

Pflanzen

Agroscope Science | Nr. 52 / 2017



## Nachhaltigkeitsbewertung von vergleichbaren Anwendungen von Spritz- und Saatbeizmitteln zur Bekämpfung des Rapserdflohs (REF)

**Autoren**

Marcel Mathis, Laura de Baan, Stève Breitenmoser,  
Jean-Daniel Charrière, Anne Wunderlich, Otto Daniel

**31. Juli 2015**



## Impressum

---

Herausgeber:	Agroscope Schloss 1, Postfach 8820 Wädenswil <a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>
Autoren	Marcel Mathis <sup>1</sup> , Laura de Baan <sup>1</sup> , Stève Breitenmoser <sup>2</sup> , Jean-Daniel Charrière <sup>4</sup> , Anne Wunderlich <sup>3</sup> , Otto Daniel <sup>1</sup> <sup>1</sup> Agroscope, Wädenswil, <sup>2</sup> Agroscope, Nyon, <sup>3</sup> Agroscope, Ettenhausen, <sup>4</sup> Agroscope, Bern
Auskünfte:	<a href="mailto:Marcel.mathis@agroscope.admin.ch">Marcel.mathis@agroscope.admin.ch</a> <a href="mailto:otto.daniel@agroscope.admin.ch">otto.daniel@agroscope.admin.ch</a>
Gestaltung:	
Titelbild	Rapserrdfloh(REF)-Larven in Blattstielen (links), adulter REF (rechts); Stève Breitenmoser
Download	<a href="http://www.agroscope.ch/science">www.agroscope.ch/science</a>
Copyright:	© Agroscope 2017
ISSN:	2296-729X
ISBN:	978-3-906804-41-5

---

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>6</b>
2.1	Auslösung und Fragestellung der vorliegenden Studie .....	6
2.2	Ökonomie und Pflanzenschutz.....	6
2.3	Ökologie und Ökosystemleistungen.....	7
2.4	Multikriterielle Entscheidungsanalyse .....	8
<b>3</b>	<b>Systemeigenschaften, Projektionen, Szenarien</b> .....	<b>10</b>
3.1	Systemeigenschaften im Rapsanbau.....	10
3.2	Projektionen der Analysen und Szenarien .....	13
3.2.1	Szenarien für direkten Vergleich Beizung vs. Spritzen (Projektion a) .....	13
3.2.2	Szenarien für Bewertung in repräsentativer Spritzfolge (Projektion b) .....	14
3.2.3	Szenarien im langfristigen Rapsanbau der Schweiz (Projektion c) .....	15
3.3	Referenzszenario .....	17
<b>4</b>	<b>Aquatische Organismen</b> .....	<b>18</b>
4.1	Einleitung.....	18
4.2	Material und Methoden.....	18
4.2.1	Modell SYNOPS .....	18
4.2.2	Bewertung der Risiken .....	21
4.3	Resultate und Diskussion.....	24
4.3.1	Beizung vs. Spritzen im direkten Vergleich (Projektion a) .....	24
4.3.2	Beizung vs. Spritzen in repräsentativen Spritzfolgen (Projektion b) .....	26
4.3.3	Sensitivitätsanalysen.....	28
4.3.4	Fazit aquatische Organismen.....	31
<b>5</b>	<b>Nützlinge</b> .....	<b>33</b>
5.1	Einleitung.....	33
5.2	Material und Methoden.....	33
5.2.1	Choix des groupes d'auxiliaires.....	33
5.2.2	Sources de données .....	34
5.2.3	Méthode d'évaluation .....	35
5.3	Resultate und Diskussion.....	36
5.3.1	Beizung vs. Spritzen im direkten Vergleich (Projektion a) .....	42
5.3.2	Beizung vs. Spritzen in repräsentativen Spritzfolgen (Projektion b) .....	42
<b>6</b>	<b>Bienen</b> .....	<b>44</b>
6.1	Einleitung.....	44
6.2	Material und Methoden.....	45
6.3	Resultate und Diskussion.....	47
6.3.1	Beizung vs. Spritzen zur Bekämpfung des REF (Projektion a).....	47
6.3.2	Beizung vs. Spritzen in repräsentativen Spritzfolgen (Projektion b) .....	49

<b>7</b>	<b>Ökonomie</b> .....	<b>51</b>
7.1	Einleitung .....	51
7.2	Material und Methoden .....	51
7.3	Resultate und Diskussion .....	53
7.3.1	Beizung vs. Spritzen im direkten Vergleich (Projektion a) .....	53
7.3.2	Beizung vs. Spritzen in repräsentativen Spritzfolgen (Projektion b) .....	54
7.3.3	Fazit Beizen vs Spritzen in repräsentativer Spritzfolge .....	59
7.3.4	Bewertung der ökonomischen Nachhaltigkeit .....	60
<b>8</b>	<b>Multikriterielle Entscheidungsanalyse</b> .....	<b>64</b>
8.1	Einleitung .....	64
8.2	Methode .....	65
8.2.1	Relative Bewertung .....	65
8.2.2	Bewertungsbaum und Aggregierung .....	65
8.3	Resultate und Diskussion .....	67
8.3.1	Beizen vs. Spritzen im direkten Vergleich (Projektion a) .....	67
8.3.2	Beizen vs. Spritzen in repräsentativen Spritzfolgen (Projektion b) .....	69
8.3.3	Bewertung im langfristigen Rapsanbau der Schweiz (Projektion c) .....	71
<b>9</b>	<b>Schlussfolgerung</b> .....	<b>73</b>
9.1	Fachliche Interpretation .....	73
9.2	Umsetzung .....	74
9.3	Methodische Aspekte .....	74
<b>10</b>	<b>Bibliografie</b> .....	<b>76</b>
10.1	Projekt .....	80
10.1.1	Ausschreibung durch das BLW .....	80
10.1.2	Projektorganisation an Agroscope .....	82
10.1.3	Milestones des Projektes .....	83
10.2	PSM-Gebrauch in der Schweiz für die REF-Bekämpfung .....	84
10.3	Detail-Informationen zu Rahmenbedingungen und Szenarien .....	85
10.4	Detail-Informationen zur aquatischen Ökotoxizität .....	86
10.5	Liste der Abbildungen .....	92
10.6	Liste der Tabellen .....	92
<b>11</b>	<b>Danksagung</b> .....	<b>94</b>

# 1 Zusammenfassung

Die Verwendung der Neonicotinoide zur Saatbeizung ist aufgrund der Toxizität für Bienen und andere Organismen umstritten. Die vorliegende Arbeit bewertet die Nachhaltigkeit der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) für die Bekämpfung des Rapserrdflohs (REF; *Psylliodes chrysocephalus*). In der vorliegenden Arbeit wurde die Saatbeizmittel-Strategie mit Neonicotinoiden (Beizung zurzeit suspendiert) mit der Spritzmittel-Strategie mit Pyrethroiden verglichen.

Die vergleichende Bewertung erfolgte mit einer multikriteriellen Entscheidungsanalyse (MCDA). Eine MCDA kann zwar nicht alle Elemente abbilden, die für eine Entscheidung nötig sind. Aber durch eine Versachlichung und die Förderung des Dialogs kann sie die Entscheidungsfindung unterstützen. Die für die Nachhaltigkeitsbewertung konzipierte SustainOS-Methode (Mouron, Heijne et al. 2012) wurde weiterentwickelt. Berücksichtigt wurden ökonomische Konsequenzen, Ökosystemleistungen wie die Bestäubung (Bienen) und die Schädlingsregulation (Nützlinge), sowie die mögliche Gefährdung der Biodiversität ausserhalb der Kultur, hier der Gewässerorganismen. Eine „moderne“ (67% zu 33%) und eine konventionelle (50% zu 50%) Gewichtung von Ökologie (inkl. Ökosystemleistungen) vs. Ökonomie führten zu gleichen Kernaussagen.

Im direkten Vergleich der einzelnen PSM-Produkte schnitt – vor allem aus ökonomischen Gründen – die Beizmittel-Strategie mit Neonicotinoiden deutlich besser ab als die Spritzmittel-Strategie mit Pyrethroiden.

Im Kontext der ganzen Spritzfolge während des Rapsanbaus ist die Bewertung abhängig vom Schadddruck des REF. Bei geringem Schadddruck ist Extensio-Anbau oder Anbau ohne Einsatz von PSM gegen REF möglich – dies führte zur besten Bewertung. Bei mittlerem und hohem Schadddruck des REF schnitt, wie im direkten Vergleich der PSM-Produkte, jeweils die Beizmittel-Strategie besser ab als die Spritzmittel-Strategie. Bei der langfristigen Betrachtung über die ganze Schweiz wurde die Spritzmittel-Strategie besser bewertet als die Beizmittel-Strategie. Der Grund liegt darin, dass der Schadddruck nicht auf allen Rapsanbauflächen jedes Jahr gleich gross ist. Bei einem tiefen Schadddruck wird die Schadschwelle nicht erreicht und es erfolgt keine Spritzung.

Die vorliegende Nachhaltigkeitsanalyse unterstützt das Beibehalten der Suspendierung der Neonicotinoide für die Saatbeizung im Raps. Die Option der Rücknahme der Suspendierung sollte offen gehalten werden für den Fall, dass in Zukunft die Risiken der Neonicotinoide als weniger gross beurteilt werden, der REF-Befallsdruck übermässig stark ansteigt oder die Resistenzbildung gegen Pyrethroide problematisch wird.

Wir empfehlen im Moment die nachhaltige Bekämpfung des REF durch die Spritzmittel-Strategie (Pyrethroide) unter Ausnutzung aller bestehenden Präventionsmöglichkeiten und dem Einhalten des Schadschwellen-Prinzips.

## 2 Einleitung

Marcel Mathis, Otto Daniel

### 2.1 Auslösung und Fragestellung der vorliegenden Studie

Das Schweizerische Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) hat per 01.01.2014 den Einsatz der Wirkstoffe Imidacloprid, Clothianidin und Thiamethoxam (Neonicotinoide) in Saatbeizmitteln für Raps und Mais (für Bienen attraktive Kulturen) so lange suspendiert, bis die Unbedenklichkeit dieser Wirkstoffe durch Forschungsergebnisse belegt wird. In den vergangenen Jahren waren nahezu 100% des Rapssaatguts in der Schweiz mit Neonicotinoiden gebeizt. Zurzeit können nur noch Pyrethroide gegen den REF eingesetzt werden, falls die Schadschwelle<sup>1</sup> überschritten ist und eine Sonderbewilligung vorliegt.

Die Konsequenzen der suspendierten Bewilligung der Neonicotinoide als Saatbeizmittel sind spürbar. Das Jahr 2014 war ein starkes REF-Befallsjahr; daher wurden von den Kantonen sehr viele Sonderbewilligungen für die REF-Bekämpfung mittels Pyrethroiden ausgestellt. Konkret wurden ca. 36% der Rapsanbauflächen im Herbst 2014 mit Pyrethroiden behandelt. Im Gegensatz dazu wurden in den Jahren 2011-2013 nur ca. 1.2-3.3% der Rapsanbauflächen behandelt (Breitenmoser and Zimmermann 2015).

In den kommenden Jahren muss das BLW entscheiden, ob die suspendierten PSM-Produkte wieder bewilligt werden. Um diese Entscheidung vorzubereiten, soll – in Ergänzung zu den Anforderung an das Dossier – im Rahmen der Zulassung eine Kosten-Nutzen Analyse der verschiedenen Optionen zur Schädlingsbekämpfung durchgeführt werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine Nachhaltigkeitsbewertung vorzunehmen für die Anwendungen von Clothianidin, Imidacloprid und Thiamethoxam als Saatbeizmittel in den suspendierten Bewilligungen für die Bekämpfung des Rapserrdflohs. Diese Bewertung soll zudem einen Vergleich zulassen mit der Anwendung von Insektiziden (Pyrethroiden), die als Spritzapplikation Verwendung finden. Als Methode wurde vom BLW SustainOS (Mouron, Heijne et al. 2012, Calabrese, Breitenmoser et al. 2013) vorgeschlagen. Ausschreibung, Organisation und „milestones“ des Projekts finden sich im Anhang (ab Kapitel 11.1.1).

### 2.2 Ökonomie und Pflanzenschutz

Der Rapsanbau stellt zurzeit die wichtigste Ölsaat-Kultur in der Schweiz dar (Pellet 2013, Swissgranum 2015). Aus Raps wird nicht nur Speiseöl hergestellt, sondern auch Bio-Diesel und Schmierstoffe. Zudem ist Raps ein wertvolles Fruchtfolgeglied, welches eine getreidebetonte Fruchtfolge auflockern kann.

Die Fläche für den Rapsanbau ist seit 2001 um ca. 60% von 13'056 ha auf 23'244 ha (2014) gestiegen (BLW 2014, Swissgranum 2015). Um den Rapserrtrag auf gleichem Niveau zu gewährleisten, wird man in Zukunft wohl kaum auf PSM verzichten können, da der Schädlingsdruck im Rapsanbau hoch ist (Rapserrdfloh (REF), Rapsgranzkäfer, Rüssler etc.). Dies zeigt sich auch darin, dass der Bioraps-Anteil in der Schweiz (138 ha im Jahr 2013;(Grossenbacher 2014)) sehr klein ist.

Der Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala*) fliegt ab Anfang September in die Rapsfelder ein. Seine Anwesenheit ist durch den „Fensterfrass“ in den Blättern erkennbar. Etwa anderthalb Wochen nach dem Einflug beginnt die Eiablage (Ludwig 2013). Die geschlüpften Larven verursachen den Hauptschaden im

---

<sup>1</sup> Keimblattstadium: 50 % der Pflanzen mit mehreren Frassstellen, oder im 5 bis 6-Blattstadium: 80 % der Pflanzen mit mehreren Frassstellen

Herbst durch Bohr- und Minierfrass in Blattstielen sowie durch Stängelfrass. Die Frassschäden im Inneren begünstigen das Eindringen von Wasser, was zum Verfaulen beziehungsweise zum Aufplatzen der Rapspflanzen bei winterlichen Frostereignissen (Auswintern) führen kann. Der Vegetationskegel der Pflanze kann dabei zerstört werden. Die Seitentriebe der Rapspflanze können den fehlenden Haupttrieb zum Teil kompensieren. Dennoch kann der REF-Befall zum Verlust der ganzen Pflanze führen.

## 2.3 Ökologie und Ökosystemleistungen

Rapsfelder sind Ökosysteme, die bewirtschaftet werden. Dies bedeutet, dass Monokulturen angebaut werden, mit der Ernte pflanzliches Material entfernt wird, der Boden bearbeitet wird, Dünger ausgebracht wird und Pflanzenkrankheiten und -schädlinge mit Pflanzenschutzmitteln bekämpft werden. In solchen Agrarökosystemen werden die negativen Auswirkungen der Bewirtschaftung durch das Einhalten verschiedener Prinzipien wie jene der guten landwirtschaftlichen Praxis (GLP), des ÖLN oder der integrierten Produktion (Barzman, Bärberi et al. 2015) möglichst klein gehalten. Dadurch wird eine nachhaltige Nutzung der Agrarökosysteme möglich.

Je nach Art und Intensität der Bewirtschaftung sind aber auch Auswirkungen auf die umgebenden, selbst auch mehr oder weniger anthropogen beeinflussten Ökosysteme zu erwarten.

Es stehen hier zwei Ebenen zur Diskussion, auf denen der Einsatz von PSM-Produkten Auswirkungen haben kann:

- Die Biodiversität in Ökosystemen ausserhalb der Rapsfelder. Betrachtet wird in der vorliegenden Untersuchung die mögliche Gefährdung der Gewässerorganismen.
- Regulierende Ökosystemleistungen, welche für eine nachhaltige Produktion wichtig sind. Betrachtet werden hier die Bestäubung (Bienen) und die Schädlingsregulation (Nützlinge).

In Oberflächengewässern können die Wirkstoffe Lebewesen wie die Fische, Krebstiere, Insekten, Algen und Makrophyten beeinträchtigen (Stehle and Schulz 2015). Beim Spritzen von PSM erfolgt der Transport in die Oberflächengewässer durch Abdrift, Run-off, Erosion oder via Drainagen. Die Saatbeizmittel werden nach der Saat über das Drainagewasser in die Gewässer transportiert.

Die regulierenden Ökosystemleistungen (Assessment 2005, Daniel 2008) erfolgen durch die Aktivität von Bienen, anderen bestäubenden Insekten und den sogenannten „Nützlingen“ (Insekten und Spinnentiere, welche die Populationen der Schadinsekten regulieren). Bienen und Spinnentiere können entweder durch Übersprühen, Kontakt oder Fressen mit den Wirkstoffen in Kontakt kommen.

Zur Bekämpfung des REF können Neonicotinoide (Beizung) und Pyrethroide (Spritzen) eingesetzt werden. Neonicotinoide erzielen ihre Wirkung systemisch, d.h. sie werden nach der Aufnahme in der Pflanze von der Wurzel bis in Blätter, Blüten, Nektar und Pollen verteilt. Sowohl Schadinsekten als auch Nützlinge, welche Teile der Pflanze fressen, können Neonicotinoide aufnehmen. Die Neonicotinoide entfalten ihre schädliche Wirkung durch die Bindung an die nikotinischen Acetylcholinrezeptoren im zentralen Nervensystem (Matsuda, Buckingham et al. 2001). Pyrethroide sind Kontaktgifte, welche irreversibel die Natriumkanäle in den Nervenmembranen blockieren und so zu einer Vergiftung von Schadinsekten und Nützlingen führen können (Soderlund 2012).

Die Kosten der Bekämpfung des REF, resp. der mögliche monetäre Schaden im Rapsanbau, wenn der REF nicht bekämpft wird, lassen sich abschätzen. Die Kosten der Auswirkungen auf Ökosysteme sind schlecht quantifizierbar und werden externalisiert. Bei einer Beeinträchtigung der regulierenden Ökosystemleistungen

entstehen externe und interne Kosten. Auch der Wert von vielen Ökosystemleistungen ist schwierig zu beziffern (Sukhdev, Wittmer et al. 2010). Die Wichtigkeit solcher Ökosystemleistungen wird zum Teil ignoriert oder zu wenig geschätzt. Solche Ökosystemleistungen sollten aber in Zukunft vermehrt in die Entscheidungen über den Gebrauch von Ressourcen und Land einbezogen werden (Daily, Polasky et al. 2009).

### 2.4 Multikriterielle Entscheidungsanalyse

Eine multikriterielle Entscheidungsanalyse (MCDA) ist ein geeignetes Werkzeug, um eine Nachhaltigkeitsbewertung vorzunehmen. In der vorliegenden Studie wurde die SustainOS-Methode (Mouron, Heijne et al. 2012) auf unsere Fragestellung adaptiert und optimiert. Diese Methode ist im Rahmen des europäischen Projektes „ENDURE“<sup>2</sup> unter der Leitung von Agroscope entwickelt und in einer Fallstudie in fünf europäischen Ländern auf verschiedenen Apfelanbau-Systemen erfolgreich angewandt worden. Sie erlaubt die Bewertung der ökologisch-ökonomischen Nachhaltigkeit von verschiedenen Pflanzenschutzstrategien.

Das Vorgehen in der MCDA zur Nachhaltigkeitsbewertung der Bekämpfungsstrategien Beizen mit Neonicotinoiden vs. Sprühen von Pyrethroiden ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Grundlage ist eine sorgfältige Beschreibung der Rahmenbedingungen, d.h. der Systemeigenschaften beim Rapsanbau, der analysierten Projektionen und den ausgewählten Szenarien des PSM-Einsatzes. Innerhalb dieser Rahmenbedingungen haben Experten eine quantitative Analyse aus „Sicht“ der Ökologie (hier aquatische Organismen), der regulierenden Ökosystemleistungen (hier Nützlinge und Bienen), sowie der ökonomischen Implikationen vorgenommen. In der MCDA wurden schlussendlich die quantitativen Analysen relativ zu einem ausgewählten Referenz-Szenario dargestellt und anhand von einem hierarchischen Bewertungsbaum bewertet.

---

<sup>2</sup> <http://www.endure-network.eu/>



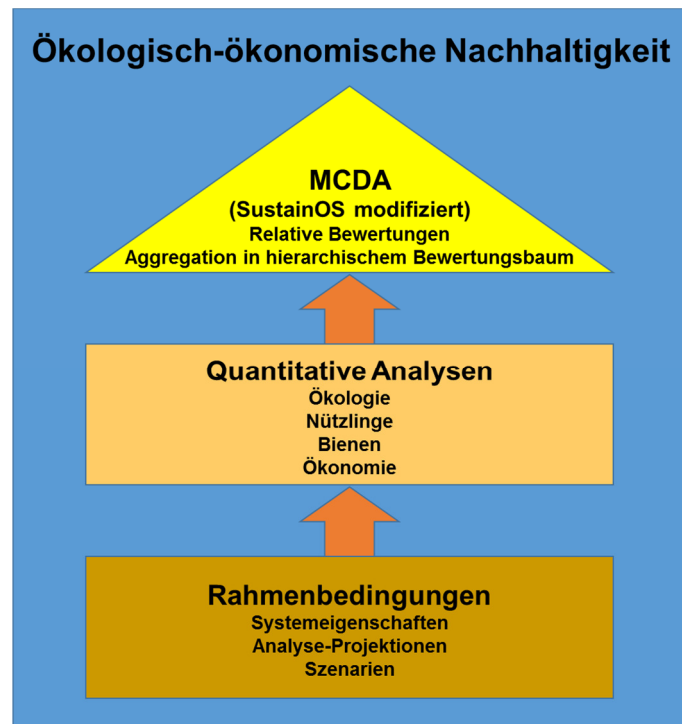


Abbildung 1: Vorgehen der MCDA

Der Kontext, in dem Entscheidungsträger handeln, beinhaltet Elemente wie Ökonomie und Ökologie, aber auch viele weitere Elemente, die politischer, kultureller, soziologischer und psychologischer Natur sein können. Weiterhin sind die Dringlichkeit, das günstige Timing und die Art einer Entscheidung (Reversibilität, Auswirkung) wichtig (Guitouni and Martel 1998). Die gewählte Methode der MCDA untersucht hier nicht die klassische Gesamtnachhaltigkeit im Sinne von Ökonomie, Ökologie und Soziales (Bundestag 1997), sondern fokussiert auf die ökologisch-ökonomische Nachhaltigkeit. Diese „Einschränkungen“ der MCDA sind unumgänglich, weil nur durch eine Fokussierung, einen „bewussten Reduktionismus“, überhaupt quantitative Analysen möglich sind. Entscheidend ist es, die Rahmenbedingungen der MCDA möglichst genau und begründet zu definieren.

Der große Wert der MCDA ist es, eine Entscheidung zu versachlichen und den Dialog zwischen verschiedenen Interessen oder Interessengruppen zu erleichtern und zu fördern (Linkov, Sahay et al. 2005, Cinelli, Coles et al. 2014). Die vorgestellte MCDA kann den Entscheidungsträgern eine Entscheidung über eine Fortsetzung der Suspendierung der Neonicotinoide zur Saatgut-Beizung im Rapsanbau nicht abnehmen, kann aber den Entscheidungsprozess unterstützen.

## 3 Systemeigenschaften, Projektionen, Szenarien

*Marcel Mathis, Otto Daniel*

Die Voraussetzung für eine Nachhaltigkeitsbewertung ist die Definition der Rahmenbedingungen. Die Rahmenbedingungen umfassen die Systemeigenschaften, die Projektionen der Analysen und die für die Nachhaltigkeitsbewertung gewählten Szenarien.

Die Systemeigenschaften umfassen Parameter wie Sorte, Saatkichte, Fruchtfolge und Schädlinge.

Durch die Wahl von drei verschiedenen Projektionen konnte die sehr komplexe Fragestellung „Nachhaltigkeit der Bekämpfungsstrategien des REF“ in Teilfragen unterteilt werden. So gibt es mehrere PSM-Produkte, die für die Beizung und Spritzbehandlung in Frage kommen. Sollen nur sie miteinander verglichen werden? Oder soll die REF-Bekämpfung im Kontext des ganzen Anbauzyklus, d.h. als Teil einer Spritzfolge, betrachtet werden? Und noch eine Komplexitätsstufe höher: Soll die Nachhaltigkeit auf Ebene Parzelle während eines Anbauzyklus gelten, oder auf Ebene ganze Schweiz und für eine längere Zeitdauer? Bei der Festlegung der Analysen-Projektionen geht es darum, die Teilfragen festzulegen.

Schlussendlich werden konkrete Szenarien bezüglich eingesetzter PSM-Produkte gegen den REF und in der Spritzfolge sowie bezüglich REF-Schadddruck und Anteil behandelter Parzellen in der Schweiz für die Berechnungen festgelegt.

Einen ganz wichtigen Anteil bei der Definition von Systemeigenschaften, Analysen-Projektionen und Szenarien hatte ein Workshop mit Experten.

Die gewählten Systemeigenschaften und Szenarien behalten ihre Relevanz, solange es nicht zu signifikanten Systemveränderungen (neue Sorten, Veränderung des Schädlingsdrucks, Klimaveränderungen etc.) oder neuen Szenarien (neue PSM-Produkte auf dem Markt) kommt.

### 3.1 Systemeigenschaften im Rapsanbau

Es gibt viele Möglichkeiten der Anbaumethodik, der Eigenschaften des Standortes und der Einbettung der Rapsfelder in die Landschaft. Eine allgemeine Beschreibung der Parameter und die Auswahl für die Nachhaltigkeitsanalyse erfolgten an einem Workshop mit Experten. Basierend auf den verfügbaren Daten und dem Expertenwissen wurden die Systemeigenschaften für den Anbau von Raps (Tabelle 1), die Beschreibung des Standorts (Tabelle 2) und die Beschreibung der Landschaft (Tabelle 3) festgelegt.

Tabelle 1: Parameter für den Anbau von Raps

Parameter	In diesem Projekt	Allgemeine Beschreibung
Sorte	Winterraps	Winterraps in CH verbreitet; Sommerraps wenig Linien- und Hybridsorten HOLL Sorten (high oleic low linolenic) Sortenunterschiede im Anbau gering
Bodenbearbeitung	Pfluglos mit Mulchsaat	mit Pflug pfluglos mit Mulchsaat (Standard) / Direktsaat
Sätechnik	Drillsaat	Drillsaat (Standardverfahren) Einzelkornsaat (präzise Platzierung)
Saadichte		Hybridsorten 35-60 Körner/m <sup>2</sup> Linien Sorten 50-65 Körner/m <sup>2</sup> Saadichte abhängig von angestrebter Bestandesdichte, Keimfähigkeit, geschätztem Verlust, Saatbedingungen und Saattechnik
Bestandesdichte	35-40 Rapspflanzen/m <sup>2</sup>	Hybridsorten: 30-40 Pflanzen/m <sup>2</sup> Linien Sorten: 40-60 Pflanzen/m <sup>2</sup>
Saatrate	6 kg/ha	4-8 kg/ha
Zeitpunkt Saat	31. August	15. August – 15. September
Saatgut		Saatgut ist immer mit Fungiziden gebeizt/ zusätzlich kann Saatgut noch mit Insektiziden (Neonicotinoiden) gebeizt sein (seit 2014 sistiert)
Düngung	Im Frühjahr (2 Fahrten); N:140 kg/ha, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 65 kg/ha, K <sub>2</sub> O 110 kg/ha, Mg 15 kg/ha	Düngung für einen Referenzertrag von 35 dt/ha im Winterraps
Fruchtfolge	Anbaupause von 3 Jahren	Raps häufig nach Winterweizen; Kruziferen vermeiden; Ausfallraps nach Ernte bekämpfen (Nematoden) falls Zuckerrüben in Fruchtfolge; in CH Anbaupausen von 3 - 4 Jahren eingehalten
Krankheiten	Phoma (präventive Anwendung im Herbst)	Phoma, Grauschimmel, Kohlhernie, Rapsschwärze, Rapskrebs
Andere Schädlinge	Rapsglanzkäfer & Raps-stengelrüssler (Bekämpfung im Frühling)	Kohlschotenrüssler, Kohlschotengallmücke, Rapsglanzkäfer, Rapsstengelrüssler, Schnecken
Unkräuter	Bekämpfung im Herbst mit PSM	einjährige/mehrjährige Monocotyledonen, einjährige Dicotyledonen, Ausfallgetreide, einjähriges Rispengras, Gemeine Quecke
Wachstumsregulierung	Erfolgt durch präventive Phoma Behandlung im Herbst	Wachstumsregulation im Herbst mit Fungizid: vermindertes Wachstum, Erhöhung der Frostresistenz
Ertrag	35 dt/ha	30-50 dt/ha
Verkaufspreis	Preiskatalog gemäss Agridea	

**Tabelle 2: Parameter zur Beschreibung des Standorts**

Parameter	In diesem Projekt	Allgemeine Beschreibung
Bodentyp	mittelschwer / tiefgründig	mittelschwer / tiefgründig sind gut geeignet schwer / leicht (aber tiefgründig) sind geeignet flachgründig, staunass, Moorböden sind ungünstig
Textur	lehmig	tonig, lehmig, schluffig, humose Sandböden
Gründigkeit	tiefgründig	Tiefgründig
Wasserhaushalt	feucht mit Drainagen und ohne Drainage	gute Wasserversorgung nötig, bei Staunässe Drainage

**Tabelle 3: Parameter zur Beschreibung der Landschaft**

Parameter	In diesem Projekt	Allgemeine Beschreibung
Verteilung in Schweiz	ganze Schweiz (ausser Tessin und Wallis)	Raps wird in ganzer Schweiz angebaut ausser im Tessin und Wallis
Verteilung Landschaft	mosaikartig	mosaikartig in Landschaft verteilt, jährlicher Wechsel der Parzellen
Distanz zu Gewässer	6 m	≥ 6m (mind. 3 m ChRRV* + 3 m DZV)
Hangneigung	0, 6, 12%	Anbau bei 0-15% Hangneigung möglich

\*Chemikalien Risikoreduktions-Verordnung

## 3.2 Projektionen der Analysen und Szenarien

Die Projektionen für die Analysen unterteilen die Nachhaltigkeitsbewertung in Teilfragen (Abbildung 2). Die drei Analysen-Projektionen umfassen:

- Projektion a: Direkter Vergleich der PSM-Produkte, welche für Beizung und Spritzbehandlung eingesetzt werden
- Projektion b: Bewertung innerhalb repräsentativer Spritzfolgen
- Projektion c: Bewertung unter Berücksichtigung von Schaddruck und behandelter Fläche in der Schweiz

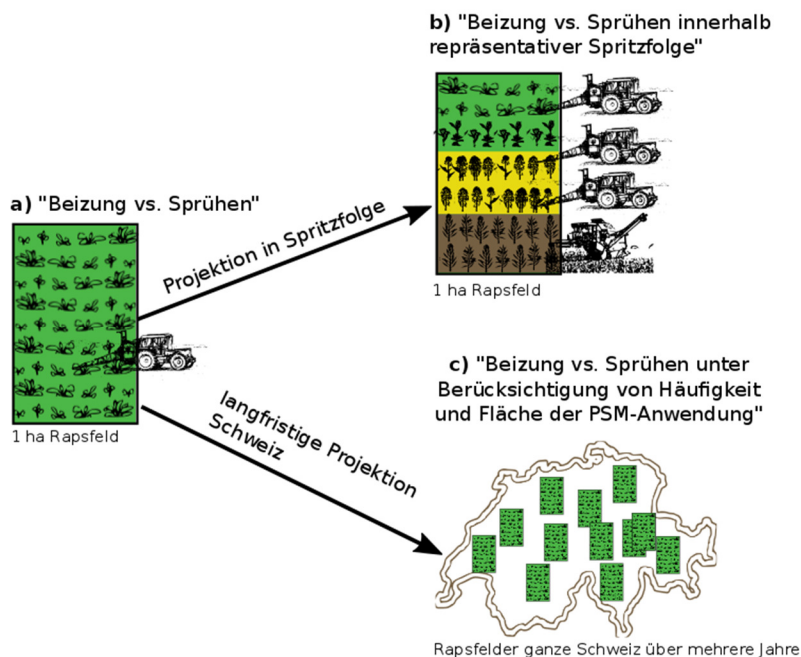


Abbildung 2: Projektionen für die Analysen der Nachhaltigkeitsbewertung der Bekämpfung des REF

Da nicht alle möglichen Kombinationen der PSM-Produkte zur Bekämpfung des REF bewertet werden können, wurde für jede Projektion eine Auswahl an Szenarien definiert.

### 3.2.1 Szenarien für direkten Vergleich Beizung vs. Spritzen (Projektion a)

Der direkte Vergleich Beizung vs. Spritzen erfolgte mittels der in Tabelle 4 definierten Szenarien.

Tabelle 4: Szenarien für den direkten Vergleich Beizung vs. Spritzen (Projektion a); WS1, WS2, WS3: Wirkstoffe in den PSM-Produkten.

Kode	Applikation	PSM-Produkt	WS1	WS2	WS3
A1	Saatbeizung	Modesto	Clothianidin	beta-Cyfluthrin	
A2	Saatbeizung	CruiserOSR	Thiametoxan	Metalaxyl-M	Fludioxonil
A3	Saatbeizung	Chinook	Imidacloprid	beta-Cyfluthrin	
A4	Saatbeizung + Spritzen	Modesto + Cypermethrin	Clothianidin Cypermethrin	beta-Cyfluthrin	
B1	Spritzen	Cypermethrin	Cypermethrin		
B2	Spritzen	Decis	Deltamethrin		
B3	Spritzen	Blocker	Etofenprox		
B4	Spritzen	Karate	lambda-Cyhalothrin		
B5	Spritzen (2x)*	Cypermethrin + Blocker	Cypermethrin Etofenprox		

\* Spritzung erfolgt an unterschiedlichen Tagen

### 3.2.2 Szenarien für Bewertung in repräsentativer Spritzfolge (Projektion b)

Für den Vergleich Beizen vs. Sprühen in repräsentativen Spritzfolgen wurden nur sechs der neun Szenarien des direkten Vergleichs weiter untersucht (Tabelle 5).

Die grundlegenden Szenarien sind jene mit Beizung (Modesto, A1\*) und mit Spritzen (Cypermethrin, B1\*). Bei hohem Befallsdruck sind zwei REF-Behandlungen nötig. Dies ist die Beizung mit Modesto + Spritzen mit Cypermethrin (A4\*) und das Spritzen mit Cypermethrin + Blocker (B5\*). Bei tiefem Befallsdruck kommt eine Spritzfolge ohne REF-Behandlung (B6\*) und der Anbau unter Extenso-Bedingungen (B7\*) in Frage. Beim Extenso-Anbau dürfen nur Herbizide, aber keine Insektizide oder Fungizide eingesetzt werden.

Das Szenario Bioraps wurde hier nicht angeschaut, da der Bioanbau von Raps in der Schweiz mit 138 ha (2013) marginal ist (Grossenbacher 2014).

Tabelle 5: Szenarien für den Vergleich Beizung vs. Spritzen in repräsentativer Spritzfolge (Projektion b).

Kode	PSM-Behandlung REF		PSM-Behandlungen in der Spritzfolge			
	Applikation	REF	Phoma	Rapsstengelrüssler	Rapsglanzkäfer	Unkraut
A1*	Saatbeizung	Modesto	Horizont 250 EW	Talstar SC	Biscaya	Devrinol-top
A4*	Saatbeizung Spritzen	Modesto Cypermethrin	Horizont 250 EW	Talstar SC	Biscaya	Devrinol-top
B1*	Spritzen	Cypermethrin	Horizont 250 EW	Talstar SC	Biscaya	Devrinol-top
B5*	Spritzen (2x) <sup>1</sup>	Cypermethrin +Blocker	Horizont 250 EW	Talstar SC	Biscaya	Devrinol-top
B6*	-	-	Horizont 250 EW	Talstar SC	Biscaya	Devrinol-top
B7* <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	Devrinol-top

<sup>1</sup>Applikation erfolgt an unterschiedlichen Tagen, <sup>2</sup>B7\*: Extenso-Szenario

Die PSM in der Spritzfolge werden zu unterschiedlichen Zeitpunkten eingesetzt. Der Zeitpunkt für die Behandlung mit den PSM ist für die Nachhaltigkeitsbewertung gemäss Angaben in Tabelle 6 festgelegt worden.

Tabelle 6: PSM-Produkte, Indikation und Zeitpunkt der Anwendung in den repräsentativen Spritzfolgen.

PSM-Produkt	Indikation	Zeitpunkt
Modesto (Beizung)	REF	31. Aug
Devrinol-Top	Unkraut	01. Sep
Pyrethroid (1. Spritzung)	REF	15. Sep
Pyrethroid (2. Spritzung)	REF	10. Okt
Horizont 250 EW	Phoma	15. Okt
Talstar SC	Rapsstengelrüssler	20. Mrz
Biscaya	Rapsglanzkäfer	10. Apr

### 3.2.3 Szenarien im langfristigen Rapsanbau der Schweiz (Projektion c)

Der Schadddruck des REF ist von Jahr zu Jahr und je nach Region verschieden. Deshalb verändern sich sowohl der Anteil der in der Schweiz befallenen Rapsanbauflächen wie auch die Häufigkeit, mit der starke Schäden auftreten können.

Die Beizung bekämpft den REF unabhängig von seinem Schadddruck; eher selten sind bei sehr hohem Schadddruck zusätzliche Spritzungen notwendig. Die Bekämpfung des REF mit gespritzten PSM (Pyrethroide) erfolgt nach Überschreiten einer Schadschwelle.

Der langjährige Schadddruck und die flächenmässig betroffenen Rapskulturen sind aus Messungen mit Gelbschalen bekannt (Derron et al.; unveröffentlichte Daten; Tabelle 7). In dieser Studie wurde der REF-Einflug jeweils ab Ende August bis Ende November von 1980-2014 in Winterraps-Parzellen festgehalten. Die Daten wurden so interpretiert, dass in Jahren mit weniger als 300 gefangenen Individuen in der Gelbschale der Schadddruck schwach, zwischen 300-500 mittel und über 500 als stark war.

Tabelle 7: Häufigkeit des Befalls mit REF; REF-Befall schwach bei < 300, mittel bei 300-500 und stark bei > 500 REF pro Gelbschale (Derron et al., unveröffentlichte Daten).

REF-Befall	schwach	mittel	hoch
Häufigkeit [%]	70	20	10

Die prozentual zu behandelnde Rapsanbaufläche bei unterschiedlichem Schadddruck und die zugehörigen Szenarien der PSM-Behandlung wurden durch Experten geschätzt (Tabelle 8).

Tabelle 8: Szenarien der PSM-Behandlung und der langjährige behandelte Flächenanteil in der Schweiz bei verschiedenen REF-Schadddrücken.

Kode	Applikation	PSM-Produkt	Rapsanbaufläche behandelt bei Schadddruck		
			schwach	mittel	hoch
A1	Beizung	Modesto	100	90	70
A4	Beizung + Sprühen	Modesto + Cypermethrin	0	10	30
B1	Sprühen	Cypermethrin	10	30	60
B5	Sprühen (2x)	Cypermethrin + Blocker	0	10	30
B6	-	-	90	60	10

Für die Nachhaltigkeitsbewertung wurden der langjährige Schadddruck und die behandelten Flächen berücksichtigt. Und es wurde mit den Resultaten gerechnet, die im direkten Vergleich Beizung vs. Spritzen von Projektion a (Tabelle 4) erhalten worden sind. Diese Resultate wurden mit den befallsabhängigen Szenarien und den behandelten Flächen (Tabelle 8) kombiniert. Diese Prognose der Notwendigkeit des Spritzens und der betroffenen Flächen behält ihre Gültigkeit, solange es nicht zu signifikanten Systemveränderungen (neue Sorten, Veränderung des Schädlingsdrucks etc.) kommt.

Die Tabelle 8 sind wie folgt zu lesen: In den gebeizten Szenarien wird unabhängig vom REF-Schadddruck jedes Jahr eine Beizung durchgeführt (A1), in Jahren mit mittlerem oder hohem REF-Schadddruck wird zusätzlich 10% resp. 30% der Rapsfläche mit Cypermethrin behandelt (A4).



Bei der gespritzten Behandlungsoption wird nur behandelt, wenn die Schadschwelle überschritten ist. In einem Jahr mit generell schwachem Schadddruck wird auf 10% der Rapsfläche die Schadschwelle überschritten und eine Behandlung mit Cypermethrin vorgenommen (B1), auf 90% der Fläche wird keine REF-Behandlung gemacht (B6). In einem Jahr mit generell hohem Schadddruck wird nur auf 10% der Rapsfläche die Schadschwelle nicht überschritten (B6), auf 60% der Fläche genügt eine REF-Behandlung (B1), auf 30% der Fläche sind zwei Behandlungen nötig (B5). In Tabelle 7 ist ersichtlich, wie häufig ein Jahr mit generell schwachem, mittleren und hohem Schadddruck zu erwarten ist. Ein Jahr mit mittlerem Schadddruck tritt ca. alle 5 Jahre, eines mit hohem Schadddruck alle 10 Jahre auf.

### 3.3 Referenzszenario

Um die Szenarien der PSM-Behandlung untereinander zu vergleichen, wurde ein Referenzszenario bestimmt. Die PSM-Behandlung sollte in der Schweiz zugelassen sein. Die Experten bestimmten das Szenario B1 (Spritzen, Cypermethrin) für die Projektion a als Referenzszenario. Das Referenzszenario innerhalb der repräsentativen Spritzfolge der Projektion b war B1\*.

## 4 Aquatische Organismen

Marcel Mathis, Laura de Baan, Annette Aldrich

### 4.1 Einleitung

In diesem Teilprojekt wurde das ökotoxikologische Risiko verschiedener Bekämpfungsstrategien vom REF auf aquatische Organismen (Fische, aquatische Invertebraten und aquatische Pflanzen) bewertet. Die Bewertung der ökologischen Risiken erfolgte mit dem am Julius-Kühn Institut entwickelten Modell SYNOPSIS (**Syn**optische Bewertungsmodell für **P**flanzenschutzmittel (Gutsche and Strassemeyer 2007)). SYNOPSIS wurde bereits in früheren Projekten zur Bewertung von Anbautechniken im Obstbau (Mouron, Heijne et al. 2012), im Zuckerrübenbau oder in der Nachhaltigkeitsbewertung von Sonderbewilligungen für Insektizide gegen Kartoffelkäfer und Getreidehähnchen (Calabrese, Breitenmoser et al. 2013) eingesetzt. SYNOPSIS eignet sich für diese vergleichende Bewertung, da es die Risiken von Einzelbehandlungen bis hin zu ganzen Spritzfolgen bewerten kann. Beide Möglichkeiten werden in dieser Untersuchung benötigt, da in Projektion (a) Einzelbehandlungen und in Projektion (b) Spritzfolgen berechnet wurden.

In den früheren Nachhaltigkeitsbewertungen wurde SYNOPSIS nicht für einen direkten Vergleich von gebeizten und gespritzten PSM-Behandlungen verwendet. Daher waren ein paar Modellanpassungen von SYNOPSIS nötig, und die Bewertungsmethode der Vorläuferprojekte (Calabrese, Breitenmoser et al. 2013) wurde in einzelnen Punkten angepasst.

### 4.2 Material und Methoden

#### 4.2.1 Modell SYNOPSIS

SYNOPSIS modelliert für jede Applikation eines PSM den potentiellen Eintrag in ein Gewässer am Feldrand und die resultierende Konzentration der Wirkstoffe im Gewässer. Hierbei werden die Eintragspfade Drift, Run-off und Drainage berücksichtigt. Da ein Wirkstoff während einer Spritzfolge mehrfach appliziert werden kann (im gleichen oder in verschiedenen PSM-Produkten), wird sowohl der Abbau als auch erneute Einträge berücksichtigen. Dabei können sich Konzentrationen aufaddieren. Das Risiko wird schliesslich als „Exposure Toxicity Ratio“ (ETR) berechnet, also dem Verhältnis der Toxizität (ausgedrückt als Konzentration, bei der toxische Effekte auftreten) und der berechneten Konzentrationen im Gewässer (Exposition):

$$ETR = \frac{\text{Exposition}}{\text{Toxizität}}$$

Je höher der ETR-Wert ist, desto höher ist das Risiko. Also führen eine erhöhte Exposition (erhöhte berechnete Konzentration) oder tiefere Effektkonzentrationen (also höhere Toxizität) zu einem höheren ETR-Wert. Das heisst, dass ein Wirkstoff trotz hoher Toxizität, jedoch nur in geringen Mengen ins Gewässer gelangt (tiefe Exposition), ein geringeres Risiko für die aquatische Ökologie darstellen kann.

## Exposition

Die Exposition hängt von der Aufwandmenge, wirkstoffspezifischen Eigenschaften und Umweltparametern ab. Die Aufwandmenge pro Hektar wurde in den Behandlungsszenarien definiert (Tabelle 24). Die wirkstoffspezifischen Eigenschaften (z.B. Abbaugeschwindigkeit, Sorptionskonstante, Wasserlöslichkeit) wurden direkt von SYNOPS verwendet (Tabelle 28). Für drei wichtige Umweltparameter (Klima, Hangneigung und Bodentyp) wurden für die Rapsanbaufläche der Schweiz mögliche Werte definiert. 24 verschiedene Umweltszenarien wurden definiert, die sich aus der Kombination von 4 Schweizer Klimastationen, 3 Hangneigungen und 2 Bodentypen zusammensetzen (Tabelle 25). Das Risiko aller Behandlungsszenarien wurde mit allen 24 Umweltszenarien bewertet, damit besser beurteilt werden kann, wie stark die Einträge als Funktion der Umweltparameter streuen. Als Feldrandgewässer wurde ein stehendes Gewässer mit 1 m Breite und 30 cm Tiefe gewählt.

Auch die Applikationsart der Wirkstoffe, als Beiz- oder Spritzmittel, beeinflusst den Eintrag ins Gewässer. Für die gespritzten Applikationen wurden alle Eintragspfade (Drift, Run-off und Drainage) berücksichtigt. Für Produkte mit gesetzlichen Abstandsauflagen zur Driftreduktion wurden die jeweiligen produkt-spezifischen Auflagen in der Modellierung der Drifteinträge berücksichtigt. Bei allen anderen Produkten wurde eine Distanz von 6 Metern zum Gewässer (bewachsener Pufferstreifen) angenommen, da für alle Behandlungsszenarien die Einhaltung des ÖLN und der guten landwirtschaftlicher Praxis angenommen wurde. Dieser bewachsene Pufferstreifen reduziert sowohl die Einträge von Drift als auch von Run-off. Bei gebeiztem Saatgut wurde nur der Eintrag via Drainage berücksichtigt. Drift wurde nicht berücksichtigt, da bei der Rapssaat der Staubabrieb vom Saatgut bei guter landwirtschaftlicher Praxis sehr gering ist. Einerseits ist das Beizmittel stark mit dem Rapssaatgutkorn verbunden und andererseits ist der Staubabrieb mit der heutigen Sätechnik minimiert worden (Nuytens, Devarrewaere et al. 2013). Run-off wurde bei Beizmitteln nicht berücksichtigt, da das Saatgut 2-3 cm tief in Boden gesät wird (Annahme: Drillsaat). Laut EFSA (2004) ist bei dieser Saattiefe der Austrag via Run-off vernachlässigbar.

Die Modelle, welche in SYNOPS für die einzelnen Eintragspfade implementiert sind, sind im Detail im Bericht von SYNOPS (Gutsche and Strassemeyer 2007). Die Berechnung der Drift basiert auf den Abdrift-Eckwerten der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Deutschland (BBA) (Rautmann and Streloke 2001) und der von FOCUS (2001) vorgeschlagenen Exponentialfunktion zur Berechnung der Drift. Der Run-off basiert auf der modifizierten „Curve Number“-Methode (Details siehe in (Gutsche and Strassemeyer 2007)). In SYNOPS wird dabei angenommen, dass drei Tage nach der Applikation ein Run-off Ereignis eintritt. Die Drainage wird mit einem vereinfachten Meta-Modell berechnet, welches auf dem MACRO-Modell (Jarvis 1994) basiert. Unter den zwei Bodentypen, die für diese Modellierung grob die Bandbreite des Schweizer Ackerlandes abdecken sollen, befindet sich ein Bodentyp, der nicht drainiert ist, und einer mit FOCUS Bodentyp D4 (inkl. Drainage) (Tabelle 25). In der vorliegenden Untersuchung werden diese zwei Bodentypen zu gleichen Teilen berücksichtigt.

## Toxizität

Für die Toxizität wurden in dieser Studie akute und chronische Effekte auf folgende drei Organismengruppen berücksichtigt: aquatische Invertebraten, Fische und aquatische Pflanzen (Algen).

Wie sich in den vorherigen Projekten zur Bewertung von PSM-Strategien gezeigt hat, wird die Toxizität oft von einem einzigen Wirkstoff dominiert. Aus diesem Grund wurde der Evaluation der Daten zur Toxizität besonderes Gewicht geschenkt. Die Daten aus folgenden Quellen wurden evaluiert:

- EU list of endpoints (EFSA Reports)
- Pesticide Property Database (PPDB) Wirkstoffdatenbank und
- Daten aus der Zulassung der Wirkstoffe

Da sich die Werte je nach Datenbasis stark unterschieden, wurde entschieden, den Datensatz mit der besten Datengrundlage zu verwenden, welcher publiziert ist. Für die meisten Wirkstoffe wurden die Endpunkte von den EFSA Reports übernommen. Bei Wirkstoffen, bei denen der EFSA Report nicht mehr aktuell war oder neue Erkenntnisse über den Wirkstoff vorlagen, wurde auf andere Publikationen zurückgegriffen. Die in dieser Studie verwendeten Endpunkte für alle Wirkstoffe sind in Tabelle 26 dargestellt, inklusive der Datenquelle und der Testspezies.

Um Nachvollziehbarkeit, Reproduzierbarkeit sowie Datenschutz zu gewährleisten, wurden nur Endpunkte verwendet, die öffentlich publiziert sind. Bei manchen Wirkstoffen gibt es eine grosse Fülle an Studien zur Ökotoxizität (inkl. Feldstudien und Mesokosmos-Studien) während bei anderen Wirkstoffen nur wenige Studien vorliegen. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Wirkstoffen und Behandlungsszenarien zu gewährleisten, wurden die Endpunkte nach den folgenden Kriterien ausgewählt:

- Nur Werte aus standardisierten Laborstudien wurden verwendet, Mesokosmen-Tests wurden nicht verwendet
- Nur öffentlich publizierte Werte wurden verwendet
- Von den zu Verfügung stehenden Daten wurde die jeweils empfindlichste Süsswasser-Spezies innerhalb einer Organismengruppen berücksichtigt (d.h. der tiefste beobachtete Wert bei dem akute bzw. chronische Effekte auftraten). Dabei wurden alle zur Verfügung stehenden Organismen pro Organismengruppe berücksichtigt. Z.B. bei Invertebraten wurden nicht nur Daphnien verwendet, da diese gerade bei Neonicotinoiden oftmals nicht die sensitivsten Organismen sind (Brock and Van Wijngaarden 2012).
- Für aquatische Pflanzen wurden nur die akuten Endpunkte berücksichtigt, da keine No Observed Effect Concentration (NEOC) Studien vorliegen und somit keine mit anderen Organismengruppen vergleichbare chronische Effekte bewertet werden können.

Da die Wahl der Endpunkte das Resultat stark beeinflusst, wurden mittels Sensitivitätsanalyse die Bandbreite und Unsicherheit der Ergebnisse evaluiert (siehe Kapitel 4.3.3 Sensitivitätsanalyse).

### **Aggregation**

Die Aggregation innerhalb einer Variante erfolgte mit einem bereits in früheren Projekten verwendeten und in SYNOPSIS implementierten Ansatz (Gutsche and Strassemeyer 2007, Calabrese, Breitenmoser et al. 2013). Bei der akuten Toxizität wurde für jeden Wirkstoff pro Organismengruppe der ETR für jeden Tag einer Raps-Anbauphase berechnet. Für die Berechnung des gesamten akuten Risikos pro Behandlungsszenario und Organismengruppe wurden die Risikowerte (ETR) aller angewendeten Wirkstoffe auf täglicher Basis addiert (unabhängig vom Wirkmechanismus der einzelnen Wirkstoffe).

Beim chronischen Risiko wurde für die Expositionsrechnung die gemittelte Konzentration von 21 Tagen verwendet ( $PEC_{TWA}$ ), um die längerfristige Exposition zu bewerten. Analog zum akuten Risiko wurden anschliessend die Risikowerte aller angewendeten Wirkstoffe auf täglicher Basis addiert.

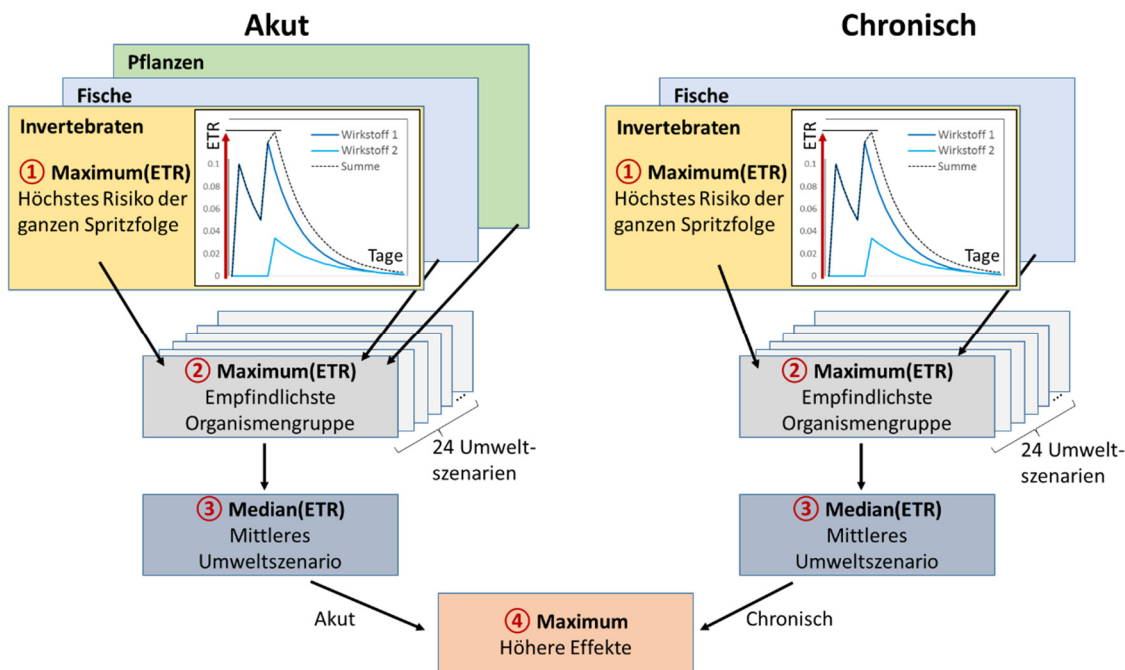


Abbildung 3: Aggregationsschritte für die Berechnung des Risikos für aquatische Organismen

Im ersten Aggregationsschritt wird für jede Organismengruppe der höchste ETR während einer ganzen Spritzfolge (also über die Raps-Anbauphase) identifiziert (Abbildung 3). D.h. wenn ein Wirkstoff klar den höchsten ETR Wert verzeichnet, wird das Risiko von diesem Wirkstoff dominiert.

In einem zweiten Schritt wird die Organismengruppen mit dem höchsten ETR bestimmt, d.h. die ETR Werte der sensitivsten Organismengruppe werden für die weiteren Berechnungen verwendet. Wenn z.B. das akute Risiko für eine Behandlungsstrategie von aquatischen Invertebraten höher ist als für Fische oder aquatische Pflanzen, wird der ETR von aquatischen Invertebraten für die weiteren Berechnungen verwendet.

Im dritten Aggregationsschritt wird der Median über alle ETR-Werte gebildet, die aus den 24 Umweltszenarien resultieren. Dies unterscheidet sich vom Vorläuferprojekt (Calabrese, Breitenmoser et al. 2013), bei dem das geometrische Mittel gebildet wurde. Dies war im vorliegenden Projekt nicht möglich, da einige Werte im Datensatz Null waren (z.B. bei nicht-drainierten Böden wurde kein Beizmittel-Eintrag modelliert), welche sich nicht für die Berechnung vom geometrischen Mittel eignen.

Im letzten Aggregationsschritt wurden akute und chronische Risiken aggregiert. Nach diesem Aggregationsschritt wird jeweils nur noch das höhere der beiden Risiken (akut oder chronisch) weiter betrachtet. Die akuten Risiken sind um einen Faktor 10 sensibler, als die chronischen Risiken. Das heisst, das bei gleichen ETR-Werten das akute Risiko grösser ist als das chronische (siehe Abschnitt „Bewertung der Risiken“).

#### 4.2.2 Bewertung der Risiken

Die ETR-Werte wurden mittels der Bewertungsskala in Tabelle 9 in Risikoklassen eingeteilt. Die Skala für akute ETR ist um ein Faktor 10 „sensibler“ als die Skala für chronische Risiken. Für die Bewertung von akuten und chronischen Effekten ist dies ein übliches Vorgehen und wird beispielsweise auch in der Zulassung angewendet (in Form eines Sicherheitsfaktors). Die Begründung für die unterschiedliche Bewertung der akuten und chronischen ETR-Werten liegt in den verwendeten Toxizitätsdaten. Bei den akuten Risiken sind

dies LC50-Werte (Lethal Concentration), also die Konzentration, bei dem im Labor 50% der Testorganismen sterben. D.h. wird die LC50-Konzentration im Gewässer erreicht, können bereits 50% der Individuen sterben. Bei den chronischen Risiken wird der NOEC (No Observed Effect Concentration) verwendet, also die Konzentration, bei der kein Effekt (auf beispielsweise Wachstum, Reproduktion oder Mortalität) festgestellt wurde. Erst wenn die Gewässerkonzentration den NOEC übersteigt, können Effekte auftreten.

Die Bewertungsskala wurde im Vergleich zum Vorgängerprojekt (Bewertung der Behandlungen gegen Getreidehähnchen und Kartoffelkäfer; (Calabrese, Breitenmoser et al. 2013) angepasst. Ziel war dabei eine Skala zu entwickeln, die auch für zukünftige Anwendungen der gleichen Methode anwendbar wäre, und welche daher die Bandbreite an möglichen ETR-Werten abdecken kann. Die Skala hat neu 7 Gruppen statt wie im Vorgängerprojekt nur 5 (Tabelle 9).

Tabelle 9: Risikoklasseneinteilung nach chronischem und akutem ETR in sieben Risikoklassen

Kategorie	1	2	3	4	5	6	7
Beschreibung	Effekte weitgehend ausgeschlossen	Effekte unwahrscheinlich	Effekte akzeptabel	Effekte möglich	Effekte sehr wahrscheinlich	starke Effekte	sehr starke Effekte
Risiko	sehr tief	tief	gering	erhöht	hoch	sehr hoch	extrem hoch
ETR chronisch	$< 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-2}$	$10^{-2} - 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^0$	$10^0 - 10^1$	$10^1 - 10^2$	$> 10^2$
ETR akut	$< 10^{-4}$	$10^{-4} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-2}$	$10^{-2} - 10^{-1}$	$10^{-1} - 10^0$	$10^0 - 10^1$	$> 10^1$

**Abgrenzung der angewendeten Methode zur PSM-Zulassung**

Die hier angewandte Methode und die verwendeten Daten überschneiden sich zwar teilweise mit der in der Zulassung (Daniel, Gandolfi et al. 2007) von PSM verwendeten Methoden und Daten. Es gibt jedoch einige wichtige Unterschiede im Vorgehen und in der Auswahl der Daten, weshalb die hier berechneten Ergebnisse **nicht** mit den Ergebnissen der PSM-Zulassung verglichen werden können. Die Studie erlaubt es auch nicht, eine Bewertung der bestehenden Zulassung der untersuchten Wirkstoffe zu machen. Die wichtigsten Unterschiede sind:

**Ziele:** Bei der vorliegenden Nachhaltigkeitsbewertung mit SYNOPSIS liegt das Hauptgewicht auf der korrekten Wiedergabe relativer Unterschiede zwischen Wirkstoffen, oder ganzer Spritzfolgen. In der Zulassung geht es darum, zwischen akzeptablen und nicht-akzeptablen Risiken zu unterscheiden und so gut wie möglich die bestehenden Unsicherheiten zu berücksichtigen.

**Einstufiges vs. mehrstufiges Verfahren:** Bei der Zulassung wird daher ein mehrstufiges Verfahren angewendet, bei dem zuerst geprüft wird, ob im theoretisch schlimmsten Fall (worst-case Bedingungen) ein Risiko entstehen könnte. Erst wenn in dieser einfachen worst-case Betrachtung Risiken nicht ausgeschlossen werden können, werden weitere Aspekte geprüft (sogenanntes refined risk assessment). Hier können zusätzlich zu den üblichen Laborstudien mit den Standardspezies auch weitere Laborstudien, Mesokosmos oder Feldstudien einfließen. In SYNOPSIS werden alle Wirkstoffe gleich behandelt und mit dem gleichen Wissensstand verglichen, d.h. es ist nur ein einstufiges Verfahren.

**Umgang mit Unsicherheiten:** In der Zulassung werden Unsicherheiten, die unter anderem durch die unterschiedliche Datenlage entstehen, mit Sicherheitsfaktoren abgedeckt. Diese Sicherheitsfaktoren können reduziert werden, wenn die Unsicherheiten als tiefer eingeschätzt werden. In SYNOPSIS werden alle Wirkstoffe gleich behandelt, die Unterschiede in den Unsicherheiten der Risikoabschätzung einzelner Wirkstoffe werden nicht berücksichtigt.

**Risiken von Spritzfolgen vs. Risiken von PSM-Produkten:** In SYNOPSIS werden ganze Spritzfolgen bewertet, wobei die Basis der Bewertung die einzelnen Wirkstoffe und nicht die formulierten Produkte sind. In der Zulassung werden ganze Produkte bewertet, welche aus mehreren Wirkstoffen und weiteren Zusatzstoffen zusammengesetzt sein können. Falls problematische Abbauprodukte (Metaboliten) aus den Wirkstoffen entstehen können, werden diese in der Zulassung auch bewertet, was in SYNOPSIS nicht der Fall ist.

**Wahl der Modelle für Eintragspfade:** Während in der vorliegenden Studie das Modell SYNOPSIS verwendet wurde, wird in der Zulassung mit dem Modell EXPOSIT gearbeitet.

**Parametrisierung der Modelle:** In dieser Studie wurde versucht, die Variabilität der Umweltbedingungen abzudecken, welche im Schweizer Rapsanbau vorherrschend sind. Um die mögliche Akkumulation von Wirkstoffen zu erfassen, wurde mit stehenden Gewässern gerechnet. In der Zulassung wird ein einfaches worst-case Szenario verwendet mit einem stehendem bzw. leicht fließendem Gewässer. Das Gewässer, die Hangneigung, der Bodentyp und Klimadaten werden alle nicht verfeinert.

**Bewertung der Eintragspfade:** In SYNOPSIS werden pro Wirkstoff die Einträge aller Eintragspfade aufsummiert. In der Zulassung werden die Risiken einzelner Eintragspfade separat betrachtet, und allenfalls risikomindernde Massnahmen für einzelne Eintragspfade erlassen, falls der Eintrag als zu hoch erachtet wird.

**Bewertung der Wirkstoffe:** In dieser Studie wurden bei gleichzeitigem Auftreten mehrerer Wirkstoffe im Gewässer die Risiken der einzelnen Wirkstoffe aufaddiert. In der Zulassung werden die Produkte je Indikation einzeln betrachtet.

### 4.3 Resultate und Diskussion

#### 4.3.1 Beizung vs. Spritzen im direkten Vergleich (Projektion a)

Bis auf eine Ausnahme wurden alle untersuchten Szenarien in der Projektion a als „erhöhtes“ bis „hohes“ Risiko eingestuft (Abbildung 5). Die Ausnahme ist die Spritzbehandlung mit Karate (Szenario B4), das in die Risikokategorie „sehr hoch“ eingeteilt wurde.

Von den neun Szenarien waren sechs durch das chronische Risiko dominiert und drei durch das akute Risiko (gelb hinterlegt in Abbildung 4). Bei den akuten Effekten lag die Spannweite der Szenarien zwischen „geringem“ Risiko (B2) bis „sehr hohes“ Risiko (B4). Beim chronischen Risiko bewegten sich die Szenarien zwischen „geringem“ (A2 und B1) bis „hohem“ Risiko (A3, B3, B4 und B5). Bei allen neun Szenarien waren die aquatischen Invertebraten die empfindlichste Organismengruppe, sowohl beim akuten als auch beim chronischen Risiko.

Innerhalb der Beizmittel-Szenarien (A-Szenarien) wurde das Szenario mit CruiserOSR (A2, „erhöhtes“ Risiko) als kleinstes Risiko und Chinook (A3, „hohes“ Risiko) als grösstes Risiko eingestuft. Nur die Hälfte der Böden, welche in dieser Untersuchung berücksichtigt wurden, verfügen über ein Drainagesystem. Da für das Beizmittel der einzige Eintragungsweg ins Gewässer über die Drainage erfolgen kann, gibt es daher in den Umweltszenarien mit einem Boden ohne Drainagesystem gar keinen PSM-Eintrag von Beizmitteln ins Gewässer. Dies war auch ein Grund warum die Umweltszenarien nicht mit dem Geomean, sondern mit dem Median aggregiert wurden. Bei „0“ kann man den Geomean nicht sauber anwenden.

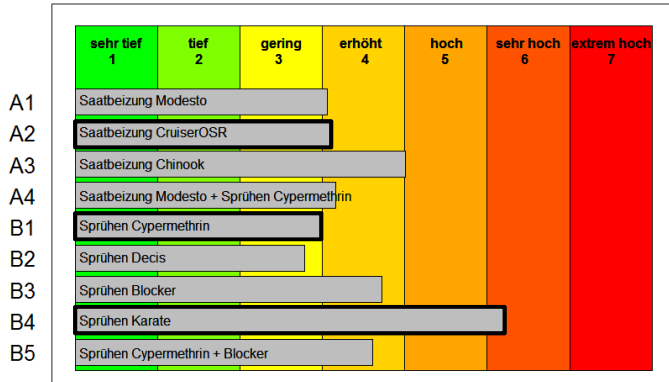
Bei den Spritzmitteln-Szenarien (B-Szenarien) stellten die Szenarien mit Cypermethrin (B1), oder mit Decis (B2) die tiefsten Risiken („erhöhtes Risiko“) dar. Die Exposition wird bestimmt durch die Aufwandmenge und Abstand zum Gewässer (siehe Tabelle 24). Cypermethrin (B1, Abstandsaufgabe 100 m, 25 g active ingredient (ai)/ha) und Decis (B2, 50 m, 7.5 g ai/ha) haben die grösseren Abstandsaufgaben als Blocker und Karate (B3 und B4 je 20 m, 86.25 g ai/ha und 7.5 g ai/ha). Daher könnte der prozentuale Eintrag der Aufwandmenge, via den Eintragungspfade Drift und Run-off bei Cypermethrin und Decis um ein vielfaches kleiner errechnet werden als bei den anderen zwei Pyrethroiden. Dies könnte neben der Aufwandmenge und Toxizität eine mögliche Ursache sein für die unterschiedlichen Risiken dieser Pyrethroiden.

Das Szenario mit Karate (B4) stellt das grösste Risiko dar („sehr hohes Risiko“). Zum einen ist der akute Endpunkt mit  $1.8 \cdot 10^{-6}$  mg/L der tiefste von allen untersuchten Wirkstoffen. Zum anderen hat das Szenario B4 eine geringe Abstandsaufgabe (20 m) und daher ein grosses Expositionspotential, obwohl die Aufwandmenge mit 7.6 g ai/ha im Vergleich zu den anderen Wirkstoffen eher tief ist. Dieses grosse potentielle Risiko ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass für diesen sehr potenten Wirkstoff noch nicht die nötigen Abstandsaufgaben verfügt wurden (zurzeit 20 m Abstandsaufgabe). Die sensibelsten Endpunkte zu diesem WS wurden erst letztes Jahr publiziert und konnten daher noch nicht in der Zulassung berücksichtigt werden. Diese Abstandsaufgabe könnte im Rahmen der gezielten Überprüfung verändert werden.

Beide Strategien, Beizen mit Neonicotinoiden und Spritzen mit Pyrethroiden, zeigen ein potentiell hohes Risiko für die aquatische Ökologie. Es kristallisierte sich kein klarer Unterschied im Risiko für die aquatischen Organismen zwischen den Neonicotinoiden und Pyrethroiden heraus. Die Höhe des Risikos unterscheidet sich je nach Wirkstoff innerhalb der Pestizidklassen Neonicotinoide und Pyrethroide.



akutes Risiko der PSM-Szenarien in der Projektion a



chronisches Risiko der PSM-Szenarien in der Projektion a

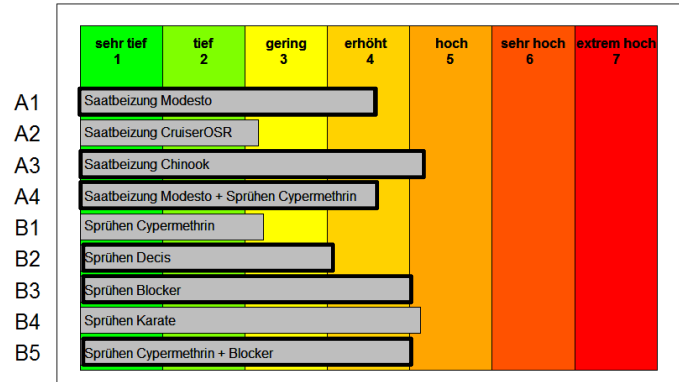


Abbildung 4: Risiko für Projektion a): Links: Akutes Risiko; Rechts: Chronisches Risiko. Schwarz umrandet ist jeweils pro Behandlungsszenario der höhere Effekt (akut oder chronisch)

max Risiko der PSM-Szenarien in der Projektion a

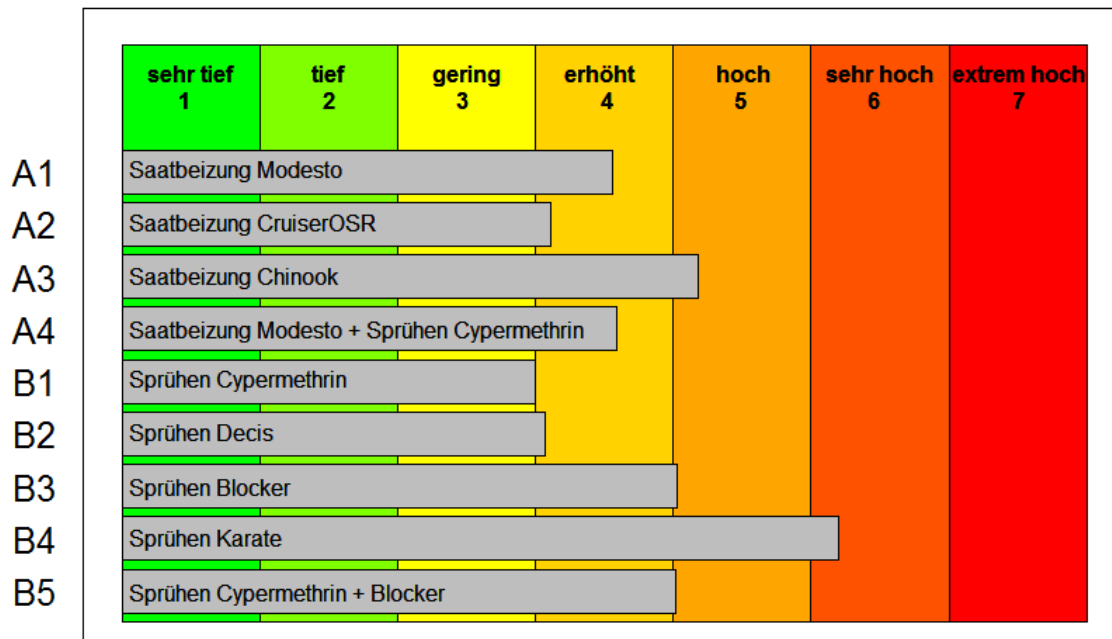


Abbildung 5: Aggregiertes ökotoxikologisches Risiko für Projektion a)

### 4.3.2 Beizung vs. Spritzen in repräsentativen Spritzfolgen (Projektion b)

Das Risiko von allen untersuchten Szenarien in der Projektion b wurde als „hoch“ bewertet (Abbildung 6). Das Risiko wurde immer durch die Effekte von Talstar SC auf die aquatischen Invertebraten (chronisch) dominiert (Abbildung 7), mit Ausnahme des Extenso-Szenario (B7\*). Talstar SC ist ein Insektizid, welches gegen den Rapsstängelrüssler im Frühling eingesetzt wird und den Wirkstoff Bifenthrin aus der Gruppe der Pyrethroide enthält. Daher sind die Risiken bei allen Szenarien gleich hoch, da die Talstar-SC-Behandlung überall in der Spritzfolge angenommen wurde, ausser beim Extenso Szenario. Das Szenario B4 mit Karate, aus der Projektion a, wurde nicht in Bezug auf die Spritzfolge betrachtet. Falls Karate innerhalb einer Spritzfolge im Rahmen der Projektion b untersucht werden würde, dann wäre es die REF-Behandlung, welche ein höheres Risiko aufweist als die Behandlung gegen Rapsstengelrüssler. Das heisst es spielt eine Rolle, welches Pyrethroid zur REF-Bekämpfung eingesetzt wird.

Beim Extenso-Szenario, dominierte das Risiko des Herbizid-Wirkstoffs Napropamid auf die aquatische Algen, welches ebenfalls in der Risikoklasse „hoch“ lag, obwohl die Toxizität dieses Wirkstoffs nicht besonders hoch ist. Ursache für das hohe Risiko ist hier hauptsächlich die hohe Exposition. Einerseits wird der Wirkstoff in einer vergleichsweise hohen Aufwandmenge appliziert (1035 g/ha Napropamid verglichen mit 8-86 g/ha bei den hier verwendeten Insektiziden, siehe Tabelle 24). Andererseits waren die Einträge via Run-off relativ hoch, da bei diesem Voraufbau-Herbizid wenig Vegetation (Annahme einer kleinen Interzeption) vorhanden ist, die bei einem Starkregenereignis den Run-off verringern könnte. Grosse Unterschiede waren hier je nach Umweltszenario sichtbar, wobei eine Applikation in Gewässernähe bei starker Hangneigung (6 % und 12 %) besonders problematisch ist.

Wie aus Abbildung 7 ersichtlich wird, sind die sensibelsten Organismengruppen für Herbizide die Algen, für Fungizide die Invertebraten und für Insektizide ebenfalls die Invertebraten, bis auf zwei Wirkstoffe zeigen (beta-Cyfluthrin und Cypermethrin) bei denen die Fische eine ähnliche hohe Sensibilität.

In der Spritzfolge von Raps (Projektion b) wurden einige Behandlungen mit einem erhöhten oder hohen Risiko bewertet. Während einer Saison wurden drei Insektizid-Behandlungen beim Raps angenommen: Im Herbst gegen REF, im Frühjahr gegen Rapsstengelrüssler und Rapsglanzkäfer. Bei allen drei Behandlungen kommen Pyrethroide oder Neonicotinoide zum Einsatz, die alle sehr toxisch sind für aquatische Invertebraten. Eine niedrige Exposition ist hier zentral um Risiken zu vermeiden. Bei den meisten dieser Produkte wurden dann auch im Rahmen der Reevaluation von PSM Gewässerabstandsauflagen definiert. In dieser Studie wurde die Einhaltung der guten landwirtschaftliche Praxis angenommen und somit auch die Einhaltung dieser Abstandsauflagen. Die Risiken der Spritzbehandlungen wären um einiges höher, wenn die Auflagen nicht berücksichtigt würden. Neben der strikten Einhaltung dieser Abstandsauflagen sollte wenn möglich auf die Insektizid-Behandlungen verzichtet und das Konzept der Schadschwellen eingehalten werden, das heisst Insektizide nicht prophylaktisch sondern nur im Schadensfall anwenden. Um die Risiken für Algen zu reduzieren sollten vor allem Landwirte mit Rapsfeldern in steilen Hanglagen und in Gewässernähe den Eintrag von Herbiziden via Run-off reduzieren (z.B. durch bewachsene Pufferstreifen oder reduzierten Herbizideinsatz).

Die Risiken von ganzen Spritzfolgen werden mit der angewandten Methode jeweils von einigen wenigen Behandlungen dominiert (in unserem Fall durch Talstar SC). Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass Aussagen über die Risiken von ganzen Spritzfolgen möglich sind und dass, wie in der Risikobeurteilung üblich, keine „Verdünnung“ der Effekte möglich ist. D.h. wenn eine Spritzfolge eine Behandlung enthält, welche Gewässerorganismen gefährden kann, dann bleibt dieser Effekt bestehen, auch wenn alle anderen

Behandlungen der Spritzfolge unproblematisch sind. Die Effekte der einzelnen Behandlungen werden darum nicht als Summe oder Mittelwert betrachtet. Relevant ist das Maximum, verursacht durch die Applikation des ökotoxisch dominierenden Produktes. Der Nachteil dieses Vorgehens ist, dass ein mehrmaliges Auftreten von ähnlich hohen Risiken während einer Spritzfolge nicht sichtbar ist. In unserem Fall überlagert die Rapsstengelrüssler-Behandlung im Frühjahr die Risiken der REF-Behandlung im Herbst, obwohl die Populationen von aquatischen Invertebraten zweimal pro Jahr einem „erhöhten“ bis „hohen Risiko“ ausgesetzt sein könnten. Für die hier gemachten Vergleiche zwischen einzelnen Spritzfolgen, bei denen sich die Szenarien jeweils nur um wenige Behandlungen unterschieden, müsste der Ansatz, nur aufs Maximum zu fokussieren, nochmals überdacht werden. Allenfalls könnten alternative Bewertungs- und Aggregationsmethoden entwickelt werden, die dem mehrmaligen Auftreten von ähnlich hohen Risiken Rechnung tragen. Dies war allerdings im vorliegenden Projektrahmen nicht möglich und müsste im Rahmen eines Folgeprojektes angegangen werden. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu wissen, dass das hier angewandte Modell SYNOPSIS nicht direkt für die Bewertung von einzelnen spezifischen Spritzfolgen entwickelt wurde, sondern um Risiken auf nationaler oder regionaler Ebene bewerten zu können und um langfristige Entwicklungen von Risiken über Jahre und Jahrzehnte abbilden zu können. Für solche nationale und langfristige Betrachtungen ist eine Vereinfachung nötig und der Fokus auf die maximalen Risiken ist sinnvoll, um die entstehende Komplexität auf ein handhabbares Mass zu reduzieren.

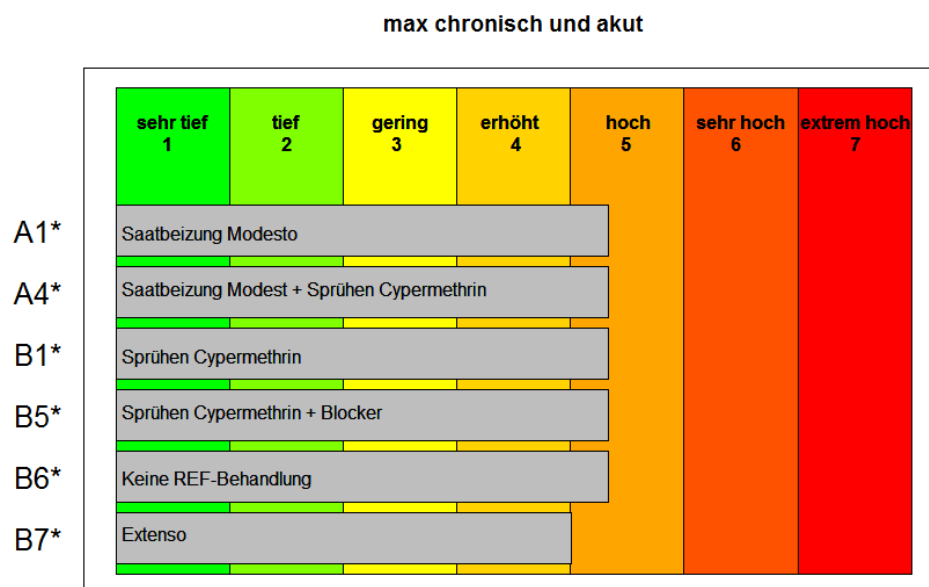


Abbildung 6: Aggregiertes ökotoxikologisches Risiko für Projektion b

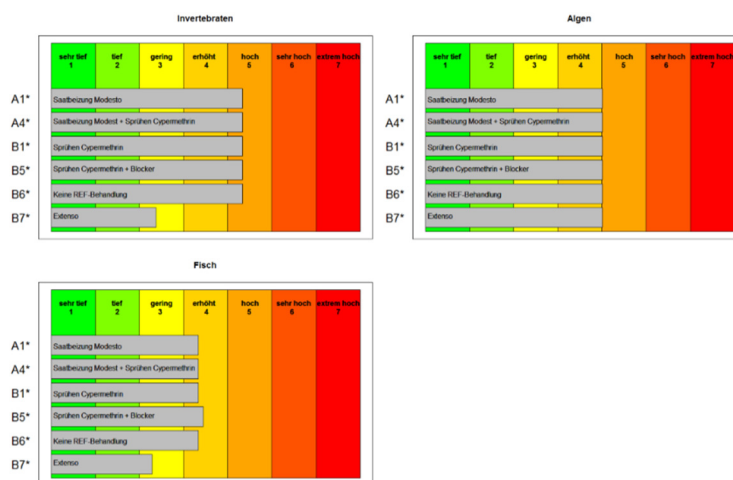


Abbildung 7: Risiko für die untersuchten Gruppen: Invertebraten, Fische und aquatische Pflanzen (jeweils aggregiert)

### 4.3.3 Sensitivitätsanalysen

#### Endpunkte

Für viele Wirkstoffe lagen mehrere Endpunkte vor, die für die Bewertung der ökotoxikologischen Effekte verwendet werden können. Da die Unsicherheiten hier besonders gross sind wurde der Einfluss der Endpunkte auf das Endresultat im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse untersucht. Die hier präsentierte Sensitivitätsanalyse bezieht sich nur auf Projektion a.

Neben dem (a) in der Studie verwendeten Endpunkte (Tabelle 26), die nach den Kriterien in Abschnitt „Toxizität“ (0) ausgewählt wurden, wurden (b) die vom BLW festgelegten regulatorisch akzeptablen Konzentrationen (RAC) für PSM in Oberflächengewässern, (c) die Endpunkte aus der Pesticide Property Database (PPDB), und (d) mögliche Höchstwerte aus den Gutachten der PSM-Zulassung zum Vergleich ausgewählt. Die Endpunkte der PPDB (c) sind direkt vergleichbar mit den gewählten Endpunkten dieser Studie (a). Die RAC Werte (b) und Zulassungswerte (d) werden in Kombination mit Sicherheitsfaktoren verwendet, welche die Unsicherheiten der Daten abdecken, und je nach Testtyp (Laborstudie, Mesokosmos-Studie, Feldstudie) verschieden hoch ausfallen können. Diese Werte sind somit nicht eins zu eins vergleichbar, da in der vorliegenden Studie nicht mit Sicherheitsfaktoren gearbeitet wurde. D.h. die Bewertungsskala war für alle akuten bzw. chronischen Risiken gleich angesetzt (Tabelle 9) und es wurden nur Laborstudien verwendet. Zudem sind in der RAC-Datenbank vom BLW (b) noch nicht alle Wirkstoffe abgedeckt. Es fehlen bislang die Werte zu den Wirkstoffen Thiamethoxam (Szenario A2), Imidacloprid (A3) und beta-Cyflutrin (Szenario A1, A3, A4). Auch für den in der Projektion b in allen Szenarien (ausser Extenso, B7\*) verwendeten Wirkstoff Thiachloprid fehlen bislang RAC-Werte.

In der Abbildung 8 sind die Resultate für Projektion a mit den vier unterschiedlichen Endpunkt-Datensätzen dargestellt. Szenario B4 (Spritzen mit Karate), welches in der Projektion a (4.3.1) das höchste Risiko aufweist, sind auch mit dem RAC und PPDB Werten unter den höchsten Szenarien. Wobei mit dem RAC-Datensatz bei den gebeizten Szenarien (A1-A4) wegen mangelnder RAC-Werte nicht alle Wirkstoffe verglichen werden konnten. Mit den Endpunkten der Zulassung waren es jedoch andere Szenarien, welche die höchsten Risiken aufweisen. Die höchsten Risiken bei der Zulassung sind in den Szenarien errechnet, in denen u.a. Cypermethrin verwendet wird (A4, B1 und B5). Das Szenario B1 (Spritzen mit Cypermethrin), das in der vorliegenden Studie die tiefsten Risiken auswies, ist bei Verwendung von RAC- und Zulassungswerten eines

der risikoreichsten. Mit den Endpunkten aus PPDB werden die höchsten Risiken beim Szenario B2 (Spritzen mit Decis) und B4 (Spritzen mit Karate) errechnet.

Bei den gespritzten Szenarien (B1-B5) zeigt sich, dass das Risiko mit RAC-Endpunkten (Abbildung 8-b) und Zulassungs-Endpunkten fast überall höher bewertet wurde als mit den hier verwendeten Endpunkten (Abbildung 8-a). Dies liegt vermutlich vor allem an der Vernachlässigung von Sicherheitsfaktoren in der vorliegenden Studie. In der hier präsentierten Studie die Unsicherheiten und die Übertragbarkeit von Studien mit einzelnen Testorganismen auf gesamte aquatische Ökosysteme nicht berücksichtigt.

Der Vergleich der Endpunkte der vorliegenden Studie mit Endpunkten aus der PPDB ist direkt möglich, da bei beiden nur standardisierte Laborstudien enthalten sind. Das potentielle errechnete Risiko basierend auf Endpunkten aus der PPDB und aus dieser Studie ist deshalb, mit drei Ausnahmen, ähnlich (Abbildung 8-c). Szenario A2 hat leicht höhere und Szenario A3 viel höhere Risiken mit den in dieser Studie gewählten Endpunkten im Vergleich zu der PPDB. Das Risiko von Szenario B2 wiederum war mit den Endpunkten der PPDB viel höher als mit den in dieser Studie gewählten Endpunkten.

Diese unterschiedliche Bewertung liegt daran, dass in der PPDB teilweise andere Testorganismen erfasst sind die andere Endpunkte ergeben. Bei den aquatischen Invertebraten liegen in der PPDB für alle hier untersuchten Wirkstoffe Daten zu chronischen und akuten Effekten auf *Daphnia Magna* vor, in einzelnen Fällen liegen auch akute Effekte auf andere Crustaceans vor (v.a. *Americamysis bahia*) oder chronische oder akute Effekte auf Sedimentorganismen (v.a. *Chironomus riparius*). Beim Szenario A3 (Beizung mit Chinook) sind der in der PPDB für den Wirkstoff Imidacloprid Endpunkte der Testorganismen *A. bahia* (akut) und *C. riparius* (chronisch) erfasst, die beide viel weniger empfindlich sind als die hier verwendete Spezies *C. horaria* aus dem Efsa Report (2014). Auch beim Szenario A2 (Beizung mit Cruiser) ist der akute Endpunkt der PPDB basieren auf einer *D. magna* Studie, die jedoch viel weniger empfindlich war als die hier verwendete Spezies *Cloeon sp.* (Efsa, 2006). Beim Szenario B2 (Spritzen mit Decis) ist jedoch in der PPDB der Organismus *A. bahia* bei den akuten Endpunkten enthalten, der viel sensitiver ist als die *D. magna* (Efsa report 2002) der für die vorliegende Studie verwendet wird.

Trotz der oben genannten schwierigen Vergleichbarkeit der Endpunkte zeigt diese Sensitivitätsanalyse einerseits die Unsicherheiten der Endpunkte auf und andererseits wie stark die Wahl der Endpunkte das Resultat beeinflussen kann. Die in dieser Studie im Fokus stehenden Insektizide der Gruppe Neonicotinoide und Pyrethroide sind sehr toxisch für gewisse aquatische Invertebraten. Für die meisten dieser Wirkstoffe wurden deshalb Abstandsauflagen für Spritzapplikationen definiert, um die Einträge ins Gewässer und somit die Exposition klein zu halten. Die genaue Wahl von einem Endpunkt, der die möglichen Effekte auf alle aquatischen Invertebraten abdecken soll ist jedoch umstritten, was sich auch in der internationalen Diskussion um die Risikobewertung dieser Stoffgruppen widerspiegelt. Es ist daher sehr wichtig bei der Interpretation der hier präsentierten Resultate diese Unsicherheiten bei der Bewertung der Toxizität und der resultierenden Risiken zu berücksichtigen.

Die Datenlage für Neonicotinoide ist je nach Wirkstoff sehr verschieden. Die beste Datenlage liegt für den Wirkstoff Imidacloprid vor. Basierend auf den zur Verfügung stehenden Daten und des Wirkmechanismus der Neonicotinoide ist zwischen den Wirkstoffen nicht mit einer unterschiedlichen Toxizität zu rechnen (Mineau and Palmer 2013). Weiter wird gezeigt, dass die Variabilität zwischen Toxizitätswerten im Verhältnis zu anderen Wirkstoffgruppen unverhältnismässig gross ist. Die vorhandene Datenlage erlaubt es nicht, Thiamethoxam als eindeutig weniger toxisch als Imidacloprid einzustufen. In der ökotoxikologischen Risikobeurteilung (2014) wurden für Thiamethoxam daher sogar dieselben Endpunkte wie für Imidacloprid verwendet. In diesem Bereich ist noch Forschung nötig, um die genauen Wirkungsmechanismen zu verstehen und um die unterschiedlichen Endpunkte genauer bestimmen zu können.

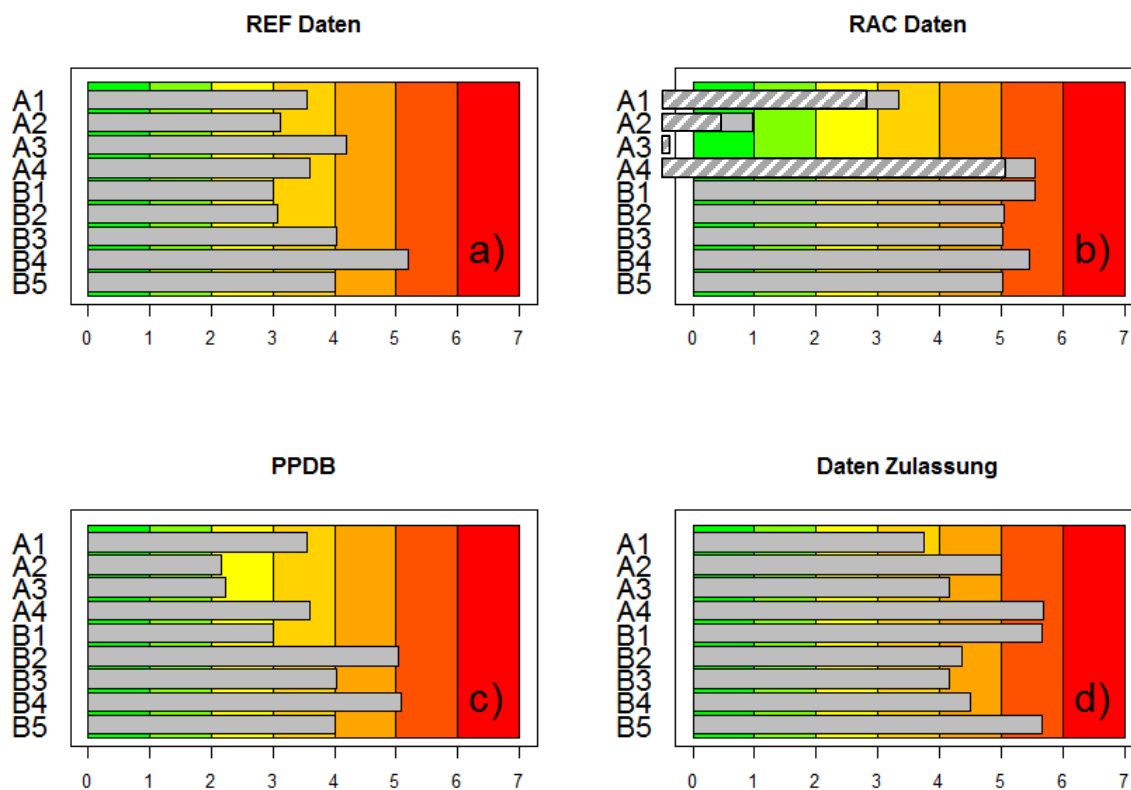


Abbildung 8: Sensitivitätsanalyse, (a) verwendete Endpunkte REF Projekt, (b) regulatorisch akzeptable Konzentration (RAC) vom BLW (c) Endpunkte aus der PPDB-Datenbank, (d) maximale Endpunkte in der Zulassung. Gestrichelte Balken bedeuten, dass nicht zu allen (oder keinen A3) Wirkstoffen der Szenarien Endpunkte vorliegen (A1-A4 in b).

### Eintragungspfade

Bei den Beizmitteln war der einzige berücksichtigte Eintragungspfad die Drainage. Hier ist daher die Annahme, ob ein Rapsfeld drainiert ist oder nicht, entscheidend. Bei den Spritzmitteln hingegen wurden Drainage, Run-off und Drift berücksichtigt, wobei der Eintrag klar durch Drift dominiert war, die kaum von den Umweltszenarien (Bodentyp, Hangneigung und Klima) abhängig ist. Wie in Kapitel 0 dargelegt, wurde die Variabilität der Umweltbedingungen, unter denen Rapsanbau in der Schweiz stattfinden könnte, mittels 24 Umweltszenarien abgebildet. Diese sind zusammengesetzt aus 4 Klimastationen, 2 Bodentypen (mit und ohne Drainage) und 3 Hangneigungen. Da keine Informationen vorlagen, welche Anteile der Rapsanbaufläche auf welchen Bodentypen, mit welcher Hangneigung und unter welchen Klimabedingungen angebaut werden, konnte keine Gewichtung der Umweltszenarien gemacht werden, um die Häufigkeit abzudecken. Somit wurde die Hälfte der Umweltszenarien mit Drainage berechnet, die Hälfte ohne Drainage und schliesslich der Median über die Umweltszenarien berechnet. Somit berechnet sich der ETR der

Beizmittelszenarien als der Mittelwert von  $ETR=0$  (keine Drainage=kein Eintrag) und dem ETR mit Drainage ( $ETR>0$ ). Bei einem Rapsfeld mit Drainage ist somit der ETR der gebeizten Szenarien (A1-A4) doppelt so hoch wie in Abbildung 4 und Abbildung 5 angegeben, bei einem Feld ohne Drainage jedoch wäre das Risiko gleich Null, da kein Eintrag angenommen wird. Würde man annehmen, dass nur 30% der Rapsfelder drainiert sind, würde der gemittelte ETR der Beizmittelszenarien (A1-A4) um 40% abnehmen (im Vergleich zu den Werten aus Abbildung 4 und Abbildung 5), während die gespritzten Szenarien gleich bleiben würden. Bei einer allfälligen erneuten Zulassung von Neonicotinoiden Beizmitteln auf Raps sollten spezifische Auflagen für drainierte Rapsflächen geprüft werden.

Allgemein sind die Eintragspfade von Beizmitteln noch nicht genau verstanden und spezifische Modelle für die Eintragsmodellierung von Beizmitteln fehlen. So wurde in der vorliegenden Studie Einträge durch Stäube und allfällige Einträge durch Run-off vernachlässigt. Da viele Neonicotinoide Wirkstoffe sehr lange Abbauzeiten haben und grosse Teile der ausgebrachten Wirkstoffmenge in den Boden gelangen, wären auch Modelle nötig, die mögliche Einträge aus dem Boden ins Gewässer auch über längere Zeiträume abdecken könnten. Die vorliegenden Berechnungen repräsentieren somit den heutigen Wissenstand, müssten aber ergänzt werden, wenn bessere Modelle für Beizmittel vorliegen.

Bei den Spritzmittel-Szenarien wurde die Berücksichtigung aller Abstandsaufgaben angenommen (gute landwirtschaftliche Praxis). Wenn die produktspezifischen Auflagen jedoch in Einzelfällen nicht berücksichtigt werden, wird das Risiko hier sehr viel höher. Z.B. wenn bei der Applikation von Cypermethrin (B1) statt den vorgeschriebenen 100 m nur 6 m eingehalten werden (ohne entsprechende driftreduzierende Massnahmen zu ergreifen), wird das Risiko ca. 15-mal grösser als hier berechnet. Bei Decis (Szenario B2), welches eine 50 m Abstandsaufgabe hat, würde das Risiko 8-mal grösser, wenn stattdessen nur 6 m eingehalten würden, und bei Blocker (Szenario B3) mit 20 m Auflage wären das Risiko immer noch 3-mal grösser als in dieser Studie berechnet.

#### 4.3.4 Fazit aquatische Organismen

In der aquatischen Ökotoxikologie führten beide REF-Bekämpfungsstrategien (Beizen mit Neonicotinoide und Spritzen mit Pyrethroiden) zu potentiell hohen Risiken für die aquatische Ökologie. Deshalb die Suche nach alternativen Bekämpfungsstrategien gegen den REF besonders wichtig.

Durch die vorgegebenen Szenarien und Systembedingungen in den Projektionen a und b konnte nicht eindeutig geklärt werden, welche PSM-Strategie für die REF-Bekämpfung das kleinere Risiko für die aquatische Ökologie darstellt. Die berechneten Risiken sind stark beeinflusst durch die unterschiedlichen Umweltbedingungen, z.B. drainierte Böden oder Hangneigung.

Für Beizmittel wird die höchste Fracht in ein nahegelegenes Gewässer bei Anbauflächen mit einer starken Hangneigung (6 oder 12 %) und einem Drainagesystem errechnet. Eine Einschränkung der Anwendung von Beizmittel auf undrainierte Böden und/oder auf Feldern mit keiner oder schwachen Hangneigung würde das Risiko für die aquatische Ökologie stark verringern.

Bei den Spritzmitteln (Pyrethroiden) ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Anwendung fachgerecht und vorschriftsgemäss durchgeführt wird. Alle für die REF-Bekämpfung zugelassen gespritzten Produkte mit Pyrethroiden haben eine Abstandsaufgabe. Wird diese nicht ordnungsgemäss eingehalten, kann das ökotoxikologische Risiko auf „sehr hoch“ bis „extrem hoch“ steigen, da die Risiken bereits mit den Abstandsaufgaben „erhöht“ bis „hoch“ sind. Für die Bewertung (Projektion a, b und c) wurde angenommen, dass alle Auflagen eingehalten werden. Bei Pyrethroiden minimieren die bestehenden Auflagen zur Reduktion der Drift die Einträge und damit die Risiken im Gewässer. Die Einhaltung der Auflagen ist zentral, wird aber bisher nicht kontrolliert.

In der vorliegenden Nachhaltigkeitsbewertung der aquatischen Organismen wurden verschiedene Einschränkungen gemacht. Es wurde nur die aquatische Ökotoxikologie betrachtet, potentielle Risiken terrestrische potentielle Risiken auf terrestrische Lebewesen ausserhalb des Feldes (zum Beispiel auf Vögel, Säuger und Nichtziel-Arthropoden (NTA)) wurden nicht berücksichtigt. Zudem wurden Metaboliten (Clothianidin ist ein Metabolit von Thiamethoxam (Nauen, Ebbinghaus-Kintscher et al. 2003)) und Produktformulierungen der PSM, welche ebenfalls sehr toxisch auf die Organismen wirken können, nicht untersucht.

Eine Sensitivitätsanalyse anderer relevanten Modellparameter wie  $K_{OC}$  oder DT50 wurde nicht gemacht. Durch eine erste Untersuchung wurde aber festgestellt, dass die Unterschiede dieser Parameterwerte in den unterschiedlichen Datenbanken eher kleiner sind, verglichen zu den Unterschieden der ökotoxikologischen Endpunkte.

Die Resultate in dieser Untersuchung sind nicht direkt vergleichbar mit den Ergebnissen der Zulassung, da hier bewusst keine Mesokosmos-Studien, oder weitere Verfeinerungsschritte berücksichtigt wurden. Ein wichtiges Anliegen war, die unterschiedlichen Szenarien relativ zu einander zu vergleichen.



## 5 Nützlinge

Stève Breitenmoser

### 5.1 Einleitung

La protection ou lutte intégrée en agriculture a notamment pour but de minimiser les effets secondaires négatifs des produits phytosanitaires sur la faune auxiliaire. Elle privilégie l'emploi d'insecticides ménageant cette faune qui joue un rôle important dans la régulation des ravageurs. Les insecticides autorisés librement dans les grandes cultures pour les prestations écologiques requises (PER) sont réglementés dans l'Ordonnance sur les paiements directs (OPD). Une fois les seuils de tolérance dépassés, l'OPD liste les insecticides qui peuvent être utilisés librement et ceux qui nécessitent une autorisation spéciale délivrée par les services phytosanitaires cantonaux. Dans le cas de la grande altise du colza (*Psylliodes chrysocephala* (L., 1758)), toute intervention par pulvérisation nécessite automatiquement une autorisation spéciale en PER. Actuellement seuls des produits de la famille des pyréthrinoïdes sont efficaces et homologués selon l'OPPh en Suisse. Quant aux produits insecticides d'enrobage des semences autorisés contre la grande altise dans le colza jusqu'en 2013 selon l'OPPh, dès lors suspendus, ils ne nécessitaient aucune autorisation en PER. Il s'agissait de substances appartenant à la famille des néonicotinoïdes (imidaclopride, thiamethoxam et clothianidine) dont certains en mélange avec un pyréthrinoïde (beta-cyfluthrine). Les semences sont importées d'Europe et étaient systématiquement enrobées. Dans le cadre d'une comparaison des effets environnementaux lors de la lutte contre la grande altise dans le colza, l'effet sur les auxiliaires est pris en compte et développé.

### 5.2 Material und Methoden

L'évaluation se base sur une comparaison de l'impact de différents scénarios phytosanitaires (insecticides et fongicides) sur chaque groupe d'auxiliaires. La méthodologie se réfère à (Breitenmoser and Baur 2013) et (Calabrese, Breitenmoser et al. 2013). Ces scénarios se divisent en trois grands groupes : par enrobage de semences (scénarios-A1-3) (Elado ou Modesto étant le plus couramment utilisé), par pulvérisation (scénarios-B1-5) ou mixte (scénario A4). La lutte contre l'altise est donc réalisée dès le semis pour les enrobages et en septembre-octobre par pulvérisation. Puis, au printemps suivant la lutte se poursuit sur les ravageurs principaux du printemps que sont les charançons de la tige (*Ceutorhynchus napi* Gyll., *C. pallidactylus* Marsh.) et les méligèthes (*Meligethes aeneus* F. et *M. viridescens* F.). Quant aux adventices et maladies du colza à l'automne et au printemps, elles se réfèrent à une année moyenne et sont combattues selon les seuils de tolérance et les produits standards (herbicides, fongicides et régulateurs).

#### 5.2.1 Choix des groupes d'auxiliaires

Le choix des groupes taxonomiques d'auxiliaires pertinents dans le colza a été déterminé par leur fonction régulatrice envers les ravageurs principaux (grande altise à l'automne et charançons de la tige et méligèthes au printemps) ainsi que sur les ravageurs plutôt secondaires telles que la tenthrède (*Athalia rosae* L.), les petites altises (*Phyllotreta* spp.) et le charançon du bourgeon terminal (*Ceutorhynchus picitarsis* Gyll.) ou encore les limaces à l'automne et les pucerons (*Brevicoryne brassicae* (L.)), charançon des siliques (*C. assimilis* Payk.) et cécidomyie des siliques (*Dasyneura brassicae* Winn.) au printemps. Les groupes d'auxiliaires dominants présents dans ces cultures au moment des applications phytosanitaires différent à

l'automne et au printemps. Ainsi à l'automne lorsque lors du semis en septembre puis de la lutte jusqu'à octobre, les auxiliaires sont relativement peu présents et plutôt en fin de cycle, dès lors seules les araignées (Lycosidae) et les carabes (Carabidae) ont été retenus. Au printemps, au contraire jusqu'à la fin floraison la culture de colza est très riche en insectes, dès lors 6 groupes d'auxiliaires ont été retenus: les coccinelles, chrysopes, syrphes, hyménoptères parasitoïdes des genres *Aphidius*, *Trichomalus*, araignées et carabes (Volker 1988, Daniel 2008). L'influence sur les champignons entomopathogènes (entomophtorales) n'a pas été considérée, car elle est difficile à évaluer et peu de données sont disponibles dans la littérature. Dès lors deux évaluations de l'effet ont été réalisées une pour l'automne et une au printemps.

### 5.2.2 Sources de données

Concernant les effets secondaires négatifs d'une application par pulvérisation d'une substance active sur un groupe d'auxiliaires, les données proviennent des sources suivantes: rapports internes du Groupe Ecotoxicologie de Agroscope (2008); base de données de l'IOBC/OILB (2005 et 2015); guides Arbo-Viti ACW (Wirth, Linder et al. 2010, Dubuis, Gölles et al. 2011); Biobest Belgium NV (Biobest 2015) et enfin la Base de données des produits de traitements des plantes autorisés en France (E-Phy 2015). Les informations ne sont pas toujours satisfaisantes, complètes et parfois même contradictoires (selon les sources ou publications quelques résultats sont divergents). Cela peut s'expliquer selon l'espèce et les différentes méthodes de test utilisées. Les données à disposition pour chaque substance active et groupe d'auxiliaires ne sont pas toujours équivalentes; dans de tels cas, on a considéré la moyenne du taux de réduction de la population observé par les différentes sources pour une substance active et un groupe d'auxiliaire. Pour certaines substances actives, il n'y a même aucune information disponible, comme par exemple la clothianidine. Ceci s'explique notamment par le fait que cette substance n'est utilisée quasiment que sous forme d'enrobage de semences). Concernant les enrobages de semences insecticides (imidaclopride, thiamethoxam, clothianidine et beta-cyfluthrine), malheureusement il n'y a pas ou que trop peu de données liées aux auxiliaires. Ou alors des analyses ponctuelles pour une espèce seulement. Les méthodes d'analyses et d'évaluation ainsi que la méthode d'application par enrobage sont difficiles à comparer avec celles réalisées pour les insecticides appliqués par pulvérisation (IOBC/OILB (2005 et 2015) ; guides Arbo-Viti ACW ; (Biobest 2015) et (E-Phy 2015). Ces mêmes données indiquent que le thiamethoxam et l'imidaclopride appliqués sous forme de pulvérisation (avec des dosages évidemment non comparables) sont toxiques (T) pour les coccinelles, chrysopes, syrphes et hyménoptères parasitoïdes et l'imidaclopride serait neutre (N) pour les carabes. Cependant, de par leur mode d'application (enrobage au semis en automne) les auxiliaires ne sont que très peu en contact direct. Tout comme leur régime alimentaire ou leur manière d'être au contact avec les plantes. Ainsi pour l'automne, selon les données de (Pretorius 2014), (Moscardini, Gontijo et al. 2015) et par rapport au faible risque d'exposition des auxiliaires aux enrobages, il a été décidé de les considérer comme « Neutre » et mentionné ainsi « N\* » avec « \*= avis d'expert + littérature pour l'automne ». Pour le printemps, c'est plus ou moins pareil, cependant il pourrait y avoir des effets directs de ces substances systémiques sur les plantes (pollen ingéré par les adultes, guttation sur les feuilles) (Seagraves and Lundgren 2012, Hopwood, Black et al. 2013) ou indirects par l'ingestion de ravageurs ayant eux-mêmes succombés aux néonicotinoïdes (Douglas, Rohr et al. 2015). Dans ce cas, il a été décidé de les considérer comme « Neutre à moyennement toxique » et mentionné ainsi « NM° » avec « °= avis d'expert + littérature pour le printemps ».

Concernant les différentes substances actives insecticides d'enrobage (imidaclopride, thiamethoxam et clothianidine) elles ont été évaluées de manière équivalente quant à l'effet sur chaque groupe d'auxiliaire (Mineau and Palmer 2013).

### 5.2.3 Méthode d'évaluation

Les différentes sources utilisées classent généralement les substances actives dans trois ou quatre classes de toxicité. Par souci de synthèse et de robustesse, seules trois classes ont été retenues: N = inoffensif à peu toxique (0 – 50% de réduction de population); M = moyennement toxique (50 – 75 % de réduction); T = toxique (>75 % de réduction). L'évaluation a tout d'abord porté sur l'influence d'un seul traitement avec une substance active sur chaque groupe d'auxiliaires, puis l'impact a été évalué sur l'ensemble des quatre groupes d'auxiliaires. Pour pouvoir assurer une fonction régulatrice sur les ravageurs, au moins un des groupes d'auxiliaires pertinents doit être épargné par la substance active. Dans cette étude, on admet que le potentiel de régulation de ces groupes d'auxiliaires est analogue. Suite à l'évaluation, cette dernière obtient une note finale de 1 à 5. Au-delà de la note 3, la fonction régulatrice des auxiliaires principaux n'est plus assurée (Tableau 10). Dans un deuxième temps (projection b), la combinaison des effets de plusieurs substances actives (insecticides, fongicides, herbicides) sur chaque groupe d'auxiliaires a été évaluée de manière multiplicative. Ainsi, quand deux traitements occasionnent chacun 50 % de réduction pour un groupe d'auxiliaires (classe M), il en résulte, selon le calcul  $(1 - 0,5) \times (1 - 0,5) = 0,25$ , un taux de survie de 25 % seulement, soit une classification T. De même, on obtient un taux de survie de 18,7 % en cumulant un traitement occasionnant 75 % de réduction et une application qui provoque une réduction de 25 % [ $(1 - 0,75) \times (1 - 0,25) = 0,187$ ]. Cette méthodologie est également valable pour plusieurs traitements et la Tableau 11 montre les différentes catégories obtenues suite aux combinaisons des trois classes N, M et T. Cette méthode permet d'évaluer l'impact d'un scénario phytosanitaire comprenant plusieurs substances actives insecticides et fongicides différentes sur l'ensemble des groupes d'auxiliaires pertinents. Le scénario obtient une note finale de 1 à 5 dont la note 3 est la limite (Tableau 10).

Tableau 10: Evaluation de la toxicité des substances actives sur les quatre groupes d'auxiliaires pertinents (GA).

Note finale	Impact sur chaque groupe d'auxiliaires pertinents (GA)	Description finale de l'impact sur l'ensemble des groupes d'auxiliaires pertinents (GA)
1	+/- tous N	Aucun GA n'est significativement altéré.
2	Plusieurs N, mais un GA avec M (évent. un T)	Un seul GA est moyennement à gravement altéré mais la fonction régulatrice reste clairement maintenue.
3	Au moins 1 GA pertinent avec un N	La majorité des GA sont altérés mais au moins 1 GA n'est clairement pas altéré. La fonction régulatrice reste assurée.
4	Combinaison de M et T (ou tous M)	Les indications sont clairement données que la fonction régulatrice n'est plus assurée et que les GA sont fortement altérés.
5	Tous T	Tous les GA sont fortement altérés, détruits. La fonction régulatrice des GA est compromise.

N = inoffensif à peu toxique 0-50% de réduction; M = moyennement toxique 50-75% de réduction; T = toxique >75% de réduction

Tableau 11: Effet de la combinaison des différentes classes de réduction lorsque plusieurs traitements (substances actives) sont utilisés sur un groupe d'auxiliaire.

T et T = T	M et M = T	N und N = N oder event. M (sofern detailliert beurteilen)
T et M = T	M et N = M	
T et N = T		

N = inoffensif à peu toxique 0-50% de réduction; M = moyennement toxique 50-75% de réduction; T = toxique >75% de réduction

### 5.3 Resultate und Diskussion

Les résultats des évaluations de l'impact d'un scénario phytosanitaire sur l'ensemble des groupes d'auxiliaires (projection a et b) sont présentés dans le Tableau 12

Tableau 12: Résultats de l'évaluation de l'effet des différents scénarios phytosanitaires dans le Colza sur les auxiliaires.

Szenario mit Produkte (WS) und Anwendung-Zeitpunkt	HERBST		FRÜHLING						Kategorie
	Araneae	Carabidae	Araneae	Carabidae	Syrphidae	Coccinellidae	Chrysopidae	Hymenoptera-Parasitoide	
	Spinnen	Laufkäfer	Spinnen	Laufkäfer	Schwebfliege	Marienkäfer	Florfliege	Hymenopteren-Parasitoide	
<b>A1</b> Saatbeizung Modesto									
Modesto (clothianidin)	N* <sup>3</sup>	N*	NM <sup>4</sup>	NM°	NM°	NM°	NM°	NM°	
Modesto (beta-cyfluthrin)	N*	N*	NM°	NM°	NM°	NM°	NM°	NM°	
<i>Synthese Herbst</i>	N*	N*							1
<i>Synthese Frühling</i>			NM	NM	NM	NM	NM	NM	1 à 3
<b>A1*</b> Saatbeizung Modesto + Spritzfolge									
Modesto (clothianidin) 31.08	N*	N*	NM°	NM°	NM°	NM°	NM°	NM°	
Modesto (beta-cyfluthrin) 31.08	N*	N*	NM°	NM°	NM°	NM°	NM°	NM°	
Devrinol-Top Unkraut (napropamide) 01.09	N	N*** <sup>5</sup>							

<sup>3</sup> \* = Expertenmeinung + Literatur (Moscardini et al. 2015; Pretorius 2014) von Saatgutbeizung (nach geringe Exposition und Anwendungsmethode im Herbst)

<sup>4</sup> ° = Expertenmeinung + Literatur (Seagraves and Lundgren 2012; Hopwood et al. 2013) von Saatgutbeizung (nach Exposition auf Pollen-, Nektarfrass oder Gutationswasser und Risiko vom chronischen Einfluss im Frühling).

<sup>5</sup> \*\*\* = Durch Extrapolation

	Devrinol-Top Unkraut (clomazone) 01.09	N	N								
	Horizont 250 EW Phoma (tebuconazole) 15.10	N	N								
	Talstar SC Rapsstengelrüssler (bifenthrin) 20.03			T**6	?	?	T	T	T		
	Biscaya Rapsglanzkäfer (thiaclopride) 10.04			M	M	?	T	T	T		
	<i>Synthese Herbst</i>	N	N								1
	<i>Synthese Frühling</i>			T	≥ M	?	T	T	T		4 ou 5
A2	Saatbeizung Cruiser OSR										
	Cruiser OSR (thiamethoxame)	N*	N*	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °		
	Cruiser OSR (metalaxyl-M)	N*	N*	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °		
	Cruiser OSR (fludioxonil)	N*	N*	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °		
	<i>Synthese Herbst</i>	N	N								1
	<i>Synthese Frühling</i>			NM	NM	NM	NM	NM	NM		1 à 3
A3	Saatbeizung Chinook										
	Chinook (Imidaclopride)	N*	N*	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °		
	Chinook (beta-cyfluthrin)	N*	N*	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °		
	<i>Synthese Herbst</i>	N	N								1
	<i>Synthese Frühling</i>			NM	NM	NM	NM	NM	NM		1 à 3
A4	Saatbeizung Modesto + Spritzen Cypermethrin										
	Modesto (clothianidin)	N*	N*	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °		
	Modesto (beta-cyfluthrin)	N*	N*	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °		
	Cypermethrin REF (cypermethrin) 15.09	T	T								

6 \*\* = Durch Extrapolation via die andere Pyrethroide

<i>Synthese Herbst</i>		T	T							5
<i>Synthese Frühling</i>				NM	NM	NM	NM	NM	NM	1 à 3
A4*	Saatbeizung Modesto + Spritzen Cypermethrin + Spritzfolge									
	Modesto (clothianidin) 31.08	N*	N*	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °	
	Modesto (beta-cyfluthrin) 31.08	N*	N*	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °	NM °	
	Devrinol-Top Unkraut (napropamide) 01.09	N	N***							
	Devrinol-Top Unkraut (clomazone) 01.09	N	N							
	Cypermethrin REF (cypermethrin) 15.09	T	T							
	Horizont 250 EW Phoma (tebuconazole) 15.10	N	N							
	Talstar SC Rapsstengelrüssler (bifenthrin) 20.03	T**	?	T**	?	?	T	T	T	
Biscaya Rapsglanzkäfer (thiaclopride) 10.04	M	M	M	M	?	T	T	T		
<i>Synthese Herbst</i>		T	T							5
<i>Synthese Frühling</i>				T	≥M	?	T	T	T	4 ou 5
B1	Spritzen Cypermethrin									
	Cypermethrin REF (cypermethrin) 15.09	T	T							
<i>Synthese Herbst</i>		T	T							5
B1*	Spritzen Cypermethrin + Spritzfolge									
	Devrinol-Top Unkraut (napropamide) 01.09	N	N***							
	Devrinol-Top Unkraut (clomazone) 01.09	N	N							
	Cypermethrin REF (cypermethrin) 15.09	T	T							

	Horizont 250 EW Phoma (tebuconazole) 15.10	N	N							
	Talstar SC Rapsstengelrüssler (bifenthrin) 20.03	T**	?	T**	?	?	T	T	T	
	Biscaya Rapsglanzkäfer (thiaclopride) 10.04	M	M	M	M	?	T	T	T	
	Synthese Herbst	T	T							5
	Synthese Frühling			T	≥M	?	T	T	T	4 ou 5
B2	Spritzen Decis									
	Decis REF (deltamethrin) 15.09	T	?							
	Synthese Herbst	T	?							4 ou 5
B3	Spritzen Blocker									
	Blocker REF (etofenprox) 15.09	T**	?							
	Synthese Herbst	T**	?							4 ou 5
B4	Spritzen Karate									
	Karate REF (lambda-cyhalothrin) 15.09	T	?							
	Synthese Herbst	T	?							4 ou 5
B5	Spritzen (2x) Karate + Blocker									
	Karate REF (lambda-cyhalothrin) 15.09	T	T							
	Blocker REF (etofenprox) 10.10	T**	?							
	Synthese Herbst	T	T							5



B5*	Spritzen (2x) Karate + Blocker + Spritzfolge												
	Devrinol-Top (napropamide) 01.09	Unkraut	N	N***									
	Devrinol-Top 01.09	Unkraut (clomazone)	N	N									
	Karate REF 15.09	(lambda-cyhalothrin)	T	T									
	Blocker REF 10.10	(etofenprox)	T**	?									
	Horizont 250 EW 15.10	Phoma (tebuconazole)	N	N									
	Talstar SC 20.03	Rapsstengelrüssler (bifenthrin)			T**	?	?	T	T	T			
	Biscaya 10.04	Rapsglanzkäfer (thiaclopride)			M	M	?	T	T	T			
<i>Synthese Herbst</i>			T	T								5	
<i>Synthese Frühling</i>					T	≥M	?	T	T	T		4 ou 5	
B6*	Ohne REF Bekämpfung + Spritzfolge												
	Devrinol-Top (napropamide) 01.09	Unkraut	N	N									
	Devrinol-Top 01.09	Unkraut (clomazone)	N	N									
	Horizont 250 EW 15.10	Phoma (tebuconazole)	N	N									
	Talstar SC 20.03	Rapsstengelrüssler (bifenthrin)			T**	?	?	T	T	T			
	Biscaya 10.04	Rapsglanzkäfer (thiaclopride)			M	M	?	T	T	T			
	<i>Synthese Automne</i>			N	N								1
<i>Synthese Printemps</i>					T	≥M	?	T	T	T		4 ou 5	
B7*	Extenso (nur Herbizide)												
	Devrinol-Top (napropamide) 01.09	Unkraut	N	N***									

Devrinol-Top Unkraut (clomazone) 01.09	N	N							
Synthese Herbst	N	N							1
Synthese Frühling	N	N	N	N	N	N	N	N	1

### 5.3.1 Beizung vs. Spritzen im direkten Vergleich (Projektion a)

#### Automne

En automne, les scénarios A1, A2 et A3 avec uniquement l'enrobage de semence pour lutter contre l'altise donne toujours une note finale de 1, c'est-à-dire que la fonction régulatrice des auxiliaires clés est assurée à cette période de l'année.

Par contre, le scénario A4 avec l'enrobage de semences + l'application par pulvérisation d'un pyréthrianoïde contre l'altise en automne obtiennent la note 5 (fonction régulatrice clairement compromise).

En automne, les scénarios B1, B2, B3, B4 et B5 avec application d'un pyréthrianoïde par pulvérisation contre l'altise donne toujours une note finale de 4 à 5, c'est-à-dire que la fonction régulatrice des auxiliaires clés n'est pas assurée à cette période de l'année (y compris pour le scénario B1\* avec itinéraire phytosanitaire complet).

#### Printemps

Au printemps, les scénarios A1, A2 et A3 avec uniquement l'enrobage ainsi que le scénario A4 (enrobage+pulvérisation) obtiendraient une fourchette de note allant de 1 à 3 soit à priori avec un moindre impact sur la fonction régulatrice des auxiliaires clés. Par robustesse et pour la suite des calculs, nous avons considéré la moyenne soit la note 2. Ce résultat est selon notre avis et la littérature le plus probable. Néanmoins, il est à mentionné que selon certaines données de la littérature la systémie de ces substances pourrait avoir un impact direct ou indirect sur les populations et la fonction régulatrice des auxiliaires clés tout en étant difficile à chiffrer ou évaluer. Ainsi, il pourrait dans certains cas que la note finale soit supérieure à 3 donc avec une fonction régulatrice compromise.

### 5.3.2 Beizung vs. Spritzen in repräsentativen Spritzfolgen (Projektion b)

#### Automne

En automne, le scénario A1\* avec itinéraire phytosanitaire complet et uniquement l'enrobage comme moyen de lutte contre l'altise donne toujours une note finale de 1, c'est-à-dire que la fonction régulatrice des auxiliaires clés est assurée à cette période de l'année. Par contre, le scénario A4\* avec l'enrobage de semences + l'application par pulvérisation d'un pyréthrianoïde contre l'altise en automne obtient la note 5 (fonction régulatrice clairement compromise).

#### Printemps

---

Quant aux résultats des scénarios A1\* et A4\* au printemps, avec la suite des applications par pulvérisation de pyréthriinoïde et néonicotinoïde contre respectivement les charançons de la tige et les méligèthes, ils obtiennent la note de 4 à 5, c'est-à-dire que la fonction régulatrice des auxiliaires clés à cette époque est compromise.

Au printemps, avec la suite des applications par pulvérisation de pyréthriinoïde et néonicotinoïde contre respectivement les charançons de la tige et les méligèthes, les scénarios B1\*, B5\*, B6\* obtiennent le même résultat qu'à l'automne (note de 4 à 5, c'est-à-dire que la fonction régulatrice des auxiliaires clés à cette époque est compromise).

Seul le scénario B7\* (extenso) sans aucune application d'insecticide obtient la note de 1 (fonction régulatrice des auxiliaires clés assurée) à l'automne comme au printemps.

## 6 Bienen

Jean-Daniel Charrière

### 6.1 Einleitung

L'importance des abeilles pour la pollinisation des plantes cultivées et sauvages est primordiales, que ce soit au niveau de la production agricole que celui de la biodiversité végétale.

Lors de traitements phytosanitaires, les abeilles peuvent être exposées lorsqu'elles butinent dans les cultures traitées (in crop) ou sur les plantes adjacentes aux surfaces traitées lorsqu'il y a dérive de produits phytosanitaires (off crop). Une particularité des abeilles par rapport à d'autres organismes non cibles est leur capacité à se déplacer par elle-même sur de longue distance. Un traitement avec un produit toxique peut se révéler problématique même si les nids de pollinisateurs se trouvent à plusieurs centaines de mètres des surfaces traitées ou même de plusieurs kilomètres en ce qui concerne l'abeille mellifère.

Avec l'apparition sur le marché des produits à action systémique hautement toxique pour les abeilles tels que certains insecticides de la famille des Néonicotinoïdes ou du Fipronil, il est apparu que les procédures d'évaluation du risque pour les abeilles devait être étendues. En effet, différents mode d'exposition étaient insuffisamment pris en compte. Il s'agit par exemple de l'exposition par le pollen ou le nectar produit par les plantes dont les semences ont été traitées, le risque de dérives de poussières ou de l'eau de guttation. Différents travaux scientifiques ont également été publiés mettant en évidence dans des essais de laboratoire ou sur des abeilles individuelles des effets sublétaux. Ces nouvelles connaissances ont motivé l'EFSA à développer de nouvelles directives pour la soumission de dossiers d'homologation (EFSA 2013) et la réévaluation de produits phytosanitaires déjà sur le marché. En attendant de disposer de nouvelles données, les autorités d'homologation européennes de même que suisses ont suspendu les autorisations pour certaines applications de trois pesticides de la famille des néonicotinoïdes (Thiamethoxame, Clothianidine et Imidaclopride) avec réexamen des dossiers à fin 2015.

L'évaluation du risque pour les abeilles se fait selon l'approche suivante :

$$\text{Risque pour l'abeille} = \text{toxicité} \times \text{exposition}$$

Pour atteindre un risque acceptable pour l'abeille conformément à l'article 1 de l'Ordonnance sur les produits phytosanitaires (*...pas d'effets secondaires inacceptables sur la santé de l'être humain et des animaux ni sur l'environnement...*), il y a lieu donc de réduire fortement l'exposition des abeilles si on envisage d'utiliser un produit toxique, ou si une exposition est inévitable, seul un produit non toxique peut entrer en ligne de compte.

## 6.2 Material und Methoden

Pour l'évaluation du risque global de différents scénarios de traitements contre l'altise du colza, nous distinguons plusieurs critères pertinents à évaluer pour les abeilles que nous pouvons classer en trois groupes (Tableau 13).

Tableau 13: critères pertinents à évaluer

Propriétés intrinsèques des produits	Toxicité pour les abeilles des matières actives	a
	Rémanence des matières actives	b
	Absence d'effet répulsif sur les abeilles	c
Possibilité d'exposition „in crop“	Attractivité de la culture traitée lors de l'application dans la culture	d
	Attractivité de la culture traitée au moment de la floraison	e
	Possibilité d'exposition à un insecticide au moment de la floraison (climat, état des colonies, présence de colonies, etc)	f
	Durée d'exposition potentielle	g
	Risque si exposition à de l'eau de guttation	h
	Risque si collecte d'eau dans des flaques contaminées	i
Possibilité d'exposition „off crop“	Possibilité de dérive de produit sur les cultures adjacentes, sous forme de poussière y-compris	j
	Attractivité de la nature environnante lors de l'application dans la culture	k
	Présence d'abeilles dans la nature environnante au moment de la dérive potentielle	l

Tabelle 14: Kategorien der Risiken für Bienen für die Beurteilung der Szenarien

Catégorie	Evaluation:	Description
1	Pas d'effet	$LD_{50} > 100 \mu\text{g a.i. bee}^{-1}$ / Pas d'effet connu / pas d'exposition / faux
2	Effet très léger	$LD_{50} < 100 \mu\text{g a.i. bee}^{-1}$ / Effet décrit en labo uniquement / très légère exposition / effet momentané
3	Effet léger	$LD_{50} < 10 \mu\text{g a.i. bee}^{-1}$ / Sur certains individus exposés uniquement / légère exposition / effet en jours / en partie correct
4	Effet moyen	$LD_{50} < 2 \mu\text{g a.i. bee}^{-1}$ / Faible mortalité à la ruche / exposition moyenne / effet en semaines
5	Effet important	$LD_{50} < 0.1 \mu\text{g a.i. bee}^{-1}$ / Observable sur la colonie entière / forte exposition / effet en mois / correct

L'évaluation du risque des différents scénari à évaluer se calcule selon un modèle présenté ci-dessous. Aucun modèle de calcul existe à l'heure actuelle. Les modèles proposés ici sont empiriques basés sur l'expérience de terrain avec les abeilles, de la littérature et l'éclaircissement des cas d'intoxications d'abeilles en Suisse.

Pour les 3 groupes de critères pertinents, les équations sont :

- Propriétés intrinsèques des produits :  $X = 0.6 \cdot a + 0.2 \cdot b + 0.2 \cdot c$

Le critère principal déterminant la dangerosité intrinsèque d'un produit est la toxicité du produit, déterminée actuellement par la  $DL_{50}$ . La durée durant laquelle le produit reste actif (rémanence) et l'éventuelle répulsion exercée par un produit sur l'abeille sont des éléments qui peuvent influencer la dangerosité intrinsèque d'un produit et ont chacun un impact de 20% sur la valeur X.

- Possibilité „in crop“ :  $Y = 0,9 (d+e+f+g)/4 + 0,1 (h+j)/2$

Nous calculons ici principalement le risque d'exposition « in crop » et celui-ci dépend en grande partie (90%) de quatre facteurs (Attractivité de la culture traitée lors de l'application et lors de la floraison ; état des colonies et durée de l'exposition potentielle). Un risque résiduel existe aussi par une exposition potentielle à l'eau de guttation et les flaques d'eau contaminée. Selon les connaissances actuelles, ce risque est limité et compte ici pour 10% dans le calcul (Joachimsmeier, Pistorius et al. 2012, Pistorius, Brobyn et al. 2012).

- Possibilité „off crop“ :  $Z = 0,5 j + 0,5 (k+l)/2$

Nous considérons que le risque « off crop » dépend pour moitié du risque de dérive de poussières ou de nuages de pesticides et pour l'autre moitié de la probabilité d'avoir des abeilles présentes dans les cultures adjacentes aux moments où ces dérives pourraient intervenir, soit une combinaison entre l'attractivité des cultures adjacentes et l'état de développement des colonies à ces périodes de l'année.

- Risque global =  $(0,5*(X*Y) + 0,5*(X*Z))^{-2}$

L'évaluation du risque global regroupe les évaluations faites pour ces 3 groupes en utilisant le principe « Risque = toxicité X exposition » et en attribuant la moitié du risque à l'exposition « in crop » et l'autre moitié à l'exposition « off crop ».

## 6.3 Resultate und Diskussion

### 6.3.1 Beizung vs. Spritzen zur Bekämpfung des REF (Projektion a)

Tableau 15: résultat pour la projection a pour l'abeille mellifère

	Critères pertinents à évaluer	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	B5
a	Toxicité pour les abeilles des matières actives	5	5	5	5	5	5	5	5	5
b	Rémanence des matières actives	5	5	5	5	2	2	2	2	2
c	Absence d'effet répulsif sur les abeilles <sup>1</sup>	5	5	5	5	1	1	1	1	1
<b>X</b>	<b>Propriétés intrinsèques des produits</b>	<b>5.0</b>	<b>5.0</b>	<b>5.0</b>	<b>5.0</b>	<b>3.6</b>	<b>3.6</b>	<b>3.6</b>	<b>3.6</b>	<b>3.6</b>
d	Attractivité de la culture traitée lors de l'application dans la culture	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e	Attractivité de la culture traitée au moment de la floraison	5	5	5	5	5	5	5	5	5
f	Possibilité d'exposition à un insecticide au moment de la floraison (climat, état des colonies, présence de colonies, etc) <sup>2</sup>	2	2	2	2	1	1	1	1	1
g	Durée d'exposition potentielle <sup>3</sup>	4	4	4	4	2	2	2	2	3
h	Risque si exposition à de l'eau de guttation	3	3	3	3	1	1	1	1	1
i	Risque si collecte d'eau dans des flaques contaminées	3	3	3	3	1	1	1	1	1
<b>Y</b>	<b>Risque „in crop“</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>2.1</b>	<b>2.1</b>	<b>2.1</b>	<b>2.1</b>	<b>2.4</b>
j	Possibilité de dérive de produit sur les cultures adjacentes lors de l'apport dans le terrain (poussière y-compris) <sup>4</sup>	1	1	1	3	3	3	3	3	3
k	Attractivité de la nature environnante lors de l'application dans la culture <sup>5</sup>	3	3	3	3	2	2	2	2	2
l	Présence d'abeilles dans la nature environnante au moment de la dérive potentielle <sup>5</sup>	3	3	3	3	2	2	2	2	2
<b>Z</b>	<b>Risque „off crop“</b>	<b>2.0</b>	<b>2.0</b>	<b>2.0</b>	<b>3.0</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>3.5</b>	<b>3.5</b>	<b>3.5</b>	<b>3.9</b>	<b>2.9</b>	<b>2.9</b>	<b>2.9</b>	<b>2.9</b>	<b>3.0</b>

<sup>1</sup> Les pyréthriinoïdes présentent un effet répulsif pour les abeilles ce qui diminue le risque d'exposition (Fries and Wibran 1987, Rieth and Levin 1988, Thompson 2003).

<sup>2</sup> Lorsque les semences de colza ont été traitées avec un néonicotinoïde, des résidus peuvent être retrouvés dans le pollen et le nectar dans un ordre de grandeur de 3-6 ppb (ng/g). De telles concentrations peuvent avoir des effets sublétaux lors d'essais en laboratoire ou avoir des effets sur des abeilles individuelles. Les essais de terrains ne démontrent pas d'effets sur le développement des colonies d'abeilles mellifères.

<sup>3</sup> Traitement des semences: exposition potentielle durant toute la période de floraison (env. 3 semaines). Traitement aérien : exposition durant quelques heures post application, effet répulsif des pyréthriinoïdes

<sup>4</sup> Enrobage des graines de colza : les graines de colza ne sont pas traitées directement mais les produits phytosanitaires sont intégrés dans l'enrobage de la graine. Ce procédé réduit de manière très importante la production de poussière.

<sup>5</sup> Le semis a lieu 2 et 6 semaines avant la pulvérisation de pyréthrinoïdes. La probabilité d'avoir des plantes attractives dans les parcelles adjacentes est plus grande, d'où également une présence accrue d'abeilles.

Tableau 16: toxicité aiguë (source d'informations: union européenne)

Matière active	LD 50 (48h) contact	LD 50 (48h) oral
Clothianidine	0.04426 µg/abeille	0.00379 µg/abeille
Thiamethoxam	0.024 µg/abeille	0.005 µg/abeille
Imidacloprid	0.081 µg /abeille	0.0037 µg /abeille
Thiacloprid	38.82 µg /abeille	17.32 µg /abeille
Cyperméthrine	0.020 µg/abeille	0.035 µg/abeille
Deltaméthrine	0.0015 µg/abeille	0.079 µg /abeille
Cyfluthrine	0.0098 µg/abeille	0.051 µg/abeille
Etofenprox	0.015 µg /abeille	0.024 µg /abeille
Lambda-Cyhalothrine	0.038 µg/abeille	0.91 µg/abeille

Dans les calculs de toxicités, nous avons utilisé ici la valeur LD<sub>50</sub> pour une exposition aiguë, faute de données pour la toxicité chronique pour la quasi-totalité des matières actives et des produits. Il serait intéressant d'intégrer une valeur pour la toxicité chronique mais aucun test n'est pour l'heure reconnu par l'OCDE pour mesurer une telle valeur. Un test a été mis au point et a fait l'objet d'un essai circulaire en 2014 auquel Agroscope a participé. La méthode a été déposée auprès de l'OCDE et devrait être reconnue prochainement. L'utilisation de la toxicité chronique serait importante surtout pour les matières actives qui ne sont pas ou que très lentement métabolisées par l'abeille et qui risquent ainsi de s'accumuler dans le corps ou de bloquer définitivement certains mécanismes physiologiques. Dans la nature, il est plus probable que les abeilles soient exposées à plusieurs reprises à un pesticide de par leurs vols multiples dans les cultures plutôt qu'une exposition unique. Dans ce sens, une toxicité chronique refléterait mieux la réalité du terrain et tiendrait mieux compte des capacités de détoxifications des abeilles qui varient en fonction des matières actives. Dans la comparaison de scénarios que nous comparons ici (néonicotinoïdes vs. pyréthrinoïdes), la prise en compte de la toxicité chronique n'aurait pas bouleversé les résultats que nous obtenons en utilisant la toxicité aiguë car nous sommes déjà à la catégorie maximale de 5. Il n'y a donc pas moyen d'être plus conservatif sur ce critère.

De manière générale, les scénarios recourant au traitement de semences avec des néonicotinoïdes représentent un risque potentiel légèrement plus important pour l'abeille mellifère que l'usage de pyréthrinoïdes par sprayage, pour autant que ceux-ci soient appliqués en respectant les restrictions. Le risque de non-respect des restrictions par l'utilisateur (misuse) est plus important pour les produits appliqués par sprayage que pour ceux appliqués par traitement des semences. Le scénario le plus risqué est celui qui recourt aux deux sortes de traitements (A4).



### 6.3.2 Beizung vs. Spritzen in repräsentativen Spritzfolgen (Projektion b)

Tableau 17: résultat pour la projection b pour l'abeille mellifère

	Critères pertinents à évaluer	A1*	A4*	B1*	B5*	B6*	B7*
a	Toxicité pour les abeilles des matières actives	5	5	5	5	5	1
b	Rémanence des matières actives	5	5	2	2	2	1
c	Absence d'effet répulsif sur les abeilles <sup>1</sup>	5	5	1	1	1	1
<b>X</b>	<b>Propriétés intrinsèques des produits</b>	<b>5.0</b>	<b>5.0</b>	<b>3.6</b>	<b>3.6</b>	<b>3.6</b>	<b>1.0</b>
d	Attractivité de la culture traitée lors de l'application dans la culture	1	1	1	1	1	1
e	Attractivité de la culture traitée au moment de la floraison	5	5	5	5	5	5
f	Possibilité d'exposition à un insecticide au moment de la floraison (climat, état des colonies, présence de colonies, etc) <sup>2</sup>	2	2	2	2	2	1
g	Durée d'exposition potentielle <sup>3</sup>	4	4	2	2	2	1
h	Risque si exposition à de l'eau de guttation	3	3	1	1	1	1
i	Risque si collecte d'eau dans des flaques contaminées	3	3	2	2	2	1
<b>Y</b>	<b>Risque „in crop“</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>2.4</b>	<b>2.4</b>	<b>2.4</b>	<b>1.9</b>
j	Possibilité de dérive de produit sur les cultures adjacentes lors de l'apport dans le terrain (poussière y-compris) <sup>4</sup>	2	3	3	3	2	1
k	Attractivité de la nature environnante lors de l'application dans la culture <sup>5</sup>	3	3	3	3	3	1
l	Présence d'abeilles dans la nature environnante au moment de la dérive potentielle <sup>5</sup>	3	3	3	3	3	1
<b>Z</b>	<b>Risque „off crop“</b>	<b>2.5</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>2.5</b>	<b>1.0</b>
	TOTAL	3.7	3.9	3.1	3.1	3.0	1.2

Lorsque différents produits sont prévus dans un scénario, c'est le « worst case » qui est retenu.

<sup>1;2;3;4;5</sup>: voir tableau précédent

Pour la projection b également, les scénarios utilisant le traitement de semence représentent un risque un peu plus marqué pour les abeilles mellifères. Le risque potentiel le plus important que je vois pour l'abeille mellifère dans la projection b est constitué par le risque de dérive au printemps du produit Talstar SC (m.a. Bifenthrine) contre le gros charançon des tiges de colza et la floraison concomitante de dents de lion par exemple.

### Remarque importante

Les cycles biologiques et les comportements de butinage étant différents entre les différentes sortes d'abeilles, il serait nécessaire d'évaluer les scénarios pour trois organismes, l'abeille mellifère, le bourdon (*Bombus ssp*) et une abeille sauvage, type *Osmia ssp*. La législation européenne pour l'évaluation du risque pour les pollinisateurs en cours d'implémentation (EFSA 2013) prévoit aussi d'étendre les exigences d'études des effets non intentionnels à ces deux organismes en plus de l'abeille mellifère.

Pour des raisons de capacités, seuls les effets sur les abeilles mellifères sont évalués ici, même si plusieurs publications récentes démontrent les effets négatifs sur les abeilles sauvages, généralement plus importants que sur l'abeille mellifère (Cutler, Scott-Dupree et al. 2014, Moffat, Pacheco et al. 2015, Rundlöf, Andersson et al. 2015).

Il est difficile de prendre position définitivement sur le risque des différents scénarios pour les abeilles sauvages et les bourdons, un grand nombre de paramètres étant manquant pour ces groupes de pollinisateurs. On peut cependant dire que la période d'activité principale de la plupart de ces pollinisateurs se situe au printemps et en été. En automne, au moment des applications aériennes de pyréthrinoïdes contre l'altise du colza, le nombre et la diversité des abeilles sauvages et des bourdons est moins grandes qu'au printemps, lorsque le colza fleuri et que ces pollinisateurs récoltent intensément du nectar et du pollen. En ce sens, l'évaluation du risque calculée pour l'abeille mellifère est également applicable pour les abeilles sauvages et les bourdons mais probablement avec une différence un peu plus marquée entre les scénarios traitements de semences aux néonocotinoïdes et traitements aériens avec un pyréthrinoïdes.

## 7 Ökonomie

Anne Wunderlich

### 7.1 Einleitung

Der folgende Abschnitt hat das Ziel einer Einschätzung der ökonomischen Folgen der unterschiedlichen Methoden, die angewendet werden, um den REF zu bekämpfen.

Die Bewertung der unterschiedlichen Projektionen erfolgt dabei einseitig auf Basis der Kosten. Das heisst, es wird davon ausgegangen, dass die Erträge aller Szenarien konstant sind. Diese Einschränkung muss aufgrund einer unzureichenden Datenlage über die Auswirkungen unterschiedlicher Methoden zur Bekämpfung des REFs vorgenommen werden.

### 7.2 Material und Methoden

Bei der Teilprojektion a) Beizung vs. Spritzen im direkten Vergleich (Projektion a) werden die Kosten für die Ausbringung des PSMs zur Behandlung gegen den REF miteinander verglichen, ohne weitere Kostenaspekte einzubeziehen. Unterschiede zwischen den Szenarien mit bzw. ohne Neonicotinoide gebeiztes Saatgut ergeben sich demnach hauptsächlich auf Kostenseite für den Kauf der PSM und deren Ausbringung (Maschinen- und Arbeitskosten), die in den B-Szenarien entstehen.

Um die ökonomischen Folgen der Saatbeizung und des Spritzens von Anbau bis Ernte zu berechnen und miteinander vergleichen zu können, wird ein Kostenvergleich der verschiedenen Verfahren vorgenommen.

In Teil b) **Beizung vs. Spritzen in repräsentativen Spritzfolgen** (Projektion b) findet demnach eine Vollkostenanalyse statt. Zur Berechnung werden dabei die Produktionskosten pro ha, bestehend aus Direktkosten und Strukturkosten, den totalen Leistungen pro ha gegenübergestellt analog (Calabrese, Breitenmoser et al. 2013). Die verkaufte Menge entspricht der Erntemenge, da keine Angaben zur Erntesicherheit für die B-Szenarien zur Verfügung stehen. Die Unterschiede auf Leistungsseite können aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt werden. Dies muss bei der Diskussion der Ergebnisse stets beachtet werden.

Der kalkulierte Gewinn/Verlust pro ha der verschiedenen Verfahren kann anschliessend miteinander verglichen werden. Es wird dabei ein Lohnkostenansatz von 28.- Fr./h (Gazzarin 2014) für interne Arbeitskräfte (AK) verwendet. Bei einem kalkulatorischen Stundenlohn (Arbeitseinkommen interne AK pro ha/Arbeitsstunden pro ha) von über 28.- Fr./h wird ein Gewinn erwirtschaftet. Liegt der kalkulatorische Stundenlohn hingegen unter 28.- Fr./h, liegt ein Verlust vor.

Produktionskosten (Fr./ha) = Direktkosten (Fr./ha) + Strukturkosten (Fr./ha)

Direktkosten = Kosten der Pflanzenschutzmittel + Düngungskosten + Saatgutkosten + andere Direktkosten

Strukturkosten = Arbeitskosten (28.- Fr./ha) + Maschinenkosten + Gebäudekosten + Zinskosten + Bodenzins (719.- Fr./ha) + andere Strukturkosten

Total Leistungen (Fr./ha) = (Verkaufte Menge \* Preis) + Direktzahlungen

Verkaufte Menge = Erntemenge \* Erntesicherheit (=100% per Annahme)

Kalkulierter Gewinn/Verlust pro ha = Total Leistung – Produktionskosten

Arbeitseinkommen interne AK (Fr./ha) = Arbeitskosten + Gewinn resp. Verlust

Kalkulatorischer Stundenlohn = Arbeitseinkommen interne AK pro ha/ Arbeitsstunden pro ha

Der kalkulatorische Stundenlohn bzw. der Stundenlohn einer familieneigenen Arbeitskraft ist die zentrale Vergleichsgrösse und wird auch als Arbeitsverwertung oder Arbeitsverdienst pro Stunde bezeichnet.

Es wurden folgende Datenquellen für die Kosten-/ Leistungsrechnung genutzt:

Direktkosten:

- Kosten für Pflanzenschutzmittel: Mittelwert 2011-13, ohne Rabatte (AGRIDEA 2013).
- Kontrollkosten zur REF-Behandlung: eine Gelbschale pro ha (Fénaco 2014), sowie Arbeitszeit zur Kontrolle (Steiner 2015)
- Düngekosten (anorganisch): Mittelwert 2011-13 (AGRIDEA 2013)
- Düngekosten (organisch): Relativer Zukaufswert des ausgebrachten Hofdüngers in Fr. je Verfahrensschritt (20 m<sup>3</sup> Gülle) bewertet mit Preisen der Handelsdünger gem. Mittelwert 2011-13 (AGRIDEA 2013)
- Saagutkosten: gebeiztes Saatgut (Avatar, Saatgutempfehlung von Agroscope (Hiltbrunner and Pellet 2012) Mittelwert 2012-14, Preise für Avatar 2013 (mit Neonicotinoiden gebeiztes Saatgut) und 2014 (nicht mit Neonicotinoiden gebeiztes Saatgut) sind gleich hoch (AGRIDEA 2013)
- Hagelversicherung, Verpackung, Reinigung, Trocknung, andere Direktkosten: Mittel der Buchhaltungsjahre 2011-13 (Hoop and Schmid 2014)

Lediglich die Direktkosten (Kosten für PSM und deren Ausbringung sowie Kontrollkosten und Kosten für Gelbschalen-Monitoring) unterscheiden sich in den verschiedenen Szenarien, die gerechnet werden. Die Kosten für Hagelversicherung, Düngung, andere Direktkosten, Verpackung etc. ändern sich nicht. Allerdings trifft dies nicht auf Szenario B7\* zu, da hier statt Winterraps ÖLN, Winterraps in Extensioqualität angebaut wird, weshalb sich hier auch die anderen Kostenpositionen verändern.

Strukturkosten:

- Maschinenkosten, Lohnansatz, Gebäudekosten für Unterbringung: Maschinenkosten (AGRIDEA 2013, Gazzarin 2014) und ART-Arbeitsvoranschlag)
- Andere Strukturkosten: Meliorationen und Wege, Unfall-/ Haftpflicht-/ übrige Versicherungen, Energie, Heizmaterial, Wasser, Telefon, verschiedene allg. Betriebskosten, Anteil Autokosten, Mittelwerte 2011-13 (Hoop and Schmid 2014)

Die Arbeits- und Maschinenkosten ändern sich je nach Szenario, da die unterschiedlichen PSM-Behandlungen verschiedene Maschineneinsätze nach sich ziehen. Das Saatgut wird dabei in allen Verfahren per Mulchsaat ausgebracht. Die hierfür notwendige Maschine (Scheibensämaschine) ist bei mittlerer Mechanisierung nicht auf dem Hof vorhanden, weswegen die Arbeit von einem Lohnunternehmer durchgeführt wird. Auch der Mähdrusch wird von einem Lohnunternehmer durchgeführt, sowie beim Extensio-Szenario (B7\*) das Ausbringen der Jauche mittels Schleppschlauch (in Anlehnung an (AGRIDEA 2013)). In allen anderen Szenarien wird lediglich zweimal mineralisch gedüngt. Diese Arbeit wird in allen Szenarien vom Landwirt selber ausgeführt. Im Szenario mit Extensioanbau muss zudem mit einem Mehraufwand von 1,5 Stunden Arbeitszeit gerechnet werden. Für die pfluglose Aussaat werden Beiträge (für schonende Bodenbearbeitung) in Höhe von Fr. 150.- je ha ausbezahlt, ausserdem erhält der Landwirt im Extensio-Szenario zusätzliche Beiträge für den Extensio-Anbau sowie für das emissionsmindernde Ausbringungsverfahren von Hofdünger mit Schleppschlauch.

Es wird zudem davon ausgegangen, dass sich die Kontrollkosten (Arbeitszeit) je nach Verfahren unterscheiden. Bei den Szenarien mit Neonicotinoid-Beizung wird von wöchentlichen Kontrollen à 30 Minuten für den Zeitraum von drei Wochen, bei den B-Szenarien von wöchentlichen Kontrollen à 30 Minuten für einen Zeitraum von sechs Wochen ausgegangen (Steiner 2015).

Leistungen:

- Naturalertrag: Schätzung der Expertengruppe; beim Szenario mit Winterraps in Extensoqualität wird ein Ertragsabschlag vorgenommen (-0,8t /ha; (Jaussi 2012))
- Preis für Naturalerträge: Mittelwert 2011- 2013 (Hoop and Schmid 2014)
- Direktzahlungen (2015)

Wie bereits erwähnt, wird aufgrund fehlender Daten angenommen, dass sich die Leistungen/Erträge in den verschiedenen Szenarien nicht unterscheiden. Lediglich beim Extenso-Anbauverfahren wird ein Ertragsabschlag gemäss der Erfahrungen von gebeiztem Saatgut vorgenommen. Dort werden weniger hohe Naturalerträge erzielt, im Gegenzug allerdings ein höherer Verkaufspreis. Auch die zu erzielenden Direktzahlungen steigen im Extenso-Szenario. Der Erlös fällt im Extenso-Szenario dennoch geringer aus.

## 7.3 Resultate und Diskussion

### 7.3.1 Beizung vs. Spritzen im direkten Vergleich (Projektion a)

Abbildung 9 zeigt, wie sich die Kosten für die unterschiedlichen Szenarien zur Bekämpfung des REF darstellen und zusammensetzen.

Obwohl sich die Art der Beizung des Saatguts in den A und B-Szenarien unterscheidet (A: Beizung mit Insektizid (Neonicotinoid) und Fungiziden, B: Beizung nur mit Fungiziden), bleiben die Kosten für das Saatgut konstant (AGRIDEA 2013), weshalb Abbildung 9 diese Kosten nicht aufzeigt. In den B-Szenarien (sowie zusätzlich in Variante A4) werden unterschiedliche Mittel gegen den REF gespritzt. Dies verursacht Kosten, die in den Szenarien A1 bis A3 nicht auftreten. Dazu gehören neben den Kosten für die Mittel auch die Kosten, die bei der Ausbringung (Maschinen- und Arbeitskosten) anfallen.

Da in Szenario B5 zwei verschiedene PSM-Produkte an verschiedenen Daten gespritzt werden, sind die Kosten in dieser Variante am höchsten: Maschinen- und Arbeitskosten verdoppeln sich durch die zweifache Spritzung mit PSM-Produkten (von Fr. 49.- je ha Maschinenkosten auf Fr. 98.- je ha und von Fr. 25.- je ha Arbeitskosten zur Ausbringung der PSM auf Fr. 50.- je ha).

Cypermethrin ist das günstigste Mittel gegen den REF (10.- Fr./ha), weshalb Variante B1 die günstigste B-Variante darstellt (512.- Fr./ha nur für PSM). Hier findet lediglich eine Spritzung mit diesem Mittel statt.

Zwar müsste der Kontrollaufwand in den Szenarien mit Beizung dem in den Szenarien ohne Beizung gleichen, da in beiden Szenarien gleichermaßen Gelbschalen aufgestellt werden, um die Schadschwelle zu kontrollieren, jedoch erfolgt die Kontrolle der Gelbschalen bei gebeiztem Saatgut meist erst etwa einen Monat nach der Saat, weshalb in den Szenarien A der Kontrollaufwand (zusätzliche Arbeitskosten) nur als halb so hoch im Vergleich zu den B-Szenarien eingeschätzt wird (Fénaco 2014, Steiner 2015). Die Kosten für den Kauf der Gelbschalen werden nicht abgebildet, da diese in allen Szenarien gleich hoch sind.

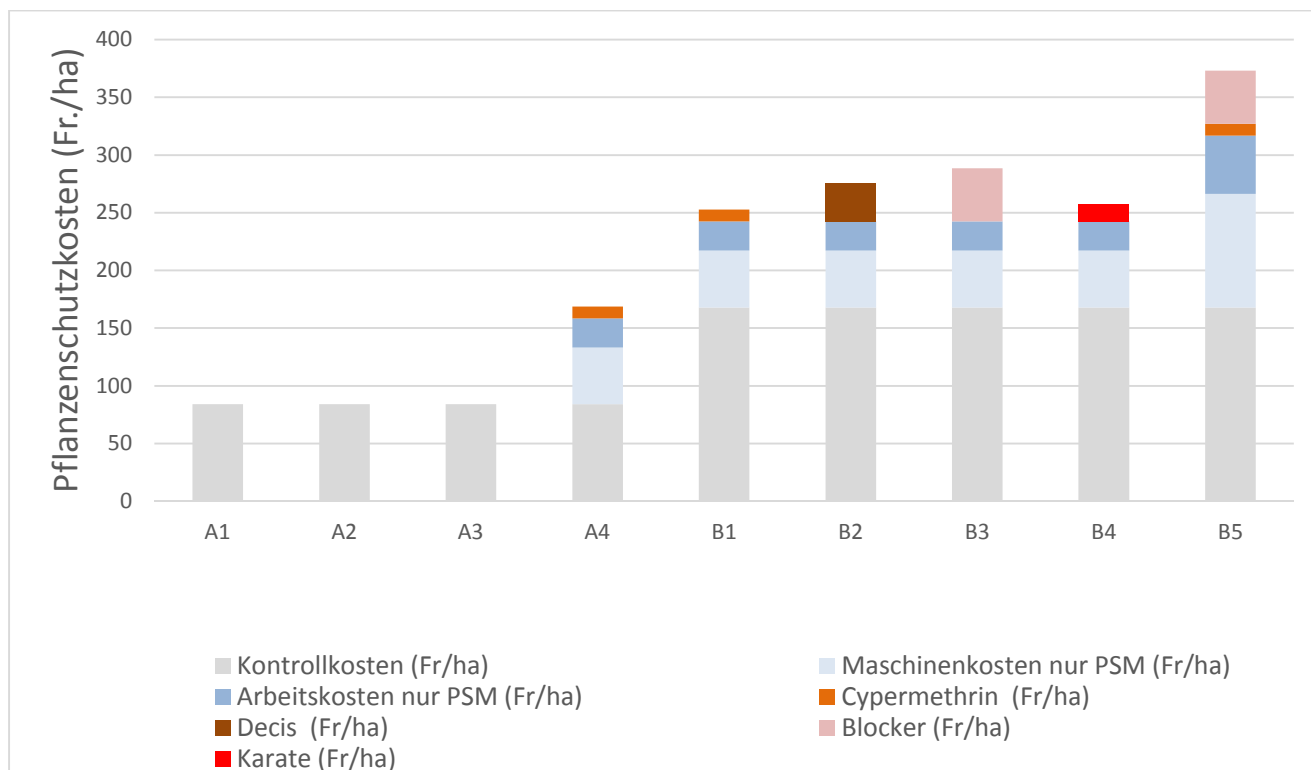


Abbildung 9: Kosten der verschiedenen PSM-Produkte und Ausbringung zur Bekämpfung des REF (Teilprojektion a)

### 7.3.2 Beizung vs. Spritzen in repräsentativen Spritzfolgen (Projektion b)

Abbildung 10 zeigt, wie sich die Kosten der unterschiedlichen PSM-Behandlungen in der jeweiligen Spritzfolge der Szenarien unterscheiden. Szenario B5, in dem zweimal mit unterschiedlichen Mitteln gespritzt und ohne Insektizide gebeiztes Saatgut verwendet wird, ist aufgrund der Anzahl der notwendigen Überfahrten zur Ausbringung der PSM die teuerste Variante. Die doppelte Behandlung mit REF-spezifischen PSM (zweimaliges Spritzen, einmal mit Cypermethrin und einmal mit Blocker) wirkt sich auch auf die Höhe der Ausgaben für Insektizide aus.

Die Kosten für Herbizide zur Unkrautvernichtung mit Devrinol-top belaufen sich in allen Szenarien auf Fr. 171.- je ha und bilden den grössten Anteil der Pflanzenschutzausgaben (in allen Szenarien ausser B5). Insgesamt sind die Ausgaben für PSM (Insektizide, Herbizide und Fungizide) mit einem Anteil von drei bis sieben Prozent an den totalen Produktionskosten aber auf einem geringen Niveau. Beim Anbauverfahren mit Extenso-Raps kommt nur das Herbizid zur Unkrautbekämpfung zum Einsatz, weshalb die Kosten in Bezug auf die Behandlung mit PSM am geringsten sind.

Wie in Projektion a) gleichen sich die Ausgaben für das Saatgut. Weiterhin gelten die Annahmen für die Kontrollkosten, die in den A-Szenarien halb so hoch sind wie in den B-Szenarien.

Unterschiede beim Vergleich der verschiedenen PSM-Behandlungen ergeben sich durch Abweichungen in den Kosten für PSM sowie den entsprechenden Kosten für die Ausbringung der Mittel, was sich in verschiedenen Höhen der Maschinen- und Arbeitskosten widerspiegelt. Lediglich beim Extenso-Anbau (Szenario B7\*) ergibt sich ein zusätzlicher Mehraufwand (für Extenso-Produktion) (Arbeitszeit) sowie eine andere Vorgehensweise beim Düngen: Während beim ÖLN-Raps lediglich mineralisch gedüngt wird, erfolgt beim Extenso-Raps eine reduzierte mineralische Düngung, die durch die Ausbringung organischer

Düngemittel ergänzt wird (mithilfe eines Schleppschlauchs durchgeführt durch einen Lohnunternehmer) (in Anlehnung an (AGRIDEA 2013)). Die einzelnen Kostenpositionen sind in Tabelle 18 dargestellt. Vom Referenzszenario abweichende Ertrags- und Kostenpositionen sind in Tabelle 18 markiert. Auf Ertragsseite weist lediglich das Extensoszenario Unterschiede im Vergleich zu den anderen Szenarien auf. Die Unterschiede in den Direktkosten pro ha entstehen durch verschiedene Kostenbeträge bei den Gesamtkosten für den Erwerb der PSM sowie beim Extensoverfahren aufgrund des abweichenden Düngungsverfahrens. Die Unterschiede in den Strukturkosten lassen sich durch die Differenzen bei den Arbeits- und Maschinenkosten, die durch die unterschiedliche Anzahl an Fahrten zur Ausbringung der PSM entstehen, erklären. Die Maschinen- und Arbeitskosten, die nach Abzug des Einsatzes für die Ausbringung der PSM entstehen, sind in den Szenarien (ohne das Extenso-Szenario B7 (Düngeverfahren)) gleich hoch und belaufen sich auf etwa Fr. 350.- je ha Maschinenkosten sowie Fr. 714.- je ha Arbeitskosten für interne Arbeitskräfte. Insgesamt betragen die Verfahrenskosten fast in allen Szenarien 50% der totalen Produktionskosten.

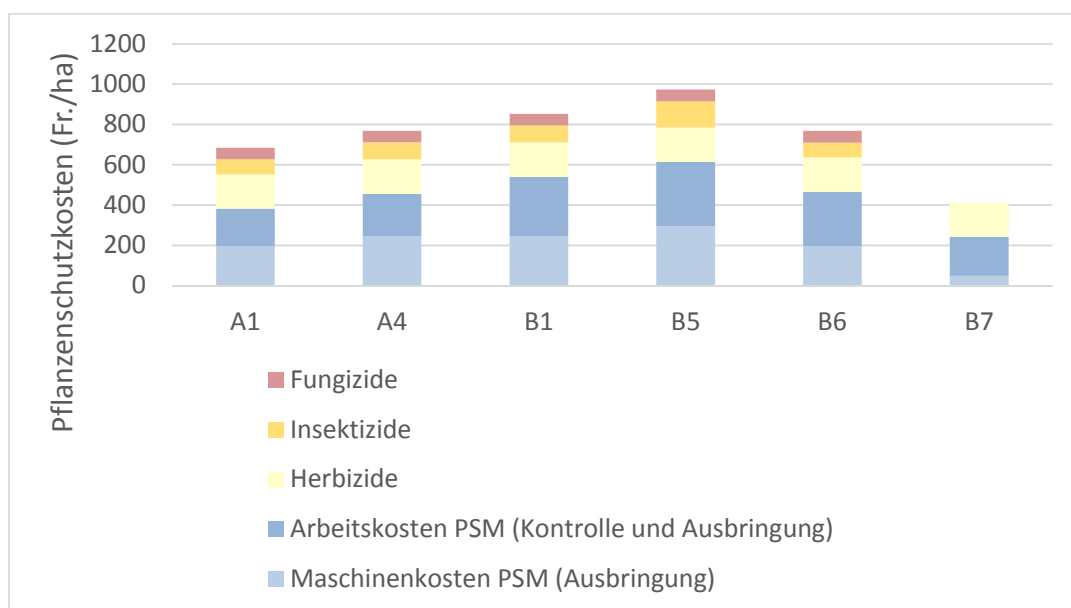


Abbildung 10: Überblick der Pflanzenschutzkosten der verschiedenen PSM-Szenarien für einen ha Raps

Tabelle 18: Ergebnisse der Vollkostenrechnung für Projektion

	A1*	A4*	B1* Ref.verf.	B5*	B6*	B7*
Beizung	x	x				
Spritzen		x	x	x	x	
	Betrag	Betrag	Betrag	Betrag	Betrag	Betrag
<b>Leistungen</b>						
Produzenten Erlöse	3215	3215	3215	3215	3215	2533
Summe der Beiträge	2150	2'150	2'150	2150	2150	2580
<b>Total Leistungen [Fr./ha]</b>	5365	5365	5365	5365	5365	5113
<b>Kosten</b>						
Saatgut	217	217	217	217	217	217
Dünger total	518	518	518	518	518	577
Kosten Insektizide	74	85	85	131	74	0
Kosten Herbizide	171	171	171	171	171	171
Kosten Fungizide	58	58	58	58	58	0
Anz. Fahrten Feldspritze	4	5	5	6	4	1
<b>Pflanzenschutzmittel total [Fr./ha]</b>	303	313	313	359	303	171
Abzüge, Hagelversicherung, Beiträge	339	339	339	339	339	305
<b>Total Direktkosten [Fr./ha]</b>	1398	1409	1409	1455	1398	1291
Maschinenkosten	1321	1370	1370	1420	1321	1480
Arbeitskosten	899	925	1'009	1034	983	992
Gebäudekosten	77	82	82	86	77	65
Zinskosten	128	139	139	149	128	113
Bodenzins	719	719	719	719	719	719
Andere Strukturkosten	312	312	312	312	312	312
<b>Total Strukturkosten [Fr./ha]</b>	3457	3546	3630	3720	3541	3681
<b>Total Produktionskosten [Fr./ha]</b>	4855	4955	5'039	5174	4939	4972
<b>Betriebszweigergebnis [Fr./ha]</b>	509	410	326	190	425	141
<b>Verfahrenskosten [Fr./ha]</b>	2330	2415	2'499	2584	2414	2549
<b>Kalkulatorischer Arbeitslohn [Fr./ha]</b>	1409	1334	1334	1224	1409	1132
<b>Kalkulatorischer Stundenlohn interne AK [Fr./h]</b>	44	40	37	33	40	32



## Szenarien A:

Die unter A berechneten Szenarien verwenden zur spezifischen Behandlung des REF mit Neonicotinoiden gebeiztes Saatgut: Während in Variante A1\* nur gebeiztes Saatgut gegen den REF verwendet wird, findet in Szenario A4\* eine zusätzliche Behandlung mit einem Pyrethroid statt. In beiden Szenarien wird (Winter-) Raps ÖLN angebaut; die Erträge gleichen sich entsprechend.

Variante A1\*: Gebeiztes Saatgut gegen den REF

(weitere PSM- Behandlung mit Horizont 250 EW, Talstar SC, Biscaya und Devrinol-top)

Insgesamt kommen zur Bekämpfung von Phoma, des Rapsstengelrüsslers, des Rapsglanzkäfers und von Unkraut vier PSM zum Einsatz, deren Ausgaben sich auf etwa 6% der gesamten Kosten belaufen. Alle PSM werden zu verschiedenen zeitlichen Daten ausgebracht. Es müssen also insgesamt vier Fahrten für die Ausbringung der PSM berechnet werden. Arbeits- und Maschinenkosten für die Ausbringung betragen in diesem Szenario fast Fr. 300.- je ha.

Hinzu kommen die Kosten für die Gelbschalen in Höhe von Fr. 22.- je ha. Die Arbeitskosten der Kontrolle auf Schädlingsbefall betragen 84.- Fr./ha. Die Kosten für das Saatgut betragen, in allen Szenarien, Fr. 217.- je ha. Die totalen Direktkosten belaufen sich bei diesem Verfahren auf Fr. 1398.- je ha. Die totalen Strukturkosten liegen bei Fr. 3457.- je ha. Die gesamten Produktionskosten pro ha summieren sich damit auf Fr. 4855.- je ha. Das Szenario hat niedrigere Gesamtkosten als alle anderen Szenarien.

Der Erlös der Variante ergibt sich gemäss dem vorgegebenen Naturalertrag und entspricht dem der anderen Szenarien, in denen Raps (ÖLN) angebaut wird. Ausserdem werden Beiträge in Höhe von Fr. 2150.- je ha bezogen, wobei neben dem Basisbeitrag und dem Beitrag für offene Ackerflächen noch ein Einzelkulturbeitrag bezahlt wird sowie, aufgrund der vollzogenen Mulchsaat, ein Beitrag für die schonende Bearbeitung der Böden.

Insgesamt ergeben sich damit ein Gewinn in Höhe von Fr. 509.- je ha und ein kalkulatorischer Stundenlohn (für interne Arbeitskräfte) in Höhe von Fr. 44.- pro Stunde. Aufgrund ihrer niedrigen Kosten ist es die Variante mit dem höchsten Gewinn und in Konsequenz ebenfalls die Variante mit dem höchsten kalkulatorischen Stundenlohn.

Variante A4\*: Gebeiztes Saatgut, zusätzliche Pyrethroid-Behandlung

(weitere PSM- Behandlung mit Horizont 250 EW, Talstar SC, Biscaya und Devrinol-top)

Durch die zusätzliche Behandlung mit Pyrethroid (Cypermethrin) entstehen Kosten für eine zusätzliche Überfahrt im Vergleich zum Szenario A1\*. Dadurch steigen die Direktkosten auf insgesamt Fr. 1409.- je ha an und betragen nun 29% der gesamten Produktionskosten (pro ha), wobei die Kosten für das Cypermethrin (im Vgl. zur Variante A1) lediglich etwa Fr. 10.- je ha betragen. Höhere Kosten entstehen vor allem durch die zusätzlich notwendige Überfahrt zur Ausbringung des Pyrethroids: Die Maschinen- und Arbeitskosten steigen, was die totalen Produktionskosten auf Fr. 4955.- je ha erhöht.

Insgesamt ergibt sich, bei gleichem Ertrag und Ernteausschlagrisiko, ein Gewinn von Fr. 410.- je ha. Der kalkulatorische Stundenlohn für interne Arbeitskräfte in diesem Szenario liegt bei Fr. 40.- pro Stunde.

## Szenarien B:

In den Szenarien B wird auf die Verwendung von mit Neonicotinoiden gebeiztem Saatgut verzichtet. Eine Variation findet bezüglich des Spritzens mit Pyrethroiden statt (B1\*, B5\*) bzw. keine Spritzung mit Pyrethroiden, wenn Schadschwelle nicht übertreten wird (B6\*, B7\*). In den Szenarien B1\*, B5\* und B6\* wird

(Winter-) Raps ÖLN angebaut; in B7\* wird in Extensioqualität produziert. Etwaige Ertragsunterschiede zu den A-Szenarien können aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt werden.

Variante B1\*: (Referenzszenario): Behandlung mit Pyrethroid

(weitere PSM Behandlung mit Horizont 250 EW, Talstar SC, Biscaya und Devrinol-top)

Bei Variante B1\* handelt es sich um das Referenzszenario. Das Referenzszenario ist das zweit teuerste Verfahren. Die Spritzfolge bleibt die gleiche wie in Variante A4\*. Damit ergeben sich, wie in Szenario A4\*, fünf Fahrten für PSM-Behandlungen. Die Kosten für PSM und deren Ausbringung unterscheiden sich folglich nicht im Vergleich zu Variante A4\*. Höhere Produktionskosten ergeben sich lediglich durch den Anstieg der Kontrollkosten (vermehrter Aufwand).

Auf der Ertragsseite ergeben sich keine Änderungen. Das Betriebszweigergebnis beläuft sich damit auf Fr. 326.- je ha und ist damit geringer als in Variante A4\*, was sich durch die höheren Arbeitskosten (für die Kontrolle) dieser Variante erklären lässt. Entsprechend geringer ist auch der kalkulatorische Stundenlohn für die internen Arbeitskräfte (Fr. 37.- je Stunde).

Variante B5\*: Behandlung mit zwei Pyrethroiden

(weitere PSM Behandlung mit Horizont 250 EW, Talstar SC, Biscaya und Devrinol-top)

In diesem Szenario steigt die Menge der Behandlungen mit Pyrethroiden. Neben dem vorher verwendeten Cypermethrin findet in Variante B5\* eine zusätzliche Behandlung mit dem PSM Blocker gegen den REF statt. Die Ausbringung von Cypermethrin und Blocker erfolgt an unterschiedlichen Tagen. Es ergeben sich damit insgesamt sechs Fahrten. Dies ist die höchste Anzahl an Überfahrten im Vergleich zu den anderen Szenarien. Entsprechend ist diese Variante auch die teuerste (gesamte Produktionskosten Fr. 5174.- je ha). Im Vergleich zum Referenzszenario (B1\*) sind die Kosten damit höher.

Allerdings wird auch bei dieser Variante weiterhin ein Gewinn erwirtschaftet, der im Vergleich zum Referenzverfahren sinkt (Fr. 190.- je ha). Entsprechende Änderungen ergeben sich auch beim kalkulatorischen Stundenlohn für interne Arbeitskräfte, der um 10% im Vergleich zu Referenz sinkt (Fr. 33.- je Stunde).

Variante B6\*: Behandlung ohne Pyrethroide (keine REF-Bekämpfung)

(weitere PSM Behandlung mit Horizont 250 EW, Talstar SC, Biscaya und Devrinol-top)

In diesem Szenario wird die Schadgrenze nicht überschritten, weshalb keine Behandlung mit Pyrethroiden gegen den REF vorgenommen wird. Es findet lediglich eine Behandlung mit der üblichen Spritzfolge (Horizont 250 EW, Talstar SC, Biscaya und Devrinol-top) statt. Damit werden bei dieser Variante nur vier Fahrten zur Ausbringung von PSM benötigt. Die totalen Direktkosten entsprechen damit denen der Variante A1\*. Im Vergleich zur Referenz sinken die Direktkosten um etwa Fr. 10.- je ha, da die Behandlung mit Cypermethrin wegfällt. Obwohl hier, wie in Variante A1\* lediglich vier Fahrten anfallen, unterscheiden sich die Strukturkosten von denen in Szenario A1\*. Die lässt sich mit dem höheren Aufwand für die Kontrollgänge begründen (totale Strukturkosten: Fr. 3541.- je ha).

Der Ertrag der Variante B6\* entspricht per Annahme den Erträgen der anderen Szenarien. Als Gewinn ergeben sich damit Fr. 425.- je ha. Der kalkulatorische Stundenlohn für interne Arbeitskräfte beträgt Fr. 40.- je Stunde.

Variante B7\*: Behandlung ohne Pyrethroide (Extensio-Szenario)

(weitere PSM Behandlung mit Devrinol-top)

Als Variante B7\* wird ein Extensio-Szenario berechnet. Es werden weder Pyrethroide, noch andere Insektizide oder Fungizide gespritzt. Lediglich wird das Herbizid Devrinol-top gegen Unkraut appliziert.

Zwar sinken die PSM-Kosten (Fr. 171.- je ha) und es ist nunmehr lediglich eine Fahrt für die Ausbringung anzusetzen (Arbeits- und Maschinenkosten (74.- Fr./ha), allerdings steigen die Ausgaben für den Düngeprozess bei dieser Anbauart. Dies hängt mit einer zusätzlichen organischen Düngung zusammen, die durch einen Lohunternehmer vollzogen wird (Jauche ausbringen mit Schleppschlauchverteiler). Durch die zusätzliche Düngung mit organischem Ergänzungsdünger (Zusammensetzung nach (AGRIDEA 2013)), ergeben sich insgesamt höhere Kosten für Düngung (Fr. 577.- je ha vs. Fr. 518.- je ha). Insgesamt ist Variante B7\* aber die Variante mit den geringsten Direktkosten.

Dieses Szenario ist das einzige Szenario, in dem sich die Erlöse im Vergleich zu den anderen Szenarien ändern. So ist im Extenso-Anbau von einem niedrigeren Naturalertrag (-0.8 t/ha im Vgl. zu Raps ÖLN) auszugehen. Im Gegenzug dazu kann für Extenso-Raps ein höherer Verkaufspreis erzielt werden. Dieser Preiseffekt überwiegt den Mengeneffekt allerdings nicht, weshalb die Erlöse in dieser Variante geringer sind (Fr. 2533.- je ha). Obwohl für den Anbau von Extenso-Getreide noch ein zusätzlicher Extensobeitrag entrichtet wird (Fr. 400.- je ha) sowie ein Beitrag für das emissionsmindernde Ausbringungsverfahren von Hofdünger (per Schleppschlauch) (Fr. 30.- je ha und Güllegabe), sinken die totalen Leistungen im Vergleich zu den anderen Szenarien (Fr. 5113.- je ha).

Insgesamt ist damit der Gewinn des Szenarios deshalb wesentlich geringer (Fr. 141.- je ha) als der des Referenzszenarios und auch geringer im Vergleich zu allen anderen Szenarien. Entsprechendes gilt für den kalkulatorischen Stundenlohn der internen Arbeitskräfte, der bei dieser Variante Fr. 32.- je Stunde beträgt.

### 7.3.3 Fazit Beizen vs Spritzen in repräsentativer Spritzfolge

Bei den unterschiedlichen Szenarien ergeben sich Gewinnspannen von Fr. 111.- je ha (Szenario B7\*) bis Fr. 509.- je ha (Szenario A1\*). Die verschiedenen Betriebsergebnisse lassen sich in erster Linie auf eine unterschiedliche Anzahl an notwendigen Überfahrten zur Ausbringung der PSM zurückführen. Da in Variante A1\* Saatgut, das mit Neonicotinoiden gebeizt wurde, verwendet wird, fällt hier eine Überfahrt weniger an, da in dieser Variante die Schadschwelle nicht überschritten wird, also keine Fahrt für die Ausbringung von Pyrethroiden anfällt. Entsprechend ist diese Variante auch die günstigste bzw. die Variante, die den höchsten Gewinn und den höchsten kalkulatorischen Stundenlohn (für interne Arbeitskräfte), aufweist.

Variante A4\*, bei der eine zusätzliche Behandlung mit Pyrethroiden gegen den REF anfällt, hat einen ebenso hohen kalkulatorischen Stundenlohn (für interne Arbeitskräfte) wie Variante B6\*, die ohne Behandlung gegen den REF auskommt, da die Schadschwelle nicht überschritten wird. Obwohl die Anzahl der Überfahrten in B6\* entsprechend um eine Fahrt sinkt, fallen in dieser Variante höhere Kontrollkosten an, was die beiden Szenarien letztlich etwa gleich teuer werden lässt.

Das Szenario B5\*, mit zwei notwendigen Behandlungen gegen den REF und damit einer zusätzlichen Fahrt, schneidet bezüglich des kalkulatorischen Stundenlohns sowie bezüglich des Betriebszweigergebnisses vergleichsweise schlecht ab. Insgesamt schneidet allerdings das Extensoszenario (B7\*) aufgrund der geringeren zu erzielenden Erträge am schlechtesten ab. Wird die Schadschwelle nicht überschritten, so ergibt sich im Szenario beim mit Neonicotinoiden gebeizten Saatgut ein besseres Ergebnis als beim Verfahren ohne Verwendung des gebeizten Saatguts, da höhere Kontrollkosten anfallen. Wird die Schadschwelle hingegen überschritten, was eine Behandlung mit Pyrethroiden zur Folge hat, fällt der kalkulatorische Stundenlohn für interne Arbeitskräfte im Szenario mit gebeiztem Saatgut trotzdem höher aus als in allen B-Szenarien, in denen die Schadschwelle überschritten wird. Dies hängt einerseits mit dem höheren Kontrollaufwand zusammen, andererseits lässt sich dies in Szenario B5\* auf die notwendige Mehrfahrt für die Ausbringung der PSM zurückführen.

Insgesamt ist anzumerken, dass im Rahmen der ökonomischen Analyse lediglich Auswirkungen der verschiedenen Verfahren auf Kostenseite betrachtet wurden. Das heisst, Änderungen, die sich auf Leistungsseite durch die unterschiedlichen Szenarien (mit/ohne Beizung) ergeben, wurden nicht betrachtet. Die konstanten Erträge in allen Szenarien lassen sich, wie erwähnt, auf eine fehlende Datenlage im Umgang mit ungebeiztem Saatgut zurückführen. Grundsätzlich ist zu erwarten, dass die Beizung des Saatguts einen positiven Effekt auf den Erwartungswert des Ertrags hat und somit die zu erzielenden Naturalerträge höher sind.

### 7.3.4 Bewertung der ökonomischen Nachhaltigkeit

#### Projektion a)

Um die ökonomischen Berechnungen gemäss ihrer Nachhaltigkeit zu bewerten, müsste eine Betrachtung verschiedener Buchhaltungszahlen vorgenommen werden. Da eine solch umfassende Analyse in diesem Rahmen nicht möglich ist und lediglich die Bewertung der Verfahren für einen Vergleich der ökonomischen Nachhaltigkeit erfolgt, wird im Folgenden eine stark vereinfachende Nachhaltigkeitsanalyse durchgeführt (nach Calabrese, Breitenmoser et al. 2013).

Bei der Bewertung der Projektion a) kann sich diese Bewertung jedoch nur an den Kriterien von Calabrese, Breitenmoser et al., 2013, orientieren. Es wird eine Bewertung der Kosten, die ausschliesslich zur Bekämpfung des REF entstehen, anhand einer Notenskala vorgenommen. Das Referenzszenario wird dabei im Folgenden mit der Note „3“ bewertet. Besser bzw. viel bessere Szenarien erhalten die Bewertungen „4“ bzw. „5“; schlechtere hingegen analog die Noten „2“ und „1“ (sehr viel schlechter). Dabei werden Abweichungen der Kosten in Höhe von +/-5% als schlechtere bzw. bessere Szenarien eingestuft; Abweichungen der Kosten zur Bekämpfung des REF in Höhe von +/-20% werden als sehr viel schlechtere bzw. sehr viel bessere Szenarien bewertet. Die Kosten zur Bekämpfung des REF im Referenzszenario betragen etwa Fr. 253.- je ha. Die Bewertung der Nachhaltigkeit dieses Szenarios erhält eine „3“ auf der Notenskala. Die Szenarien A1 bis A3, bei denen jeweils Kosten in gleicher Höhe entstehen, werden mit der Note „5“ auf der Nachhaltigkeitsskala eingestuft. Das Szenario A4, in dem noch Kosten für eine Spritzung gegen den REF entstehen, erhält ebenfalls noch die Bewertung „5“. Die Szenarien B2 bis B4 erhalten eine „2“, und das Szenario B5 schneidet mit zwei Spritzungen am schlechtesten ab und erhält lediglich die Bewertung „1“ (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Ökonomische Nachhaltigkeitsbewertung der Projektion a) (in Anlehnung an (Mouron et al. 2013))

	Kosten zur Bekämpfung des REF	Ökonomische Nachhaltigkeit
A1	84	5
A2	84	5
A3	84	5
A4	169	5
B1	253	3
B2	275	2
B3	288	2
B4	257	3
B5	373	1

### Projektion b)

Auch die Bewertung der Nachhaltigkeit der Projektion b) findet aufgrund der Datenlage statt (analog zu Calabrese, Breitenmoser et al. 2013).

Grundlage dieser Nachhaltigkeitsbewertung ist der kalkulatorische Stundenlohn der Referenzsituation, wobei Abweichungen von diesem um +/-5% und +/-20% als Änderung angenommen werden. Ausgehend von dieser Einteilung wurde anschliessend kalkuliert, um wie viel Prozent die Attributswerte „Produktionskosten je ha“ und „kalkulatorischer Arbeitslohn je ha“ steigen (oder sinken) müssen, um eine solche Änderung im Vergleich zur Referenzsituation zu erzielen. Damit kann eine entsprechende Einteilung der Attributswerte in die Nachhaltigkeitskategorien der Szenarien vorgenommen werden: Mit den auf diese Weise ermittelten Werten für die Attribute können die Ergebnisse der unterschiedlichen Szenarien A1\*, A4\*, B5\*, B6\* und B7\* verglichen werden, um diese in die genannten Kategorien von 1 bis 5 zu unterteilen und die Szenarien anschliessend zu benoten. Das Referenzszenario erhält dabei, wie auch unter Projektion a, eine Bewertung von „3“. Bessere bzw. viel bessere Szenarien erhalten die Bewertungen „4“ bzw. „5“; schlechtere hingegen „2“ (schlechter) bzw. „1“ (viel schlechter). Ein Ergebnis der Kategorie „2“ bedeutet folglich, dass die Produktionskosten bzw. der kalkulatorische Arbeitslohn der zu bewertenden Variante X „schlechter“ einzustufen sind als die Produktionskosten bzw. der kalkulatorische Arbeitslohn des Referenzszenario. Das heisst, dass die Produktionskosten / der zu erzielende kalkulatorische Arbeitslohn der Variante X höher/niedriger sind als die Produktionskosten / der kalkulatorische Arbeitslohn des Referenzszenario, um in

der Variante X einen Stundenlohn zu erhalten, der mindestens 5% unter dem Stundenlohn des Referenzszenario liegt.

Abbildung 11 zeigt die prozentualen Abweichungen, die sich für die Einordnung des Stundenlohns ergeben, sowie die Abweichungen aufseiten der Produktionskosten, die sich entsprechend ergeben. Weist eine Variante X beispielsweise Produktionskosten auf, die mehr als Fr. 67.- je ha im Vergleich zur Referenz betragen, so würde diese Variante X als „schlechter“ im Vergleich zur Referenzsituation eingestuft werden.

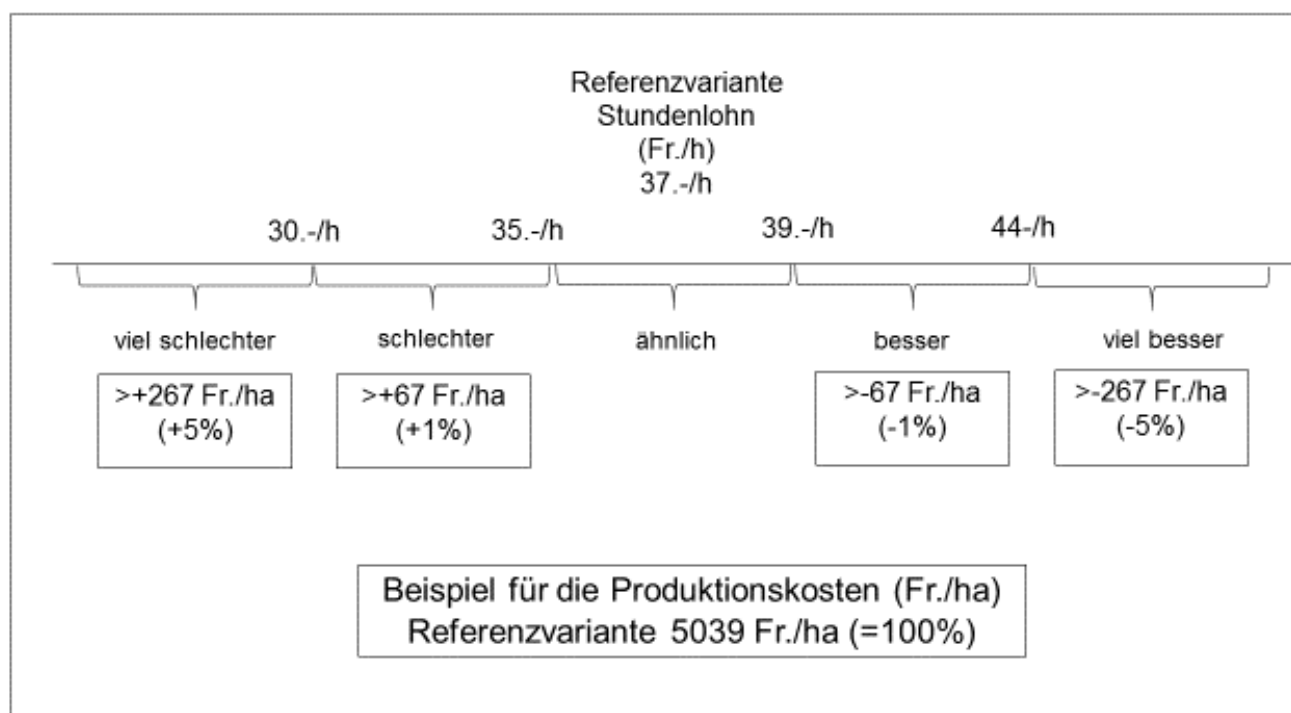


Abbildung 11: Skala für die relative Bewertung der ökonomischen Attribute (in Anlehnung an Mouron et al. 2013)

Während bei Calabrese, Breitenmoser et al., 2013, die Bewertung der ökonomischen Nachhaltigkeit auch anhand des Kriteriums „Erntesicherheit“ vorgenommen werden konnte, kann dieses Attribut aufgrund fehlender Angaben zur Erntesicherheit nicht in die Kalkulation einfließen. Es erfolgt lediglich eine Bewertung der Attribute „Produktionskosten“ sowie „kalkulatorischer Arbeitslohn je ha“. Dabei ist anzumerken, dass der kalkulatorische Arbeitslohn stark mit dem kalkulatorischen Stundenlohn korreliert, da die benötigte Arbeitszeit der verschiedenen Szenarien nicht stark variiert.

Auf die beschriebenen Bewertungsklassen bezogen (siehe Tabelle 20), ergeben sich folgende Bewertungen für die verschiedenen Szenarien:

Tabelle 20: Ökonomische Nachhaltigkeitsbewertung der Basis-Attribute für Projektion b) (in Anlehnung an Mouron et al. 2013)

	Produktionskosten pro ha (VK)	Kalkulatorischer Arbeits-lohn je ha (VK)	Ökonomische Nachhaltigkeit
A1*	4	4	4.0
A2*	4	3	3.5
B1* (RS)	3	3	3
B5*	2	2	2.0
B6*	4	4	4.0
B7*	3	2	2.5

## 8 Multikriterielle Entscheidungsanalyse

*Marcel Mathis, Laura de Baan, Otto Daniel*

### 8.1 Einleitung

Im Rahmen des europäischen Projektes „ENDURE“<sup>7</sup> wurde unter der Leitung von Agroscope die „SustainOS-Methode“ entwickelt. SustainOS ist eine Methode zur multikriteriellen Entscheidungsanalyse (MCDA), welche für die ökologische und ökonomische Bewertung der Nachhaltigkeit von verschiedenen Pflanzenschutzstrategien geeignet ist (Mouron, Heijne et al. 2012). SustainOS wurde in einer Fallstudie in fünf europäischen Ländern auf verschiedene Apfelanbau-Systeme erfolgreich angewandt. In einer weiteren Studie über Getreide und Kartoffeln wurde mit dieser Methode die Nachhaltigkeit verschiedener Insektizide bewertet (Calabrese, Breitenmoser et al. 2013). In der vorliegenden Studie wurde die SustainOS-Methode auf die Saatbeiz- und Spritzmittel für die REF-Bekämpfung adaptiert und optimiert. Das Vorgehen in der MCDA zur Nachhaltigkeitsbewertung der Bekämpfungsstrategien Beizen mit Neonicotinoiden vs. Sprühen von Pyrethroiden ist in Abbildung 1 dargestellt.

Die Grundlage ist eine sorgfältige Beschreibung der Rahmenbedingungen, d.h. der Systemeigenschaften beim Rapsanbau, der analysierten Projektionen und der ausgewählten Szenarien des PSM-Einsatzes. Die Rahmenbedingungen wurden diskutiert und festgelegt an einem Workshop mit Experten des Pflanzenschutzes von Agroscope, des Anbaus in der Praxis (Kantone), der Agrarpolitik, sowie Wissenschaftlern, welche die quantitativen Analysen für Ökologie (Gewässer), Bienen, Nützlinge und Ökonomie durchführten. Da sie die Basis für die quantitativen Analysen sind, wurden sie am Anfang des Berichtes in einem eigenen Kapitel dargestellt (Kapitel 3).

Die quantitativen Analysen aus „Sicht“ der Ökologie (hier aquatische Organismen), der Ökosystemleistungen (hier der Nützlinge und Bienen) sowie der ökonomischen Implikationen wurden von den Experten innerhalb der definierten Rahmenbedingungen vorgenommen. Die Methoden für die quantitativen Analysen waren vorgegeben (Ökonomie, Nützlinge), wurden an neue Erkenntnisse angepasst (Ökologie (aquatische Organismen)) oder ganz neu entwickelt (Bienen).

Um die Resultate der quantitativen Analysen untereinander vergleichen zu können, wurden sie relativ zu einem ausgewählten Referenz-Szenario dargestellt. Nach dieser Transformation auf eine vergleichbare Skala (relative Darstellung) sind die Bewertungsergebnisse robuster als vorher. Als letzter Schritt wurden die relativen Bewertungsergebnisse über verschiedene Stufen anhand von einem hierarchischen Bewertungsbaum bis zur ökologisch-ökonomischen Nachhaltigkeit aggregiert (Abbildung 12).

Die Stärke der hier verwendeten MCDA-Methode liegt darin, dass sowohl die quantitativen Einzelresultate wie auch Bewertungen für verschieden stark aggregierte Nachhaltigkeitskriterien ausgewiesen werden. Diese Transparenz ermöglicht es, dass Experten des Pflanzenschutzes, des praktischen Anbaus und der Analysemethoden gemeinsam die Resultate interpretieren können. Die ENDURE-Fallstudie zeigte, dass mit dem Vorgehen von SustainOS die verschiedenen Experten so eingebunden werden, dass ein Lernprozess stattfinden kann. Dies unterstützt eine realistische Einschätzung der Ergebnisse.

---

<sup>7</sup> <http://www.endure-network.eu/>



## 8.2 Methode

### 8.2.1 Relative Bewertung

Das Szenario Spritzen mit Cypermethrin wurde als Referenzszenario ausgewählt. Die Resultate der quantitativen Analysen wurden relativ zu diesem Referenzszenario bewertet. Die Bewertungsklassen für sind wie bei (Mouron, Heijne et al. 2012) folgendermassen definiert:

1:	viel schlechter	als	das	Referenzszenario
2:	schlechter	als	das	Referenzszenario
3:	ähnlich	wie	das	Referenzszenario
4:	besser	als	das	Referenzszenario
5:	viel besser	als	das	Referenzszenario

Das Resultat dieser Transformation ist wie folgt zu interpretieren:

Wird ein Szenario mit über 3 bewertet, dann ist es besser als das Referenzszenario.

Wird ein Szenario unter 3 bewertet, dann ist es schlechter als das Referenzszenario.

### 8.2.2 Bewertungsbaum und Aggregation

Die Aggregation der relativen Bewertungen erfolgte basierend auf einer hierarchischen Gliederung der Nachhaltigkeitskriterien in einem Bewertungsbaum (Abbildung 12).

Die Aggregation auf den oberen Ebenen umfasst die Ökologie und die Ökonomie. Dabei wird unter Ökologie i.d.R. der Erhalt der Biodiversität (Erhalt von Arten und Populationen) ausserhalb der landwirtschaftlichen Parzelle gemeint, während bei der Ökonomie gegenwärtige Produktionskosten und Arbeitseinkommen aus einer Parzelle wichtig sind.

Gewisse Lebewesen ausserhalb und innerhalb der landwirtschaftlichen Parzellen können eine doppelte Rolle spielen. Einerseits sind sie Teil der Biodiversität, andererseits können sie regulierend auf die Produktion (Bestäubung) und Schädlinge (Nützlinge) einwirken. Man spricht von den „regulierenden Ökosystemleistungen“. Diese regulierenden Ökosystemleistungen haben eine Mittelstellung zwischen Ökologie und Ökonomie. Da sie sich nicht gut monetarisieren lassen, wurden sie im Bewertungsbaum für die Berechnungen der Ökologie zugeteilt.

Die Berechnung der ökologischen und der ökonomischen Nachhaltigkeit erfolgte mit 2 verschiedenen Gewichtungen:

- Moderne Variante: die Gewichtung Ökologie zu Ökonomie beträgt 67% / 33 %. Die moderne Variante spiegelt wieder, dass die Ökosystemleistungen Bestäubung (Bienen) und Schädlingsregulierung (Nützlinge) eine wichtige Rolle spielen.
- Klassische Variante: die Gewichtung Ökologie zu Ökonomie beträgt 50% / 50%.

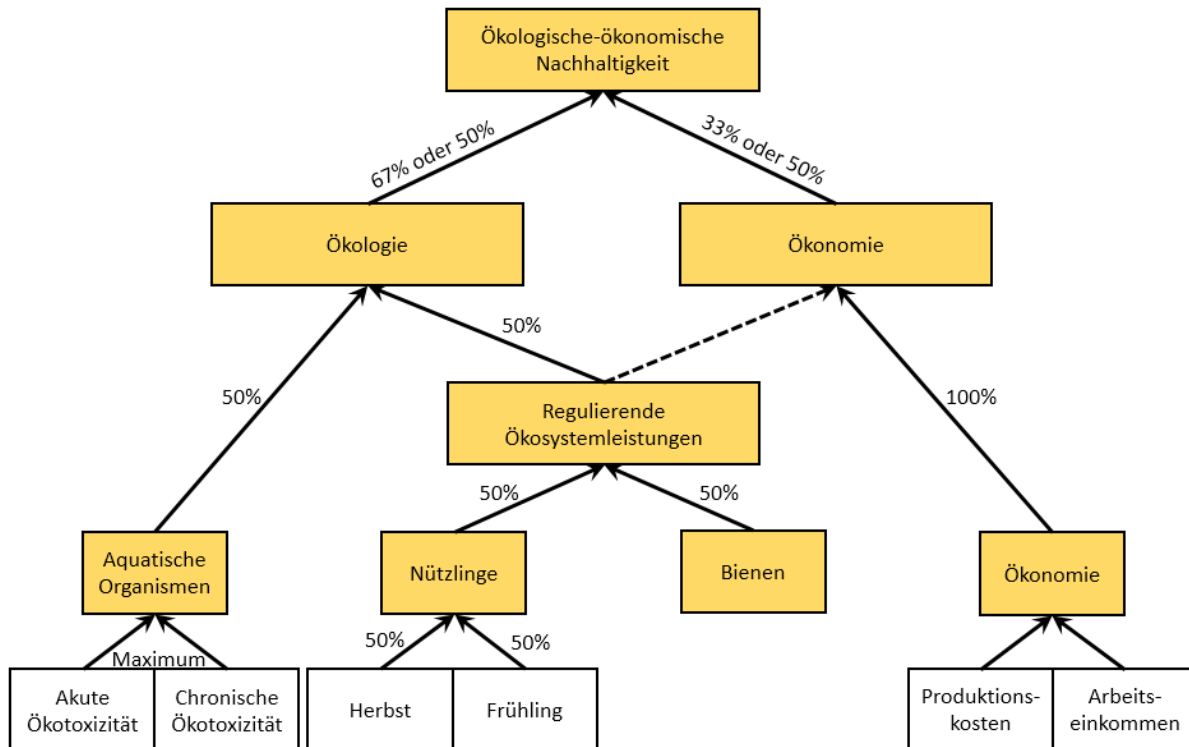


Abbildung 12: Bewertungsbaum für die Aggregation der relativen Bewertungen in der Analyse der ökologisch-ökonomischen Nachhaltigkeit.

Die Aggregation auf den unteren Ebene umfasst die Ökologie (aquatische Organismen), die regulierenden Ökosystemleistungen (Nützlinge, Bienen) und die Ökonomie.

Die Berechnungen erfolgten für den direkten Vergleich Beizung vs. Spritzen (Projektion a) und den Vergleich Beizung vs. Spritzen in einer repräsentativen Spritzfolge (Projektion b).

Für die Bewertung der langfristigen Auswirkungen von Beizen vs. Spritzen in der Schweiz (Projektion c), wurden die Werte aus dem direkten Vergleich (Projektion a) mit den Prognosewerten für die vom Schaden betroffene Fläche (Tabelle 8) in der Schweiz verrechnet.

## 8.3 Resultate und Diskussion

### 8.3.1 Beizen vs. Spritzen im direkten Vergleich (Projektion a)

Das Referenzszenario ist das Szenario B1 (1x Spritzen mit Cypermethrin). Die quantitative Analyse ergab für aquatische Lebewesen ein geringes bis erhöhtes Risiko. Bei den Nützlingen war B1 im Herbst sehr toxisch, im darauffolgenden Frühling hat die Herbst-Applikation jedoch keine Auswirkungen mehr auf die Nützlinge. Auf die Bienen wurde ein leichter Effekt errechnet. Im Bereich Ökonomie wurde für das Referenzszenario REF-Bekämpfungskosten von 253 Franken veranschlagt. Für die relative Bewertung wurden diese Bewertungen auf 3 gesetzt (blau, Abbildung 13) und die anderen Szenarien relativ dazu bewertet.

Betrachtet man die oberste Ebene der Nachhaltigkeitsbeurteilung in Abbildung 13, dann schneiden die gebeizten Szenarien (A) am besten ab. Die beste Bewertung erhält das Szenario A2 (Saatbeizung mit CruiserOSR). Die gespritzten Szenarien (B) schneiden schlechter oder gleich gut ab wie das Referenzszenario. Am schlechtesten wird das Szenario B5 bewertet (modern: 1.6, konventionell: 1.4), bei dem zweimal mit Pyrethroiden behandelt wird (je einmal mit Cypermethrin und Blocker).

In der Ökologie zeigte sich kein einheitliches Bild bezüglich Beizen vs. Spritzen (Abbildung 13). Bei den aquatischen Organismen wurden die Szenarien Saatbeizung mit Chinook (A3) und Spritzen mit Karate (B4) viel schlechter bewertet als das Referenzszenario (B1). Dies könnte an der hohen Toxizität der Wirkstoffe (Imidacloprid (A3) und lambda-Cyhalothrin (B4)) liegen. Nähere Angaben zur Toxizität sind im Anhang in Tabelle 26 zu finden.

Bei den Ökosystemleistungen schnitten Beizen und Spritzen etwa gleich gut ab (2.8-3.0) wie das Referenzszenario mit Ausnahme von Szenario A4 (Kombination Saatbeizung mit Modesto und Spritzen mit Cypermethrin), welches schlechter bewertet (2.0) wurde. Bei genauerer Betrachtung ergibt sich, dass die Neonicotinoide bei den Nützlingen einen kleineren (3.5) und bei den Bienen einen grösseren negativen Einfluss (2.0) als das Referenzszenario (B1) haben. Die B-Szenarien (Spritzen mit Pyrethroiden) wurden ähnlich wie das Referenzszenario bewertet (3.0).

Bei der ökonomischen Bewertung wurden die Beizmittel deutlich besser bewertet als die Spritzmittel. Beim direkten Vergleich Beizen vs. Spritzen (Projektion a) wurden in der ökonomischen Analyse nur die Kosten zur Bekämpfung des REF miteinander verglichen. Der Kaufpreis für gebeiztes und ungebeiztes Saatgut ist gleich hoch. Bei den Beizmitteln muss keine zusätzliche Überfahrt für die Ausbringung der PSM gemacht werden. Ausserdem wurden tiefere Kosten für das Überprüfen der Schadschwelle bei der Beizmittelstrategie veranschlagt. Dies führte dazu, dass das Beizen (A-Szenarien) generell mit 5 („viel besser als das Referenzszenario“) bewertet wurden. Die B-Szenarien werden aus ökonomischer Sicht gleich (Szenario B4), schlechter (B2 und B3) oder viel schlechter (B5) bewertet als das Referenzszenario. Die ökonomische Sichtweise zeigt einen grossen Unterschied in der Bewertung der A- und B-Szenarien und ist daher der dominierende Faktor für den direkten Vergleich Beizen vs. Spritzen.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse eine deutlich bessere Bewertung für die Beizmittel-Strategie (A-Szenarien; modern: 2.9-3.6; konventionell: 3.3-3.9) mit Neonicotinoiden im Vergleich zur Spritzmittelstrategie mit Pyrethroiden (B-Szenarien, modern: 1.9-2.7; konventionell: 1.7-2.5). Der Hauptgrund für den Unterschied findet sich im ökonomischen Teil.

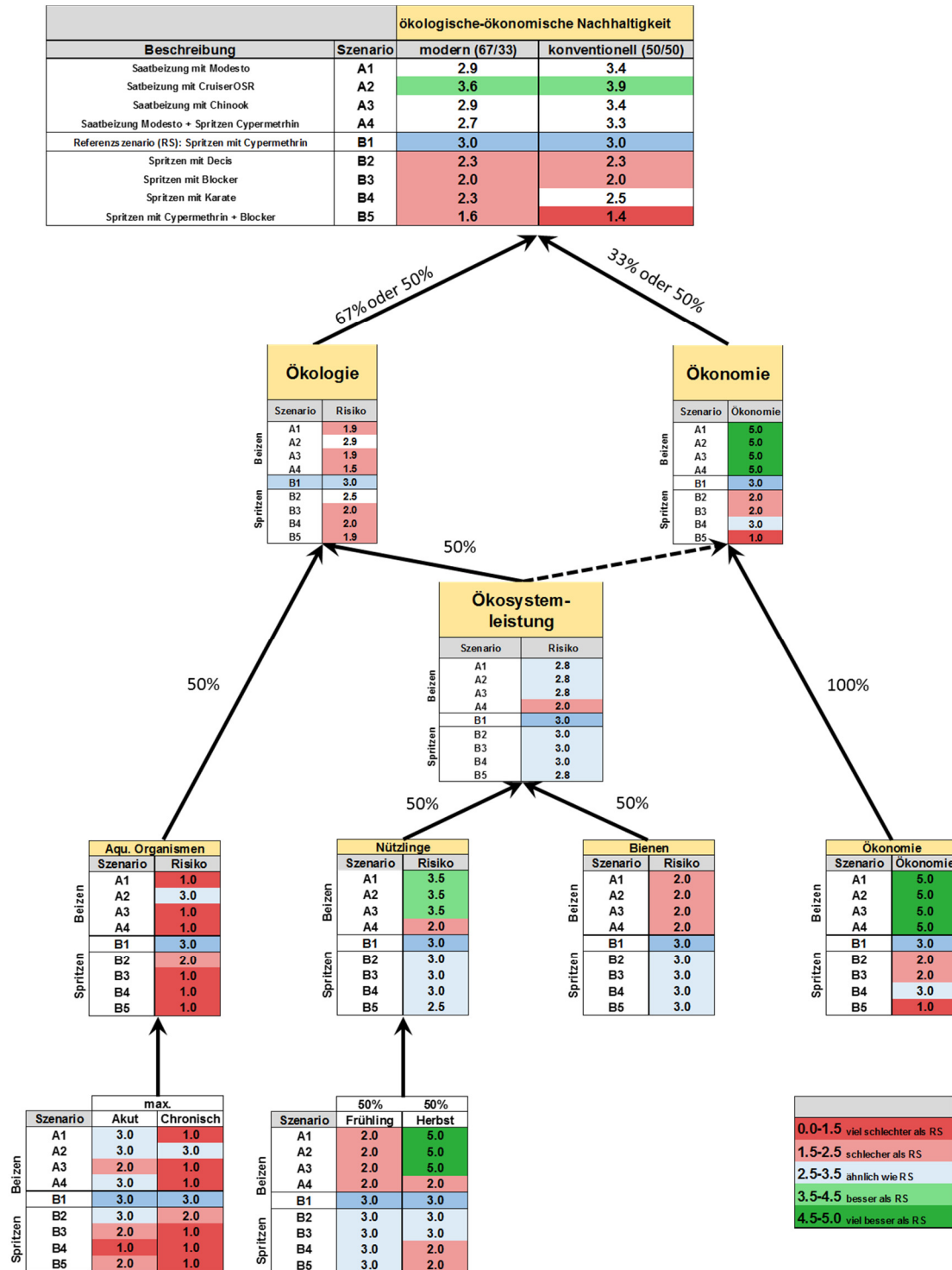


Abbildung 13: Nachhaltigkeitsbewertung für den direkten Vergleich der PSM-Produkte für Beizen und Spritzen; moderne Gewichtung 67% / 33%; konventionelle Gewichtung: 50% / 50%; gestrichelte Linie: nicht monetarisierte Beziehung.

### 8.3.2 Beizen vs. Spritzen in repräsentativen Spritzfolgen (Projektion b)

Das Referenzszenario ist das Szenario B1\* (1 x Spritzen mit Cypermethrin in repräsentativer Spritzfolge). Die quantitative Analyse ergab für aquatische Lebewesen ein hohes Risiko. Bei den Nützlingen wird das Risiko von Szenario B1\* im Herbst sowie im Frühling als stark toxisch eingestuft. Konkret heisst das, dass eine natürliche Regulierung der Schädlinge durch Nützlinge im Frühling und im Herbst nicht mehr gegeben beziehungsweise stark beeinträchtigt ist. Es wurde ein leichter Effekt auf die Bienen errechnet. Im ökonomischen Bereich wurde für den Rapsanbau ein kalkulatorischer Stundenlohn von 37 Fr./h für interne Arbeitskräfte und totale Produktionskosten pro ha von 5039 Franken errechnet. Für die relative Bewertung wurden diese Bewertungen auf 3 gesetzt (blau, Abbildung 14) und die anderen Szenarien relativ dazu bewertet.

Betrachtet man die oberste Ebene der Nachhaltigkeitsbeurteilung in Abbildung 14, dann schneiden die Szenarien, in denen keine REF-Behandlung nötig ist (B6\*) (modern: 3.6; konventionell: 3.7), und der Extenso-Anbau (B7\*) (modern: 3.8; konventionell: 3.5) mit der besten Bewertungen ab.

Das Szenario Saatbeizung mit Modesto ohne zusätzliche Spritzung gegen REF (A1\*) wurde ebenfalls besser bewertet als das Referenzszenario (modern: 3.3, konventionell: 3.5). Wenn der Saatbeizung zusätzlich noch eine Spritzmittelapplikation dazukommt (Szenario A4\*), dann wird dieses Szenario ähnlich bewertet wie das Referenzszenario (modern: 2.9; konventionell: 3.1). Die schlechteste Bewertung erhielt das Szenario B5\*, bei welchem zweimal gespritzt wird (modern: 2.7; konventionell: 2.5).

In der Ökologie unterschieden sich die Szenarien in ihrer Bewertung von 2.8-4.0. Der Extenso-Anbau hatte die höchste Bewertung (4.0). Die anderen Bewertungen waren zwischen 2.8 und 3.3. Dies ist zu einem Teil darauf zurückzuführen, dass die REF-Behandlung nicht der ökologisch dominierende Eingriff bei den aquatischen Organismen darstellt. In der Spritzfolge ist für alle Szenarien Talstar SC das ökotoxikologisch dominierende PSM bei den aquatischen Organismen, ausser beim Extenso-Anbau (B7\*). Im Extenso-Anbau war das Herbizid Devrinol-top dominierend bezüglich Auswirkungen auf die aquatischen Organismen: bedingt durch die hohe Exposition des Wirkstoffes Napropamid in Devrinol-top wurde für die aquatischen Pflanzen ein hohes Risiko errechnet. Daher fallen alle Szenarien (Abbildung 14) in dieselbe Kategorie („hohes“ Risiko) und unterscheiden sich hinsichtlich der aquatischen Ökotoxikologie nicht vom Referenzszenario.

Bei den regulierenden Ökosystemleistungen (Bestäubung, Nützlingsregulierung) schneiden das Szenario Extenso-Anbau (B7\*) mit 5.0 und jenes ohne REF-Behandlung (B6\*) mit 3.5 am besten ab. Die Szenarien der Saatbeizung mit Modesto ohne zusätzliche Spritzung gegen REF (A1\*) und das zweimalige Spritzen mit Pyrethroiden (B5\*) wurden gleich gut bewertet wie das Referenzszenario (3.0). Das kombinierte Szenario, Saatbeizung und Spritzen (A4\*), wurde am schlechtesten bewertet (2.5).

Bei der ökonomischen Bewertung wurden die Beizmittel-Szenarien (A1\* und A4\*) besser bewertet (4.0 und 3.5) als das Referenzszenario. Auch das Szenario ohne REF-Behandlung (B6\*) wurde besser als das Referenzszenario bewertet (4.0). Das Spritzmittel-Szenario mit zwei Pyrethroiden (B5\*) (2.0) und der Extenso-Anbau (B7\*) (2.5) waren schlechter als das Referenzszenario. Die schlechte Bewertung des Extenso-Anbaus ist vor allem auf die erwartete geringere Erntemenge zurück zu führen.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse die beste Bewertung, wenn nicht gebeizt wird und mit Extenso angebaut wird oder wenn keine REF-Behandlung nötig ist (modern: 3.6-3.8; konventionell: 3.5-3.7). Sobald eine Behandlung gegen den REF mit Spritzen erforderlich ist, sinkt die Bewertung bei zweimaliger Spritzung (modern: 2.7; konventionell: 2.5). Eine einmalige Spritzung entspricht dem Referenzszenario (modern: 3.0;

konventionell: 3.0). Die Saatbeizung mit Modesto ((A1\*) wird besser bewertet als das Referenzszenario (modern: 3.3; konventionell: 3.5). Falls zusätzlich zur Saatbeizung eine Spritzung gegen den REF nötig wird (A4\*), ist die Bewertung ähnlich wie jene des Referenzszenarios (modern: 2.9; konventionell: 3.1).

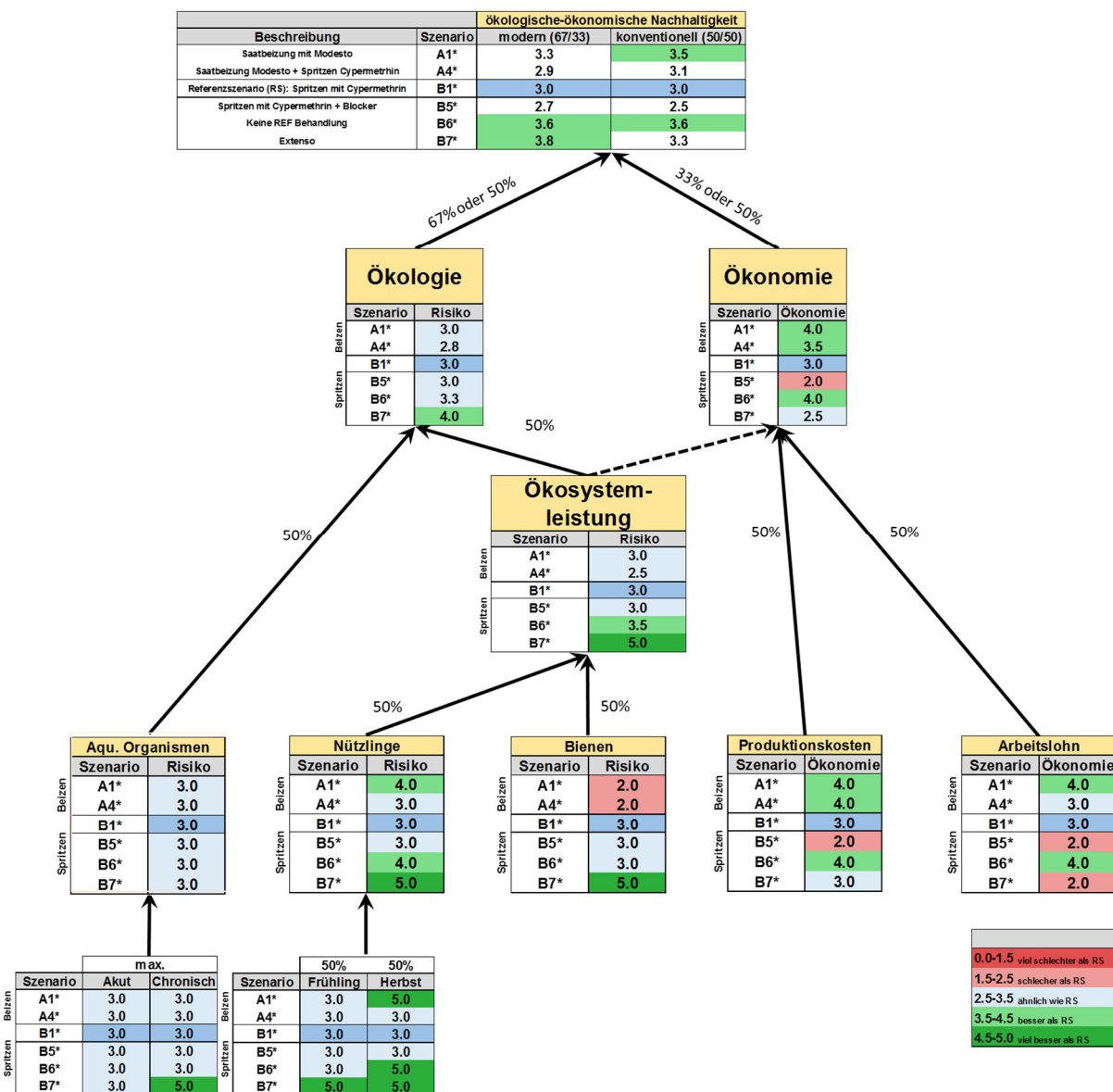


Abbildung 14: Nachhaltigkeitsbewertung für den Vergleich Beizen vs. Spritzen in einer repräsentativen Spritzfolge; moderne Gewichtung 67% / 33%; konventionelle Gewichtung: 50% / 50%; gestrichelte Linie: nicht monetarisierte Beziehung.



Auf den tieferen Ebenen (Abbildung 15) verdeutlicht sich, dass die Beizmittel-Strategie im Bereich Ökologie und Ökosystemleistung markant schlechter abschneidet als die Spritzmittel-Strategie. Einzig bei der Wirtschaftlichkeit schneidet die Beizmittel-Strategie besser ab als die Spritzmittel-Strategie.

Eine Bewertung unter der Annahme, dass der REF-Schadddruck langfristig und grossräumig konstant schwach, mittel oder stark ist, ergab bei schwachem und mittlerem Schadddruck eine Favorisierung der Spritzmittel-Strategie, während bei konstant starkem Schadddruck die Beizmittel-Strategie favorisiert wird (Tabelle 21). Bei einem hohen REF-Schadddruck (einmal in 10 Jahren gemäss Prognose Tabelle 7) ist für die Bekämpfung das Szenarien Saatbeizung + Spritzen (A4) (modern: 3.2; konventionell: 3.7) eindeutig besser geeignet als das Spritzen mit Cypermethrin und Blocker (B5) (modern: 2.8; konventionell: 2.8). Bei mittlerem REF-Schadddruck (zwei Mal in 10 Jahren gemäss Prognose Tabelle 7) ist für die REF-Bekämpfung die Spritzmittel-Strategie (modern: 3.7; konventionell: 3.6) leicht besser geeignet als die Beizmittel-Strategie (modern: 3.2; konventionell: 3.7) (Tabelle 21). Bei schwachem REF-Schadddruck (sieben Mal 10 Jahren gemäss Prognose Tabelle 7) wurde die Nachhaltigkeit der Spritzmittel-Strategie (modern: 4.5; konventionell: 4.4) besser bewertet als die Beizmittel-Strategie (modern: 3.3; konventionell 3.8) (Tabelle 21).

Tabelle 21: Nachhaltigkeitsbewertung der Beizmittel- und Spritzmittel-Strategie unter der der Annahme, dass der REF-Schadddruck langfristig und grossräumig konstant schwach, mittel oder stark ist

Strategie	REF-Schadddruck					
	schwach		mittel		hoch	
	modern	konventionell	modern	konventionell	modern	konventionell
Beizen	3.3	3.8	3.2	3.7	3.2	3.7
Spritzen	4.5	4.4	3.7	3.6	2.8	2.8



## 9 Schlussfolgerung

### 9.1 Fachliche Interpretation

Im direkten Vergleich (Projektion a) schneidet die Beizmittel-Strategie mit neonicotinoidhaltigen PSM-Produkten zur Bekämpfung des REF deutlich besser ab als die Spritzmittel-Strategie mit Pyrethroiden. Der Hauptgrund für den Unterschied findet sich in den Kosten zur Bekämpfung es REF (Spanne: 84 bis 373 Fr. / ha).

Im Kontext einer repräsentativen Spritzfolge während des Rapsanbaus (Einsatz von Insektiziden, Herbiziden und Fungiziden; Projektion b) ist die Bewertung abhängig vom Schadddruck des REF. Bei geringem Schadddruck ist Extensio-Anbau oder Anbau ohne Einsatz von PSM möglich – dies führt zur besten Bewertung. Bei mittlerem und hohem Schadddruck des REF schneidet, wie im direkten Vergleich der PSM-Produkte, jeweils die Beizmittel-Strategie besser ab als die Spritzmittel-Strategie. Im Kontext der Spritzfolge sind die Unterschiede aber weniger ausgeprägt.

Bei der langfristigen Betrachtung über die ganze Schweiz (Projektion c) gab es für die Spritzmittel-Strategie eine deutlich bessere Bewertung als für die Beizmittel-Strategie. Der Grund liegt darin, dass der Schadddruck nicht auf allen Rapsanbauflächen jedes Jahr gleich gross ist. Die Annahme hier war, dass der Schadddruck einmal in 10 Jahren hoch und zweimal in 10 Jahren mittel ist. Bei einem tiefen Schadddruck wird die Schadschwelle nur in 10 % der Fälle erreicht.

Die Gewichtung von Ökologie vs. Ökonomie (modern: 67% / 33%; konventionell: 50% / 50%) beeinflusste die Nachhaltigkeitsbewertung. Die höhere Bewertung der Ökologie (moderne Gewichtung), begründet durch die Wichtigkeit der regulierenden Ökosystemleistungen (Bestäubung, Schädlingsregulation), führte zu einer schwächeren Favorisierung der Beizmittel-Strategie im direkten Vergleich Beizen vs. Spritzen und auch im Vergleich im Kontext der Spritzfolge. Bei der langfristigen Betrachtung über die ganze Schweiz favorisierte die moderne Gewichtung noch eindeutiger als die konventionelle die Spritzmittel-Strategie.

Eine Bewertung unter der Annahme, dass der Schadddruck langfristig und grossräumig konstant schwach, mittel oder stark ist, ergab bei schwachem und mittlerem Schadddruck eine Favorisierung der Spritzmittel-Strategie, während bei konstant starkem Schadddruck die Beizmittel-Strategie favorisiert wird.

Die Gültigkeit der durchgeführten Analysen und Berechnungen ist eng mit den im Projekt definierten Rahmenbedingungen verknüpft. Viele Faktoren können sich im Laufe der Zeit ändern. Allenfalls wird dadurch die Nachhaltigkeitsbewertung beeinflusst. Folgendes sind Beispiele solcher Faktoren:

- Die Entwicklung des REF hängt stark von den klimatischen Bedingungen ab: überdurchschnittlich hohe Temperaturen im Oktober können zu einem starken Befallsdruck führen. Extrapolierte Trendrechnungen für Nordthein-Westfalen lassen vermuten, dass der Befallsdruck vom REF im Rahmen des Klimawandels zunehmen könnte (Volk, Epke et al. 2010).
- Beim Einsatz von Pyrethroiden besteht das Risiko der Resistenzentwicklung. Erhebungen in Deutschland zeigen eine Zunahme der Pyrethroid-Resistenzen beim REF, vor allem in Norddeutschland (Heimbach and Müller 2013).
- Im Bereich des chemischen Pflanzenschutzes können durch die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der chemischen Industrie neue Wirkstoffe auf den Markt kommen. Diese haben möglicherweise andere Risikoprofile und Kosten als die hier untersuchten. Zudem ist denkbar, dass es neue Wirkstoffe sowohl für die Beizung als auch das Spritzen geben wird.

- Die Anwendungstechnik der Pflanzenschutzmittel, die risikomindernden Massnahmen für die Umwelt und die Anbausysteme werden ständig weiterentwickelt.
- Nationale und internationale Märkte werden sich mittel- und langfristig wahrscheinlich ändern und damit werden sich möglicherweise auch die Produktionskosten und der erzielbare Arbeitslohn ändern. So könnte ein erhöhtes Angebot an anderen Ölsaaten auf die Preise für Raps drücken und die Einnahmen reduzieren. Dies wird wegen des derzeit in Verhandlung stehenden Freihandelsabkommens mit Malaysia und Indonesien befürchtet, da in diesen Ländern grosse Mengen von Palmöl produziert werden (Wahl 2015).
- Die Gewichtung der Ökologie (parlamentarische Vorstösse, Nationaler Aktionsplan PSM) und der Ökosystemleistungen (Robertson, Katherine et al. 2014) kann sich in Zukunft ändern; ebenso die Bedeutung einer Intensivierung und Erhöhung der Ressourceneffizienz.

Wir gehen davon aus, dass trotz dieser Unsicherheiten die durchgeführte Nachhaltigkeitsanalyse relativ robust und gültig ist. Das heisst, dass wir die Spritzmittel-Strategie favorisieren, da der REF-Schadddruck in der Schweiz nach heutigem Wissen langfristig häufiger schwach bis mittel sein wird.

## 9.2 Umsetzung

In den kommenden Jahren muss das BLW entscheiden, ob die suspendierten PSM-Produkte (Beizmittel mit Neonicotinoiden) wieder bewilligt werden. Aus Sicht dieser Nachhaltigkeitsanalyse besteht keine Notwendigkeit, die Suspendierung der Beizmittel mit Neonicotinoiden in der Schweiz aufzuheben. Da Faktoren wie der REF-Befallsdruck, die Resistenzbildung, chemischer Pflanzenschutz, etc. sich im Lauf der Jahre verändern können, empfehlen wir, zurzeit keine „irreversiblen“ Entscheide zu treffen, d.h. weder ein Verbot der Neonicotinoide auszusprechen noch einen Grundsatzentscheid gegen die Beizung zu fällen.

Bei der Umsetzung der Spritzmittel-Strategie zur Bekämpfung des REF ist es wichtig, die Pyrethroide nur so häufig einzusetzen wie „wirklich“ nötig. Deshalb ist es entscheidend, die Prinzipien der integrierten Produktion (Barzman, Bärberi et al. 2015, Furlan and Kreuzweiser 2015) einzuhalten. Wichtig ist das strikte Einhalten des Schadschwellenprinzips. Durch die Notwendigkeit einer Sonderbewilligung für den Einsatz der Pyrethroide gegen den REF wird das Einhalten der Prinzipien der integrierten Produktion stark unterstützt. Da offenbar die Landwirte und die Pflanzenschutzberater bisher eher die Beizmittel-Strategie befürworten, empfiehlt es sich die Stakeholder geeignet zu informieren und evtl. anzuhören.

## 9.3 Methodische Aspekte

Die vorliegende Entscheidungsanalyse ist abgeschlossen. Mit der Auswahl der untersuchten Aspekte konnte zudem eine sehr gute Grundlage für die Nachhaltigkeitsbewertung von vergleichbaren Anwendungen von Spritz- und Saatbeizmitteln zur Bekämpfung des REF gemacht werden.

Die hier durchgeführte Nachhaltigkeitsbewertung mit MCDA ist zwar auf dem neusten fachlichen Stand, aber konzeptionell und methodisch gibt es Verbesserungspotential. Im Bereich Ökologie wurden die Auswirkungen auf Gewässerorganismen untersucht. Weitere Aspekte sind Effekte auf terrestrische Nicht-Ziel Organismen (ausserhalb der landwirtschaftlichen Fläche), wie beispielsweise Arthropoden ausserhalb des Feldes (Daniel, Stöckli et al. 2013), Vögel (Hallmann, Foppen et al. 2014), Amphibien (Aldrich, Junghans et al. 2015) und Säuger. Vor allem im terrestrischen Bereich ist die langfristige Nachhaltigkeit nicht unbedingt

durch einzelne Rapsfelder und einzelne PSM-Behandlungen bestimmt, sondern eher durch die Summe aller Einflüsse auf Landschaftsebene.

Die Ökosystemleistungen sind zurzeit in aller Munde. Diese müssten konzeptionell in die MCDA integriert werden. Ein erster Versuch wurde in der vorliegenden Arbeit mit den Bienen (Bestäubung) und den Nützlingen (Schädlingsregulation) gemacht. Thematisch könnte das ergänzt werden durch die Bodenfruchtbarkeit und die Bestäubung durch Wildbienen und Hummeln, welche ca. 50 % der natürlichen Bestäubungsaufgaben übernehmen (Kleijn, Winfree et al. 2015).

Im Bereich der Ökonomie müsste die Erntesicherheit besser berücksichtigt werden. Auch wäre es allenfalls möglich 2-3 Standard-Szenarien der makro-ökonomischen Entwicklung zu berücksichtigen.

Um die soziale Komponente der Nachhaltigkeit zu integrieren, könnten weitere Aspekte, wie beispielsweise gesundheitliche Auswirkungen auf die Menschen (Landwirte, Anwohner, Konsumenten) berücksichtigt werden.

## 10 Bibliografie

AGRIDEA (2013). Deckungsbeiträge Ausgabe 2013. Lindau, Agridea, Fibl.

AGRIDEA (2013). Preiskatalog, agridea.

Aldrich, A., et al. (2015). "Amphibien und Pflanzenschutzmittel – mehr Informationen sind gefragt." Oekotoxzentrum News **3–5**.

Assessment, M. E. (2005). "Ecosystems and human well-being: wetlands and water." World resources institute, Washington, DC **5**.

Barzman, M., et al. (2015). "Eight principles of integrated pest management." Agronomy for Sustainable Development **35(4)**: 0.

Biobest (2015). "Biobest." from <http://www.biobest.be/neveneffecten/2/search-itmq/>.

BLW (2014). "Marktbericht Ölsaaten Rapsanbau Top, Extenso-Raps Flop."

Breitenmoser, S. and R. Baur (2013). "Einfluss von Insektiziden auf Nützlinge in Getreide- und Kartoffelkulturen." Agrarforschung Schweiz.

Breitenmoser, S. and A. Zimmermann (2015). Altise du colza : situation, résultats et perspectives, Agroscope.

Brock, T. C. and R. P. Van Wijngaarden (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." Environmental Science and Pollution Research **19(8)**: 3610-3618.

Bundestag, D. (1997). "Konzept Nachhaltigkeit. Fundamente für die Gesellschaft von morgen." Zwischenbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ **des 13**.

Calabrese, C., et al. (2013). Nachhaltigkeitsbewertung von Sonderbewilligungen für Insektizide gegen Kartoffelkäfer und Getreidehähnchen. Tänikon, Agroscope.

Cinelli, M., et al. (2014). "Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment." Ecological Indicators **46**: 138-148.

Cutler, G. C., et al. (2014). "A large-scale field study examining effects of exposure to clothianidin seed-treated canola on honey bee colony health, development, and overwintering success." PeerJ **2**: e652.

Daily, G. C., et al. (2009). "Ecosystem services in decision making: time to deliver." Frontiers in Ecology and the Environment **7(1)**: 21-28.

Daniel, O. (2008). "Dienstleistungen der Natur - Zählt nur, was kostet?" Agrarforschung Schweiz.

Daniel, O. (2008). "Risiken für nützliche Arthropoden durch Pflanzenschutzmittel." Agrarforschung Schweiz.

Daniel, O., et al. (2007). "Ökotoxikologische Risikoanalysen von Pflanzenschutzmittel." Agrarforschung Schweiz.

- Daniel, O., et al. (2013). Risikomindernde Massnahmen Pflanzenschutz RMM „Non Target Arthropods“ (NTA).
- Douglas, M. R., et al. (2015). "EDITOR'S CHOICE: Neonicotinoid insecticide travels through a soil food chain, disrupting biological control of non-target pests and decreasing soya bean yield." Journal of Applied Ecology **52**(1): 250-260.
- Dubuis, P.-H., et al. (2011). "Guide phytosanitaire pour la viticulture 2011/2012." Rev Suisse Vitic Arboric Hortic **43**: 13-60.
- E-Phy (2015). from <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>.
- EFSA, G. O. (2013). "EFSA Guidance Document on the risk assessment of plant protection products on bees (Apis mellifera, Bombus spp. and solitary bees)."
- Fénaco (2014). "Monitoring Gelbschalen." from <http://www.nuetzlinge.ch/de/produkte/monitoring/product/monitoring/gelbfangschale-10675>.
- Fries, I. and K. Wibran (1987). "Effects on honey-bee colonies following application of the pyrethroids cypermethrin and PP 321 in flowering oilseed rape." American bee journal (USA).
- Furlan, L. and D. Kreuzweiser (2015). "Alternatives to neonicotinoid insecticides for pest control: case studies in agriculture and forestry." Environmental Science and Pollution Research **22**(1): 135-147.
- Gazzarin, C. (2014). Maschinenkosten 2014. ART-Title. Ettenhausen, Agroscope. **37**.
- Grossenbacher, D. (2014). Auch Umstellbetriebe können liefern. Schweizer Bauer.
- Guitouni, A. and J.-M. Martel (1998). "Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method." European journal of operational research **109**(2): 501-521.
- Gutsche, V. and J. Strassemeyer (2007). "SYNOPSIS – ein Modell zur Bewertung des Umwelt-Risikopotentials von chemischen Pflanzenschutzmitteln." Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienste **59**(9): 197-210.
- Hallmann, C. A., et al. (2014). "Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations." Nature **511**(7509): 341-343.
- Heimbach, U. and A. Müller (2013). "Incidence of pyrethroid-resistant oilseed rape pests in Germany." Pest management science **69**(2): 209-216.
- Hiltbrunner, J. and D. Pellet (2012). "Liste der empfohlenen Winterapportarten für die Ernte 2013." Agrarforschung Schweiz.
- Hoop, D. and D. Schmid (2014). Grundlagenbericht 2013. I. f. N. I. Agroscope. Tänikon, Agroscope, Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften INH: 270.
- Hopwood, J., et al. (2013). Beyond the Birds and the Bees: Effects of Neonicotinoid Insecticides on Agriculturally Important Beneficial Invertebrates. The Xerces Society for Invertebrate Conservation.
- Jarvis, N. (1994). The MACRO Model (version 3.1). Technical description and sample simulations.

- Jaussi (2012). Reihenuntersuchung. Aktuelle Produktionstechnik und Wirtschaftlichkeit in der Praxis im Rapsanbau verschiedener Anbausysteme.
- Joachimsmeier, I., et al. (2012). "Guttation and risk for honey bee colonies (*Apis mellifera* L.): Use of guttation drops by honey bees after migration of colonies-A field study." Julius-Kühn-Archiv(437): 76.
- Kleijn, D., et al. (2015). "Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation." Nat Commun **6**.
- Krebs, H. (2012). Saatgutbehandlung bei Zuckerrüben, Raps, Mais und Getreide, Agroscope.
- Linkov, I., et al. (2005). "Multi-criteria decision analysis: A framework for managing contaminated sediments." Strategic management of marine ecosystems: 271-297.
- Ludwig, T. (2013). Regulierung von Rapsschädlingen im ökologischen Winterrapsanbau durch den Mischanbau mit Rüben (*Brassica rapa* L. var. *silvestris* (Lam.) Briggs) sowie den Einsatz naturstofflicher Pflanzenschutzmittel, Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät.
- Matsuda, K., et al. (2001). "Neonicotinoids: insecticides acting on insect nicotinic acetylcholine receptors." Trends in Pharmacological Sciences **22**(11): 573-580.
- Mineau, P. and C. Palmer (2013). The impact of the nation's most widely used insecticides on birds, American Bird Conservancy.
- Moffat, C., et al. (2015). "Chronic exposure to neonicotinoids increases neuronal vulnerability to mitochondrial dysfunction in the bumblebee (*Bombus terrestris*)." The FASEB Journal **29**(5): 2112-2119.
- Moscardini, V. F., et al. (2015). "Sublethal effects of insecticide seed treatments on two nearctic lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae)." Ecotoxicology **24**(5): 1152-1161.
- Mouron, P., et al. (2012). "Sustainability assessment of crop protection systems: SustainOS methodology and its application for apple orchards." Agricultural Systems **113**: 1-15.
- Nauen, R., et al. (2003). "Thiamethoxam is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants." Pesticide Biochemistry and Physiology **76**(2): 55-69.
- Nuyttens, D., et al. (2013). "Pesticide-laden dust emission and drift from treated seeds during seed drilling: a review." Pest management science **69**(5): 564-575.
- Pellet, D. (2013). "Forschung und Entwicklung beim Raps: Rückblick und Ausblick." Agarforschung Schweiz **4**: 59.
- Pistorius, J., et al. (2012). "Assessment of risks to honey bees posed by guttation." Julius-Kühn-Archiv(437): 199.
- Pretorius, R. J. (2014). The effect of agricultural practices on sugar beet root aphid (*Pemphigus betae* Doane) and beneficial epigeal arthropods, The University of Nebraska-Lincoln.
- Rautmann, D. and M. Strelake (2001). "Die Verzahnung der Prüfung der Pflanzenschutzgeräte mit der Zulassung der Pflanzenschutzmittel." NACHRICHTENBLATT-DEUTSCHEN PFLANZENSCHUTZDIENSTES BRAUNSCHWEIG **53**(10): 270-273.

- Rieth, J. p. and M. d. Levin (1988). "The repellent effect of two pyrethroid insecticides on the honey bee." Physiological entomology **13**(2): 213-218.
- Robertson, P., et al. (2014). "Farming for ecosystem services: An ecological approach to production agriculture." BioScience **64**(5): 404-415.
- Rundlöf, M., et al. (2015). "Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees." Nature **521**(7550): 77-80.
- Seagraves, M. P. and J. G. Lundgren (2012). "Effects of neonicotinoid seed treatments on soybean aphid and its natural enemies." Journal of Pest Science **85**(1): 125-132.
- Soderlund, D. M. (2012). "Molecular mechanisms of pyrethroid insecticide neurotoxicity: recent advances." Archives of toxicology **86**(2): 165-181.
- Stehle, S. and R. Schulz (2015). "Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale." Proceedings of the National Academy of Sciences **112**(18): 5750-5755.
- Steiner, T. (2015). Arbeitszeit Kontrolle Gelbschalen.
- Sukhdev, et al. (2010). The economics of ecosystems and biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB, UNEP, Ginebra (Suiza).
- Swissgranum (2015). Getreide, Ölsaaten und Körnerleguminosen Schätzung Anbauflächen und Ernteprognose von Wintergetreide und Raps.
- Thompson, H. M. (2003). "Behavioural effects of pesticides in bees—their potential for use in risk assessment." Ecotoxicology **12**(1): 317-330.
- Volk, T., et al. (2010). Klimawandel in Nordrhein-Westfalen—Auswirkungen auf Schädlinge und Pilzkrankheiten wichtiger Ackerbaukulturen. Abschlussbericht, pro-Plant GmbH, Münster, German.
- Volker, H. (1988). Krankheiten und Schädlinge des Rapses (Th. Mann éd.), Gelsenkirchen-Buer.
- Wahl, M. (2015). "Palmöl droht Rapsöl zu verdrängen."
- Wirth, J., et al. (2010). "Index phytosanitaire pour l'arboriculture 2010." Revue suisse de viticulture, arboriculture, horticulture **42**(1).

# 11 Anhang

## 11.1 Projekt

### 11.1.1 Ausschreibung durch das BLW

Projektausschreibung/BLW, Direktionsbereich Produktionssysteme und natürliche Ressourcen

#### Nachhaltigkeitsbewertung von vergleichbaren Anwendungen von Spritz- und Saatbeizmitteln zur Bekämpfung des Rapserrdflohs

##### Ziel

Nachhaltigkeitsbewertungen (Kosten-Nutzen Analysen) von vergleichbaren Spritz- oder Saatbeizmittel Anwendungen zur Bekämpfung des Rapserrdflohs.

##### Hintergrund

Das Bundesamt für Landwirtschaft hat im letzten Jahr Neonicotinoid-haltige Saatbeizmittel sistiert. In den kommenden zwei Jahren muss das BLW entscheiden, ob die suspendierten Produkte wieder bewilligt werden könnten. Um diese Entscheidung vorzubereiten, soll in Ergänzung zu den Anforderung an das Dossier im Rahmen der Zulassung eine Kosten-Nutzen Analyse der verschiedenen Optionen zur Schädlingsbekämpfung durchgeführt werden.

Erste Konsequenzen der Sistierung der Neonicotinoide als Saatbeizmittel werden spürbar. Dazu gehört der erhöhte Einsatz von Pyrethroiden. Für die Bekämpfung des Rapserrdflohs wurden bis heute über 150 Sonderbewilligungen ausgestellt. Unter Umständen bleibt es nicht bei einer Anwendung, sondern es sind sogar zwei Behandlungen mit Pyrethroiden notwendig; das gilt vornehmlich für Felder, die früh (Ende August) gesät wurden.

##### Projektbeschreibung

Ziel ist es, eine Nachhaltigkeitsevaluation der Anwendungen von Clothianidin, Imidacloprid und Thiamethoxam als Saatbeizmittel in den sistierten Bewilligungen für die Bekämpfung des Rapserrdfloh im Vergleich zu Insektiziden (Pyrethroiden), die als Spritzapplikation Anwendung finden, vorzunehmen (Tabelle 1). Als Methodik bietet sich die SustainOS Methode an.

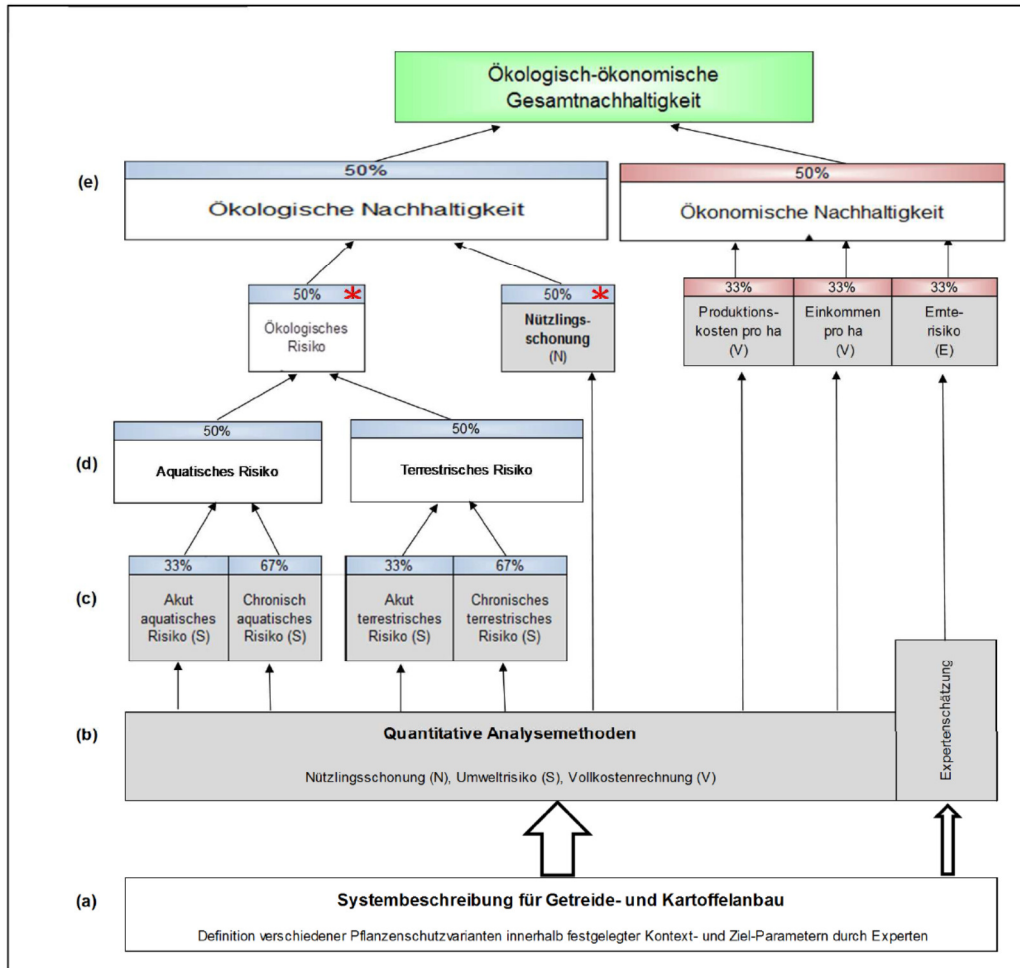
Tabelle 1. Konkreter Vergleich von Bekämpfungsstrategien mit Neonicotinoid-haltigen Saatbeizmitteln und Pyrethroid-haltigen Spritzmitteln gegen den Rapserrdfloh

Kultur	Schadorganismus	Saatbeizmittel (Produkt/Wirkstoff)	Spritzmittel
Raps	Rapserrdfloh	a. Elado+Modesto/ Clothianidin b. CruiserOSR/ Thiamethoxan c. Chinook/ Imidacloprid	1. Cypermethrin 2. Decis (Deltamethrin) 3. Blocker (Etofenprox) 4. Karate 5. (Lamba-cyhalothrin)



Als Indikatoren (Attribute) werden für die Nachhaltigkeitsbewertung die im folgenden Schema aufgeführten Grössen evaluiert (Abbildung 1).<sup>1</sup>

Abbildung 1. Indikatoren de Nachhaltigkeitsanalyse



\* inklusive Wirkung auf Bienen

**Reporting**

Die Analyse wird dem BLW in Form einer Präsentation und eines Berichts bis Mitte 2015 vorgelegt.

<sup>1</sup> Aus: Mouron P., Calabrese C., Breitenmoser S., Spycher S. & Baur R., 2013. Nachhaltigkeitsbewertung von Pflanzenschutzvarianten im Getreide und Kartoffelbau. Agrarforschung Schweiz 4 (9), 368–375.

### 11.1.2 Projektorganisation an Agroscope

Projektdauer: Januar 2015 – Juni 2015

Projektauftraggeber: Jean-Philippe Mayor (Institutsleitung IPB)

Projektleitung: Otto Daniel, Agroscope (IPB) und Marcel Mathis, Agroscope (IPB)

Projektbearbeitung: Jean-Daniel Charrière (INT), Laura de Baan (IPB), Anne Wunderlich (INH), und Stève Breitenmoser (IPB)

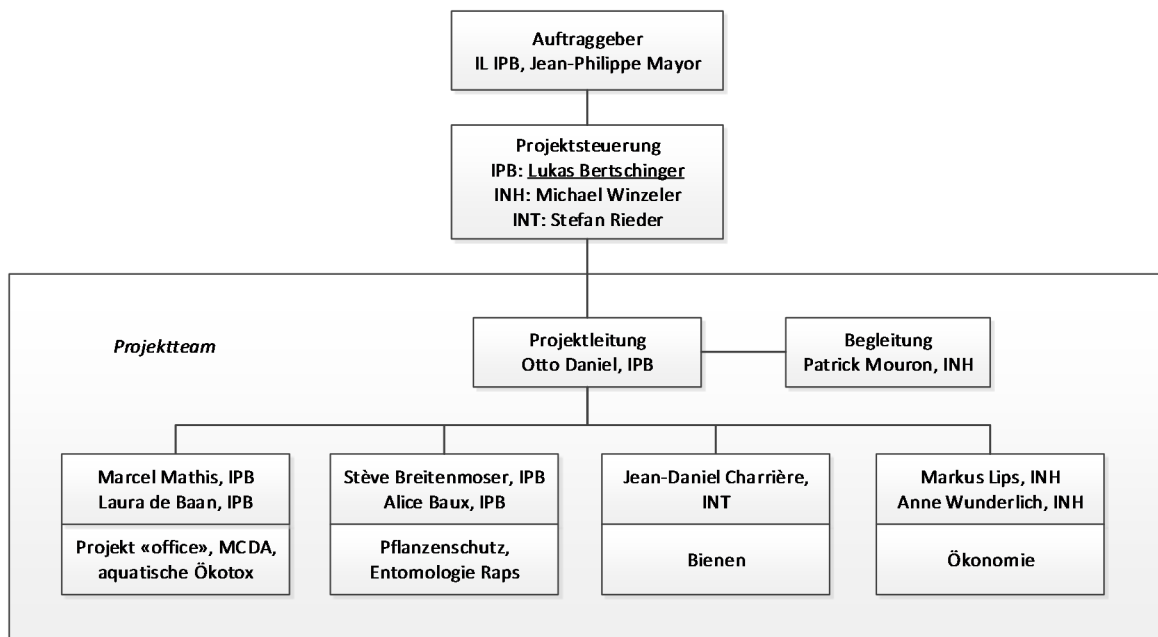


Abbildung 16: Projektorganisation für die Nachhaltigkeitsbewertung von vergleichbaren Anwendungen von Spritz- und Saatbeizmitteln zur Bekämpfung des REF

### 11.1.3 Milestones des Projektes

Tabelle 22: Milestones für das Projekt (Nachhaltigkeitsbewertung von vergleichbaren Anwendungen von Spritz- und Saatbeizmitteln zur Bekämpfung des REF)

Meilensteine		Leistung/Abwicklungsziel	Datum, 2015
MS 1	Start	<ul style="list-style-type: none"> <li>• P-Team ist informiert;</li> <li>• Projekt ist geplant;</li> <li>• Praktikant eingestellt (Verspätung)</li> </ul>	22.01. 22.01. 01.03
MS 2	Workshop 1	Problemabgrenzung, Zielfindung, Definierung von Systembeschreibung, Szenarien und Projektion; Auswahl Methoden und Abschätzen Zeitaufwand	11.03
MS 3	Teilbericht der Analysen für aqu. Organismen, Nützlinge, Bienen, Ökonomie	Analysen bezüglich Aquatik, Bienen, Nützlingen, Produktionskosten, Einkommen	15.05
MS 4	Workshop 2	Vorstellung und Diskussion der Teilberichte	20.05
MS 5	Gesamtanalyse (MCDA) und feedbacks Experten und BLW	MCDA durchgeführt und beschrieben; Teilberichte optimiert; Vernehmlassung Bericht bei Projektmitarbeiter und BLW (Verspätung: 1 Woche)	15.07
MS 6	Abgabe des Berichts an Leitung Projektsteuerung; Wissenstransfer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abgabe des Berichts</li> <li>• Geplant nach Abgabe des Berichtes: Präsentation am BLW und SETAC; Publikation</li> </ul>	31.07

## 11.2 PSM-Gebrauch in der Schweiz für die REF-Bekämpfung

Die ausgebrachte Menge der Pyrethroide hatte im Jahr 2014 durch die Spritzung stark zugenommen im Vergleich zu den Vorjahren. Trotzdem blieb die totale ausgebrachte Menge der Pyrethroide über die letzten Jahre im Rapsanbau in derselben Grössenordnung (200-280 kg), da im Rapssaatbeizmittel neben den Neonicotinoiden ebenfalls Pyrethroide enthalten waren. Seit 2014 wurde durch die Suspendierung über eine Tonne Neonicotinoide im Vergleich zu den Vorjahren eingespart (Tabelle 23).

Tabelle 23: Geschätzte ausgebrachte Menge Wirkstoff in kg von Pyrethroiden und Neonicotinoide im Schweizer Rapsanbau zur REF-Bekämpfung von 2011-2014

Strategie		2011	2012	2013	2014
Spritzen	Pyrethroide [kg]	7	18	16	210
	Neonicotinoide [kg]	1221	1215	1223	Beizmittel suspendiert
Beizen	Pyrethroide [kg]	262	261	262	
	Total Pyrethroide [kg]	269	279	278	210
	Totale Neonicotinoide [kg]	1221	1215	1223	0

Quelle: (Krebs 2012, Breitenmoser and Zimmermann 2015, Swissgranum 2015)

### 11.3 Detail-Informationen zu Rahmenbedingungen und Szenarien

Tabelle 24: Übersicht über in dieser Studie verwendete Pflanzenschutzmittel, Dosierungen, Auflagen und Indikationen (Quelle: 1: Pflanzenschutzmittelverzeichnis Bund (<http://www.blw.admin.ch/themen/00011/00075/00294/index.html?lang=de> - 10.03.2015))

Produkt	Applikation <sup>1</sup>		Beizung			Saattrate	TKgew	Resistenzrisiko	Schadsschwelle	Blennengefährlichkeit <sup>1</sup>	Abstandsauflage <sup>1</sup>		WS1			WS2			WS3			Indikationen				
	[L/ha]	n	L / 100 kg	Körner/ m <sup>2</sup>	[kg/ha]						[g]	[m]	[m]	Name	%	[g/L]	[g ai/ha]	Name	%	[g/L]	[g ai/ha]		Name	%	g/L	[g ai/ha]
<b>Saatbeizung mit Neonicotinoid</b>																										
			(55-150)	(4-8)	(4-9)																					
Modesto	0.15	1	2.5	102.5	6	6.5	keine	?					Clothianidin	33.4	400	60	beta-cyfluthrin	6.7	80	12.0				Rapsdrift		
CruiserOSR	0.09	1	1.5	102.5	6	6.5	keine	?					Thiametoxan	24.5	280	25	Metalaxyl-M	2.8	32.3	2.9	Fludioxonil	1	8	0.7	Rapsdrift (Auffa/krankheiten, Falscher Mehltau)	
Chinook	0.1	1	1.7	102.5	6	6.5	keine	?					Imidacloprid	9.4	100	10	beta-cyfluthrin	9.4	100	10.0				Rapsdrift		
<b>Spritzung Pyrethroid</b>																										
Cypermethrin	0.25	1					gross	Ja	Ja	100	6		Cypermethrin	10	100	25								Rapsdrift		
Decis	0.3	1					gross	Ja	Ja	50	6		Deltamethrin	2.81	25	8									Rapsdrift	
Blocker	0.3	1					gross	Ja	?	20			Etofenprox	30	288	86									Rapsdrift	
Karate	0.15	1					gross	Ja	Ja	20			Lambda-Cyhalothrin	5.5	50	8									Rapsdrift	
<b>andere PSM</b>																										
Talstar SC	0.2	1							Ja	50			Bifenthrin	7.86	80	16									Rapsglanzkäfer (Teilwirkung: Kohlschoten-gallmücke)	
Horizont 250 EW	1	1											Tebuconazole	25.8	250	250										Wurzelhals- und Stengelfäule (Phoma)
Devrinol-top	3	1											Napropamide	31.7	345	1035	Clo-mazone	2.8	30	90						Einfährige Diotyleniden (Unkräuter)
Biscaya	0.4	1								6			Thiaclopride	23	240	96									Rapsglanzkäfer	

## 11.4 Detail-Informationen zur aquatischen Ökotoxizität

Tabelle 25: Für das Expositionsmodell verwendete Umweltparameter

Umweltparameter	Berücksichtigte Werte	Quelle
Hangneigung	0, 6 und 12 %	Expertenschätzung an Workshop 1
Klima (Niederschlag und Temperatur)	30-jähriges Mittel der 4 Stationen: Changins, Güttingen, Langnau IE., Tänikon	IDAweb Meteo Schweiz Stationen: Cadenazzo und Sion wurden nicht berücksichtigt, da im Wallis und im Tessin der Anbau von Raps eine untergeordnete Rolle spielt
Bodentyp	-LBA-NR. 21: Braunerde / Parabraunerde / Pararendzina aus lehmig-sandigen, kalkhaltigen Moränenablagerungen, (nicht drainiert)  -LBA-NR. 29: Braunerde-Pseudogley / Podsol-Pseudogley aus sandigen Deckschichten über Geschiebelehm (drainiert)	Düwel O., Siebner C. S., Utermann J., Krone F, 2007: Bodenarten der Böden Deutschlands Bericht über länderübergreifende Auswertungen von Punktinformationen im FISBo BGR
Abstand zu Oberflächengewässer	Min. 6 m gemäss ÖLN (Annahme: bewachsener Streifen), ansonsten Abstandstandauflagen für driftreduzierende Applikation	PSM- Verzeichnis BLW
Gewässertyp	Stehendes Gewässer	Damit akkumulierte Effekte sichtbar und berechenbar sind (bei Fließgewässer werden die PSM in einem Tag weggespült)

Tabelle 26: Übersicht über die ökotoxikologischen Endpunkte der Wirkstoffe, welche im REF-Projekt verwendet wurden, der dazugehörigen Testspezies (kursiv) und der Datenquelle.

	Invertebraten AKUT (LC50 in mg/l)	Invertebraten CHRONISCH (NOEC in mg/l)	Algen AKUT (LC50 in mg/l)	Fisch AKUT (LC50 in mg/l)	Fisch CHRONISCH (NOEC in mg/l)
<b>beta-Cyfluthrin</b>	2.90E-04 <i>D. magna</i> / Efsa report 2002	2.00E-05 <i>D. magna</i> / Efsa report 2002	1.00E+01 <i>S. subspicatus</i> / Efsa report 2002	6.80E-05 <i>O. mykiss</i> / Efsa report 2002	1.00E-05 <i>O. mykiss</i> / Efsa report 2002
<b>Bifenthrin</b>	1.00E-04 <i>D. magna</i> / Efsa report 2011	9.50E-07 <i>D. magna</i> / Efsa report 2011	1.00E+02 algae/ Efsa report 2008	1.00E-04 <i>S. gairdneri</i> / Efsa report 2008	1.20E-05 <i>S. gairdneri</i> / Efsa report 2008
<b>Clomazone</b>	1.27E+01 <i>D. magna</i> / Efsa report 2007	2.20E+00 <i>D. magna</i> / Efsa report 2007	1.85E-01 <i>D. magna</i> / Efsa report 2007	1.55E+01 <i>O. mykiss</i> / Efsa report 2007	2.30E+00 <i>O. mykiss</i> / Efsa report 2007
<b>Clothianidin</b>	2.90E-02 <i>C. riparius</i> (EC50) / P.P.P. Finnland 2011	7.20E-04 <i>C. riparius</i> (EC15)/ P.P.P. Finnland 2011	5.50E+01 <i>S. capricornutum</i> / Efsa report 2005	1.04E+02 <i>O. mykiss</i> / Efsa report 2005	2.00E+01 <i>P. promelas</i> / Efsa report 2005
<b>Cypermethrin</b>	3.00E-04 <i>D. magna</i> / Efsa report 2004	4.00E-05 <i>D. magna</i> / Efsa report 2004	1.00E-01 <i>S. capricornutum</i> / Efsa report 2004	2.80E-03 <i>S. gairdneri</i> / Efsa report 2004	3.00E-05 <i>Pimephales</i> / Efsa report 2004
<b>Deltamethrin</b>	3.10E-04 <i>D. magna</i> / Efsa report 2002	4.10E-06 <i>D. magna</i> / Efsa report 2002	1.00E+04 prob. only moderate toxic/ Efsa report 2002	2.60E-04 <i>O. mykiss</i> / Efsa report 2002	3.20E-05 <i>O. mykiss</i> / Efsa report 2002
<b>Etofenprox</b>	1.20E-03 <i>D. magna</i> / Efsa report 2008	5.40E-05 <i>D. magna</i> / Efsa report 2008	1.50E-01 <i>P. subcapitata</i> / EFSA report 2008	2.70E-03 <i>O. mykiss</i> / EFSA report 2008	2.10E-03 <i>O. mykiss</i> / EFSA report 2008
<b>Fludioxonil</b>	4.00E-01 <i>D. magna</i> / Efsa report 2007	5.00E-03 <i>D. magna</i> / Efsa report 2007	3.30E-01 <i>s. capricornutum</i> / EFSA report 2007	2.30E-01 <i>O. mykiss</i> / EFSA report 2007	3.90E-02 <i>P. promelas</i> / Efsa report 2007
<b>Imidacloprid</b>	6.50E-04 <i>C. horaria</i> / Efsa report 2014	2.40E-05 <i>C. horaria</i> (EC10)/ Efsa report 2014	1.00E+02 <i>s. subspicatus</i> / Efsa report 2008	1.61E+02 <i>C. variegatus</i> / Efsa report 2008	9.02E+00 <i>O. mykiss</i> / Efsa report 2008
<b>lambda-Cyhalothrin</b>	1.80E-06 <i>H. azteca</i> (EC50)/ Efsa report 2014	1.98E-06 <i>D. magna</i> / Efsa report 2014	5.00E-03 <i>P. subcapitata</i> / Efsa report 2014	1.60E-04 <i>I. punctatus</i> / Efsa report 2014	3.10E-05 <i>P. promelas</i> / Efsa report 2014
<b>Metalaxyl-M</b>	1.76E+01 <i>D. magna</i> / Efsa report 2015	1.00E+00 <i>D. magna</i> / Efsa report 2015	2.00E+01 <i>S. quadricanda</i> / Efsa report 2015	1.00E+02 <i>O. mykiss</i> / Efsa report 2015	9.10E+00 <i>O. mykiss</i> / Efsa report 2015

<b>Napropamid</b>	5.40E+00	1.10E+00	2.37E-01	6.60E+00	1.10E+00
	Invertebrates/ Efsa report 2010	<i>D. magna</i> / Efsa report 2010	<i>L. minor</i> / Efsa report 2010	<i>S. gairdneri</i> / EFSA report 2010	<i>S. gairdneri</i> / Efsa report 2010
<b>Tebuconazol</b>	2.79E+00	1.00E-02	1.44E-01	4.40E+00	1.00E-02
	<i>D. magna</i> / Efsa report 2014	<i>D. magna</i> / Efsa report 2014	<i>L. gibba</i> / Efsa report 2014	<i>O. mykiss</i> / Efsa report 2014	<i>O. mykiss</i> / Efsa report 2014
<b>Thiacloprid</b>	7.04E-03	5.47E-03	9.67E+01	2.45E+00	1.00E+02
	<i>N. ciliaris</i> / Beketov and Liess 2008	<i>s. latigonium</i> / Beteov and Liess 2008	<i>S. subspicatus</i> (ErC50)/ FAOWHO report 2010	<i>L. macrochirus</i> / FAOWHO report 2010	dummy variable/ no Efsa value
<b>Thiamethoxam</b>	1.40E-02	1.00E-02	8.18E+01	1.00E+02	2.00E+01
	<i>Cloeon</i> sp. (EC50)/ Efsa report 2006	<i>C. Ripariu</i> / Efsa report 2006	<i>S. capricornutum</i> / Efsa report 2006	<i>O. mykiss</i> / Efsa report 2006	<i>O. mykiss</i> / Efsa report 2006



Tabelle 27: Übersicht über die ökotoxikologischen Endpunkte der Wirkstoffe von der PPDB-Datenbank und der dazugehörigen Testspezies (kursiv).

	Invertebraten AKUT (LC50 in mg/l)	Invertebraten CHRONISCH (NOEC in mg/l)	Algen AKUT (LC50 in mg/l)	Fisch AKUT (LC50 in mg/l)	Fisch CHRONISCH (NOEC in mg/l)
<b>beta-Cyfluthrin</b>	2.00E-06 <i>Americamysis bahia</i>	1.40E-04 <i>Daphnia magna</i>	1.00E+01 <i>Scenedemus subspicatus</i>	6.80E-05 <i>Salmonidae</i>	1.00E-05 <i>Oncorhynchus mykiss</i>
<b>Bifenthrin</b>	1.20E-06 <i>Americamysis bahia</i>	1.30E-06 <i>Daphnia magna</i>	8.22E-01 <i>Scenedemus subspicatus</i>	2.60E-04 <i>Oncorhynchus mykiss</i>	1.20E-05 <i>Salmo gardneri</i>
<b>Clomazone</b>	5.70E-01 <i>Americamysis bahia</i>	2.20E+00 <i>Daphnia magna</i>	1.36E-01 <i>Navicula pelliculosa</i>	1.52E+01 <i>Oncorhynchus mykiss</i>	2.30E+00 <i>Oncorhynchus mykiss</i>
<b>Clothianidin</b>	4.00E+01 <i>Daphnia magna</i>	7.20E-04 <i>Chironomus riparius</i>	5.50E+01 <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	1.04E+02 <i>Oncorhynchus mykiss</i>	2.00E+01 <i>Pimephales promelas</i>
<b>Cypermethrin</b>	3.00E-04 <i>Daphnia magna</i>	4.00E-05 <i>Daphnia magna</i>	1.00E-01 <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	2.80E-03 <i>Salmo gairdneri</i>	3.00E-05 <i>Pimephales promelas</i>
<b>Deltamethrin</b>	1.70E-06 <i>Americamysis bahia</i>	4.10E-06 <i>Daphnia magna</i>	9.10E+00 <i>Unknown species</i>	2.60E-04 <i>Oncorhynchus mykiss</i>	3.20E-05 <i>Oncorhynchus mykiss</i>
<b>Etofenprox</b>	1.20E-03 <i>Daphnia magna</i>	5.40E-05 <i>Daphnia magna</i>	1.50E-01 <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	2.70E-03 <i>Oncorhynchus mykiss</i>	3.20E-03 <i>Oncorhynchus mykiss</i>
<b>Fludioxonil</b>	2.70E-01 <i>Americamysis bahia</i>	5.00E-03 <i>Daphnia magna</i>	2.40E-02 <i>Scenedesmus subspicatus</i>	2.30E-01 <i>Oncorhynchus mykiss</i>	4.00E-02 <i>Oncorhynchus mykiss</i>
<b>Imidacloprid</b>	3.40E-02 <i>Americamysis bahia</i>	2.10E-03 <i>Chironomus riparius</i>	1.00E+01 <i>Scenedesmus subspicatus</i>	8.30E+01 <i>Oncorhynchus mykiss</i>	9.02E+00 <i>Oncorhynchus mykiss</i>
<b>lambda-Cyhalothrin</b>	3.00E-06 <i>Americamysis bahia</i>	1.60E-04 <i>Chironomus riparius</i>	3.00E-01 <i>Raphidocelis subcapitata</i>	2.10E-04 <i>Lepomis macrochirus</i>	2.50E-04 <i>Oncorhynchus mykiss</i>
<b>Metalaxyl-M</b>	1.00E+02 <i>Daphnia magna</i>	1.20E+00 <i>Daphnia magna</i>	3.60E+01 <i>Unknown species</i>	1.00E+02 <i>Oncorhynchus mykiss</i>	9.10E+00 <i>imephales promelas</i>
<b>Napropamid</b>	3.10E+00	4.30E+00	3.40E+00	6.60E+00	1.10E+00

	<i>Americamysis bahia</i>	<i>Daphnia magna</i>	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	<i>Salmo gairdneri</i>	<i>Salmo gairdneri</i>
<b>Tebuconazol</b>	4.60E-01	1.00E-02	1.96E+00	4.40E+00	1.20E-02
	<i>Mysidopsis bahia</i>	<i>Daphnia magna</i>	<i>Scenedemus subspicatus</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
<b>Thiacloprid</b>	8.51E+01	5.80E-01	6.09E+01	2.45E+01	1.00E+04
	<i>Daphnia magna</i>	<i>Daphnia magna</i>	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	no value
<b>Thiamethoxam</b>	1.00E+02	1.00E-02	1.00E+02	1.25E+02	2.00E+01
	<i>Daphnia magna</i>	<i>Chironomus riparius</i>	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>

Folgender Link enthält die regulatorisch akzeptable Konzentrationen (RAC) für Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern (link: [RAC BLW](#)).

(RAC link)

#### Abkürzungen:

LC50: Lethal concentration, Konzentration eines bestimmten Wirkstoffes, die für 50% der beobachteten Population einer bestimmten Art tödlich ist

EC50: Effect concentration, Konzentration eines bestimmten Wirkstoffes, die bei 50% der beobachteten Population einen bestimmten Effekt auslöst (z.B. Immobilisierung)

NOEC: No Effect Concentration, Konzentration eines bestimmten Wirkstoffes bei der keine behandlungsbedingten statistisch signifikanten Effekte beobachtet wurden

Tabelle 28: Wirkstoffspezifische ökotoxikologische und chemische Eigenschaften

	DT50 Boden [d]	DT50 PHOTOLYSE WASSER [d]	DT50 HYDROLYSE WASSER [d]	KOC	WASSERLÖS- LICHKEIT [mg/L]
<b>beta-Cyfluthrin</b>	5.10E+01	1.22E+01	1.50E+02	6.43E+04	1.20E-03
<b>Bifenthrin</b>	1.24E+02	1.90E+00	1.50E+02	2.00E+05	8.00E-04
<b>Clomazone</b>	6.80E+01	3.60E+01	1.50E+02	2.87E+02	1.10E+03
<b>Clothianidin</b>	5.45E+02	1.40E-01	1.50E+02	1.60E+02	3.27E+02
<b>Cypermethrin</b>	6.50E+01	1.36E+01	1.50E+02	1.60E+05	7.20E-03
<b>Deltamethrin</b>	2.60E+01	4.80E+01	1.50E+02	1.02E+07	2.00E-04
<b>Etofenprox</b>	1.66E+01	4.70E+00	1.50E+02	9.03E+03	2.25E-02
<b>Fludioxonil</b>	1.64E+02	1.00E+01	1.50E+02	7.53E+04	1.83E+00
<b>Imidacloprid</b>	1.87E+02	2.00E-01	1.50E+02	2.25E+02	6.10E+02
<b>lambda- Cyhalothrin</b>	5.60E+01	3.00E+01	1.50E+02	1.57E+05	5.00E-03
<b>Metalaxyl-M</b>	2.00E+01	1.50E+02	1.50E+02	3.95E+02	2.60E+04
<b>Napropamid</b>	3.08E+02	5.00E-01	1.50E+02	7.00E+02	7.40E+01
<b>Pymetrozin</b>	4.00E+00	5.40E+00	6.16E+02	2.25E+03	2.70E+02
<b>Tebuconazol</b>	1.18E+02	1.50E+02	1.50E+02	9.06E+02	3.22E+01
<b>Thiacloprid</b>	6.00E-01	8.00E+01	1.50E+02	5.72E+02	1.85E+02
<b>Thiamethoxam</b>	1.96E+02	2.70E+00	6.07E+02	5.62E+01	4.10E+03

**Abkürzungen:**

DT<sub>50</sub>: Dissipation Time, Zeitraum in dem die Anfangskonzentration einer Substanz auf die Hälfte abnimmt. Für den Abbau im Wasser wird ein Sediment-Wassersystem genommen und die Abnahme in der Wasserphase und im Gesamtsystem (Sediment und Wasser) bestimmt. Für den Abbau im Boden werden die Werte von mehreren Böden unter Laborbedingungen (kein Licht, konstante Temperatur) gemessen und i.d.R. im Feld verifiziert.

Koc: Verteilungskoeffizient zwischen Boden und Wasser, auf den C-Gehalt des Bodens bezogen.

## 11.5 Liste der Abbildungen

Abbildung 1: Vorgehen der MCDA	9
Abbildung 2: Projektionen für die Analysen der Nachhaltigkeitsbewertung der Bekämpfung des REF	13
Abbildung 3: Aggregierungsschritte für die Berechnung des Risikos für aquatische Organismen	21
Abbildung 4: Risiko für Projektion a): Links: Akutes Risiko; Rechts: Chronisches Risiko. Schwarz umrandet ist jeweils pro Behandlungsszenario der höhere Effekt (akut oder chronisch)	25
Abbildung 5: Aggregiertes ökotoxikologisches Risiko für Projektion a)	25
Abbildung 6: Aggregiertes ökotoxikologisches Risiko für Projektion b)	27
Abbildung 7: Risiko für die untersuchten Gruppen: Invertebraten, Fische und aquatische Pflanzen (jeweils aggregiert)	28
Abbildung 8: Sensitivitätsanalyse, (a) verwendete Endpunkte REF Projekt, (b) regulatorisch akzeptable Konzentration (RAC) vom BLW (c) Endpunkte aus der PPDB-Datenbank, (d) maximale Endpunkte in der Zulassung. Gestrichelte Balken bedeuten, dass nicht zu allen (oder keinen A3) Wirkstoffen der Szenarien Endpunkte vorliegen (A1-A4 in b).	30
Abbildung 9: Kosten der verschiedenen PSM-Produkte und Ausbringung zur Bekämpfung des REF (Teilprojektion a)	54
Abbildung 10: Überblick der Pflanzenschutzkosten der verschiedenen PSM-Szenarien für einen ha Raps	55
Abbildung 10: Skala für die relative Bewertung der ökonomischen Attribute (in Anlehnung an Mouron et al. 2013)	62
Abbildung 12: Bewertungsbaum für die Aggregation der relativen Bewertungen in der Analyse der ökologisch-ökonomischen Nachhaltigkeit.	66
Abbildung 13: Nachhaltigkeitsbewertung für den direkten Vergleich der PSM-Produkte für Beizen und Spritzen; moderne Gewichtung 67% / 33%; konventionelle Gewichtung: 50% / 50%; gestrichelte Linie: nicht monetarisierte Beziehung.	68
Abbildung 14: Nachhaltigkeitsbewertung für den Vergleich Beizen vs. Spritzen in einer repräsentativen Spritzfolge; moderne Gewichtung 67% / 33%; konventionelle Gewichtung: 50% / 50%; gestrichelte Linie: nicht monetarisierte Beziehung.	70
Abbildung 15: Nachhaltigkeitsbewertung für den langfristigen Rapsanbau der Schweiz (Projektion c); gestrichelte Linie: nicht monetarisierte Beziehung.	71
Abbildung 16: Projektorganisation für die Nachhaltigkeitsbewertung von vergleichbaren Anwendungen von Spritz- und Saatbeizmitteln zur Bekämpfung des REF	82

## 11.6 Liste der Tabellen

Tabelle 1: Parameter für den Anbau von Raps	11
Tabelle 2: Parameter zur Beschreibung des Standorts	12
Tabelle 3: Parameter zur Beschreibung der Landschaft	12
Tabelle 4: Szenarien für den direkten Vergleich Beizung vs. Spritzen (Projektion a); WS1, WS2, WS3: Wirkstoffe in den PSM-Produkten.	14
Tabelle 5: Szenarien für den Vergleich Beizung vs. Spritzen in repräsentativer Spritzfolge (Projektion b).	15
Tabelle 6: PSM-Produkte, Indikation und Zeitpunkt der Anwendung in den repräsentativen Spritzfolgen.	15
Tabelle 7: Häufigkeit des Befalls mit REF; REF-Befall schwach bei < 300, mittel bei 300-500 und stark bei > 500 REF pro Gelbschale (Derron et al., unveröffentlichte Daten).	16
Tabelle 8: Szenarien der PSM-Behandlung und der langjährige behandelte Flächenanteil in der Schweiz bei verschiedenen REF-Schadddrucken.	16
Tabelle 9: Risikoklasseneinteilung nach chronischem und akutem ETR in sieben Risikoklassen	22
Tabelle 10: Evaluation de la toxicité des substances actives sur les quatre groups d'auxiliaires pertinents (GA).	36
Tabelle 11: Effet de la combinaison des différentes classes de réduction lorsque plusieurs traitements (substances actives) sont utilisés sur un groupe d'auxiliaire.	36

Tabelle 12: Résultats de l'évaluation de l'effet des différents scénarios phytosanitaires dans le Colza sur les auxiliaires.	37
Tabelle 13: critères pertinents à évaluer	45
Tabelle 14: Kategorien der Risiken für Bienen für die Beurteilung der Szenarien	45
Tabelle 15: résultat pour la projection a pour l'abeille mellifère	47
Tabelle 16: toxicité aigüe (source d'informations: union européenne)	48
Tabelle 17: résultat pour la projection b pour l'abeille mellifère	49
Tabelle 18: Ergebnisse der Vollkostenrechnung für Projektion	56
Tabelle 19: Ökonomische Nachhaltigkeitsbewertung der Projektion a) (in Anlehnung an (Mouron et al. 2013))	61
Tabelle 20: Ökonomische Nachhaltigkeitsbewertung der Basis-Attribute für Projektion b) (in Anlehnung an Mouron et al. 2013)	63
Tabelle 21: Nachhaltigkeitsbewertung der Beizmittel- und Spritzmittel-Strategie unter der Annahme, dass der REF-Schadendruck langfristig und grossräumig konstant schwach, mittel oder stark ist	72
Tabelle 22: Milestones für das Projekt (Nachhaltigkeitsbewertung von vergleichbaren Anwendungen von Spritz- und Saatbeizmitteln zur Bekämpfung des REF)	83
Tabelle 23: Geschätzte ausgebrachte Menge Wirkstoff in kg von Pyrethroiden und Neonicotinoide im Schweizer Rapsanbau zur REF-Bekämpfung von 2011-2014	84
Tabelle 24: Übersicht über in dieser Studie verwendete Pflanzenschutzmittel, Dosierungen, Auflagen und Indikationen (Quelle: 1: Pflanzenschutzmittelverzeichnis Bund ( <a href="http://www.blw.admin.ch/themen/00011/00075/00294/index.html?lang=de">http://www.blw.admin.ch/themen/00011/00075/00294/index.html?lang=de</a> - 10.03.2015))	85
Tabelle 25: Für das Expositionsmodell verwendete Umweltparameter	86
Tabelle 26: Übersicht über die ökotoxikologischen Endpunkte der Wirkstoffe, welche im REF-Projekt verwendet wurden, der dazugehörigen Testspezies (kursiv) und der Datenquelle.	87
Tabelle 27: Übersicht über die ökotoxikologischen Endpunkte der Wirkstoffe von der PPDB-Datenbank und der dazugehörigen Testspezies (kursiv).	89
Tabelle 28: Wirkstoffspezifische ökotoxikologische und chemische Eigenschaften	91

## 12 Danksagung

Ein herzliches Dankeschön geht an dieser Stelle an all die Personen, welche dieses Projekt ermöglicht und mitgeprägt haben. Insbesondere danken wir allen die an den Experten-Workshops teilgenommen haben und jenen, die uns mit ihren kritischen Fragen, Ideen, und ihrer Diskussionsbereitschaft weiter geholfen haben.

- Mouron Patrik, Agroscope
- Steiner Thomas, Fachstelle Pflanzenschutz, Kanton Bern
- Gygax Michel, Fachstelle Pflanzenschutz, Kanton Bern
- Hochstrasser Markus, Fachstelle Pflanzenschutz, Strickhof, Kanton Zürich
- Katja Knauer, Bundesamt für Landwirtschaft
- Alice Baux, Agroscope
- Annette Aldrich, Agroscope
- Markus Lips, Agroscope