dargestellten "Hektar-Dosen"). Mit dem Namen "Nombre de Doses Unités" soll ausgedrückt werden, dass die tatsächlich behandelte Fläche nicht bekannt ist, wodurch der Begriff der NODU semantisch etwas präziser ist als der Begriff "Hektar-Dosen", obwohl die NODU gemäss den Gleichungen 1) und 2) ebenfalls die Einheit Hektar haben.

In den jährlich aktualisierten französischen Auswertungen werden jeweils auch der Anteil der verschiedenen Wirkungsbereiche und die NODU der Biocontrol-Mittel (Mikro- und Makroorganismen, Pheromone und natürliche Substanzen) berechnet. Seit 2014 werden auch NODU für Saatbeizmittel und für den Einsatz durch Private anhand der Verkaufszahlen berechnet (Anonym 2014).

Der grösste Aufwand im Vorgehen gemäss Tabelle 1 besteht in dem Zusammenstellen der mittleren Aufwandmengen. In Tabelle 1 wurden dafür erstens die Produkte auf Soloformulierungen eingegrenzt und zweitens obligatorische Tankmischungen ausgeschlossen. Wirkstoffe, für die es in einer Kultur keine Produkte mit Soloformulierung gibt, müssten durch Expertenschätzungen ergänzt werden. In Frankreich wurde das Verfahren etwas vereinfacht, indem statt der mittleren Aufwandmenge jeweils die höchste Aufwandmenge verwendet wird (Anonym 2012), was etwas weniger robust sein dürfte, aber sinnvoll, falls sich dadurch der Aufwand reduzieren lässt. Eine noch stärkere Vereinfachung wäre auf die bereits bestehenden in der Ökobilanzierung verwendete Standard Dosen zurückzugreifen (Frischknecht und Büsser Knöpfel 2013). Das zur Definition verwendete Vorgehen müsste noch genauer abgeklärt werden.

Der NODU ist ausschliesslich als Kennzahl auf nationaler Ebene gedacht und die für die einzelnen Kulturen ermittelte Anzahl Einheitsdosen hat keine direkte agronomische Bedeutung (Anonym 2012), da die Produkte je nach Kultur unterschiedlich häufig eingesetzt werden. Für die Szenarienrechnungen in den einzelnen Kulturen werden in Frankreich deshalb auf Erhebungen beruhende Behandlungsindices (indicateur de fréquence de traitement (IFT)) berechnet. Normiert wird dabei nicht durch eine Einheitsdosis der Wirkstoffe, sondern durch die empfohlene Aufwandmenge des jeweiligen Produkts. Weitere Aspekte zu Aussagekraft und Grenzen der NODU wurden in den begleitenden Methodenartikeln diskutiert (z.B. Anonym 2012).

Anonym 2012: Le NOmbre de Doses Unités (NODU) des Usages Agricoles, Direction générale de l'alimentation, Novembre 2012, 6 S. http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/Methode_Le_NODU_usages_agricoles_cle011c24.pdf

Anonym 2014: Note de suivi 2014 - Tendances du recours aux produits phytosanitaires de 2008 à 2013, Direction générale de l'alimentation du ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, Décembre 2014, 22 S. http://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-25554-note-suivi-ecphyto.pdf

Baschet J-F., Pingault N., 2009: La réduction des usages de pesticides : le plan Ecophyto 2018 - Le rôle des indicateurs d'utilisation pour évaluer l'atteinte des objectifs, *Analyse* 4, 1-4. http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/analyse40902.pdf

Frischknecht R., Büsser Knöpfel S., 2013: Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1330: 256 S.

A1.2 Berechnung des TFI (Dänemark):

Der in Dänemark verwendete Treatment Frequency Index basiert im Gegensetz zum NODU nicht auf den verkauften *Wirkstoffmengen*, sondern auf den verkauften Mengen der *Produkte* (Miljøstyrelsen 2012). Die Standarddosis ist dann die zugelassene Menge des Produktes *j* in der Kultur *i*. Der TFI kann pro Kultur oder national berechnet werden. Falls ein Produkt für die gleiche Kultur unterschiedliche zugelassene Aufwandmengen hat, wurde nach Häufigkeit des Schaderregers gewichtet (Baschet und Pingault 2009).

Miljøstyrelsen, 2012: The Agricultural Pesticide Load in Denmark 2007-2010, Environmental review no. 2. http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2012/03/978-87-92779-96-0.pdf

A1.3 Berechnung des PSM-Einsatzes als Ausgangsgrösse für den Synops-Risikoindikator (Deutschland):

Für die Verteilung der Verkaufszahlen als Inputgrösse des deutschen Synops-Indikators wird eine auf Schätzungen der relativen Bedeutung verschiedener Schaderreger basierende Gewichtung vorgenommen (Gutsche und Strassemeyer 2007). Dieses im Vergleich zum französischen NODU aufwändigere Verfahren ist nötig, weil es im Gegensatz zum NODU nicht nur um eine globale Schätzung der Behandlungsintensität geht, sondern weil die Daten für die Berechnung eines Risikoindikators benutzt werden. Da bei den Synops-Rechnungen kulturspezifische Unterschiede berücksichtigt werden und die modellierten Eintragsrisiken bei gewissen Kulturen deutlich höher sind, ist eine im Vergleich zum NODU genauere Abschätzung der Relevanz in den einzelnen Kulturen unerlässlich.

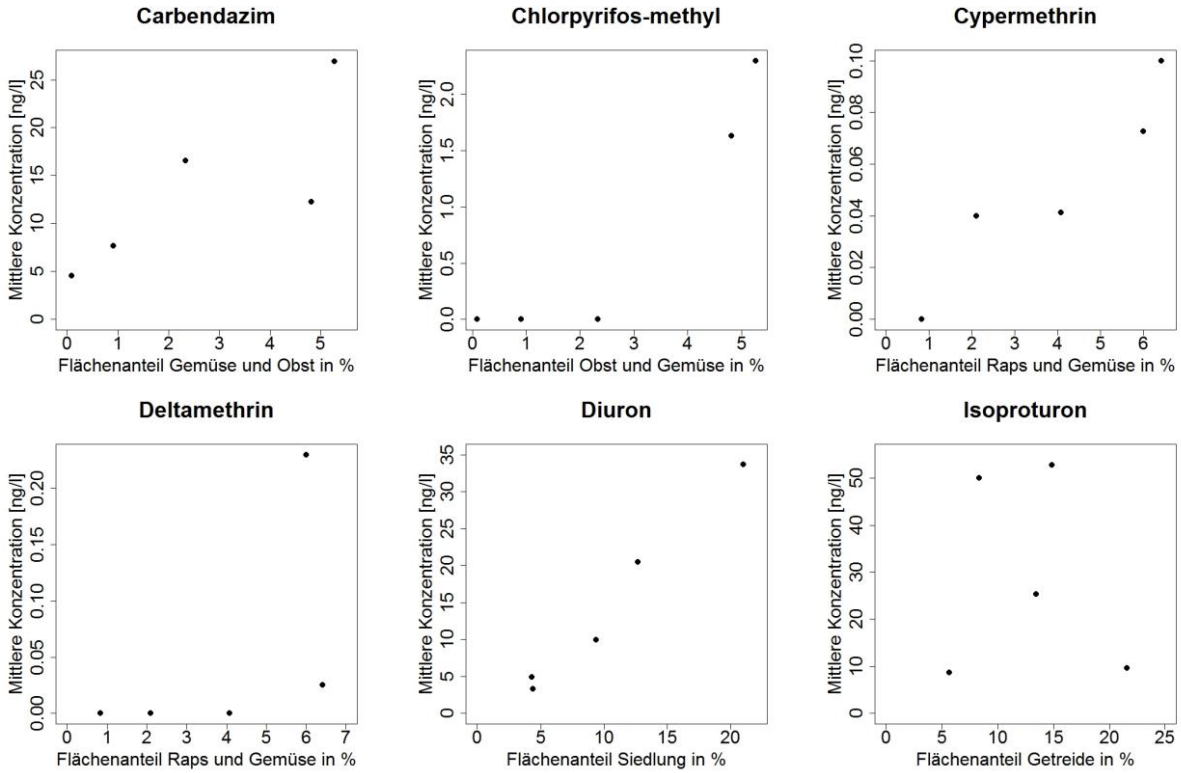
Gutsche V., Strassemeyer J., 2007: SYNOPS – ein Modell zur Bewertung des Umwelt-Risikopotentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln, Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 59 (9), 197-210.

Anhang 2: Korrelation Landnutzung mit Abschätzungen

Zur Durchführung der Vergleiche wurden in einem ersten Schritt alle Wirkstoffe, die gemäss der Abschätzung primär in einer oder zwei Kulturen eingesetzt herausgesucht. Im nächsten Schritt wurde die Landnutzug in den fünf im Programm NAWA Spez 2012 untersuchten Einzugsgebieten verglichen. Kulturen wie Mais, die in allen Gebieten fast den gleichen Anteil an der Landnutzung ausmachen, konnten nicht für die Vergleiche verwendet werden. Bei den Kulturgruppen Getreide, Gemüse, Kartoffeln, Obst, Raps und Zuckerrüben und beim Siedlungsanteil waren Vergleiche möglich.

Der wichtigste Hinweis, dass die Abschätzungen plausibel sind, ist, dass kein Fall mit erhöhten Konzentrationen trotz niedrigem Anteil der für den Wirkstoff relevantesten Kultur(en) zu verzeichnen ist. Die Ausnahme ist Carbendazim, aber gemäss der Abschätzung kommen noch mehrere Kulturen als potentiellem Quelle in Frage, insbesondere Zierpflanzen. Die fehlende Korrelation bei Isoproturon ist daher kein Hinweis, dass die Schätzungen nicht plausibel sind.

Insgesamt waren die Korrelationen überraschend hoch, zumal ja Eigenschaften der Einzugsgebiete wie die zeitliche Variation der Abflussmengen, das Abschwemmungspotential und der Gewässeranschluss der einzelnen Flächen nicht berücksichtigt wurden. Da die Einzugsgebiete vergleichsweise gross sind, kann es sein, dass sich solche Effekte ausmitteln.



Lambda-Cyhalotrin

Nur im Furtbach detektiert (gemäss Abschätzung primär in Raps und Gemüse eingesetzt)

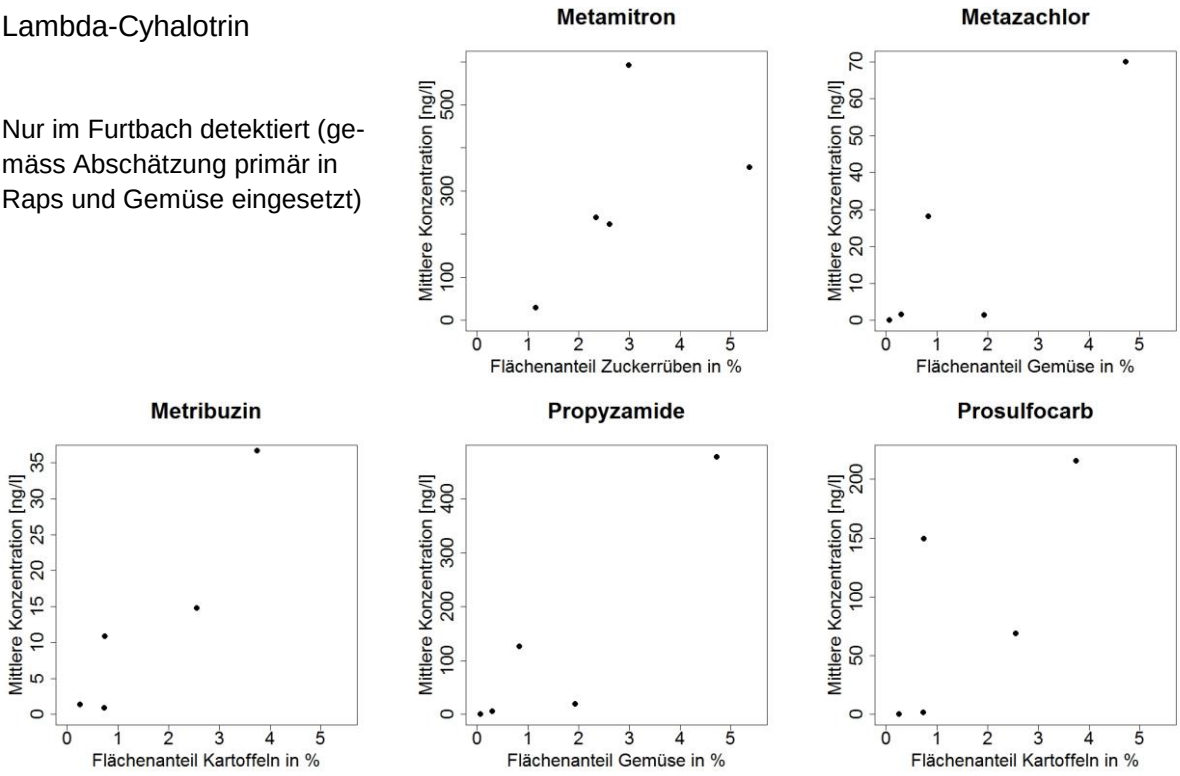


Abbildung A2.1: *In den fünf Einzugsgebieten von März bis Mitte Juli gemessene mittlere Konzentration aufgetragen gegen den prozentualen Flächenanteil (an gesamter Bodennutzung) der für den jeweiligen Wirkstoff relevantesten Kultur(en)*

Anhang 3: Übersichtstabelle Szenariendefinition in Frankreich

Es wurden vier Arbeitsgruppen für die vier Kulturgruppen Ackerbau, Rebbau, Obstbau und Gemüsebau gebildet. Der Ist-Zustand (niveau actuel, NA) basiert auf Erhebungen zu diesen vier Kulturgruppen. Der Ist-Zustand setzt sich bei jeder Kulturgruppe zusammen aus einem Anteil intensiver Produktion (N0), aus den drei Szenarien mit unterschiedlich weit gehenden Massnahmen der integrierten Produktion (N1, N2a und N2c) und aus dem Bio-Anbau (N3). Bei gewissen Kulturgruppen (Obst und Gemüse) kamen die Expertengruppen zum Schluss, dass einzelne Elemente der integrierten Produktion bereits auf der gesamten Anbaufläche eingeführt wurden, dass das Szenario N0 gar nicht mehr vorkommt.

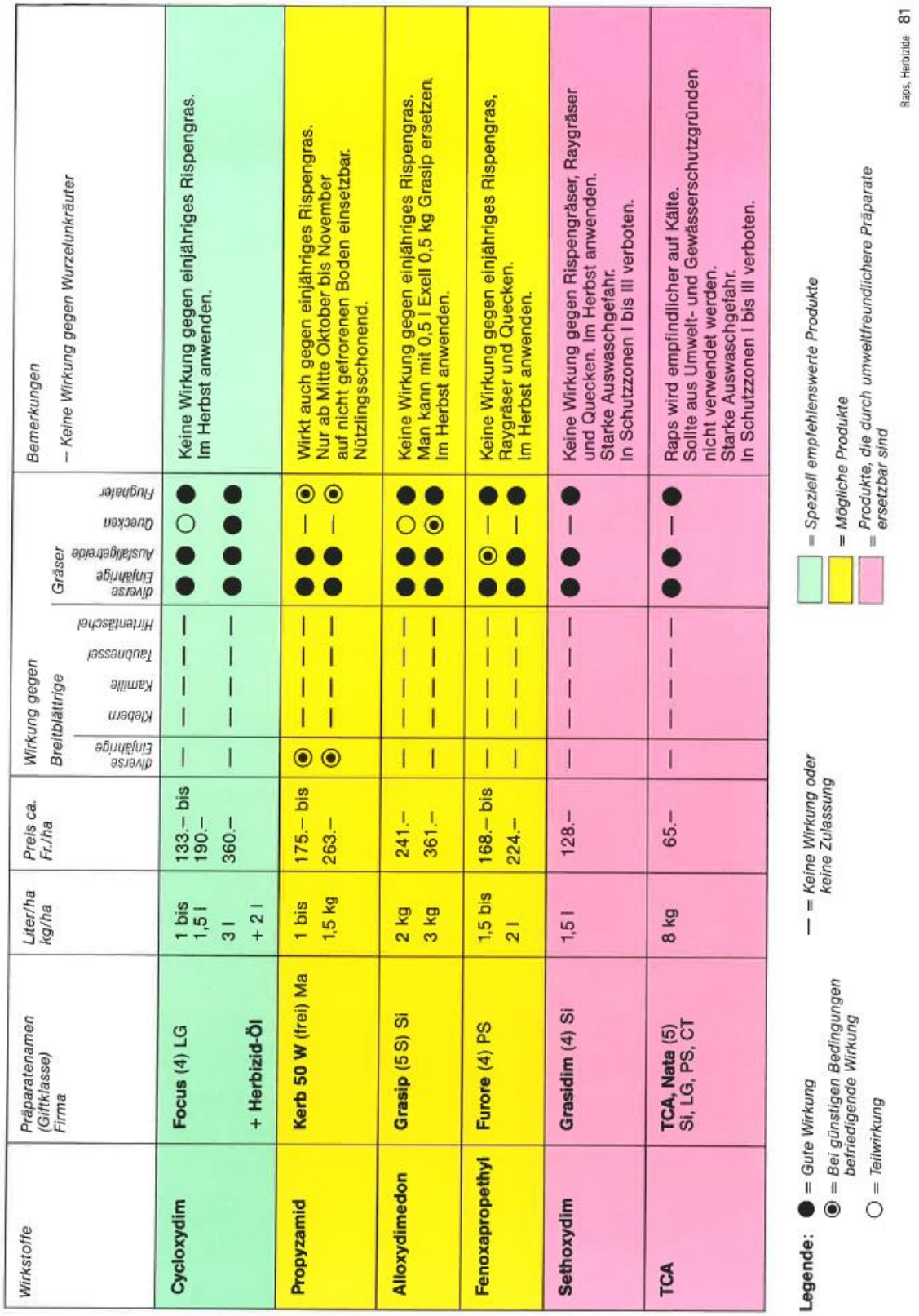
Alle Erhebungen und alle Szenarien wurden regional unterteilt in 8 Grossregionen, um Unterschiede im Schädlingsdruck zu berücksichtigen.

Eine grobe Beschreibung der Szenarien liefert die aus dem Synthesebericht von Butault et al. (2010) kopierte Tabelle 1-2:

	Grandes cultures	Vigne	Arboriculture fruitière	Cultures légumières
Cultures étudiées	les 9 cultures de l'enquête PC (> 90% des GC hors fourrages et légumes plein champ)	les 10 vignobles de l'enquête PC (100% des vignes à raisin de cuve)	Pommier + pêcher (43% de la sole)	les 6 espèces les + cultivées (40% de la sole)
NA	Enquête PC 2006 (12900 parcelles)	Enquête PC 2006 (5200 parcelles)	dires d'experts et réseaux d'observation	dires d'experts + 1 enquête 400 exploitations
N0	les 30% de parcelles à + fort IFT	Nombre de traitements fongicides ≥ protection "permanente" (valeurs régionales)	considéré comme n'existant plus	considéré comme n'existant plus
N1	Recommandations des Avertissements agricoles...	Recommandations des Avertissements agricoles...	Recommandations des Avertissements agricoles...	Raisonnement selon seuils, modèles...
N2a	Combinaisons de mesures prophylactiques agronomiques à l'échelle annuelle. Mesures fonction des cultures.	Méthodes alternatives pour au moins une catégorie de bio-agresseurs (adventices, insectes et acariens, agents pathogènes)	"N2a" : confusion sexuelle "N2b" : variété résistante aux maladies	Gestion ponctuelle d'au moins un bio-agresseur par une alternative aux pesticides
N2c	idem 2a + raisonnement des successions de cultures		Combinaison de techniques alternatives et prophylactiques	Gestion durable des bioagresseurs clés
N3	Aucun traitement pesticide Rotations culturales longues et diversifiées	Fongicides minéraux	Fongicides minéraux, confusion sexuelle, agents entomopathogènes	Fongicides minéraux
Valeurs des indicateurs	Calculées sur les données EPC pour NA et N0 ; estimées à dires d'experts pour N1, N2a, N2c et N3	Calculées sur les données EPC pour tous les niveaux	D'après réseaux d'observation pour N1, estimées à dires d'experts pour les autres niveaux	Très fragmentaires (qq exemples)
Matrice des performances	Oui	Oui	Oui	Non

Butault J.P. , Dedryver C.A. , Gary C. , Guichard L. , Jacquet F. , Meynard J.M. , Nicot P. , Pitrat M. , Reau R. , Sauphanor B. , Savini I. , Volay T., 2010: Synthèse du rapport d'étude Ecophyto R&D : quelles voies pour réduire l'usage des pesticides http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Ecophyto-R-D

Anhang 4: Umweltrelevante Informationen in Produktekatalogen



Wirkstoffe	Präparatenamen (Giftklasse) Firma	Liter/ha kg/ha	Preis ca. Fr./ha	Wirkung gegen Breitblättrige: diverse Einjährige	Kleberm	Kamille	Taubnessel	Hirtentäschel	Gräser: diverse Einjährige	Ausfallgetreide	Quecken	Flughafer	Bemerkungen – Keine Wirkung gegen Wurzelunkräuter
Cycloxydim	**Focus** (4) LG	1 bis 1,5 l	133.– bis 190.–	—	—	—	—	—	●	●	○	●	Keine Wirkung gegen einjähriges Rispengras. Im Herbst anwenden.
		3 l	360.–	—	—	—	—	—	●	●	●	●	
	+ Herbizid-Öl	+ 2 l											
Propyzamid	**Kerb 50 W** (frei) Ma	1 bis 1,5 kg	175.– bis 263.–	◉	—	—	—	—	●	●	—	◉	Wirkt auch gegen einjähriges Rispengras. Nur ab Mitte Oktober bis November auf nicht gefrorenen Boden einsetzbar. Nützlingsschonend.
				◉	—	—	—	—	●	●	—	◉	
Alloxydimedon	**Grasip** (5 S) Si	2 kg	241.–	—	—	—	—	—	●	●	○	●	Keine Wirkung gegen einjähriges Rispengras. Man kann mit 0,5 l Exell 0,5 kg Grasip ersetzen. Im Herbst anwenden.
		3 kg	361.–	—	—	—	—	—	●	●	◉	●	
Fenoxapropethyl	**Furore** (4) PS	1,5 bis 2 l	168.– bis 224.–	—	—	—	—	—	●	◉	—	●	Keine Wirkung gegen einjähriges Rispengras, Raygräser und Quecken. Im Herbst anwenden.
				—	—	—	—	—	●	●	—	●	
Sethoxydim	**Grasidim** (4) Si	1,5 l	128.–	—	—	—	—	—	●	●	—	●	Keine Wirkung gegen Rispengräser, Raygräser und Quecken. Im Herbst anwenden. Starke Auswaschgefahr. In Schutzzonen I bis III verboten.
TCA	**TCA, Nata** (5) Si, LG, PS, CT	8 kg	65.–	—	—	—	—	—	●	●	—	●	Raps wird empfindlicher auf Kälte. Sollte aus Umwelt- und Gewässerschutzgründen nicht verwendet werden. Starke Auswaschgefahr. In Schutzzonen I bis III verboten.

Legende: ● = Gute Wirkung; ◉ = Bei günstigen Bedingungen befriedigende Wirkung; ○ = Teilwirkung; — = Keine Wirkung oder keine Zulassung

= Speziell empfehlenswerte Produkte; = Mögliche Produkte; = Produkte, die durch umweltfreundlichere Präparate ersetzbar sind

Raps, Herbizide 81

Quelle: fenaco,1989: Zielsortiment Pflanzenbehandlungsmittel (Einteilung aller PSM in drei Kategorien mit unterschiedlichem Umweltprofil). Die Einteilung wird seit 2009 nicht mehr in dieser Art vorgenommen.