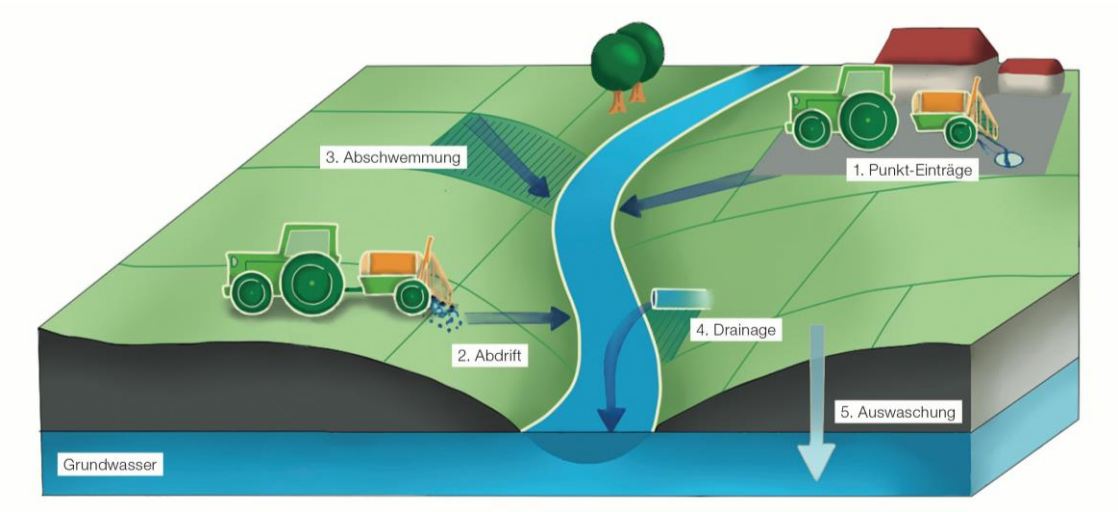
Berner Pflanzenschutzprojekt
Wissenschaftliche Begleitung

Zwischenbericht Dezember 2021



Autoren:

Agroscope: Mann Stefan, Haller Maria, Kasteel Roy, Zarrineh Nina

AWA: Minkowski Claudia

EBP: Spycher Simon, Bozzini Veronica

HAFL: Ramseier Hans, Studer Phillip, Burkhart Michaela, Winkelmann Sabrina, Kunz Christa, Walther Pascale, Schneider Rebecca, Ryser Reto, Füglistaller Dominik

Berner Fachhochschule
Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften
Bsc Agronomie – Pflanzenwissenschaften und Agrarökologie

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	5
2 Gesamtfazit	7
2.1 Ausgangslage und Einordnung	7
2.2 Zielsetzung und Massnahmen	7
2.3 Resultate	8
2.3.1 Beteiligung am Projekt	8
2.3.2 Umsetzungsresultate der einzelnen Massnahmen	9
2.3.3 Vergleich der Umsetzung in den Einzugsgebieten bzw. bei den Vergleichsbetrieben	11
2.3.4 Erkenntnisse bezüglich Motivation zur Teilnahme	11
2.3.5 Wirkungsresultate	12
2.4 Schlussfolgerungen	13
2.5 Literatur	14
3 Übersicht über das Berner Pflanzenschutzprojekt	15
3.1 Einleitung	15
3.2 Übersicht über den Stand der wissenschaftlichen Begleitung	15
3.3 Beteiligung der Landwirte am Ressourcenprojekt	16
3.4 Literatur	18
4 Teilprojekt 1 - Datenerfassung Massnahmen im Pflanzenschutz	19
4.1 Einleitung	19
4.2 Material und Methoden	19
4.3 Ergebnisse und Einzeldiskussion	19
4.3.1 Daten Einzugsgebiete	19
4.3.2 Vergleich der angemeldeten Massnahmen	21
4.3.3 Umfrage Siedlungsgebiet	23
4.3.4 Einsatz problematischer Wirkstoffe in den Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach 2017-2020 und auf den Vergleichsbetrieben	24
4.4 Folgerungen/Ausblick	34
5 Teilprojekt 2 - Aufbereitung PSM-haltiger Abwasser auf dem Hof	35
5.1 Material und Methoden	35
5.1.1 Aufnahmen Ins / Müntschemier	35
5.1.2 Aufnahme der Betriebe im Einzugsgebiet des Berner Pflanzenschutzprojektes Chrümmlisbach und Ballmoosbach	36
5.2 Ergebnisse und Einzeldiskussion	36
5.2.1 Unterschiede zwischen den beiden Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach	39
5.2.2 Umsetzung Waschplätze	43
5.2.3 Waschplätze in der Region Ins und Müntschemier	43
5.3 Folgerungen	44
5.4 Erste Erfahrungen von verschiedenen Substraten in einer Verdunstungsanlage - Am Beispiel Verdunstungsanlage Occhini Ins	44
5.4.1 Material und Methoden	44
5.4.2 Erste Resultate	45
5.4.3 Folgerungen und Ausblick	49
5.5 Literatur/ Quellen	50
6 Teilprojekt 3 - Datenerfassung und Umsetzungsanalyse Abschwemmungsreduktion und Verbesserung des Standortrisiko-Konzepts	51
6.1 Einleitung	51
6.2 Stand der Forschung Analyse Schönenberger	51
6.3 Material und Methoden	52
6.3.1 Aufnahme der Schächte mit Drohen-Überflügen	52
6.3.2 Betriebsbesuche/ Feldbegehung	53

6.4 Ergebnisse und Einzeldiskussion 55
6.4.1 Aufnahme der Schächte mit Drohen-Überflügen 55
6.4.2 Betriebsbesuche/ Feldbegehung 56
6.4.3 Empfehlung Anlage von Pufferstreifen 61
6.5 Folgerungen/ Ausblick 64
6.6 Literatur/ Quellen 65
7 Teilprojekt 4 – Analyse und Interpretation Gewässer-Monitoring in den Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach und den ARA Ausläufen (Ins, Lyss und Eymatt) 66
7.1 Einleitung 66
7.2 Material und Methoden 66
7.2.1 Testgebiete Gewässermonitoring 66
7.2.2 Testgebiete ARA-Monitoring 67
7.2.3 Untersuchte Parameter 68
7.3 Ergebnisse und Einzeldiskussion 69
7.3.1 Gewässermonitoring 69
7.3.2 ARA-Monitoring 78
7.4 Folgerungen/Ausblick 80
7.5 Literatur 81
8 Vertiefte Analyse der Monitoringdaten des Berner Pflanzenschutzprojektes - EBP 82
8.1 Ausgangslage und Auftrag 82
8.2 Hypothesen und Untersuchungsgegenstand 82
8.3 Methoden 83
8.3.1 Datenquellen 83
8.3.2 Zuweisung von Ereignistypen 85
8.3.3 Bestimmung von abschwemmungsbedingten Konzentrationsanstiegen 87
8.3.4 Applikationskarten 88
8.3.5 Ermittlung der potenziell beitragenden Flächen 89
8.3.6 Häufigkeitsgrafik 90
8.3.7 Analyse weiterer räumlicher Informationen 91
8.3.8 Vorgehen zur Identifikation wirksamer Massnahmen 91
8.4 Resultate 92
8.4.1 Analyse der meteorologischen und hydrologischen Daten 92
8.4.2 Analyse der chemischen Daten 96
8.4.3 Analyse der räumlichen Information 104
8.5 Fazit 108
8.6 Ausblick 109
8.7 Literatur 110
9 Teilprojekt 5 – Insektizidverzicht Raps 112
9.1 Einleitung 112
9.2 Material und Methoden 112
9.2.1 Rapsstängelrüssler 113
9.2.2 Rapsglanzkäfer 114
9.2.3 Kornertrag 114
9.2.4 Wirtschaftlichkeitsberechnung 114
9.2.5 Wetter 114
9.3 Ergebnisse und Einzeldiskussion 114
9.3.1 Einflug Rapsstängelrüssler und Rapsglanzkäfer 114
9.3.2 Rapsstängelrüssler 116
9.3.3 Rapsglanzkäfer 116
9.3.4 Kornertrag 117
9.3.5 Deckungsbeitrag 118
9.4 Entscheidungshilfen Rapsschädlinge 119
9.4.1 Einleitung 119
9.4.2 Material und Methoden 119

9.4.3 Ergebnisse und Einzeldiskussion 119
9.4.4 Auswertung der Westschweizer Daten 121
9.4.5 Online Plattform – Befallsrisiko.ch (PFLOPF) 121
9.4.6 Gelbschalenanalyse mittels Xarvio-Scouting App 121
9.4.7 Entscheidungshilfe – Frühe Erdflohbehandlung 121
9.4.8 Folgerungen/Ausblick Entscheidungshilfen Rapsschädlinge 122
9.5 Folgerungen/Ausblick Insektizidreduktion Raps 122
9.6 Literatur 123
10 Teilprojekt 6 – Trichogramma Freilassung 125
10.1 Einleitung und Problemstellung 125
10.2 Vorgehen 125
10.2.1 Trichogrammaeinsatz in den Kantonen 125
10.2.2 Feldversuch – Wirksamkeit der Trichogramma-Schlupfwespen 125
10.2.3 Maiszünslerbefall in den Kantonen 127
10.2.4 Statistische Auswertung 127
10.3 Resultate und Einzeldiskussion 128
10.3.1 Trichogrammaeinsatz in den Kantonen 128
10.3.2 Trichogrammaeinsatz im Kanton Bern 128
10.3.3 Maiszünslerbefall 2020 in der Region Stein und im Kanton Bern 129
10.3.4 Maiszünslerbefall in den Kantonen 131
10.4 Gesamtdiskussion und Schlussfolgerungen 132
10.5 Literaturverzeichnis 133
11 Teilprojekt 7 – Fungizidverzicht 134
11.1 Einleitung 134
11.2 Material und Methoden 134
11.2.1 Versuchsanlagen 134
11.2.2 Datenerhebung 135
11.2.3 Wetterverhältnisse während den Versuchsjahren 135
11.3 Ergebnisse und Einzeldiskussion 136
11.3.1 Wintergerste 136
11.3.2 Winterweizen 139
11.4 Folgerungen/Ausblick 141
11.5 Literatur, Quellen 143
12 Teilprojekt 8 - Herbizidverzicht allgemein 144
12.1 Einleitung 144
12.2 Herbizidverzicht im Mais 144
12.3 Material und Methoden 144
12.4 Ausgewählte Ergebnisse und Einzeldiskussionen 146
12.4.1 Auswertung der Maispflanzenhöhe 146
12.4.2 Bodenbedeckung (BB) durch Untersaat und Unkraut 146
12.4.3 Auswertung Ertrag Silomais 148
12.4.4 Ertragserhebung in der Folgekultur Winterweizen nach Silomais mit Untersaat 149
12.4.5 Bodentragfähigkeit 150
12.4.6 Deckungsbeitrag 2019 – 2021 150
12.5 Folgerungen/Ausblick 150
12.6 Herbizidverzicht im Getreide 151
12.7 Material und Methoden 151
12.8 Ausgewählte Ergebnisse 153
12.8.1 Weizen-Ertrag der Versuche auf dem Praxisbetrieb 2020 und 2021 153
12.8.2 Bodenbedeckung durch Untersaat, Unkraut und freie Bodenfläche 153
12.8.3 Ertragserhebung der Biomasse in den Versuchen auf dem Praxisbetrieb in den Jahren 2020 und 2021 155
12.8.4 Deckungsbeitrag 156
12.9 Folgerungen/Ausblick 156

12.10 Mechanische Unkrautregulierung 157
12.10.1 Arbeitsaufwand 157
12.10.2 Verfügbare Feldarbeitstage 157
12.10.3 Treibstoffverbrauch und CO_2-Emmissionen 157
12.10.4 CO_2-Emmissionen durch Humusabbau 158
12.10.5 Erosion 158
12.10.6 Samenvorrat im Boden 158
12.10.7 Know-how 158
12.10.8 Akzeptanz 158
12.11 Literatur/Quellen 160
13 Teilprojekt 9 - Ökonomie und Akzeptanz der Massnahmen bei den Landwirten 161
13.1 Einleitung 161
13.2 Material und Methoden 162
13.2.1 Datenerhebung - Interviews mit Teilnehmern und Nichtteilnehmern des BPPs 162
13.2.2 Entwicklung des Fragebogens 162
13.2.3 Pre-Testing 164
13.2.4 Versand und Rücklauf des Fragebogens 164
13.2.5 Rücklauf 164
13.2.6 Digitalisierung des Papierfragebogens und Überprüfung auf Validität 165
13.2.7 Statistische Auswertung der Daten 165
13.3 Ergebnisse 165
13.3.1 Welche betrieblichen Faktoren spielen eine Rolle? 165
13.3.2 Landwirtspezifische Faktoren - Allgemeine demographische Faktoren 166
13.3.3 Landwirt als Unternehmer – Betriebsspezifische ökonomische Faktoren 169
13.3.4 Landwirt als Entscheider: Wissen, Werte und Normen und Einstellungen 170
13.3.5 Projektevaluationsfragen über 3 Projekte 182
13.4 Folgerungen und Ausblick 185
13.4.1 Folgerungen 185
13.4.2 Ausblick 187
13.5 Literatur, Quellen 188
14 Teilprojekt 10 - Modellierung des Eintrags von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer in zwei Einzugsgebieten des Berner Pflanzenschutzprojekte 189
14.1 Einleitung 189
14.2 Material und Methoden 189
14.3 Ergebnisse und Einzeldiskussion 190
14.4 Folgerungen/Ausblick 190
14.5 Literatur, Quellen 191
15 Anhang 192

1 Zusammenfassung

Die in Oberflächengewässern nachgewiesenen Konzentrationen von Pflanzenschutzmitteln (PSM) sind seit einigen Jahren nicht nur im Kanton Bern, sondern schweizweit ein Thema. Das übergeordnete Ziel des Berner Pflanzenschutzprojekts (BPP) ist es, die Risiken von PSM für die Umwelt generell und insbesondere die Belastung der Oberflächengewässer durch PSM zu reduzieren und gleichzeitig das Produktionspotenzial beizubehalten. Seit 2017 werden deshalb Massnahmen gefördert und umgesetzt, die zu einer Reduktion der Einträge in Oberflächengewässer führen. Begleitend dazu werden die Erfahrungen mit der praktischen Massnahmenumsetzung ausgewertet und evaluiert, unter welchen Bedingungen sich welche Massnahmen langfristig in der Praxis verankern lassen.

Die Massnahmen werden im ganzen Kanton Bern auf der gesamten für Acker-, Obst-, Beeren- und Rebbau genutzten Fläche gefördert. Die Wirkung der Massnahmen wird in mehreren Einzugsgebieten mit einem aufwändigen Monitoring überwacht. Durch den Vergleich der Umsetzung in den Einzugsgebieten und im Kanton wird eine kantonsweite Schätzung der Wirkung des Projektes möglich sein.

Das Projekt setzt auf einen kombinierten Ansatz aus allgemeiner Sensibilisierung sowie Massnahmen zur gezielten Reduktion von Punktquellen (Handhabung von PSM, was alle Schritte von der Lagerung, dem Mischen und Befüllen, dem Transport, der Applikation bis zum Reinigen der Spritze umfasst), Reduktion des PSM-Einsatzes (Reduktion der Anzahl Anwendungen, anwenden nichtchemischer Alternativen) und Reduktion von Verlusten durch Abschwemmung (Anlegen von Querstreifen oder Begrünung von Fahrspuren).

Zum jetzigen Zeitpunkt liegen in den drei Massnahmengruppen Reduktion von Punktquellen, Reduktion des PSM-Einsatzes und Reduktion von Verlusten durch Abschwemmung bereits umfassende Resultate bezüglich Umsetzung vor.

Bei der Reduktion von Punktquellen lag die Anzahl Sanierungen von Waschplätzen in den ersten drei Jahren noch unter den Erwartungen, übertraf aber ab dem vierten Projektjahr die Erwartungen deutlich und entspricht daher insgesamt den Erwartungen. Neben den baulichen Massnahmen ist bei der Reduktion von Einträgen durch Punktquellen die Sensibilisierung von hoher Bedeutung und dürfte ein nicht zu vernachlässigender Effekt des BPP sein. Eine spezifische wissenschaftliche Begleitung zur Aufbereitung PSM-haltiger Abwasser geht die Herausforderungen für Betreibe ohne eigene Güllegrube an und tragen damit zum Ziel der Reduktion von Punktquellen bei.

Bei der Reduktion des PSM-Einsatzes ist der Flächenanteil mit umgesetzten Massnahmen nach fünf Projektjahren sehr unterschiedlich. So liegt der Anteil der ohne Herbizide angebauten Fläche unter dem erwarteten Wert. Auch die Massnahme «reduzierter Fungizid-/Insektizideinsatz» wurde in geringerem Masse umgesetzt als erwartet. Erste kulturspezifische Auswertungen zeigen aber, dass es grosse Unterschiede zwischen den Kulturen gibt. So zeigt sich beim Rapsanbau, der erhebliche Risiken aus Sicht der Gewässer birgt, eine unerwartet hohe Beteiligung. Bei mehreren Massnahmen liegt die Beteiligung über den Erwartungen, konkret beim Verzicht auf Totalherbizide, beim Einsatz von Verwirrungstechnik, beim Einsatz von Schlupfwespen der Gattung Trichogramma und in besonderem Masse beim Verzicht auf Herbizide im Rebbau. Heute werden weit über die Hälfte der kantonalen Rebfläche ohne Herbizide angebaut. Auch der weiträumige Einsatz von Trichogramma zeigt gemäss vorliegenden Daten Wirkung: trotz klimatischen Bedingungen, welche die Ausbreitung von Maiszünslern begünstigen (Kapitel 10), lag der Befall in den vergangenen Jahren im Kanton Bern deutlich tiefer als in anderen Kantonen.
Im Rahmen wissenschaftlicher Begleitprojekte wurden verschiedene, derzeit noch laufende Exakt- und Betriebsversuche lanciert. Diese befassen sich mit dem Anbau von Raps mit reduziertem Insektizideinsatz (Kapitel 9), dem Anbau von Getreide mit reduziertem Fungizideinsatz (Kapitel 11) und dem herbizidlosen Mais- und Getreideanbau (Kapitel 12). Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass bei guten Bedingungen die Umsetzung der Massnahmen wirtschaftlicher ist als die gängige Praxis. Es gilt zu beachten, dass der Schädlingsdruck im Raps in den Untersuchungsjahren eher tief war. Daher sind weitere Untersuchungsjahre im Rahmen des BPP von hohem Wert. Beim Herbizidverzicht im Mais sind bei den untersuchten Alternativen nicht nur die Deckungsbeiträge höher, sondern auch keine Ertragsreduktionen zu beobachten. Besonders interessant sind die Versuche mit Leguminosen-

Untersaaten, da so potenziell auch ein Teil des unter hohem Einsatz fossiler Brennstoffe hergestellten Mineraldüngers eingespart werden kann. Generelle Voraussetzung für den Verzicht auf Herbizide ist jeweils die Abwesenheit von Problemunkräutern und eine ausreichende Beratung.

Bei der Reduktion der Verluste vom Feld lag die Beteiligung bei der Massnahme «Querstreifen am Feldrand» und «Begrünung der Fahrspur» tiefer und bei der Massnahme «seitliches Einnetzen» etwas höher als erwartet. In einem im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs durchgeführten Forschungsprojekt wurde der Beitrag hydraulischer Kurzschlüsse wie z.B. Strassenschächte untersucht. Dieser Eintragsweg kann je nach Einzugsgebiet einen grossen Teil der Einträge verursachen. In den beiden Einzugsgebieten Chrümmlisbach und Ballmoosbach wurde dieser Eintragsweg beim Anlegen bewachsener Puffer deshalb berücksichtigt.

Die Faktoren, die zur Teilnahme am Projekt motivieren, wurden durch Forschende der Agroscope mittels Fragebogen erhoben. Dabei wurden sowohl projektteilnehmende als auch nichtteilnehmende Betriebe befragt. Die Antworten der Teilnehmenden wich dabei in mehreren Bereichen von den Nichtteilnehmenden ab. So sind die Teilnehmenden tendenziell jünger, besser ausgebildet und erzielen auf ihren Betrieben einen höheren Umsatz. Die Teilnehmer des BPP sehen sich tendenziell als risikofreudiger und geben an, dass sie Innovationen im Bereich Pflanzenschutz früh umsetzen. Beiden Gruppen sehr wichtig ist die Produktion im Hinblick auf die Bedürfnisse des Marktes. In einer derzeit laufenden Befragung wird nun die Einschätzung der Landwirte zu den einzelnen Massnahmen erfasst. Dabei sollen unter anderem die Landwirte konkret zu den Erträgen und Deckungsbeiträgen bei den angewendeten Massnahmen befragt werden. Anschliessend wird dies mit den Versuchsergebnissen aus den Exakt- und Betriebsversuchen (Kapitel 9 bis 12) verglichen.

Die Wirkung des Projekts auf der Ebene einzelner PSM-Wirkstoffe wird mittels eines seit 2017 und bisher für vier Untersuchungsjahre vorliegenden chemischen Monitorings überwacht. Bei der Interpretation der im Moment für vier Jahre vorliegenden Messdaten gilt es zwei Randbedingungen zu berücksichtigen. Einerseits wurden die Massnahmen erst sukzessive aufgenommen bzw. brauchen im Fall baulicher Massnahmen einen Planungsvorlauf bis zur Umsetzung. Andererseits unterliegen PSM- und Nährstoffverluste witterungsbedingt einer erheblichen jährlichen Fluktuation.

In drei Kläranlagen wurde dabei die Entwicklung der Frachten erhoben, was direkte Rückschlüsse auf die Wirksamkeit von Massnahmen zur Reduktion von Punktquellen erlaubt. Die PSM-Frachten nahmen von 2017 bis 2020 in allen drei Abwasserreinigungsanlagen ab, und zwar dort am stärksten, wo am meisten Massnahmen umgesetzt wurden.

In den beiden für das aufwändige chemische und biologische Monitoring ausgewählten Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach konnten bisher die Konzentrationsverläufe von insgesamt 114 Wirkstoffen über die ersten vier Projektjahre ausgewertet werden. Die Monitoringdaten ergeben ein integrales Bild der Wirkung aller drei Massnahmengruppen zusammen also der Reduktion von Punktquellen, der Reduktion des Einsatzes und der Reduktion der Verluste vom Feld. Insgesamt sind die gemessenen Konzentrationen und die Überschreitungen von Qualitätskriterien im Ballmoosbach klar zurückgegangen, während im Chrümmmlisbach noch kein Rückgang beobachtet wurde. Eine vertiefte Analyse hinsichtlich der Eintragswege zeigte, dass die Massnahmen zur Reduktion von Punktquellen im Ballmoosbach schon eine starke Wirkung zeigen, während im Chrümmlisbach trotz Fortschritten noch Verbesserungen nötig sind. Die Auswertung der Feldkalenderdaten zum PSM-Einsatz ermöglichte dabei eine deutlich besser abgestützte Auswertung. Was den Einfluss der Witterung betrifft, waren die Niederschläge während der Hauptapplikationsmonate in den ersten beiden Projektjahren äusserst tief, während das dritte und vor allem das vierte Projektjahr deutlich höhere Niederschläge aufwies. Da hohe Niederschlagsmengen tendenziell mit hoher PSM-Abschwemmung einhergehen, dürften daher die Abschwemmungsrisiken im Lauf des Projektes zugenommen haben. Eine Einordnung der Ergebnisse des Wirkungsmonitorings auf den ganzen Kanton ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich. Da die Massnahmen aber grundsätzlich die gleichen sind, sollten bei Projektabschluss Trendaussagen möglich sein.

Das BPP hat dank der guten Zusammenarbeit der beteiligen Akteure innerhalb weniger Jahre eine für Projekte dieser Art sehr hohe Beteiligung erreicht. Dies gilt sowohl für den Kanton und in besonderem Masse für die beiden Einzugsgebiete Ballmoosbach und Chrümmlisbach.

2 Gesamtfazit

2.1 **Ausgangslage und Einordnung**

Die moderne chemische Analytik ermöglicht seit rund zehn Jahren umfassende Messungen zu PSM in Oberflächengewässern. Die Messkampagnen im Kanton Bern und generell im Schweizer Mittelland zeigen, dass die PSM-Konzentrationen in Oberflächengewässern verbreitet und häufig zu hoch sind. Das Oberziel des Berner Pflanzenschutzprojekts ist es, die Risiken für die Umwelt generell und insbesondere die Belastung der Oberflächengewässer durch PSM zu reduzieren und gleichzeitig das Produktionspotential beizubehalten. Mittels eines Anreizsystems werden dazu verschiedene Massnahmen gefördert. Die Erfahrungen mit der praktischen Massnahmenumsetzung werden gesammelt und es wird überprüft, unter welchen Bedingungen sich diese langfristig in der Praxis verankern lassen.

Andere, bereits länger laufende PSM-Projekte wie das Ressourcenprojekt Leimental oder das auf dem Artikel 62a des Gewässerschutzgesetzes basierende Projekt Boiron de Morges beziehen sich auf ein Einzugsgebiet mit einer landwirtschaftlichen Nutzfläche von rund 100 bzw. rund 2000 ha. Das BPP hat eine andere Dimension: Es bezieht sich auf den ganzen Kanton mit einer offenen Ackerfläche von fast 50'000 ha, wobei zwei Einzugsgebiete intensiver betreut und beobachtet werden. Eine Herausforderung besteht daher in der sinnvollen Verknüpfung der in den beiden vertieft untersuchten Einzugsgebieten durchgeführten Messungen und den dort erhobenen Kennzahlen mit kantons- oder schweizweit erhobenen Kennzahlen.

Die Massnahmen setzen auf einen kombinierten Ansatz aus allgemeiner Sensibilisierung, gezielter Reduktion von Einträgen aus Punktquellen, Reduktion des PSM-Einsatzes und Reduktion von Verlusten vom Feld. Trotz einer bisherigen Projektlaufzeit von 5 Jahren und ausgewerteten Messdaten von 4 Jahren kann auf der Ebene der Wirkung noch keine Aussage zu Trends gemacht werden. Einerseits wurden die Massnahmen erst sukzessive aufgenommen und erweitert. Andererseits unterliegen die PSM- und Nährstoffverluste witterungsbedingt einer erheblichen jährlichen Fluktuation. Studien aus den USA zeigen, dass aufgrund der Fluktuation eine längere Beobachtungsdauer nötig ist, um Trends zu detektieren, es sei denn die Trends fallen sehr stark aus (O'Donnell 2012). Das Schwergewicht des vorliegenden Zwischenberichtes liegt deshalb auf der Massnahmenumsetzung und der dadurch gewonnenen Erkenntnisse.

2.2 **Zielsetzung und Massnahmen**

Die für das Projekt formulierten Ziele bezüglich der Wirkung auf die Gewässer sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Einerseits sollen Punktquellen reduziert werden, wozu sich das quantitative Ziel auf die drei untersuchten Abwasserreinigungsanlagen im Berner Seeland bzw. Oberaargau bezieht. Andererseits sollen die diffusen Verluste reduziert werden. Das quantitative Ziel dazu bezieht sich auf die Ergebnisse des chemischen Monitorings in den beiden Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach wobei die bisher durchgeführten Auswertungen zum Wirkungsmonitorings dennoch schon vertieft dargelegt werden.

Tabelle 1 Übersicht über die Wirkungsziele

Wirkung bzw. Massnahme	Quantitatives Ziel	Untersuchte Grössen
Reduktion von Punktquellen	30% weniger Fracht in 3 untersuchten ARAs	Zeitproportionale Mischproben aus EZG ARA Ins, ARA Lyss und ZALA Eymatt. 114 Wirkstoffe quantitativ bestimmt
Reduktion diffuser Verluste	20% weniger Überschreitungen in untersuchten EZG	Zeitproportionale Mischproben aus den Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach. 114 Wirkstoffe quantitativ bestimmt

Da die beiden Einzugsgebiete jedoch lediglich eine mögliche Stichprobe aus einer Vielzahl von Einzugsgebieten im Kanton darstellen, muss das Wirkungsmonitoring komplementär zu den Monitoringdaten der chemischen Analysen anhand der umgesetzten Massnahmen Rückschlüsse auf den ganzen Kanton ermöglichen. Dies ist möglich, wenn die vorhandene Information zur Wirksamkeit verschiedener Massnahmen mit deren Umsetzungsgrad in Verbindung gebracht wird. Da für die 30 Betriebe im Einzugsgebiet des Ballmoosbachs bzw. Chrümmlisbachs die Datenerhebung detaillierter erfolgt als im

Rest des Kantons, wurden im BPP bisher zusätzlich 30 Vergleichsbetriebe erfasst. Unterschiede zwischen den beiden Gruppen werden wertvolle Hinweise für die Einschätzung der Wirkung auf der Ebene Kanton liefern.

Die zur Zielerreichung vorgesehenen Massnahmen (Kapitel 4) und die angestrebten Umsetzungsziele sind in Tabelle 2 zusammengefasst, wobei anstelle von Umsetzungszielen eher von erwarteter Beteiligung gesprochen werden sollte. Die Massnahmen setzen auf drei unterschiedlichen Ebenen an: Reduktion von Punkquellen, Reduktion des PSM-Einsatzes und Reduktion der Verluste vom Feld. Die Reduktion von Punktquellen wirkt sich dabei sowohl bei den untersuchten ARAs als auch in den beiden untersuchten Einzugsgebieten Chrümmlisbach und Ballmosbach aus.

Dank der Erfassung der Massnahmen im kantonalen Agrarinformationssystem Gelan ist es möglich, jährlich den Stand der Beteiligung an den verschiedenen Massnahmen auszuwerten. Gewisse Massnahmen werden auch im Rahmen anderer Projekte angewandt oder wurden im Lauf des Projekts in auf Bundesebene verfügbare Förderprograme aufgenommen. So werden z.B. der Herbizidverzicht auf der offenen Ackerfläche und auch die kontinuierliche Innenreinigung der Pflanzenschutzspritzen vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) mittels Ressourceneffizienzbeiträgen (REB) national gefördert. Andere Massnahmen wie die Reduktion des Fungizideinsatzes im Getreidebau oder des Insektizideinsatzes im Rapsanbau als Zwischenform zwischen Extenso-Anbau und intensivem Anbau sind bisher nicht durch das BLW geförderte Massnahmen.

Tabelle 2 Übersicht über die Massnahmen und ihre Umsetzungsziele

Ansatzebene	Massnahme	Quantitatives Ziel Projektende (bzw. 2021)	Beteiligung	Zielerreichung 2021 in %
Reduktion Punktquellen	Sanierung Waschplätze	Insgesamt 300 (50)	91	182
Reduktion Einsatz	Herbizidverzicht oAF [1,2]	10% (8%) der oAF	1400 ha	40
	Verzicht auf Totalherbizide	60% (55%) der oAF	16'260 ha	100
	Reduktion Fungizide im Getreide und Insektizide im Raps	30% (25%) der Getreide- bzw. Rapsfläche	3'980 ha	62
	Verwirrungstechnik Reben bzw. Obst	Je 80% (je 80%)	343 ha	143
	Trichogramma aussetzen	35% (35%)	6'670 ha	238
	Einnetzen Obst, Beeren, Reben	25% bzw. je 50% (25% bzw. je 50%)	137 ha	103
	Herbizid-Verzicht-Rebbau	40% (40%)	160 ha	267
Reduktion Verluste vom Feld	Querstreifen Feldrand	2380 km (2380 km)	1'250 km	53
	Begrünung Fahrspur (Gemüse- bzw. Kartoffelbau)	228 km (228 km)	158 km	62

[1] oAF: offene Ackerfläche. [2] Nicht berücksichtigt sind hier die über die REB-Massnahmen "Reduktion von Herbiziden im Ackerbau" und "Reduktion von Herbiziden im Zuckerrübenanbau" finanzierten Flächen

2.3 **Resultate**

2.3.1 *Beteiligung am Projekt*

Die kantonsweite Beteiligung hat in den fünf Jahren seit Projektbeginn im Jahr 2017 stetig von ursprünglich 2'646 Betrieben auf mittlerweile 3'601 Betriebe zugenommen. Da von den 10’0112 Betrieben im Kanton (BFS 2022) nur ca. 65% Ackerbau betreiben (BEBV und LANAT 2015) und das Projekt für die rund 1'400 Bio-Betriebe (BFS 2022) nur in Bezug auf einzelne Massnahmen attraktiv ist, sind also nach fünf Projektjahren rund zwei Drittel aller in Bezug auf PSM relevanten Betriebe des Kantons Bern am BPP beteiligt, was eine starke und schnelle Verbreitung darstellt. Möglich wurde dies dank der guten und effektiven Zusammenarbeit in der aus Berner Bauern Verband und LANAT bestehenden Trägerschaft.

Besonders hoch ist die Beteiligung in den beiden Einzugsgebieten Chrümmlisbach und Ballmoosbach wo 29 von 30 Landwirten für die Teilnahme gewonnen werden konnten. Für ein auf Anreizen basierendes Projekt ist dies als grosser Erfolg einzustufen, denn bei den früheren in den Kantonen Genf

und Waadt lancierten PSM-Projekten lag die Fläche der teilnehmenden Betriebe zwischen 40% und 80% (Daouk 2019).

2.3.2 *Umsetzungsresultate der einzelnen Massnahmen*

Einen quantitativen Überblick über die Umsetzung der einzelnen Massnahmen bis 2021 gibt Tabelle 2. Im ersten Projektjahr war die Umsetzung bei allen Massnahmen noch begrenzt. Vor allem bei Massnahmen, die bauliche Anpassungen mit sich ziehen, konkret die Sanierung von Füll- und Waschplätzen, benötigte die Bereitstellung und Nutzung des Unterstützungsangebots einen Planungs- und Informationsvorlauf, aber auch bei anderen Massnahmen bedurfte es einiger Jahre für die Verbreitung. Die wichtigsten Resultate lassen sich folgendermassen zusammenfassen.

- **Sanierung von Füll- und Waschplätzen:** Mit 8, 20 bzw. 27 Gesuchen in den Jahren 2017, 2018 und 2019 wurde das Angebot erst ab dem zweiten Jahr intensiver in Anspruch genommen und erreicht mit 97 Gesuchen im Jahr 2020 das Maximum. Umfangreiche Befragungen und Betriebsaudits zeigten dabei, dass von allen Aspekten der PSM-Handhabung das Mischen und Befüllen der kritischste Schritt bezüglich möglicher Gewässereinträge darstellt. Die im Oktober 2020 veröffentlichte Interkantonale Empfehlung zu Befüll- und Waschplätzen hat hier in hohem Masse Klarheit geschaffen (KOLAS et al. 2020).

- **Herbizidverzicht auf offener Ackerfläche:** Die Teilnahme ist hier tiefer als erwartet. Ein Vergleich mit dem schweizweiten Anteil an herbizidlosen Anbau ist nicht möglich, weil dazu noch keine konsolidierten Angaben vorliegen. Die Auswertung des chemischen Monitorings zeigt, dass insbesondere der Verzicht auf Herbizide im Mais und Raps sehr viel zum angestrebten Wirkungsziel beitragen könnten. Da bei diesen Kulturen für das Gewässer eher kritische Herbizide eingesetzt werden. Mit den unkrautunterdrückenden Untersaaten steht zumindest für den Raps eine im langjährigen Mittel wirtschaftliche und ohne Ertragsverluste einhergehende Alternative zur chemischen Unkrautregulierung zur Verfügung, die in der Westschweiz auf 17% der Betriebe genutzt wird (Beaux 2019). Erste kulturspezifische Auswertungen zeigen, dass der Anteil der ohne Herbizide bewirtschafteten Flächen bei Mais und Raps deutlich tiefer ist als im Weizen. Tendenziell nimmt der Anteil der ohne Herbizide angebauten Fläche trotz der bisher tiefen Beteiligung jedoch bei allen Kulturen stetig zu.
  Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung wurde in einem bisher während dreier Jahre durchgeführten Streifenversuch die chemische Unkrautregulierung mit dem Einsatz verschiedener unkrautunterdrückender Untersaaten und der mechanischen Unkrautregulierung im Mais verglichen. Die durchschnittlichen Silomais-Erträge schwankten zwischen maximal 220 dt TS/ha bei der Weiss-Erd-Gelbklee-Mischung und minimal 203 dt TS/ha bei der mit Herbiziden behandelten Fläche, wobei die Unterschiede nicht signifikant waren. Hingegen wurden für den als Folgekultur angebauten Winterweizen auf Flächen mit Leguminosen signifikant höhere Erträge erzielt. Die Deckungsbeiträge waren unter Berücksichtigung der Beiträge für den herbizidlosen Anbau bei der mechanischen Unkrautregulierung am höchsten.
  Im Bereich herbizidloser Anbau des Winterweizens laufen derzeit noch Versuche mit Untersaaten. Neben der zusätzlichen Stickstofffixierung, die eine Reduktion des Mineraldüngereinsatzes erlaubt, ist hier eine zusätzliche Nutzung der Untersaat als Futtermittel möglich. Dieses anspruchsvolle, die ökologischen Zusammenhänge geschickt nutzende Verfahren, kann also als Beispiel einer ökologischen Intensivierung betrachtet werden.

  Alle Verfahren sind nicht auf Parzellen mit Problemunkräutern geeignet. Es ist auch grundsätzlich wichtig, den herbizidlosen Anbau mit ausreichender Beratung zu begleiten, damit bei möglichen Problemen, richtig reagiert wird und die Verfahren nicht wegen Misserfolgen als unzuverlässig eingestuft werden.

- **Fungizid- und Insektizidreduktion:** Die Massnahme Fungizidreduktion im Getreide oder Insektizidreduktion im Raps wurde im Jahr 2021 kantonsweit auf 3'980 ha umgesetzt, was 62% der für das entsprechende Jahr angestrebten Beteiligung entspricht. Eine kulturspezifische Auswertung zeigte grosse Unterschiede. So war die Beteiligung beim Raps bei 113%, für Weizen bei 58%, Gerste bei 79% und beim übrigen Getreide bei 28% der angestrebten Beteiligung. Die geringe Beteiligung beim übrigen Getreide widerspiegelt die Tatsache, dass der Fungizideinsatz in dieser Kulturgruppe eine im Vergleich zu Weizen und

Gerste eine geringe Rolle spielt, denn in den Erhebungen der Agroscope liegt die Behandlungshäufigkeit dieser Sammelgruppe bei durchschnittlich 0.25, was bedeutet, dass die Mehrheit der Flächen gar nicht mit Fungiziden behandelt wird (Agroscope 2022).
Um die Auswirkung der Massnahmen in den verschiedenen Kulturen quantitativ bewerten zu können, wurden im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung zusätzlich Block- und Streifenversuche durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass der durch die Reduktion des Fungizideinsatzes auf eine einzige Behandlung bedingte Ertragsrückgang in den bisherigen Untersuchungsjahren (2018-2021) deutlich kleiner war als die erwarteten 9 dt/ha in Gerste und 7 dt/ha in Weizen. Die Qualität des Getreides wurde durch den reduzierten Fungizideinsatz nicht beeinflusst und die Wirtschaftlichkeit nahm aufgrund der eingesparten Fungizidbehandlung und der ausbezahlten Prämie leicht zu.
Beim Raps konnte in bisher vier Jahren Blockversuche zum Vergleich der drei Varianten keine, eine oder zwei Insektizidbehandlungen im Frühling durchgeführt werden. Die durchschnittlichen Erträge waren in den vier Untersuchungsjahren bei den beiden Varianten keine oder nur eine Insektizidbehandlung im Frühling gleich. Bei der Variante mit zwei Insektizidbehandlung im Frühling waren die Erträge rund 5% höher. Die Deckungsbeiträge waren unter Berücksichtigung der Massnahmenprämie beim Verfahren ohne Insektizide mit CHF 2'061 pro ha rund CHF 100 bzw. 250 pro ha höher als beim Verfahren mit einer bzw. mit zwei Insektizidbehandlungen. Bei der Interpretation dieser Zahlen ist auf jeden Fall zu beachten, dass der Befallsdruck in den Versuchen durch den Rapsglanzkäfer in drei von vier Jahren nicht über der Bekämpfungsschwelle lag. Es ist daher wichtig, die grundsätzlich sehr ermutigenden Ergebnisse mit weiteren Untersuchungsjahren zu stützen.

- **Verwirrungstechnik in Reben und Obst:** Die für das Jahr 2021 gesteckten Ziele wurden bei dieser Massnahme übertroffen. Die Massnahme wurde im Projekt nicht spezifisch wissenschaftliche begleitet, Informationen zu Umsetzung und Akzeptanz werden aber erfasst.

- **Trichogramma aussetzen:** Der Einsatz von der Trichogramma Schlupfwespe (TSW) zur Bekämpfung des Maiszünslers konnte von 2017 bis 2020 auf knapp 60% der kantonalen Maisfläche gesteigert werden. Die schweizweit beste Flächenabdeckung hat dazu geführt, dass der in früheren Jahren stark betroffene Kanton Bern in den letzten vier Jahren einen tieferen Befall aufwies als in früheren Jahren, obwohl die meteorologischen Bedingungen, die zu hohem Maiszünslerdruck führen, gegeben waren. In den gleichen Jahren lag in zwei anderen Kantonen mit 3 bzw. 4mal niedrigerem Anteil an Maisflächen, die mit TSW behandelt wurden, die Prozentzahl befallener Pflanzen 3 bis 10 mal höher. Die Förderung im Rahmen des BPP dürfte zu dieser deutlichen Entspannung der Situation im Kanton Bern geführt haben. Die für diese Massnahme gesteckten Ziele wurden klar übertroffen.

- **Seitliches Einnetzen:** Die für das Jahr 2021 erwartete Beteiligung wurden bei dieser Massnahme erreicht. Die Massnahme wurde nicht spezifisch wissenschaftlich begleitet., Informationen zu Umsetzung und Akzeptanz werden aber erfasst.

- **Herbizidverzicht im Rebbau:** Bei dieser Massnahme wurden die Erwartungen bei weitem übertroffen. Gemäss Rückmeldungen einer Betriebsleiterin haben dank der Förderung durch das BPP zahlreiche Winzerinnen und Winzer angefangen auf den Einsatz von Herbiziden in ihren Rebbergen zu verzichten. Offenbar ist es unter den in den Berner Weinbaugebieten vorherrschenden Bedingungen vergleichsweise gut möglich, auf den Einsatz von Herbiziden zu verzichten.

- **Querstreifen Feldrand:** Im BPP generell und in hohem Masse in den beiden vertieft untersuchten Einzugsgebieten wurden neben den gesetzlich vorgeschriebenen Pufferstreifen zwischen Produktionsflächen und Gewässern auch zusätzliche Pufferstreifen zur Reduktion indirekter Einträge angelegt. Diese Querstreifen am Feldrand wirken gegen Einträge über befestigte Strassen oder gegen Einträge durch Schächte in oder am Rand von Produktionsflächen. Die grundsätzliche Sensibilisierung für die Massnahme hat stattgefunden. Die Umsetzung hat bei dieser Massnahme langsam angefangen, hat sich dann aber dank besserer Beratung und er-

höhter Beiträge seit dem Jahr 2020 deutlich gesteigert. Mit eine Zielerreichung von 53% ist sie auf Ebene Kanton aber unter den für das Jahr 2021 gesetzten Zielen geblieben. Die insgesamt 1'250 km Pufferstreifen stellen eine beträchtliche Länge dar, machen von der Fläche her aber weniger als 1% der Ackerfläche aus.
In den beiden vertieft untersuchten Einzugsgebieten sind vor allem im Jahr 2020 und 2021 noch einmal ein beträchtlicher Anteil der potenziell beitragenden Flächen mit Querstreifen versehen worden. Daher sind noch keine Vergleiche mit den im Moment bis Ende 2020 definitiv vorliegenden Monitoringdaten möglich. Die derzeit an der Agroscope laufenden Modellierungen der Einträge auf Einzugsgebietsebene dürften auf jeden Fall dabei helfen die durch zahlreiche Prozesse beeinflussten Monitoringdaten in Bezug auf den Einfluss von Querstreifen hin zu beurteilen.

- **Begrünung Fahrspur (Gemüse bzw. Kartoffelbau):** Die Beteiligung ist mit insgesamt 158 km substanziell, liegt aber mit 61% unter den Erwartungen. Die Massnahme wurde nicht spezifisch wissenschaftlich begleitet. Informationen zu Umsetzung und Akzeptanz werden aber erfasst.

2.3.3 *Vergleich der Umsetzung in den Einzugsgebieten bzw. bei den Vergleichsbetrieben*
Die Umsetzung der Massnahmen durch die 30 Betriebe im Ballmoosbach und Chrümmlisbach und durch die Vergleichsbetriebe war insgesamt recht ähnlich. Die grössten Unterschiede zeigen sich beim Anlegen von Querstreifen am Feldrand, welche in den Einzugsgebieten wesentlich mehr und ab den Jahren 2020 und 2021 räumlich optimiert angelegt wurden. Dies dürfte eine direkte Folge der intensiveren Beratung zum optimalen Anlegen solcher Streifen sein. Beim Herbizidverzicht auf der offenen Ackerfläche war hingegen die von den Vergleichsbetrieben angemeldete Fläche höher als die der beiden Einzugsgebiete Ballmoosbach und Chrümmlisbach. Dies dürfte an den in den Einzugsgebieten angebauten Kulturen liegen, namentlich dem vergleichsweise tiefen Anteil an für den Herbizidverzicht geeigneten Kulturen wie Raps oder Weizen bzw. dem hohen Anteil an ungeeigneten Kulturen wie Zuckerrüben.

2.3.4 *Erkenntnisse bezüglich Motivation zur Teilnahme*
Um mehr über die Motivation zur Teilnahme bzw. über die gegen eine Teilnahme sprechenden Gründe zu erfahren, wurde von Forschenden der Agroscope ein Fragebogen entwickelt und an über 2000 Berner Betriebe geschickt. Insgesamt 504 angefragte Betriebe haben den Fragebogen ausgefüllt, darunter 322 Teilnehmer des BPP und 182 Nichtteilnehmer.

Die in der detaillierten Auswertung wichtigsten Unterschiede lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- Die Gruppe der Teilnehmenden ist tendenziell jünger als die der Nichtteilnehmenden.
- Die Teilnehmenden haben eher eine Meisterausbildung und deren Betriebe erzielen einen höheren Umsatz.
- Das Einkommen der Teilnehmenden ist leicht höher, aber sie beziehen leicht tiefere Direktzahlungen. Die Optimierung der Direktzahlungen scheint also nicht a priori im Vordergrund zu stehen.
- Die Teilnehmenden sehen sich tendenziell als risikofreudiger und gaben an, dass sie Innovationen im Bereich Pflanzenschutz früh umsetzen.
- Auffallend ist, dass die Gruppe der Teilnehmenden ihr Wissen in verschiedenen Bereichen des Pflanzenschutzes wie z.B. Sortenwahl als deutlich besser einstuft.
- Umgekehrt informieren sich Nichtteilnehmende etwas mehr bei Warndiensten und im Internet. Es ist unklar, auf welche anderen Informationsquellen die Teilnehmenden zugreifen. Eventuell entscheiden sie stärker auf ihrer eigenen Erfahrung basierend bzw. bestimmen häufiger Bekämpfungsschwellen.

In folgenden Bereichen zeigten sich keine oder nur geringe Unterschiede zwischen am BPP teilnehmenden und nicht teilnehmenden Betrieben:

- Nur geringe Unterschiede zeigten sich bei Fragen, die auf ihren Beitrag zur Ernährungssicherheit, abzielten.

- Auch die Bedeutung ihres Beitrags zum Umweltschutz wurde von Teilnehmenden und Nichtteilnehmenden überwiegend als wichtig oder sogar sehr wichtig eingestuft. So wählten 87% Option 6 oder 7 auf einer siebenstufigen Skala, auf der 1 "Trifft überhaupt nicht zu" und 7 "Trifft voll und ganz zu bedeutet".
- Sehr wichtig ist beiden Gruppen, die Produktion im Hinblick auf die Bedürfnisse des Marktes auszurichten, wobei dies den Teilnehmenden noch etwas wichtiger ist.

Die Befragung wurde gleichzeitig auch bei den Betrieben des von IP-Suisse und Agroscope lancierten Ressourcenprojekts «Pestired» und des vom BAFU finanzierten Projekts «3V» durchgeführt, das aber noch in einer frühen Phase ist und deshalb nur bedingt verglichen werden kann. Die projektübergreifende Auswertung zeigte, dass BPP und Pestired bezüglich finanzieller Attraktivität beide ähnlich eingestuft wurden. Pestired wurde noch etwas effektiver bezüglich Reduktion des PSM-Einsatzes und deutlich positiver bezüglich Beratung und Wissensgewinn eingestuft. Gleichzeitig wurde der Arbeitsaufwand als höher als beim BPP eingestuft. Diese Antworten dürften durch die Projektstruktur bedingt sein, denn Pestired verlangt einen deutlich höheren Aufwand für die Datenerhebung durch die Landwirte selbst. Die Frage nach der Absicht, die Massnahmen fortführen zu wollen, wurde sowohl beim BPP als beim Pestired deutlich bejaht und zwar mit 70 bzw. 75%. Damit ist der für das BPP wichtige Aspekt, die Massnahmen in der Praxis längerfristig zu verankern, offenbar auf gutem Weg.
Eine zweite massnahmenspezifische Umfrage wurde im Januar 2022 durchgeführt und wird derzeit noch ausgewertet.

2.3.5 *Wirkungsresultate*

Ergebnisse der Messungen an ARA-Ausläufen

Die Messungen an den Ausläufen der drei Kläranlagen zeigen im Fall der ARA Ins eine stark rückläufige Tendenz der PSM-Gesamtfracht. Bei der ARA Lyss nahm die Fracht auf einem tieferen Niveau ebenfalls ab. Bei der ZALA Eymatt war der Rückgang wie erwartet am schwächsten, denn die Anzahl Landwirtschaftsbetriebe ist im Einzugsgebiet dieser Kläranlage am niedrigsten. Ein einzelner extrem hoher Eintrag des Wirkstoffs Carbendazim überschattete bei dieser Kläranlage den tendenziell positiven Trend. Insgesamt zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Zeitpunkt und Ausmass der Abnahme und der Inbetriebnahme von Waschplätzen. Damit lässt sich belegen, dass diese Massnahme vergleichsweise rasch zu Erfolgen führt.

Ergebnisse in den beiden vertieft untersuchten Einzugsgebieten

Die Auswertung der bisher für die Jahre 2017 bis 2020 verfügbaren Konzentrationsverläufe von 114 PSM-Wirkstoffen lässt erste Rückschlüsse zu, die sich folgendermassen zusammenfassen lassen:

- Die gemessenen Konzentrationen und die Überschreitungen von Qualitätskriterien sind im Einzugsgebiet des Ballmoosbachs klar zurückgegangen und im Chrümmlisbach ist noch kein Rückgang zu beobachten.
- Eine geringe Anzahl Stoffe und Anwendungen machen einen grossen Anteil der Überschreitungen in den beiden Einzugsgebieten aus. Für diese Stoffe ist eine Reduktion des Einsatzes entsprechend besonders effektiv.
- Die seit dem Jahr 2019 um das Vierfache erhöhte zeitliche Auflösung der Probenahme lässt seither auch Rückschlüsse auf die primären Eintragswege zu. Im Ballmoosbach nahmen etwa die Frachten während Trockenperioden deutlich ab. Einträge durch Probleme bei der Handhabung kommen offenbar im Ballmoosbach so gut wie keine mehr vor. Im Chrümmlisbach wurden auch im Jahr 2020 nach wie vor substanzielle Einträge während Trockenperioden beobachtet, die, obwohl es sich um wenige einzelne Ereignisse handelte, einen erheblichen Einfluss auf die Gesamtbilanz hatten. Die Auswertung der Feldkalenderdaten zum PSM-Einsatz ermöglichte dabei eine deutlich verbesserte Abstützung dieser Aussagen.
- Bezüglich der Eintragswege wurden in einem im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs durchgeführten Forschungsprojekt aufgezeigt, dass indirekte Einträge (z.B. via Kurzschlüsse über Schächte am Feldrand) in hohem Mass zur PSM-Gesamtbelastung beitragen können und bisher zu wenig beachtet wurden. Die Analysen zeigten ausserdem, dass das Risiko indirekter Einträge im Chrümmlisbach besonders hoch ist. Das bedeutet auch, dass in anderen Einzugsgebieten bereits mit weniger Massnahmen eine effektive Reduktion möglich sein kann. Die Massnahmen zur Reduktion indirekter Einträge sind grundsätzlich die gleichen wie bei direk-

ten Einträgen, also die Reduktion des PSM-Einsatzes auf dem Feld und bewachsene Streifen zur Retention der Wirkstoffe am Feldrand. Die Herausforderung besteht vor allem darin, die Querstreifen am Feldrand an den Orten zu platzieren, an denen die Einträge primär erfolgen. Genau diese Aspekte wurden beim Anlegen von Querstreifen im Jahr 2020 und 2021 noch gezielter berücksichtigt.

Neben dem Ziel die Belastung von Oberflächengewässern zu reduzieren, ist es auch unerlässlich, die Auswirkung der Massnahmen auf die Wirtschaftlichkeit der Betriebe zu bestimmen. In einer derzeit laufenden Befragung wird die Einschätzung der Landwirte zu den einzelnen Massnahmen erfasst. Dabei sollen die Landwirte auch konkret zu den Erträgen und Deckungsbeiträgen bei den angewendeten Massnahmen befragt werden. Anschliessend wird dies mit den Versuchsergebnissen aus den Exakt- und Betriebsversuchen (Kapitel 8 bis 12) verglichen.

Folgende Aussagen sind zum jetzigen Zeitpunkt anhand der Exakt- und Betriebsversuche bzw. der Daten zur Umsetzung in den beiden Einzugsgebieten möglich:

- Die ackerbaulich genutzte Fläche ist in beiden Einzugsgebieten nicht zurückgegangen, kann aber zwischen den Jahren durchaus um ein paar Prozent schwanken.
- Die Erträge sind ebenfalls jährlichen Schwankungen unterworfen. Die in den Block- und Streifenversuchen beobachteten eher geringen Ertragsverluste bei Fungizid- und Insektizidreduktion dürften auf die beiden vertieft untersuchten Einzugsgebiete übertragbar sein. Es ist dabei zu beachten, dass der Schaderregerdruck in den Beobachtungsjahren tendenziell niedrig war.
- Die Deckungsbeiträge waren dank den im BPP ausbezahlten Risiko-Prämien bei den Massnahmen zur Reduktion des PSM-Einsatzes in der Regel leicht höher. Auch hier gilt es zu berücksichtigen, dass die bisherigen Beobachtungsjahre einen geringen Schaderregerdruck aufwiesen.

Eine Einordnung der Ergebnisse des Wirkungsmonitorings auf den ganzen Kanton ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich. Da die Massnahmen aber grundsätzlich die gleichen sind, sollten bei Projektabschluss Trendaussagen möglich sein.

2.4 **Schlussfolgerungen**

Das BPP hat dank der guten Zusammenarbeit der beteiligen Akteure innerhalb weniger Jahre eine hohe Beteiligung erreicht. Dies gilt sowohl für den Kanton und in besonderem Masse für die beiden vertieft untersuchten Einzugsgebiete Ballmoosbach und Chrümmlisbach. Die Massnahmen des BPP basieren auf einer an die Verhältnisse des Kantons angepassten Kombination aus einer Reduktion des PSM-Einsatzes, einer Reduktion der Verluste vom Feld und einer Reduktion der Einträge aus Punktquellen.

Zur Reduktion des PSM-Einsatzes liefert das Projekt neue Daten und Erfahrungen zu den heute bestehenden Möglichkeiten weniger PSM einzusetzen. In Bezug auf die Erträge zeigen zum Beispiel die Erfahrungen beim Getreideanbau, dass in den bisher untersuchten Jahren der Ertragsunterscheid zwischen einer intensiven Pflanzenschutzstrategie mit zwei Fungizidbehandlungen und einer Strategie mit lediglich einer Fungizidbehandlung deutlich kleiner ist als erwartet. Besonders interessant sind die in die Richtung einer ökologischen Intensivierung gehenden Versuche mit Untersaaten, denn neben verbesserten Erträgen für Folgekulturen, kann die Untersaat zu Futterzwecken genutzt werden. Die bisher eher geringe Beteiligung an solchen ackerbaulich anspruchsvollen Massnahmen macht aber auch klar, dass Fortschritte im Bereich Reduktion des PSM-Einsatzes viel Beratungs- und Sensibilisierungsarbeit und auf Seiten der Betriebe eine Risikobereitschaft sowie eine Planungssicherheit betreffend Unterstützungbeiträgen erfordern.

Hinsichtlich der Reduktion der PSM-Verluste vom Feld werden im BPP neue Forschungsergebnisse zu den relevanten Eintragswegen genutzt. Wegen der zentralen Bedeutung von Einträgen über hydraulische Kurzschlüsse werden die zur Reduktion nötigen Querstreifen vor allem seit 2020 gezielt angelegt. Da diese Massnahme erst im letzten Jahr mit chemischen Messdaten systematisch umgesetzt

wurde, steht bisher nur ein Jahr mit Messdaten zur Verfügung und eine Einstufung auf Ebene der Wirkung ist daher noch nicht möglich.

Bei den Punktquellen haben Befragungen und Audits zur Handhabung von PSM gezeigt, dass der Prozess des Mischens und Befüllens der kritischste Schritt ist. Die Kombination aus Sensibilisierung bezüglich Eintragsrisiken und Realisierung von baulichen Massnahmen hat sich als wirksam und rasch zu Erfolgen führend gezeigt. Dies lässt sich anhand der Reduktion der in Kläranlagen gemessenen Frachten belegen.

2.5 **Literatur**

Agroscope 2022: Agrarumweltindikatoren (AUI) – Datenreihe Pflanzenschutzmittel. https://apps.agroscope.info/sp/za-aui/2/app/datenreihe?lang=D Zugriff am 22.3.2022

Beaux A., Schumacher P. 2019: Einführung der Rapskultur mit Untersaat: Die Schweizer Produzenten kommen zu Wort, Agrarforschung Schweiz 10 (3), 128–133.

BEBV (Berner Bauernverband), LANAT (Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Fachstelle Pflanzenschutz), 2015. Ressourcenprogramm Pflanzenschutz – Berner Pflanzenschutzprojekt. Projektgesuch nach Art. 77a und b Landwirtschaftsgesetz (LwG, SR 910.1). 50 S.

BFS Bundesamt für Statistik 2022: Beschäftigte, Landwirtschaftliche Betriebe, Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) und Nutztiere auf Klassifizierungsebene 1 nach institutionellen Gliederungen, https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0702000000_104/-/px-x-0702000000_104.px/ (Zugriff am 15.3.2022, Zahlen des Jahres 2020)

BLW Bundesamt für Landwirtschaft 2021: Agrarbericht (Angaben zu Beiträgen für Herbizidverzicht in Kombination mit REB für schonende Bodenbearbeitung und zu Beiträgen für Herbizidverzicht auf der offenen Ackerfläche)

Daouk S., Doppler T., Wittmer I., Junghans M., Coster M., Stamm C. 2019: Pesticides dans les eaux de surface, Aqua & Gas, 1, 66-73.

KOLAS, KVU, PPG (2020). Interkantonale Empfehlung zu Befüll- und Waschplätzen und zum Umgang mit pflanzenschutzmittelhaltigem Spül- und Reinigungswasser in der Landwirtschaft. Hrsg.: KOLAS, KVU, PPG; Oktober 2020; 8 S.

O'Donnell T. K. 2012: Assessing Watershed Transport of Atrazine and Nitrate to Evaluate Conservation Practice Effects and Advise Future Monitoring Strategies, Environmental Management, 49, 267–284.

Singer H., Anfang H.-G., Hörger C., Stamm C., Peter A., Lück A. 2006: Evaluation der Ökomassnahmen - Gewässer und Pestizide, Konzept- und Ergebnisbericht, Dübendorf, 31.3.2006, 111 S.

3 Übersicht über das Berner Pflanzenschutzprojekt

3.1 **Einleitung**

Am 27. November 2015 hat das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) das Berner Pflanzenschutzprojekt (BPP) genehmigt. Die Massnahmen des BPP wurden vor der Entwicklung des nationalen Aktionsplans Pflanzenschutz diskutiert und festgelegt. Entsprechend sind gewisse Massnahmen und Ziele des BPP ähnlich bis gleich wie im nationalen Aktionsplan Pflanzenschutzmittel. Somit sollen auch Erkenntnisse und Resultate für die Umsetzung des Nationalen Aktionsplans gewonnen werden. Zusätzlich braucht es einen regen Austausch mit den entsprechenden Verantwortlichen der verschiedenen Teilprojekte.

Die wissenschaftliche Begleitung wurde der HAFL übertragen. Das Gewässer-Monitoring PSM in den beiden Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach wird durch das Amt für Wasser und Abfall (AWA) durchgeführt.

Ab 2023 werden die Beiträge zur ressourceneffizienten Bewirtschaftung wegfallen. Bis zu diesem Zeitpunkt sollen die Massnahmen von den Landwirten breit akzeptiert und angewendet werden.

3.2 **Übersicht über den Stand der wissenschaftlichen Begleitung**

Die folgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über den momentanen Stand, bereits durchgeführter und laufender Arbeiten der wissenschaftlichen Begleitung des BPP.

Tabelle 3 Übersicht über durchgeführte und laufende Arbeiten der wissenschaftlichen Begleitung des Berner Pflanzenschutzprojektes, Stand Dezember 2021.

Teilprojekt (TP)	Beginn	Verantwortliche Institution	Durchgeführte Arbeiten / momentaner Stand
TP 1 – Datenerfassung Massnahmen Pflanzenschutz	01.12.18	HAFL	Aufnahme der Tätigkeiten am 15.01.2019, Analyse und Interpretation Gewässermonitoring 2017 -2020 Vergleich mit 30 Betrieben im ganzen Kanton Bern.
TP 2 – PSM-haltige Abwasser	01.01.19	HAFL	Aufnahme der Tätigkeiten im Januar 2019 Hofbegehungen in EZG und Ins/Müntschemier durchgeführt Reevaluation der Hofbesuche läuft, ist noch nicht abgeschlossen.
TP 3 – Abschwemmung, Standortrisiko	01.02.19	HAFL	Aufnahme der Tätigkeiten im Februar 2019 Feldbegehungen wurden durchgeführt. Prototyp zu Schachtabdeckung wurde entwickelt. Erste Abtrift-Versuche mit wassersensitivem Papier durchgeführt. Evaluation der Feldbegehungen ist ausstehend. Diskussion der Pufferstreifen ausstehend.
TP 4 – Monitoring PSM	2017	AWA	Gewässermonitoring 2017-2020: Erhebungen und gewässerspezifische Analyse und Interpretation abgeschlossen. 2021 noch ausstehend.

			Weitere Erkenntnisse in Zusammenarbeit mit der EAWAG.
TP 5 – Insektizidverzicht Raps	01.05.18	HAFL	Feldversuche 2018-2021 durchgeführt und ausgewertet. Versuche 2022 in Vorbereitung.
TP 6 – Trichogramma Freilassung	2017	LANAT	Erste Erhebungen 2018/2019 gemacht. Im Jahr 2020 kombinierten Semesterarbeit/Bachelorarbeit der HAFL.
TP 7 – Fungizidverzicht Getreide	01.05.18	HAFL	Feldversuche 2018-2021 durchgeführt, geerntet und ausgewertet. Mykotoxinanalyse von Stroh 2018/2019 gemacht. Die Analyse für 2021 ist noch ausstehend.
TP 8 – Herbizidverzicht	2019	HAFL	Diskussion von sinnvollen Ansätzen, da REB-Beiträge vom Bund eingeführt wurden, verzögerte hier die Aufnahme von Feld-Versuchen. Versuchen zu Untersaaten in Getreide und Mais 2019 bis 2021 durchgeführt und ausgewertet. Versuche 2022 geplant.
TP 9 – Akzeptanz	2019	Agroscope	Vergeben an die Gruppe von Stefan Mann. Erste Resultate der Umfragen liegen vor.
TP 10 – Modellierung EZG	2019	Agroscope	Vergeben an die Gruppe von Roy Kasteel, Modell steht.
TP 11 - Koordination, Gesamtleitung wissenschaftliche Begleitung	01.05.18	HAFL	Laufende Koordinationsarbeiten, interne Kommunikation, Gesamtübersicht.

In den folgenden Kapiteln werden bereits durchgeführte Arbeiten dargestellt und erläutert.

3.3 **Beteiligung der Landwirte am Ressourcenprojekt**

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass sich immer mehr Landwirtschaftsbetriebe am BPP beteiligen und das Interesse gross ist. Die Zunahme der Beteiligung im gesamten Projekt kann in der Tabelle 4 gezeigt werden. Dabei handelt es sich vorwiegend um ÖLN-Betriebe. Der Anteil von Bio-Betrieben wird auf 6-7% geschätzt.

Tabelle 4 Stand Umsetzung des BPP: Projekt-Teilnahme 2017-2021.

	2017	2018	2019	2020	2021
Anzahl Betriebe	2’646	3’104	3’220	3’412	3’601
Anzahl Massnahmen	4’956	7’653	8’085	8’927	9’654
Massnahmen pro Betrieb	1.9	2.45	2.5	2.5	2.7

Die Beteiligung an den einzelnen Massnahmen über die Zeit vom Start im Jahr 2017 ist in der Tabelle 5 ersichtlich. Aufgrund dieser Auswertung haben die Massnahmen «Querstreifen am Feldrand», «Reduzierter Fungizid- und Insektizideinsatz» und «seitliches Einnetzen der Reben» die grössten Zu-

wachsraten. Weniger Interesse bekunden die Landwirte am «seitlichen Einnetzen von Obst» und dem «Begrünen der Fahrspur».

Tabelle 5 Stand Umsetzung der Massnahmen BPP, die Zahlen 2021 sind nicht definitiv (Stand Oktober. 2021, Quelle LANAT.

Jährliche Massnahmen	Einheit	2017	2018	2019	2020	2021
Querstreifen Feldrand	km	245	420	656	1'016	1'251
Begrünung Fahrspur	km	120	130	136	139	158
Herbizid-Verzicht Acker-bau	ha	683	762	1'092	1'256	1'396
Reduzierter Fungizid- / Insektizid-Einsatz	ha	1'803	2'736	3'343	3'830	3'976
Totalherbizid-Verzicht	ha	9'570	16'221	17'365	16'417	16'270
Trichogramma aussetzen	ha	4'544	5'259	5'781	6'500	6'668
Einnetzen (Obst, Reben)	ha	99	120	120	129	138
Herbizid-Verzicht-Rebbau	ha	127	149	157	161	159
Verwirrungstechnik	ha	278	306	323	329	343

Die Projektziele des BPP sind:

- Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in die Umwelt reduzieren, insbesondere in die Oberflächengewässer und Kläranlagen.
- Herbizid- Insektizid- und Fungizid-Einsatz vermindern.
- Produktionspotenzial des Betriebs beibehalten.
- Landwirtinnen und Landwirte für negative Umweltwirkungen von Pflanzenschutzmitteln sensibilisieren (LANAT 2019.

Ein Hauptziel des BPP ist es wie oben aufgeführt, die Anwendung von PSM zu reduzieren. Die Reduktion soll 10% bei den Herbiziden im Feldbau, 30% bei den Fungiziden im Getreide und 20 % bei den Insektiziden im Raps betragen. Weiter sollen in 35% der Maisflächen Nützlinge (Trichogramma) gegen den Maiszünsler eingesetzt werden. Im Obst- und Weinbau sollen 25, resp. 50% der Pflanzen eingenetzt werden.

Die Tabelle 6 zeigt, dass im Jahr 2021 bei den Massnahmen Sanierungen Waschplätze, Totalherbizid, Verwirrungstechnik, Trichogramma und Herbizidverzicht Rebbau der Zielwert 2021 bereits übertroffen wurde. Das seitliche Einnetzen hat den Zielwert fast erreicht und die Begrünung der Fahrspur (61%) und Reduzierter Fungizid-/Insektizideinsatz (60%) weisen gute Werte auf. Bei den Querstreifen und dem Herbizidverzicht liegen die Werte bei 53% resp. 41% und sind noch ausbaufähig.

Tabelle 6 Zielerreichung der Massnahmen im BPP 2021.

Ansatzebene	Massnahme	Quantitatives Ziel Projektende (bzw. 2021)	Beteiligung	Zielerreichung 2021 in %
Reduktion Punktquellen	Sanierung Waschplätze	Insgesamt 300 (50)	91	182
Reduktion Einsatz	Herbizidverzicht oAF [1,2]	10% (8%) der oAF	1400 ha	40
	Verzicht auf Totalherbizide	60% (55%) der oAF	16'260 ha	100
	Reduktion Fungizide im Getreide und Insektizide im Raps	30% (25%) der Getreide- bzw. Rapsfläche	3'980 ha	62
	Verwirrungstechnik Reben bzw. Obst	Je 80% (je 80%)	343 ha	143
	Trichogramma aussetzen	35% (35%)	6'670 ha	238
	Einnetzen Obst, Beeren, Reben	25% bzw. je 50% (25% bzw. je 50%)	137 ha	103
	Herbizid-Verzicht-Rebbau	40% (40%)	160 ha	267
Reduktion Verluste vom Feld	Querstreifen Feldrand	2380 km (2380 km)	1'250 km	53
	Begrünung Fahrspur (Gemüse- bzw. Kartoffel-bau)	228 km (228 km)	158 km	62

[1] oAF: offene Ackerfläche. [2] Nicht berücksichtigt sind hier die über die REB-Massnahmen "Reduktion von Herbiziden im Ackerbau" und "Reduktion von Herbiziden im Zuckerrübenanbau" finanzierten Flächen

3.4 **Literatur**

LANAT (Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Fachstelle Pflanzenschutz), 2017. Berner Pflanzenschutzprojekt: Umweltgereichten Pflanzenschutz fördern. Ziele und Massnahmenkatalog. 20 S.

4 Teilprojekt 1 - Datenerfassung Massnahmen im Pflanzenschutz

4.1 **Einleitung**

Die wissenschaftliche Begleitung des Gewässermonitorings erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Amt für Wasser und Abfall (AWA). Die Interpretation der agronomischen Situation wird durch die HAFL gemacht. Ziel des Teilprojekts 1 «Datenerfassung Massnahmen im Pflanzenschutz» ist es, die Daten zusammenzutragen, aufzubereiten und in eine visuelle Form zu bringen, um so die Grundlage für eine vertiefte Analyse der agronomischen Situation in den beiden Einzugsgebieten (EZG) Ballmoosbach und Chrümmlisbach zu schaffen und den Ursprung der Pflanzenschutzmittel (PSM)-Einträge zu ermitteln.

4.2 **Material und Methoden**

Die HAFL erhält die gemessenen definitiven PSM-Werte der Gewässer Chrümmlisbach und Ballmoosbach und des Niederschlages vom AWA und führt diese mit den Bewirtschaftungsdaten aus den beiden EZG zusammen. Mithilfe von Parzellenplänen, der Erosionsrisikokarte Acker qualitativ (Geo.admin.ch), der Wasseranschlusskarte und der Schachtpläne werden jährlich aktualisierte Einsatzkarten der angewendeten kritischen Wirkstoffe (WS) in ArcGIS 10.6 erstellt. Erkenntnisse aus Feldbegehungen und Informationen zu den WS ergänzen die Interpretationsgrundlage. Im Jahr 2017 werden 12 kritische WS identifiziert, ab 2018 wird diese Liste um 6 weitere kritische WS ergänzt (siehe Teilprojekt 4). Mit kritischen Wirkstoffen, sind Wirkstoffe gemeint bei welchen mehrfache Überschreitungen nachgewiesen wurden.

Die Anwendung der Pflanzenschutzmittel wird über die Jahre verglichen und pro Kultur ausgewertet. Diese Daten werden mit den PSM-Anwendungen von rund 30 Vergleichsbetrieben, welche im Kanton Bern liegen verglichen. Weitere Betriebe für den Vergleich des PSM-Einsatzes werden vom LANAT weiterhin gesucht.

Weil in den vergangenen Jahren Wirkstoffe im Gewässer Chrümmlisbach gemessen wurden, welche keiner Pflanzenschutzmittelanwendung durch einen Landwirt zugeordnet werden konnten, wurde eine Umfrage im Siedlungsgebiet durchgeführt. Denn ein Entwässerungsschacht in Schalunen, welcher in den Chrümmlisbach entwässert, liegt im Siedlungsgebiet und könnte eine potenzielle Quelle für einen PSM-Eintrag durch Privatpersonen sein.

Weiter wird die Teilnahme der Betriebe an den Massnahmen des Berner Pflanzenschutzprojektes analysiert. Die angemeldeten Massnahmen der landwirtschaftlichen Betriebe in den beiden EZG Ballmoosbach und Chrümmlisbach werden mit denen von rund 30 Vergleichsbetrieben aus dem Kanton Bern, welche Stichproben artig ausgewählt wurden, verglichen. Neben den Massnahmen werden auch die PSM-Einsätze im und ausserhalb der EZG verglichen. Hierzu ist aktuell die Datengrundlage unvollständig und die Daten stehen erst seit Mitte Oktober 2021 für Analysen zur Verfügung.

4.3 **Ergebnisse und Einzeldiskussion**

4.3.1 *Daten Einzugsgebiete*

Mittels Bewirtschaftungsdaten der Landwirte in den einzelnen EZG kann ein Bild erstellt werden, das die hauptsächlich angebauten Kulturen zeigt. Ebenso wird ersichtlich wie viele Hektaren ackerbaulich genutzt werden und wo, wann und wieviel PSM eingesetzt worden sind. Auf Grund der Fruchtfolge und weil die Landwirte ebenfalls Land ausserhalb der EZG bewirtschaften, variiert dieses Bild von Jahr zu Jahr, wie auch der Einsatz der entsprechenden Wirkstoffe (Tabelle 7).

Tabelle 7 Ackerbaulich genutzte Fläche in den beiden EZG Ballmoosbach und Chrümmlisbach 2017-19, in welchen PSM eingesetzt worden sind.

Ackerbaulich genutzte Fläche im EZG ohne Wiesen/Weiden	2017 in ha	2018 in ha	2019 in ha	2020 in ha
Ballmoosbach	72.89	75.86	71.1	69.86
Chrümmlisbach	122.59	135.37	135.56	151.47

In den folgenden Abbildungen (Abbildung 1 und Abbildung 2) werden die EZG und die darin angebauten Kulturen dargestellt. Auffallend sind die deutlichen Schwankungen einzelner Kulturen von Jahr zu Jahr. Beispielsweise ist die Veränderung der Maisfläche im EZG Ballmoosbach (2017: 11.25ha; 2020: 1.47ha) und die Veränderung der Rübenfläche beachtlich (Abbildung 1).

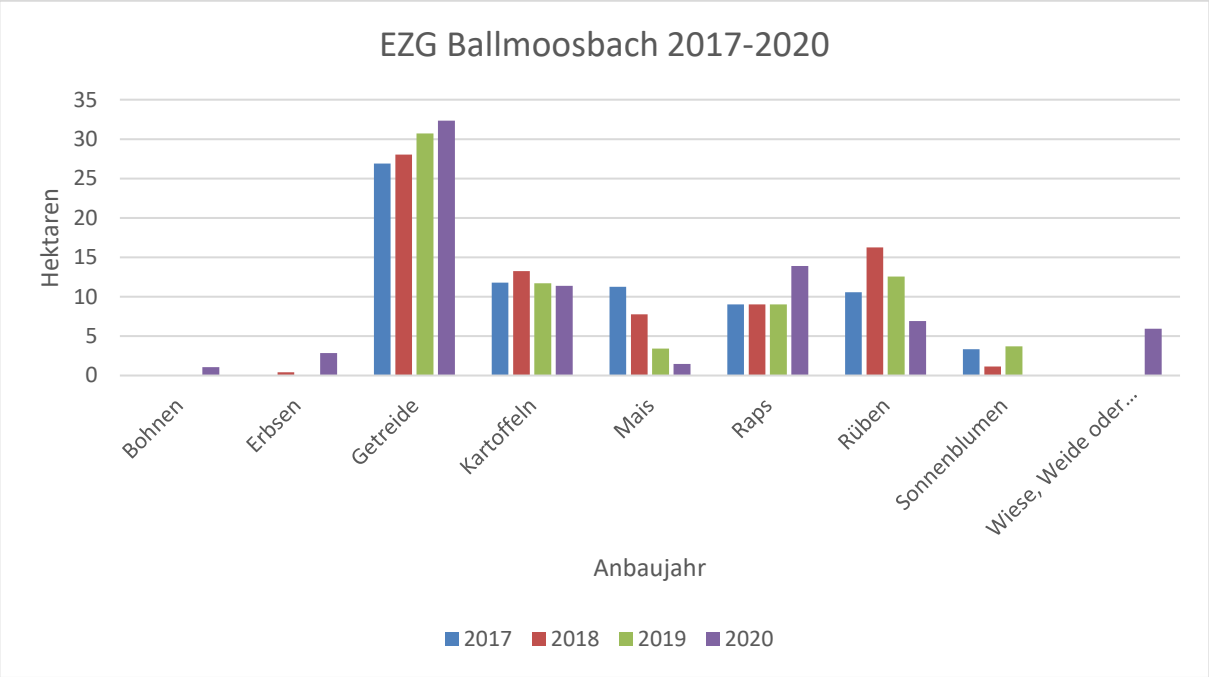


Abbildung 1 Angebaute Acker-Kulturen 2017-2020 im EZG Gebiet Ballmoosbach mit PSM-Einsatz.

Beim EZG Chrümmlisbach ist die Zunahme der Rapsfläche (2017: 6.07ha; 2020: 15.94ha) und die grossen Schwankungen beim Kartoffel- und Rübenanbau zu erwähnen (Abbildung 2).

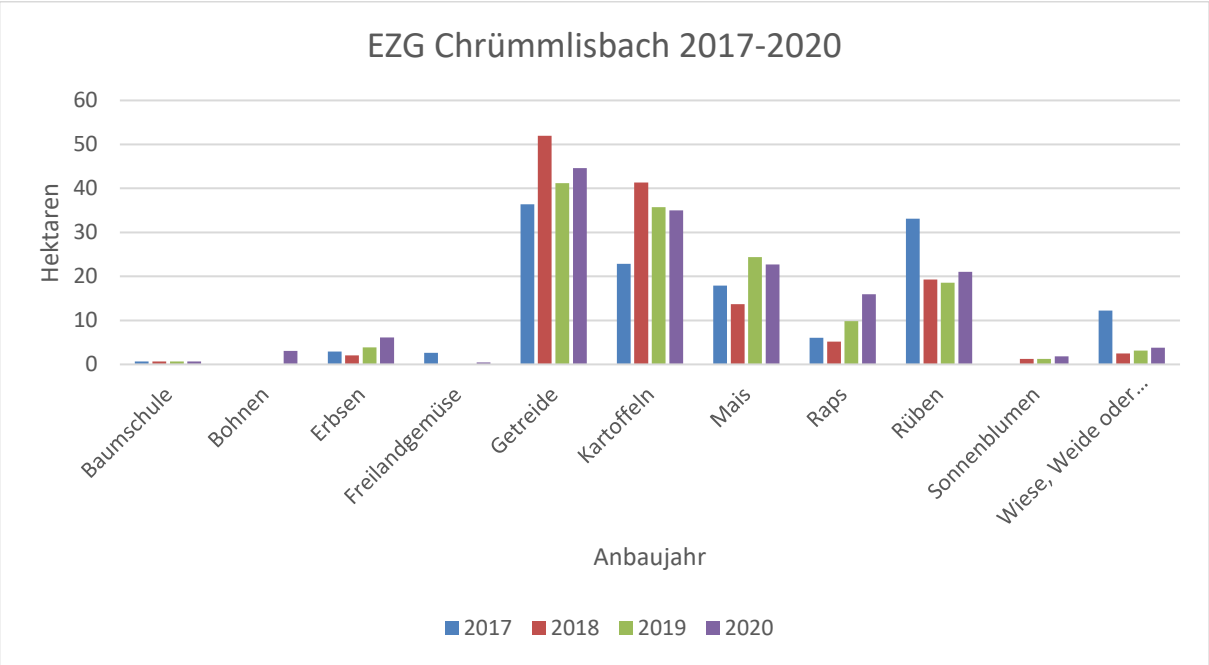


Abbildung 2 Angebaute Acker-Kulturen 2017-2020 im Einzugsgebiet Chrümmlisbach mit PSM-Einsatz.

4.3.2 *Vergleich der angemeldeten Massnahmen*

Um den Fortschritt im BPP zu verfolgen und die eingesetzten Massnahmen in den EZG Ballmoosbach und Chrümmlisbach mit den angemeldeten Massnahmen im übrigen Kanton Bern zu vergleichen, wurden die Massnahmen von ca. 30 zufällig ausgewählten Landwirtschaftsbetrieben im Kanton Bern mit denen in den EZG verglichen. In der Tabelle 8 und Tabelle 9 ist ersichtlich, dass in den Jahren 2020 und 2021, wo praktisch gleich viele Betriebe verglichen werden konnten, die Massnahmen Begrünung der Fahrspur, Herbizidverzicht offene Ackerfläche und Verzicht auf Totalherbizid weniger oft in den EZG umgesetzt wurden. Die Massnahme Trichogramma-Einsatz wurde in beiden Betriebsgruppen in etwa dem gleichen Umfang umgesetzt. Die Massnahmen Querstreifen Feldrand, Reduzierter Fungizid-/Insektizideinsatz und Verzicht Totalherbizid-Frühjahrskultur wurden in den Einzugsgebieten vermehrt angemeldet und umgesetzt.

Tabelle 8 Angemeldete Massnahmen BPP der Jahre 2017- 2021 der 30 Vergleichsbetriebe im Kanton Bern.

Vergleichsbetriebe im Kanton Bern (n=30 Landwirte)					
Massnahmen	**2017** (n=22)	**2018** (n=23)	**2019** (n=23)	**2020** (n=29)	**2021** (n=30)
Begrünung Fahrspur in m	350.00	350.00	280.00	210.00	710.00
Herbizidverzicht offene Ackerfläche in Aren	150.00	505.00	316.72	2'105.27	2'701.61
Querstreifen Feldrand in m	3232.00	4836.00	6425.00	13'050.00	19'109.00
Reduzierter Fungizid-/Insektizideinsatz in Aren	3371.14	3175.3	3094.11	6'148.79	4'862.30
Trichogramma aussetzen in Aren	5784.29	5902.91	6072.6	9'951.90	8'669.64
Verzicht auf Totalherbizid - Frühjahrskultur in Aren	13229.51	11694.83	11710.05	18'540.69	14'280.72
Verzicht auf Totalherbizid - Herbstkultur in Aren		3666.95	4624.91	6'787.75	8'184.63
Seitliches Einnetzen Obst in Aren	145.00	145.00	145.00	145.00	135.53
Seitliches Einnetzen Beeren in Aren					9.62
Herbizidverzicht Rebbau in Aren	0	2.63	2.63	2.63	2.63

Tabelle 9 Angemeldete Massnahmen BPP der Jahre 2017- 2021 der 30 Betriebe in den EZG.

Landwirtschaftsbetriebe im EZG Ballmoosbach und Chrümmlisbach (30 Betriebe) (Totalbetrieb nicht nur die Flächen im EZG)					
Massnahmen	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Begrünung Fahrspur	200.00	200.00	2'220.00	390.00	318.00
Herbizidverzicht offene Ackerfläche	824.68	1'366.02	1'136.91	1'596.74	1'478.31
Querstreifen Feldrand	10'886.00	17'907.00	24'043.00	30'090.00	32'109.00
Reduzierter Fungizid-/Insektizideinsatz	1'481.73	4'462.47	5'768.71	8'366.15	7'573.39
Trichogramma aussetzen	7'534.19	6'845.15	7'921.93	7'596.57	8'730.12
Verzicht auf Totalherbizid - Frühjahrskultur	16'074.25	19'047.62	21'263.32	21'574.34	20'862.19
Verzicht auf Totalherbizid - Herbstkultur		7'415.40	6'874.21	10'425.77	7'307.77

Die Massnahmen «Seitliches Einnetzen von Obst und Beerenplantagen» sowie «Herbizidverzicht im Rebbau» wurde in den EZG nicht angemeldet, weil es in diesen beiden Gebieten keine grössere Obst-, Beeren- oder Rebbauanlage gibt. Beim Vergleich pro Betrieb (Abbildung 3) wird sichtbar, dass tendenziell in den EZG die Massnahmen vermehrt umgesetzt werden. Dies weil die Landwirte näher am Projekt sind, ein regelmässiger Austausch mit ihnen stattfindet und ihnen dank der Beratung die Massnahmen besser bekannt und sie dadurch stärker sensibilisiert sind. Bei der Begrünung der Fahrspur, beim Herbizidverzicht offene Ackerfläche sowie beim Verzicht Totalherbizid Herbstkultur liegen die Vergleichsbetriebe leicht höher, jedoch bei den Querstreifen ist ersichtlich, dass diese in den EZG deutlich öfter angelegt werden, als bei den Vergleichsbetrieben. Bei der Begrünung der Fahrspur setzt im EZG ein Landwirt diese Massnahme ein und im Jahr 2019 meldete ein weiterer Landwirt 2000 Laufmeter an, dieser setzte die Massnahme aber nur während einem Jahr um und gab sie anschliessend wieder auf. Bei den Vergleichsbetrieben meldete sich ein Betrieb im Jahr 2021 neu mit 430m für die Massnahme Begrünung der Fahrspur an.

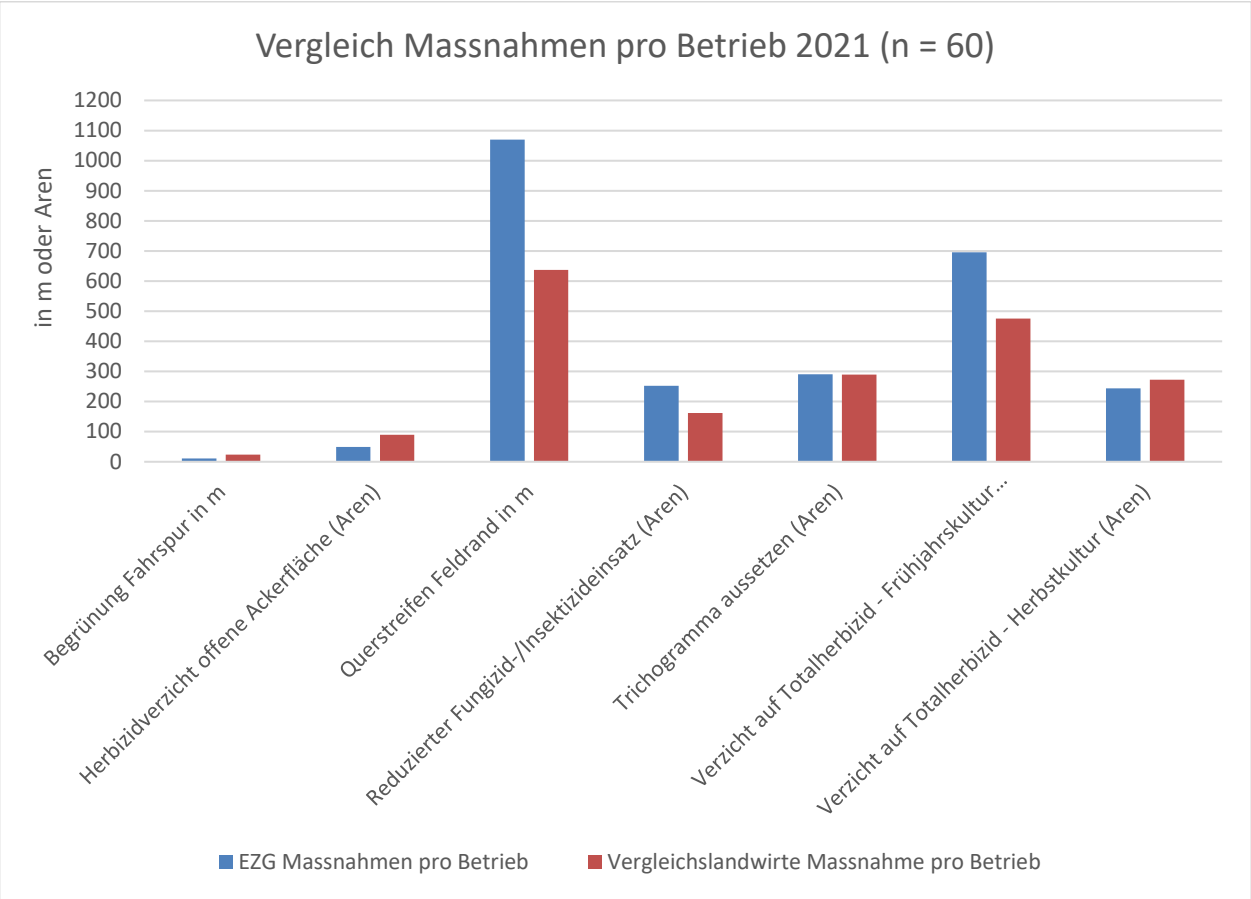


Abbildung 3 Vergleich der angemeldeten Massnahmen für das BPP. Vergleich Betriebe in den EZG und Vergleichsbetriebe im Kanton Bern.

4.3.3 *Umfrage Siedlungsgebiet*

In Zusammenarbeit mit der Gemeinde Fraubrunnen führte die HAFL Zollikofen im April 2021 eine Umfrage bei den Siedlungsgebieten im Einzugsgebiet des Chrümmlisbaches durch. Den Anwohnern / Privatpersonen von Chrümmlisbach wurde ein Fragebogen zugestellt (Anhang 3), mit Fragen zur Anwendung von Pflanzeschnutzmitteln und deren Entsorgung, sowie der Gebrauch von Flohschutzmitteln bei Haustieren.

Von den 50 angeschrieben Haushalten, wurden 17 Fragebögen retourniert.

- Bei 14 Haushalten ist ein Garten vorhanden.
- Die Entsorgung der Mittelreste und Reinigung der Behälter wurde zweimal Schacht/Abfluss angegeben. Oft werden die Mittelresten auch im Rasen entsorgt.
- Von den 17 Rücksendungen verwenden 7 Pflanzenschutzmittel im Garten und 5 davon verwenden Flohschutzmittel.
- In den letzten drei Jahren wurden bei zwei Gebäuden eine Anwendung bei der Aussenhülle gemacht. Bei einem Gebäude wurde der Anstrich erneuert und das Dach renoviert, beim anderen der Holzbau erneuert.

In der untenstehenden Tabelle 10 sind die eingesetzten Pflanzenschutzmittel, welche in den Privatgärten angewendet wurden, aufgeführt. Der Zeitpunkt der Anwendung wurde nicht angegeben. Weiter unten in der Tabelle sind die Zecken- und Flohschutzmittel aufgeführt.

Tabelle 10 Eingesetzte Pflanzenschutzmittel und Flohschutzmittel im Siedlungsgebiet des Chrümmlisbaches, Resultate einer schriftlichen Umfrage, HAFL 2021, N=17.

Produktname	**Wirkstoffe**
Pflanzenschutzmittel	
Maag Kendo-Spray	Lambda-Cyhalothrin
Gesal Rosen-Pilzschutz	Penconazol, Dodine
Capito Schneckenkorn Bio S	Eisen-III-Phosphat
Dicotex P	MCPA; 2,4-D; Mecoprop-P; Dicamba
SanoPlant ??	*von Pyrethrin bis Kalium-Bicarbonat alles möglich im Obst*
Belrose Fungizid	Difenoconazol; Penconazole
Belrose Insektizid	Pirimicarb
Cupromaag	Kupfer (als Hydroxid)
Matil Ameisenstop	Pyrethrin; Piperonyl butoxide
Zecken- und Flohschutzmittel	
Optipet	Dimpylatum (vermutlich dieser Wirkstoff, zu wenig spezifisch beschrieben)
Bravecto	Fluralaner
Spot on	Lavandinöl 3,04 g/100 g, Geraniol 0,24 g/100 g, Icaridin 3,04 g/100 g
Advocate	Imidacloprid, Moxidectin
Seresto	Imidacloprid, Flumethrin

Von den in der Umfrage angegeben Wirkstoffen, wurden folgende auch im Chrümmlisbach gemessen: Lambda-Cyhalothrin, MCPA, Mecoprop-P, Dicamba, Difenoconazol, Pirimicarb. Diese Wirkstoffe wurden auch von den Landwirten im EZG eingesetzt. Gemäss Felddaten wurde aber in den Jahren 2018 und 2019 kein Primicarb im EZG eingesetzt, trotzdem wurde eine deutliche Gewässerbelastung gemessen. Dies könnte auf die Anwendung im Siedlungsgebiet zurückgeführt werden und durch einen Punkteintrag im Privatgebrauch verursacht worden sein. Allerdings sind die Anwenderdaten in diesen Jahren nicht lückenlos, weil sich einige Landwirte nicht oder noch nicht beteiligten.

4.3.4 *Einsatz problematischer Wirkstoffe in den Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach 2017-2020 und auf den Vergleichsbetrieben*

Die PSM- Einsätze von ca. 30 landwirtschaftlichen Betrieben aus dem Kanton Bern der Jahre 2017-2020 wurden analysiert. Zum Zeitpunkt der ersten Analysen waren nicht von allen Landwirten alle Anbaujahre vorhanden. Teilweise verfügten die Landwirte vor 2020 noch nicht über den e-Feldkalender oder die Daten wurden noch nicht vollständig eingereicht. Das LANAT ist dabei die Daten zu vervollständigen und weitere Landwirte für die Daten anzufragen. In diesem Zwischenbericht liegt nun eine erste kurze Analyse und ein Vergleich mit den Einsätzen in den EZG Chrümmlisbach und Ballmoosbach vor. Vorerst werden die Wirkstoffe Diflufenican, Metribuzin, Terbuthylazinee, Dimethenamid-P, Flufenacet und Nicosulfuron analysiert, weil die Daten der Vergleichsbetriebe erst seit Oktober 2021 verfügbar sind. Weitere Wirkstoffe werden zu einem späteren Zeitpunkt analysiert und die Vergleiche und Schlussfolgerungen vertiefter durchgeführt, sobald der Datensatz grösser ist.

4.3.4.1 Diflufenican (Getreide)

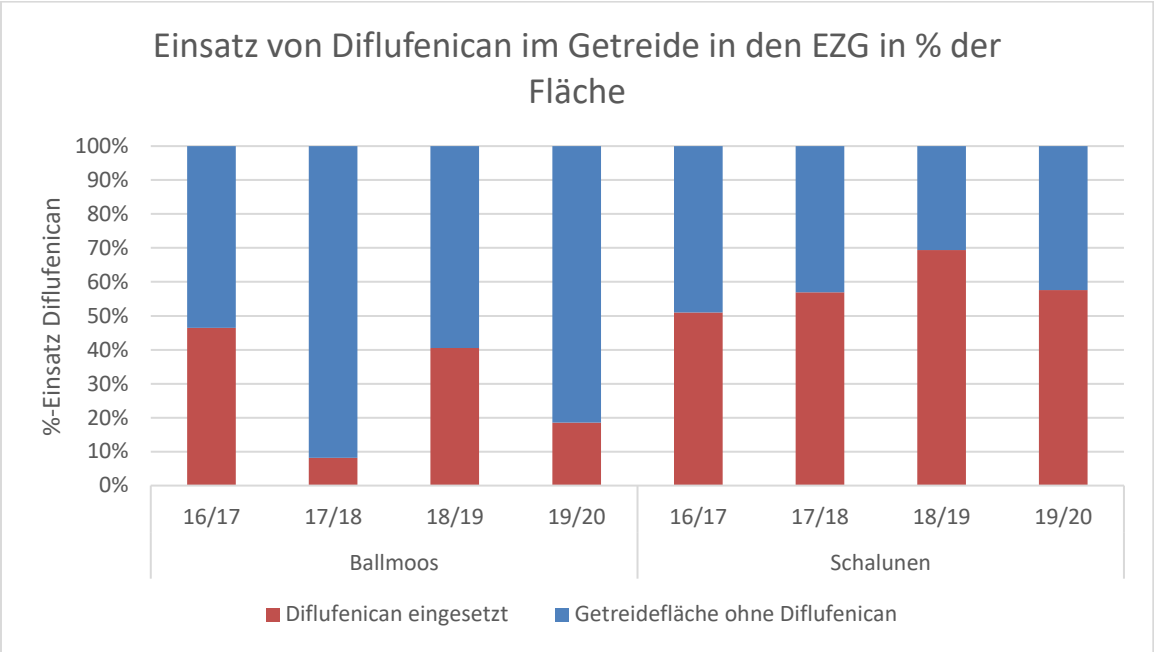


Abbildung 4 Einsatz von Diflufenican im Getreide in den EZG in % der gesamten Getreidefläche. Rot ist der Anteil in % der gesamten Getreidefläche, auf der Diflufenican eingesetzt wurde. Blau ist die Getreidefläche ohne Diflufenican.

- Die behandelte Fläche mit Diflufenican in den EZG heruntergebrochen auf die totale Getreidefläche im EZG ist ein auf und ab in beiden EZG. In der Periode 16/17 ist in Ballmoosbach rund 46.5% und in Chrümmlisbach rund 50.9% der Getreidefläche mit Diflufenican behandelt worden. In der Vegetationsperiode 17/18 ist in beiden EZG der geringste Einsatz festzustellen. 18/19 der hohe Einsatz im EZG Ballmoosbach und der höchste Einsatz im EZG Chrümmlisbach über alle 4 Jahre und abschliessend 19/20 wieder ein etwas geringerer Einsatz (vergleichbar mit WS-Einsatz von 17/18) (Abbildung 4).
- Die eingesetzte Menge an Wirkstoff/ha Getreidefläche im EZG übersteigt im EZG Chrümmlisbach diejenige vom EZG Ballmoosbach in jedem der vier untersuchten Jahre um durchschnittlich das Doppelte.
- Die mit Diflufenican behandelten Getreideflächen (ha) variieren von Jahr zu Jahr. Es ist aber kein deutlicher Zusammenhang erkennbar, dass mit zunehmender Getreidefläche im EZG auch der Einsatz von Diflufenican zunimmt (sehr deutlich erkennbar im EZG Ballmoosbach).

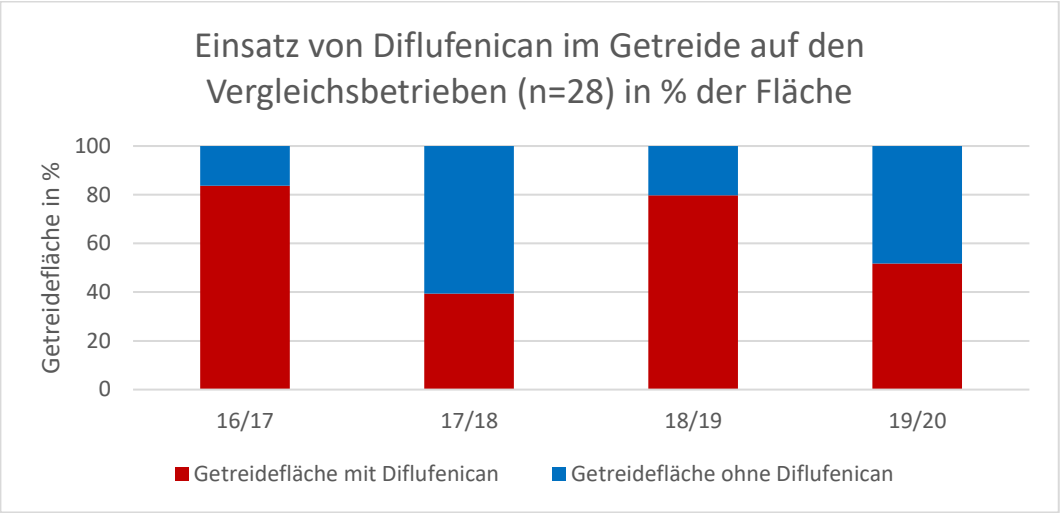


Abbildung 5 Einsatz von Diflufenican im Getreide auf den Vergleichsbetrieben in % der gesamten Getreidefläche. Rot ist der Anteil in % der gesamten Getreidefläche, auf der Diflufenican eingesetzt wurde. Blau ist die Getreidefläche ohne Diflufenican.

Der Einsatz von Diflufenican im Getreide unterliegt auch bei den Vergleichsbetrieben grossen Schwankungen. Der Einsatz von Diflufenican auf der Getreidefläche ist mit durchschnittlich 63% höher als in den beiden Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach (43%) (Abbildung 4 und Abbildung 5).

4.3.4.2 Dimethenamid-P

Dieser Wirkstoff wird in sehr unterschiedlichen Kulturen eingesetzt. Die Ergebnisse werden deshalb einzeln in den beiden Kulturen Mais und Zuckerrüben betrachtet.

Mais

- Es ist eine Zunahme des Dimethenamid-P- Einsatzes über die vier Jahr in beiden EZG's zu verzeichnen.
- 2017 und 2018 wurde Dimethenamid im Mais nicht eingesetzt. 2019 und 2020 wurde Dimethenamid auf den Maisflächen beider EZG's eingesetzt, und zwar im EZG Ballmoosbach auf 100% der Mais-Fläche des EZG, obwohl die totale Maisfläche im EZG vom Ballmoosbach kontinuierlich über die vier Jahre stark abnahm. Im EZG Chrümmlisbach wurde 2019 und 2020 auf durchschnittlich 33% der Maisfläche des EZG Dimethenamid eingesetzt.

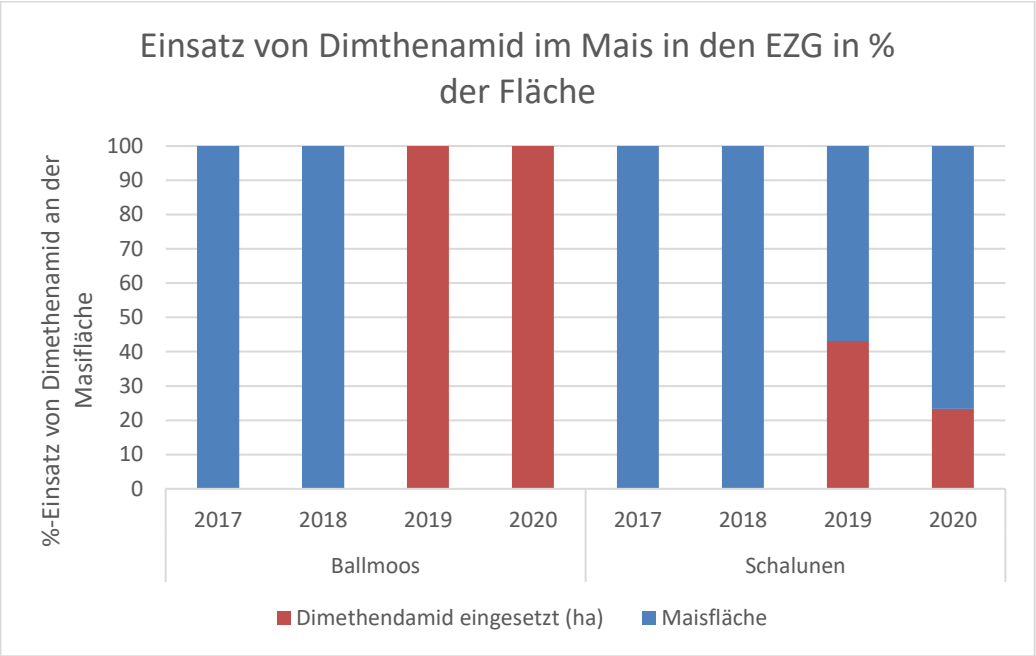


Abbildung 6: Einsatz von Dimethenamid auf der Maisfläche im EZG. Rot ist der Anteil in % der gesamten Maisfläche, auf der Dimethenamid eingesetzt wurde. Blau ist die Maisfläche ohne Dimethenamid.

Bei den Vergleichsbetrieben wurde über die Jahre 2017-2020 durchschnittlich auf 18 Prozent der Fläche der Wirkstoff Dimethenamid eingesetzt (Abbildung 7).

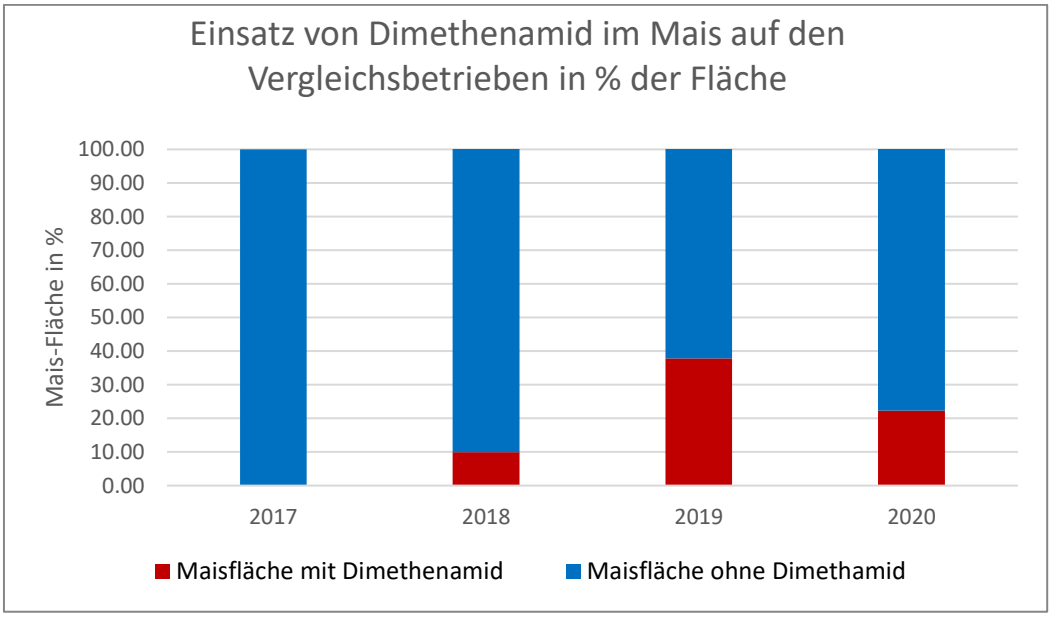


Abbildung 7: Einsatz von Dimethenamid auf der Maisfläche auf den Vergleichsbetrieben. Rot ist der Anteil in % der gesamten Maisfläche, auf der Dimethenamid eingesetzt wurde. Blau ist die Maisfläche ohne Dimethenamid.

Zuckerrüben

- Im EZG Ballmoosbach ist von 2017 bis 2019 ein kontinuierlicher Zuwachs an Behandlungen mit dem Wirkstoff Dimethenamid zu verzeichnen. Im Jahr 2020 ging der %-Satz der mit Dimethenamid behandelten Fläche wieder zurück.
- Obwohl es im EZG Chrümmlisbach mehr Zuckerrübenfläche hat, wurde prozentual nur sehr wenig der Fläche mit Dimethenamid behandelt (im Durchschnitt über die 4 Jahre ca. 9%). Anders sieht es im EZG Ballmoosbach aus, welche eine viel geringe Zuckerrübenanbaufläche verglichen mit dem EZG Chrümmlisbach ausweisen, jedoch im Durchschnitt der 4 Jahre 72% der totalen Zuckerrübenfläche im EZG mit Dimethenamid behandelt wurde.

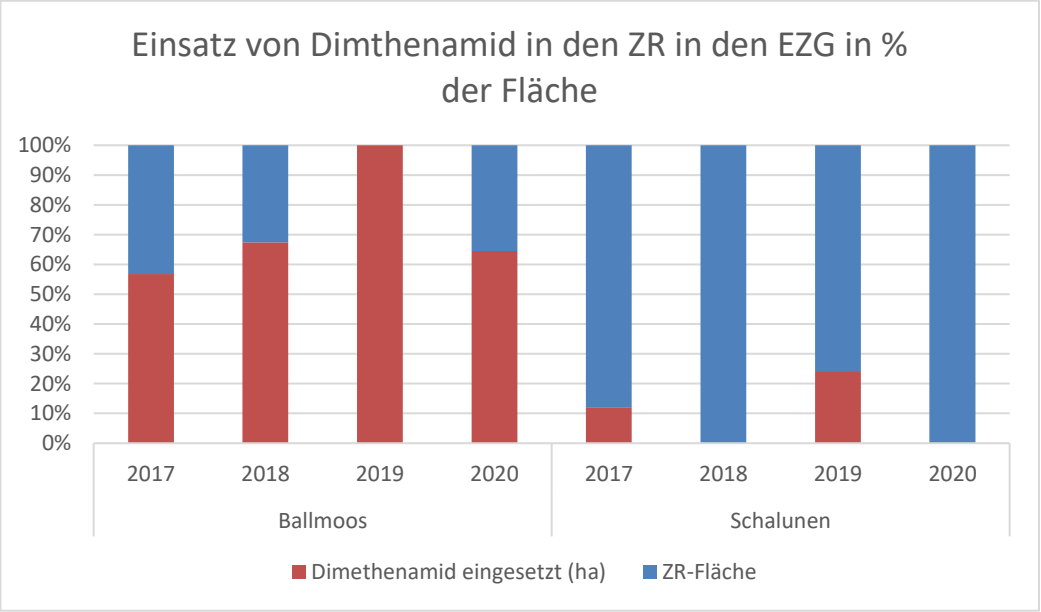


Abbildung 8: Einsatz von Dimethenamid auf der ZR-Fläche im EZG. Rot ist der Anteil in % der gesamten ZR-fläche, auf der Dimethenamid eingesetzt wurde. Blau die ZR-Fläche ohne Dimethenamid.

In Abbildung 9 wird der Einsatz von Dimethenamid auf den Vergleichsbetrieben im Zuckerrübenanbau dargestellt. Auf rund 46% der Zuckerrübenfläche wurde der Wirkstoff Dimethenamid eingesetzt.

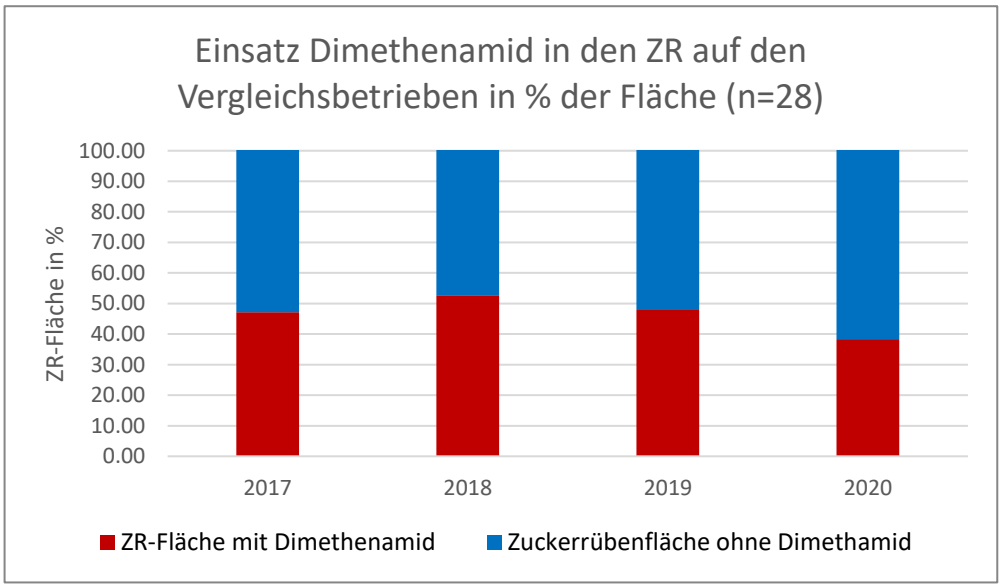


Abbildung 9: Einsatz von Dimethenamid auf der ZR-Fläche auf den Vergleichsbetrieben. Rot ist der Anteil in % der gesamten ZR-Fläche, auf der Dimethenamid eingesetzt wurde. Blau die ZR-Fläche ohne Dimethenamid.

4.3.4.3 Flufenacet (Mais und Getreide)

Mais

- Der Einsatz von Flufenacet auf den Maisflächen der EZG hat über die vier untersuchten Jahre stark abgenommen. In den Jahren 2019 und 2020 wurde dieser Wirkstoff nicht mehr oder nur noch auf einzelnen Parzellen eingesetzt und das obwohl im EZG Chrümmlisbach sogar die totale Maisfläche im EZG zugenommen hat.

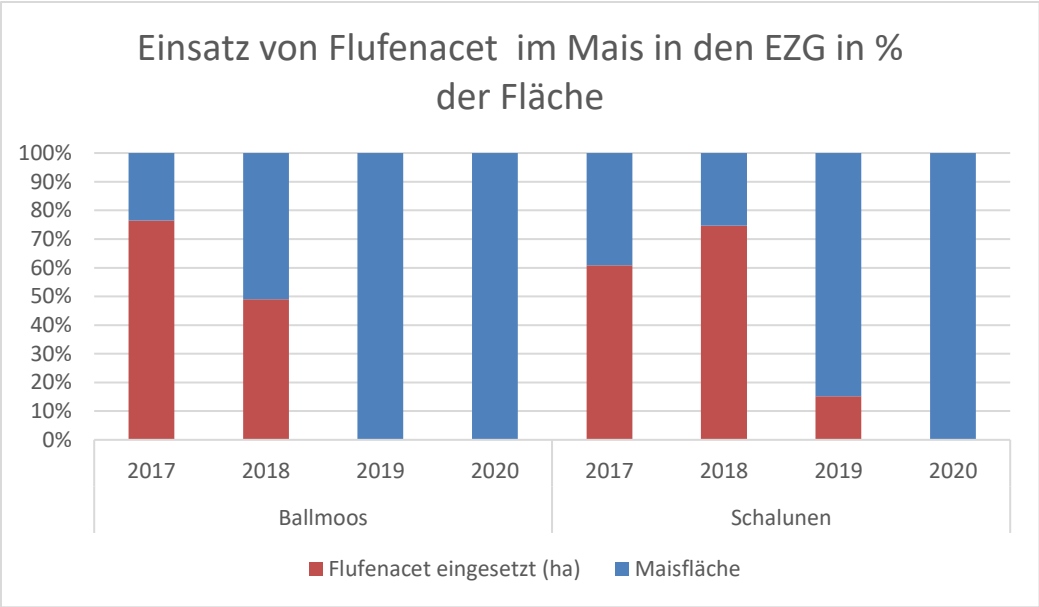


Abbildung 10: Einsatz von Flufenacet auf der Maisfläche im EZG. Rot ist der Anteil in % der gesamten Maisfläche, auf der Flufenacet eingesetzt wurde. Blau die Maisfläche ohne Flufenacet.

Bei den Vergleichsbetrieben wurde in den Jahren 2017 bis 2020 auf durchschnittlich 55% der Maisfläche Flufenacet eingesetzt.

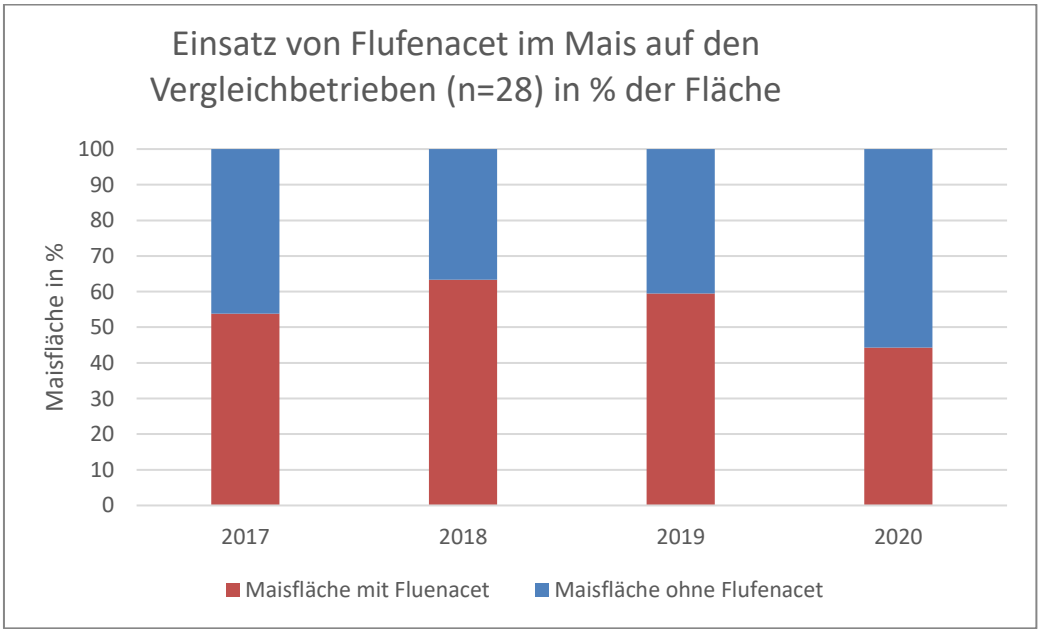


Abbildung 11: Einsatz von Flufenacet auf der Maisfläche auf den Vergleichsbetrieben. Rot ist der Anteil in % der gesamten Maisfläche, auf der Flufenacet eingesetzt wurde. Blau die Maisfläche ohne Flufenacet.

Getreide

- Flufenacet wurde in der Periode 16/17 und 17/18 im Getreide nicht eingesetzt.
- 18/19 und 19/20 wurde auf einzelnen Getreideparzellen im EZG vom Chrümmlisbach Flufenacet eingesetzt.
- Es ist jedoch zu beachten, dass nur gerade auf 7% der Getreidefläche des EZG's Chrümmlisbach Flufenacet eingesetzt wurde (Abbildung 12).

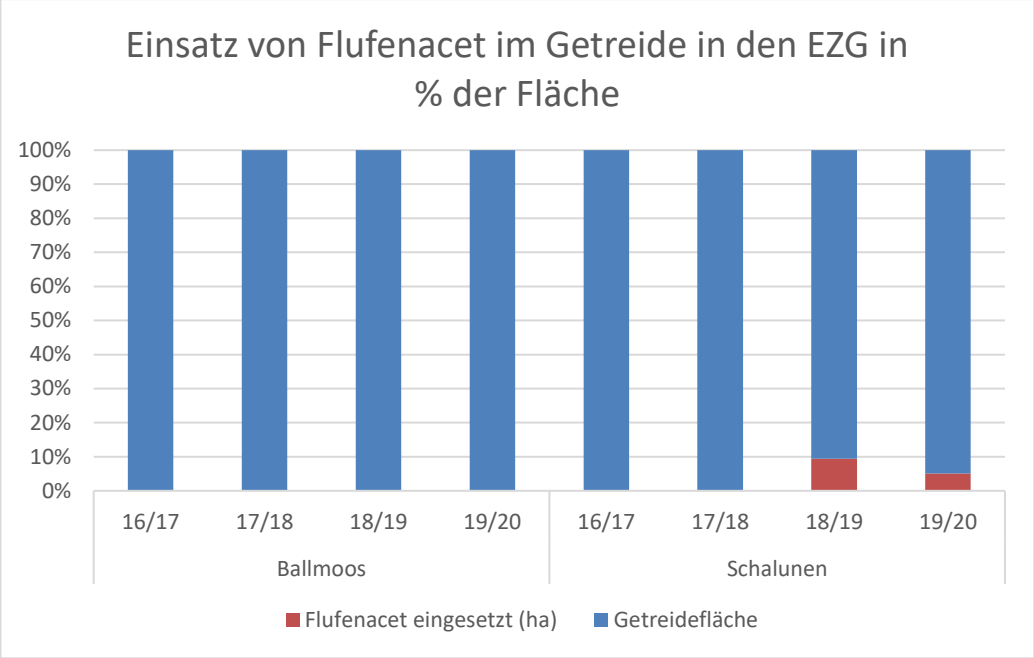


Abbildung 12: Einsatz von Flufenacet auf der Getreidefläche im EZG. Rot ist der Anteil in % der gesamten Getreidefläche, auf der Flufenacet eingesetzt wurde. Blau die Getreidefläche ohne Flufenacet.

Bei den Vergleichsbetrieben liegt der Einsatz von Flufenacet im Getreideanbau bei 16% (Abbildung 13) und somit über all die Vergleichsjahre höher als in den beiden Einzugsgebieten (7%).

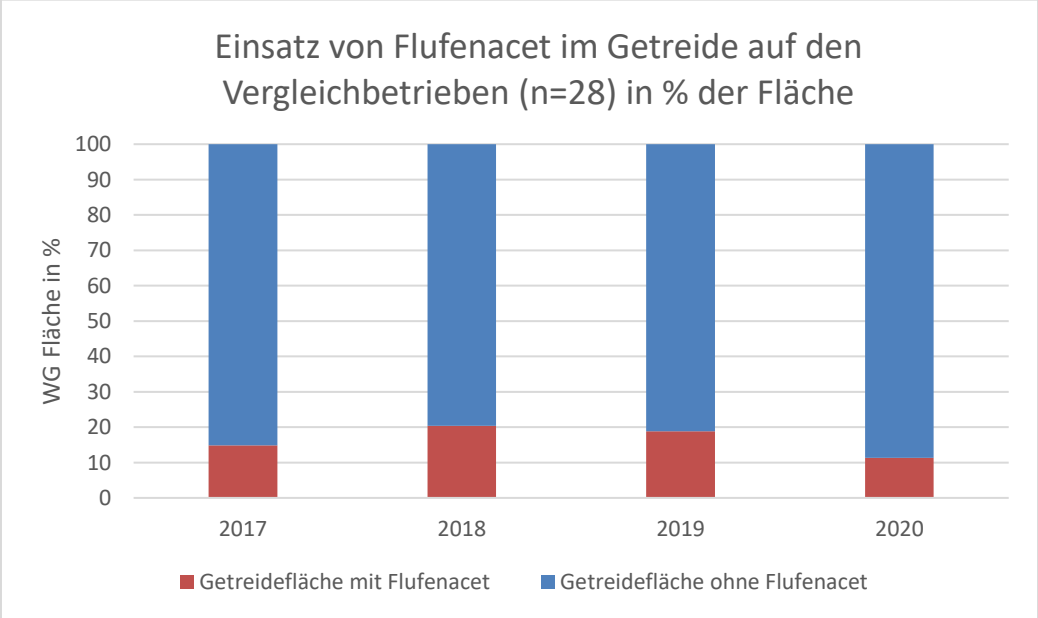


Abbildung 13: Einsatz von Flufenacet auf der Getreidefläche auf den Vergleichsbetrieben. Rot ist der Anteil in % der gesamten Getreidefläche, auf der Flufenacet eingesetzt wurde. Blau die Getreidefläche ohne Flufenacet.

4.3.4.4 Metribuzin (Kartoffeln)

- Der Einsatz von Metribuzin scheint in beiden EZG rückläufig zu sein (im Jahr 2020 wurde die geringste eingesetzte Wirkstoffmenge verzeichnet).
- In beiden EZG wird, gerechnet auf die totale Kartoffelfläche, immer noch ein Grossteil mit Metribuzin behandelt → Ballmoosbach ø 92%; Chrümmlisbach Ø knapp 80%.
- Es scheint aber über die vier Jahre auch langsam vermehrt Kartoffelflächen in den EZG zu geben, welche ohne Metribuzin auskommen. Während 2017 im EZG Ballmoosbach noch 100% der Kartoffelflächen im EZG mit Metribuzin behandelt wurde, sind es 2020 «nur» noch rund 70%. Im EZG vom Chrümmlisbach wurden 2017 rund 90% der Kartoffelfläche mit Metribuzin behandelt, während es 2020 noch rund 60% sind (Abbildung 14).

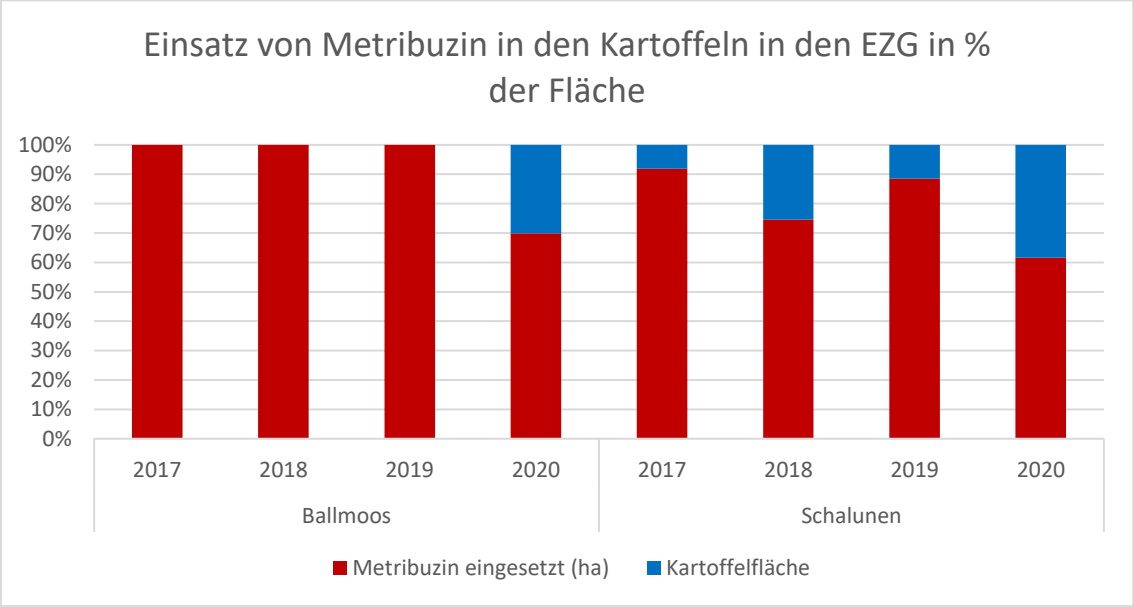


Abbildung 14 Einsatz von Metribuzin auf der Kartoffelfläche im EZG. Rot ist der Anteil in % der gesamten Kartoffelfläche, auf der Metribuzin eingesetzt wurde. Blau die Kartoffelfläche ohne Metribuzin.

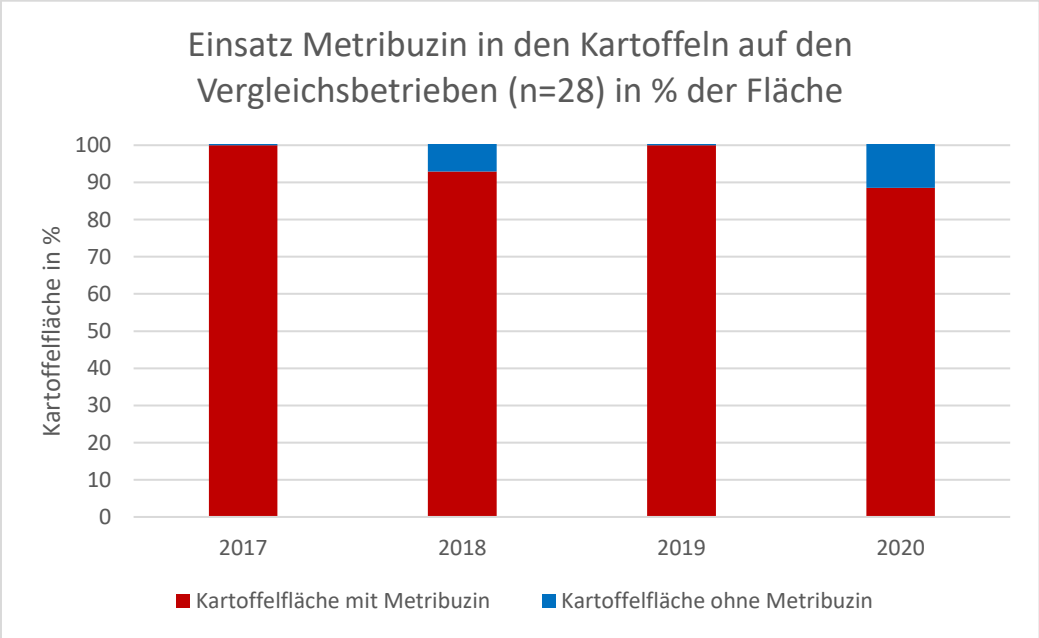


Abbildung 15 Einsatz von Metribuzin auf der Kartoffelfläche auf den Vergleichsbetrieben. Rot ist der Anteil in % der gesamten Kartoffelfläche, auf der Metribuzin eingesetzt wurde. Blau die Kartoffelfläche ohne Metribuzin.

Bei den Vergleichsbetrieben wird im Kartoffelanbau fast ausschliesslich das Herbizid Metribuzin eingesetzt, auf 95% der Kartoffelfläche kommt dieser Wirkstoff zum Einsatz. Bei den EZG liegt der Einsatz mit 86% Prozent etwas tiefer (Abbildung 14 und Abbildung 15).

4.3.4.5 Terbuthylazine (Mais)

- Maisfläche im EZG vom Ballmoosbach ging stark zurück. Der Einsatz vom Wirkstoff Terbuthylazine aber nicht → 100% der Maisfläche im EZG vom Ballmoosbach wurde 2019/2020 mit diesem Wirkstoff behandelt.
- Maisfläche im EZG vom Chrümmlisbach nahm tendenziell zu, jedoch hat der Einsatz von Terbuthylazine auf der Maisfläche abgenommen. Während 2017 noch auf rund 90% der Maisfläche im EZG Chrümmlisbach Terbuthylazine eingesetzt wurde, sind es 2020 nur noch rund 35% der totalen Maisfläche des Einzugsgebietes.

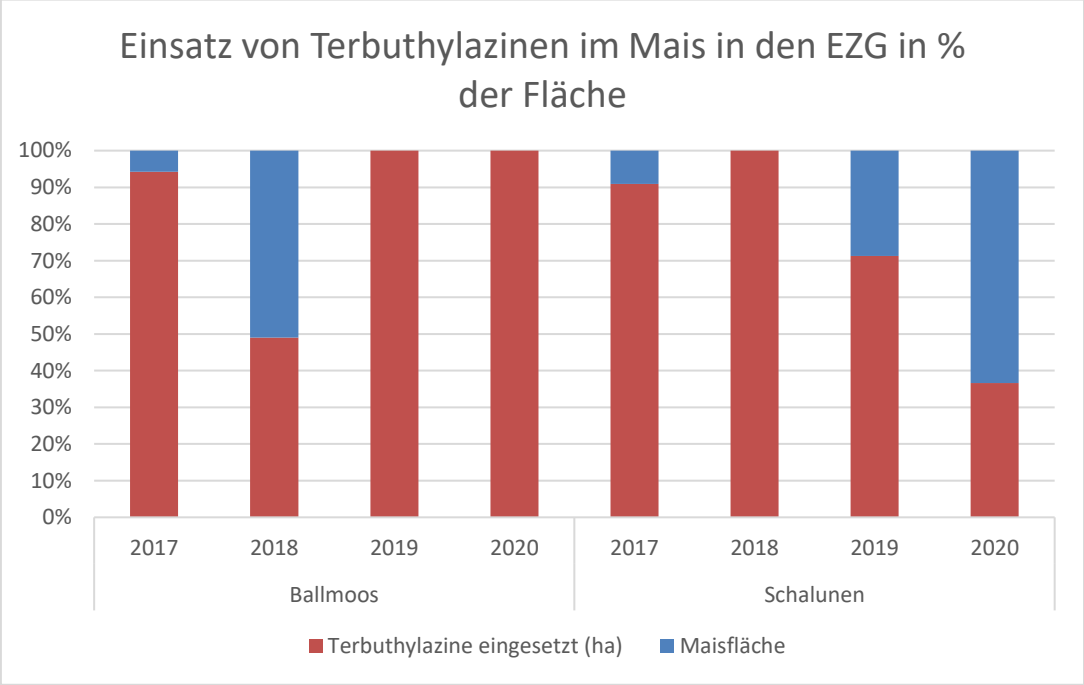


Abbildung 16 Einsatz von Terbuthylazine auf der Maisfläche im EZG. Rot ist der Anteil in % der gesamten Maisfläche, auf der Terbuthylazine eingesetzt wurde. Blau die Kartoffelfläche ohne Terbuthylazine.

Wie in der Abbildung 17 ersichtlich, gibt es beim Einsatz von Terbuthylazine auf den Vergleichsbetrieben leichte Schwankungen. Im Jahr 2019 wurde 100% der Fläche mit diesem Wirkstoff behandelt, im Jahr 2020 lag die Fläche bei 83%.

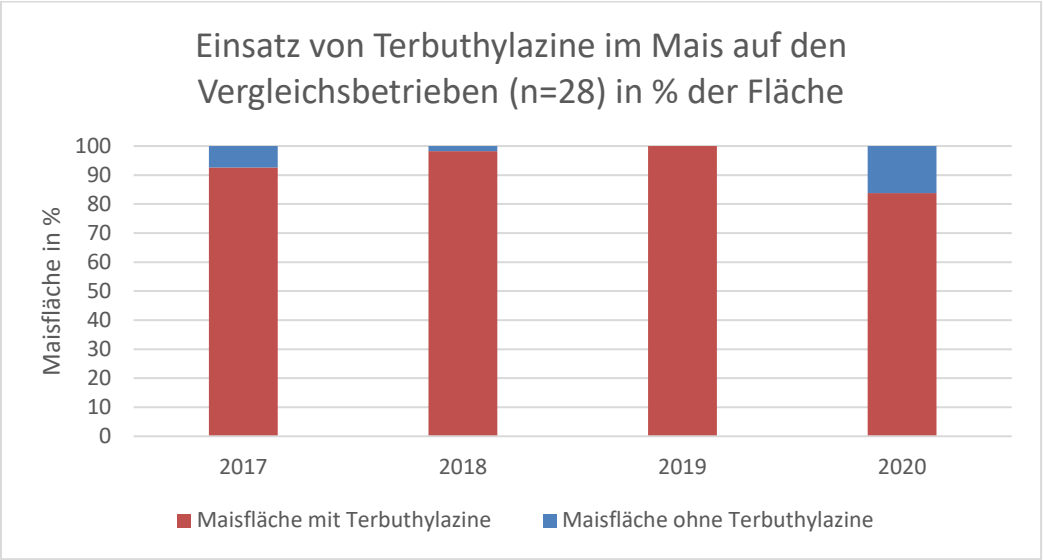


Abbildung 17 Einsatz von Terbuthylazine auf der Maisfläche auf den Vergleichsbetrieben. Rot ist der Anteil in % der gesamten Maisfläche, auf der Terbuthylazine eingesetzt wurde. Blau die Kartoffelfläche ohne Terbuthylzine.

4.3.4.6 Nicosulfuron (Mais)

- Die Maisfläche vom EZG Ballmoosbach ging stark zurück, jedoch nicht der Gebrauch von Nicosulfuron. 2019 und 2020 werden 100% der Maisfläche des EZG's mit Nicosulfuron behandelt. Es muss jedoch beachtet werden, dass es sich 2019/2020 nur noch um einzelne Maisparzellen im EZG handelte (2019 → 3.4ha Mais; 2020 → 1.47ha Mais)
- Im EZG Chrümmlisbach hat die totale Maisfläche im EZG über die 4 Jahre eher zugenommen und der prozentuale Anteil der Maisfläche auf der Nicosulfuron eingesetzt wird. Während 2017 nur rund 20% der Maisfläche des EZG's mit Nicosulfuron behandelt wurde, waren es 2020 bereits rund 45 %.

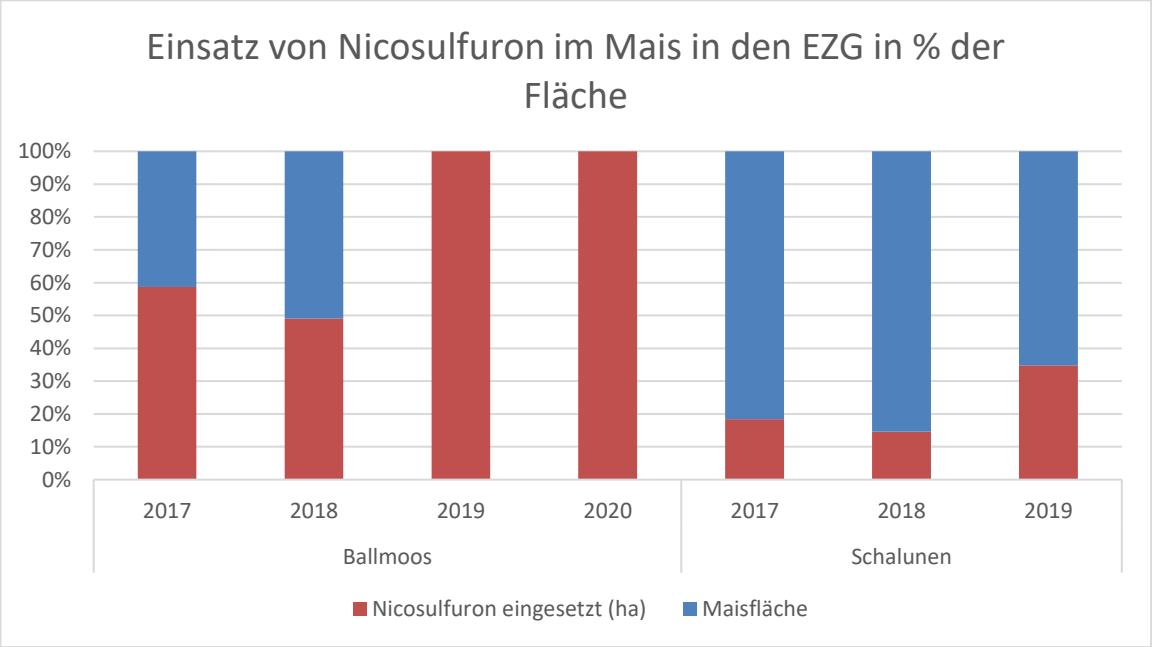


Abbildung 18 Einsatz von Nicosulfuron auf der Maisfläche im EZG. Rot ist der Anteil in % der gesamten Maisfläche, auf der Nicosulfuron eingesetzt wurde. Blau die Maisfläche ohne Nicosulfuron.

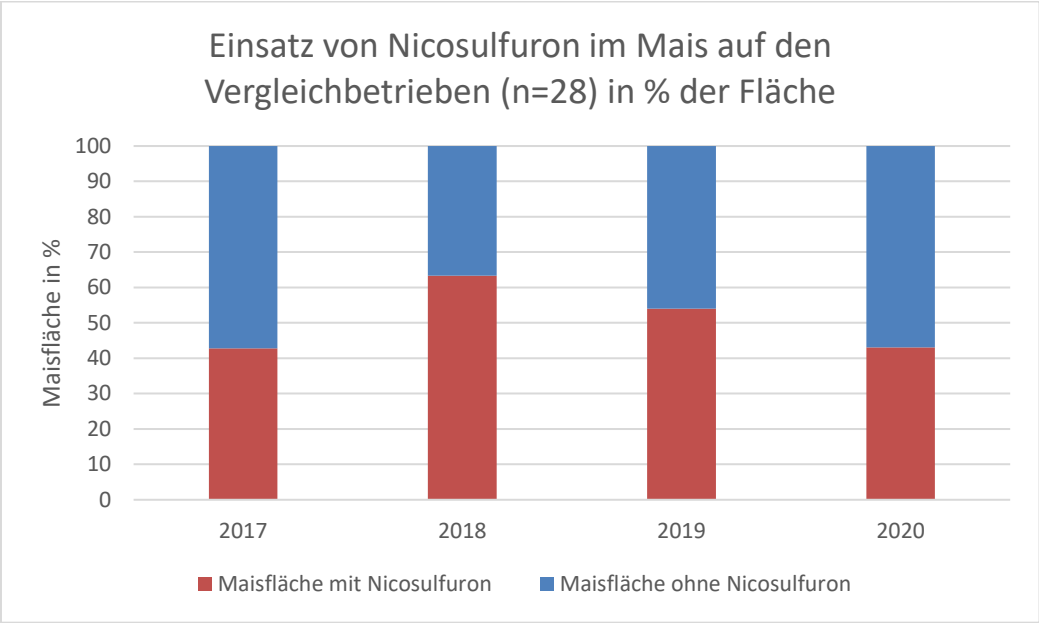


Abbildung 19 Einsatz von Nicosulfuron auf der Maisfläche auf den Vergleichsbetrieben. Rot ist der Anteil in % der gesamten Maisfläche, auf der Nicosulfuron eingesetzt wurde. Blau die Maisfläche ohne Nicosulfuron.

Der Einsatz von Nicosulfuron liegt bei den Vergleichsbetrieben bei rund 50% der Maisfläche und wird somit deutlich weniger eingesetzt als im Einzugsgebiet Ballmoosbach (Abbildung 19), aber deutlich mehr als im EZG Chrümmlisbach.

4.4 **Folgerungen/Ausblick**

Die Konzeption, dass sowohl die 30 Betriebe in den beiden Einzugsgebieten als auch die 30 ausserhalb der Einzugsgebiete liegende Vergleichsbetriebe hat sich bewährt. Die wichtigen Erkenntnisse bezüglich Unterschieden bei der Umsetzung lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- Während in den ersten vier Jahren gewisse Kulturen wie Getreide einen relativ konstanten Anteil an der offenen Ackerfläche der Einzugsgebiete ausmachen, können die Schwankungen anderer Kulturen wie z.B. Mais oder Raps einen Faktor 2 übertreffen.
- Bei drei von sieben Massnahmen nahm die Beteiligung von 2017 bis 2021 jedes Jahr zu und zwar sowohl bei den Betrieben in den Einzugsgebieten als auch bei den Vergleichsbetrieben ausserhalb der Einzugsgebiete (Begrünte Fahrspuren, Querstreifen Feldrand, Einsatz von Trichogramma). Bei der Reduktion der Fungizide/Insektizide und beim Verzicht auf Totalherbizide wurde jeweils 2020 die höchste Beteiligung beobachtet mit einer Abnahme im Jahr 2021. Beim Herbizidverzicht auf der offenen Ackerfläche wurde ebenfalls 2020 die höchste Beteiligung beobachtet, während die sie bei den Vergleichsbetrieben auch 2021 noch leicht zunahm.
- Die Höhe der Beteiligung ist bei vielen Massnahmen ähnlich ausser beim reduzierten Fungizid-/Insektizideinsatz und bei den Querstreifen, die in den Einzugsgebieten deutlich häufiger umgesetzt werden. Dies dürfte an der intensiveren Sensibilisierung und Beratung der Betriebe im Einzugsgebiet liegen.
- Einige Wirkstoffe werden auch im Siedlungsbereich eingesetzt bzw. im Fall von Pirimicarb kommt aufgrund der angebauten Kulturen keine landwirtschaftlich genutzten Flächen als Quelle in Fragen. Eine weitere Sensibilisierung von Privatanwendern ist daher notwendig.

Ein Vergleich des PSM-Einsatzes in den beiden Einzugsgebieten mit denen von Landwirten im übrigen Kanton ist ab 2022 geplant und soll die Einordnung der Messungen auf Ebene Kanton ermöglichen.

Die in diesem Teilprojekt erfassten Massnahmen lassen nicht nur Aussagen bezüglich Umsetzung zu, sondern bilden auch die zentrale Grundlage für vertiefte Auswertungen in mehreren anderen Teilprojekten insbesondere für die Interpretation der chemischen Monitoringdaten (TP 4) und die Modellierung der Einträge mittels Expositionsmodelle (TP 10).

5 Teilprojekt 2 - Aufbereitung PSM-haltiger Abwasser auf dem Hof

Seit dem 1. Mai 2019 ist die HAFL für die wissenschaftliche Begleitung des Teilprojektes 2 zuständig. Das Teilprojekt 2 «Aufbereitung PSM-haltiger Abwasser auf dem Hof» hat die Reduktion von PSM aus Punktquellen durch Aufbereitung von Spritzbrüheresten und Waschwasser zum Ziel. Wenn keine Güllegrube zur Entsorgung von Brüheresten vorhanden ist, ist eine korrekte Entsorgung schwierig. Durch einen befestigten Platz zum Befüllen und Waschen des Spritz-/Sprühgerätes und mit Systemen zur Aufbereitung von Spritzbrüheresten bzw. des Reinigungswassers kann der Eintragsweg von PSM in Gewässer durch Punktquellen reduziert werden (LANAT 2017). Der Bau und die Sanierung von Füll- und Waschplätzen werden im Rahmen der Massnahme 2 beim Berner Pflanzenschutzprojekt mit max. 80% der Kosten unterstützt.

Für das Monitoring im Rahmen des Teilprojektes 2 wird vorerst der Fokus auf das Einzugsgebiet der ARA Ins-Müntschemier gelegt. Für dieses Gebiet wurden die meisten Überschreitungen der Grenzwerte durch das bisherige Gewässer-Monitoring aufgezeigt. Im Kapitel 7 sind in der Abbildung 52 die Messwerte der drei ARA's dargestellt. Die erhöhten Messwerte werden auch auf Punkt-Einträge zurückgeführt, weil davon ausgegangen wird, dass 50-70% der Oberflächengewässerbelastung mit PSM-Mitteln durch Punkteinträge beim Befüllen und Reinigen des Spritzgerätes sowie bei der Beseitigung von Restflüssigkeiten entstehen (TOPPS 2011). Eines der Ziele des Berner Pflanzenschutzprojektes ist die Reduktion der Gesamtfracht von PSM im Auslauf der ARA um 30% (Otto D. et al. 2017). Von November 2019 bis Juni 2020 wurden in der Region Ins/Müntschemier 48 Betriebe auditiert und alle Landwirtschaftsbetriebe im Einzugsgebiet der ARA Ins/Müntschemier, welche die Pflanzenschutzmittel selbst ausbringen, besucht.

In einem zweiten Schritt wurden 31 Betriebe in den Einzugsgebieten des Berner Pflanzenschutzprojektes in Chrümmlisbach und Ballmoosbach aufgenommen.

5.1 **Material und Methoden**

5.1.1 *Aufnahmen Ins / Müntschemier*

Von November 2019 bis Ende Juni 2020 wurden 48 Betriebe im Berner Seeland, in den Gemeinden Ins und Müntschemier aufgenommen. In der Gemeinde Gampelen wurden die drei Betriebe, welche in die ARA Ins/Müntschemier entwässern werden ebenfalls aufgenommen (Tabelle 11).

Auf den Betrieben wurde der Fokus auf die Punktquellen gelegt. Das heisst mit Hilfe des Fragebogens «Evaluationsbogen zur Identifikation betriebsspezifischer RisikoPotenziale für PSM-Einträge in Oberflächengewässer» wurden folgende Punkte analysiert: Hofplatzentwässerung, PSM-Lagerung, Entsorgung, Mischen und Befüllen der PSM-Spritze, Applikationstechnik, Spritzenreinigung und Abstellplatz der Feldspritze.

Dieser Fragebogen wurde in Zusammenarbeit mit AGRIDEA, dem Amt für Wasser und Abfall (AWA) des Kantons Bern und dem Amt für Landwirtschaft und Natur (LANAT) des Kantons Bern ausgearbeitet und vorgängig auf drei landwirtschaftlichen Betrieben in Büren zum Hof BE getestet.

Die Betriebsleiter wurden an der Bauernversammlung in Ins am 18. September 2019 über das Projekt informiert, zudem wurden sie im Oktober brieflich angeschrieben und konnten sich an der HAFL melden. Auf den landwirtschaftlichen Betrieben in Ins und Müntschemier wurde die IST-Situation mithilfe des Evaluationsbogen aufgenommen.

Vor dem Besuch wurde beim AWA eine Standortbilanz angefordert und die Abwasser-Katasterpläne der Betriebe wurden vorgängig heruntergeladen. Diese Pläne wurden der HAFL von den Gemeinden Ins und Müntschemier zur Verfügung gestellt. Auf diesen Karten ist die aktuelle Situation eingezeichnet und somit waren die Schächte/Leitungen auf den Betrieben vorgängig bekannt. Im Anschluss an jedes Audit fand ein unverbindliches Beratungsgespräch statt, bei dem die Schwachpunkte und Problemstellen diskutiert und Verbesserungsvorschläge besprochen wurden. Weiterführende Informationen oder die Adressen von Fachpersonen wurden vermittelt.

Im Anschluss wurde den Landwirten eine kurze Zusammenfassung der Resultate zugesendet (Beispiel Anhang 2). Die Fragebögen wurden im Excel erfasst und grafisch ausgewertet.

Tabelle 11 Übersicht der Betriebsbesuche im Rahmen des Berner PSM- Projektes in Ins und Müntschemier. Aufnahme Punktquellen (Aufnahme Hofplatzentwässerung/PSM-Spritzen und Füll- und Waschplatz).

	Anzahl
Betriebsbesuche	48
Davon Bio	2
SwissGap	39
Ohne SwissGap	9
Gemischte Betriebe mit Tierhaltung/Ackerbau	5
Reine Gemüsebaubetriebe	8
Ackerbau/Gemüse	35

Zeitaufwand pro Betrieb (geschätzt, wurde nicht im Detail erfasst)
Vorbereitung (Kontaktaufnahme, Katasterpläne vorbereiten): ca. 30min
Besuch: ca.1- 1.5h
Nachbearbeitung: ca. 1h

5.1.2 *Aufnahme der Betriebe im Einzugsgebiet des Berner Pflanzenschutzprojektes Chrümmlisbach und Ballmoosbach*

Im Sommer/Herbst 2020 wurden die landwirtschaftlichen Betriebe im Einzugsgebiet des Berner Pflanzenschutzprojektes Chrümmlisbach/Ballmoosbach mit dem gleichen Fragebogen, «Evaluationsbogen zur Identifikation betriebsspezifischer RisikoPotenziale für PSM-Einträge in Oberflächengewässer», aufgenommen (Tabelle 12).
Auf den Betrieben der Einzugsgebiete des BPP wurde eine Aufnahme der Hofplatzentwässerung und die Parzellen im Feld (diffuse Quellen) erhoben. Parzellen, welche in den Einzugsgebieten des Berner PSM-Projektes (Chrümmlisbach/Ballmoosbach) liegen, wurden erfasst. Die Resultate der Feldbegehungen werden im Bericht Kapitel 6 erläutert.

Tabelle 12 Übersicht Betriebsbesuche im Rahmen des Berner PSM-Projektes in den EZG Ballmoosbach und Chrümmlisbach.
Aufnahme Punktquellen (Aufnahme Hofplatzentwässerung/PSM-Spritzen und Füll- und Waschplatz) und diffuse Quellen.

	Anzahl
Betriebsbesuche	31
Davon Bio	1
SwissGap	25
Ohne SwissGap	6
Gemischte Betriebe mit Tierhaltung/Ackerbau	27
Reine Gemüsebaubetriebe	0
Ackerbaubetriebe	4

Zeitaufwand pro Betrieb, ohne Feldbegehung (geschätzt, wurde nicht im Detail erfasst)
Vorbereitung (Kontaktaufnahme, Unterlagen vorbereiten): ca. 45min
Besuch: ca.1- 1.5h
Nachbearbeitung inkl. Rückmeldung an Landwirte: ca. 1h.

5.2 **Ergebnisse und Einzeldiskussion**

Die Betriebsaudits haben gezeigt, dass das Mischen und die Befüllung der PSM-Spritze für die Betriebe die grösste Herausforderung darstellt und bei diesem Punkt wurden die meisten Defizite festgestellt (Abbildung 20; Abbildung 21). In der Region Ins/Müntschemier sind nur noch wenige aktive Güllegruben vorhanden, durch die Spezialisierung auf den Gemüsebau wurde die Tierhaltung aufgegeben. Zudem befinden sich die Höfe eng beieinander im Dorf und die bewirtschafteten Parzellen liegen ausserhalb des Dorfes. Viehlose Betriebe haben aufgrund der fehlenden Güllegruben oftmals noch keine

konforme Lösung zur Entsorgung des Waschwassers. Teilweise wird noch auf unbefestigten Plätzen befüllt oder es gibt Waschplätze, welche an die Kanalisation angeschlossen sind. Von den besuchten Betrieben werden 15 Waschplätze direkt in die ARA entwässert. Dies wurde teilweise von den Behörden so abgenommen. Weiter findet die Befüllung oft in der Nähe von Schächten, welche in die Kanalisation entwässern statt.

Ein weiterer Punkt, der als potenzielle Risikoquelle identifiziert wurde, ist der Ort, an dem das Frischwasser entnommen wird. Grössere Feldspritzen werden teilweise am Hydranten befüllt. In gewissen Gemeinden werden die hierfür benötigten Bewilligungen bereits nicht mehr erteilt. Bis im Jahr 2019 füllten in der Gemeinde Ins viele Betriebsleiter die Pflanzenschutzspritze beim Hydranten. Weil ab der Saison 2020 in der Region die Befüllung der PSM-Spritzen an den Hydranten nicht mehr möglich ist, steht die Mehrheit der Betriebe vor der Herausforderung, wie sie die Spritze effizient befüllen können und praktikable Lösungen müssen eingerichtet werden. Das Bewusstsein für die Problematik ist jedoch überall vorhanden und es bestehen bereits einige Lösungsansätze bzw. Bauvorhaben.

In den Einzugsgebieten des Berner Pflanzenschutzprojektes Ballmoosbach und Chrümmlisbach sind auf den Landwirtschaftsbetrieben vermehrt Güllegruben vorhanden. Aus diesem Grund sind das Mischen und Befüllen in dieser Region weniger problematisch. Viele Waschplätze sind bereits heute auf einem guten Stand, müssen aber teilweise saniert werden. Oft muss die Abgrenzung/Bordüre verbessert werden. Teilweise fehlt eine Entwässerungsrinne zur Strassenentwässerung oder zu einem Schacht hin, damit sicher kein Waschwasser überschwappt und in die Kanalisation oder ein Gewässer gelangt. Zudem sind die Landwirte bereits länger im Berner Pflanzenschutzprojekt involviert und sensibilisierter. Einige Waschplätze wurden bereits fertig umgebaut.

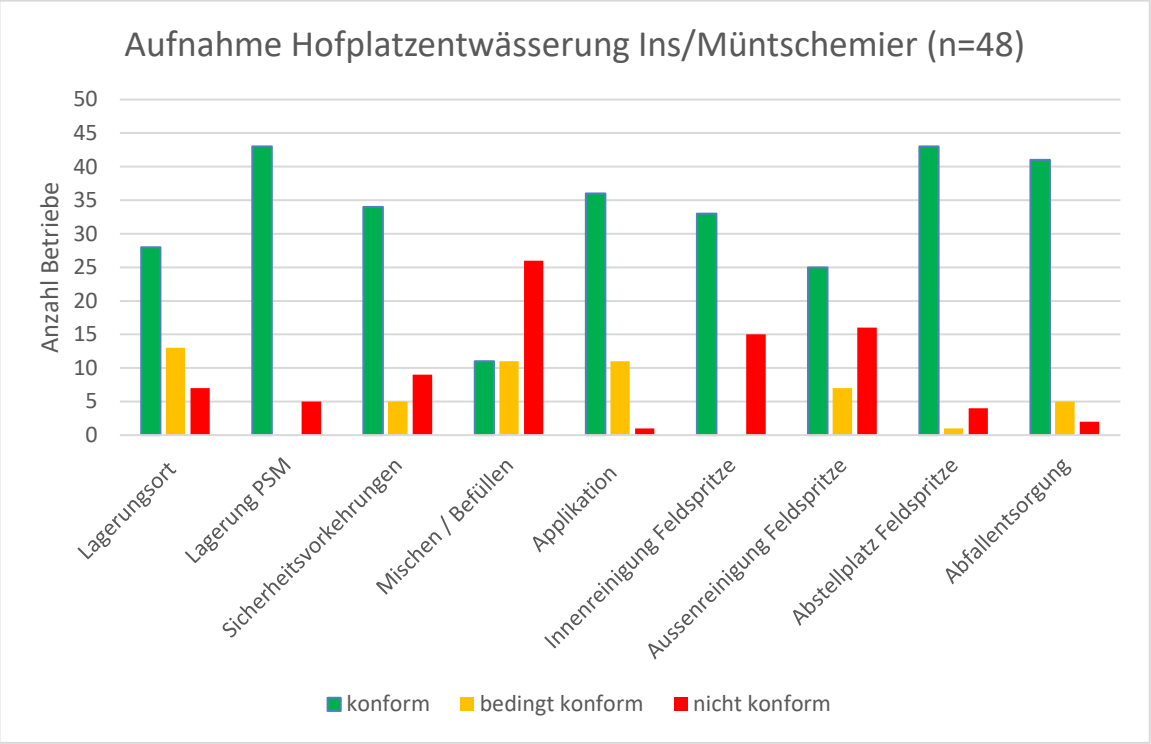


Abbildung 20 Übersicht Ergebnisse der Betriebsaudits in Ins/Müntschemier durch die HAFL 2019/2020. Die Beurteilung bezieht sich auf die potenziellen Gewässerschutzrisiken. Konform: kein Risiko bzw. keine Mängel; bedingt konform: kein direktes Risiko aber es bestehen kleinere Mängel; nicht konform: Risiko für Einträge bzw. klare Mängel vorhanden.

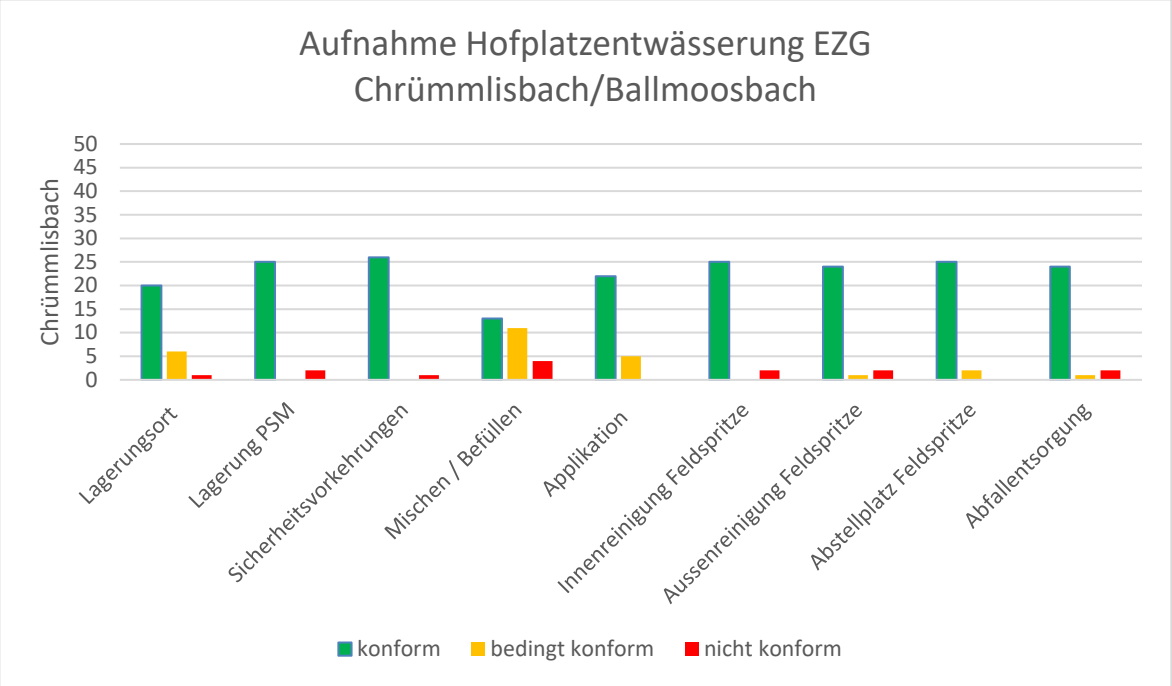


Abbildung 21 Übersicht über die Betriebsaudits in den EZG Chrümmlisbach/Ballmoosbach durch die HAFL 2020. Die Beurteilung bezieht sich auf die potenziellen Gewässerschutzrisiken. Konform: kein Risiko bzw. keine Mängel; bedingt konform: kein direktes Risiko, aber es bestehen kleinere Mängel; nicht konform: Risiko für Einträge bzw. klare Mängel vorhanden.

Beim Lagerungsort war der häufigste Mangel die Sicherung gegen unerlaubtes Betreten. Die Pflanzenschutzmittel waren teilweise nicht eingeschlossen bzw. der Schlüssel nicht sicher deponiert.

Beim Bereich Lagerung der PSM war teilweise die Anordnung der Produkte nicht nach fest und flüssig sortiert (Abbildung 20; Abbildung 21). Betriebsleiter mit einem umfangreichen PSM-Lager sortieren die Produkte nach Kultur oder nach Produktekategorie. Die PSM waren auf allen Betrieben in den Originalbehältern vorhanden.

Die Mehrzahl der besuchten Betriebe sind SwissGap zertifiziert. Der Produktionsstandard SwissGap wurde 2008 eingeführt und die Grossverteiler verlangen diesen Standard in den Bereichen Früchte, Gemüse und Kartoffeln. Dies betrifft einerseits den Frischkonsum, aber auch verarbeitete Produkte. Die SwissGap-Kontrolle beinhaltet Kontrollpunkte zur Pflanzenschutzmittellagerung und dementsprechend sind diese Pflanzenschutzmittel-Lager in dieser Region vorbildlich geführt. Bei Betrieben, die nicht SwissGap zertifiziert sind, wurden vermehrt Mängel bei der Lagerung festgestellt. Die Sensibilisierung gegenüber der Thematik ist bei den SwissGAP zertifizierten Betrieben im Allgemeinen höher.

Bei der Applikation wurden der angewendete Druck und die Fahrgeschwindigkeit erfragt. Die Applikation erfolgt auf den Betrieben, gemäss den Aussagen der Betriebsleiter, nach der guten landwirtschaftlichen Praxis. Bei einigen Betrieben gibt es im Bereich der Düsenwahl, oder beim Spritzdruck und der Spritzgeschwindigkeit VerbesserungsPotenzial. Tendenziell kann gesagt werden, umso spezialisierter der Betrieb auf Gemüsebau oder Ackerbau ist, desto moderner ist die PSM-Spritze und die Applikation wird professioneller durchgeführt. Teilweise wird mit hohem Druck appliziert, was wiederum Abdrift begünstigt. Abdrift mindernde Applikationstechnik mit Injektor-Düsen werden auf den meisten Betrieben verwendet (ist Bedingung, wenn der Betrieb beim Berner Pflanzenschutzprojekt mitmacht).

Hinsichtlich Innenreinigung waren noch nicht alle Feldspritzen mit einer konformen kontinuierlichen Innenreinigung ausgerüstet (Abbildung 20; Abbildung 21). Den betroffenen Landwirten ist bewusst, dass dies ab 2023 nicht mehr zulässig ist. Diese Betriebe werden die Spritzarbeiten in Zukunft nicht mehr selbst durchführen oder eine konforme Lösung beschaffen.

Sofern der Betrieb über einen Zugang zu einer dichten Güllegrube verfügt, erfolgt die Aussenreinigung meist dort. Es sind nur wenige Spritzen mit einer Spritzlanze ausgestattet, um eine konforme Aussenreinigung auf der behandelten Parzelle vorzunehmen. Selten erfolgt die Aussenreinigung auf dem Hof auf einer versiegelten Oberfläche mit Hofablauf in die öffentliche Kanalisation bzw. via Versickerung oder auf einer unversiegelten Fläche. Die Aussenreinigung erfolgt meist auf den gleichen Plätzen wie die Befüllung der PSM-Spritze, aus diesem Grund sind hier Mängel vorhanden. Die Aussenreinigung, vor allem vor der Einwinterung, erfolgt jedoch teilweise bei einem benachbarten Betrieb, mit Abfluss in eine Güllegrube.

Der Abstellplatz der Spritzgeräte ist auf den geprüften Betrieben sowohl während der Saison als auch im Winter mehrheitlich überdacht und somit konform. Einzelne Spritzen waren ungeschützt der Witterung ausgesetzt oder nahe bei einem Schacht abgestellt.

Die Abfallentsorgung erfolgt in der Regel konform (Abbildung 20; Abbildung 21). Bei einigen Landwirten waren die leeren Behälter nicht in einem abschliessbaren Raum gelagert. Meistens werden jedoch die Behälter in einer korrekt angeschriebenen Tonne, neben den PSM gelagert und korrekt entsorgt.
Die Reinigung der Behälter erfolgt meist auf der Vorrichtung der Spritze. Dies erklärt auch, wieso sehr selten Warmwasser zur Verfügung steht. Pflanzenschutzmittel-Produkte, die keine Zulassung mehr haben oder nicht mehr eingesetzt werden können, werden der Verkaufsstelle zurückgegeben oder an eine dafür autorisierte Sammelstelle gebracht. Nicht mehr einsetzbare Pflanzenschutzmittel sind nicht von anderen gelagerten Produkten separiert und gekennzeichnet, sondern meist im PSM-Lager bis zur Entsorgung. Dies aber meist aus dem Grund, dass sie im Lager noch entsprechend geschützt sind und nicht z.B. in die Hände von Kindern geraten. Dies erklärt, weshalb einige Betriebe nur als «bedingt konform» beurteilt wurden.

5.2.1 *Unterschiede zwischen den beiden Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach*

In der Abbildung 22 sind die Betriebsaudits vom EZG Ballmoosbach grafisch dargestellt. Von den 10 Betrieben haben nur drei ihren Hofplatz im EZG. Die Hofplätze, welche beim Berner Pflanzenschutzprojekt mitmachen sind konform oder lassen die Pflanzenschutzmittelspritzungen durch einen Lohnunternehmer durchführen. Bei der Mehrheit der Betriebe, welche Parzellen im EZG haben, liegt der Hofplatz ausserhalb des EZG. Die vier Betriebe, welche aktuell noch keinen konformen Füll- und Waschplatz haben, sowie der Betrieb mit der bedingt konformen Lösung, liegen ausserhalb des Perimeters.

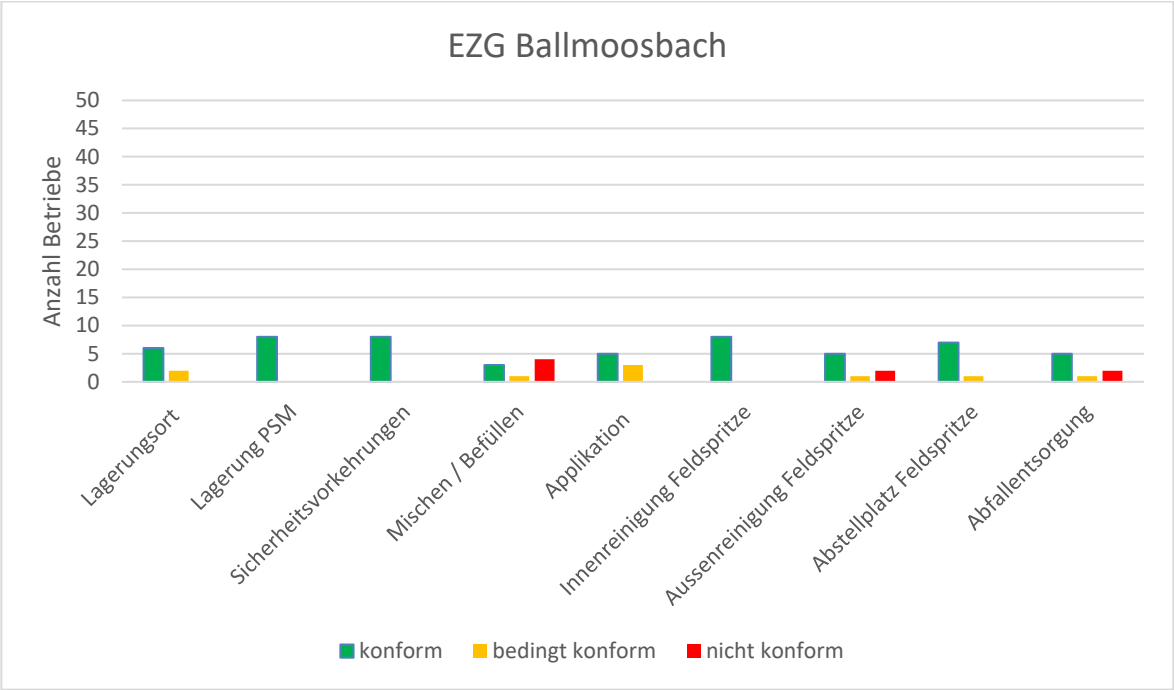


Abbildung 22 Zusammenzug Betriebsaudits vom EZG Ballmoos durch die HAFL 2020. Die Beurteilung bezieht sich auf die potenziellen Gewässerschutzrisiken. Konform: kein Risiko bzw. keine Mängel; bedingt konform: kein direktes Risiko aber es bestehen kleinere Mängel; nicht konform: Risiko für Einträge bzw. klare Mängel vorhanden.

In Chrümmlisbach und Büren zum Hof entwässern insgesamt 15 Hofplätze im Einzugsgebiet. Von den 20 Betrieben (Abbildung 23), welche PSM anwenden, sind 10 Füll- und Waschplätze konform, neun sind bedingt konform. Das heisst, bei diesen Füll- und Waschplätzen ist eine Güllegrube vorhanden und das Waschwasser gelangt in diese Güllegrube. Teilweise sind diese Waschplätze nicht ausreichend gesichert gegenüber Schächten, der Belag hat Risse oder die Wasserversorgung muss optimiert werden. Durch kleine bauliche Massnahmen (Einbau Entwässerungsrille, Erstellung Bordüre, Erneuerung Belag) können diese Waschplätze noch optimiert werden. Ein Waschplatz wird in die ARA entwässert, dieser liegt aber ausserhalb des Perimeters und dort ist ein Neubau geplant.

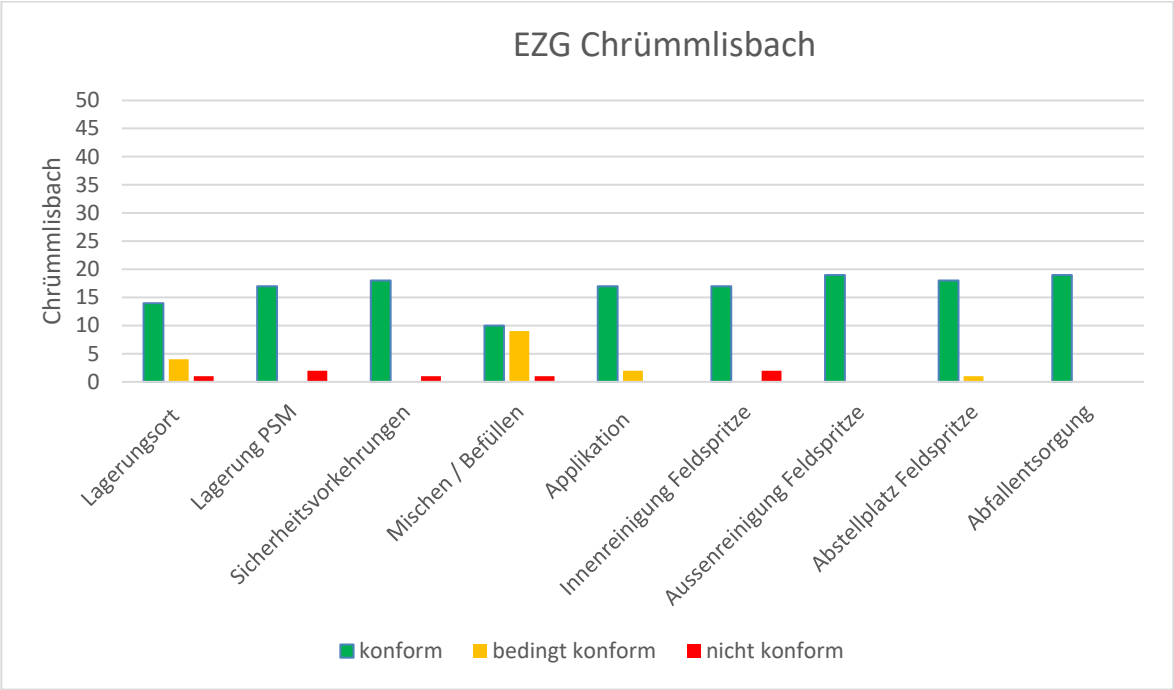


Abbildung 23 Zusammenzug Betriebsaudits im EZG Chrümmlisbach durch die HAFL 2020. Die Beurteilung bezieht sich auf die potenziellen Gewässerschutzrisiken. Konform: kein Risiko bzw. keine Mängel; bedingt konform: kein direktes Risiko aber es bestehen kleinere Mängel; nicht konform: Risiko für Einträge bzw. klare Mängel vorhanden.

Die Auflagen für das Mischen und Befüllen der Pflanzenschutzspritze auf einem konformen Waschplatz, stellt für eine Vielzahl der Landwirtschaftsbetriebe in der Schweiz eine Herausforderung dar. Im Rahmen eines anderen Projekts für die Plattform Pflanzenschutzmittel und Gewässer der Agridea, nahm die HAFL (Simone de Coulon) weitere 40 Betriebe in der ganzen Schweiz auf. Darunter wurden neben Acker- und Gemüsebetrieben auch Obst- und Rebbau-Betriebe auditiert. In der Abbildung 24 sind alle Betriebsbesuche zusammengefasst. Auch bei den von Simone de Coulon aufgenommenen Betrieben wurden beim Mischen/Befüllen die meisten Mängel festgestellt und die Betriebe erfüllen die Anforderungen, welche ab dem Jahr 20/21 neu bei der ÖLN-Kontrolle auditiert werden, nicht oder nur bedingt. Bei der Mehrheit der übrigen Punkte sind die befragten Landwirte bereits konform oder nur kleine, rasch behebbare Mängel sind vorhanden, dies natürlich mit einigen Ausnahmen. Aber auch bei diesen Aufnahmen hat sich gezeigt, dass die SwissGap Betriebe im Allgemeinen bei den aufgenommenen Teilbereichen besser abschneiden als die nicht SwissGap-Betriebe.

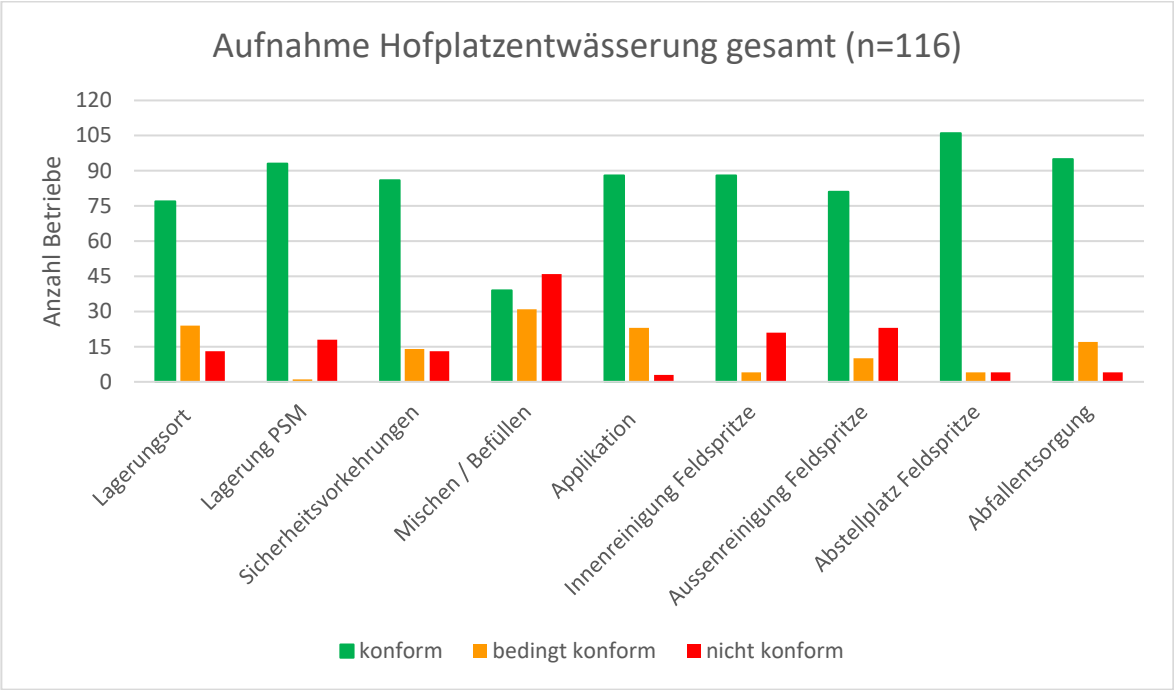


Abbildung 24 Zusammenzug aller Betriebsaudits durch die HAFL 2019/2020, inkl. Betriebe, welche im Rahmen der Plattform Pflanzenschutzmittel und Gewässer aufgenommen wurden. Die Beurteilung bezieht sich auf die potenziellen Gewässerschutzrisiken. Konform: kein Risiko bzw. keine Mängel; bedingt konform: kein direktes Risiko aber es bestehen kleinere Mängel; nicht konform: Risiko für Einträge bzw. klare Mängel vorhanden.

5.2.2 *Umsetzung Waschplätze*

Im Jahr 2020 wurden beim LANAT 195 neue Gesuche für einen Um- oder Neubau eines Füll- und Waschplatzes im Rahmen des Berner Pflanzenschutzprojektes eingegeben, 157 wurden bereits vom LANAT bewilligt und bei 97 wurde der Bau abgeschlossen (Abbildung 25). Im Vergleich zu den Vorjahren ist dies ein grosser Anstieg an eingereichten Gesuchen. Im Jahr 2017 wurden 8, im 2018 20 und im 2019 27 Waschplätze saniert resp. neu erstellt. Bei einigen Landwirten stehen jedoch grössere Bauvorhaben an, welche viel Zeit für die Umsetzung benötigen. Im Jahr 2021 wurden beim LANAT 123 neue Gesuche eingereicht, 148 bewilligt und 73 wurden abgeschlossen und abgerechnet (Stand 5. Oktober 2021).

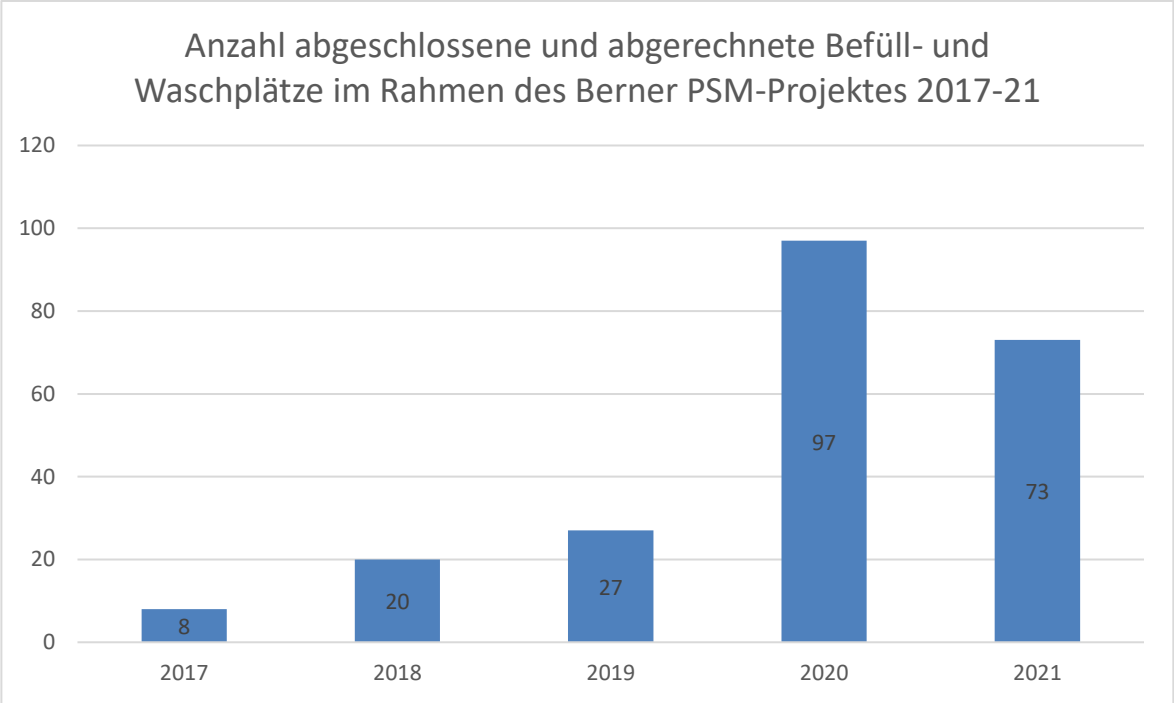


Abbildung 25 Übersicht der gebauten und abgerechneten Füll- und Waschplätze, welche im Rahmen des Berner Pflanzenschutzprojektes finanziell unterstützt wurden (Quelle: LANAT).

5.2.3 *Waschplätze in der Region Ins und Müntschemier*

Seit Beginn des Berner Pflanzenschutzprojektes im Jahre 2017 wurden in der Region Ins und Müntschemier acht Wachplätze, mit Unterstützungsgeldern des Kanton Berns, neu erstellt. Die Mehrzahl davon in den Jahren 2020 und 2021.

Rund ein Jahr nach den Betriebsaudits wurde bei den Landwirten mündlich nachgefragt, was sich bei ihnen auf dem Betrieb betreffend Füll- und Waschplatzes verändert hat. Von den 48 besuchten Betrieben in Ins hatten 11 einen konformen Waschplatz, 15 haben in der Zwischenzeit bauliche Massnahmen unternommen, um den Waschplatz konform zu gestalten. Einige haben kleinere bauliche Veränderungen vorgenommen, ohne finanzielle Unterstützung durch das Berner Pflanzenschutzprojekt. Zwei nutzen seit dem Besuch einen konformen Waschplatz des Nachbarn. Weitere 15 Betriebe sind noch im Planungsverfahren und nur eine Handvoll Betriebe haben seit dem Besuch nichts an Ihrer PSM-Füll- und Waschsituation verändert. Dies sind Auslaufbetriebe, das heisst die Betriebsleiter werden in den nächsten 2 bis 3 Jahren aus der Produktion aussteigen und sind nicht gewillt Investitionen in einen Waschplatz zu tätigen.

Die Gesamtfracht von PSM im Auslauf der ARA Ins konnte deutlich reduziert werden. Diese Reduktion ist zurückzuführen auf: Waschplätze, welche in Betrieb genommen wurden, dass im Einzugsgebiet Ins keine Spritzgerät-Befüllungen ab Hydranten mehr möglich sind und mehr 3m-Pufferstreifen am Parzellenrand stehen. Weiter führte die Sensibilisierung der Anwender im Umgang mit PSM zu dieser Reduktion. Hier mehr dazu im

Teilprojekt 4 – Analyse und Interpretation Gewässer-Monitoring in den Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach und den ARA Ausläufen (Ins, Lyss und Eymatt).

5.3 **Folgerungen**

Bei der Füll- und Mischsituation auf den Betrieben im Einzugsgebiet der ARA Ins/Müntschemier besteht grosses Verbesserungspotenzial. Eine Vielzahl an Um- oder Neubauprojekten ist in Planung und die Landwirte sind sensibilisiert und sich der Mängel bewusst. Die Landwirte sind bestrebt, sich im Bereich Pflanzenschutz weiter zu professionalisieren und waren gerne bereit im Rahmen der Betriebsaudits Auskunft zu geben und sich beraten zu lassen. Die Unsicherheit bei den Betriebsleitern hinsichtlich konformer Systeme zur Verdunstung von kontaminiertem Waschwasser ist jedoch gross. Einerseits sind sie unsicher hinsichtlich der Akzeptanz von Seiten der Behörden und andererseits scheuen sie die hohen Investitionskosten. Die im Oktober 2020 veröffentlichte Interkantonale Empfehlung zu Befüll- und Waschplätzen schafft bezüglich der Richtlinien sicherlich Klarheit (KOLAS et al. 2020). Auf Grund der Unsicherheiten werden die Anlagen genau geplant und die verschiedenen Systeme verglichen. Diese Abklärungen benötigen viel Zeit. Weiter wird von der Eingabe bis zur Bewilligung durch die Behörden zusätzliche Zeit benötigt. Dies ist mit ein Grund, weshalb im Jahr 2020 noch nicht so viele Anlagen in Betrieb genommen werden konnten. So nahmen die Planung und die Bewilligung mehr Zeit in Anspruch, als die Betriebsleiter zu Beginn angenommen hatten.

Durch den direkten Kontakt und die Beratung der Landwirte konnte die Situation in der Region Ins und Müntschemier verbessert werden. Dank regelmässigem Austausch mit den Landwirten an den Bauernversammlungen in Ins, welche jährlich durch den Gemeinderat organisiert wird, konnten die Landwirte fortlaufend über das Berner Pflanzenschutzprojekt informiert und sensibilisiert werden.

Wie bereits in den Resultaten erwähnt, sieht die Situation betreffend der konformen Füll- und Waschplätze in den Einzugsgebieten des Berner PSM-Projektes Chrümmlisbach/Ballmoosbach positiver aus. Dies deshalb, weil deutlich mehr Güllegruben vorhanden sind. Zudem sind die Landwirte bereits länger im Berner Pflanzenschutzprojekt involviert und somit diesbezüglich stärker sensibilisiert.

5.4 **Erste Erfahrungen von verschiedenen Substraten in einer Verdunstungsanlage - Am Beispiel Verdunstungsanlage Occhini Ins**

Weil grosse Unsicherheiten betreffend Planung und Bau von Verdunstungsanlagen bestehen, hat sich der Betrieb Occhini in Ins angeboten, einen Versuch mit mehreren Substraten und Begrünungen durchzuführen.

5.4.1 *Material und Methoden*

5.4.1.1 Versuchsaufbau

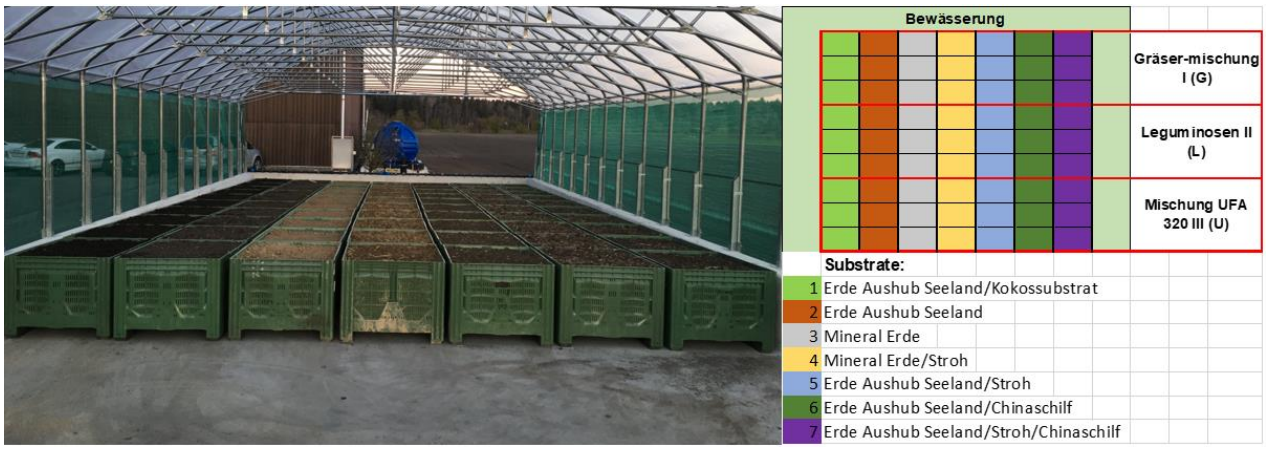


Abbildung 26 Versuchsaufbau der Verdunstungsanlage in Ins.

Der Substrat- und Begrünungsversuch bei der Versuchsanlage in Ins wurde in 63 Obstpaloxen durchgeführt. Wie der Abbildung 26 zu entnehmen ist, bestand der Versuch aus sieben verschiedenen Substraten. Die Unterschiede der Substrate waren deutlich an der Oberflächenfarbe zu erkennen. In die verschiedenen Substrate wurden drei unterschiedliche Begrünungen gesät. Im ersten Teil wurde eine Gräsermischung, im zweiten eine Leguminosenmischung und im dritten die Mischung UFA 320 angesät. Somit waren immer drei Paloxen mit demselben Substrat und demselben Saatgut bestückt. Eine Begrünungsmischung bestand aus insgesamt 21 Paloxen. Diese Verdunstungsanlage gleicht dem System eines Phytobac, jedoch mit einer zusätzlichen Begrünung. Das kontaminierte Waschwasser wird mit Tropfschläuchen auf das Substrat appliziert. Es befinden sich jeweils zwei Tropfschläuche auf jeder Paloxe (auf der Abbildung 26 noch nicht installiert). Um bestmögliche Auflaufbedingungen für die ausgebrachten Sämereien zu schaffen, wurde zu Beginn des Versuches mit einer Rohrbewässerung zusätzlich Wasser verabreicht (auf Abbildung 26 noch nicht vorhanden). Die Verdunstungsanlage war dank dem Folientunnel vor Niederschlagswasser geschützt.

5.4.1.2 Herstellung des Substrates

Da es sich bei der Verdunstungsanlage von Pascal Occhini, dem Betriebsleiter, um einen Neubau handelte, mussten zuerst die Substratmischungen hergestellt und in die Obstpaloxen abgefüllt werden. Weil der Versuch Mischungen enthielt und insgesamt 63 Paloxen gefüllt werden mussten, wurde ein Kompostmischer gemietet. Eine einzelne Obstpaloxe aus PVC misst 1.2m x 1m Grundfläche und rund 0.8m Höhe. Das Volumen beträgt zirka 1m^3. Der Mischer verfügte über ein grosses Ladevolumen und einen zusätzlichen Kran mit einer Greifzange. Dank dem Kran konnten die Stroh- und Schilfballen problemlos hinzugefügt werden. Damit ein reibungsloser Ablauf gewährleistet werden konnte, wurden die einzelnen Komponenten vorläufig in PVC-Paloxen abgefüllt und bereitgestellt. Die Stroh- und Chinaschilfballen waren auf einem Wagen neben dem Kompostmischer platziert. Anschliessend wurden je nach Substratmischungen verschiedene Komponenten in den Mischer geladen. Die Substratbestandteile wurden mit dem Gabelstapler in den Mischer gekippt. Die Stroh- und Chinaschilfballen konnten direkt mit dem Kran beigefügt werden. Danach wurden die Komponenten während fünf bis acht Minuten gemischt, bis die Substratmischung homogen war. In der Zwischenzeit wurden die Paloxen in einer Kolonne angeordnet. Da der Mischer über ein seitliches Austrageband verfügte, konnten die Paloxen direkt mit dem Mischer beschickt werden. Eine Mischung reichte jeweils für mindestens neun Paloxen. Die überschüssige Substratmischung wurde in zusätzliche Paloxen abgefüllt. Nachdem alle neun Paloxen gefüllt und somit säbereit waren, konnten diese beiseitegestellt werden. Parallel zu diesem Arbeitsschritt wurde bereits eine neue Substratmischung angesetzt.

Der Tabelle 13 können die Mischverhältnisse der sieben Substrate entnommen werden. Die Substrate, welche nur aus einer Komponente bestehen, wurden bereits im Voraus in Paloxen gefüllt und nicht mit dem Kompostmischer bearbeitet. Alle Komponenten stammten aus der Region, da im Versuch der Fokus auf vorhandene Materialien liegen sollte. Das Kokossubstrat war ein Abfallprodukt des Hors-Sol-Anbaus im Gewächshaus. Das Stroh bzw. das Schilf stammten ebenfalls vom eigenen Betrieb.

Tabelle 13 Zusammensetzung der einzelnen Substrate auf dem Betrieb Occhini in Ins.

Substrate	Komponent 1	Komponent 2	Komponent 3
Mineralerde	9 Paloxen Mineralerde		
Mineralerde/Stroh	10 Paloxen Mineralerde	1/3 Quaderballe Stroh	
Aushub Seeland/Stroh	12 Paloxen Aushub Seeland	1/3 Quaderballe Stroh	
Aushub Seeland/Chinaschilf	12 Paloxen Aushub Seeland	1.5 Quaderballen Chinaschilf	
Aushub Seeland/Kokossubstrat	6 Paloxen Aushub Seeland	6 Paloxen Kokossubstrat	
Aushub Seeland/Chinaschilf/Stroh	12 Paloxen Aushub Seeland	1/3 Quaderballe Chinaschilf	1/2 Quaderballe Stroh
Aushub Seeland	9 Paloxen Aushub Seeland		

5.4.2 *Erste Resultate*

5.4.2.1 Mischungen und Bodenbedeckungen

Die folgende Abbildung 27 zeigt die gesamte Bodenbedeckung (Beikraut & Mischung). Dabei zeigt sich deutlich, dass die Leguminosenmischung und die UFA 320 den stärksten Bewuchs aufwiesen, und

am schnellsten den Boden deckten. Die Bodendeckung ist für eine gute Verdunstungsleistung entscheidend.

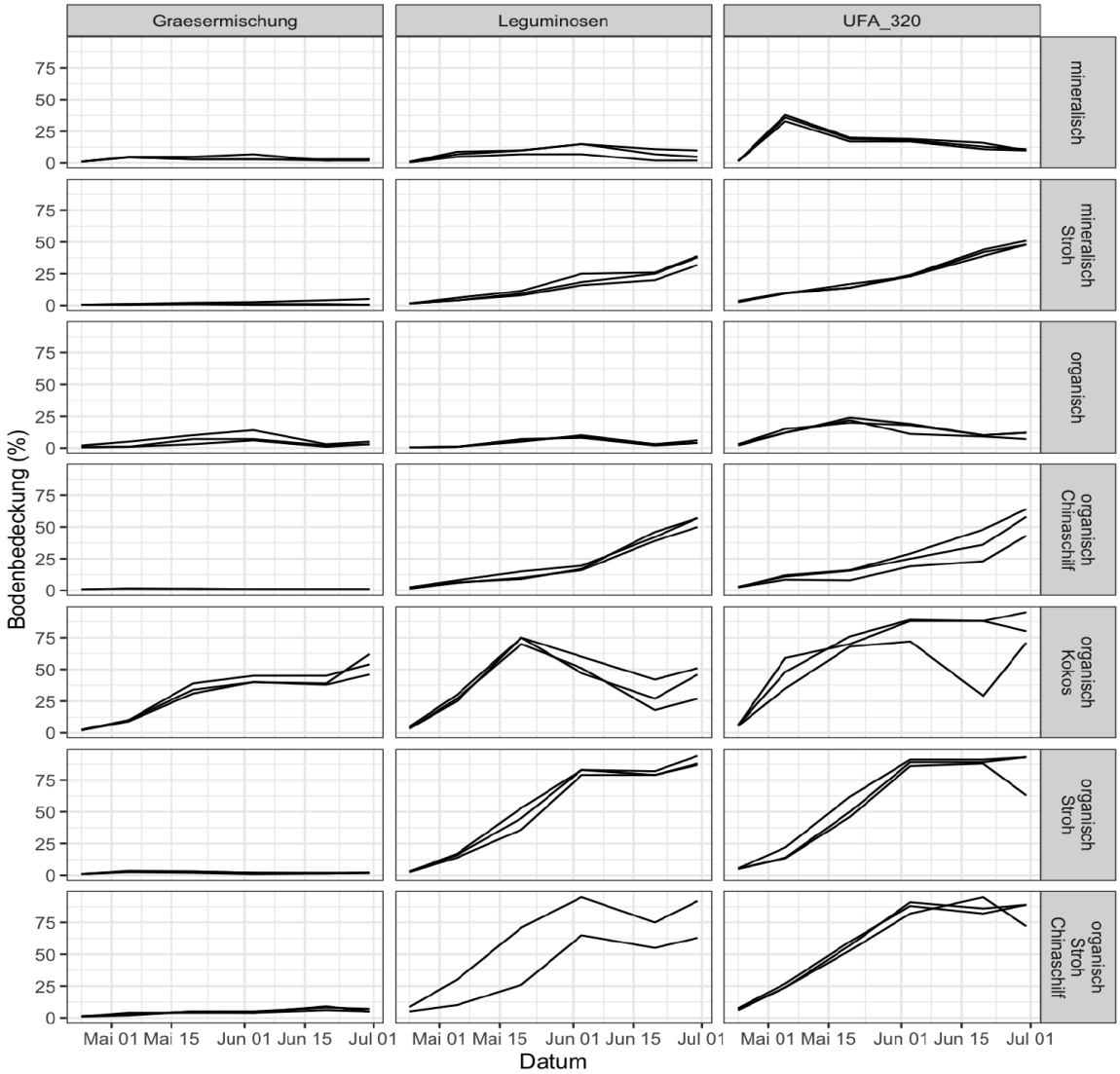


Abbildung 27 Bodenbedeckung über die Zeit und nach Substrat und Mischung.

Ebenso zeigt sich der zeitliche Verlauf über die Entwicklung der Begrünungen in den einzelnen Substraten. Auffällig ist, dass das organisch_Kokos als einziges Substrat bei der Gräsermischung bei der Bodenbedeckung zugelegt hat. Ebenso ist zu sehen, dass jeweils bei den Leguminosen und der UFA 320 bei den Substraten die reinen mineralischen und organischen Substrate abfallen.
Wenn Unkraut und Mischung miteinander verglichen werden, fällt auf, dass die Mischung UFA 320 am wenigsten Unkraut und am meisten Mischungspflanzen aufweist. Dies ist in der Abbildung 28 ersichtlich.

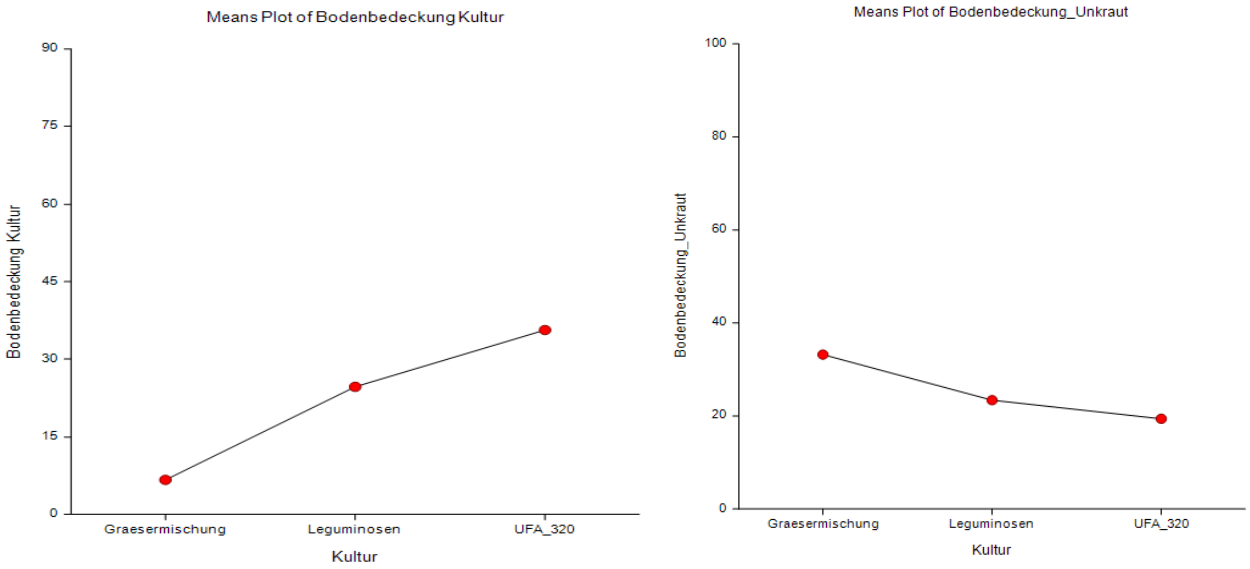


Abbildung 28 Bodenbedeckung durch die gesäte Mischung (links) und Unkraut (rechts) der drei eingesetzten Mischungen.

Werden die Mischungen genauer betrachtet, wird ersichtlich, dass unter der Gräsermischung sich nur das Substrat organisch_Kokos signifikant von den anderen Substraten unterscheidet. Sie produziert hier eine signifikant größere Bodenbedeckung. Die Bodenbedeckung aller anderen Substrate verharren mehr oder weniger auf ihren Ausgangswerten. Bei den Leguminosen dominieren die signifikanten Unterschiede. Lediglich zwischen den Substraten organisch und mineralisch sowie organisch_Kokos und mineralisch_Stroh wird kein signifikanter Unterschied beobachtet. Bei der Mischung UFA_320 sticht die Ähnlichkeit zwischen den Substraten organisch_Kokos, organisch_Stroh und organisch_Stroh_Chinaschilf ins Auge (Abbildung 29).

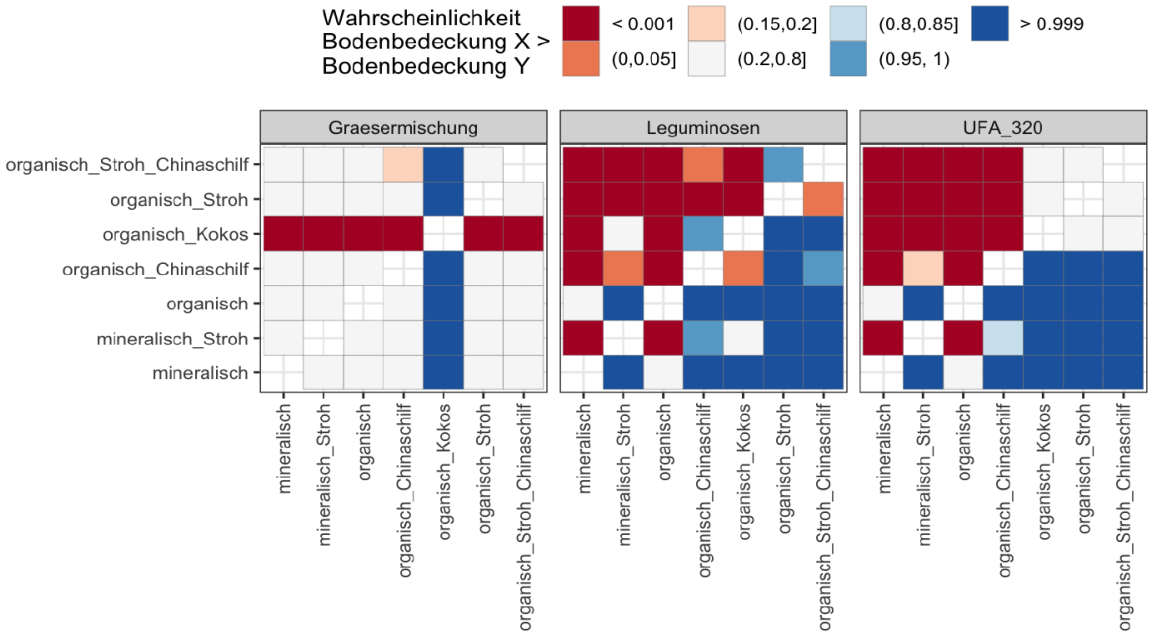


Abbildung 29 Statistische Unterschiede der Mischungen in Bezug auf das Substrat.

5.4.2.2 Feuchtigkeit und Temperatur in den Substraten

Mit Bodensonden wurden in der Mischung UFA 320 über 6 Substrate in einem Tastversuch Temperatur und Feuchtigkeit in 15cm Tiefe gemessen. Bei der Feuchtigkeitsmessung wurden keine brauchbaren Daten generiert, dies wegen zu wenig Bodenschluss oder dem falschen Leitmedium in den Sonden. Hier funktionierte ebenso die Watermarksonde der Anlagebauer nicht. Die Frage des nicht Funktionierens ist nicht abschliessend geklärt. Die Feuchtigkeit kann aber ein wichtiger Parameter für die Abbauleistung der PSM durch Mikroben sein. Campiche et al. (2015) haben gezeigt, dass bei Feuchtigkeitsniveau von 10-30% eine positive Korrelation zwischen Abbauleistung und Bodenfeuchte auftritt.

Die Temperatur zeigt, dass die Substrate mineralisch_Stroh, organisch_Stroh und organisch_Chinaschilf deutlich höhere Durchschnittstemperaturen aufweisen (Tabelle 14). Dies ist weiter zu betrachten, denn eine höhere Temperatur beeinflusst die Abbaugeschwindigkeit der PSM und regt die Mikrobentätigkeit an.

Tabelle 14 Durchschnittstemperatur der Substrate über die Versuchsdauer.

Substrate	durchschnittliche Bodentemperatur (°C)
mineralisch	15.85
mineralisch_Stroh	18.48
organisch_Stroh	18.01
organisch_Chinaschilf	20.67
organisch_Kokos	15.19
organisch	15.72

5.4.2.3 Mikrobentätigkeit und Bait Lamina

Der Bait-Lamina Test ist eine Methode, um die Frassaktivität von Mikroorganismen im Feld zu messen (Jänsch et al. 2017). In einem Tastversuch wurden bei der Kultur "UFA 320" bei jedem Substrat 16 sogenannte Bait Lamina-Sticks gesteckt. Jeder Stick weist 16 Löcher auf (Abbildung 30). Diese wurden mit einer Paste gefüllt, welche von Mikroorganismen verzehrt wird. Nach rund einem Monat wurden diese herausgezogen und ausgewertet (Kratz 1998). Es wurden die Löcher gezählt, bei denen nichts gefressen (0), weniger als 50% (1) und mehr als 50% gefressen (2) wurde. Leider gab es dabei ein paar Ausfälle, weshalb nicht bei allen Substraten 16 Wiederholungen vorliegen.

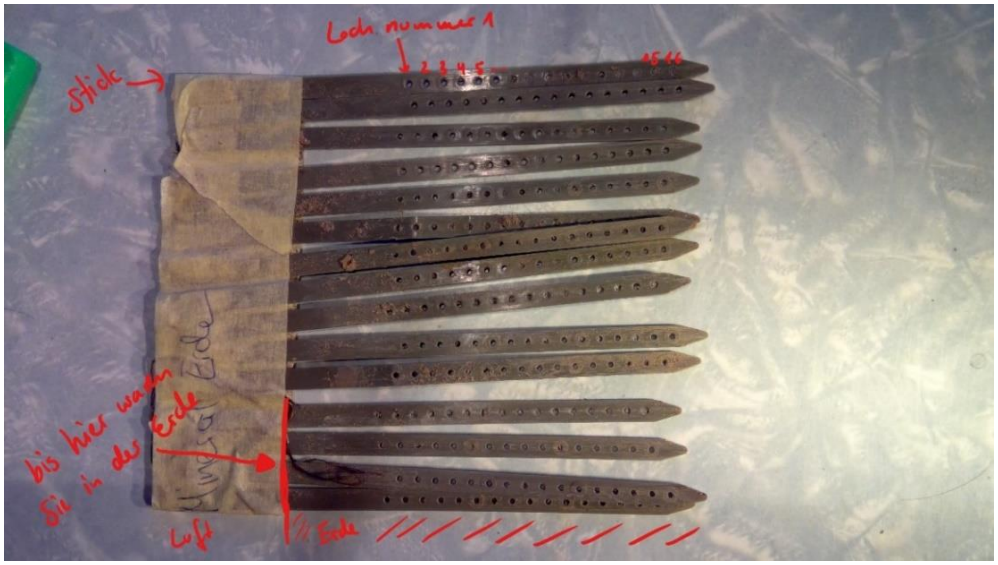


Abbildung 30 Bait Lamina-Sticks nach dem Einsatz in den Substraten im Versuch Occini, Ins.

Die Ergebnisse vom Modell werden in der nachfolgenden Grafik zusammengefasst. Da es sich um eine logistische Regression handelt, werden Wahrscheinlichkeiten ausgewiesen und nicht z.B. die Anzahl

Löcher. Beim Substrat organisch wurde mit Abstand am meisten Paste gefressen und beim Substrat mineralisch_Stroh am wenigsten (Abbildung 31).

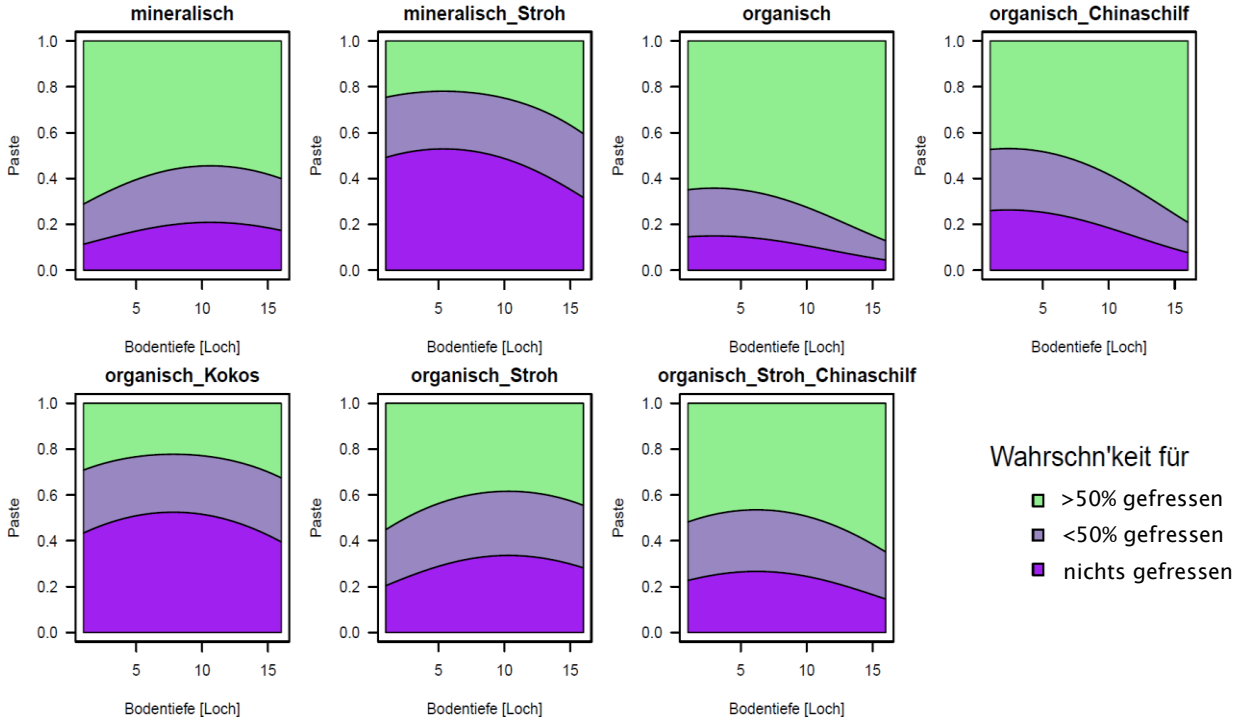


Abbildung 31 Die Frassleistung der Bait Lamina aufgeteilt nach den Substraten im Versuch Occhini, Ins.

Hier muss klar festgehalten werden, dass nur die Frassleistung in den obersten 10cm gemessen wurde. Wie sich die Frassleistung resp. Mikrobentätigkeit in den unteren Bereichen des Substrates verhält, ist nicht bekannt.

5.4.3 *Folgerungen und Ausblick*

5.4.3.1 Folgerungen

Die Mischung UFA 320 und die Leguminosen-Mischungen verfügen über eine bessere Bodenbedeckung und es wird demnach zu einer besseren Verdunstung kommen. Das Substrat sollte mit einem «Träger» angereichert werden. Dieser ermöglicht eine höhere Bodentemperatur und ebenso eine bessere Begrünung. Es kann davon ausgegangen werden, dass dadurch die Verdunstungsleistung erhöht wird.

Die Mikrobentätigkeit muss noch über längere Zeit verfolgt werden und es ist zu früh, um eine abschliessende Aussage zur Tätigkeit der Mikroben sagen zu können. Es wird grundsätzlich erwartet, dass in den mit organischem Material angereicherten Substraten das C/N Verhältnis für die Mikroben günstiger ist und es somit zu einer Steigerung der Aktivität in diesen Substraten kommen wird.

Die Sonden, welche für die Messung der Feuchtigkeit und Temperatur eingesetzt worden sind, müssen besser an die Substrate angepasst werden. Die Temperaturmessung funktionierte stets. Jedoch waren die Messungen zu Feuchtigkeit nicht verlässlich. Dies war bei einem anderen Sonden Hersteller/Typ der Fall. Eventuell hatten die Sonden zu wenig Bodenschluss und somit liess dies keine Feuchtigkeitsmessung zu.

5.4.3.2 Ausblick

Im Frühling werden die Resultate der genommenen Wasserproben des Tankes erwartet. Dies gibt ein Indiz dafür, wieviel PSM und in welcher Konzentration in die Anlage eingelassen werden.

In einem weiteren Schritt soll ein Durchflusszähler bei der Anlage installiert werden. Denn gemäss Rechnungen können am Tag bis zu 3'000 Liter in die Anlage fliessen resp. verdunsten. Gemäss Pascal

Occhini, Betreiber der Anlage und Gemüseproduzent, ist die Anlage zu gross dimensioniert. Er musste zweimal den Auffangtank mit Wasser aus dem nahgelegenen Bach speisen, damit die Pumpen nicht trocken liefen. Diesen Punkt gilt es zu überprüfen und gegebenenfalls Anpassungen vorzunehmen.

Weiter soll eine Überprüfung des eingebauten Kupferfilter stattfinden. Bezüglich Überprüfung der Wirksamkeit des Kupferfilters ist man im Austausch mit dem Umweltamt des Kantons Solothurn. Sie haben bereits angeboten, die Analysekosten für das Waschwasser mit Kupfernachweis zu übernehmen. Ein mögliches Versuchsdesign ist in Ausarbeitung.

5.5 **Literatur/ Quellen**

LANAT (Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Fachstelle Pflanzenschutz), 2017. Berner Pflanzenschutzprojekt: Umweltgereichten Pflanzenschutz fördern. Ziele und Massnahmenkatalog. 20 S.

LANAT (Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Fachstelle Pflanzenschutz), 2017. Berner Pflanzenschutzprojekt: Umweltgereichten Pflanzenschutz fördern. Ziele und Massnahmenkatalog. Gesuchsformular für den Bedarfsnachweis für einen Füll- und Waschplatz (BPP)

AWA (Amt für Wasser und Abwasser), Präsentation Resultate ARA-Monitoring 2017, Präsentation Claudia Minkowski Berner Pflanzenschutzprojekt «Resultate Monitoring 2017»

KOLAS, KVU, PPG (2020). Interkantonale Empfehlung zu Befüll- und Waschplätzen und zum Um-gang mit pflanzenschutzmittelhaltigem Spül- und Reinigungswasser in der Landwirtschaft. Hrsg.: KOLAS, KVU, PPG; Oktober 2020; 8 S.

AGRIDEA (2014): Platz zum Spritz- und Sprüh-Geräte füllen und waschen sowie Systeme zur Behandlung von Brühresten und Spülwasser konzipieren. Broschüre Agridea (Hrsg.), 37 S. https://www.agridea.ch/fileadmin/thematic/environnement_paysage/Dokumentation_Reinigungssysteme_def.pdf

AGRIDEA (2016): Pflanzenschutzspritzen korrekt reinigen. Merkblatt Agridea (Hrsg.), 4 S. https://www.liebegg.ch/upload/cms/user/MerkblattPflanzenschutzspritzenkorrektreinigenAGRIDEA.pdf

AGRIDEA (2018): Befüllen und Reinigen der Spritze – wie mache ich das richtig? Merkblatt Agridea (Hrsg.), 12 S. https://agridea.abacuscity.ch/de/A~3098/0~0~Shop/Befüllen-und-Reinigen-der-Spritze-wie-mache-ich-das-richtig

Jänsch, Stephan; Scheffczyk, Adam; Römbke, Jörg (2017): The bait-lamina earthworm test: a possible addition to the chronic earthworm toxicity test? In: *Euro-Mediterr J Environ Integr* 2 (1). DOI: 10.1007/s41207-017-0015-z.

Kratz, W. (1998): The bait-lamina test: General aspects, applications and perspectives. In: *Environmental science and pollution research international* 5 (2), S. 94–96. DOI: 10.1007/BF02986394.

Otto D., Mathis M.(2017). Konzept wissenschaftliche Begleitung des Berner Pflanzenschutzprojekts (BPP), Agroscope , 45 S.

Sophie Campiche, Émilie Grand, Caroline Gachet Aquillon, Nadzeya Homazava,Claudia Maurer, Andreas Chervet, Wolfgang G. Sturny, Rodolphe Schlaepfer (2015): Messung der biologischen Aktivität am Dauerbeobachtungsstandort «Oberacker» anhand des Köderstreifentests. Hg. v. Vollzug Boden Biologie (16). Online verfügbar unter https://www.centreecotox.ch/media/107209/2015_campiche_vbb-bulletin_d.pdf.

TOPPS (2011), Vermeiden von Gewässerverunreinigungen durch Punktquellen TOPPS Beste Management Praxis (BMP), Gute fachliche Praxis, besserer Gewässerschutz, Industrieverband Agrar e. V. online verfügbar unter http://www.topps-life.org/uploads/8/0/0/3/8003583/topps_de.pdf

6 Teilprojekt 3 - Datenerfassung und Umsetzungsanalyse Abschwemmungsreduktion und Verbesserung des Standortrisiko-Konzepts

6.1 **Einleitung**

Die PSM können nebst den Punkteinträgen auch auf unterschiedlichen diffusen Eintragspfaden in die Gewässer gelangen. Einerseits kann bei der Applikation Abdrift entstehen. Der Wind transportiert dabei einen Teil der ausgebrachten Pflanzenschutzmittel direkt in das Gewässer oder auf Nicht-Zielflächen (Feldwege, Strassen, etc.), wo sie später durch Niederschläge über Schächte in die Gewässer abgeschwemmt werden. Durch Niederschlagsereignisse können aber auch direkt aus den mit Pflanzenschutzmitteln behandelten Flächen die Wirkstoffe im Wasser gelöst oder an Bodenteilchen gebunden und durch Erosion oberflächlich abgetragen werden. Ein weiterer Weg führt mit dem Sickerwasser über Drainageleitungen in Oberflächengewässer.

Seit 2019 soll im Teilprojekt 3 abgeklärt werden, wo die Landwirte aktuell die Massnahmen zur Reduktion der oberflächlichen Abschwemmung (Pufferstreifen und Begrünung der Fahrspur/Fahrgassen) implementieren, wo die optimale Position wäre (Standortrisiko-Konzept) und welcher Mehrwert durch eine optimale Position möglich ist. Zudem soll der Transfer der Wissensgrundlagen in die Praxis unterstützt werden.

6.2 **Stand der Forschung Analyse Schönenberger**

Hydraulische Kurzschlüsse: Hohe Bedeutung für die Belastung der Gewässer mit Pflanzenschutzmitteln (Schönenberger et al. 2020)

Um erste Messungen von PSM in Kurzschlüssen zu erhalten, wurden im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs (Büren z. Hof, Schalunen) im Sommer 2019 während einer 141-tägigen Periode 19 Regenereignisse beprobt. Rund 150 Einlaufschächte entwässern das 2,8 km^2 grosse Einzugsgebiet. Davon wurden vier Einlaufschächte, ein Sammelschacht und der Bach untersucht. Während die beprobten Einlaufschächte nur durch Oberflächenabfluss gespiesen werden, fliesst im Sammelschacht Wasser von 64 Einlaufschächten und dem Drainagesystem zusammen. In den Einlaufschächten kamen Passivsammler zum Einsatz, an den anderen beiden Stellen aktive Probenehmer. Die Passivsammler bestanden aus luftdichten Flaschen mit einem Wassereinlass und einem Ventil für den Luftaustritt. Diese Sammler wurden so in die Schächte eingesetzt, dass sie während Abflussereignissen eingestaut wurden. Dadurch wurde die Luft aus den Flaschen gepresst und die Sammler füllten sich in wenigen Stunden. Die aktiven Probenehmer wurden über Wasserstandsonden in den Einlaufschächten gesteuert, um eine kohärente Probenahme zwischen den Stellen sicherzustellen. Die gesammelten Proben wurden im Labor auf eine breite Palette von 52 Substanzen hin untersucht. Die Substanzauswahl wurde so weit möglich an den im Gebiet verwendeten PSM ausgerichtet und setzte sich hauptsächlich aus Herbiziden und Fungiziden zusammen sowie einigen Insektiziden und Metaboliten. Die Substanzen wurden mittels Flüssigchromatographie gekoppelt an hochauflösende Massenspektrometrie (HRMS/MS, Orbitrap-Technologie) gemessen. Die bei den Feldkartierungen gefundenen Kurzschlüsse können wie folgt kategorisiert werden:1) Einlaufschächte, die entlang von Strassen und Feldwegen oder direkt auf landwirtschaftlichen Flächen liegen. 2) Kontrollschächte, die in der Regel keine Entwässerungsfunktion wahrnehmen. Sie können jedoch in Einzelfällen als Kurzschlüsse agieren, wenn sie in einer Senke liegen und bei starkem Niederschlag eingestaut werden. 3) Einlaufrinnen und Entwässerungsgräben entlang von Strassen und Feldwegen.

Einlaufschächte sind die häufigsten Kurzschlüsse. Das Vorkommen variierte aber stark zwischen den Gebieten. Ihre räumliche Dichte schwankte zwischen 0,34 und 1,6 Einlaufschächten/ha. Der Durchschnitt lag bei 0,84 Einlaufschächten/ha. Die meisten Einlaufschächte lagen an Strassen oder befestigten Wegen und nur etwa 3% direkt auf landwirtschaftlichen Flächen. Der überwiegende Teil dieser Schächte ist direkt (87%) oder via Kläranlage (12%) ans Gewässernetz angeschlossen. In einzelnen

Gebieten wurde zudem eine hohe Dichte an Einlaufrinnen und Entwässerungsgräben entlang des Strassennetzes festgestellt. Gemäss Schönenberger et al. (2020) wurden die indirekten Kurzschlüsse unterschätzt. Gesamtschweizerisch werden die indirekten Kurzschlüsse auf 47-60% geschätzt. Im EZG Chrümmlisbach liegt dieser Anteil gar bei 80%.

Auf der Abbildung 32 ist das EZG des Chrümmlisbaches und die Landnutzung ersichtlich. Die Eigenschaften des Einzugsgebietes sind folgende (Landnutzung 2.8 km²):

- Landwirtschaft: 60 %
- Wald: 32%
- Siedlung, Feldwege: 8%
- Entwässert durch153 Einlaufschächte
- Stark drainiert
- Anwenderdaten für 95% der Fläche vorhanden

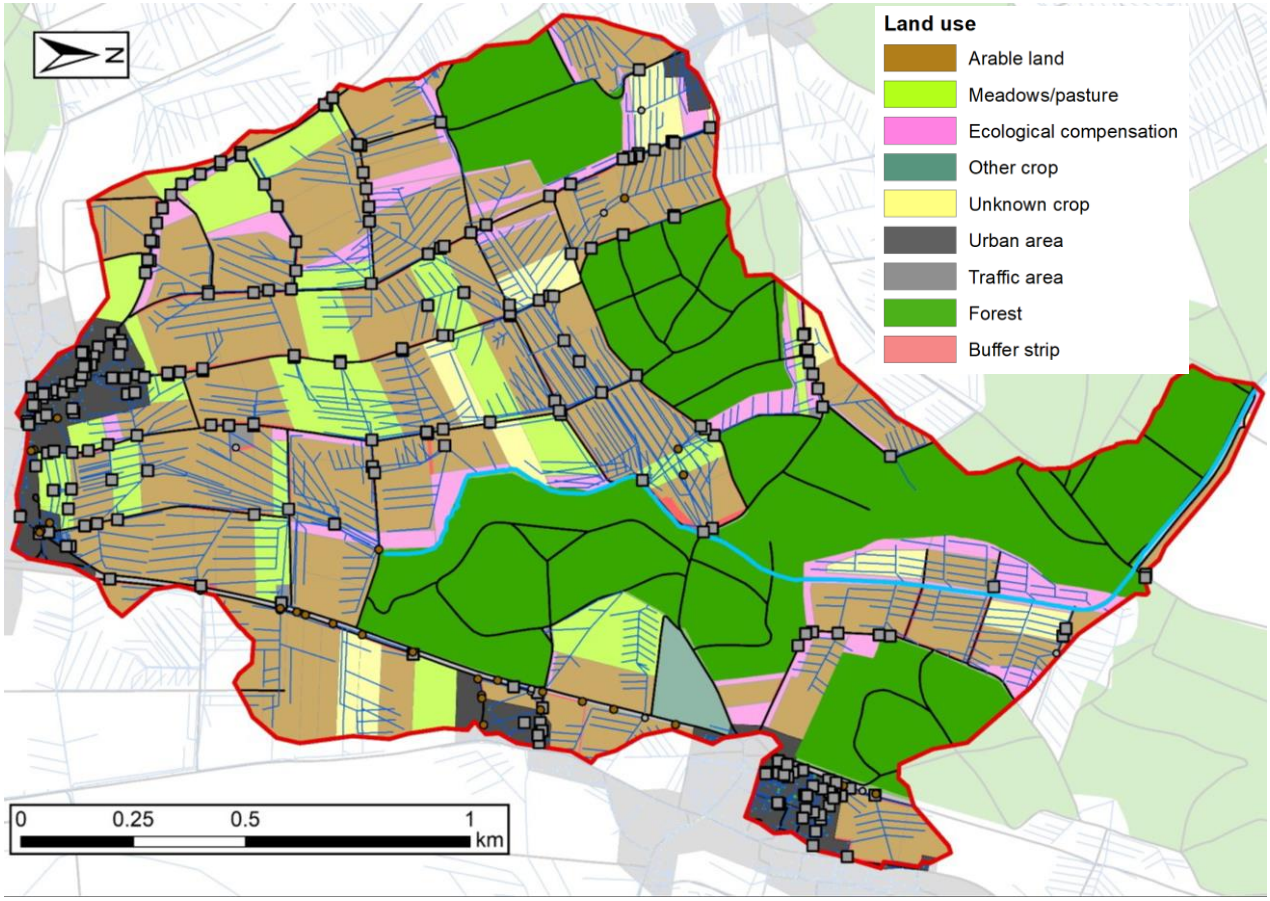


Abbildung 32 Karte des EZG Chrümmlisbach und die Landnutzung und Einlaufschächte. Feldkampagne eawag Urs Schönenberger (2020).

6.3 **Material und Methoden**

6.3.1 *Aufnahme der Schächte mit Drohen-Überflügen*

Zu Beginn des Teilprojektes wurden im Juli und August 2019 die EZG Ballmoosbach und Chrümmlisbach mit einer Drohne überflogen, um anhand der Drohnenbilder die Lage der oberflächlichen Schächte zu identifizieren. Die Schächte konnten anhand der Bilder provisorisch in die drei Kategorien Gusseisendeckel, Gitterrost und Betondeckel eingeteilt und digitalisiert werden (Abbildung 33).

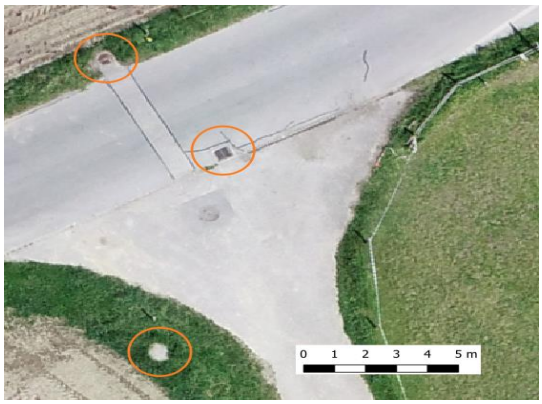


Abbildung 33 Kategorisierung der Schächte: Gusseisendeckel (oben), Gitterrost (Mitte) und Betondeckel (unten).

Die Einteilung wurde aufgrund der Qualität der Aufnahmen visuell und ohne Bildanalyseprogramm vorgenommen. Zur Verifizierung der Schächte und Fehlereliminierung waren Feldbegehungen notwendig, bei welchen zusätzlich die Pufferstreifen lokalisiert und digitalisiert wurden. Die Schächte wurden während den Betriebsaudits weiter überprüft und wenn nötig korrigiert.

Parallel dazu wurde der mögliche Eintrag von PSM über direkte Applikation auf die Schachtdeckel anhand von Annahmen berechnet.

Mit Hilfe dieser Daten sollen die Ursachen für die PSM-Einträge in Oberflächengewässer, durch diffuse Quellen, in den EZG Ballmoosbach und Chrümmlisbach besser analysiert werden und die Unterschiede dieser beiden Einzugsgebiete besser aufgezeigt werden können.

6.3.2 *Betriebsbesuche/ Feldbegehung*

Im Herbst 2020 wurden die Betriebe im Einzugsgebiet Ballmoosbach/Chrümmlisbach des Berner Pflanzenschutzprojektes besucht.

Zur Eruierung der diffusen Quellen im Feld wurden die Parzellen vorgängig unter Einbezug der qualitativen Erosionsrisikokarte, Fliesswegekarte, erweiterten Gewässeranschlusskarte und der Gewässerschutzzonen (swisstopo) hinsichtlich ihres Eintragsrisikos in Oberflächengewässer beurteilt. Anschliessend wurde für die Feldbegehung in Zusammenarbeit mit AGRIDEA und der Fachgruppe Boden der HAFL ein Aufnahmebogen entwickelt (Anhang 1), welcher eine Einschätzung der PSM-Eintragsquellen und Ursachen möglich machte:

- Erosion, bedingt durch Hangneigung, Bodenverdichtung und/oder feine Bodenstruktur
- Distanz zu den Oberflächengewässern
- offene Schächte im Feld oder Schächte am Feldrand
- Drainagen
- Abdrift.

Weiter wurden bereits umgesetzte und zusätzlich empfohlene Massnahmen festgehalten. Mit einem Penetrometer konnten allfällige Bodenverdichtungen direkt im Feld gemessen werden.

Das ausgefüllte Formular wurde den Landwirten im Nachgang zu den Feldbegehungen als Rückmeldung zugestellt. Die Abbildung 34 bis Abbildung 36 zeigen als Beispiel jeweils einen Ausschnitt aus den verwendeten Karten.

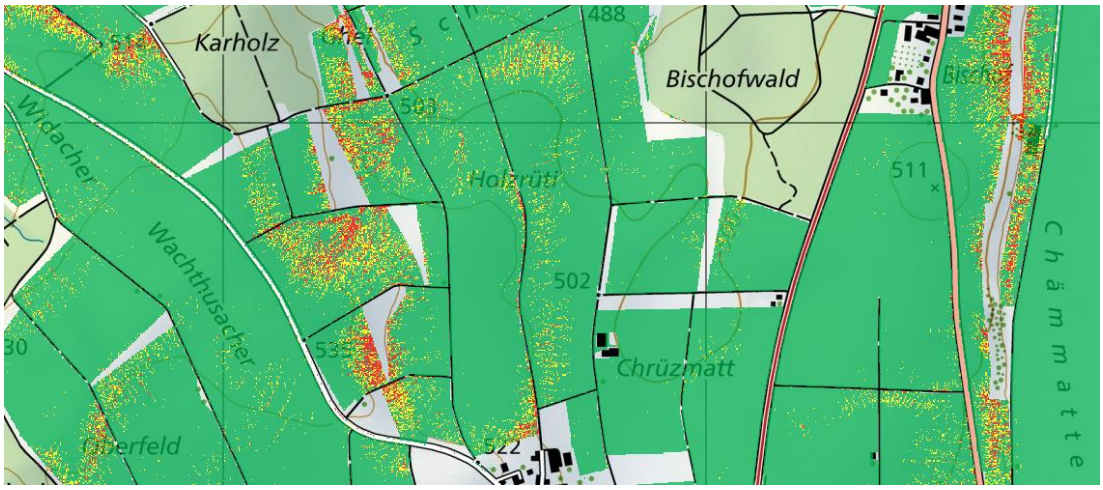


Abbildung 34 Beispiel Erosionkarte im EZG Chrümmlisbach (qualitativ) aus geo.admin.

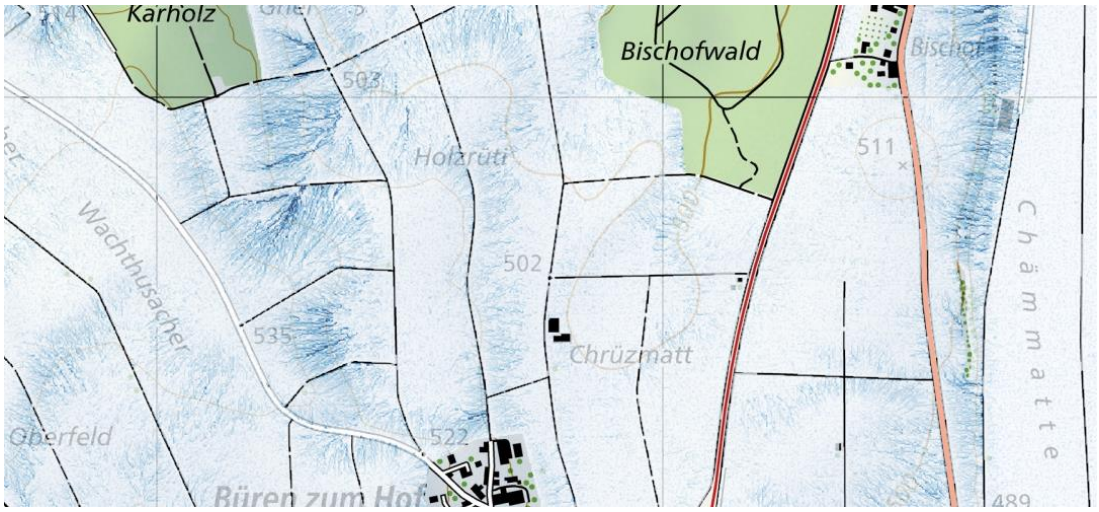


Abbildung 35 Beispiel Fliesswegkarte im EZG Chrümmlisbach aus geo.admin.

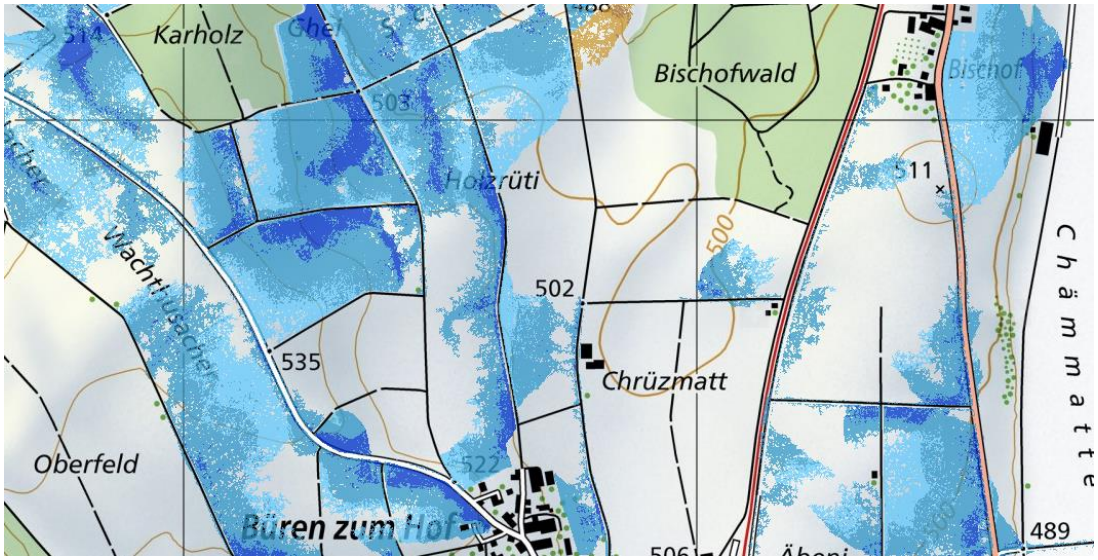


Abbildung 36 Beispiel Gewässeranschlusskarte (erweitert) im EZG aus geo.admin.

6.3.2.1 Vermeidung von Einträgen über Schächte
Bei Einträgen von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer nehmen offene Oberflächenschächte eine Schlüsselrolle ein. Direkt via Abdrift oder indirekt über oberflächlich abfliessendes Regenwasser gelangen so die Wirkstoffe und ihre Metaboliten in die Gewässer. Um direkte Einträge zu beeinflussen, spielt somit der Umgang mit offenen Schächten eine zentrale Rolle. Diesbezüglich werden in diesem Teilprojekt verschiedene Schachtabdeckungen zur Vermeidung von direkten PSM-Einträgen auf ihre Wirksamkeit erprobt.

6.3.2.2 Pufferstreifen zur Vermeidung von Abdrift
Um die Wirksamkeit der Pufferstreifen zu testen, wurden während der Anbausaison 2021 erste Tastversuche mit wassersensitivem Papier durchgeführt, um zu veranschaulichen wie weit entfernt von der Zielfläche sich die abgedrifteten Spritztropfen auf den Boden absetzen.

6.4 **Ergebnisse und Einzeldiskussion**

6.4.1 *Aufnahme der Schächte mit Drohen-Überflügen*
Die beiden Einzugsgebiete Ballmoosbach und Chrümmlisbach unterscheiden sich deutlich in der Anzahl sowie der Kategorien der Oberflächenschächte. Während im EZG Ballmoos 119 Schächte (Abbildung 37) mit vorzugsweise geschlossenem Betondeckel vorhanden sind, wurden bei der Melioration im EZG Chrümmlisbach 337 Schächte (Abbildung 38) mit überwiegend offenen Deckeln eingebaut.

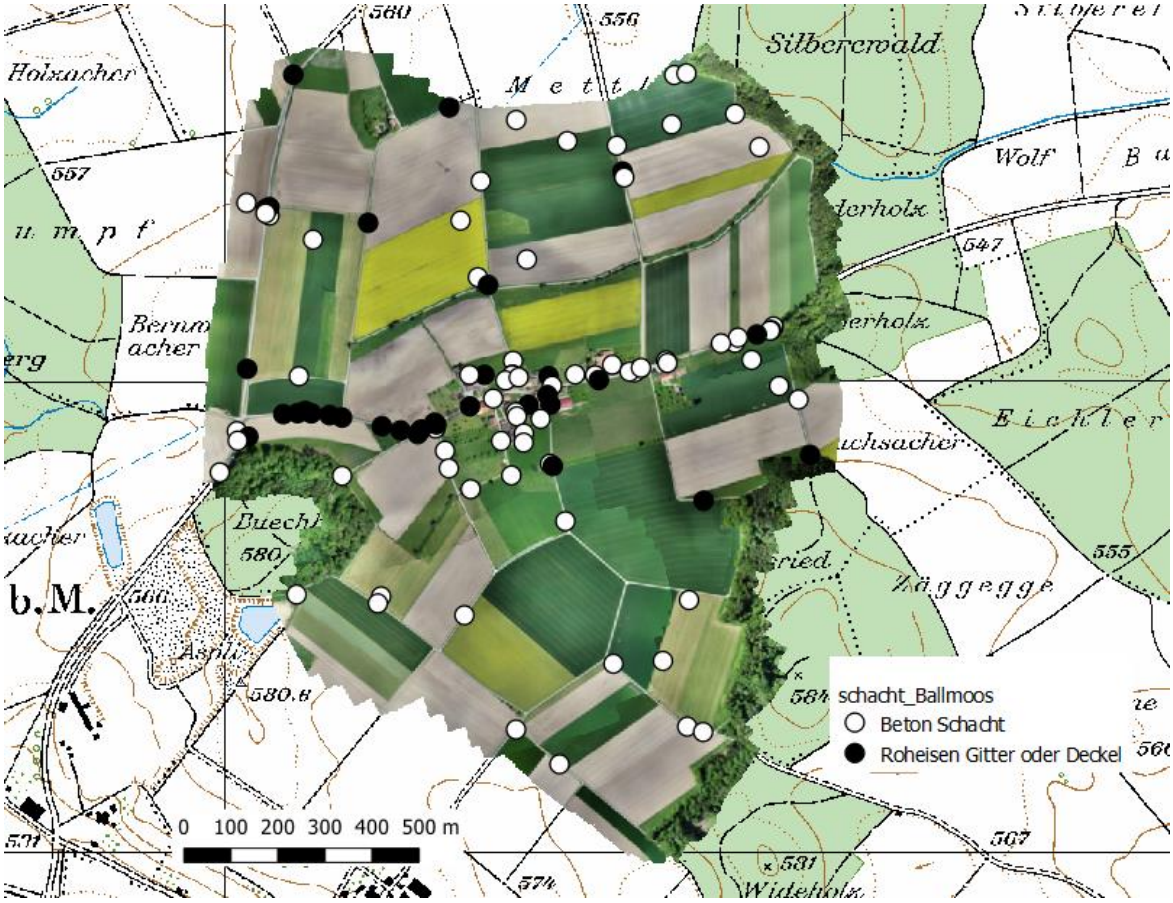


Abbildung 37 EZG Ballmoosbach mit 119 Schächten: Gusseisendeckel und Gitterrostdeckel (schwarz), Betondeckel (weiss).

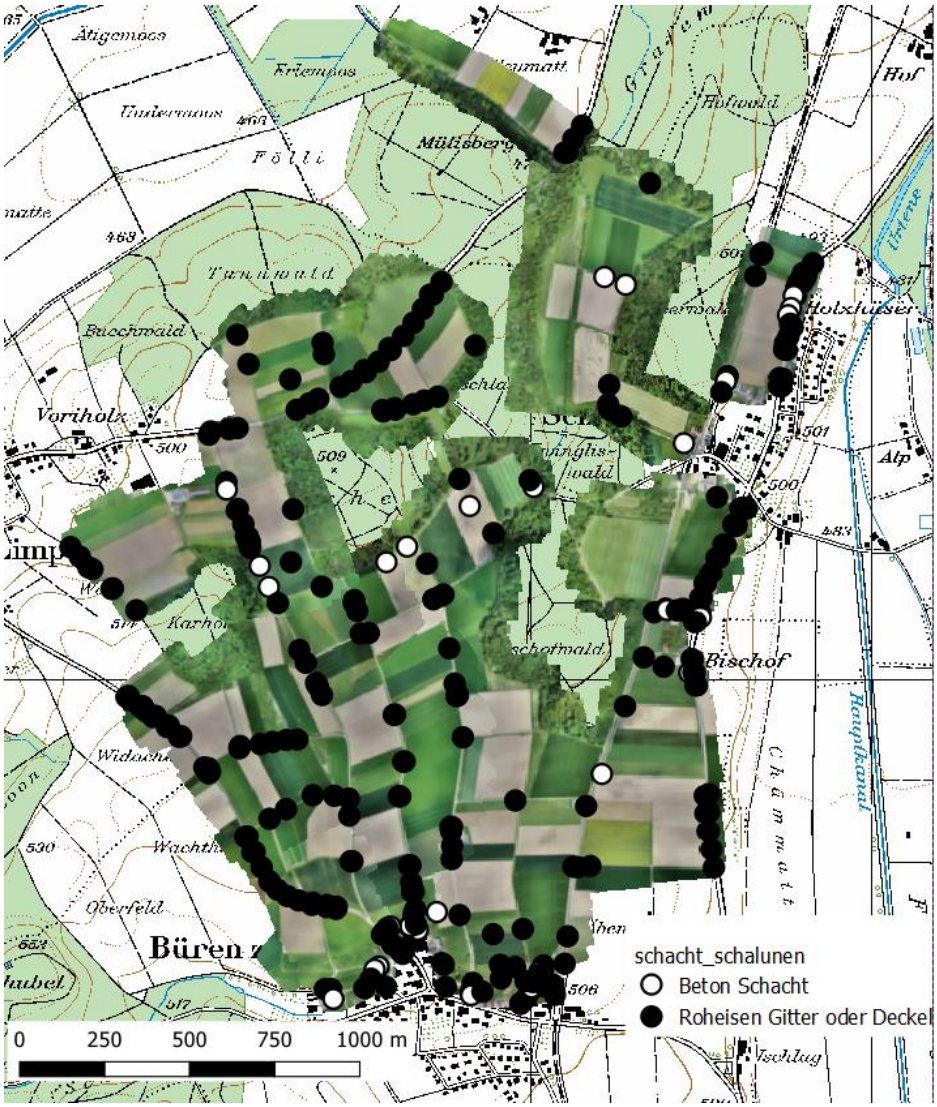


Abbildung 38 EZG Chrümmlisbach, Lage der 337 Schächte: Gusseisendeckel und Gitterrostdeckel (schwarz), Betondeckel (weiss).

6.4.2 *Betriebsbesuche/ Feldbegehung*

Insgesamt wurden 94 Betriebsbesuche durchgeführt, welche in der Tabelle 15 spezifiziert werden.

Tabelle 15 Übersicht der Betriebsbesuche im Rahmen des Berner PSM- Projektes, im EZG Ballmoosbach und Chrümmlisbach für die Aufnahme der diffusen Quellen im Feld.

	Anzahl
Betriebsbesuche Total	31
Davon Biobetriebe	1
SwissGap zertifizierte Betriebe	25
Ohne SwissGap	6
Gemischte Betriebe mit Tierhaltung/ Ackerbau	27
Reine Gemüsebaubetriebe	0
Ackerbaubetriebe	4

Bei den Feldbegehungen mit den Betriebsleitern stellte sich heraus, dass bereits etliche parzellenspezifische Massnahmen (bspw. Pufferstreifen, Anlage von ökologischen Ausgleichsflächen) ergriffen wurden und diese bezüglich Hangneigung und Fliessrichtung des Regenwassers grösstenteils bereits zielführend platziert waren. Dies zeigte, dass die Landwirte ihre Parzellen sehr gut kennen und sich schon länger mit der Problematik auseinandersetzten.

Die Strassenentwässerung entlang von Parzellen ist auf vielen Betrieben eine Risikoquelle für PSM-Einträge. In Abbildung 39 ist ersichtlich, dass die Strassenentwässerung, bei den aufgenommenen Parzellen im Einzugsgebiet, als die grösste Risikoquelle von den Landwirten für Einträge ins Gewässer eingeschätzt wird. Der gemäss ÖLN geforderte minimale Grünstreifen von 0.5m zur Strasse, wird immer eingehalten. Im Rahmen des Berner Pflanzenschutzprojektes werden drei Meter Pufferstreifen entlang der Parzellen gefördert, um beispielsweise bei Run-Off das Wasser zu bremsen und somit Einträge zu verhindern. Im Einzugsgebiet wurden seit Beginn des Projekts im Jahr 2017 viele Pufferstreifen neu angelegt. Dies zeigt auch der Vergleich der Massnahmen im TP 01. Teilweise werden die Pufferstreifen nicht bei allen Kulturen angelegt und sind aus diesem Grund nicht permanent vorhanden. Beispielweise beim Getreide wurde teils auf den Pufferstreifen entlang der Wege und Strassen verzichtet, oft mit der Begründung, dass durch die Teilnahme am Extenso-Programm die PSM-Anwendungen bereits reduziert sind und ein Pufferstreifen für sie aus diesem Grund weniger zielführend erscheint. Bei den Hackfrüchten ist der Pufferstreifen besser etabliert, dies weil der Pufferstreifen einen zusätzlichen Nutzen als Abstellplatz für den Abtransport des Ernteguts bringen kann und weil v.a. bei den Kartoffeln oder beim Feldgemüse die Produktequalität beim Vorgewende oft nicht den Qualitätsanforderungen entspricht.

Eine permanente Anlage von Pufferstreifen würde vermutlich die Infiltrationsleistung und den Abstoppeffekt steigern. Gerade bei Herbizidanwendungen im Frühjahr ist eine gute Wirkung bei neu angelegten Pufferstreifen zu bezweifeln.

Der Pflegeaufwand der Pufferstreifen wird von den Landwirten oft als negativer Punkt erwähnt. Der Aufwand für das Mähen und Abtransportieren des Schnittgutes ist mit viel Aufwand verbunden. Zudem ist der Futterwert dieses Grases gering und wird von den Raufutterverzehrern oft verschmäht. Weiter besteht das Risiko, dass Abfall, im schlimmsten Fall Aludosen, in die Futterkrippe gelangen. Für viehlose Betriebe ist die «Entsorgung» des Schnittgutes eine grosse Herausforderung, weil dies aus den obengenannten Gründen nicht einfach dem Nachbarn übergeben werden kann. Oft werden diese Pufferstreifen gemulcht. Ein weiteres Argument gegen diese Pufferstreifen ist der Verlust der Produktionsfläche.

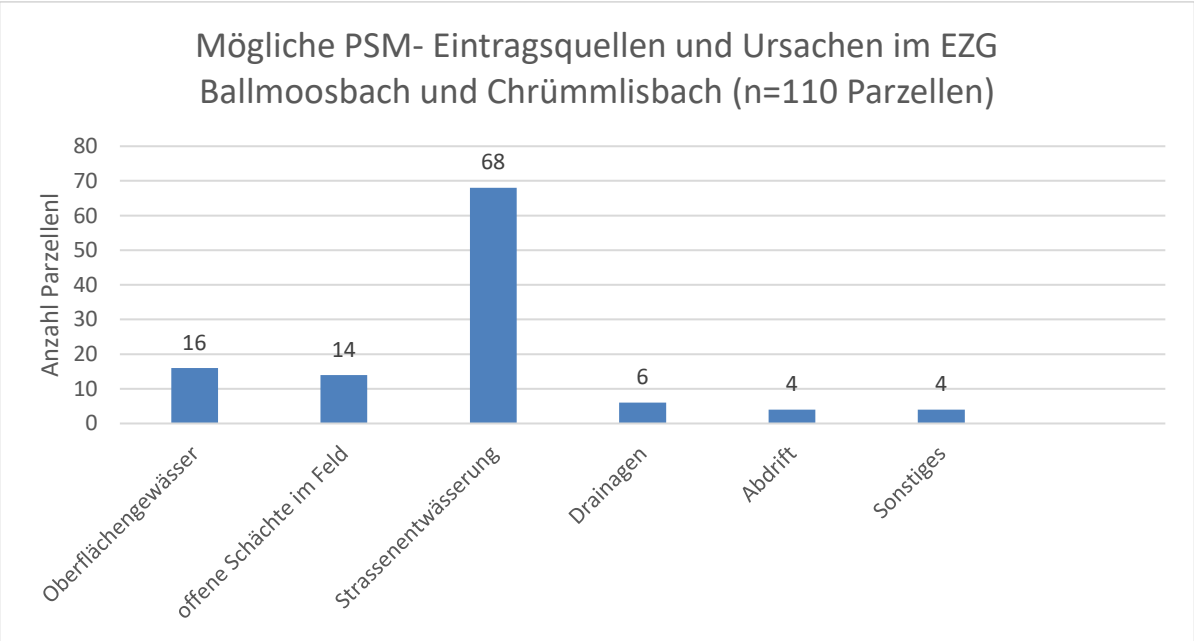


Abbildung 39 Einschätzung möglicher PSM-Eintragsquellen und Ursachen durch die Landwirte (mehrfach Nennungen möglich) Aufgenommene Parzellen im EZG des BPP im EZG Ballmoosbach und Chrümmlisbach 2020.

Nebst der Strassenentwässerung gibt es teilweise auch offene Schächte innerhalb einer Parzelle. Die können sowohl zu indirekten als auch direkten PSM-Einträgen führen. Offene Schächte bedeutet, die

Schächte haben einen nicht komplett geschlossenen Deckel, einige verfügen über einen Gitterdeckel, die Mehrheit verfügt neben dem Pickelloch noch über drei bis sechs weitere Löcher. Auf der Abbildung 40 ist ein Schacht mit solchen oben erwähnten Öffnungen ersichtlich.

Abbildung 40 Beispiel eines Schachtes im Feld.

Sofern die Schächte keine entwässernde Funktion haben, wurde den Betriebsleitern empfohlen, solche Schächte zu verschliessen. Dies soll in Absprache mit der Flurgenossenschaften erfolgen. Falls dies nicht möglich ist, sollte zumindest die Spritze über dem Schacht ausgeschaltet werden und der Schacht während den Spritzarbeiten abgedeckt werden. Im Idealfall wird ein Schacht mit einer begrünten Pufferzone ausgeschieden.

Die Problematik der offenen Schächte auch innerhalb von Parzellen wurde teilweise intensiv diskutiert. Im Rahmen der Gewässerschutzkontrolle werden ab dem Jahr 2021 die Betriebe bei der ÖLN-Kontrolle neu auf offene Schächte auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche kontrolliert. Gerade Schächte mit einer entwässernden Funktion lassen sich nicht folgenlos verschliessen. Es müssen praxistaugliche Lösungen umgesetzt werden, um die Bewirtschaftung aufrechtzuerhalten. Pufferzonen um die Schächte scheinen eine sinnvolle Methode zu sein, um einerseits das Risiko für Direkteinträge als auch über Run-off zu reduzieren. Die Grösse der Pufferstreifen ist ebenfalls ein zentraler Punkt. Dieser Pufferstreifen muss auf die Arbeitsbreite angepasst werden und mit der Spritzbreite/Fahrgasse abgestimmt werden. Bei der Ausbringung der Pflanzenschutzmittel muss über dem Pufferstreifen der entsprechende Sektor der PSM-Spritze ausgeschaltet werden können. Der Pufferstreifen sollte ca. 3m breit und ca.10m lang und begrünt sein. Eine mobile Abdeckung während der Saison wäre eine Lösung, um Einträge direkt in den Schacht zu verhindern. Ein Prototyp der HAFL Schachtabdeckung wurde während der Saison 2021 bei einem Schacht in Zollikofen und in Büren zum Hof auf seine Praxistauglichkeit geprüft (Abbildung 41 und Abbildung 42).

Abbildung 41 Prototyp Schachtabdeckung der HAFL.

Abbildung 42 Prototyp Schachtabdeckung der HAFL im Feld in Büren z. Hof.

Die Einträge über Drainagen konnten nicht beurteilt werden. Falls Drainagen vorhanden waren, wurde die Tiefe erfragt und ob es bei Trockenheit Risse im Boden hat, welche möglicherweise Einträge vereinfachen können.

Abbildung 43 Rechts (roter Kreis) ist die Messstation im Schacht und es wurde PSM von der linken, roten Fläche gemessen, welche via Abdrift in den Schacht gelangt sind (Quelle: Schönenberger 2021, unveröffentlicht).

Indirekte Einträge in Oberflächengewässer über Drift können im Rahmen der Aufnahmen nur vermutet werden, da die Applikationstechnik nur erfragt und der eigentliche Applikationsprozess auf dem Feld nicht begutachtet wurde. Teilweise wird mit sehr hohem Druck appliziert, was wiederum das Risiko für Abdrift erhöht. Dies bestätigt auch die Arbeit von Urs Schönenberger. Er konnte zeigen, dass im Schacht auf der gegenüberliegenden Feldseite ein Eintrag durch PSM via Abdrift möglich ist (Abbildung 43). Die Thematik wurde ebenfalls zusammen mit dem betroffenen Betriebsleiter diskutiert.
Auf den Parzellen wurden die Massnahmen aufgenommen, welche die Betriebsleiter bis jetzt schon ergriffen haben. Von den 110 aufgenommen Parzellen wurde auf 79 bereits ein Pufferstreifen/Querstreifen angelegt. Ein Betriebsleiter führte auf einer Kartoffelparzelle, in einer leichten Hanglage, einen Querstreifen im Feld ein. Auf einigen Parzellen mit leichtem Gefälle haben die Betriebsleiter die Fruchtfolge angepasst und auf diesen Feldern wird auf den Kartoffelanbau verzichtet.

Die Bewirtschaftung quer zum Hang ist bei Parzellen mit einem leichten Gefälle meistens anzutreffen. Weiter wird die Mulchsaat oft eingesetzt und beim Mais ist die Direktsaat oder Streifenfrässaat verbreitet. Der Einsatz von Querdammhäufler oder Dyker im Katoffelbau etablierte sich in der Region, weiter bietet ein Lohnunternehmen Gitterrollen für den Dammaufbau an, welche für eine gute Krümelstruktur und einen luftigen Damm sorgen soll. Die Massnahme mit den begrünten Fahrgassen, wurde nur auf zwei Betrieben, durchgeführt. Diese Massnahme ist für die meisten Landwirte nicht praxistauglich. Die Begrünung in den Fahrgassen konnte sich bei einigen Versuchen auf den Betrieben schlecht etablieren. Hingegen verzichten die Betriebe oft auf das Anlegen von Fahrgassen. Auf rund 20 Parzellen wird die Massnahme Herbizidverzicht und auf rund 30 Parzellen wird am Programm Fungizidverzicht teilgenommen.

Die Massnahme «Verzicht auf kritische Wirkstoffe» wurde den Landwirten am meisten empfohlen, (Tabelle 16) gefolgt von den Querstreifen am Feldrand. Auf rund 36 Parzellen konnten keine weiteren Massnahmen empfohlen werden, weil die Landwirte bereits alle möglichen Massnahmen umsetzen oder weil auf der Parzelle Dauerwiese oder Kunstwiese angebaut wurde.

Eine Liste mit den kritischen Wirkstoffen wurde den Landwirten zwar wiederholt gezeigt oder abgegeben, aber die Umsetzung gestaltet sich schwierig. Weil die PSM-Spritzpläne oft von externe Pflanzenschutzmittelberatern ausgearbeitet werden und die Landwirte deren Empfehlung vertrauen und die Mittelwahl oft nicht hinterfragen. Hier besteht sicherlich ein Trade-off bezüglich Toxikologie und Wirksamkeit der Mittel.

Tabelle 16 Empfohlene Massnahmen auf den Parzellen im EZG, um das Risiko für PSM- Einträge zu verringern.

Empfohlene Massnahme	Anzahl Parzellen
Verzicht auf kritische Wirkstoffe	52
Keine weiteren Massnahmen zu empfehlen	36
Querstreifen am Feldrand	24
begrünte Pufferzone um Schacht	10
Spritze bei Schacht ausschalten	10
Mulchsaat	8
Streifenfrässaat/Direktsaat	5
reduzierter Fungizideinsatz	5
grobes Saatbeet	4
Spritzdruck verringern	4
Querstreifen im Feld	3
reduzierter Insektizideinsatz	3
Schächte verschliessen	2
Anwendungszeitpunkt der Witterung anpassen	2
Bewirtschaftung quer zum Hang	1
Querdammhäufler/Dyker	1
Bandspritzung	1

6.4.3 *Empfehlung Anlage von Pufferstreifen*

Im Anschluss an die Parzellenaufnahmen wurde für das Gebiet von Chrümmlisbach eine Pufferstreifenkarte mit der idealen Lage der Pufferstreifen erarbeitet. Diese Karte (Abbildung 44) wurde den Landwirten vor der Anbausaison 2021 zugestellt mit der Empfehlung die Pufferstreifen entsprechend anzulegen. Ein Fokus wurde auch auf die Schächte im Feld gelegt.

Abbildung 44 Pufferstreifen Karte 2021- Vorschläge zur Anlage und Platzierung der Pufferstreifen für das EZG Chrümmlisbach.

Im Juni 2021 wurde das Gebiet erneut mit einer Drohne überfolgen und anhand dieser Bilder konnten die effektiv angelegten Pufferstreifen erfasst werden (Abbildung 45).

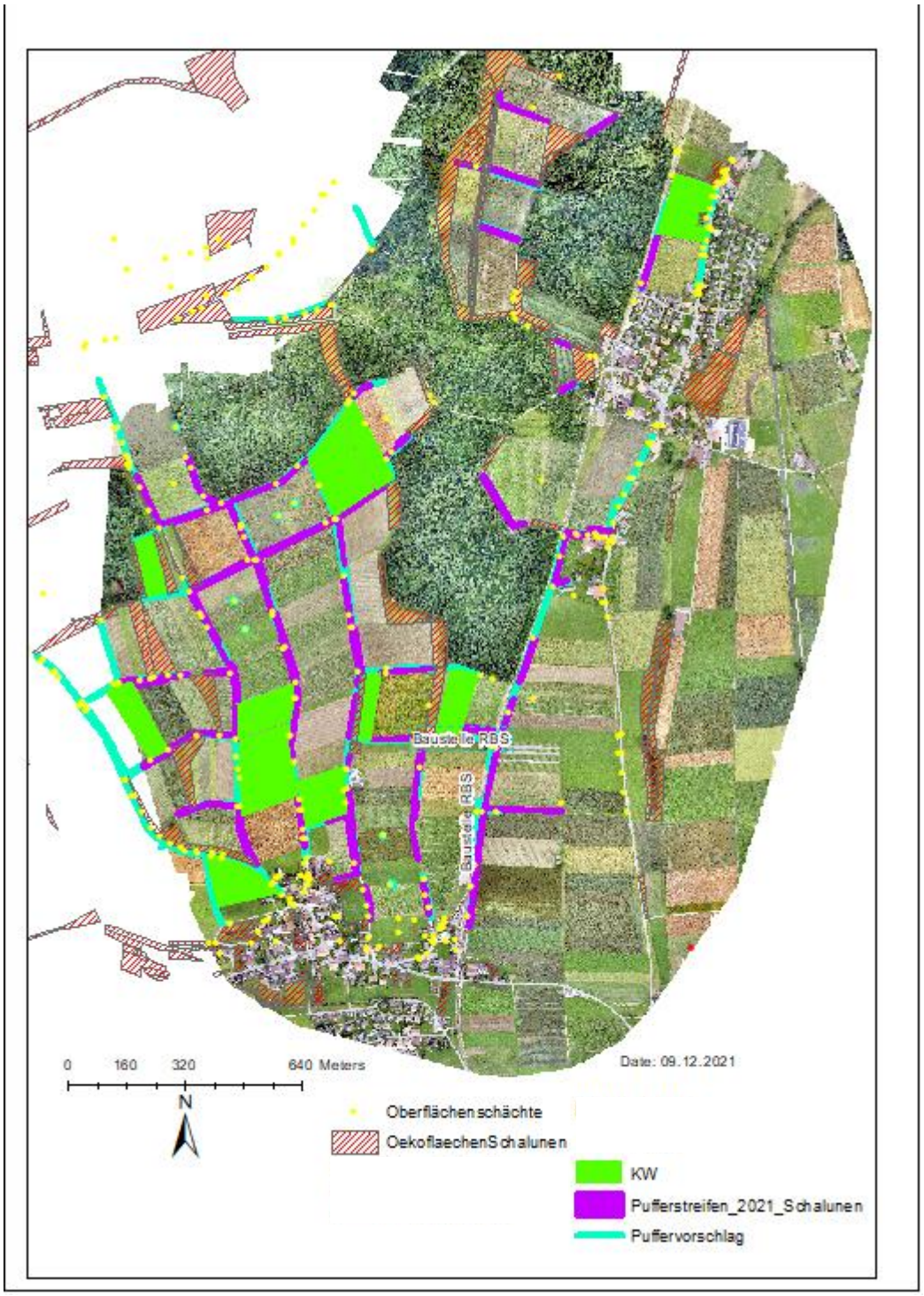


Abbildung 45 Umsetzung der Pufferstreifen im EZG Chrümmlisbach. Effektiv angelegte Pufferstreifen und deren Lage im Juni 2021. Violett = angelegte Pufferstreifen, türkis = vorgeschlagene aber nicht umgesetzte Pufferstreifen.

Wie bereits im Teilprojekt 1 erwähnt, wird im EZG vom Chrümmlisbach eine hohe Anzahl an Laufmetern Pufferstreifen angelegt. Die Vorschläge gemäss Empfehlungskarte wurden von den Landwirten mehrheitlich umgesetzt. Die Winterkulturen waren beim Versand der Karte im Frühling bereits ausgesät und die fehlenden Pufferstreifen sind mehrheitlich bei diesen Wintergetreideflächen anzutreffen.

Um die Wirksamkeit der Pufferstreifen besser erfassen und auch für die Landwirte dokumentieren zu können, wurden während der Saison 2021 erste Tastversuche mit wassersensitivem Papier durchgeführt. Dieses spezialbeschichtete Papier wird zur Auswertung der Flüssigkeitsverteilung, des Bede-

ckungsgrades, der Tropfendichte und der Penetration im Pflanzenbestand verwendet. Wassersensitives Papier ist gelb und verfärbt sich blau, wenn wasserhaltige Spritztropfen auftreffen (Faie 2021). Im drei Meter breiten Pufferstreifen wurde vor dem PSM-Spritzdurchgang in regelmässigen Abständen zur Kultur wassersensitives Papier ausgelegt. Nach dem Spritzdurchgang wurden die Papierstreifen auf Verfärbungen resp. blaue Tropfen untersucht. Dieser Vorgang wurde bei vier Parzellen vorgenommen auf denen die Kulturen Kartoffeln (2x), Zwiebeln und Mais angebaut wurden. Dabei hat sich gezeigt, dass in einer Distanz von 0.5m zu Kultur immer mit Abdrift, auch mit driftmindernden Düsen, zu rechnen ist. Ab 1m Distanz zur letzten Kulturreihe wurden bei keiner Messung noch Verfärbungen festgestellt.

6.5 **Folgerungen/ Ausblick**

Die höheren Wirkstoffeinträge im EZG Chrümmlisbach und die Häufung von offenen Oberflächenschächten geben einen Hinweis, dass die Bedeutung der Schächte beim Eintrag von Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffen grösser sind als bisher angenommen. Somit sollten Massnahmen, welche direkte Einträge in Schächte vermindern, auch messbare Verminderungen der Wirkstoffgehalte im untersuchten Wasser zur Folge haben. Weitere Untersuchungen bezüglich der Eintragswege und der Gegenmassnahmen scheinen deshalb sinnvoll und notwendig, sollen Einträge reduziert und die Gewässerbelastungen minimiert werden.

Die Landwirte im Einzugsgebiet sind sensibilisiert und kennen ihre problematischen Parzellen sehr gut. Sie haben bereits viele Massnahmen ergriffen, um die Einträge zu reduzieren. Nachfolgende Punkte sind weiter zu verfolgen und können noch optimiert werden.

- Die Massnahme Pufferstreifen wurde vor allem im EZG Chrümmlisbach gut umgesetzt.
- Sensibilisierung und Beratung führte zu mehr Pufferstreifen und zunehmend an den richtigen Standorten.
- Pufferstreifen könnten teilweise noch gezielter angelegt werden, vor allem bei den Maisparzellen. Bei den Getreideparzellen verzichten die Landwirte teilweise auf den Pufferstreifen, vor allem wenn sie Extenso machen.
- Pufferstreifen permanent anlegen und mit einer Grasmischung ansäen.
- Entwässerung von Strassen in die Felder sollten mit den Gemeinden abgeglichen werden. Vor allem bei Gewitter/Starkregenereignissen läuft das Wasser von den Strassen oft in die Felder hinein und wird nicht von der Strassenentwässerung aufgenommen.
- Lösungen für offenen Schächte im Feld weiterentwickeln und Schachtabdeckung weiterverfolgen.
- Damit die Wirkung der Pufferstreifen besser quantifiziert und demonstriert werden kann, werden Versuche mit wassersensitivem Papier im Jahr 2022 weitergeführt. Zudem soll eine Diskussion über die optimale Breite des Pufferstreifen lanciert werden.
- Herbizidloser Anbau weiter prüfen und/oder Herbizidverzicht anstreben.
- Reduzierter Fungizid- und Insektizideinsatz vermehrt anstreben.
- Applikationstechnik der Pflanzenschutzmittel weiter optimieren durch Information und Schulung der Landwirte, sowie Pflanzenschutzoptimierung mit Precision Farming, durch Förderung von z.B. Druckumlaufsysteme (DUS), GPS-gesteuerte Pflanzenschutzgeräte mit Teilbreiten- oder Einzeldüsenschaltung. Allenfalls können dazu die Erkenntnisse aus dem Ressourcenprojekt „Optimierung und Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes mit Precision-Farming-Technologien“ – kurzgenannt PFLOPF: Pflanzenschutzoptimierung mit Precision Farming übernommen werden. Dieses Projekt wurde von den kantonalen landwirtschaftlichen Zentren Liebegg (AG), Arenenberg (TG) und Strickhof (ZH) sowie dem Bauernverband Aargau, dem Verband Thurgauer Landwirtschaft und dem Zürcher Bauernverband initiiert (läuft von 2019 bis 2026).
- Schächte weiter thematisieren: Eine entsprechende Arbeitsgruppe sollte gebildet werden.

Bei den Pufferstreifen stellt sich die Frage, wie diese Massnahme nach Beendigung des Projektes weitergeführt wird. Wenn ab 2023 die Beiträge wegfallen, werden gemäss den betroffenen Landwirten einige Pufferstreifen wieder aufgehoben, weil für sie der Aufwand und der Ertrag nicht stimmt. Bei den

Kartoffeln oder beim Feldgemüse, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Pufferstreifen in der Praxis auch nach Ablauf des Projektes durchsetzen werden, weil diese in den Arbeitsabläufen einen zusätzlichen Nutzen oder Mehrwert bringen.

6.6 **Literatur/ Quellen**

AGRIDEA, 2019. Gewässerschutz in der Landwirtschaft – ist mein Betrieb fit für die Kontrolle? Merkblatt Agridea (Hrsg.), 8 S. https://agridea.abacuscity.ch/de/~2354

Braun C, Gälli R, Leu C, Munz N, Schindler Wildhaber Y, Strahm I. Wittmer I. 2015. Mikroverunreinigungen in Fliessgewässern aus diffusen Einträgen. Situationsanalyse. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1514: 78 S.

Faie, 2021. Wassersensitives Papier https://www.faie.ch/landtechnik/landmaschinenteile/feldspritzenteile/kalibrierung-frostschutz/wasser-oelsensitives-papier/7099763/wassersensitives-papier-groesse-76x26-mm-50-karten

LANAT (Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Fachstelle Pflanzenschutz), 2017. Berner Pflanzenschutzprojekt: Umweltgereichten Pflanzenschutz fördern. Ziele und Massnahmenkatalog. 20 S.

KANTON AARGAU, 2020. Entwässerungsschächte auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche, Merkblatt Kanton Aargau, 4 S. (www.ag.ch/landwirtschaft)

Pflanzenschutzoptimierung mit Precision Farming, PFLOPF, https://www.pflopf.ch/projekte zuletzt aufgerufen am 1.4.2021

Pronova 2021. Agrarmesstechnik https://pronova.de/produkte/agrarmesstechnik/bodendichte/952/penetrometer), abgerufen am 7.9.21

Prasuhn V, Alder S, Liniger H, Herweg K. 2014. Hoch aufgeloste Erosionsrisiko-und Gewasseranschlusskarten als Hilfsmittel fur den Vollzug. In Umweltokologisches Symposium, 75–80. https://www.researchgate.net/publication/262688307_Hoch_aufgeloste_Erosionsrisiko-_und_Gewasseranschlusskarten_als_Hilfsmittel_fur_den_Vollzug

Prasuhn V, Doppler T, Spycher S, Stamm C, 2018. Pflanzenschutzmitteleinträge durch Erosion und Abschwemmung reduzieren. Agrarforschung Schweiz 9 (2): 44–51

Schönenberger U, 2021. Pestizidtransport durch hydraulische Kurzschlüsse: Schweiz & Chrümmlisbach2019. Präsentation 05.02.2021 unveröffentlicht

Schönenberger U, Dax A, Singer H, Stamm C, 2020. Hydraulische Kurzschlüsse: Hohen Bedeutung für die Belastung der Gewässer mit Pflanzenschutzmitteln. AQUA & GAS No 11 | 2020

Stamm C, Doppler T, Prasuhn V, Singer H, 2012a. Standortgerechte Landwirtschaft bezüglich der Auswirkung von landwirtschaftlichen Hilfsstoffen auf Oberflächengewässer. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern.

7 Teilprojekt 4 – Analyse und Interpretation Gewässer-Monitoring in den Einzugsgebieten Ballmoosbach und Chrümmlisbach und den ARA Ausläufen (Ins, Lyss und Eymatt)

7.1 **Einleitung**

Das Gewässer- und Bodenschutzlabor (GBL) des Amts für Wasser und Abfall (AWA) hat den Auftrag, die Ziele des BPP zur Reduktion des Eintrags von PSM in die Gewässer mittels geeigneter Monitorings zu überprüfen. Im Sinn der Wirkungskontrolle soll das Monitoring in erster Linie aufzeigen, ob die von den Landwirtinnen und Landwirten umgesetzten Massnahmen in der Praxis greifen und inwiefern die Ziele des Projekts erreicht werden. Dabei steht die Wirkung bezüglich einer Verbesserung der Wasserqualität im Fokus [1], [2].

Aufgrund des erheblichen Aufwands ist ein solches Monitoring nicht kantonsweit zu realisieren. Deshalb erfolgt die Überprüfung mittels intensiver Messungen in kleinen, überschaubaren Testgebieten während insgesamt acht Jahren. Zum einen sind dies Messungen im Gewässer (Gewässermonitoring), um jene Massnahmen zu überprüfen, die Abschwemmungseinträge reduzieren sollen (Pufferstreifen entlang von Feldwegen, begrünte Fahrgassen). Zum anderen werden Ausläufe von Kläranlagen untersucht (ARA-Monitoring), um die Wirkung der Massnahmen zu erfassen, die Punkteinträge vermindern sollen (Bau von Befüll- und Waschplätzen für Feldspritzen). Die lange Dauer dieser Untersuchungen ist nötig, um verlässliche Aussagen zur Entwicklung der Wasserqualität machen zu können.

Die Wirkung des BPP im ganzen Kanton wird schlussendlich anhand der in den verschiedenen Regionen umgesetzten Massnahmen hochgerechnet. Zudem werden die Messdaten des Gewässermonitorings den Bewirtschaftungsdaten aus den Testgebieten gegenübergestellt, welche die Landwirtinnen und Landwirte der Projektleitung jeweils Ende Jahr freiwillig aushändigen. Dadurch werden weitere, wichtige Erkenntnisse zur Anwendung und zum Eintragsweg der PSM gewonnen, die anschliessend mittels aktiven Austauschs im ganzen Kantonsgebiet in der Praxis verbessert werden können.

7.2 **Material und Methoden**

Um allfällige Veränderungen der Wasserqualität im Rahmen des BPP bestmöglich abbilden zu können, wurden Einzugsgebiete gewählt, bei denen im Gewässer oder in den Kläranlagenausläufen hohe Konzentrationen an PSM durch diffuse Einträge resp. Punkteinträge erwartet werden. Aufgrund des schlechten Verdünnungsverhältnisses ist dies insbesondere bei kleineren Gewässern sowie kleinen Kläranagen in Gebieten, die intensiv landwirtschaftlich genutzt werden, zu erwarten.

7.2.1 *Testgebiete Gewässermonitoring*

Für das Gewässermonitoring wurden folgende zwei Testgebiete ausgewählt: der Ballmoosbach bei Zuzwil und der Chrümmlisbach bei Bätterkinden. Die Einzugsgebiete beider Gewässer weisen unterschiedliche aber dennoch gut vergleichbare Charakteristika auf (Tabelle 17).

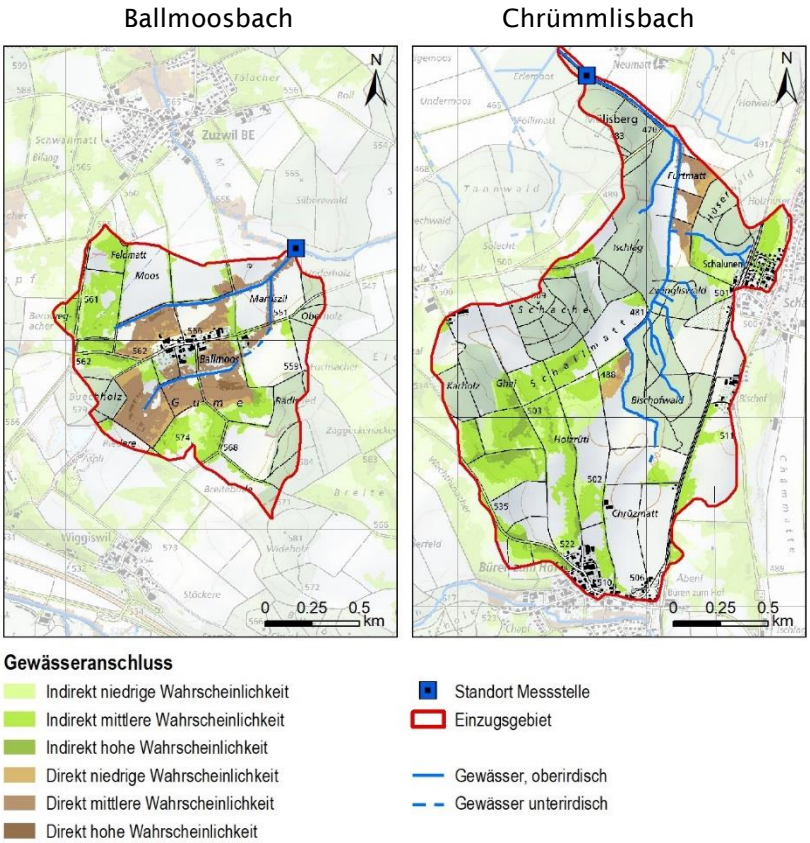


Tabelle 17 Charakterisierung der Einzugsgebiete Ballmoosbach und Chrümmlisbach.

Gewässer	**Ballmoosbach**	**Chrümmlisbach**
Standort Messstelle	Zuzwil	Bätterkinden
Flussordnungszahl	2	2
Fläche Einzugsgebiet	1.4 km^2	2.8 km^2
Anteil Flächen [3] Ackerbau / Siedlung / Wald	72.5% / 2.6% / 13.3%	48.5% / 3.2% / 32.8%
Anteil Gewässeranschluss [4] direkt: niedrig/mittel/hoch indirekt; niedrig/mittel/hoch	3.6% / 11.7% / 1.1% 2.8% / 12.7% / 1.8%	0.8% / 1.1% / 0% 3.9% / 12.2% / 2.4%
Drainagen	Ja	Ja

7.2.2 *Testgebiete ARA-Monitoring*

Für das ARA-Monitoring wurden die ARA Ins, die ARA Lyss und die ZALA Eymatt bei Aarwangen ausgewählt (Tabelle 18). Die ARA Ins ist die kleinste Kläranlage mit einem sehr hohen Ackeranteil im Einzugsgebiet. Die ARA Lyss und die ZALA Eymatt sind von der Grösse wie auch von den angeschlossenen Einwohnern vergleichbar, wobei die Ackerfläche in der ZALA Eymatt am geringsten ist. Bei dieser Kläranlage werden die kleinsten Veränderungen erwartet.

Tabelle 18 Charakterisierung der Einzugsgebiete ARA Ins, ARA Lyss und ZALA Eymatt.

Kläranlage	**ARA Ins**	**ARA Lyss**	**ZALA Eymatt**
Abfluss m3/d	2'800	24'000	16'400
Angeschl. Einwohner	5'200	36'000	40'700
Ackeranteil im EZG [3]	69%	41%	26%
Anzahl Bauerbetriebe	99	517	784
Verdünnung Vorfluter	1:0 / 1:1	1:20	> 1:100

7.2.3 *Untersuchte Parameter*

Im Rahmen beider Monitorings werden jeweils während der Vegetationsperiode chemische und biologische Messungen durchgeführt sowie allgemeine Gewässerparameter erhoben. Das Monitoring dauert von 2017 bis 2024 und erstreckt sich damit zwei Jahre über die offizielle Projektdauer des BPP hinaus, um die Nachhaltigkeit des Projekts abschätzen zu können.

Im vorliegenden Zwischenbericht werden schwerpunktmässig die Ergebnisse der chemischen Messungen dargestellt. Der Fokus liegt dabei bei den PSM-Wirkstoffen und deren Abbauprodukten (Transformationsprodukt, TP). Hierfür werden seit 2017 kontinuierlich 2-Wochen-Sammelproben von März bis Oktober entnommen und die PSM- und TP-Konzentrationen ermittelt. Dadurch lässt sich die chronische Belastung in einem Gewässer beschreiben. Zudem wurde bei den Gewässern eine automatisierte Niederschlags- und Durchflussmessung installiert und bei den Kläranlagen ist die Abflussmenge bekannt. Anhand des Durchflusses resp. des Abflusses können aus den gemessenen Konzentrationen die gemittelten Frachten (transportierte Substanzmenge pro Zeiteinheit) erhoben werden. Im Jahr 2017 wurden 81 Substanzen analysiert, 60 Wirkstoffe und 21 TP. Unter den Wirkstoffen befinden sich 13 Fungizide, 36 Herbizide, zehn Insektizide sowie ein Wachstumsregulator. Vier der Wirkstoffe sind aktuell nur als Biozid zugelassen. Die Wahl der Substanzen richtete sich nach den Erfahrungen aus dem Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus diffusen Quellen der Eawag [5]. Aufgrund der Rückmeldungen der Landwirtinnen und Landwirte Ende 2017 wurde das Substanzspektrum ab 2018 um 18 Fungizide, 15 Herbizide, 19 Insektizide (wovon 13 Pyrethroide), ein Molluskizid, ein Wachstumsregulator sowie zwei TP ergänzt. Dadurch konnte der Anteil der von den Landwirtinnen und Landwirten angewendeten Wirkstoffe, die im Gewässermonitoring erfasst werden, im Ballmoosbach um 30% und im Chrümmlisbach gar um 40% erhöht werden. Bei beiden Gewässern lag dieser Anteil im 2018 bei rund 70%. Die neu 114 Wirkstoffe und 23 TP sollen bis Ende 2024 konstant gemessen und beibehalten werden. Seit 2019 werden im Ballmoosbach und Chrümmlisbach ergänzend zu den 2-Wochen-Sammelproben in der Hauptapplikationszeit von April bis Juni zusätzlich 3.5-Tages-Sammelproben auf das gleiche Substanzspektrum analysiert. Dadurch lässt sich die akute Belastung im Gewässer beschreiben und zudem können die Konzentrationsspitzen in diesem Zeitraum besser abgebildet werden. Im ARA-Monitoring werden die gleichen Parameter gemessen, jedoch ohne Glyphosat, Glufosinat und AMPA (TP von Glyphosat). Letzteres entsteht auch aus gewissen Waschmitteinhaltsstoffen und kann so nicht eindeutig der Landwirtschaft zugeordnet werden. Daher wurden diese Parameter bei den Kläranlagenausläufen nicht erfasst. Auch auf die kürzere Beprobung von 3.5-Tages-Sammelproben wurde verzichtet.

Biologische Untersuchungen sind bestens geeignet, um allfällige Verbesserungen der Wasserqualität anhand der Artenzusammensetzung abzubilden. Sie wirken aber jeweils immer auf die Gesamtheit aller möglichen Einflussfaktoren, weshalb keine Zuordnung zu einzelnen Massnahen möglich ist. Zudem sind die Auswirkungen der Effekte sehr langsam, weshalb die Untersuchungen deutlich weniger engmaschig ausfallen als beispielsweise die chemischen Untersuchungen. Zum einen werden Kieselalgen und Makrozoobenthos-Untersuchungen (MZB) durchgeführt. Letztere dienen v.a. dazu, den Effekt der Massnahmen auf die Wirbellosengemeischaft zu erfassen (Fokus Insektizide). Sie werden beim Gewässermonitoring im Ballmoosbach und Chrümmlisbach realisiert. Beim ARA-Monitoring wird nur die ARA Lyss angeschaut, vor und nach der Einleitung in die Alte Aare. Die ARA Ins leitet in den Schwarzgraben ein, die ZALA Eymatt in die Aare. Hier sind MZB Untersuchungen wenig aussagekräftig, weshalb darauf verzichtet wurde. Die Untersuchungen wurden im Jahr 2017 und 2019 durchgeführt

und sind noch für 2022 und 2024 geplant, jeweils im März (vor der Applikationszeit) und Juli (nach der Hauptapplikationszeit). Ergänzend dazu hat das Ökotoxzentrum im 2017 und 2018 ein kombinierter Algentest durchgeführt anhand der 2-Wochen-Sammelproben von Ballmoosbach und Chrümmlisbach. Damit lassen sich die Effekte der Massnahmen auf die Algen und Wasserpflanzen belegen (Fokus Herbizide). Diese Untersuchungen sollen voraussichtlich im letzten Projektjahr 2022 wiederholt werden.

7.3 **Ergebnisse und Einzeldiskussion**

7.3.1 *Gewässermonitoring*

Bei den klassischen chemischen Parametern weisen beide Gewässer erhöhte Konzentrationen der Nährstoff-Parameter Stickstoff und Phosphor auf, wie es in Kleingewässern mit hohem Anteil an Ackerfläche im Einzugsgebiet zu erwarten ist. Im Chrümmlisbach werden zudem leicht erhöhte Werte bei den Schwermetallen Kupfer und Zink gemessen, diese stammen vermutlich von der Entwässerung der Kantonsstrasse im Einzugsgebiet.

Hinsichtlich PSM ist in beiden Gewässern in jedem Jahr ein typischer saisonaler Verlauf der PSM-Konzentrationssummen (Summe aus den individuell gemessenen Konzentrationen aller PSM des Substanzspektrums) zu erkennen (Abbildung 46), der mit der Applikationszeit der PSM korreliert. Die Konzentrationssummen sind anfangs Jahr tief und steigen während der Hauptapplikationszeit von ca. April bis Juni maximal an. Nach einem daran anschliessenden leichten Rückgang erfolgt ein erneuter, kurzer Anstieg im Herbst, bevor die PSM-Konzentrationssummen zum Ende vom Jahr hin wieder abfallen. Diese Konzentrationsspitzen können zeitlich leicht variieren und hängen stark von der Niederschlagssituation sowie der Bewirtschaftung (Aussaat für Sommer- und Winterkulturen) innerhalb des Jahres ab.

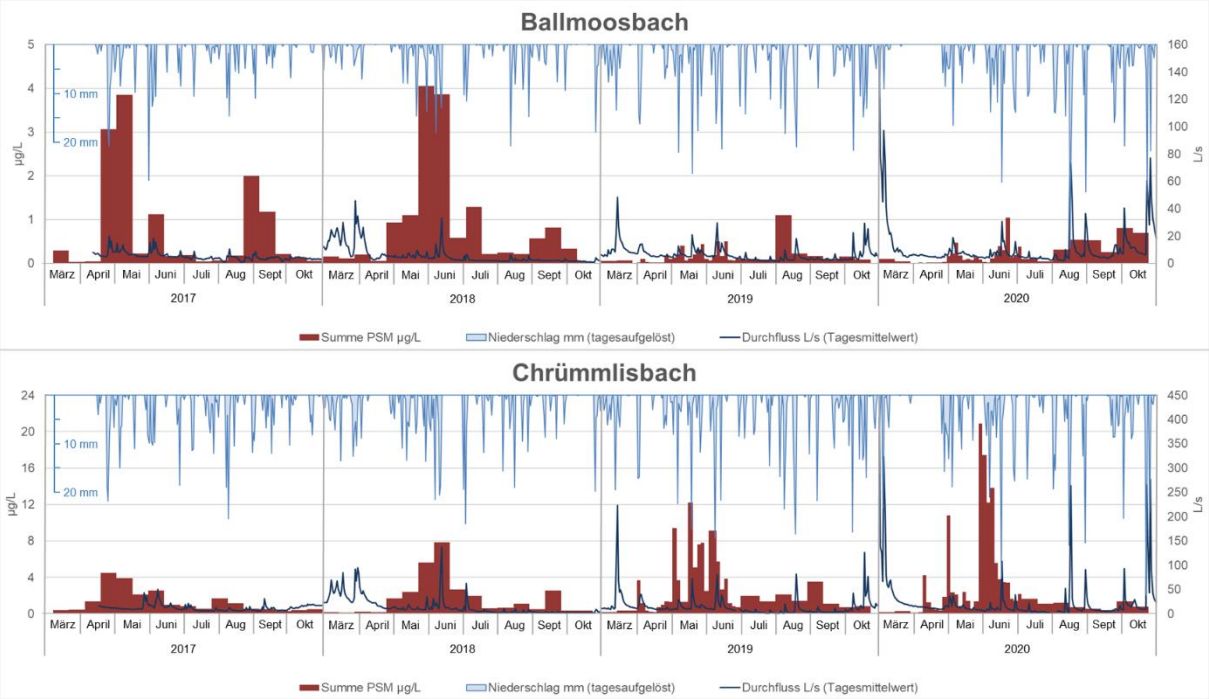


Abbildung 46 Konzentrationssummen [µg/L] der gemessenen PSM in den 2-Wochen-Sammelproben, jeweils von März bis Oktober für 2017 bis 2020. Im 2019 und 2020 sind von April bis Juni 3.5-Tages-Sammelproben dargestellt. Ebenfalls abgebildet sind der Niederschlag ([mm], tagesaufgelöst) sowie der Durchfluss der Gewässer ([L/s], Tagesmittelwert). Der Bau der Messstationen hat sich anfangs 2017 leicht verzögert, weshalb die Niederschlags- und Durchflussdaten im 2017 erst verspätet aufgezeichnet werden konnten. Ballmoosbach oben, Chrümmlisbach unten, unterschiedliche Skalierung der Y-Achsen.

Die Konzentrationssummen liegen über alle vier Jahre hinweg im Ballmoosbach grösstenteils unter 1 µg/L, mit einzelnen Überschreitungen und einem Maximalwert von ca. 4 µg/L. Im Chrümmlisbach hingegen liegen die Konzentrationssummen über den gesamten Zeitraum bei der überwiegenden An-

zahl der Messungen oberhalb 1 µg/L und es wurden maximale Konzentrationen von zum Teil deutlich mehr als 8 µg/L, bis hin zu ca. 20 µg/L, erreicht. Die Konzentrationssummen sind im Ballmoosbach folglich generell tiefer als im Chrümmlisbach (Abbildung 46) und auch die daraus berechneten Frachten sind durchwegs kleiner. Das Einzugsgebiet des Ballmoosbachs ist halb so gross wie jenes des Chrümmlisbachs (Tabelle 17) und der Ballmoosbach hat halb so viel Durchfluss wie der Chrümmlisbach (Ballmoosbach bei Trockenwetter ca. 5 L/s, Chrümmlisbach ca. 10 L/s). In beiden Gebieten wird intensiv Ackerbau betrieben und der Gewässeranschluss (Wahrscheinlichkeit, dass Stoffeinträge in die Gewässer erfolgen können) zeigt ein vergleichbares Bild (Tabelle 17). Theoretisch wären somit ähnliche Konzentrationen zu erwarten gewesen. Eine wichtige Ursache für die unterschiedlichen Konzentrationssummen kann die steilere Hanglage des Chrümmlisbach-Einzugsgebiets sein, wodurch die PSM-Einträge bei Regen durch oberflächliche Abschwemmung von den Feldern begünstigt werden. Zudem weist dieses Einzugsgebiet zahlreiche Entwässerungsschächte in den Feldern sowie entlang den Wegrändern auf, über welche bei Regen grössere Mengen an PSM rasch über sogenannte hydraulische Kurzschlüsse ins Gewässer eingetragen werden können [6] (indirekter Gewässeranschluss, Tabelle 17). Im Einzugsgebiet des Ballmoosbachs kommen solche Schächte nur vereinzelt vor und die Flächen grenzen grösstenteils direkt an das Gewässer (direkter Gewässeranschluss, Tabelle 17).

Vergleicht man die Jahre miteinander, so fällt auf, dass die PSM-Konzentrationssummen jeweils in beiden Gewässern unterschiedlich hoch sind (Abbildung 46). Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Werte von 2017 nicht direkt mit den Folgejahren verglichen werden können, da im 2017 weniger Substanzen analysiert wurden. Nichtsdestotrotz scheinen die Konzentrationssummen im Ballmoosbach in den letzten beiden Jahren leicht rückläufig und sind insbesondere während der Hauptapplikationszeit verhältnismässig tief. Im Chrümmlisbach bleiben sie unverändert oder steigen zeitweise sogar leicht an.

Die Niederschlagsdaten zeigen, dass im Chrümmlisbach-Einzugsgebiet tendenziell mehr Regen fällt, der die Abschwemmung der PSM zusammen mit der steileren Hanglage sowie den vorhandenen hydraulischen Kurzschlüssen begünstigt. Weiter zeigt sich, dass die Jahre 2017 und 2018, unter Berücksichtigung des verspäteten Starts im 2017, in beiden Gebieten ähnlich waren, wenn auch die Regentage nicht zur gleichen Zeit auftraten (Abbildung 46). Im Ballmoosbach wurde für diese Jahre kumuliert 300 mm und 320 mm (in Abbildung 46 nicht dargestellt) von März bis Oktober gemessen. Im Chrümmlisbach lagen die kumulierten Werte von Januar bis Oktober im 2017 und 2018 bei 420 mm und 480 mm. Im 2019 und 2020 fiel in beiden Gebieten mehr Regen, besonders in der 2. Hälfte des Beobachtungszeitraums (kumulierter Wert Ende Oktober 2019 und 2020: Ballmoosbach 570 mm und 580 mm, Chrümmlisbach 670 mm und 660 mm). So wurden beispielsweise im Herbst 2020 im Ballmoosbach erhöhte PSM-Konzentrationen beobachtet.

Der Verlauf des Durchflusses (geführte Wassermenge) verdeutlicht die immense Dynamik in den beiden Kleingewässer Ballmoosbach und Chrümmlisbach. Bei Niederschlag kann der Durchfluss in kurzer Zeit sehr rasch und sehr stark ansteigen und wieder absinken. Diese Dynamik widerspiegelt sich auch in den Schwankungen der Konzentrationen der 3.5-Tages-Sammelproben im 2019 und 2020 (April bis Juni; Abbildung 46). In diesem Kontext bleibt jedoch zu beachten, dass Sammelproben die gemittelten Konzentrationen über einen gewissen Zeitraum (hier 3.5 Tage) abbilden. Da der starke Anstieg des Durchflusses aber zum Teil deutlich weniger lang andauert als 3.5 Tage, lässt dies vermuten, dass die effektiven Konzentrationen im Gewässer punktuell noch um ein Vielfaches höher sein könnten.

Generell ist ersichtlich, dass die PSM Konzentrationen häufig dann hoch sind, wenn während der Applikationszeit der Durchfluss im Gewässer erhöht ist. Aber auch in Trockenphasen sind während der Applikationszeit erhöhte Konzentrationen messbar, wie dies im 2020 im Chrümmlisbach von Ende Mai beobachtet wurde. Durch Drift können PSM auch ohne Niederschlag ins Gewässer eingetragen werden, oder aber über Punkteinträge, beispielsweise beim Reinigen der Feldspritzen auf Hofplätzen, welche das Abwasser direkt in die Gewässer einleiten. Solche Einträge sind vermeidbar.

Die Konzentrationssummen der TP (Abbildung 46 nicht dargestellt) werden durch die Abbauprodukte des Fungizids Chlorothalonil (nur R417888 gemessen) und der Herbizide Chloridazon, Metolachlor und Metazachlor dominiert. Deren Konzentrationen sind im Verhältnis zu jenen der Wirkstoffe in allen Proben relativ konstant, jedoch ist das Verhältnis unterschiedlich in beiden Gewässern. Im Ballmoos-

bach wird mit einer durchschnittlichen Konzentration von 1.3 µg/L tendenziell ein höherer, relativer Anteil an TP gemessen als im Chrümmlisbach mit durchschnittlich 1.9 µg/L.

7.3.1.1 Ökotoxikologische Beurteilung der Gewässer

Die einzelnen PSM unterscheiden sich zum Teil stark in ihrer Toxizität sowie in ihrer Wirkung auf die Gewässerorganismen. Aus diesem Grund hat das Oekotoxzentrum für alle untersuchten Wirkstoffe ökotoxikologisch hergeleitete Grenzwerte, die ökotoxikologischen Qualitätskriterien (QK) [7] ermittelt. Anhand dieser lässt sich aus den gemessenen Konzentrationen der Risikoquotient (RQ) berechnen, der das Risiko für die Gewässerorganismen beschreibt. Der RQ bildet das Verhältnis der Konzentration im Gewässer zum QK ab. Dabei unterscheidet man zwischen chronischen und akuten QK. Für die Berechnung des RQ wurden die chronischen QK mit den Konzentrationen der 2-Wochen-Sammelproben ins Verhältnis gesetzt, die akuten QK mit den Konzentrationen in den 3.5-Tages-Sammelproben (nur für 2019 und 2020). Ist das Verhältnis, also der RQ > 1, kann ein Risiko für die Gewässerorganismen nicht mehr ausgeschlossen werden. Zudem wird berücksichtigt, auf welche Organismengruppen die Substanz eine negative Wirkung hat. Als relevante Organismengruppen gelten dabei Pflanzen (Primärproduzenten, P), Wirbellose (Invertebraten, I) und Fische (Vertebraten, V). Die Mischungstoxizität RQmix der einzelnen Organismengruppen ergibt sich dabei durch Addition der entsprechenden RQ [8].

Bewertet und eingeteilt wird das Risiko basierend auf dem RQ in Anlehnung an der im Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus diffusen Quellen der Eawag [5] vorgeschlagenen Zustandsklassen (Abbildung 47).

	keine Belastung / sehr gut RQ < 0.1
	schwach belastet / gut 0.1 ≤ RQ < 1
	mässig belastet / mässig 1 ≤ RQ < 2
	deutlich belastet / unbefriedigend 2 ≤ RQ < 10
	stark belastet / schlecht RQ ≤ 10

Abbildung 47 Zustandsklassen zur Beurteilung des Risikos der PSM. Bei blau und grün werden die Qualitätskriterien (QK) eingehalten, ab einer gelben Beurteilung werden die QK überschritten und ein Risiko für die Gewässerorganismen kann nicht mehr ausgeschlossen werden.

7.3.1.2 Chronische Belastungssituation

Die chronische Belastungssituation berechnet sich aus der Addition der chronischen Risikoquotienten der Mischungen (CQRmix). Sie zeigt im Ballmoosbach (Abbildung 48 oben) im 2017 einige mässige bis deutliche Überschreitungen der chronischen Qualitätskriterien (CQK) v.a. für Pflanzen (P), vereinzelt auch für Wirbellose (I). Die Überschreitungen dauern hier maximal vier Wochen an (= zwei 2-Wochen-Sammelproben). Zu berücksichtigen ist, dass das Jahr 2017 nicht direkt mit den folgenden Jahren verglichen werden darf, da das Substanzspektrum ab 2018 erweitert wurde. Im 2018 zeigt sich ein starkes Risiko (rote Beurteilung) für Pflanzen (P) während vier Wochen im Juni. Im Allgemeinen dauern die Überschreitungen im 2018 länger an und auch die Fische (V) sind kurzzeitig betroffen. Im 2019 sind vor allem die Wirbellosen (I) gefährdet, hier zeigt sich eine langanhaltende, deutliche Überschreitung von April bis Juni. Im 2020 ist insgesamt die Zahl der Überschreitungen deutlich zurückgegangen, hier besteht ein Risiko für die Wirbellosen (I) lediglich noch während vier Wochen Ende April bis Mitte Mai.

Abbildung 48 Chronische Belastungssituation (CRQmix) im Ballmoosbach (oben) und Chrümmlisbach (unten) für 2017 bis 2020. Eine Kachel entsprich einer 2-Wochen-Sammelprobe, in den Spalten sind die Organismengruppen Pflanzen (P), Wirbellose (I) und Fische (V) abgebildet. Die Farbe der Kacheln repräsentiert gemäss erweitertem Ampelsystem (Abbildung 47) das Risiko für die Gewässerorganismen; bei blau und grün werden die Qualitätskriterien eingehalten.

Der Chrümmlisbach (Abbildung 48 unten) weist über alle vier Jahre eine grössere chronische Belastung für die Gewässerorganismen auf als der Ballmoosbach, was mit den höheren gemessenen Konzentrationen korreliert. Über den ganzen Beobachtungszeitraum traten im Chrümmlisbach jeweils vor allem bei den Pflanzen (P) wie auch bei den Wirbellosen (I) deutliche bis sogar starke Überschreitungen über lange Zeiträume auf. Im 2017, 2018 und 2020 konnten zudem mögliche negative Auswirkungen auf den Fischbestand nicht ausgeschlossen werden.

7.3.1.3 Akute Belastungssituation

Ab 2019 wurden ergänzend zu den 2-Wochen-Sammelproben von April bis Juni (während insgesamt 14 Wochen) 3.5-Tages-Sammelproben analysiert. Damit lassen sich die akuten Risikoquotienten der Mischungen (ARQmix) berechnen, die die akute Belastung in den Gewässern beschreibt (Abbildung 49). Im Ballmoosbach (links) wurden die akuten Grenzwerte (AQK) im 2019 einmal leicht durch einen Wirkstoff überschritten, im 2020 wurden die Grenzwerte nicht überschritten. Im Chrümmlisbach (rechts) fanden im 2019 wie auch im 2020 stärkere und länger andauernde Überschreitungen statt; im 2019 haben fünf Wirkstoffe die AQK überschritten, im 2020 gar zehn.

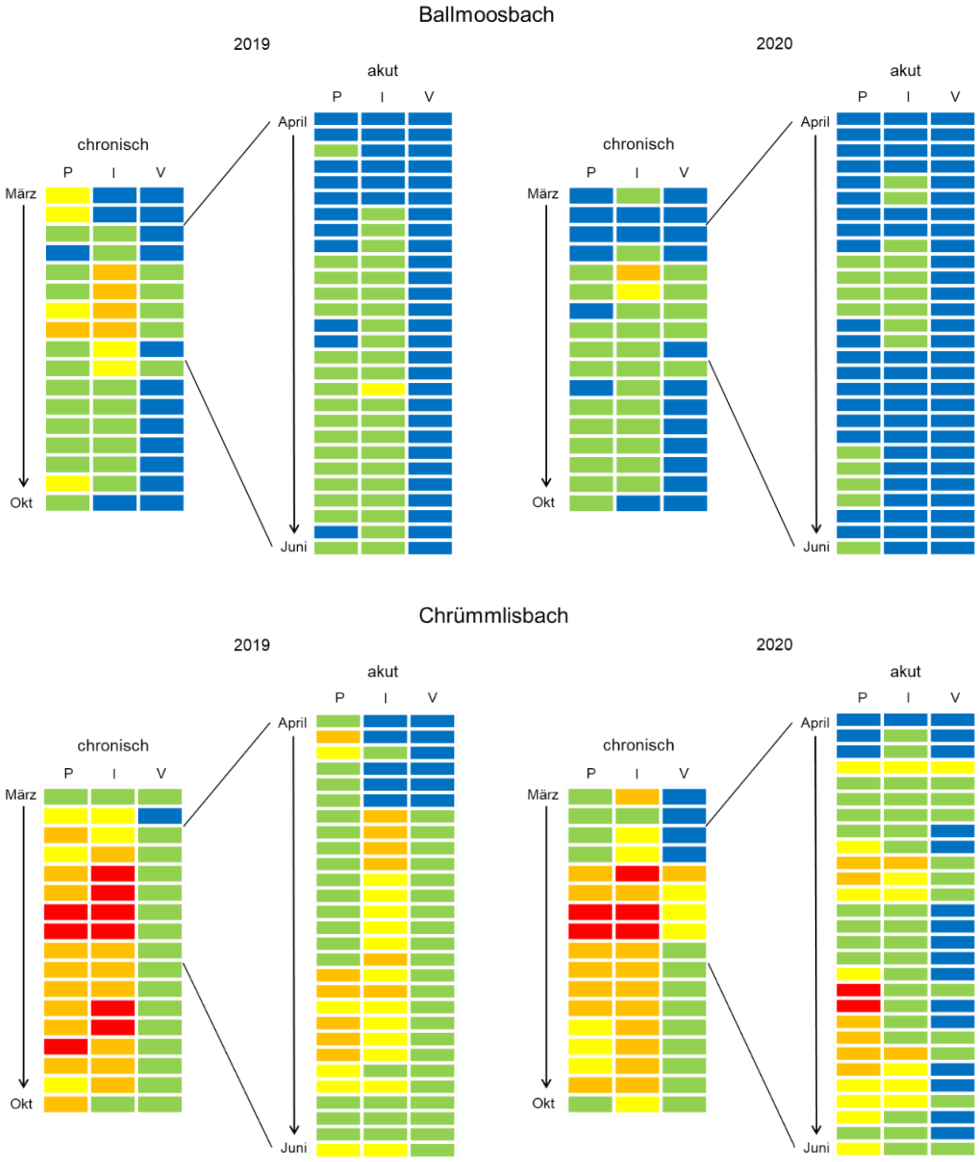


Abbildung 49 Ballmoosbach oben, Chrümmlisbach unten. Jeweils links: Chronische Belastungssituation (CRQmix) im 2019 und 2020 wie in Abbildung 49. Jeweils rechts: Akute Belastungssituation (ARQmix) im 2019 und 2020 im Zeitraum von Anfang April bis Ende Juni basierend auf 3.5-Tages-Sammelproben. Die Farbe der Kacheln repräsentiert gemäss erweitertem Ampelsystem (Abbildung 47) das Risiko für die Gewässerorganismen; bei blau und grün werden die Qualitätskriterien eingehalten.

7.3.1.4 Anzahl Überschreitungen und Risikoquotienten der Mischungen

Um das Ausmass des Risikos für die Gewässerorganismen zu quantifizieren, wurden die Anzahl Überschreitungen der chronischen und ab 2019 anhand der 3.5-Tages-Sammelproben auch der akuten Qualitätskriterien (Ü CQK und Ü AQK) ermittelt. Ergänzend dazu wurden über die ganze Messperiode die CRQmix und ab 2019 von April bis Juni auch die ARQmix aufaddiert, um die Intensität der Überschreitungen differenzierter abzubilden (Abbildung 50). Auch hier gilt es zu beachten, dass im Jahr 2017 weniger Substanzen gemessen wurde und dadurch diese Zahlen nicht direkt mit den Folgejahren verglichen werden dürfen.

Sowohl die Anzahl der Überschreitungen wie auch die RQmix zeigen, für das chronisch und akute Szenario, in beiden Gebieten über die Jahre starke Schwankungen. So gab es beispielsweise im Ballmoosbach im 2018 mit 13 Ü CQK deutlich mehr chronische Überschreitungen und einen deutlich höheren CRQmix von 120. Seither sind die chronischen wie ab 2019 auch die akuten Werte rückläufig. Im Chrümmlisbach gab es mit 49 Ü CQK im 2019 die meisten Überschreitungen, der CRQmix lag mit einem Wert von beinahe 500 im 2018 am höchsten. Die chronischen Werte gingen im 2020 zurück,

die akuten hingegen stiegen von 2019 auf 2020 leicht an. Ein Trend lässt sich hier anhand der Daten noch nicht ableiten, dazu braucht es weitere Messjahre.

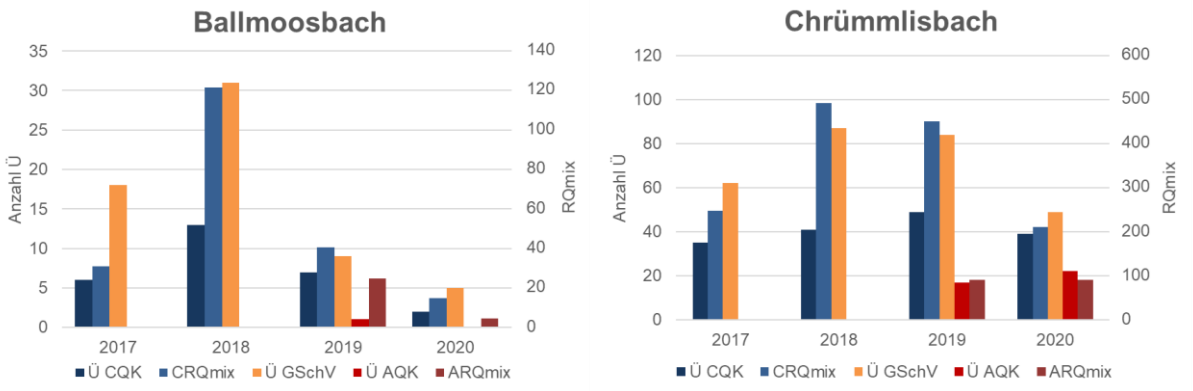
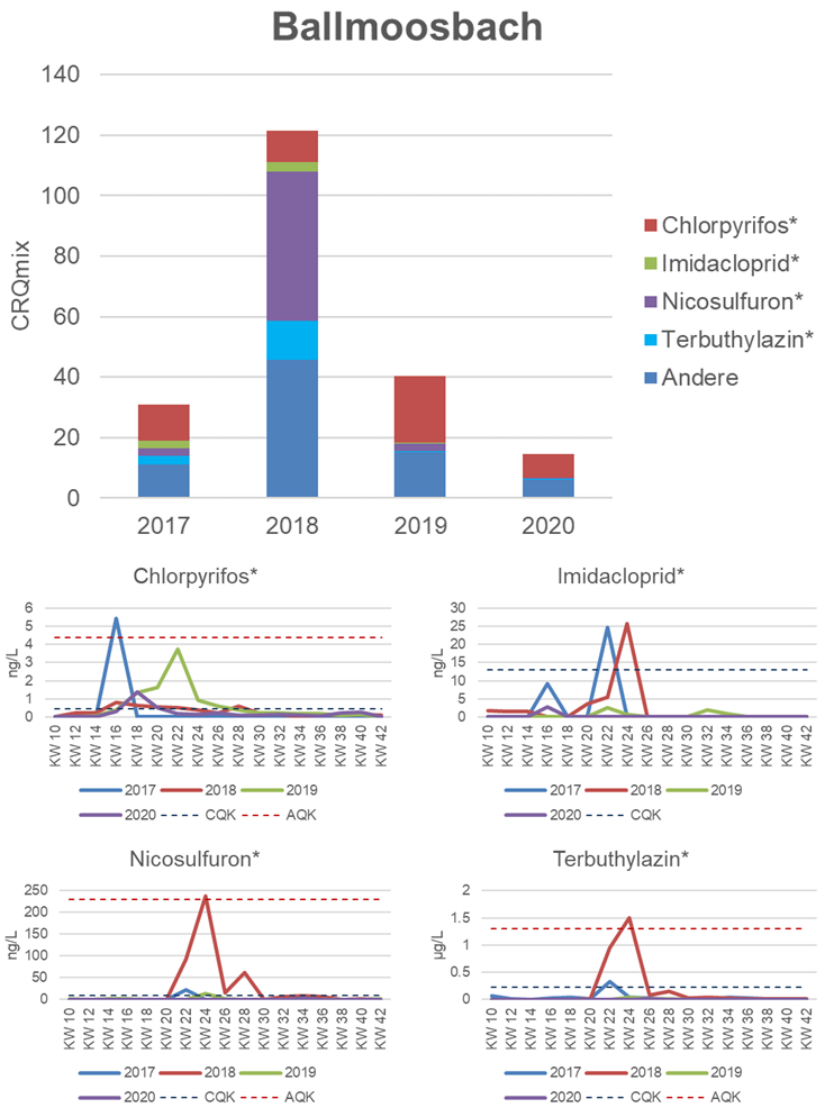


Abbildung 50 Anzahl chronische und akute Überschreitungen (Ü CQK und Ü AQK) sowie aufaddierte chronische und akute Risikoquotienten der Mischungen (CRQmix und ARQmix). Ebenfalls abgebildet ist die Anzahl der Überschreitungen der Gewässerschutzverordnung (Ü GSchV), siehe Abschnitt Anzahl Überschreitungen der Gesetzlichen Anforderungen. Ü CQK, CRQmix und Ü GSchV wurden anhand der 2-Wochen-Sammelproben erhoben, Ü AQK und ARQmix anhand der 3.5-Tages-Sammelproben für 2019 und 2020. Ballmosbach links, Chrümmlis-bach rechts, unterschiedliche Skalierung der Y-Achsen.

7.3.1.5 Kritische Stoffe, die regelmässig zur chronischen Belastung beitragen

Bei der Auswertung der aufaddierten CRQmix fällt auf, dass in beiden Einzugsgebieten in allen Jahren immer wieder die gleichen Stoffe auftreten, die zu einem erheblichen Risiko für die Gewässerorganismen führen. Beim Ballmoosbach sind hier vier der kritischsten Wirkstoffe ausgewertet, die als Einzelstoffe ihre QK regelmässig überschreiten und beim Chrümmlisbach deren acht (Abbildung 51).


Ballmoosbach
CRQmix
140
120
100
80
60
40
20
0
2017
2018
2019
2020
Chlorpyrifos*
Imidacloprid*
Nicosulfuron*
Terbuthylazin*
Andere
Chlorpyrifos*
ng/L
Imidacloprid*
ng/L
Nicosulfuron*
ng/L
Terbuthylazin*
µg/L
KW 10
KW 12
KW 14
KW 16
KW 18
KW 20
KW 22
KW 24
KW 26
KW 28
KW 30
KW 32
KW 34
KW 36
KW 38
KW 40
KW 42
2017
2018
2019
2020
CQK
AQK

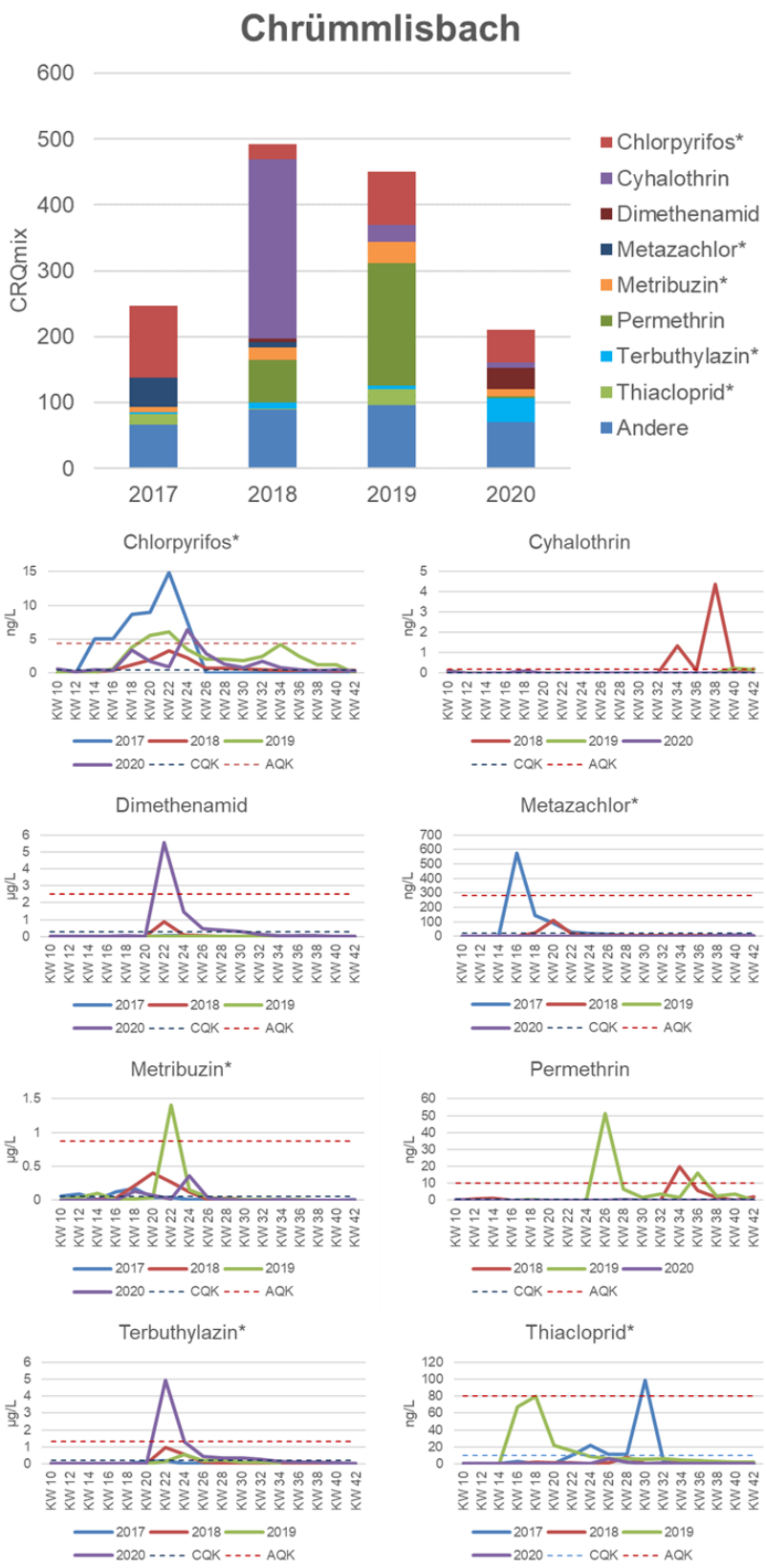


Abbildung 51 Anteil einzelner Stoffe am aufaddierten CRQmix im Ballmoosbach (oben) und Chrümmlisbach (unten). Für die mit * gekennzeichneten Stoffe gelten gemäss GSchV substanzspezifischen Grenzwerte, für die nichtgekennzeichneten Stoffe gilt der allgemeine Grenzwert von 0.1 µg/L, siehe nächster Abschnitt. Darunter sind jeweils die Konzentrationsverläufe der aufgeführten PSM abgebildet, Unterschiedliche Skalierung der Y-Achsen.

Generell handelt es sich bei den Substanzen um solche, die bereits in tiefen Konzentrationen ein erhebliches Risiko für die Gewässerorganismen darstellen. Das Herbizid Nicosulfuron fällt insbesondere im Ballmoosbach auf, macht es im 2018 doch einen hohen Anteil am CRQmix aus mit einem CRQ von 49. Es handelt sich dabei um jenen Wirkstoff, der kurzzeitig angewendet zu einer 4-wöchigen, starken Belastung für Pflanzen (P) geführt hat (Abbildung 48). Obschon in dieser Zeitspanne die Nicosulfuron-Konzentrationen den 2-Wochen-Sammelproben lediglich 0.09 µg/L resp. 0.24 µg/L betrugen, ergab dies einen CRQ von 10.7 resp. 27.3. Noch deutlicher wird die Problematik beim Insektizid Chlorpyrifos oder bei den Pyrethroiden Cyhalothrin und Permethrin im Chrümmlisbach. Im 2018 beträgt hier der über den ganzen Beobachtungszeitraum aufaddierte CRQ von Cyhalothrin 273 und jener von Permethrin 66, im 2019 für Cyhalothrin 25 und für Permethrin 186. Die Konzentrationen sind dabei wieder sehr gering und machen beim Cyhalothrin jeweils nur wenige ng/L aus. Die Konzentrationen von Permethrin sind leicht höher, betragen aber im Maximum lediglich 50 ng/L. Die Konzentrationen der beiden Pyrethroide gehen im 2020 zurück und sind hauptverantwortlich für den Rückgang der Ü CQK und CRQmix im Chrümmlisbach (Abbildung 50). Betrachtet man die einzelnen Konzentrationsverläufe, fällt auf, dass die Stoffe oftmals nur kurze Zeit und nicht über den ganzen Beobachtungszeitraum auftauchen. Dies deutet auf einzelne, wenige Einsätze hin, die die Wasserqualität jedoch erheblich beeinträchtigen können.

7.3.1.6 Anzahl Überschreitungen der gesetzlichen Anforderungen

Trotz allem dürfen aber Stoffe, die zwar nach aktuellem Wissensstand kein grosses Risiko für Gewässerorgansimen darstellen, jedoch in erhöhten Konzentrationen auftauchen, bei der Gewässerbeurteilung nicht vernachlässigt werden. Gemäss Anhang 2 der Gewässerschutzverordnung GSchV gilt für organische Pestizide (Biozide und PSM) – soweit nicht abweichend geregelt – der Grenzwert von 0.1 µg/L, im Sinn des vorsorglichen Gewässerschutzes. Das heisst, die Anzahl der Überschreitungen gemäss GSchV (Ü GSchV) setzen sich zusammen aus der Summe der Überschreitungen für folgenden zwei Stoffkategorien: (1) abweichend geregelte Stoffe (aktuell sind dies gemäss der Verordnung des UVEK vom 13. Febr. 2020 [9] 19 organische Pestizide) mit substanzspezifischen Grenzwerten und (2) alle übrigen organischen Pestizide, für die gilt der allgemeine Grenzwert von 0.1 µg/L (Abbildung 50). In allen untersuchten Jahren und bei beiden Gewässern wurden jeweils Stoffe detektiert, die zwar nach aktuellem Wissensstand kein ökotoxikologisches Risiko darstellen (also nicht gesondert geregelt sind), jedoch in Konzentrationen über 0.1 µg/L gemessen wurden. Im 2017 und 2018 ist dieser Anteil für den Ballmoosbach besonders hoch im Vergleich zu 2019 und 2020. Diese Beobachtung korreliert mit den leicht rückläufigen PSM-Konzentrationssummen ab einschliesslich 2019. Im Chrümmlisbach war die Anzahl an Ü GSchV im 2018 und 2019 am höchsten und ist im 2020 leicht zurückgegangen. Zu berücksichtigen ist wieder die Tatsache, dass im Jahr 2017 weniger Substanzen gemessen wurden.

7.3.1.7 Biologische Untersuchungen

In Tabelle 19 sind die Untersuchungen der Kieselalgen sowie des Makrozoobenthos im Ballmoosbach und Chrümmlisbach dargestellt. Die Kieselalgen, Zeigerarten für die Nährstoffbelastung, ergeben generell gute Werte für den Kieselalgenindex DICH (Diatomeen Index Schweiz). Eine ähnliche Beurteilung lassen auch der Saprobienindex und der Makroindex beim Makrozoobenthos zu (nicht dargestellt). Die Taxazahl sowie der Anteil der empfindlichen Arten (Taxa EPT = Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) ist im Ballmoosbach deutlich tiefer als im Chrümmlisbach. Hier spielt die Gewässerstruktur mit dem Lebensraumangebot eine entscheidende Rolle. Im Chrümmlisbach hingegen verschlechtert sich die Situation hinsichtlich Taxazahl jeweils von März auf Juli, ein Grund dafür dürfte der negative Einfluss der PSM auf die Wasserqualität sein. Der Qualitätsindex IBCH19 (Index Biologique Suisse, neue Berechnung ab 2019) gibt für beide Gewässer eine mässige bis deutliche Belastung an (deutlich im Ballmoosbach 2019). Der SPEAR-Index (SPEcies At Risk) zeigt die Belastung mit Pestiziden und Mikroverunreinigungen in einem Fliessgewässer auf der Basis der Zusammensetzung des Makrozoobenthos (offizielle Abkürzung: $SPEAR_{pesticie}$). Dieser weist sehr schlechte Werten vor allem im Ballmoosbach aber auch im Chrümmlisbach auf. Im Ballmoosbach sind die Werte sowohl von IBCH wie auch von SPEAR-Index im 2019 schlechter als im 2017. Im Chrümmlisbach verschlechtert sich nur der SPEAR-Index.

Tabelle 19 Untersuchungen der Kieselalgen sowie des Makrozoobenthos im März und Juli 2017 und 2019 an den beiden Messstellen Ballmoosbach und Chrümmlisbach. Die Farbklassierung der Indizes entspricht im Wortlaut der Abstufung in Abbildung 47.

Ballmoosbach		**2017 März**	**2017 Juli**	**2019 März**	**2019 Juli**
Kieselalgen	DICH	1	1	1	2
Makrozoobenthos	Taxazahl	22	18	18	21
	Taxa EPT	8	7	4	5
	IBCH19	3	3	4	4
	SPEAR-Index	4	4	5	4

Chrümmlisbach		**2017 März**	**2017 Juli**	**2019 März**	**2019 Juli**
Kieselalgen	DICH	n.a.	n.a.	2	2
Makrozoobenthos	Taxazahl	41	32	30	24
	Taxa EPT	18	12	11	7
	IBCH19	3	3	3	3
	SPEAR-Index	3	3	4	4

7.3.1.8 Kombinierte Algentests

Die Resultate des kombinierten Algentests zeigen, dass sowohl der Ballmoosbach wie auch der Chrümmlisbach in den Jahren 2017 und 2018 erheblich mit Herbiziden belastet sind. Es kommt zu deutlichen und anhaltenden Überschreitungen von Effekt-basierten-Schwellenwerten, weshalb eine Schädigung der Primärproduzenten nicht ausgeschlossen werden kann. Der Chrümmlisbach weist dabei in beiden Jahren die höheren Belastungen auf als der Ballmoosbach.
Die detaillierten Resultate sind im Bericht *Kombinierter Algentest ÖZ 2019* enthalten, siehe Anhang 4 (digitale Beilage).

7.3.2 *ARA-Monitoring*

In Abbildung 52 sind die von März bis Oktober ermittelten Frachten der Pestizide (ohne TP) jeweils pro Jahr dargestellt. Da die TP zu einem grossen Teil auch über das Abwasser (aus dem Grund- und Trinkwasser) auf die Kläranlagen gelangen, wurden diese nicht für die Zielerreichung des Projekts berücksichtigt. Wie beim Gewässermonitoring gilt auch beim ARA-Monitoring zu beachten, dass die Frachten im 2017 aufgrund des kleineren Substanzspektrums tendenziell tiefer ausfallen als in den Folgejahren. Vergleicht man die drei Kläranlagen untereinander fällt auf, dass die Frachten bei der ARA Ins – trotz der geringsten Grösse des Einzugsgebiets – deutlich höher sind als bei den anderen beiden ARA. Sie bewegten sich in den Jahren 2017 bis 2019 auf einem Niveau von +/- 20 kg. In diesem Zeitraum wurde im Einzugsgebiet nur ein neuer Waschplatz im 2018 gebaut. Im 2020 wurden fünf Waschplätze errichtet, was einen merklichen Rückgang der Frachten ab ca. Mitte Juni 2020 zur Folge hatte. Die Gesamtfracht betrug in diesem Jahr noch 10.6 kg. In der ARA Lyss sind die Frachten seit 2017 leicht rückläufig, sie betrugen im 2017 9.8 kg, im 2020 noch 5.9 kg. Im Einzugsgebiet der ARA Lyss wurde im 2017 ein Waschplatz, im 2019 vier Waschplätze und im 2020 deren acht neu gebaut. Bei der ZALA Eymatt sticht die hohe Fracht von mehr als 20 kg im Jahr 2018 ins Auge. Dabei macht der Wirkstoff Carbendazim einen grossen Anteil von rund 15 kg aus, die hauptsächlich auf zwei 2-Wochen-Sammelproben im Frühjahr 2018 fallen. Die Zulassung dieses Wirkstoffes wurde zurückgezogen, mit einer Aufbrauchsfrist bis zum 30. November 2018. Die hohe Fracht könnte also vermutlich auf eine illegale Entsorgung zurückzuführen sein. Im Nachhinein lässt sich dies aber leider nicht mehr ermitteln. Ansonsten ist der Rückgang der Fracht bei der ZALA Eymatt – wie erwartet – am kleinsten. Insgesamt wurden im Einzugsgebiet der ZALA Eymatt im 2017 und 2019 je ein Waschplatz erstellt, im 2020 drei Waschplätze. Die Massnahme zum Bau eines Waschplatzes wurde zu Beginn des Projekts noch zögerlich umgesetzt, was mit dem beachtlichen Planungs- und Realisierungsaufwandes der Massnahme zu erklären ist. Die Anzahl der gebauten Waschplätze nimmt mit fortschreitender Projektdauer zu. Auch sind in allen Einzugsgebieten noch mehrere Waschplätze in Planung. Gemessen an der Anzahl Bauernbetriebe im Einzugsgebiet wurden bei der ARA Ins prozentual die meisten Waschplätze realisiert oder geplant, bei der ZALA Eymatt am wenigsten. Die Anzahl der realisierten wie auch geplanten Waschplätze ist in Tabelle 20 zusammengefasst.

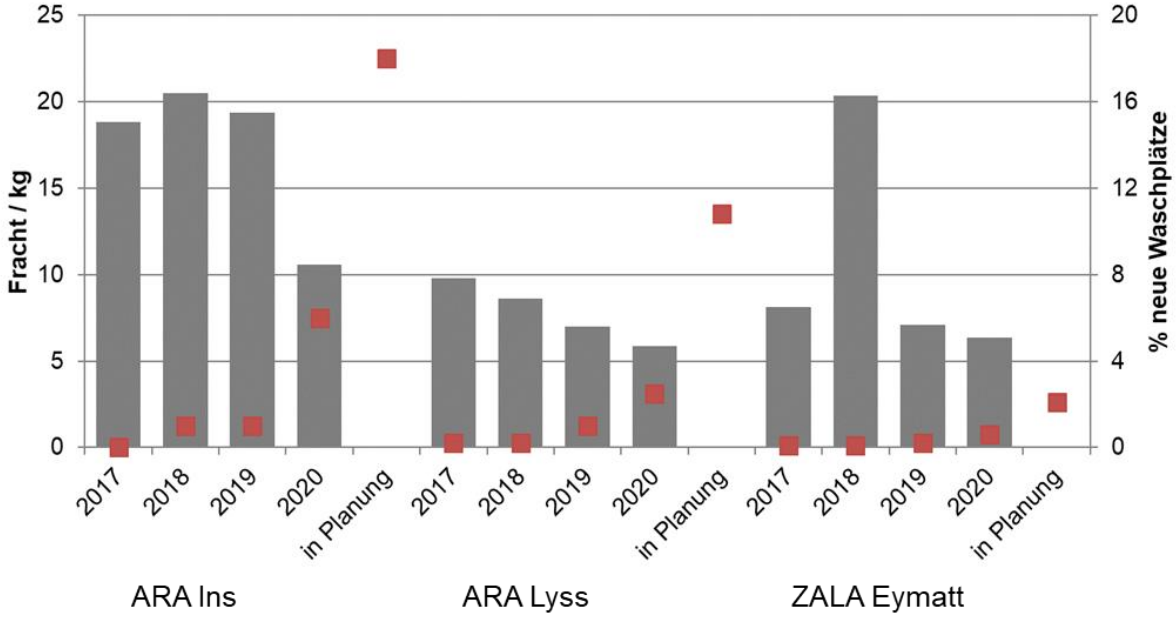


Abbildung 52 Frachten [kg] der gemessenen PSM in den 2-Wochen-Sammelproben, jeweils von März bis Oktober für 2017 bis 2020. Ebenfalls dargestellt ist die prozentuale Anzahl [%] der neuen gebauten Waschplätze für 2017 bis 2020 sowie die ausstehenden Waschplätze in Planung, gemessen an der Gesamtzahl der Bauernbetriebe im jeweiligen Einzugsgebiet der Kläranlagen. Links dargestellt ist die ARA Ins, in der Mitte die ARA Lyss, rechts die ZALA Eymatt.

Tabelle 20 Anzahl der neu gebauten Waschplätze resp. der Waschplätze in Planung in den Einzugsgebieten der Kläranlagen ARA Ins, ARA Lyss und ZALA Eymatt.

Kläranlage	**ARA Ins**	**ARA Lyss**	**ZALA Eymatt**
Anzahl Bauerbetriebe	99	517	784
Waschplatz neu 2017	0	1	1
Waschplatz neu 2018	1	0	0
Waschplatz neu 2019	0	4	1
Waschplatz neu 2020	5	8	3
Summe Waschplätze 2017-20	**6**	**13**	**5**
Waschplätze in Planung/Bau	12	43	12

7.3.2.1 Biologische Untersuchungen

Die Untersuchungen der Kieselalgen sowie des Makrozoobenthos zeigen keinen negativen Einfluss des Kläranlageneinlaufs (Tabelle 21). Die Alte Aare profitiert von der grossen Zufuhr relativ sauberen Wassers und wahrscheinlich auch von einer gewissen Drift an Organismen aus der Aare. Die Belastung durch die ARA wird in diesen Untersuchungen kaum sichtbar, auch ist kein Trend von 2017 zu 2019 zu erkennen.

Tabelle 21 Untersuchungen der Kieselalgen sowie des Makrozoobenthos im März und Juli 2017 und 2019 in der Alten Aare, jeweils vor und nach der Einleitung der Kläranalge ARA Lyss. Die Farbklassierung der Indizes entspricht im Wortlaut der Abstufung in Abbildung 47.

Alte Aare oberhalb ARA Lyss		**2017 März**	**2017 Juli**	**2019 März**	**2019 Juli**
Kieselalgen	DICH	2	2	2	2
Makrozoobenthos	Taxazahl	32	30	28	25
	Taxa EPT	16	13	10	10
	IBCH19	2	2	2	2
	SPEAR19	3	2	4	3
Alte Aare unterhalb ARA Lyss		**2017 März**	**2017 Juli**	**2019 März**	**2019 Juli**
Kieselalgen	DICH	2	2	2	2
Makrozoobenthos	Taxazahl	26	29	28	28
	Taxa EPT	8	10	12	11
	IBCH19	2	2	2	2
	SPEAR19	3	3	3	3

7.4 **Folgerungen/Ausblick**

In beiden Gewässern und in allen Jahren werden regelmässig erhöhte Konzentrationen an PSM gemessen, welche die Wasserqualität beeinträchtigen. Die Einträge der PSM in die Gewässer werden von unterschiedlichen Einflussfaktoren getrieben und unterliegen starken Schwankungen. Diese Schwankungen zeigen sich sowohl innerhalb eines Beobachtungszeitraums korrelierend mit der Applikationszeit, da PSM vorwiegend dann eingetragen werden, wenn sie angewendet werden. Es zeigen sich aber auch starke Schwankungen von Jahr zu Jahr. Dabei spielt die Niederschlagssituation eine entscheidende Rolle, oder weitere Faktoren wie eine unterschiedliche Bodenbearbeitung und wechselnde Kulturen, die andere PSM-Anwendungen erfordern. Die Gegebenheiten im Einzugsgebiet wie Hangneigung, Gewässeranschluss der Parzellen oder hydraulische Kurzschlüsse wirken sich ebenfalls stark auf die PSM-Einträge aus. Diese führen insbesondere im Chrümmlisbach zu zeitweisen sehr hohen PSM-Konzentrationen, obschon in beiden Gebieten die gleichen Anstrengungen bei der Umsetzung der Massnahmen getroffen werden. Demzufolge liegt hier auch über längere Zeiträume hinweg ein erhebliches Risiko für die Gewässerorganismen vor und auch die gesetzlichen Anforderungen werden häufiger überschritten. Bei der ökotoxikologischen Beurteilung der Wasserproben fällt auf, dass in beiden Einzugsgebieten ein erheblicher Anteil des Risikos häufig von den gleichen PSM verursacht wird. Oftmals kommen diese PSM nur in tiefen Konzentrationen vor, sind aber aufgrund ihrer Toxizität dennoch problematisch. Auch werden die PSM-Konzentrationen nicht über den ganzen Beobachtungszeitraum, sondern vielmehr nur als kurzzeitige Konzentrationsspitzen gemessen, was auf Einzelne, wenige Einsätze hindeutet. Da jedoch abwechselnd verschiedene Wirkstoffe im Gewässer nachgewiesen werden, kann dies dennoch zu einem langandauernden Risiko für die Gewässerorganismen führen.

Die Frachten in allen ARA sind zurückgegangen, in der ARA Ins am deutlichsten, in der ZALA Eymatt am schwächsten. Gemessen an der Anzahl Bauerbetriebe im Einzugsgebiet wurden bei der ARA Ins prozentual die meisten Waschplätze realisiert oder geplant, bei der ZALA Eymatt am wenigsten. Dies verdeutlicht den grossen Einfluss der Punkteinträge auf die Gesamtbelastung der PSM in den Gewässern. In allen Einzugsgebieten sind noch zahlreiche Waschplätze in Planung, die den Rückgang der Frachten weiter verstärken sollten.

Nach vier Jahren zeigt sich, dass die Pflanzenschutzmitteleinträge im Gewässer wie auch in den Kläranlagenausflüssen aufgrund Einflussfaktoren wie Applikationszeitpunkt oder Niederschlag grossen Schwankungen unterliegen und die Gegebenheiten im Einzugsgebiet eine entscheidende Rolle spielen. Um verlässliche Aussagen zu machen, inwieweit sich die getroffenen Massnahmen zur Pflanzenschutzmittelreduktion langfristig auf die Wasserqualität auswirken, sind weitere Messjahre nötig. Daher wird zum jetzigen Zeitpunkt auf eine Berechnung der Zielerreichung in den Testgebieten

verzichtet. Auch die Hochrechnung auf die Gesamtwirkung im ganzen Kanton soll erst nach Projektende erfolgen.

Folgende Aussagen lassen sich nach vier Messjahren treffen:

- **Die gemessenen Konzentrationen und das Risiko im Ballmoosbach sind zurückgegangen**
  Im Einzugsgebiet des Ballmoosbachs konnte im Verlauf des Projekts die Situation bei den Waschplätzen erheblich verbessert werden. Aktuell waschen nur noch 3 ihre Feldspritzen im Einzugsgebiet, einige lassen die Felder mittlerweile durch Lohnunternehmer behandeln und die noch bestehenden Waschplätze wurden saniert. Dadurch konnten Punkteinträge stark reduziert werden.
- **Die gemessenen Konzentrationen und das Risiko im Chrümmlisbach sind unverändert**
  Das Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs weist ungünstige Bedingungen aus, die eine Reduktion der Einträge erschweren (Hangneigung, Niederschlag, Kurzschlüsse). Zudem existieren vereinzelt nach wie vor Waschplätze, die nicht konform entwässern und saniert werden müssen.
- **Wenige kritische Stoffe und Anwendungen sind für das Risiko im Gewässer verantwortlich**
  Nur ein sehr geringer Anteil der Gesamtanwendungen hat für die Gewässerorganismen ein erhöhtes Risiko zur Folge. Auch dauert das Risiko jeweils nur kurzzeitig an. Aufgrund der raschen Abfolge verschiedener Stoffe im Chrümmlisbach ergeben sich hier aber trotzdem langanhaltende Überschreitungen.
- **Die Frachten aus den Kläranlagenausläufen sind bei allen ARA rückläufig, bei der ARA Ins am deutlichsten, bei der ZALA Eymatt am schwächsten**
  Dies verdeutlicht den eheblichen Einfluss von Punkteinträgen über die Hofplätze, wenn diese fälschlicherweise auf eine Kläranlage oder direkt in ein Gewässer entwässern. Punkteinträge machen einen wesentlichen Anteil an der PSM-Gesamtbelastung aus. Zu beobachten sind Punkteinträge ebenfalls im Chrümmlisbach, verdeutlicht durch vermehrte Einträge bei Trockenphasen. Solche Einträge sind vermeidbar.
- **Indirekte Einträge (z.B. über Kurzschlüsse) tragen stark zur PSM-Gesamtbelastung bei**
  Im Einzugsgebiet des Chrümmlsibachs befinden sich zahlreiche Entwässerungsschächte, über welche bei Regen PSM über hydraulische Kurzschlüsse direkt und rasch in die Gewässer eingetragen werden. Diese Kurzschlüsse benötigen genügend breite Pufferstreifen, um die Einträge zu reduzieren. Im 2021 wurden an zahlreichen Stellen im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs gezielt Pufferstreifen angelegt.

7.5 Literatur

[1] AWA Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (2019) Zustand der Gewässer 2017 und 2018; Schwerpunkt Aaretal, awa fakten

[2] Minkowski, C. et al. (2021): Langzeitmonitoring von Pflanzenschutzmitteln: Gewässermonitoring des Berner Pflanzenschutzprojekts. Aqua & Gas, 7/8, p. 50-58.

[3] Bundesamt für Umwelt (2019): Gewässerabschnittsbasierte Einzugsgebietsgliederung der Schweiz

[4] Bundesamt für Landwirtschaft (2012): Gewässeranschlusskarte

[5] Wittmer, I. et al. (2014): Mikroverunreinigungen - Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus diffusen Quellen. Studie im Auftrag des BAFU. Eawag, Dübendorf

[6] Schönenberger, U. et al. (2020): Hydraulische Kurzschlüsse, Aqua & Gas 11/20, p. 65-71

[7] Junghans, M. (2020): Qualitätskriterienvorschläge Oekotoxzentrum 2020. Verfügbar unter: https://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/qualitaetskriterienvorschlaege-oekotoxzentrum/

[8] Junghans, M. et al. (2013): Toxizität von Mischungen – aktuelle praxisorientierte Ansätze für die Beurteilung von Gewässerproben, Aqua & Gas, 5/13, p. 54-61

[9] Bundesamt für Umwelt (2020): Verordnung des UVEK vom 13. Febr. 2020 (AS 2020 515), verfügbar unter: https://www.admin.ch/opc/de/official-compilation/2020/515.pdf

8 Vertiefte Analyse der Monitoringdaten des Berner Pflanzenschutzprojektes - EBP

8.1 **Ausgangslage und Auftrag**

Seit 2017 werden im Rahmen des Berner Pflanzenschutzprojektes (BPP) Massnahmen zur Reduktion von Pflanzenschutzmittel(PSM)-Risiken insbesondere für Oberflächengewässer umgesetzt. Die insgesamt 11 Massnahmen setzen dabei sowohl auf der Ebene der Reduktion des PSM-Einsatzes als auch auf der Reduktion der PSM-Verluste in die Gewässer an. Letztere umfassen einerseits die Handhabung (kontinuierliche Innenreinigung, Sanierung der Füll- und Waschplätze) und andererseits Massnahmen auf oder am Rand der Flächen (Pufferstreifen am Feldrand, Begrünung der Fahrspur). Für das Wirkungsmonitoring werden von 2017-2024 die beiden kleinen Fliessgewässer Ballmoosbach und Chrümmlisbach mit Zweiwochen- bzw. 3.5-Tagesmischproben beprobt. Die Proben werden auf 114 Wirkstoffe und 25 Transformationsprodukte untersucht. Abfluss- und Niederschlagsdaten werden ebenfalls gemessen. Zugleich werden auch die PSM-Applikationen auf den in den beiden Einzugsgebieten liegenden Flächen erfasst.
Die bisherigen Auswertungen zeigen trotz der geographischen Nähe der beiden Einzugsgebiete ein uneinheitliches Bild. Während im Ballmoosbach ein klarer Rückgang der Überschreitungen chronischer Qualitätskriterien (CQK) zu beobachten ist, werden im Chrümmlisbach nach wie vor häufige und hohe Überschreitungen beobachtet (Minkowski 2021).
PSM-Konzentrationsverläufe sind komplexe Datenmuster, und die Trenddetektion in solchen Daten stellt eine grosse Herausforderung dar. Im Rahmen einer vertieften Analyse wurde durch EBP in einem ersten Arbeitspaket untersucht, inwieweit die Kombination von Konzentrationsverläufen mit Niederschlags- und Pegeldaten Rückschlüsse auf die Eintragswege ermöglicht.
Im zweiten Arbeitspaket wurden die in diesem Projekt vorhandenen georeferenzierten PSM-Applikationsdaten verwendet, um die möglichen Belastungsquellen räumlich und zeitlich einzugrenzen.
Durch die Kombination der ersten beiden Arbeitspakete lassen sich die Aussagen zu möglichen Quellen und Eintragswege besser abstützen. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde als Synthese auch untersucht, inwieweit Rückschlüsse auf die Effektivität der im Projekt umgesetzten Massnahmen möglich sind.

8.2 **Hypothesen und Untersuchungsgegenstand**

Im Rahmen der im vorliegenden Bericht dokumentierten vertieften Analyse wurde mit folgenden Hypothesen gearbeitet:

- Einträge während Trockenperioden und kleinen Niederschlagsereignissen können ausschliesslich von Hofplätzen oder anderen befestigten Flächen stammen. Der Anteil dieser Einträge am Gesamteintrag ergibt den Anteil der Einträge durch Probleme bei der Handhabung (z.B. Einträge von Hofplätzen, Verluste beim Transport oder bei der Reinigung der Geräte) oder durch Drift auf Strassen.

- Einträge während oder im Nachgang von intensiven Niederschlagsereignissen stammen primär von behandelten Flächen im Einzugsgebiet. An¬hand von Feldkalenderdaten lassen sich für jeden Wirkstoff die möglichen Flächen eingrenzen.

Mit diesen Hypothesen lassen sich folgende Fragen untersuchen:

- Aufgrund der unterschiedlichen Witterung schwanken die durch Regenereignisse bedingten Wirkstofffrachten von Jahr zu Jahr, was die Beurteilung der Wirksamkeit von Massnahmen massiv erschwert. Die durch Probleme bei der Handhabung bedingte Fracht sollte hingegen weniger stark von der Witterung abhängen. Es soll untersucht werden, inwieweit die im Projekt ergriffenen Massnahmen zur Reduktion solcher Einträge bereits zu einer Reduktion der Fracht geführt haben.

- Flächen, die über mehrere Jahre als mögliche Quelle erhöhter Wirkstoffverluste identifiziert werden, lassen sich als Flächen mit erhöhtem Risiko einstufen. Es soll untersucht werden, ob bereits nach 4 Jahren gewisse Flächen mehrfach als mögliche Quelle in Frage kommen und in Bezug auf welche Faktoren (z.B. Kurzschluss, Eintragswahrscheinlichkeit, Vernässung, etc.)

sich diese Flächen ähnlich sind. Dabei soll auch untersucht werden, ob sich mit dem gewählten Ansatz die Flächen überhaupt ausreichend eingrenzen lassen.

Ob die Einträge während Regenereignissen via Drainagen oder via Oberflächenabfluss erfolgen, lässt sich anhand der vorliegenden Daten nicht oder nur in Einzelfällen beurteilen. Solche Unterscheidungen erfordern zusätzliche Probenahmestellen inklusive direkt in Drainageröhren genommene Proben (Doppler 2012).

8.3 **Methoden**

8.3.1 *Datenquellen*

Um die Wirksamkeit, der im Rahmen des BPP ergriffenen Massnahmen überprüfen zu können, wurden bei der Konzeption des BPP zwei Einzugsgebiete ausgewählt, die einen grossen Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche aufweisen. Da die Gewässer dieser zwei Einzugsgebiete klein sind, ist das Verdünnungsverhältnis der PSM gering.

Das Einzugsgebiet des Ballmoosbachs bei Zuzwil umfasst eine Fläche von 1.4 km2; davon werden rund 70% für den Ackerbau genutzt. Das Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs hat eine Fläche von 2.8 km2, wovon 50% ackerbaulich genutzt werden. Die häufigsten angebauten Kulturen sind in beiden Einzugsgebieten Getreide, Kartoffeln, Zuckerrüben und Mais (Ramseier 2020). Eine Eigenheit der landwirtschaftlichen Nutzung im Chrümmlisbach-Einzugsgebiet ist ein vergleichsweise hoher Kartoffel-Anteil (Abbildung 53).

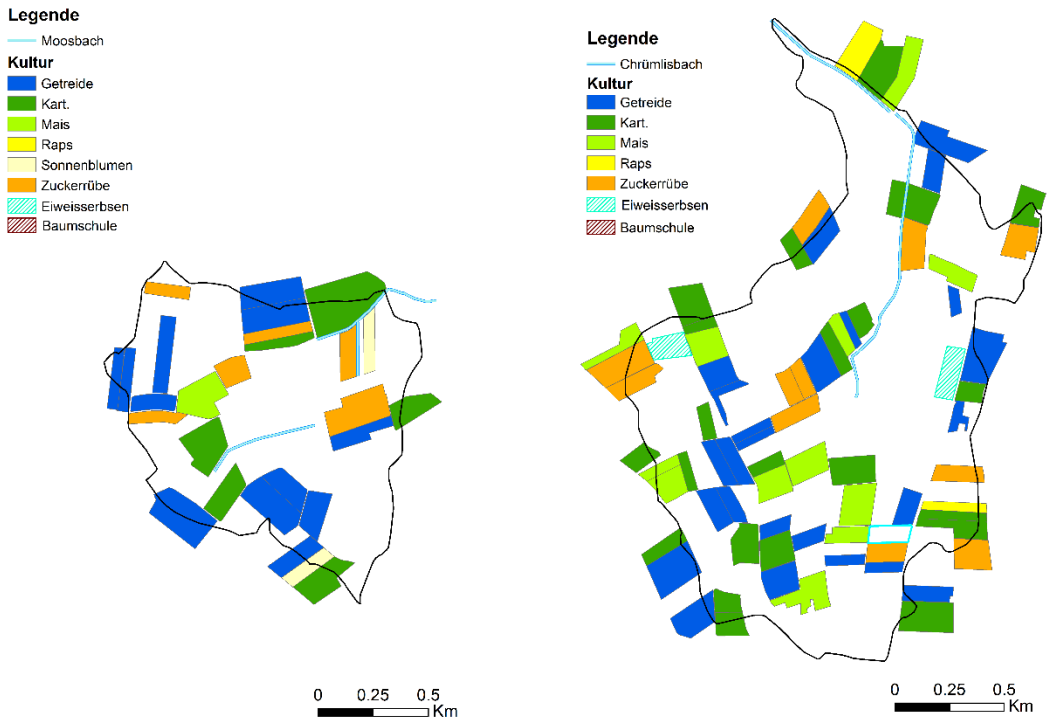


Abbildung 53: In den beiden untersuchten Einzugsgebieten Ballmoos (links) und Chrümmlisbach (rechts) im Jahr 2019 angebaute Kulturen (Daten: HAFL und LANAT). Abkürzungen: Kart.: Kartoffeln, ZR: Zuckerrüben, KW: Kunstwiesen, EE: Eiweisserbsen. Weisse Flächen sind entweder Wald, Dauerwiesen oder -weiden sowie Siedlungsgebiete

Wegen der im Ackerbau üblichen bzw. vorgeschriebenen Fruchtfolge unterscheidet sich die Landnutzung auf den Ackerflächen von Jahr zu Jahr. Lediglich die Dauerwiesen sind nicht Teil der Fruchtfolge. Diese sind in Abbildung 53 jedoch nicht farbig eingefärbt.

8.3.1.1 Konzentrationsverläufe

Der zeitliche Verlauf der Konzentrationen im Chrümmlisbach und im Ballmoosbach wurde im Gewässer- und Bodenschutzlabor des Amts für Wasser und Abfall bestimmt (Minkowski 2021). In den Jahren 2017 bis 2018 wurden jeweils von Anfang März bis Ende Oktober Zweiwochen-Sammelmischproben genommen. Ab dem Jahr 2019 wurde während der Hauptapplikationsphase (jeweils von Ende März bis

Ende Juni) mit 3.5-Tagesmischproben gearbeitet, während in den Wochen davor und danach wieder Zweiwochenmischproben genommen wurden.
Für das chemische Monitoring des BPP wurden die Konzentrationen von insgesamt 139 Substanzen, 114 Wirkstoffe und 25 Metaboliten, quantitativ bestimmt.[1] Fast die Hälfte der Wirkstoffe sind als PSM zugelassene Herbizide und je ein Viertel als PSM zugelassene Fungizide und Insektizide (Tabelle 22). Neben drei reinen Bioziden sind je nach Untersuchungsjahr eine ganze Reihe von Wirkstoffen sowohl als PSM als auch als Biozid zugelassen, z.B. das zur Fliegenbekämpfung in Ställen eingesetztes Biozid Thiamethoxam oder das in Bitumenbahnen eingesetzte Mecoprop. Generell dürfte bei den sowohl als PSM als auch als Biozid zugelassenen Wirkstoffen wegen des hohen Anteils landwirtschaftlicher Nutzfläche und des tiefen Siedlungsanteils der Einsatz als PSM tendenziell relevanter sein, aber in einzelnen Fällen kann auch der Einsatz als Biozid die relevante Quelle sein. Diese Fälle lassen sich durch die Analyse der Feldkalenderdaten ermitteln.

Tabelle 22 Übersicht über die in der chemischen Analyse quantifizierten Substanzen

	Total	Herbizide	Fungizide	Insektizide, Akarizide	Andere
Wirkstoffe gesamt	114	52	30	28	4
Metaboliten	25				

Für das Jahr 2017 wurden für die mit der Substanzauswahl des Gewässer- und Bodenschutzlabors überlappenden Wirkstoffe der NAWA Spez-Untersuchung zusätzlich noch die in diesem Rahmen gemessenen 3.5-Tagesmischproben aus dem Chrümmlisbach beigezogen (Spycher 2019). Die über 100 zusätzlichen, in NAWA Spez untersuchten Wirkstoffe wurden nicht berücksichtigt, damit nicht in den folgenden Jahren nicht mehr gemessene Wirkstoffe das Bild verzerren. Mittels dieser zusätzlichen Daten konnten für das Untersuchungsjahr 2017 von Anfang März bis Mitte Oktober Daten mit der höheren zeitlichen Auflösung untersucht werden und zugleich ein substanzieller Teil der im ersten Jahr der Messungen noch bestehenden Lücken geschlossen werden.

8.3.1.2 Niederschlagsdaten

Die vom Gewässer- und Bodenschutzlabor vorgenommenen Niederschlagsmessungen erfolgen über einen Sensor mit einer Doppelkippwage. Die Niederschlagsmessungen haben eine zeitliche Auflösung von einer Minute. In Ballmoos werden die Daten am gleichen Standort aufgenommen, an dem auch die Proben für die chemische Analyse genommen werden. Im Chrümmlisbach befindet sich die Messstation der chemischen Proben in Waldnähe. Der Regensensor wurde daher am westlichen Rand des Einzugsgebiets angebracht, um so eine mögliche Beeinflussung durch den Wald zu vermeiden.

8.3.1.3 Abflussdaten

Abflussmessungen werden anhand von Keilsensoren mit Ultraschall- und Drucksensoren ermittelt, indem man Geschwindigkeit und Wasserstand misst. Die Abflussmessungen haben eine zeitliche Auflösung von einer Minute. Die Messungen werden am gleichen Standort aufgenommen, an dem auch die Proben für die chemische Analyse genommen werden.

8.3.1.4 Applikationsdaten

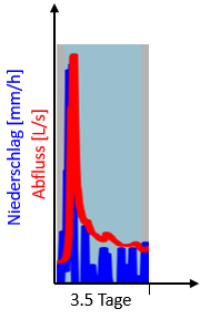
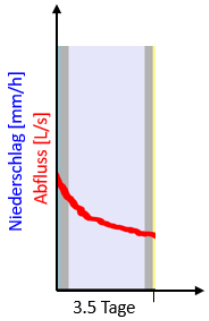
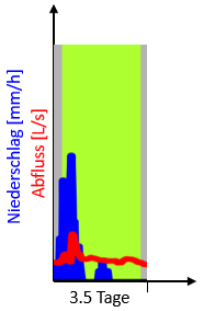
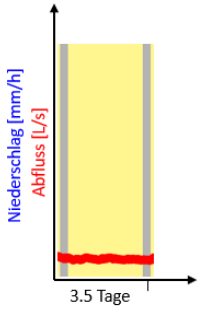
In Rahmen des Monitorings werden vom LANAT und von der HAFL in beiden Einzugsgebieten durch die Betriebe erfasste räumliche Daten der PSM-Applikationen gesammelt. So wurde für jede Fläche in einer georeferenzierten Form erfasst, wann welches PSM-Produkt und
mit welcher Aufwandmenge appliziert wurde. Auch wenn die Angaben zur applizierten Menge teilweise lückenhaft sind, stehen für die Jahre 2017 bis 2020 detaillierte in bisherigen in der Schweiz durchgeführten Studien nicht vorhandene Daten zur Verfügung.

[1] In den ersten beiden Jahren lag die Anzahl erfasst Substanzen leicht niedriger und zwar im Jahr 2017 bei 81 verschiedene Substanzen (davon 60 Wirkstoffe) und im Jahr 2018 bei 136 Substanzen (davon 113 Wirkstoffe).

8.3.2 *Zuweisung von Ereignistypen*

Zur Abschätzung möglicher Eintragswege wurde jeder Mischproben anhand von Niederschlags- und Abflussdaten jeweils ein Ereignistyp zugewiesen. Die verwendete Methodologie ist an die an der Eawag durchgeführt Masterarbeit von Riedi angelehnt (Riedi 2019) und beruht auf den in Tabelle 23 aufgeführten einfachen Kriterien.

Tabelle 23 Verwendete Kategorien für die Einteilung der Proben zu Ereignistypen

Ereignistyp	Kriterium	Charakteristisches Beispiel
1. Abfluss vom Feld während Niederschlag	Niederschlagsereignis mit längerdauerndem Anstieg des Abflusses (>12 h oberhalb der Tagesschwankung[2])	
2. Abfluss vom Feld nach Niederschlag	Länger als 12 h anhaltender erhöhter Abfluss im Nachgang eines Niederschlagsereignisses	
3. Abfluss von befestigten Flächen	Niederschlagsereignis mit vorübergehendem Anstieg des Abflusses (nach 12 h wieder innerhalb Tagesschwankung)	
4. Trockenperiode	- Kein Niederschlagsereignis oder - Geringer Niederschlag ohne Anstieg des Abflusses über die Tagesschwankungen	

[2] Die Tagesschwankungen sind i.d.R. im Sommer deutlich ausgeprägter. Es wurde jeweils die Schwankungen in der zeitlich nächstgelegenen Trockenperiode betrachtet.

Die Einteilung ist hierarchisch mit Dominanz bei Ereignistyp 1. Wenn während der Probenahmedauer ein intensives Regenereignis mit erhöhtem Abfluss über längere Zeit stattfand, dann wurde der ganzen Probe der Typ 1 zugewiesen. Dies auch wenn davor oder danach Phasen beobachtet wurden, die eher zur Beschreibung der anderen Typen passen würden. Das gleiche gilt für die anderen Typen; entsprechend dominiert ein Ereignis des Typs 2 die Ereignisse von Typ 3, etc.
Es wurden bewusst keine Ober- oder Untergrenzen der Regenereignisse definiert, denn ob es zu Abschwemmung vom Feld kommt oder nicht, hängt nicht allein von der Höhe des Niederschlags ab, sondern auch von der Bodenfeuchte. So kann es in einem Boden, der nahe an der Sättigung ist, bereits nach geringen Niederschlägen zu Oberflächenabfluss kommen, während ein weit von der Sättigung entfernter Boden deutlich mehr Wasser aufnimmt, bevor es zu Abfluss kommt.
Abbildung 54 zeigt als Beispiel die Zuordnung der Ereignistypen für den Chrümmlisbach im Jahr 2020.

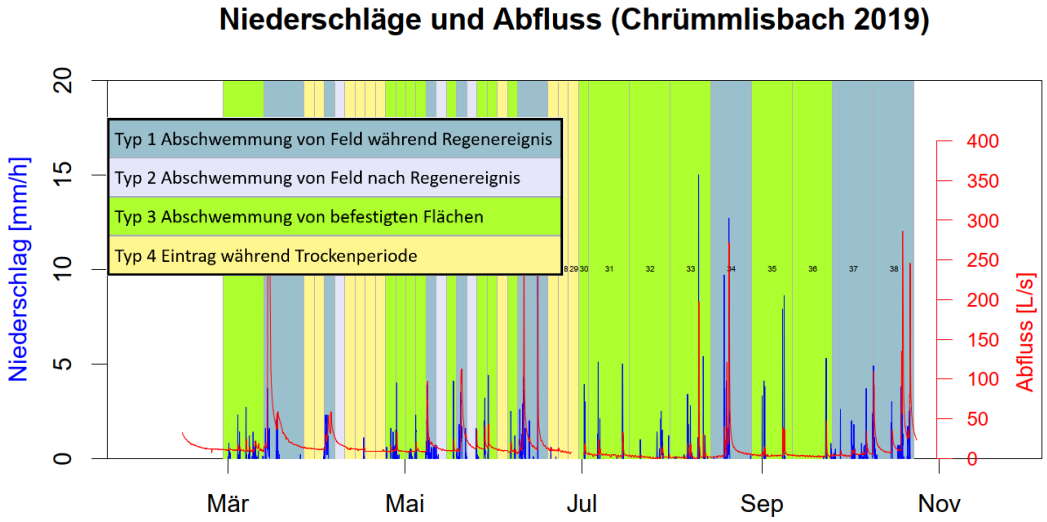


Abbildung 54 Hydrologische Daten des Chrümmlisbachs im Jahr 2019 mit Zuordnung von Ereignistypen

Wegen der vier Mal niedrigeren zeitlichen Auflösung ist die Zuordnung bei Zweiwochenmischproben weniger genau bzw. tendenziell wird eher Typ 1 zugewiesen (es gibt über zwei Wochen meisten mindestens ein intensiveres Regenereignis). Zu beachten ist, dass der tatsächliche Eintrag trotz intensivem Regenereignis, während dem Messintervall in der trockenen Zeit davor oder danach erfolgt sein kann. Die ausgewiesenen Anteile von Typ 4 und auch von Typ 3 sind daher als Untergrenze aufzufassen. Generell sind die Zuweisungen umso besser, je höher die zeitliche Auflösung ist.
Da bis Ende März und ab Anfang Juli mit Zweiwochenmischproben gemessen wird, werden die Proben tendenziell den dominanteren Ereignistypen zugeschlagen, d.h. längere Trockenperioden (Typ 4) unterbrochen von kleinen Regenereignissen werden eher Typ 3 (Abschwemmung von befestigter Fläche) und Abschwemmung vom Feld nach Regenereignissen werden eher Typ 1 (Abschwemmung vom Feld während Regenereignis) zugeschlagen. Diese führt dazu, dass es in dieser Phase kaum oder keine Proben gibt, denen der Typ 4 (Trockenperiode) oder Typ 2 (Abschwemmung) zugewiesen wird. Die für die Analyse der Ergebnisse wichtige Abgrenzung zwischen Typ 2 und Typ 3 ist aber zumindest teilweise möglich. Dieser Sachverhalt trägt zusätzlich dazu bei, dass der ausgewiesene Anteil von Typ 3 und 4 als Untergrenze aufzufassen ist.

8.3.3 *Bestimmung von abschwemmungsbedingten Konzentrationsanstiegen*

Anhand des Vergleichs von Ereignistypen und Konzentrationsverläufen wird bestimmt, welche gemessenen Konzentrationsanstiege durch Abschwemmung vom Feld verursacht wurden und daher für die räumliche Analyse genutzt werden können. Zu diesem Zweck wurde das Diagramm mit den hydrologischen Daten über die Konzentrationsdaten gelegt, wie in der Abbildung 55 dargestellt.

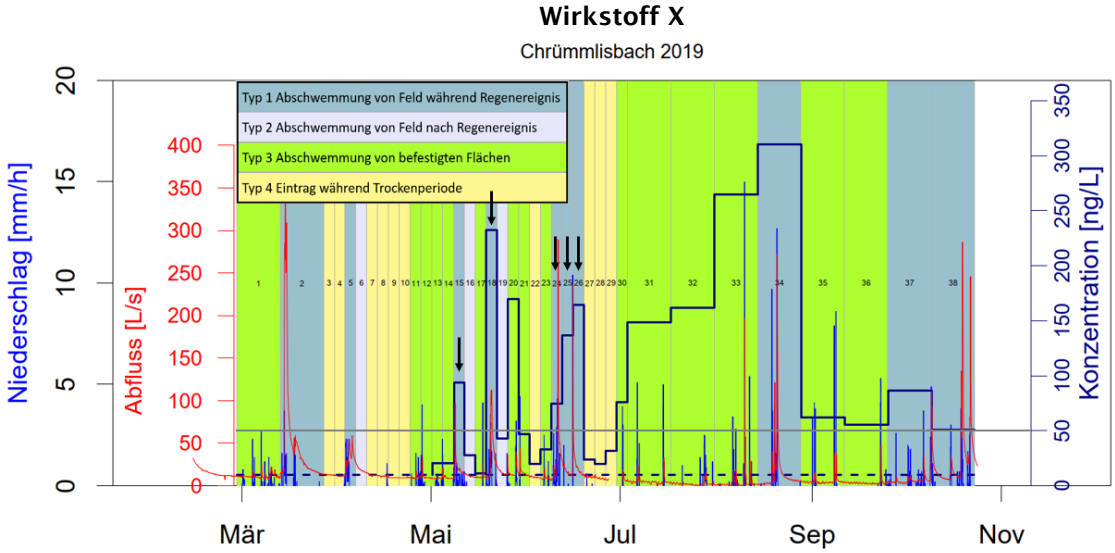


Abbildung 55 Hydrologische Daten des Chrümmlisbachs im Jahr 2019 mit Zuordnung von Ereignistypen und Konzentrationsverlauf von Wirkstoff X im Gewässer. Die schwarzen Pfeile zeigen die für die Analyse relevanten Ereignisse

Um die abschwemmungsbedingten Konzentrationsanstiege zu bestimmen, wurden folgende Kriterien angewendet:

- Das Ereignis muss von Typ 1 oder 2 sein
- Die Konzentration der Probe mit dem Ereignis muss deutlich (>50%) höher sein als die der vorangehenden Probe, sofern diese von Typ 3 oder 4 ist
- Die Konzentration während dem Ereignis muss > 50 ng/L (oder 12.5ng/L bei 2-Wochen Mischproben) sein

Die Schwelle von 50 ng/L im dritten Kriterium basiert auf der Beobachtung, dass auch Wirkstoffe, die im Untersuchungsjahr nicht appliziert wurden, in Proben der Folgejahre noch nachgewiesen werden (Rasmussen 2015, Sandin 2017), z.B. der bereits mehrere Jahre nicht mehr eingesetzte Wirkstoff Atrazin. Die Konzentrationen sind aber in der Regel tief bis sehr tief und Überschreiten nur vereinzelt die Schwelle von 50 ng/L. Eine anhand von Feldkalenderdaten vorgenommene fallweise Bestimmung, ob ein Konzentrationsanstieg von im laufenden Jahr behandelten Flächen stammt oder aus früheren Jahren, war im Rahmen der begrenzten Projektbearbeitungszeit nicht möglich.
Im gezeigten Beispiel (Abbildung 55) werden 5 Ereignisse erkannt, die mit schwarzen Pfeilen markiert sind. Vor oder während der Probenahme vorgenommene Applikationen wurden mit den entsprechenden Konzentrationsansteigen in Verbindung gebracht. Das Ereignis vom Typ 1 in den letzten zwei August-Wochen wird nicht berücksichtigt, da es keine erheblichen Zunahmen der Konzentration im Vergleich zu den ersten zwei August-Wochen gibt.
Konzentrationspeaks der Ereignistypen 3 und 4 kommen gemäss dem gewählten Ansatz nicht von den Anbauflächen und wurden für diese Auswertung nicht berücksichtigt.

8.3.4 *Applikationskarten*

Um einen Überblick der räumlichen Anordnung der Wirkstoff-Applikationen zu haben, wurden pro Jahr und pro Wirkstoff Karten generiert, die darstellen, auf welchen Flächen der Wirkstoff an welchem Termin angewendet wurde. Diese Applikationskarten helfen zu erkennen, von welchen Flächen die Einträge in die Gewässer gelangt sein können.
Abbildung 56 zeigt als Beispiel die räumliche Lage der im Jahr 2019 vorgenommenen Applikationen eines beliebigen Wirkstoffs im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs. Im Beispiel wurde der Wirkstoff X auf den grünen Flächen und zu den auf den Flächen angegebenen Daten appliziert. Flächen mit mehr als einer Datumsangabe wurden mehrfach behandelt.

Abbildung 56 Applikationskarte vom Wirkstoff X im Einzugsgebiet Chrümmlisbach im Jahr 2019

Die Applikationskarten dienen als Hilfsmittel für die Interpretation der Ergebnisse der Analyse, die in den nächsten Abschnitten erläutert werden.

8.3.5 *Ermittlung der potenziell beitragenden Flächen*

In den im Kapitel 8.3.4 aufgezeigten Applikationskarten werden alle im Lauf einer Messperiode mit einem bestimmten Wirkstoff behandelten Flächen dargestellt. In einem nächsten Schritt werden diese Flächen anhand der Applikationstermine und der Konzentrationsverläufe weiter eingegrenzt, um die potenziell beitragenden Flächen zu bestimmen. Dieses Vorgehen wird nicht anhand von Karten, sondern rechnerisch durchgeführt.

Dafür werden für jedes relevante (gemäss den im Kapitel 8.3.3 genannten Kriterien) Ereignis alle Flächen berücksichtigt, in denen eine Applikation des betreffenden Wirkstoffes vor dem Ende des Ereignisses stattgefunden hat. Diese Flächen sind gemäss dem gewählten Ansatz potenziell beitragend für Abschwemmung von der Anbaufläche.

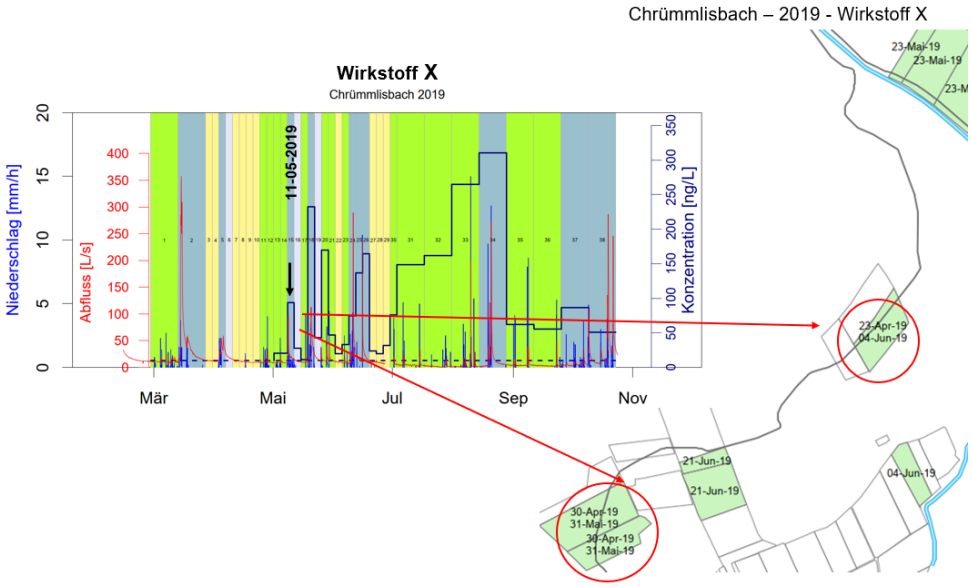


Abbildung 57 Zeitliche Eingrenzung der Flächen-Applikationen für das Ereignis am 11.05.2019

Abbildung 57 illustriert die zeitliche Eingrenzung der Einträge für den ersten der Abschwemmung von der Fläche zugeordneten Konzentrationsanstieg der Saison, mit Probenahmeende am 11.05.2019. Von den grün dargestellten mit dem Wirkstoff X behandelten Flächen hat auf drei rot umrandeten Flächen eine Applikation vor dem berücksichtigten Ereignis stattgefunden, und zwar in der letzten Aprilwoche. Die anderen Flächen kommen für dieses Ereignis nicht in Frage, da sie erst nach diesem Ereignis behandelt wurden. Es ist aber nicht auszuschliessen, dass sie in einem später im Verlauf der Saison eintretenden Ereignis beitragende Flächen sind.
Je mehr Flächen vor einem Eintragsereignis mit einem Wirkstoff behandelt werden, desto mehr Flächen kommen als Quelle des Konzentrationsanstiegs in Frage. Die Schärfe der Eingrenzung wird durch die wie folgt berechnete Grösse der Determiniertheit (*D*) quantifiziert:

$$D_{WS\ x,Ereignis\ y} = \frac{1}{Anzahl\ mit\ WS\ x\ behandelte\ Flächen\ vor\ Ereignis\ y}$$

Je höher die Determiniertheit für einen bestimmten Wirkstoff und ein Ereignis ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die erfassten Parzellen tatsächlich beigetragen haben.

8.3.6 *Häufigkeitsgrafik*

Die beitragenden Flächen werden pro Wirkstoff und Ereignis bestimmt. Dies stellt eine grosse Menge an Informationen dar. Um diese Informationen zu aggregieren wurde aufsummiert, wie häufig die Flächen über die Zeitspanne der Messungen (2017-2020) als potenziell beitragende Flächen erfasst wurden. Alle Flächen, die für mindestens einen Eintrag von mindestens einem Wirkstoff in Frage kommen, gelten als potenziell beitragende Flächen. Die Häufigkeit wird pro Fläche wie folgt berechnet:

$$H_{Fläche,i} = \frac{Anzahl\ Jahren\ mit\ Fläche\ i\ potenziell\ beitragend\ (und\ D > x)}{Anzahl\ Jahren\ mit\ Behandlung\ in\ Fläche\ i}$$

Bei der Berechnung von $H_{Fläche,i}$ werden nur die Ereignisse berücksichtigt, in denen die Determiniertheit grösser als ein bestimmter Schwellenwert x ist. Es wurden drei mögliche Schwellenwerte für x getestet. Der definitive Wert von 10% ist eher tief aber wurde so gewählt, dass nicht zu viele Flächen ausgeschlossen wurden.
Um zu berücksichtigen, dass gewisse Flächen nicht in allen untersuchten Jahren behandelt wurden, wurde zur Berechnung von $H_{Fläche,i}$ im Nenner jeweils nur die Anzahl Jahre mit behandelten Flächen verwendet. So konnte unter anderem berücksichtigt werden, wenn Kunstwiesen in der Fruchtfolge vorkamen, da diese in der Regel keine PSM-Applikation erhalten.

Das Jahr 2018 wird für die Analyse nicht verwendet, da die zeitliche Auflösung der Konzentrationsdaten für die ganze Saison tief ist (14 Tage). Es werden darum nur drei Jahre betrachtet: 2017, 2019 und 2020.
Es ist bei dieser Art der Auswertung wichtig von "potenziell" beitragenden Flächen zu sprechen, da bei auf mehreren Flächen applizierten Wirkstoffen nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann, welche Fläche oder Flächen die Quelle des Eintrags ins Gewässer war oder waren. Ein prioritäres Ziel der Studie ist daher festzustellen, wie gut sich die Flächen überhaupt eingrenzen lassen.
Umgekehrt kann eine tatsächliche Risikofläche über mehrere Jahre keinen Eintrag verursachen, etwa weil sie als Kunstwiese genutzt wurde oder es nach den Applikationen über lange Zeit nicht geregnet hat und der Wirkstoff relativ schnell abbaubar war. Ziel der Häufigkeitsgrafik ist abzubilden, wie gut es anhand der angewendeten Methode und für bisher drei auswertbare Projektjahre möglich ist, beitragende Flächen zu identifizieren.
Die Häufigkeitsgrafik wird im Lauf der Jahre aussagekräftiger und kann im Fall des BPP bis Projektende auf sieben statt der derzeit drei Jahren abgestützt werden.

8.3.7 *Analyse weiterer räumlicher Informationen*

Die potenziell beitragenden Flächen könnten durch weitere räumliche Informationen weiter eingegrenzt werden. So sind folgende, weitere räumliche Informationen für die Analyse der Einträge relevant:

- Schächte: Es gibt Einlaufschächte in beiden Einzugsgebieten. Diese stellen einen möglichen Kurzschluss dar, über welchen die Wirkstoffe ins Gewässer gelangen können. Ein solcher Eintrag kann auch bei trockenem Wetter geschehen, quantitativ dürften die regengetrjebenen Einträge aber klar dominieren.

- Pufferstreifen: Sie reduzieren das Eintragsrisiko der oberhalb liegenden Flächen. In umfassenden aktuellen Auswertungen wurde gezeigt, dass deren Wirksamkeit nicht primär von der Breite des Pufferstreifens abhängt, sondern von anderen Faktoren wie z.B. dem Bodentyp (Reichenberger 2019).

- Zudem stellen das Geländemodell sowie die Gewässeranschlusskarte wichtige Grundlagen zur Topografie und den Fliesswegen dar.

Alle diese Infrastrukturen und Eigenschaften des Gebietes haben einen Einfluss auf die Einleitung der Wirkstoffe ins Gewässer und sollten daher berücksichtigt werden.
Auch die Einträge durch Ereignisse des Typs 3 (Einträge von befestigen Flächen) oder durch Typ 4 (Einträge während Trockenperioden) lassen sich unter Umständen noch eingrenzen, und zwar durch folgende räumliche Informationen:

- Strassen: Durch die Strassen können die Wirkstoffe, abhängig von der Topografie des Gebietes, schnell abfliessen und potenziell ins Gewässer eingeleitet werden (Ereignistyp 3). Die PSM können durch Verluste beim Transport oder durch Drift auf Strassen gelangen.

- Waschplätze: Die Plätze, auf denen die Spritzen befüllt und nach der Applikation gereinigt werden, können Punktquellen darstellen, sofern ein Anschluss an die Gewässer besteht. Dies kann zu Einträgen des Typs 3 oder 4 führen.

8.3.8 *Vorgehen zur Identifikation wirksamer Massnahmen*

Die vorliegende Untersuchung soll dazu beitragen, die Wirksamkeit von Massnahmen zu bestimmen. Die drei wichtigsten Gruppen von Massnahmen sind die in den folgenden Abschnitten diskutierte Reduktion von Einträgen durch Punktquellen, Anlegen von Pufferstreifen und Verzichtsmassnahmen (Herbizid-, Fungizid- und Insektizid- Verzicht).

8.3.8.1 Reduktion von Einträgen durch Punktquellen

Anhand der Zuweisung von Ereignistypen lässt sich bei ausreichend hoher zeitlicher Auflösung der Proben untersuchen, wie sich die Einträge auf die vier Typen verteilen. Konzentrationsanstiege in den Ereignistypen 3 und 4 zugewiesenen Proben dürften auf Probleme bei der Handhabung zurückzuführen sein. Ereignistyp 4 deutet primär auf einen Hofplatz mit Gewässeranschluss hin, während Ereignistyp 3 durch eine ganze Palette von Handhabungsschritten bedingt sein kann; konkret durch alle, bei denen PSM auf eine befestigte Fläche gelangen können und mit dem nächsten Regen ins Gewässer

abgeschwemmt werden (Handhabung auf Hofplatz, Transport auf Strasse, Reinigung der Spritzen und zuletzt auch die Drift auf Strassen).
Trotz der Überlappung der beiden Ereignistypen sind die in dieser Studie verwendeten Methoden geeignet, um die Wirksamkeit der Massnahmen zu quantifizieren, zumindest in Form einer Untergrenze.

8.3.8.2 Wirkung von Pufferstreifen
Pufferstreifen können sehr unterschiedlich wirksam sein (Reichenberger 2019). Wenn zugleich noch andere Massnahmen wie z.B. konservierende Bodenbearbeitung auf den Flächen umgesetzt werden, denn lässt sich die Wirksamkeit der Massnahmen alleine nicht mehr bestimmen. Dies ist nur mit Modellierung der Einträge auf Einzugsgebietsebene, wie sie derzeit an der Agroscope bearbeitet wird, möglich. Die Wirksamkeit der Massnahmen in ihrer Gesamtheit sollte aber dazu führen, dass die Einträge der Ereignistypen 1 und 2 sinken.

8.3.8.3 Verzichtsnahmen
Eine einfache Art, die Wirksamkeit von Verzichtsmassnahmen zu bestimmen, basiert auf einer Analyse der Wirkstoffe mit Überschreitungen von Qualitätskriterien. Da die Feldkalender vorhanden sind, lässt sich direkt eruieren, in welchen Kulturen diese Wirkstoffe eingesetzt wurden und eine Aussage machen, ob eine Massnahme wie Herbizidverzicht für eine bestimmte Kultur zur Reduktion der Einträge beitragen kann.

8.4 **Resultate**

8.4.1 *Analyse der meteorologischen und hydrologischen Daten*

8.4.1.1 Einstufung der Niederschläge
Die Summe der jeweils vom 15.3. bis zum 15.10. gefallenen Niederschläge (Abbildung 58) ist für die Untersuchungsjahre 2019 und 2020 deutlich höher als für die ersten beiden Untersuchungsjahre[3]. Der Unterschied ist dabei im Einzugsgebiet des Ballmoosbachs ausgeprägter, mit 65% mehr Niederschlag, während im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs rund 30% mehr Niederschlag fiel. In allen vier Untersuchungsjahren sind im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs mehr Niederschläge gefallen als in demjenigen des Ballmoosbachs.

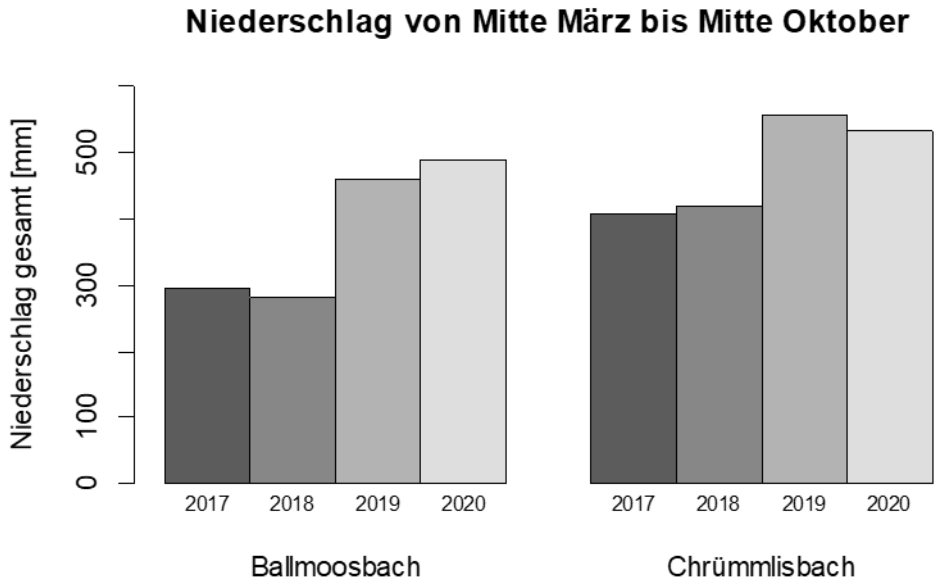


Abbildung 58 Niederschlagssumme (von Mitte März bis Mitte Oktober) in den beiden Einzugsgebieten während den Untersuchungsjahren 2017-2020

[3] Die Mitte des Monats wurde gewählt, weil nicht in allen Jahren von Anfang März an Konzentrationsmessungen verfügbar waren und auch nicht in allen Jahren bis Ende Oktober.

Anhand von Daten der rund 6 km vom Chrümmlisbach und 14 km vom Ballmoosbach entfernten Meteostation Koppigen wurden die Untersuchungsjahre 2017-2020 mit den Niederschlägen in den Jahren1980-2020 verglichen (Abbildung 59). Es zeigt sich, dass die Phase von März bis und mit Oktober in den Jahren 2017 und 2018 abgesehen von einzelnen Monaten tendenziell trockener bis deutlich trockener war als der Median der letzten 41 Jahre. Im Jahr 2019 lagen die monatlichen Niederschläge während der Untersuchungsperiode ebenfalls häufig auf der trockenen Seite, abgesehen von einem eher nassen Mai und August und einem sehr nassen Oktober. Das Jahr 2020 hatte einen sehr nassen Juni und einen extrem nassen August.

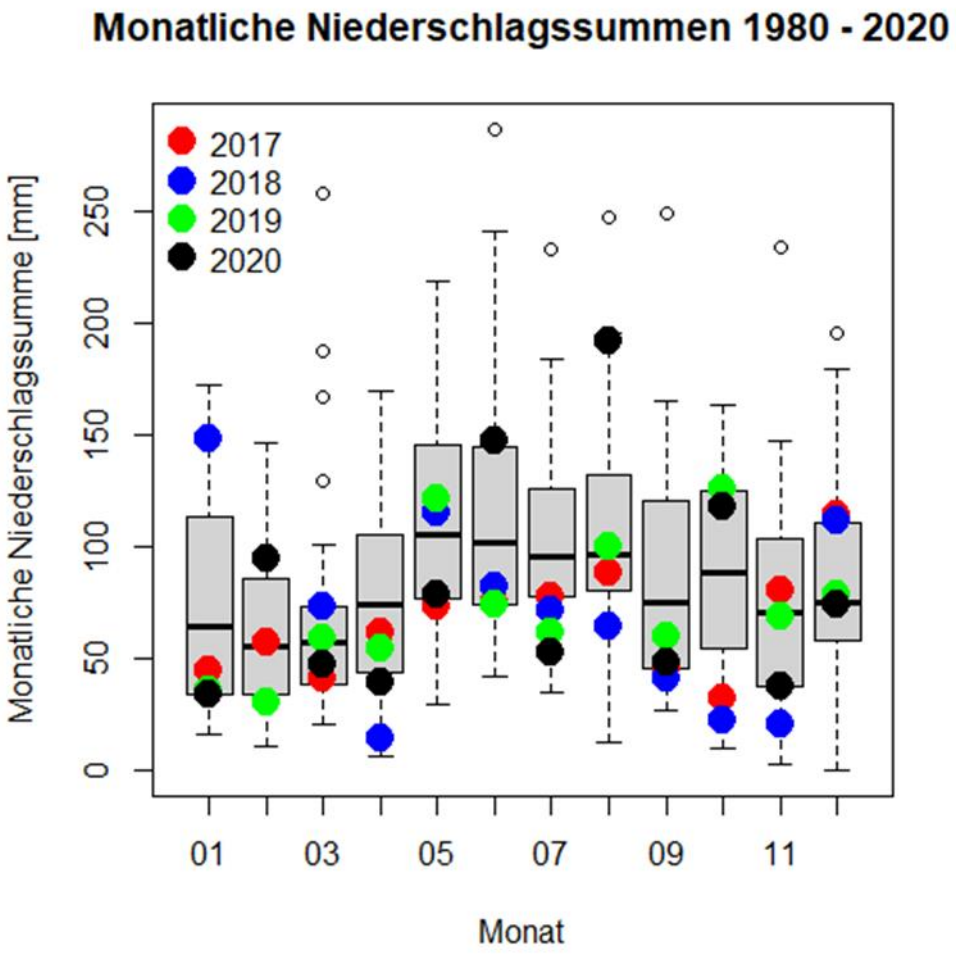


Abbildung 59 Einordnung der Niederschläge der Untersuchungsjahre in die letzten 41 Jahre anhand der Meteodaten der Station Koppigen (Grafik generiert von T. Doppler, Plattform Wasserqualität des VSA)

Bestimmt man für die Jahre 1980 bis 2020 die Summe der Niederschläge von März bis und mit Oktober, so liegen die Jahre 2017 und 2018 mit 497 mm und 485 mm auf Platz 40 bzw. 41, sind also die beiden trockensten Jahre seit 1980. Die Jahre 2019 und 2020 liegen mit 660 mm und 726 mm auf Platz 32 bzw. 24.

8.4.1.2 Einstufung der Abflüsse

Das Volumen des von Mitte März bis Mitte Oktober in den Jahren 2017-2020 abgeflossenen Wassers nahm im Ballmoosbach von 84'000 auf 144'000 m^3 zu (Abbildung 60). Der deutliche Unterschied der Niederschläge von 2018 auf 2019 widerspiegelt sich hingegen nicht in den Abflüssen. Mögliche Gründe können erhebliche Niederschläge vor Mitte März des entsprechenden Jahres oder Unterschiede bei der Verdunstung sein. Im Chrümmlisbach zeigt der Abfluss nicht das gleiche Muster wie die Niederschläge. Während die Niederschläge im Jahr 2017 und 2018 ähnlich tief und für 2019 und 2020

ähnlich erhöht waren, lag der Abfluss unerwarteterweise im Jahr 2019 am tiefsten, ungefähr gleich mit dem erwartet tiefen Jahr 2017. Der höchste Abfluss wurde wie erwartet für das Jahr 2020 erfasst und lag 23% höher als in den Jahren 2019 und 2017.

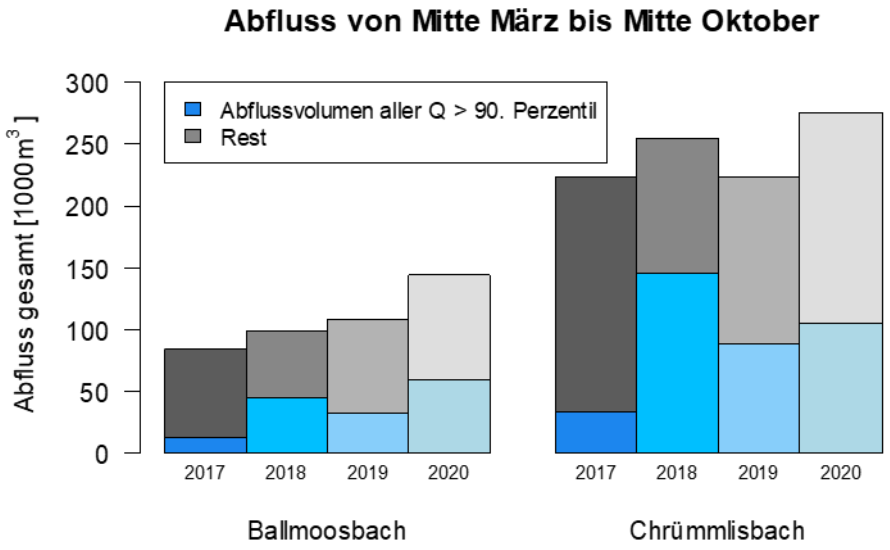


Abbildung 60 Abflussvolumen der beiden Bäche während den Untersuchungsjahren 2017-2020

Für das Auftreten von zur Abschwemmung führenden Ereignissen ist auch die Art der Regenereignisse entscheidend. Generell tritt Abschwemmung bei intensiven und/oder längerdauernden Niederschlägen auf, und zwar dann, wenn die Infiltrationskapazität des Bodens überschritten wird oder der Boden vollständig gesättigt ist. Es gibt jedoch keine allgemeingültige Schwelle, oberhalb welchem Niederschlag mit Abschwemmung zu rechnen ist. Die genaue Bestimmung des Abschwemmungsanteils erfordert vertiefte hydrologische Analysen. Als einfach zu bestimmendes Mass, ob in einem Jahr vergleichsweise viele erhöhte Abflusswerte auftraten, wurde der Anteil der Abflüsse bestimmt, welche über dem 90. Perzentil der vier Untersuchungsperioden liegen. Dies entspricht dem blauen Anteil der Balken in Abbildung 60. In den trockeneren Jahren ist der Anteil der Abflüsse, welche oberhalb des 90. Perzentils liegen, jeweils besonders niedrig (15% im Jahr 2017 im Vergleich zu knapp 40% im Jahr 2020).
Für das Eintragsrisiko spielt neben den rein hydrologischen Aspekten auch die Zeitdauer zwischen PSM-Applikation und Abflussereignis eine Rolle, denn die Sorption an Bodenpartikel ist zeitabhängig und nimmt in den Tagen nach der Applikation zu. Gleichzeitig bauen sich die Wirkstoffe mit einer wirkstoffspezifischen Geschwindigkeit ab. In künftigen vertieften Untersuchungen könnten die Feldkalenderdaten mit den Abflussdaten noch detaillierter in Beziehung gesetzt werden, indem für jede Applikation die Dauer bis zum nächsten Regenereignis bestimmt wird.

Fazit Niederschläge und Abflüsse: Insgesamt lässt sich für beide Einzugsgebiete sagen, dass das Jahr 2017 die trockenste und 2020 zumindest im Ballmoosbach die nassteste Messperiode aufwies. Das Risiko für Einträge vom Feld war daher im Jahr 2017 in beiden Einzugsgebieten am tiefsten und im Jahr 2020 am höchsten. Im langjährigen Vergleich fiel von März-Oktober 2017 sehr wenig, im Jahr 2018 wenig Niederschlag und 2019 und 2020 eine mittlere Niederschlagsmenge.

8.4.1.3 Zuordnung der Proben zu Ereignistypen

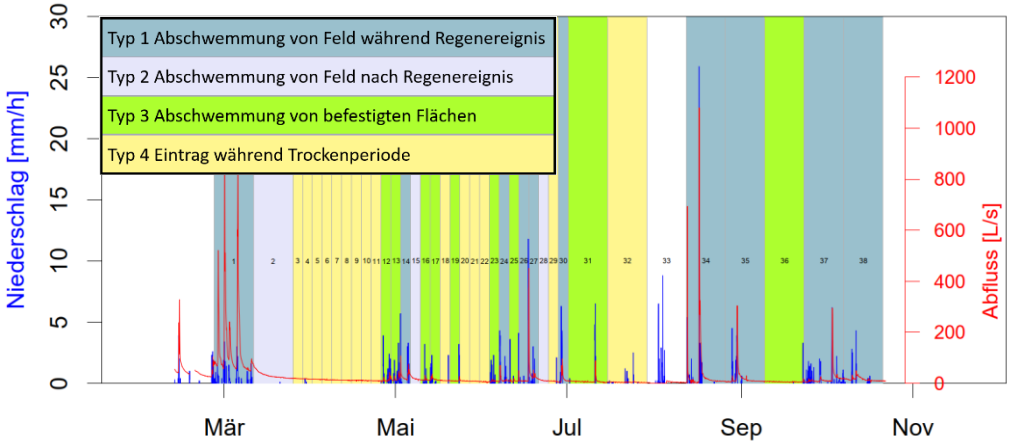


Abbildung 61 Niederschlags- und Abflussdaten für das Einzugsgebiet Chrümmlisbach im Jahr 2020 und Einordnung in die vier Ereignistypen

Abbildung 61 zeigt die Zeitreihe des Niederschlags und des Abflusses vom Chrümmlisbach im Jahr 2020. Weitere Grafiken für die andere Jahre sowie für das Einzugsgebiet Ballmoos befinden sich im Anhang 6.
Für die Jahre 2019 und 2020 wurden von Ende März bis Anfang Juli 3.5-Tagesmischproben genommen, weshalb die Zuordnung der Ereignistypen in dieser Periode eine höhere zeitliche Auflösung hat. Für das Jahr 2017 sind für den Chrümmlisbach über die ganze Messperiode 3.5-Tagesmischproben von der NAWA Spez-Studie der Eawag vorhanden.
In Abbildung 61 ist zudem zu erkennen, dass die zeitliche Auflösung einen grossen Einfluss auf die Zuordnung hat. Tatsächlich ist die Wahrscheinlichkeit einer durchgehend trockenen Periode bei Zweiwochenmischproben viel tiefer, als wenn ein kürzeres Zeitintervall betrachtet wird.
Tabelle 24 zeigt, wie häufig welcher Ereignistyp in den verschiedenen Jahren und Einzugsgebieten vorkommt. Die Zahlen geben nur die zeitlichen Anteile der vier Ereignistypen ab und enthalten noch keine Information dazu, bei welchem Ereignistyp die Einträge erfolgt sind. Es wurde nur die Periode zwischen April und Juni ausgewertet, damit immer eine 3.5-Tage-Auflösung vorhanden ist.
Die meisten Proben werden dem Ereignistyp Trockenperiode (Typ 4) zugewiesen. Ausserdem ist ersichtlich, dass es Unterschiede zwischen den zwei Einzugsgebieten gibt, zum Beispiel im Jahr 2019, in welchem im Ballmoosbach ein deutlich höherer Anteil der Proben dem Typ 1 (Abfluss vom Feld während Niederschlag) zugewiesen wurde als im Chrümmlisbach.

Tabelle 24 Zeitliche Anteile der gemäss Tabelle 23 zugewiesenen Ereignistypen 1-4 für die Periode April-Juni in den Jahren 2019 und 2020 (davor und danach gemessene Zweiwochenmischproben nicht mitgezählt). Für den Chrümmlisbach wurden für das Jahr 2017 sowohl die 2-Wochenmischproben als auch die 3-5-Tagesmischproben der NAWA Spez-Studie ausgewertet. Die Anteile an den Einträgen ist im Kapitel 8.4.2 wiedergegeben.

	Typ 1	**Typ 2**	**Typ 3**	**Typ 4**
Ballmoosbach				
2019	32%	11%	21%	36%
2020	7%	11%	36%	46%
Chrümmlisbach				
2017 (3.5-Tagesmischproben)	29%	21%	17%	33%
2017 (14-Tagesmischproben)	57%	0%	29%	14%
2019	21%	11%	32%	36%
2020	21%	7%	21%	50%

Tabelle 24 zeigt zudem für das Jahr 2017 einen Vergleich zwischen der Auflösung von 3.5 Tagen und 14 Tagen. Man kann beobachten, dass der Anteil des Typs 4 mit 2-Wochenproben deutlich tiefer ist als bei 3.5 Tageproben, wohingegen der Anteil mit Typ 1 höher ist und der Typ 2 gar nicht mehr zugewiesen werden konnte. Entsprechend sind alle Messperioden, für welche nur 2-Wochenproben zur Verfügung stehen, nur begrenzt aussagekräftig. Insbesondere werden in diesen Typ 1 über und Typ 4 unterschätzt. Die Summe von Typ 1 und 2 (Abschwemmung vom Feld) und die Summe von Typ 3 und 4 (Einträge von Hofplätzen oder befestigten Flächen) ist hingegen nur mässig betroffen.
Daher ist die wichtigste Unterscheidung, nämlich in Einträge vom Feld (Typ 1 oder 2) und Einträge von befestigten Flächen (Typ 3) oder Hofplätzen (Typ 4) auch mit 2-Wochenproben noch möglich, auch wenn dabei die Höhe der Konzentrationspeaks deutlich unterschätzt wird (Spycher 2018, Dax 2020).

8.4.2 *Analyse der chemischen Daten*

8.4.2.1 Konzentrationen

Chrümmlisbach
Von den insgesamt 114 untersuchten Wirkstoffen wurden in den vier Jahren 83 Wirkstoffe mindestens einmal nachgewiesen. Im Chrümmlisbach wurden je nach Jahr zwischen 61 und 73 Wirkstoffe nachgewiesen, während im Ballmoosbach zwischen 33 und 53 nachgewiesen wurden (Tabelle 25). Der Median der Konzentrationssumme liegt im Chrümmlisbach deutlich über 1000 ng/L und ist höher als in der NAWA Spez 2015-Studie der Eawag (Doppler 2017). Im Ballmoosbach liegt der Median der Konzentrationssumme zwischen 100 und 300 ng/L also einen Faktor 10 bis 20 tiefer.

Tabelle 25 Kennzahlen der chemischen Untersuchungen. Für 2017 wurde der Wert aus der Eawag-Kampagne verwendet, wobei nur die überlappenden Wirkstoffe betrachtet wurden.

Jahr	Standort	Anzahl Nachgewiesene WS	Median Konzentrationssumme pro Probe [ng/L]	Anzahl WS > 50 ng/L
2017	Chrümmlisbach	68	799	33
2018	Chrümmlisbach	65	3016	37
2019	Chrümmlisbach	73	4341	38
2020	Chrümmlisbach	61	3562	31
2017	Ballmoosbach	33	187	9
2018	Ballmoosbach	46	339	14
2019	Ballmoosbach	53	99	10
2020	Ballmoosbach	40	108	11

Für die Untersuchung des Einflusses der Ereignistypen wurde die Auswahl der auszuwertenden Wirkstoffe zusätzlich, auf Wirkstoffe, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auch im Untersuchungsjahr appliziert wurden, eingegrenzt.[4] Als pragmatischer Ansatz wurde die im Abschnitt 8.3.3 begründete Schwelle von minimal 50 ng/L verwendet. Im Chrümmlisbach wurden in jedem Jahr gut 30 Wirkstoffe und im Ballmoosbach gut 10 Wirkstoffe in Konzentrationen oberhalb dieser Schwelle gemessen (Tabelle 25). Diese Eingrenzung vernachlässigt einen Teil der ökotoxikologisch relevanten Insektizide v.a. die in niedrigen Dosen eingesetzten Pyrethroide. Da der Schwerpunkt der Studie aber auf den Transportprozessen und nicht auf der ökologischen Bewertung liegt, ist die Eingrenzung zielführend. Für die weitere Auswertung wurde mit Rängen der einzelnen Wirkstoffe gearbeitet. Dafür wurde für jeden der zu untersuchenden Wirkstoffe die maximale und die mittlere Konzentration pro Ereignistyp berechnet. Anschliessend wurde für jeden Wirkstoffe die Ränge bestimmt, indem für den Ereignistyp mit der höchsten Konzentration jeweils der Wert 4 und den mit der tiefsten Konzentration eine 1 vergeben wurde. Die Summe aller Ränge erlaubt Rückschlüsse, bei welchen Ereignistypen wie häufig Konzentrationsmaxima bzw. die höchsten Mittelwerte beobachtet werden. Auf diese Weise wurden die Ergebnisse nicht von einigen wenigen Wirkstoffen dominiert, sondern die Information aller untersuchten Wirkstoffe konnte berücksichtigt werden.

Es zeigte sich, dass sich für Konzentrationsmaxima und Mittelwerte sehr ähnliche Ergebnisse ergeben, weshalb im weiteren Verlauf nur die anhand der Mittelwerte berechneten Ergebnisse diskutiert werden Abbildung 62 und Abbildung 63). Da Ereignistyp 1 und 2 zusammen die Abschwemmung vom Feld ausmachen, werden deren Ränge jeweils gestapelt dargestellt. In allen Jahren erreicht die Abschwemmung vom Feld die höchste Punktzahl jeweils gefolgt von der Abschwemmung von befestigten Flächen. Ein Spezialfall ist das Jahr 2018, für das ausschliesslich Zweiwochenmischproben vorlagen, davon keine vom Ereignistyp 2 (Abfluss vom Feld nach Niederschlagsereignis). Auch der Ereignistyp 4 (Trockenperiode) kam im Jahr 2018 nur in drei von 17 Proben vor, da kaum je zwei Wochen ohne Regen vergehen. Das Jahr 2018 lässt sich wegen der zu wenig hohen zeitlichen Auflösung nicht weiter interpretieren.

[4] Diese Eingrenzung ist nötig, denn Einträge von in früheren Jahren vorgenommenen Applikationen zeigen andere Muster, was zu Fehlschlüssen bei der Auswertung führen würden. Das ist z.B. beim Konzentrationsverlauf des seit mehreren Jahren nicht mehr eingesetzten aber in allen Proben nachgewiesenen Wirkstoffs Atrazin ersichtlich. Die Konzentrationen des kontinuierlich aus der Bodenmatrix ausgewaschenen Atrazins steigen im Lauf von Trockenperioden an und sinken bei Niederschlägen, woraus aber nicht auf Einträge von Hofplätzen geschlossen werden kann.

Aussagekräftig sind die relativen Anteile der Ereignistypen und dabei insbesondere der Anteil von Ereignistyp 4 im Vergleich zu den anderen Ereignistypen. Die im Kapitel 8.2 formulierte Hypothese, dass der Anteil des Ereignistyps 4 im Lauf des Projekts abnehmen sollte, kann anhand von Abbildung 62 nicht bestätigt werden.

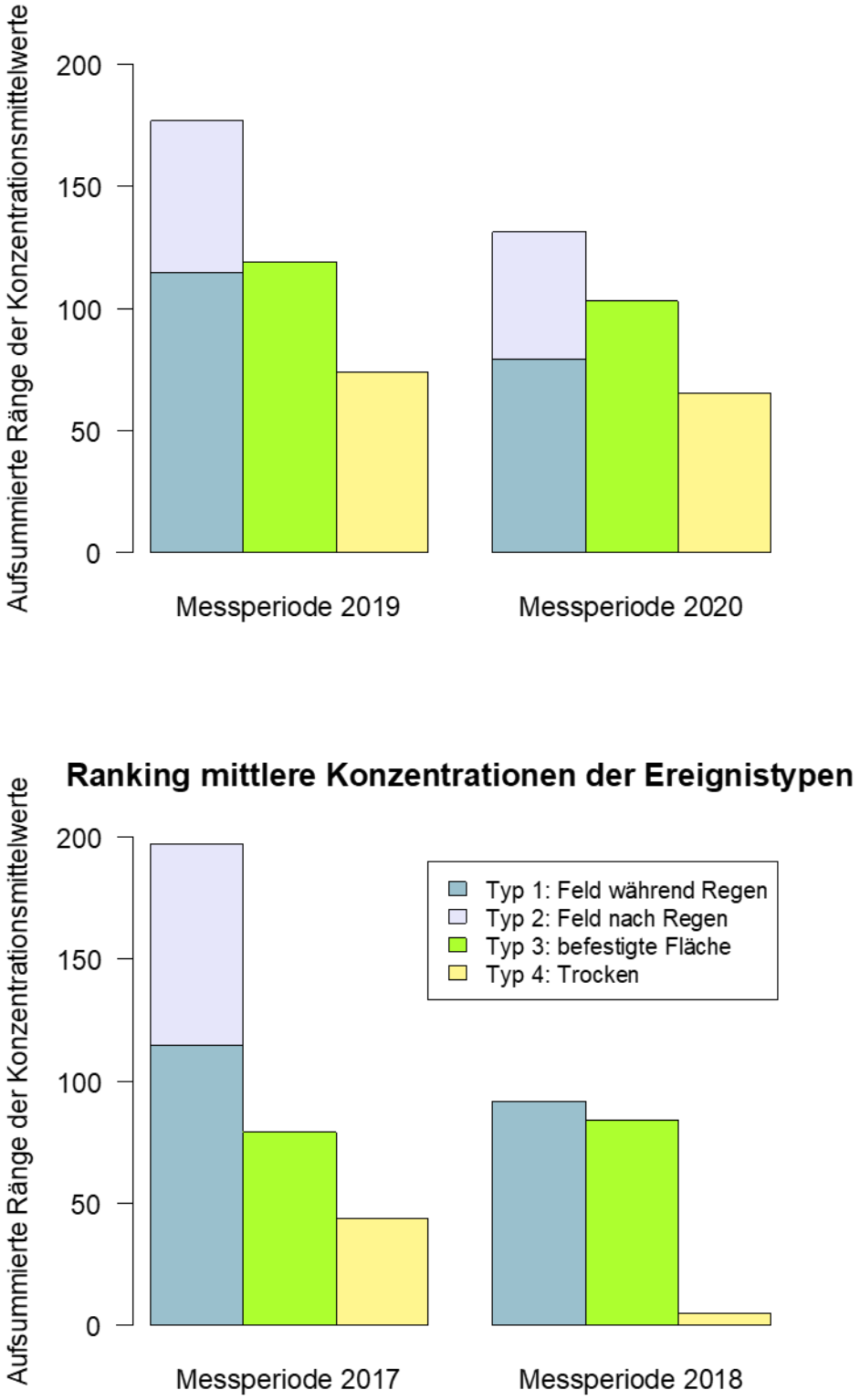


Abbildung 62 Summe der Ränge der Konzentrationsmittelwerte aller Wirkstoffe mit erhöhten Konzentrationen für den Chrümmlisbach.

Ballmoosbach
Für den Ballmoosbach wurden nur die Jahr 2019 und 2020 dargestellt (Abbildung 63), da für die Jahr 2017 und 2018 nur Zweiwochenmischproben vorlagen. Die Summe der Ränge ist deutlich niedriger, weil weniger Wirkstoffe die definierte Schwelle von 50 ng/L überschritten haben.

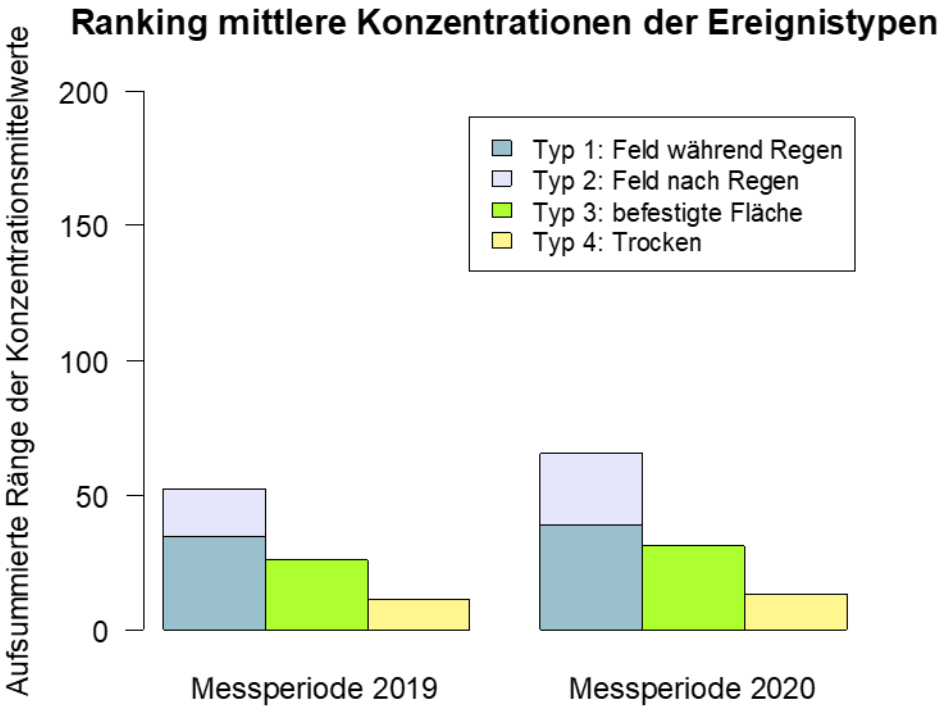


Abbildung 63 Summe der Ränge der Konzentrationsmittelwerte aller Wirkstoffe mit erhöhten Konzentrationen für den Ballmoosbach.

Auch hier sind die relativen Anteile der Ereignistypen interessant. Hier zeigt sich, dass die Einträge während Trockenperioden meistens die geringste Bedeutung haben und auch die Abschwemmung von befestigen Flächen hat eine geringere Bedeutung als im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs.

8.4.2.2 Frachten

Chrümmlisbach
Die Frachten aller gemessenen Wirkstoffe bewegen sich im Chrümmlisbach zwischen knapp 400 g im Jahr 2017 und maximal 700 g im Jahr 2018. In den Jahren 2019 und 2020 waren es jeweils knapp 600 g. Damit fliesst aus dem Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs jedes Jahr rund ein halbes Kilogramm reine PSM-Wirkstoffe ab.
Die Frachten verteilen sich von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich auf die vier Ereignistypen (Abbildung 64 und Abbildung 65). Während die Fracht im Jahr 2017 noch überwiegend den Einträgen vom Feld zugeordnet wurde, stieg der Anteil von Typ 3 (befestigte Flächen) und 4 (Trockenperioden) kontinuierlich an und war im Jahr 2020 etwa gleich hoch wie der Anteil vom Feld.
Damit muss die im Kapitel 8.2 formulierte Hypothese, dass die durch Typ 3 und 4 verlorene Wirkstoffmenge im Lauf des Projekts abnehmen sollte, verworfen werden.
Gemäss den Projektunterlagen gab es im Jahr 2020 auch noch Betriebe mit nicht sanierten Hofplätzen. Die Auswertungen weisen somit darauf hin, dass diese Sanierungen eine hohe Priorität haben.

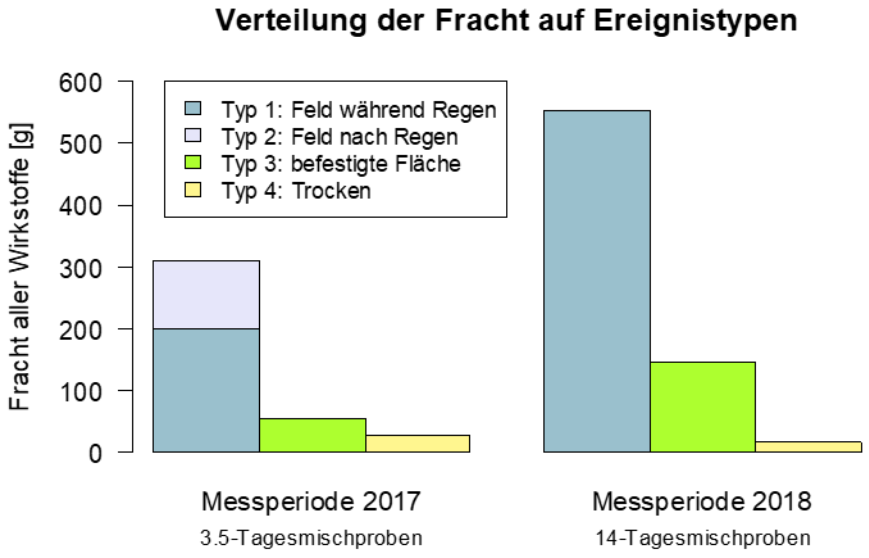


Abbildung 64 Verteilung der Wirkstoff-Fracht im Chrümmlisbach auf die vier Ereignistypen im Jahr 2017 (links) und im Jahr 2018 (rechts)

Der absolute Betrag der Verluste vom Feld ist in den Jahren 2017, 2019 und 2020 mit jeweils 300 g nahezu konstant. Angesichts der in den Jahren 2019 und 2020 höheren Niederschläge und Abflüsse ist das ein Hinweis, dass dank der Massnahmen die Tendenz, Wirkstoffe von den Feldern zu verlieren, abgenommen hat.
Das Jahr 2018 sowohl die insgesamt grössten Frachten als auch den höchsten Anteil an Verlusten vom Feld. Der hohe Anteil der Verluste vom Feld dürfte dadurch bedingt sein, dass im Jahr 2018 ausschliesslich Zweiwochenmischproben genommen wurden. Die hohe Gesamtfracht ist hingegen weder durch die Probenahmestrategie noch durch die meteorologischen Bedingungen zu erklären.

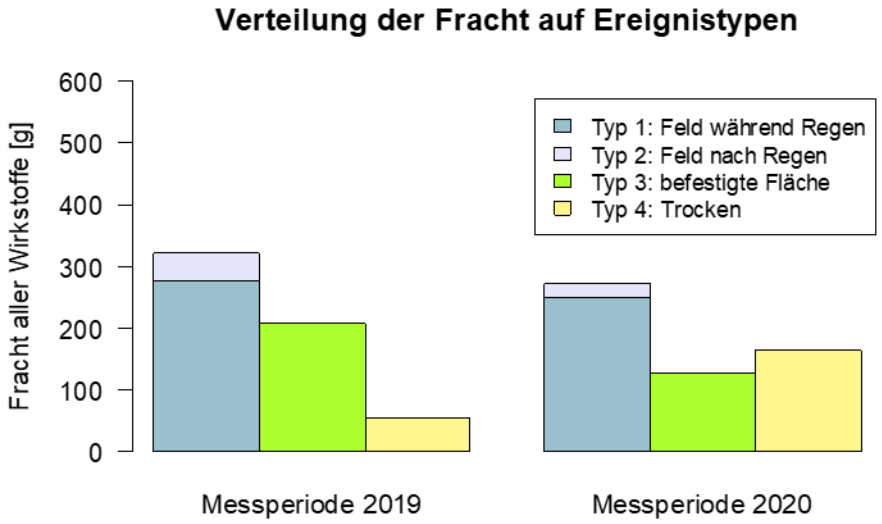


Abbildung 65 Fracht der gemessenen PSM-Wirkstoffe im Chrümmlisbach in den Jahren 2019 und 2020

Die in Abschnitt 8.4.2.1 erwähnten hohen Peaks von Dimethenamid und Terbuthylazine illustrieren, dass bereits sehr wenige Einträge das Gesamtergebnis stark beeinflussen können. So beläuft sich die Fracht der beiden Wirkstoffe in den drei zwischen dem 23. Mai und dem 3. Juni 2020 während einer

komplett trockenen Phase genommenen Proben auf 98 g, was 60% der dem Ereignistyp 4 zugeordneten Fracht ausmacht. Einzelne Zwischenfälle bei der Handhabung können also einen starken Effekt auf den Projekterfolg haben.

Ballmoosbach
Die Frachten aller gemessenen Wirkstoffe betrug im Ballmosbach 65 g im Jahr 2017, 103 g im Jahr 2018, 22 g im Jahr 2019 und 65 g im Jahr 2020. Sie liegen damit rund einen Faktor 10 tiefer als im Chrümmlisbach, obwohl die ackerbaulich genutzte Fläche im Ballmoosbach lediglich ein Drittel tiefer ist als im Chrümmlisbach. Dies verdeutlicht die bereits in früheren Studien festgestellten tieferen Eintragsrisiken im Einzugsgebiet des Ballmoosbachs, was sich auch in der deutlich geringeren Anzahl von Überschreitungen der Qualitätskriterien widerspiegelt (Minkowski 2021).

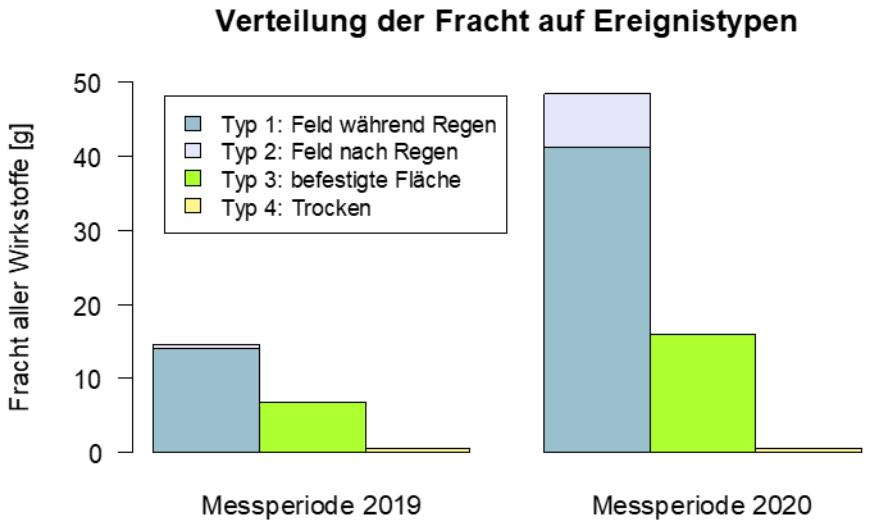


Abbildung 66 Verteilung der Wirkstoff-Fracht im Ballmoosbach auf die vier Ereignistypen im Jahr 2019 (links) und im Jahr 2020 (rechts)

Da für die Jahre 2017 und 2018 ausschliesslich Zweiwochenmischproben vorlagen, wurde die Unterscheidung in die vier Ereignistypen nur für die Jahre 2019 und 2020 vorgenommen. Die Abschwemmung vom Feld ist in beiden Jahren klar dominierend. Die Fracht während Trockenperioden ist sehr klein. Dies entspricht der Tatsache, dass im Einzugsgebiet auf nur einem einzigen Hofplatz auch mit PSM gearbeitet wird und der auf dem Hof vorhandene Waschplatz bereits bei Projektbeginn saniert war[5]. Der Unterschied zwischen den Jahren 2019 und 2020 könnte auf die im Jahr 2020 etwas feuchteren Bedingungen zurückzuführen sein. Es handelt sich aber um eine Schwankung auf tiefem Niveau.

8.4.2.3 Verlustraten
Zur Berechnung von Verlustraten wurde für jeden Wirkstoff der Quotient aus der berechneten Fracht und der Aufwandmenge im entsprechenden Jahr gebildet. Auf diese Weise lassen sich durch unterschiedliche Aufwandmengen bedingte Unterschiede herausrechnen, denn diese können um mehr als zwei Grössenordnungen abweichen (z.B. die beiden als Herbizide eingesetzten Wirkstoffe Iodosulfuron-methyl-Natrium mit 10 g/ha und Prosulfocarb mit bis zu 3.6 kg/ha). Dadurch konnte auf den bei der Analyse der Konzentrationen (Abschnitt 8.4.2.1) verwendeten Schwellenwert von 50 ng/L verzichtet werden.
Die Verlustraten wurden für alle Wirkstoffe, die im entsprechenden Jahre appliziert und nachgewiesen wurden, bestimmt. Dabei wurde angenommen, dass die Applikationen früherer Jahre deutlich weniger zur Gesamtfracht beitragen als die Applikationen des aktuellen Jahres. Ein gewisser Teil der Einträge

[5] Zwei weitere Betriebe mit Hofplatz im Einzugsgebiet lassen die PSM-Applikationen von Lohnunternehmen vornehmen.

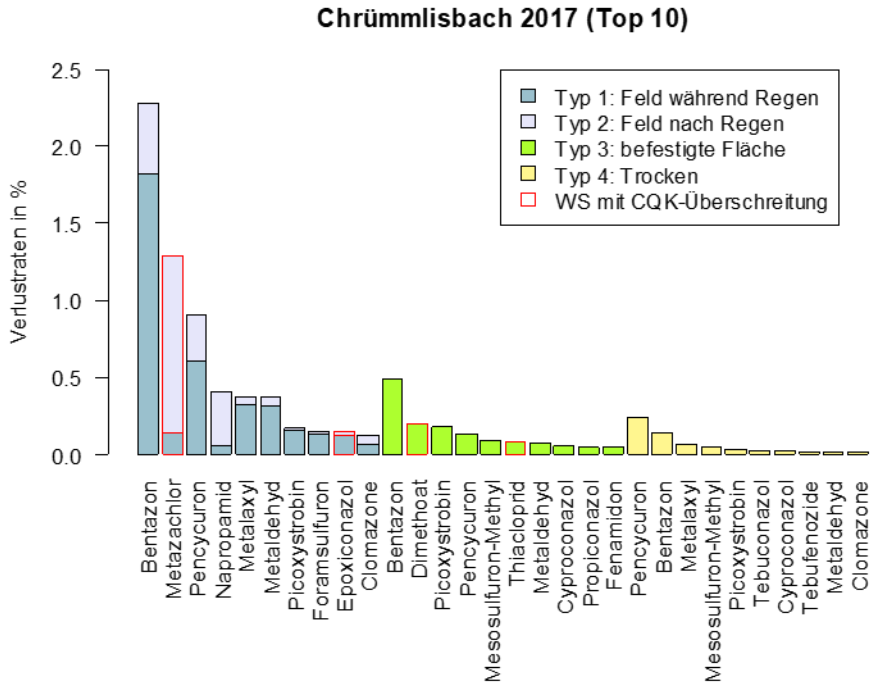
dürfte auch von Verlusten von ausserhalb des Einzugsgebiets applizierten PSM stammen möglicherweise von durch das Einzugsgebiet gefahrenen, tropfenden Spritzen (die naheliegendste Erklärung für die eher vereinzelt beobachteten erhöhten Wirkstoff-Konzentrationen ohne erfasste Applikationen im Einzugsgebiet). Sind solche Verluste hoch, sollten sich dies in unrealistisch hohen Verlustraten zeigen. Die Verlustraten wurden jeweils über die ganze Messperiode von Anfang März bis Ende Oktober berechnet (Abbildung 67). Dabei wurde für jeden Wirkstoff die den vier Ereignistypen zugeordnete Fracht berechnet, und durch im gesamten Einzugsgebiet im jeweiligen Jahr eingesetzte Menge dividiert. In den Grafiken sind jeweils für jeden Ereignistyp die zehn höchsten Verlustraten dargestellt. Ereignistyp 1 und 2 wurden dabei als Einträge vom Feld zusammengezählt. Diese auf Wirkstoffebene vorgenommene Analyse zeigt Folgendes:

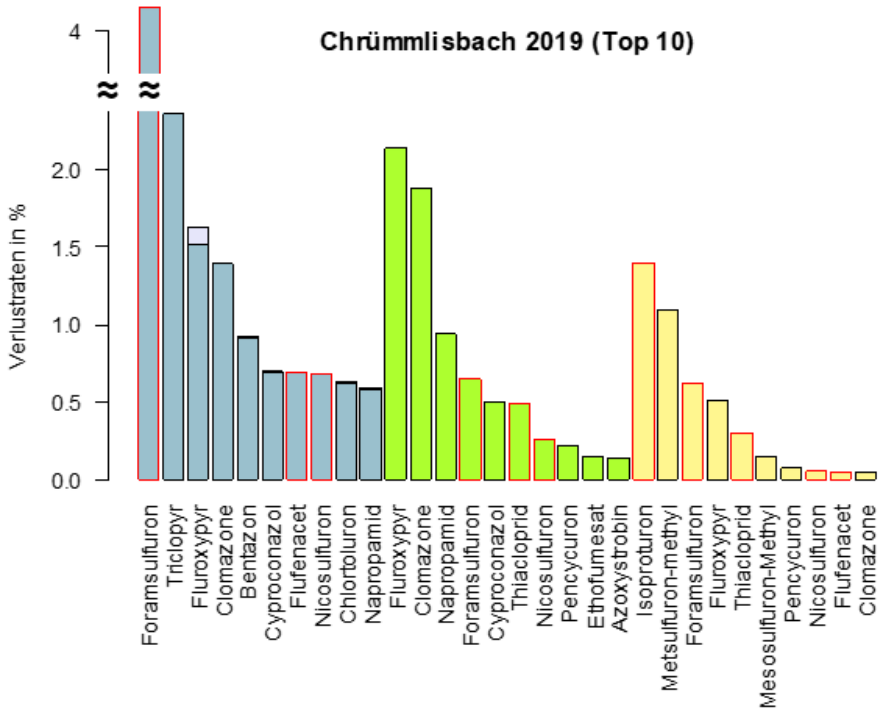
- Die maximalen Verlustraten sind teilweise sehr hoch, aber nicht unrealistisch. Die Autoren eines Reviews zum Thema Verlustraten stellten fest, dass bei geringer Bodenbedeckung Verlustraten von 2% nicht unrealistisch sind und vereinzelt wurden auch höhere Werte bestimmt (Burgoa 1995). Bei erhöhter Bodenbedeckung sind die publizierten Werte etwas tiefer, aber auch dann sind Werte bis 1% plausibel.

- In den drei untersuchten Jahren sind die Top 10 Verlustraten sehr unterschiedlich hoch. Im Jahr 2019 wurden bei allen Ereignistypen höhere Verlustraten beobachtet. Im Jahr 2017 dominierten die Einträge vom Feld, während im Jahr 2020 die den Trockenperioden zugeordneten Proben zu unerwartet hohen Verlustraten führten.

- Es wurde keine gesonderte Analyse vorgenommen, ob die Wirkstoffe mit CQK-Überschreitungen auch eher hohe Verlustraten aufweisen. Die in Abbildung 67 rot umrandeten Balken, zeigen an, ob ein Wirkstoff im entsprechenden Jahr auch zu CQK-Überschreitunen geführt hat. Es zeigt sich, dass sich in allen Jahren knapp die Hälfte der Wirkstoffe mit CQK-Überschreitungen auch untern den Top 10 der höchsten Verlustraten befindet (5 der 9 Wirkstoffen mit CQK-Überschreitungen im Jahr 2017, 5 der 14 im Jahr 2019 und 7 der 13 im Jahr 2020).

- Die im Jahr 2020 beobachtete Abnahme der Verlustraten vom Feld ist eine positive Entwicklung. Es kann sein, dass die Verlustraten im besonders nassen Sommer 2021 wieder steigen, aber bei Beibehalt der Massnahmen sollte sich die Tendenz in den kommenden Jahren bestätigen lassen.


Chrümmlisbach 2017 (Top 10)
Verlustraten in %
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
Typ 1: Feld während Regen
Typ 2: Feld nach Regen
Typ 3: befestigte Fläche
Typ 4: Trocken
WS mit CQK-Überschreitung
Bentazon
Metazachlor
Pencycuron
Napropamid
Metalaxyl
Metaldehyd
Picoxystrobin
Foramsulfuron
Epoxiconazol
Clomazone
Bentazon
Dimethoat
Picoxystrobin
Pencycuron
Mesosulfuron-Methyl
Thiacloprid
Metaldehyd
Cyproconazol
Propiconazol
Fenamidon
Pencycuron
Bentazon
Metalaxyl
Mesosulfuron-Methyl
Picoxystrobin
Tebuconazol
Cyproconazol
Tebufenozide
Metaldehyd
Clomazone


Chrümmlisbach 2019 (Top 10)
Verlustraten in %
4
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
Foramsulfuron
Triclopyr
Fluroxypyr
Clomazone
Bentazon
Cyproconazol
Flufenacet
Nicosulfuron
Chlortoluron
Napropamid
Fluroxypyr
Clomazone
Napropamid
Foramsulfuron
Cyproconazol
Thiacloprid
Nicosulfuron
Pencycuron
Ethofumesat
Azoxystrobin
Isoproturon
Metsulfuron-methyl
Foramsulfuron
Fluroxypyr
Thiacloprid
Mesosulfuron-Methyl
Pencycuron
Nicosulfuron
Flufenacet
Clomazone

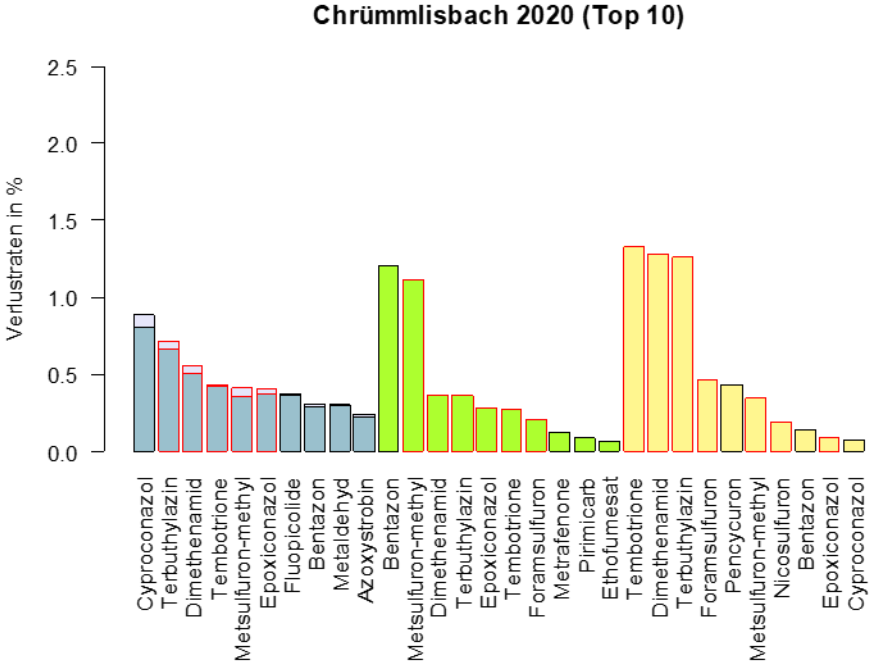


Abbildung 67 Zehn höchste Verlustraten pro Ereignistyp mit Ereignistypen 1 und 2 als Summe ausgewertet. Rot umrandete Balken sind Wirkstoffe mit CQK-Überschreitungen.

8.4.3 *Analyse der räumlichen Information*

8.4.3.1 Applikationskarten

Die Applikationskarten aller im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs in den Jahren 2017, 2019 und 2020 applizierten und mit analytischen Methoden quantitativ bestimmten Wirkstoffe sind jeweils als pdf-Dokument im Projektverzeichnis «Anhange» zu finden. Diese wurden zur Prüfung und Interpretation der Häufigkeitskarte verwendet.

8.4.3.2 Abschwemmung von Flächen im Feld

Abbildung 68 zeigt die Häufigkeitsgrafik für das Einzugsgebiet Chrümmlisbach. Es werden nur Flächen berücksichtigt, die deren Determiniertheit D grösser als 0.1 war, bei denen also weniger als 10 Flächen als Quelle des Eintrags in Frage kamen.

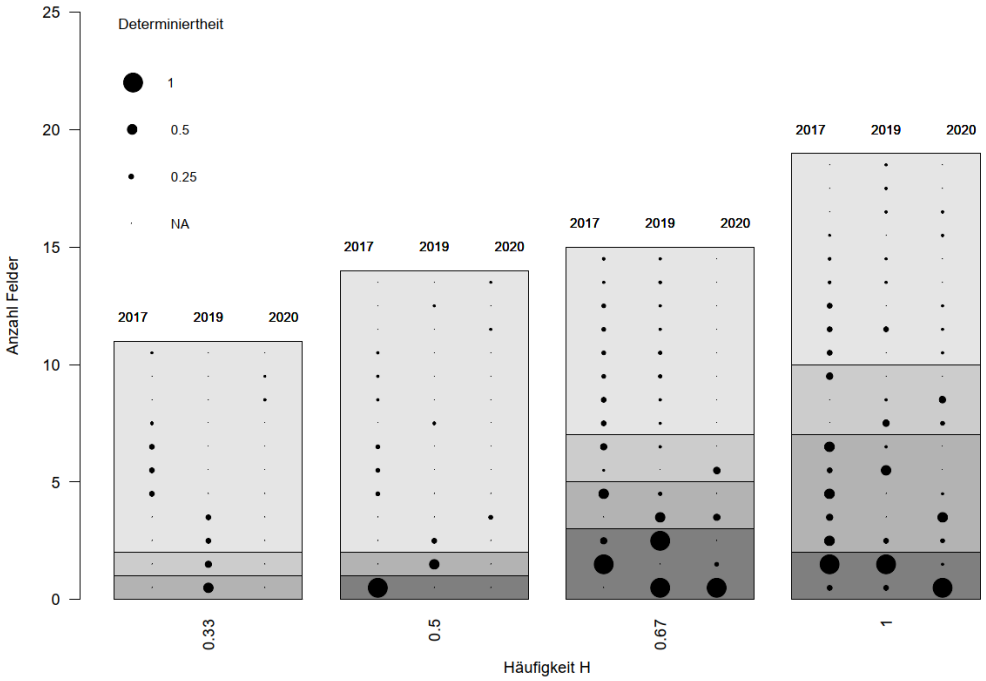


Abbildung 68 Häufigkeitsgrafik für die Zeitperiode 2017-2020. Die vier Balken zeigen die Anzahl Flächen die für vier möglichen Häufigkeiten für Beiträge in Frage kommen. Jede Fläche weist für jedes Jahr eine Determiniertheit auf, deren Höhe mit den schwarzen Punkten dargestellt ist. Je grösser die Punkte, und entsprechend die Determiniertheit, desto wahrscheinlicher ist, dass die Parzelle im entsprechenden Jahr tatsächlich eine erhöhte Konzentration im Gewässer verursacht hat. Flächen, die keine Ereignisse aufweisen, in denen die Determiniertheit höher als 0.1 ist, sind in dieser Grafik nicht abgebildet

Eine Häufigkeit von 1 bedeutet, dass die betroffene Fläche in jedem behandelten Jahr (es können ein, zwei oder drei Jahren sein) auch mit einem Eintrag in Verbindung gebracht werden kann. Einträge mit D < 0.1 wurden dabei nicht berücksichtigt, weil die Aussagen einen zu geringen Beitrag zur Eingrenzung leisten. Als Beispiel weist die unterste Zeile bei der Häufigkeit von 1 im Jahr 2017 eine Determiniertheit 0.25, im Jahr 2019 ebenfalls und im Jahr 2020 ein D von 1 (einzige in Frage kommende Fläche) auf. Die zweitunterste Zeile weist in den Jahren 2017 und 2019 ein D von 1 und im Jahr 2020 ein NA auf (mehr als 10 Flächen kommen in Frage oder keine Behandlung).
Flächen mit einer Häufigkeit von 0.33 wurden in allen drei Untersuchungsjahren behandelt, aber nur in einem Jahr mit einem abschwemmungsbedingten Eintrag in Verbindung gebracht. Flächen mit einer Häufigkeit von 0.5 wurden in zwei von drei Jahren behandelt, wovon in einem Jahr ein Eintrag zugeordnet wurde. Flächen, die eine Häufigkeit von 0.67 ausweisen wurden in drei Jahren behandelt und in zwei Jahren mit Einträgen in Verbindung gebracht.
Die in Abbildung 68 dargestellten Graustufen zeigen die maximale Determiniertheit der entsprechenden Fläche über alle untersuchten Jahre. Je dunkler die Farbe, desto höher der Wert der Determiniertheit. Eine Fläche kann mehrere Determiniertheiten pro Jahr aufweisen, da mehrere Ereignisse vorkamen oder mehrere Wirkstoffe in Frage kommen.
Damit die Ergebnisse der Häufigkeitsgrafik besser nachvollzogen werden können, werden alle Applikationen, die
einen mit einer Determiniertheit > 0.1 einen Eintrag verursacht haben, pro Fläche in einer Grundlagentabelle zusammengefasst (Anhang 7.2) Die für das Nachvollziehen der Grundlagentabelle nötige Darstellung der Flächen-IDs, befindet sich ebenfalls im Anhang (Anhang 7, Abbildung 8)
Wegen dem zur Herleitung der Häufigkeitsgrafik definierten Vorgehen sind keine Aussagen möglich, dass Flächen *nicht* beitragend sind.
Umgekehrt lassen sich anhand der Häufigkeitsgrafik jedoch eine Reihe von Flächen identifizieren, die in allen untersuchten Jahren als beitragend eingestuft wurden. Ist die Determiniertheit der identifizierten Flächen hoch, ist entsprechend auch die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass von diesen Flächen Wirkstoffe abgeschwemmt wurden.
Das Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs weist eine hohe Dichte an Schächten mit Gewässeranschluss auf (Abbildung 69). Aussagen dazu, welche dieser vielen Schächte regelmässig Einträge verursachen,

erfordern Modellierungen von Fliesslinien zu den einzelnen Schächten, wie sie unter anderem im Eawag-Projekt zur Untersuchung von Kurzschlüssen vorgenommen wurden.

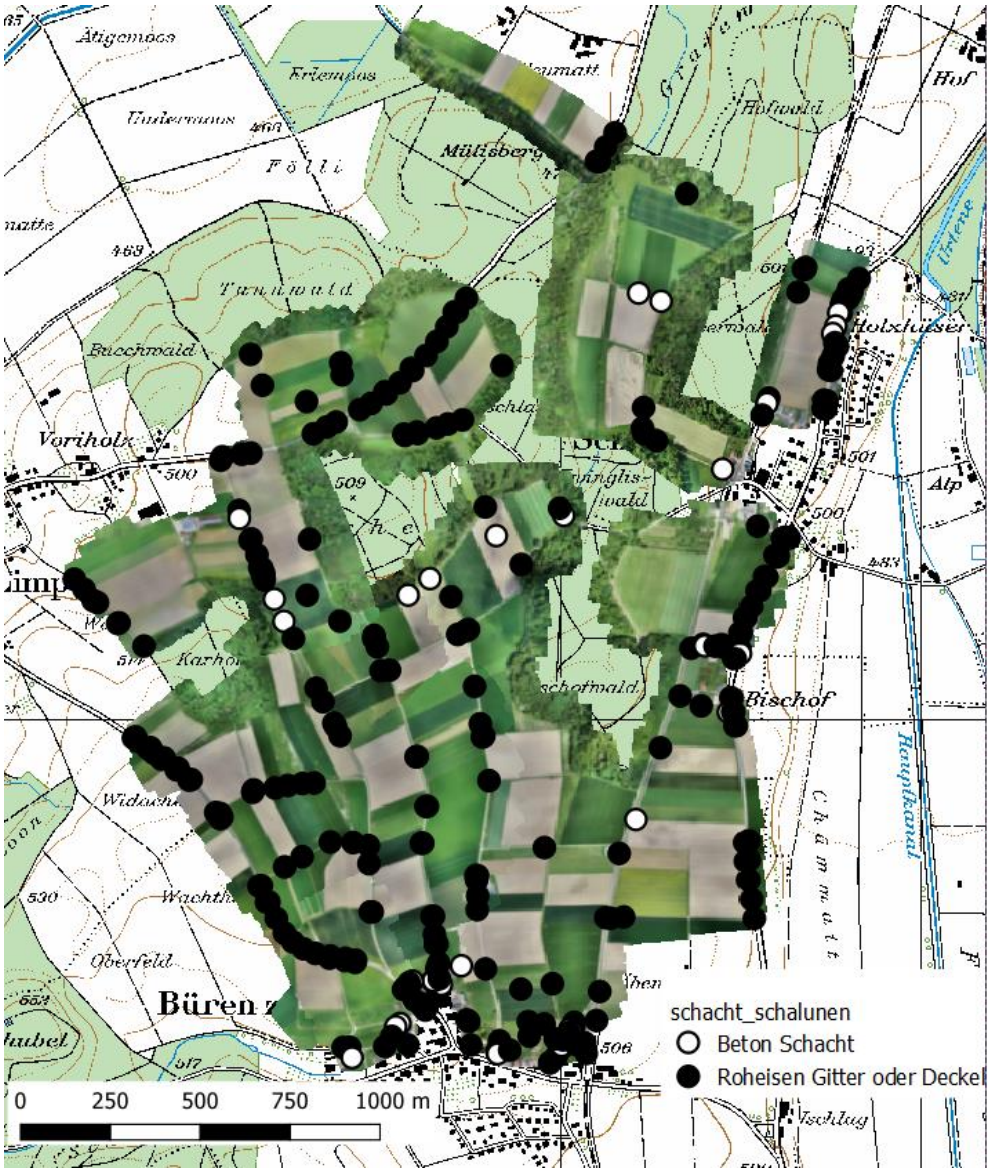


Abbildung 69 EZG des Chrümmlisbachs bei Schalunen, Lage der 337 Schächte: Gusseisendeckel und Gitterrostdeckel offen (schwarz), Betondeckel geschlossen (weiss)

Der Schwellenwert von 0.1 wurde anhand einer Sensitivitätsanalyse gesetzt. Wenn der Schwellenwert 0 wäre (das heisst, es werden alle Wirkstoffe berücksichtigt, auch diejenigen mit einer hohen Anzahl in Frage kommender Flächen), würden viele Flächen eine Häufigkeit von 1 ausweisen, aber entsprechend mit einer niedrigen Determiniertheit. Wenn man einen Schwellenwert von 0.2 festlegt, würden nur wenige Flächen in der Analyse berücksichtigt werden, die aber mit hoher Wahrscheinlichkeit einen Eintrag ins Gewässer verursachen.
Tabelle 26 zeigt die Anzahl Flächen, die in den verschiedenen Schritten der Analyse berücksichtigt wurden. Von den 114 insgesamt aufgenommenen Flächen wurden mit der gewählten Methodik 86 Flächen als zumindest potenziell beitragend eingestuft. Die restlichen 28 Flächen wurden in keinem Jahr als potenziell beitragend klassiert. Wenn man nur Flächen mit einem Eintrag mit D > 10% berücksichtigt, dann sinkt die Anzahl beitragender Flächen auf 59. Je höher der Schwellenwert für die mini-

male Determiniertheit, desto weniger Flächen würden in Frage kommen[6]. Die Analyse basiert bisher erst auf drei Jahren[7]. Kommen im Lauf des Projekts weitere Untersuchungsjahre dazu, gewinnt die Analyse zunehmend an Aussagekraft.

Tabelle 26 Zusammenfassung der Anzahl berücksichtigten Flächen in den verschiedenen Analysenschritten, gemäss GELAN Registrierung.

Auswertebare Flächen im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs	
Total Anzahl Flächen ohne Dauerwiese und Ökoflächen (gemäss Daten 2020)	114
Anzahl potenziell beitragenden Flächen 2017-2020 für die relevanten Ereignisse ohne Schwellenwert für die Determiniertheit	86
Anzahl potentiell beitragenden Flächen 2017-2020 für die relevanten Ereignisse mit D > 0.1	59

8.4.3.3 Abschwemmung von befestigen Flächen und von Hofplätzen

Die Abschwemmung von befestigten Flächen (Ereignistyp 3) kann folgende Ursachen haben:

- Verlust von Spritzbrühe bei Fahrt zu oder vom Ort der Applikation
- Drift auf Strassen und Plätze
- Verschütten von PSM beim Befüllen auf nicht sanierten Hofplätzen

Auf eine räumliche Analyse solcher Ursachen wurden wegen der hohen Unsicherheiten verzichtet. Aktuelle Forschungsergebnisse der Eawag zeigen aber, dass diese Art von Einträgen potenziell einen relevanten Anteil an den Einträgen ausmacht (Schönenberger 2021).
Die dem Ereignistyp 3 zugeordneten Proben wurden in Zeitabschnitten genommen, in denen lediglich kleinere Niederschlagsereignisse gefallen sind. Für erhöhte Konzentrationen während Trockenperioden (Ereignistyp 4) fällt der Regen als Träger des Eintrags weg. Die PSM müssen also direkt und in grösseren Mengen in fliessendes Wasser gelangt sein. Die Unterlagen zum Stand der Hofplatzsanierungen zeigen, dass im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs bis 2020 noch mehrere Sanierungen nicht abgeschlossen waren. Sind diese Arbeiten abgeschlossen, sollten erhöhte Konzentrationen während Trockenperioden im Chrümmlisbach analog zum Ballmoosbach keinen substanziellen Anteil mehr ausmachen.

[6] Es ist zu bemerken, dass die Anzahl Flächen abhängig von der Aufnahme und Gruppierung der Flächen ist. In dieser Analyse wurden alle Flächen mit der gleichen ID gruppiert und als[6] einzige Parzelle betrachtet, um die Auswertung zu vereinfachen.

[7] Das Jahr 2018 konnte wegen der zu niedrigen zeitlichen Auflösung der Proben nicht ausgewertet werden

8.5 **Fazit**

Vier Jahre nach Messbeginn sind trotz der generell hohen Variabilität von Gewässer-Monitoringdaten erste für die Projektsteuerung relevante Aussagen möglich. Die wichtigen Aspekte lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- An der in der Nähe der beiden Einzugsgebiete liegenden MeteoSchweiz-Station ist die Niederschlagssumme von März bis Oktober (Dauer der Messperiode) in den Jahren 2017 und 2018 die niedrigste bzw. zweitniedrigste seit 1980. Die Messperiode des Jahres 2019 weist eine im langjährigen Vergleich im unteren Viertel liegende Niederschlagssumme auf und die des Jahres 2020 eine mittlere.

- Trotz lokaler Unterschiede ist die grundsätzliche Einordnung der Niederschlagsverhältnisse der ersten vier Untersuchungsjahre in beiden Gebieten ähnlich und zeigt sich auch im Abflussvolumen. Da Niederschläge der relevanteste Risikofaktor für Verluste vom Feld sind, muss entsprechend in beiden Einzugsgebieten das Risiko für PSM-Verluste vom Feld im Jahr 2017 am tiefsten und im Jahr 2020 am höchsten eingestuft werden. Das Berner Pflanzenschutzprojekt muss in der Hinsicht also «bergauf» arbeiten.

- Die Einteilung der Proben in vier dominante Ereignistypen und die darauf basierende Analyse der Konzentrationen, Frachten und Verlustraten weist darauf hin, dass im Chrümmlisbach die Einträge während Trockenperioden (Typ 4) und durch Abschwemmung von befestigten Flächen (Typ 3) im Lauf der Jahre nicht wie erwartet abgenommen, sondern eher zugenommen haben, und zwar sowohl die relativen Anteile als auch die absoluten Mengen. Dies zeigt sich am deutlichsten bei den Frachten, aber auch bei den Verlustraten. Im Ballmoosbach, in dessen Einzugsgebiet keine Hofplätze mit Sanierungsbedarf mehr vorkommen, ist der Anteil des Ereignistyps 4 hingegen verschwindend klein, was einen Handlungsbedarf für weitere Hofplatz-Sanierungen im Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs nahelegt. Dies umso mehr als dass es einzelne Zwischenfälle sein können, die grossen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben.

- Die auf das Einzugsgebiet des Chrümmlisbachs beschränkte räumliche Analyse zeigt, dass eine genaue Zuordnung der Konzentrationsanstiege wegen der hohen Anzahl potenziell beitragender Flächen häufig nicht möglich ist. Aussagen, dass bestimmte Flächen sicher nicht beitragend sind, sind ebenfalls nicht möglich. Umgekehrt liessen sich jedoch eine ganze Reihe von Flächen identifizieren, die in allen drei untersuchten Jahren als beitragend eingestuft wurden. Ein Abgleich mit im Feld gewonnenen Erkenntnissen (z.B. Vorhandensein von Kurzschlüssen über Schächte und Drainagen, Vernässung, Pflugsohlen usw.) und daran angepasst Massnahmen hat eine hohe Priorität. Eine Reihe der identifizierten Flächen weist keine Kurzschlüsse auf, was auf Einträge durch Drainagen deutet. Hierzu wären weitere Abklärungen zur Tiefe und Wasserführung der Drainagen wertvoll.

Da im Jahr 2021 noch eine ganze Reihe zusätzlicher Pufferstreifen angelegt wurden und weitere Massnahmen zur Reduktion von Verlusten vom Feld ergriffen wurden, sollten die Anzahl der als beitragend eingestuften Flächen in kommenden Jahren sinken.
Generell gehen wir davon aus, dass sowohl die Analyse der chemischen Daten als auch die räumliche Analyse in kommenden Jahren an Aussagekraft gewinnen wird.

8.6 **Ausblick**

Folgende weitergehende Untersuchungen könnten von Interesse sein:

- Bei der Analyse der chemischen Daten wurde der Fokus primär auf die zu Einträgen führenden Prozesse gelegt. Dabei wurde keine ökotoxikologische Gewichtung vorgenommen. In weitergehenden Untersuchungen könnte das Gewicht noch stärker auf die Wirkstoffe gelegt werden, die zu Überschreitungen von Qualitätskriterien geführt haben. Erste Ergebnisse aus der Analyse der Verlustraten zeigen, dass die Wirkstoffe mit Überschreitungen nur zum Teil erhöhte Verlustraten haben. Mit einer Fokussierung auf diese Wirkstoffe könnte die Priorisierung der Massnahmen weiter geschärft werden.

- Der zur Erstellung der Häufigkeitskarte verwendete Ansatz zur Eingrenzung der potenziell beitragenden Flächen berücksichtigt bisher auf der zeitlichen Ebene, dass Applikationen nach dem Eintragsereignis nicht in Frage kommen. Die seit der Applikation vergangene Zeit ist ebenfalls relevant, denn zumindest bei schneller abbaubaren Wirkstoffen kommt eine Fläche nach einer gewissen Zeit nicht mehr als Quelle in Frage. Mit einer für die Substanzeigenschaften spezifischen Häufigkeitskarte könnten also die beitragenden Flächen zusätzlich eingegrenzt werden.

- In dieser Analyse wurden die Risiko-Flächen untersucht und dargestellt. Eine weitere Untersuchung könnte umgekehrt die risikoarmen Flächen identifizieren, also diejenigen, denen nie ein durch Abschwemmung bedingte Konzentrationsanstieg zugewiesen wurde. Eine solche Analyse stellt nicht einfach einen Umkehrschluss der Häufigkeitskarte (Abbildung 68) dar, sondern erfordert einen kompletten Umkehrschluss bei der Auswertung der Konzentrationsverläufe. Die Bestimmung von risikoarmen Flächen könnte der Bestimmung guter Praktiken in der Landwirtschaft dienen.

Insgesamt besteht also noch weiteres Potenzial, durch vertiefte Auswertungen, die Wirksamkeit der BPP-Massnahmen besser zu beschreiben.

8.7 **Literatur**

Bracher 2020. Bracher F., Konz N., Plath M. 2020: Vergleich von Modellansätzen zur Bewertung des Austragsrisikos von Pflanzenschutzmitteln aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in Oberflächengewässer, Oktober 2020, 53 S.

Burgoa 1995. Burgoa B., Wauchope R. D. 1995: Pesticides in run-off and surface waters, In: Environmental Behaviour of Agrochemicals, Roberts T.R., Kearney P.C. (Eds), John Wiley & Sons Ltd., S. 221-255.

Daniel 2014. Daniel O., Crole-Rees A., Bühler L, Geiger F., Gujer H.-U., Bertschinger L. 2014: Win^4 in der Landwirtschaft: Verbesserungen in den Dimensionen Ökologie, Soziales und Ökonomie, *Agrarforschung Schweiz*, 5 (2), 64–67.

Dax 2020. Dax A., Stravs M., Stamm C., Ort C., la Cecilia D., Singer H. 2020: MS^{2}Field: Mikroverunreinigungen mobil messen, Aqua & Gas, 12, 14-19.

Doppler 2017. Doppler T., Mangold S., Wittmer I., Spycher S., Comte R., Stamm C., Singer H., Junghans M., Kunz M. 2017: Hohe PSM-Belastung in Schweizer Bächen, *Aqua & Gas*, 4, 46–56.

Doppler 2012. Doppler T., Camenzuli L., Hirzel G., Krauss M., Lück A., Stamm C. 2012: Spatial variability of herbicide mobilisation and transport at catchment scale: insights from a field experiment, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 1947–1967.

Minkowski 2021. Minkowski C., Ruff M., Mauerer V., Ryser R. 2021: Langzeitmonitoring von Pflanzenschutzmitteln - Gewässermonitoring des Berner Pflanzenschutzprojekts, *Aqua & Gas*, 7/8, 50-58.

Noll 2010. Noll D., Dakhel N., Burgos S. 2010: Beurteilung der Transferrisiken von Pestiziden durch Oberflächenabfluss, *Agrarforschung Schweiz*, 1 (3), 110–117.

Ramseier 2020. Ramseier H., Studer P., Burkhart M., Lüthi S., Sperling S., Schneider R., Füglistaller D. 2020: Berner Pflanzenschutzprojekt Wissenschaftliche Begleitung – Zwischenbericht August 2020, 76 S.

Rasmussen 2015. Rasmussen J. J., Wiberg-Larsen P., Baattrup-Pedersen A., Cedergreen N., McKnight U. S., Kreuger J., Jacobsen D., Kristensen E. A., Friberg N., The legacy of pesticide pollution: An overlooked factor in current risk assessments of freshwater systems, Water Research 84, 25-32.

Reichenberger 2019. Reichenberger S., Sur R., Kley C., Sittig S., Multsch S. 2019: Recalibration and cross-validation of pesticide trapping equations for vegetative filter strips (VFS) using additional experimental data, *Sci. Total Environ.*, 647, 534–550

Riedi 2019. Riedi J. 2019: Identifikation der dominanten Eintragspfade von Pflanzenschutzmitteln ins Gewässer durch Kombination verschiedener Datenquellen, Masterarbeit, Universität Basel, 125 S.

Sandin 2017. Sandin M., Piikki K., Jarvis N., Larsbo M., Bishop K., Kreuger J. 2017: Spatial and temporal patterns of pesticide concentrations in streamflow, drainage and runoff in a small Swedish agricultural catchment, *Sci. Total Environ.*, 610–611, 623–634.

Schönenberger 2021. Schönenberger U., Simon J., Stamm C. 2021: Are spray drift losses to agricultural roads more important for surface water contamination than direct drift to surface waters? *In press*.

Spycher 2018. Spycher S., Mangold S., Doppler T., Junghans M., Wittmer I., Stamm C., Singer H. 2018: Pesticide Risks in Small Streams - How to Get as Close as Possible to the Stress Imposed on Aquatic Organisms, *Environ. Sci. Technol.*, 52, 4526–4535.

Spycher 2019. Spycher S., Teichler R., Vonwyl E., Longrée P., Stamm C., Singer H., Daouk S., Doppler T., Junghans M., Kunz M., 2019: Anhaltend hohe PSM-Belastung in Bächen, *Aqua & Gas*, 4, 14-25.

TOPPS 2014. TOPPS 2014: Gute fachliche Praxis zur Verringerung der Gewässerbelastung mit Pflanzenschutzmitteln durch Run-off und Erosion. TOPPS Beste Management Praxis (BMP) Handbuch, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 85 S.

TOPPS 2018. TOPPS 2018: Best Management Practices to reduce water pollution with Plant Protection Products from Drainage and Leaching. TOPPS Beste Management Praxis (BMP) handbook, European Crop Protection Association ECPA, 71 S.

9 Teilprojekt 5 – Insektizidverzicht Raps

9.1 **Einleitung**

Ein Hauptziel des Berner Pflanzenschutzprojekts (BPP) ist die Reduktion des Herbizid-, Insektizid- und Fungizideinsatz. Konkret sollen auf 30% der Rapsfelder die Insektizidmengen um 20% reduziert werden (BEBV und LANAT 2015).

Um dieses Ziel zu erreichen wurde unter anderem die Massnahme 7: Reduzierter Fungizid- und Insektizideinsatz in den Massnahmenkatalog aufgenommen. Bei der Umsetzung im Raps ist eine einmalige Insektizidbehandlung im Erntejahr (Frühling bis Ernte) erlaubt. Wird diese Massnahme gewählt, muss sie auf der gesamten Rapsfläche des Betriebs umgesetzt werden.

Wie Untersuchungen der Pflanzenschutzfachstelle BE sowie Erfahrungen aus der Praxis zeigen, können in vielen Fällen mit einem optimalen Einsatzzeitpunkt des Insektizids die Rapsschädlinge erfolgreich bekämpft werden ohne sichtliche Ertragseinbussen. Entgolten wird die Umsetzung dieser Massnahme mit CHF 200.00 pro ha.

Mit Hilfe von Versuchen auf Praxisbetrieben, welche diese Massnahme umsetzen, wird untersucht wie sich eine einmalige Insektizid-Behandlung im Frühling auf den Ertrag und die Wirtschaftlichkeit gegenüber den Varianten 0x-Insektizid Frühling und 2x-Insektizid Frühling auswirkt.

9.2 **Material und Methoden**

Seit dem Jahr 2018 werden an verschiedenen Standorten Blockversuche durchgeführt. Die Anzahl Wiederholungen variierten je nach Verfügbarkeit und Homogenität der Fläche (Tabelle 27). Im Frühjahr wurden die Parzellen jeweils mit einer Drohne überflogen, mit dem Ziel möglichst ausgeglichene Flächen innerhalb der Rapsparzelle für die Versuche ausfindig zu machen (Abbildung 70). Anschliessend wurden die Blockversuche mit den verschiedenen Verfahren ausgesteckt. Die Elementarparzellen wurden in der Grösse 12m x 20m angelegt. In der Tabelle 28 ist eine Übersicht über die Verfahren und Zeitpunkte der Insektizidbehandlungen zu finden.

Tabelle 27 Übersicht Versuchsstandorte und Anzahl Wiederholungen.

Jahr	Standort	Anzahl Wiederholungen
2017/2018	Schüpfen Autobahn	3
	Langenthal	*4 (keine Ertragsdaten)*
2018/2019	Schüpfen Autobahn	3
	Schüpfen Dorf	2
2019/2020	Schüpfen Autobahn	2
	Schüpfen Dorf	3
	Winterswil	2 *(Hagel, Abschätzung gem. Hagelversicherung 22%))*
2020/2021	Schüpfen Brüel	2 *(Hagel, Abschätzung gem. Hagelversicherung 15%)*
	Schüpfen Dorf	3
	Seedorf	2 *(Hagel, Schaden unbekannt, da keine Hagelversicherung))*

Abbildung 70: Drohnenbild und Versuchsanlage Schüpfen Dorf, 2019/2020. Verfahren: 0 = 0x Insektizid Frühling, 1 = 1x Insektizid Frühling, 2 = 2x Insektizid Frühling.

Im Jahr 17/18 wurde die Parzelle in Langenthal aufgrund technischer Probleme nicht mit einem Mähdrescher mit Ertragskarte geerntet. Auf sämtlichen Standorten und Verfahren wurde der Pflanzenschutz im Herbst und die Düngung betriebsüblich durchgeführt.

Tabelle 28 Übersicht Verfahren und Einsatz der Insektizide der verschiedenen Jahre und Standorte.

Verfahren	**Beschreibung**	**17/18**	**18/19**	**19/20**	**20/21**
		Zeitpunkt- und Pflanzenschutzmittel			
0x Insektizid Frühling	Keine Insektizidbehandlung im Frühling.	-	-	-	-
1x Insektizid Frühling	Eine Insektizidbehandlung im Frühling. Der Applikationszeitpunkt ist von keinen Einschränkungen betroffen (vgl. Ziele und Massnahmen des Berner Pflanzenschutzprojektes, LANAT 2017, 15).	DC59 Biscaya *Thiacloprid* 0.35l/ha 17.04.2018	DC59 Ammate *Indoxacarb* 0.17l/ha 11.04.2019	DC59 Ammate *Indoxacarb* 0.17l/ha 27.03.2020	DC 52-53 *Ammate* *Indoxacarb* 0.17l/ha 02.04.2021
2x Insektizid Frühling	Zwei Insektizidbehandlungen im Frühling. Das Verfahren gilt als Intenso- oder Standard-Variante. Es gibt nur die von den ÖLN - Richtlinien abhängigen Einschränkungen.	DC55 Audienz *Spinosad* 0.2l/ha 26.03.2018 DC59 Biscaya *Thiacloprid* 0.35l/ha 17.04.2018	DC30 Cypermethrin *Cypermethrin* 0.17l/ha 26.02.2019 DC59 Ammate *Indoxacarb* 0.17l/ha 11.04.2019	DC50 Cypermethrin *Cypermethrin* 0.5l/ha 03.03.2020 DC59 Ammate *Indoxacarb* 0.17l/ha 27.03.2020	DC 30-39 *Cypermethrin* *Cypermethrin* 0.5l/ha 01.03.2021 DC 52-53 *Ammate* *Indoxacarb* 0.17l/ha 02.04.2021

9.2.1 *Rapsstängelrüssler*

Der Haupteinflug wurde mit Gelbschalen erfasst und abgeschätzt. Zusätzlich wurden die Einstiche innerhalb der Elementarparzelle ausgezählt. Für den Rapsstängelrüssler gelten folgende Bekämpfungsschwellen (Tabelle 29):

Tabelle 29 Bekämpfungsschwelle Rapsstängelrüssler (Quelle: Agridea 2021, eigene Darstellung)

Kontrolltermin	Stadium		Bekämpfungsschwelle (BKS)
1	BBCH 31	Stängelhöhe 1-5 cm	Regelmässig stark befallene Regionen: Sobald Einstiche sichtbar; Übrige Regionen: 10 bis 20% der Pflanzen mit Einstichen
2	BBCH 37	Stängelhöhe 5-20 cm	40 bis 60% der Pflanzen mit Einstichen

9.2.2 *Rapsglanzkäfer*

Innerhalb der Elementarparzelle wurden an zehn Stellen auf fünf aufeinanderfolgenden Pflanzen die Rapsglanzkäfer ausgezählt. Für den Rapsglanzkäfer gelten neu ab dem Jahr 2021 folgende Bekämpfungsschwellen (Tabelle 30):

Tabelle 30 Bekämpfungsschwelle Rapsglanzkäfer (Quelle: Agridea 2021, eigene Darstellung)

Kontrolltermin	Stadium		Bekämpfungsschwelle (BKS)
1	BBCH 53-55	Hauptinfloreszenz überragt die obersten Blätter – Einzelblüten der Hauptinfloreszenz sichtbar (geschlossen)	6 Käfer pro Pflanze Schwach entwickelte Bestände: 4 Käfer pro Pflanze
2	BBCH 57-59	Einzelblüten der sekundären Infloreszenz sichtbar (geschlossen) – Erste Blütenblätter sichtbar. Blüten noch geschlossen	10 Käfer pro Pflanze Schwach entwickelte Bestände: 7 Käfer pro Pflanze

9.2.3 *Kornertrag*

Der Ertrag wurde mittels Ertragskarten während dem Dreschen ermittelt. Die Ertragspunkte innerhalb der Versuche wurden mithilfe der Software «qgis» (Version 3.14) extrahiert. Um Randeffekte und Spill Over auszuschliessen wurde eine Stichprobe in der Mitte jeder Elementarparzelle für die statistische Auswertung verwendet.

9.2.4 *Wirtschaftlichkeitsberechnung*

Die Kosten für die Insektizide wurden mithilfe des jeweils aktuellen Zielsortiments der Fenaco Pflanzenschutz (ohne Datum) berechnet. Für die Maschinen- und Arbeitskosten wurden pro Insektizidbehandlung SFr. 60.00 pro Überfahrt eingesetzt. Die Kosten für das Saatgut, den Dünger, das Herbizid und die übrigen Direktkosten wurden dem jeweils aktuellen Deckungsbeitragskatalog entnommen. Nicht eingerechnet ist ein eventueller Fungizideinsatz. Der Verkaufspreis der Rapskörner wird wiederum mit dem jeweils aktuellen Deckungsbeitragskatalog bestimmt. Beiträge von CHF 200.00 pro ha können für die Verfahren 0x Insektizid und 1x Insektizid im Frühling eingesetzt werden.

9.2.5 *Wetter*

Das Wetter ist bei der Beobachtung der Rapsschädlinge wichtig. Auf der rechten Seite der Abbildung 71 sind die Temperaturverläufe und Niederschläge der Jahr 2019 bis 2021 zu finden. Die Temperatur hat einen grossen Einfluss auf den Einflugzeitpunkt. Gemäss dem Merkblatt: Lebensraum Raps; Schädlinge und Nützlinge im Kurzprofil (Kahl 2020) fliegt der Rapsstängelrüssler ab einer Temperatur von +10 bis +12°C in die Rapsfelder ein. Der Gefleckte Kohltriebrüssler fliegt fast zeitglich ab +12°C ein. Der Rapsglanzkäfer bevorzugt leicht höhere Temperaturen. Er fliegt ab +15°C in die Rapsparzelle ein.

9.3 **Ergebnisse und Einzeldiskussion**

9.3.1 *Einflug Rapsstängelrüssler und Rapsglanzkäfer*

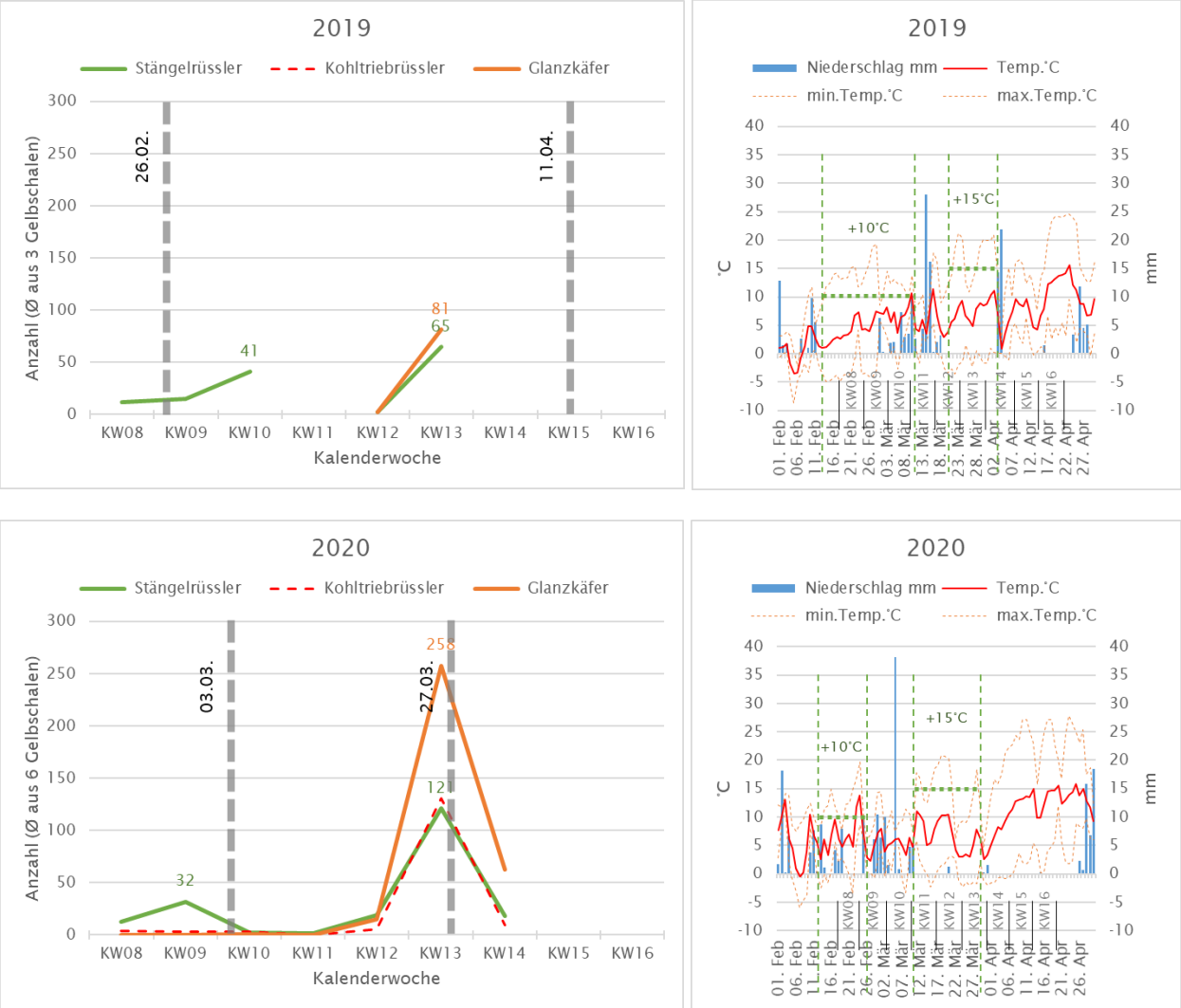
In der Abbildung 71 sind die Gelbschalen-Fänge aus den Jahren 2019, 2020 und 2021 dargestellt. Ab dem Jahr 2020 wurde zusätzlich zum Rapsstängelrüssler und Rapsglanzkäfer der Gefleckte Kohltrie-

brüssler erfasst. Dieser fliegt fast zur gleichen Zeit wie der Rapsstängelrüssler in die Parzellen ein, ist aber weniger schädlich, da er seine Eier in die Blattstiele und nicht in den Haupttrieb ablegt. Deshalb ist es wichtig, die Schädlinge unterscheiden zu können.

Der Einflug des Rapsstängelrüsslers wurde jeweils Ende Februar bis anfangs März beobachtet. Dies, nachdem die maximale Tagestemperatur über 10°C gestiegen ist. Der Haupteinflug des Rapsglanzkäfers konnte Ende März, nachdem die maximale Tagestemperatur über 15°C gestiegen war festgestellt werden.

Während zwei Jahren (2019 und 2020) wurde zwei Mal ein Haupteinflug des Rapsstängelrüsslers beobachtet. Besonders im Jahr 2020 konnte gleichzeitig mit dem Einflug des Rapsglanzkäfers ein erneuter Peak der Rapsstängelrüssler-Fänge in den Gelbschalen beobachtet werden (Abbildung 71).

Im Jahr 2021 waren die Fänge des Rapsstängelrüsslers tiefer als in den vorangegangenen Jahren, trotz milden Frühlingstemperaturen. Die tiefen Fangzahlen zeigten sich allerdings nicht im gesamten Kanton Bern.



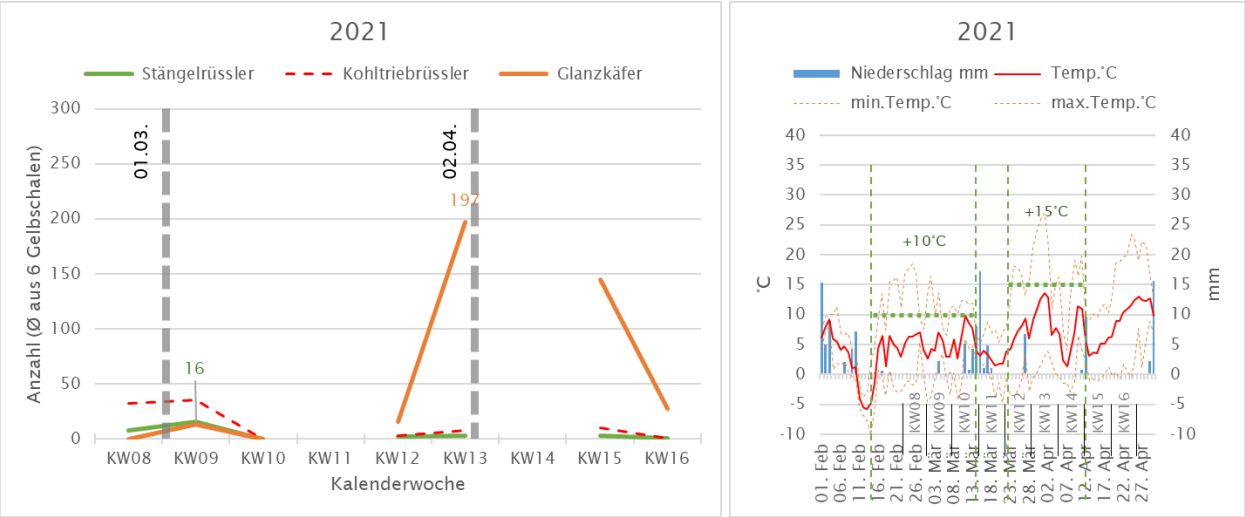


Abbildung 71 **Links:** Gelbschalenfänge. Dargestellt sind die Durchschnittsresultate aller aufgestellten Gelbschalen pro Jahr. Bei den Haupteinflügen sind die Fangzahlen ersichtlich. **Rechts:** Temperatur und Niederschlag Februar bis März in den Jahren 2019 bis 2021, Station Studen (Quelle: nach Agroscope ohne Datum, eigene Darstellung).

9.3.2 *Rapsstängelrüssler*

Der effektive Befallsdruck und die Wirkung des Insektizidbehandlung wurde für den Rapsstängelrüssler gemäss Bekämpfungsschwelle mithilfe von Auszählungen der Einstiche erhoben. Gemäss Tabelle 31 wurde im Jahr 2019 eine und in den Jahren 2020 und 2021 jeweils zwei Kontrollen gemacht.

Bei der ersten Kontrolle beim Einsetzen des Längenwachstums war die Bekämpfungsschwelle immer überschritten. Die zweite Kontrolle (40 bis 60% der Pflanzen mit Einstichen) fand nach der ersten Insektizidbehandlung statt und wurde nur im Jahr 19/20 überschritten. Dies im unbehandelten Teil des Versuchs. Wobei auch der mit Insektiziden behandelte Teil der Parzelle nur knapp unter der Bekämpfungsschwelle lag. In allen Jahren zeigten sich bei der Erfolgskontrolle zwischen dem behandelten und den unbehandelten Verfahren Unterschiede, zu Gunsten dem behandelten Verfahren.

Tabelle 31 Einstiche Rapsstängelrüssler. Dargestellt sind Durchschnittsresultate aller Standorte. Schrift rot = Bekämpfungsschwelle überschritten.

Jahr	Datum	Stadium	Pflanzen mit Einstichen in %	
			Ohne Behandlung (0xI und 1xI)	**Mit Behandlung** (2xI)
18/19	19.03.2019		34.4 % (n=5)	8.8 % (n=5)
19/20	25.02.2020	DC 30	**7.3% (n=3)**	
	16.03.2020	DC 50	**59.3% (n=3)**	38.7% (n=3)
20/21	27.02.2021	DC 30 +	**6.0% (n=3)**	
	10.03.2021	DC 50	31.8% (n=3)	14.2% (n=3)

9.3.3 *Rapsglanzkäfer*

Seit dem Jahr 2021 gilt für den Rapsglanzkäfer eine neue Bekämpfungsschwelle (Tabelle 30). In der Abbildung 72 ist die Anzahl Käfer pro Pflanze, im Mittel über alle Parzellen zu verschiedenen Zeitpunkten und Jahren ersichtlich. Der rote Rahmen zeigt das Verfahren 2x Insektizid Frühling. dort wurde bereits das erste Mal nach dem Einflug des Rapsstängelrüsslers mit einem Insektizid behandelt. Die Schraffierung zeigt die Verfahren 1x und 2x Insektizid Frühling welche nach dem Einflug des Rapsglanzkäfers mit einem Insektizid behandelt wurden.

Obwohl in den Jahren 18/19 und 19/20 die Bekämpfungsschwelle nicht erreicht wurde, zeigte die Erfolgskontrolle im Stadium 59 der Rapspflanzen eine Wirkung des Insektizids.

Im Jahr 19/20 ist der Standort Winterswil besonders erwähnenswert. Dort wurde spät ein erhöhtes Aufkommen des Rapsglanzkäfers beobachtet. Obwohl bei der erneuten Erfolgskontrolle im Stadium BBCH 60 der Rapspflanzen die Insektizidbehandlung in den Verfahren 1x und 2x Insektizid Frühling durchgeführt worden war, gab es kaum noch Unterschiede zwischen den Verfahren. Dies deutet auf einen zusätzlichen späten Einflug des Rapsglanzkäfers hin.

Einzig im Jahr 20/21 wurde die Bekämpfungsschwelle (4-6 Käfer/Pflanze) vor der zweiten Insektizidbehandlung überschritten und das in allen Verfahren. Die Erfolgskontrolle wurde erst spät im Stadium BBCH 60, nachdem sich die ersten Blüten geöffnet haben und nur auf einer Parzelle (zwei Wiederholungen) durchgeführt. Es konnte in sämtlichen Verfahren (behandelt und unbehandelt) ein vermindertes Aufkommen festgestellt werden.

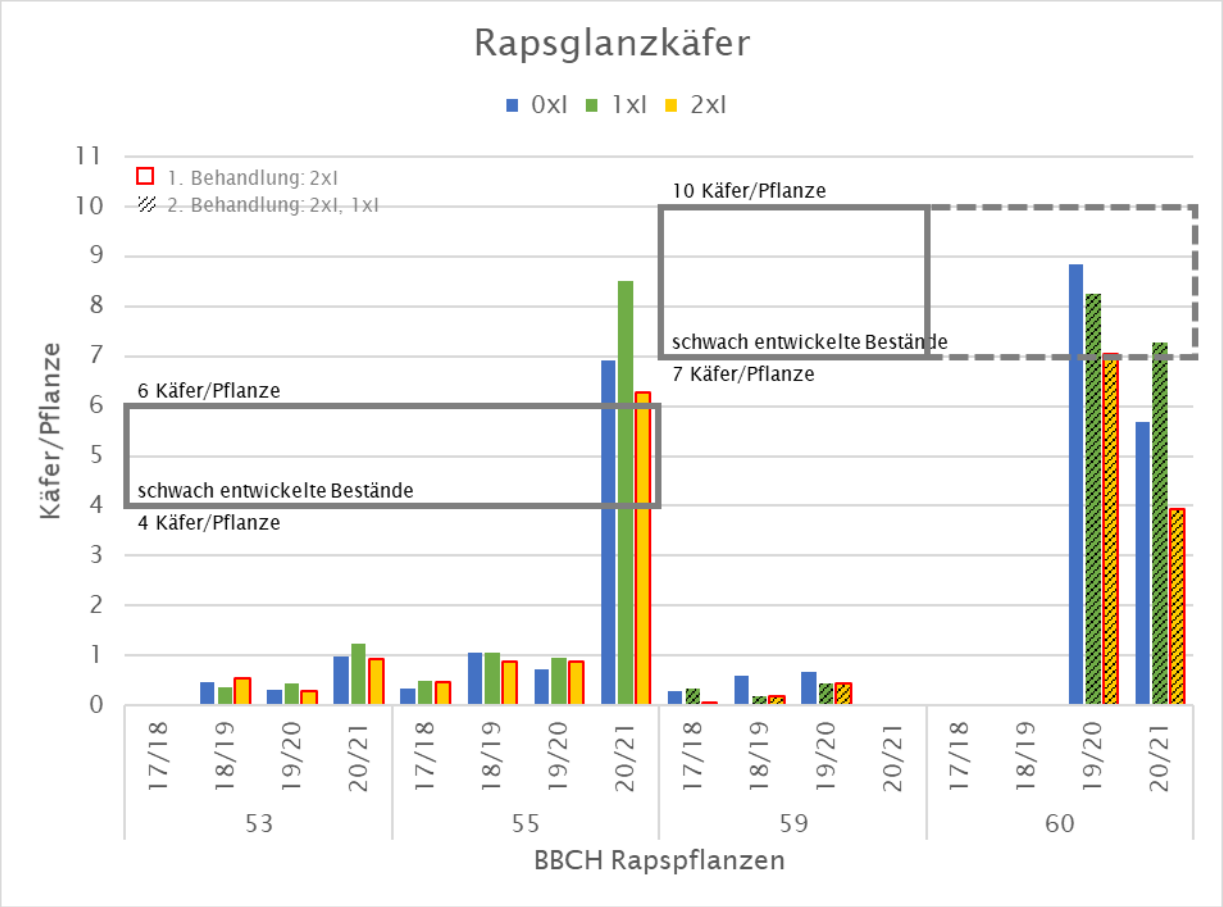


Abbildung 72 Anzahl Rapsglanzkäfer pro Pflanze. Dargestellt sind die Durchschnittsresultate aller Standorte pro Verfahren und Jahr. Mit Insektizid behandelte Verfahren sind ersichtlich.

9.3.4 *Kornertrag*

In der Abbildung 73 sind die Durchschnittserträge aus den Jahren 2018 bis 2021 abgebildet. Der Durchschnittliche Kornertrag wurde auf 6% Feuchtigkeit standardisiert. Im Jahr 17/18 basieren die Daten auf drei Wiederholungen, im Jahr 18/19 auf fünf und in den Jahren 19/20 und 20/21 auf sieben Wiederholungen.

In den letzten beiden Jahren hat der Hagel in den Versuchen Schäden angerichtet. Im Jahr 19/20 waren zwei und im Jahr 20/21 vier Wiederholungen betroffen. Dies widerspiegelt auch die breite Streuung der Ertragspunkte.

In drei von vier Jahren erreichte das Verfahren 2xInsektizid Frühling im Durchschnitt über alle Wiederholungen einen höheren Ertrag als die beiden anderen Verfahren. Einzig im Jahr 2021 gab es im Verfahren 0xInsektizid einen leichten Mehrertrag. Der Durchschnitt über alle Jahre zeigt keinen Unterschied zwischen den Verfahren 0xInsektizid und 1xInsektizid. Das Verfahren 2xInsektizid er-

reichte einen um 1.6 dt/ha höheren Ertrag. Ersichtlich ist, dass es zwischen den Jahren grosse Unterschiede gibt.

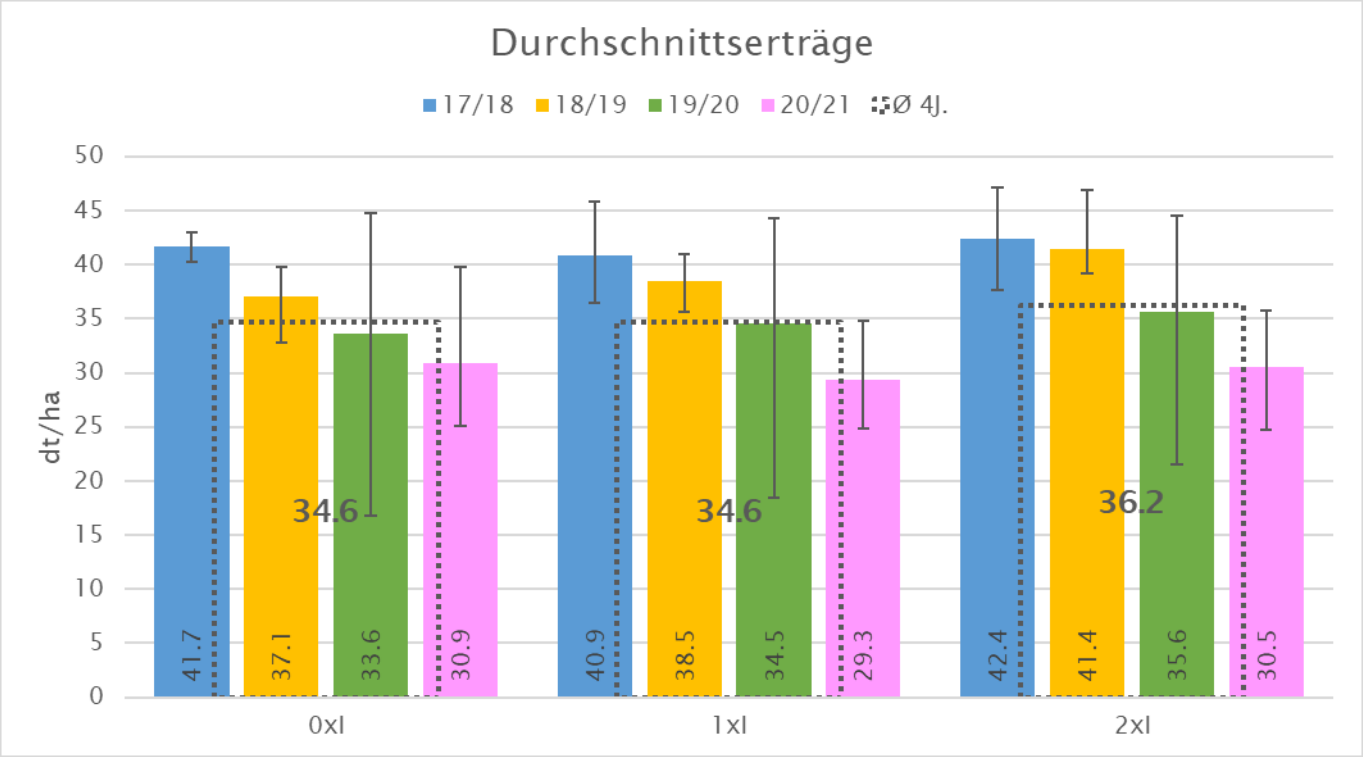


Abbildung 73 Kornertrag in dt/ha bei 6% Feuchtigkeit. Dargestellt sind die Durchschnittsresultate der im jeweiligen Jahr angelegten Wiederholungen (17/18 n=3; 18/19 n=5; 19/20 n=7; 20/21 n=7) und der Durchschnitt über alle Versuchsjahre (n=22).

9.3.5 *Deckungsbeitrag*

Beim Verfahren 2x Insektizid Frühling fallen für die eingesetzten Insektizide und die Überfahrten im Jahr 17/18 Kosten von CHF 278.00 pro ha an. Für das Verfahren 1x Insektizid Frühling fallen Kosten von CHF 104.00 pro ha an.

In den Jahren 18/19, 19/20 und 20/21 lag der Aufwand für die eingesetzten Insektizide und die Überfahrten im Verfahren 2x Insektizid Frühling bei CHF 162.00 pro ha und beim Verfahren 1x Insektizid Frühling bei CHF 97.00 pro ha. Der Aufwand war geringer, weil günstigere Produkte eingesetzt wurden.

Für die Verfahren 0x und 1x Insektizid Frühling konnte der Beitrag aus dem Berner Pflanzenschutzprojekt von CHF 200.00/ha eingesetzt werden. Für das Verfahren 2x Insektizid Frühling gibt es keine Beiträge.

In der Abbildung 74 zeigen sich Unterschiede zwischen den Jahren wieder analog den Durchschnittserträgen. In allen vier Jahren war das Verfahren 2x Insektizid Frühling wirtschaftlich am uninteressantesten. Im Durchschnitt über alle Jahre und Wiederholungen zeigt sich, dass das Verfahren 0x Insektizid Frühling wirtschaftlich am interessantesten ist. Der Deckungsbeitrag im Verfahren 0x Insektizid Frühling ist um CHF 101.00/ha höher als derjenige im Verfahren 1x Insektizid Frühling. Der Deckungsbeitrag im Verfahren 1x Insektizid Frühling ist um CHF 157.00/ha höher als im Verfahren 2x Insektizid Frühling.

Um auf den gleichen finanziellen Ertrag wie mit 40dt/ha Kornertrag aus dem Verfahren 1x Insektizid Frühling zu kommen, hätte es im Durchschnitt der vier Jahre für das Verfahren 0x Insektizid Frühling 1.2dt/ha weniger Ertrag gebraucht. Für das Verfahren 2x Insektizid Frühling einen Mehrertrag von 3.6dt/ha.

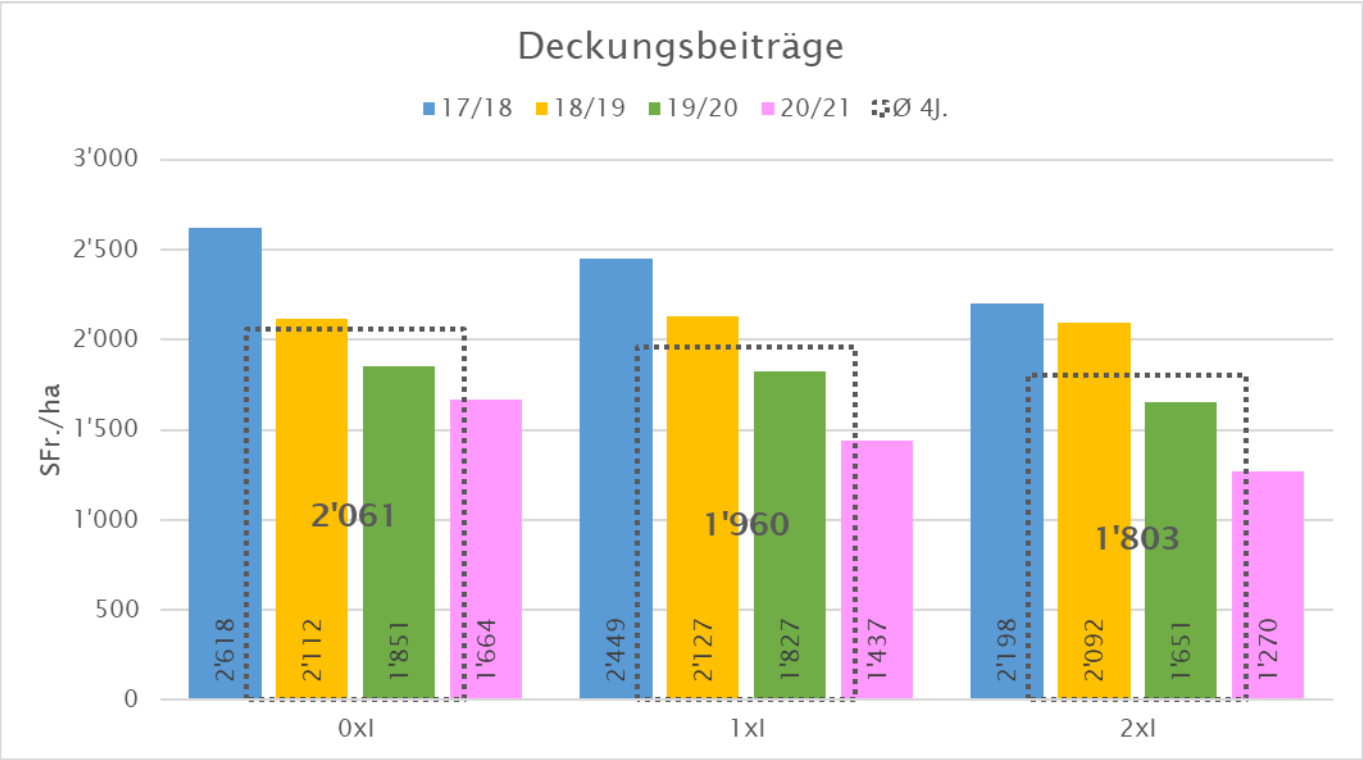


Abbildung 74 Deckungsbeitrag in SFr./ha für die Jahre 17/18, 18/19, 19/20 und 20/21 und der Durchschnitt über alle Versuchsjahre.

9.4 **Entscheidungshilfen Rapsschädlinge**

9.4.1 *Einleitung*

Die Notwendigkeit des Einsatzes von Insektiziden gegen Rapsschädlinge wird momentan anhand von Bekämpfungsschwellen eruiert (Agridea 2019). Das Erheben der Bekämpfungsschwellen im Feld erweist sich für einige Rapsschädlinge als zeitaufwändig und unsicher (z.B. Stängelrüssler), sodass häufig zu Gunsten einer Insektizidbehandlung entschieden wird.

Gezielte Entscheidungshilfen sollen den Landwirten die Entscheidung für oder gegen eine Insektizidbehandlung erleichtern, den optimalen Zeitpunkt der Insektizidbehandlung besser aufzeigen und den Zeitaufwand für die Erhebung der Bekämpfungsschwellen reduzieren.

9.4.2 *Material und Methoden*

Es wurden umfassende Literaturrecherchen zur Biologie der einzelnen Rapsschädlinge gemacht. Diese konnten durch eigene Beobachtungen, die im Rahmen des BAFU-Projekts «Rapsanbau ohne Pyrethroide» gemacht wurden ergänzt werden. Des Weiteren wurden Informationen zu bereits vorhandenen Entscheidungshilfesystemen anderer Länder gesammelt und auf ihre Anwendbarkeit in der Schweiz überprüft. Durch die Auswertung von Gelbschalenfängen und Feldauszählungen, welche in der Westschweiz über 20 Jahre gesammelt wurden, wurds nach Regelmässigkeiten des Einfluges der Schädlinge gesucht. Ausserdem wurde Kontakt mit dem Ressourcenprojekts «Optimierung und Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes mit Precision-Framing-Technologien (PFLOPF) aufgenommen, um gemeinsame Berührungspunkte und Synergien zu erkennen. Eine App (Xarvio-Scouting), welche unter anderem über ein Tool verfügt, das mittels eines Fotos die Rapsschädlinge innerhalb der Gelbschale auszählt, wurde einem Praxistest unterzogen. Um die Bekämpfungswürdigkeit des adulten Erdflohs im Keimblattstadium besser einschätzen zu können, wurden mittels Bildverarbeitung unterschiedliche Befallsstärken des Erdflohs modelliert.

9.4.3 *Ergebnisse und Einzeldiskussion*

9.4.3.1 Biologie der Rapsschädlinge

Die Entwicklungsgeschwindigkeit, der Ersteinflug und die Vermehrungsrate der Rapsschädlinge sind stark gekoppelt mit meteorologischen Faktoren. Zu den meteorologischen Schlüsselfaktoren gezählt werden die Temperatur (Luft und Boden), tägliche Sonnenscheindauer, Niederschlag und Windge-

schwindigkeit (Williams 2010; Eickermann et al. 2014; Junk et al. 2016). Je nach Rapsschädling und Entwicklungsabschnitt werden aus diesen meteorologischen Schlüsselfaktoren unterschiedliche Faktoren bewertet. Daraus resultieren anschliessend Angaben zum Zeitpunkt des Ersteinfluges, Beginn der Eiablage, Intensität der Eiablage und Larvenschlupf. Neben den meteorologischen Bedingungen hat auch die Landschaftsstruktur um die Rapsfelder und die Häufigkeit der Rapsfelder einer Kleinregion einen Einfluss auf die Anzahl der auftretenden Schädlinge, denn viele Rapsschädlinge verbringen ihre Diapause an Waldrändern oder in vorjährigen Rapsparzellen (Ulber et al. 2010; Sutter et al. 2018). Ein weiterer wichtiger Faktor für das Ausmass der Schädigung durch Rapsschädlinge ist das Entwicklungsstadium des Rapses zum Zeitpunkt des Einfluges der Schädlinge (Williams 2010).

9.4.3.2 Vorhandene Entscheidungsunterstützungssysteme

Tabelle 32 Übersicht über bisherige Entscheidungsunterstützungssysteme für Rapsschädlinge.

Name	Herkunft	Preis	Bemerkung
Xarvio Digital Farming Solution	BASF	Preis 2021: Field Manager Premium → 400 Euro pro Jahr und Betrieb	• Bietet neben einer Schädlingsprognose viele weitere Funktionen • Noch nicht in der Schweiz verfügbar, arbeitet jedoch mit geolokalen Daten, sodass die Prognosemodelle auch auf die Schweiz übertragen werden können
ISIP (Informationssystem für die integrierte Pflanzenproduktion)	Deutschland	Je nach Bundesland unterschiedlich	• Arbeitet eng mit der ZEPP (Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz) zusammen • Leider noch keine Prognosemodelle für Rapsschädlinge, sondern nur Monitoring • Nicht in der Schweiz verfügbar
AgriCircle	Schweizer Startup	-	• Leider keine Prognosemodelle für Rapsschädlinge
iMetos (Fieldclimate.com)	Ursprünglich aus Österreich; Vertriebspartner Schweiz: Andermatt Biocontrol	ca. 3000 Euro, weil Prognosesystem an Wetterstation gekoppelt ist	• Nur Prognosemodell für Rapsglanzkäfer
Crop Monitor	Grossbritannien	(nicht bekannt)	• Prognosemodelle für Rapsschädlinge nur in England verfügbar

Ein phänologisches Modell zur Vorhersage des Einflugs des Grossen Rapsstängelrüsslers und des Rapsglanzkäfers wurde in Luxemburg entwickelt (Junk et al. 2016). Das Modell wurde anhand von dokumentiertem Glanzkäfer-/Rapsstängelrüsslereinflug und meteorologischen Daten abgeleitet. Tägliche Werte der Luft- und Bodentemperatur, der akkumulierten Sonnenscheindauer, des Niederschlags und der Windgeschwindigkeit wurden verwendet, um ein schwellenwertbasiertes Modell zum Ersteinflug des Grossen Rapsstängelrüsslers und des Rapsglanzkäfers zu erstellen.

Leider funktionieren diese Modelle nur zuverlässig, wenn sich die Rapsparzellen nicht weiter als 3-5km von der nächsten Wetterstation entfernt befinden (Junk 2020, persönliche Mitteilung). Im gesamten Kanton Bern gibt es nur 2 Messstationen, welche die Bodentemperatur in 5cm Tiefe messen. Genau dieser Temperaturparameter ist aber sehr wichtig, um den Einflug nach dem luxemburgischen Prognosemodell zu berechnen. Neben der viel zu kleinen Dichte an Meteostationen in der Schweiz, sind laut Junk (2020) die Bedingungen für eine zuverlässige, wetterbasierte Prognose, nochmals

schwieriger als in Luxemburg. Denn die Schweiz besitzt aufgrund ihres heterogenen Geländes (Hügel, Berge, Täler) und der unterschiedlichen Bodenbeschaffenheit noch mehr Faktoren, welche einen Einfluss auf die verwendeten Temperaturparameter haben als in Luxemburg. Eine präzise Prognose ist also nur möglich, wenn sich die Wetterstation in unmittelbarer Nähe zur Rapsparzelle befindet (ebd).

9.4.4 *Auswertung der Westschweizer Daten*

Es konnte kein deutlicher Zusammenhang zwischen der Anzahl Käfer (Rapsglanzkäfer, Stängelrüssler) in den Gelbschalen und der Anzahl Käfer in den Feldern gefunden werden, sodass eine Erhebung der Bekämpfungsschwellen nicht ausschliesslich durch das Auszählen der Gelbschalenfänge gemacht werden kann. Die Gelbschale dient nur zur Ermittlung des Erst- und Haupteinfluges.

9.4.5 *Online Plattform – Befallsrisiko.ch (PFLOPF)*

Die Plattform befindet sich momentan noch im Aufbau und wird stetig verbessert (Feichtinger 2020, persönliche Mitteilung). Was die Prognose von Rapsschädlingen betrifft, ist die Plattform in einem ersten Schritt auf das Eintragen der Schädlingsbonituren (Gelbfallenkontrolle, Einstichkontrolle …) von Dritten (Landwirten, Pflanzenschutzfachstellen …) angewiesen. Auf einer Karte wird dann für alle registrierten Nutzer ersichtlich, wo bereits erste Einflüge stattgefunden haben. Es handelt sich also um ein reines Monitoring.

Ein reines Monitoring muss bei Rapsschädlingen als Entscheidungshilfe aber eher kritisch betrachtet werden, da bereits nebeneinanderliegende Rapsparzellen einen sehr unterschiedlichen Befallsdruck der Schädlinge aufweisen können.

9.4.6 *Gelbschalenanalyse mittels Xarvio-Scouting App*

Diese App bietet viele unterschiedliche Funktionen unter anderem eine Gelbschalenanalyse. Mit der Funktion der Gelbschalenanalyse soll das Auszählen der Rapsschädlinge in der Gelbschalen per Foto mit dem Smartphone erfolgen. Der Algorithmus erkennt die schädlichen Insekten in der Gelbschale, identifiziert und zählt diese. Er unterscheidet zwischen Rapsglanzkäfer, Rüsselkäfer und Rapserdfloh (BASF Digital Farming GmbH, 2021).

Im Frühling 2021 wurde die App eingesetzt, um die Tauglichkeit zu überprüfen. Leider waren bereits die ersten Tests nicht erfolgreich (sowohl die Identifikation der Schädlinge als auch das Zählen hat nicht funktioniert), sodass die Gelbschalenanalyse per App nicht weiterverfolgt wurde.

9.4.7 *Entscheidungshilfe – Frühe Erdflohbehandlung*

Im Keimblattstadium des Rapses verursacht der Rapserdfloh kleine Löcher oder Schabstellen. Bei einem sehr starken Besatz können die Rapspflanzen eingehen. Oft kann auf eine Insektizidbehandlung gegen den adulten Erdfloh verzichtet werden, da der Raps bereits im Keimblattstadium sehr tolerant ist, was den Frassschaden des Erdflohs angeht. Untersuchungen haben nämlich gezeigt, dass eine Rapspflanze erst ab einem Blattfrass von mehr als 25 Prozent gefährdet ist, deshalb liegen die Bekämpfungsschwellen bspw. in England und Frankreich auch bei diesen 25% Blattfrass (AHDB 2020; Robert und Ruck 2021). Eine Behandlung gegen den adulten Erdfloh ist also nur nötig, wenn der Raps im empfindlichen Stadium mehr als 25% Prozent Blattflächenverlust aufweist.

Um das Abschätzen des prozentualen Blattschadens zu erleichtern, wurde an der HAFL mittels Bildverarbeitung der Frass des Erdflohs in unterschiedlichen Stufen simuliert (Abbildung 75).

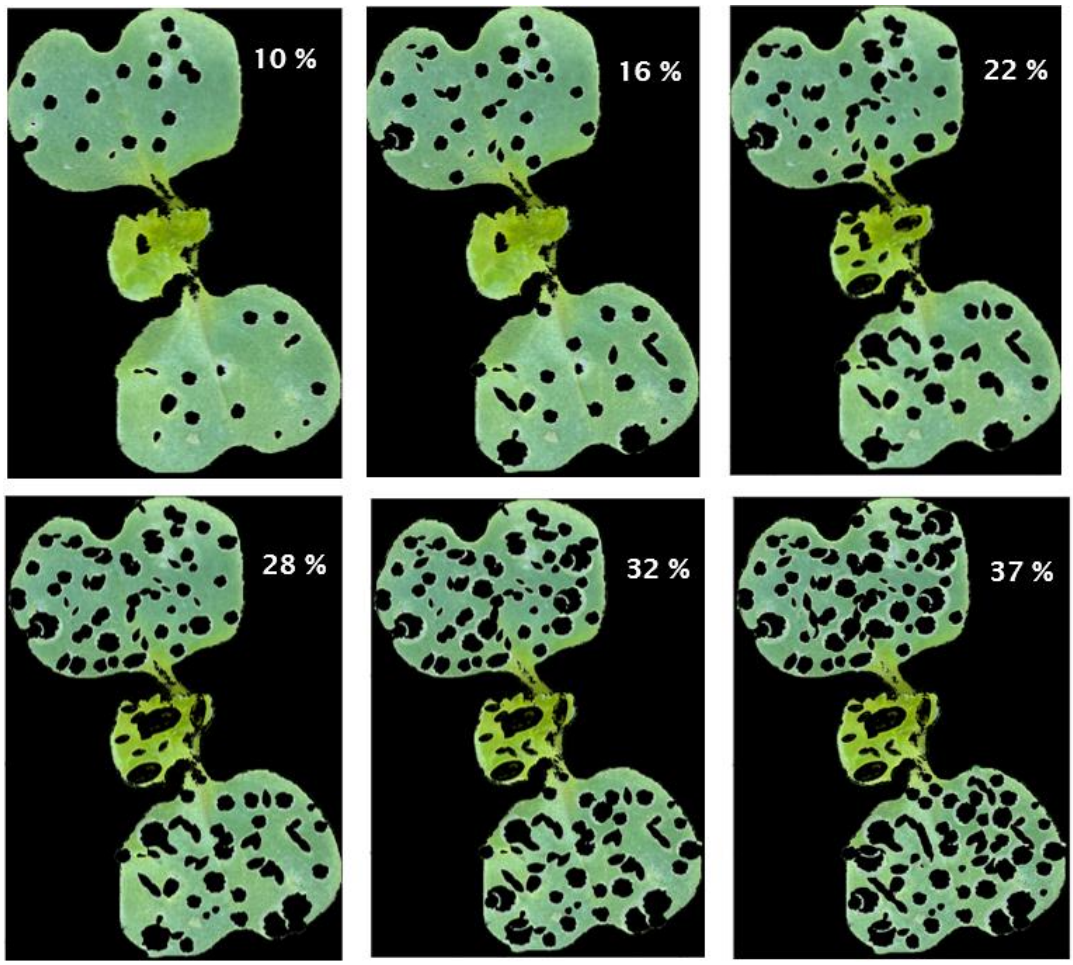


Abbildung 75 Simulierter Erdflohfrass. Ein Rapsbestand ist im Keimblattstadium gefährdet, wenn der Käfer mehr als 25% der Blattfläche zerstört (untere Reihe) (Quelle: Aebischer 2021 (HAFL)).

9.4.8 *Folgerungen/Ausblick Entscheidungshilfen Rapsschädlinge*

Durch meteorologisch festgelegte Schwellenwerte (Temperatur, Niederschlag …) kann der Ersteinflug von einigen Rapsschädlinge auf einen bestimmten Zeitraum eingegrenzt werden, sodass der Kontrollaufwand auf bestimmte Zeitfenster eingegrenzt werden kann (Eickermann et al. 2014; Junk et al. 2016). Damit solche Schwellenwerte aber auch in der Schweiz zuverlässig funktionieren, müsste erstens, die Dichte der Wetterstationen stark erhöht und zweitens müssten die Schwellenwerte an die Bedingungen der Schweiz angepasst werden, was mit einem sehr grossen und regelmässigen Sammeln von Daten (Gelbschalenfänge) verbunden ist. Jedoch können Wettermodelle die Intensität des Zuflugs und vor allem die Befallsstärke im Rapsschlag nicht darstellen, sodass die Befallserhebungen im Bestand und die Gelbschalenauszählungen zur Kontrolle der Überschreitung der Bekämpfungsschwelle nicht durch Prognosesysteme ersetzt werden können (ebd.).

Weitere Untersuchungen, in Form eines Eiablageversuches an der HAFL, sind im Gange, um eine Entscheidungshilfe für den optimalen Behandlungszeitpunkt der Erdflohlarven genauer definieren zu können.

9.5 **Folgerungen/Ausblick Insektizidreduktion Raps**

Es wurden Ertragsunterschiede zugunsten des Verfahrens 2x Insektizid Frühling festgestellt, diese reichen wirtschaftlich nicht, um den Beitrag aus dem BPP und die reduzierten Kosten beim Pflanzenschutz der Verfahren 1x Insektizid und 0x Insektizid Frühling zu kompensieren.

Der finanzielle Minderertrag von CHF 101.00/ha im Verfahren 1x Insektizid Frühling können mit den anfallenden Kosten (CHF 104.00/ha) für die Pflanzenschutzmittel begründet werden. Somit konnte trotz Einsatz von Pflanzenschutzmitteln der notwendige Mehrertrag nicht generiert werden.

In den bisherigen Beobachtungsjahren wurde festgestellt, dass besonders der Rapsglanzkäferdruck gering war. Einzig im Anbaujahr 20/21 wurde die Bekämpfungsschwelle überschritten. Dies deutet darauf hin, dass sich insbesondere die (späte) Behandlung gegen den Rapsglanzkäfer einsparen lässt. Ein Blick in die Praxis zeigt ebenfalls, dass bei der 1x Insektizid-Strategie der Fokus auf der frühen Spritzung gegen den Rapsstängelrüssler liegt. Der Vorteil im BPP liegt auch in der Tatsache, dass der Betrieb, falls nach der Stängelrüssler-Behandlung doch ein hoher Glanzkäfer-Druck vorhanden ist, der Landwirt aus dem Programm aussteigen kann, um grössere Ertragsausfälle zu vermeiden.

Der Versuch wird im gleichen Rahmen im Jahr 2022 nochmals durchgeführt. Die Bestimmung der Schädlinge konnte in den letzten beiden Jahren verbessert werden. Dazu hat zu grossen Teilen auch das Projekt Rapsanbau ohne Pyrethroide mitgeholfen. Zudem helfen die Praxisparzellen dieses Projekts die Überwachung der Rapsschädlinge über die Region Schüpfen hinaus zu vergrössern. Das Projekt wird in einem separaten Kapitel vorgestellt.

Um den optimalen Zeitpunkt für die Insektizidbehandlungen im Raps zu finden, braucht es eine gute Feldbeobachtung und Wissen, respektive Erfahrung zum Befallsdruck in der jeweiligen Region. Dazu müssen auch die Wettervorhersagen einbezogen werden. Bisher hat sich gezeigt, dass eine 1x Insektizidstrategie im Frühling ein möglicher Schritt sein kann, um den Pflanzenschutzmitteleinsatz zu reduzieren, ohne dass der Landwirt wirtschaftliche Ertragseinbussen (solange der Beitrag von SFr. 200.00 mitgerechnet wird) hinnehmen muss.

Projekt Rapsanbau ohne Pyrethroide
In einem weiteren Projekt, welches vom BAFU finanziert wird «Rapsanbau ohne Pyrethroide», wird das Potenzial von Rübsen-Randstreifen in Kombination mit einer Untersaat für die Regulierung von Rapsschädlingen untersucht. Der Versuch wird über 3 Jahre an jeweils 10 Standorten durchgeführt und wurde im Jahr 2020 gestartet. Bei diesem Versuch handelt es sich um einen Streifenversuch, der neben dem Rübsen-Randstreifen auch eine betriebsüblich geführte Fahrgasse - BE (Keine Untersaat + Pyrethroide werden nach Bekämpfungsschwelle eingesetzt) und eine Fahrgasse - UN enthält, bei welcher eine Untersaat eingesät wurde und keine Pyrethroide eingesetzt werden.
Aus dem ersten Versuchsjahr 2020/2021 konnten folgende Schlüsse gezogen werden:
Im Rübsen-Randstreifen sind signifikant mehr Rapserdflöhe eingeflogen als im Streifen UN. Zudem konnte festgestellt werden, dass adulte Rapserdflöhe signifikant mehr Blattfrass an den Rübsen verursachen als am Raps. Der Raps mit Untersaat weist signifikant weniger Rapserdflohfrassstellen auf als der Raps ohne Untersaat. Die Rübsen und die Untersaat scheinen also einen ablenkenden Effekt auf den Rapserdfloh zu haben. Die Rapsstängelrüssler wurden durch die Rübsen nicht reduziert. Im Raps mit Untersaat verursachen sie sogar signifikant mehr Einstichstellen. Die Rapsglanzkäfer bevorzugen higegen die Rübsen gegenüber dem Raps. Fazit nach dem ersten Versuchsjahr, die Untersaat und die Rübsen wirken auf Rapserdflöhe und Rapsglanzkäfer, aber nicht auf Rapsstängelrüssler.
Im Jahr 2020/2021 war der Schädlingsdruck durch den Erdfloh und den Stängelrüssler enorm, sodass im unbehandelten Verfahren mit Untersaat eine durchschnittliche Ertragseinbusse von 10.4dt/ha in Kauf genommen werden musste.

9.6 **Literatur**

AHDB (Agriculture and Horticulture Development Board), 2020. Abgerufen am 22.10.2021, https://ahdb.org.uk/knowledge-library/cabbage-stem-flea-beetle-csfb-treatment-thresholds-in-oilseed-rape

Agridea, 2019. Bekämpfungsschwellen. Abgerufen am 17.06.2020, https://www.agridea.ch/de/themen/pflanzenbau/ackerbau/

Agroscope, ohne Datum. Agrometeo. Abgerufen am 17.06.2020, http://www.agrometeo.ch/de/meteorology/datas

BASF Digital Farming GmbH, 2021. Scouting. Der Assistent in deiner Tasche. Abgerufen am 05.01.2021, https://www.xarvio.com/de/de/products/scouting.html

BEBV (Berner Bauernverband), LANAT (Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Fachstelle Pflanzenschutz), 2015. Ressourcenprogramm Pflanzenschutz – Berner Pflanzenschutzprojekt. Projektgesuch nach Art. 77a und b Landwirtschaftsgesetz (LwG, SR 910.1). 50 S.

Eickermann M, Ulber B, Hoffmann L, Junk J, 2014. Improving phenological forecasting models for rape stem weevil, Ceutorhynchus napi Gyll., based on long-term multisite datasets. Journal of Applied Entomology, 138 (10), 754–762. Abgerufen am 23.04.2020, https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jen.12129

Feichtinger G, 2020. Pflanzenschutzfachstelle Strickhof. Teamsmeeting vom 13.08.2020.

Fenaco Pflanzenschutz, ohne Datum. Zielsortiment. Abgerufen am 17.06.2020, http://www.pflanzenbau.ch/zielsortiment.html

Junk J, 2020. Senior Researcher (Meteorologie), Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST). Teamsmeeting vom 21.07.2020.

Junk J, Jonas M, Eickermann M, 2016. Assessing meteorological key factors influencing crop invasion by pollen beetle (Meligethes aeneus F.) – past observations and future perspectives. Meteorologische Zeitschrift, 25 (4), 357–364.

Kahl R. 2020. Lebensraum Raps – Schädlinge und Nützlinge im Kurzprofil. RAPOOL-RING, 44 S.

LANAT (Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern, Fachstelle Pflanzenschutz), 2017. Berner Pflanzenschutzprojekt: Umweltgerechten Pflanzenschutz fördern. Ziele und Massnahmenkatalog. 20 S

Robert C, Ruck L, 2021. Gestion en cours de campagne des grosses altises adultes (altises d'hiver). 09.08.2021, abgerufen am 22.10.2021, https://www.terresinovia.fr/-/surveillance-et-lutte-contre-la-grosse-altise?inheritRedirect=true&redirect=%2Frecherche%3Fq%3Daltise

Sutter L, Amato M, Jeanneret P, Albrecht M, 2018. Overwintering of pollen beetles and their predators in oilseed rape and semi-natural habitats. Agriculture, Ecosystems & Environment, 275–281. Abgerufen am 08.04.2020, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880918302640?via%3Dihub

Ulber B, Thieme T, Zellner M, 2010. Verbesserung der Kenntnisse zu Regulationsgrößen bei der Dynamik des Rapsglanzkäfers mit dem Ziel der Verbesserung und Verfeinerung der computergestützten Prognose und Entscheidungshilfe, unveröffentlicht.

Williams IH, 2010. Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests. Springer, Dordrecht.

10 Teilprojekt 6 – Trichogramma Freilassung

10.1 **Einleitung und Problemstellung**

Der Maiszünsler (MZ) gehört zu den wichtigsten Schädlingen im Maisanbau. Durch den Minierfrass der MZ-Larve im Maisstängel werden die Leitgefässe beschädigt, wodurch sich das Ertragspotenzial des Maises verringert. Ausserdem können Stängel sowie Kolben abknicken und Ernteverluste entstehen und Pilze vereinfacht in die Pflanze eindringen, was die Mykotoxinbelastung des Erntegutes steigert. In der Schweiz wird zur biologischen Bekämpfung des MZ die Trichogramma-Schlupfwespe (TSW) eingesetzt.
Zu Beginn des Berner Pflanzenschutzprojektes wurde von Daniel und Mathis (2017) folgendes festgehalten: «In einigen Regionen des Kantons Bern ist der Schaddruck des Maiszünslers grösser als in anderen Regionen und nur etwa 15% der Anbaufläche wird mit Trichogramma behandelt. Teilweise wird nun die Wirksamkeit der Bekämpfung mit Trichogramma in Frage gestellt und der Einsatz von Insektiziden (Sonderbewilligung: Spinosad, Indoxacarb) favorisiert. Pflanzenschutzexperten gehen davon aus, dass durch die Behandlung eines grösseren Flächenanteils der Maiskulturen und der richtigen Durchführung der Prophylaxe (Häckseln, Unterpflügen der Maisstoppeln) der Schaddruck gesenkt wird.» Um auch in Zukunft auf den Einsatz von Insektiziden gegen den MZ verzichten zu können, wird der Einsatz von TSW durch das Berner Pflanzenschutzprojekt (BPP) finanziell, mit CHF 150/ha, gefördert (LANAT ohne Datum). Im Rahmen einer Bachelorarbeit an der HAFL wurde anhand von Befallszahlen des MZ in den Kantonen Bern, Jura und Waadt über mehrere Jahre die Wirksamkeit der TSW gegen den MZ untersucht. Dabei wurde durch den Vergleich der Befallszahlen des MZ mit den Verkaufszahlen von TSW auf kantonaler Ebene (Regionen) die langzeitige und grossflächige Wirkung der TWS analysiert. Ausserdem wurde die aktuelle Situation betreffend TWS-Einsatz in der Schweiz erfasst. Mittels einem Parzellen-Paarversuch im Kanton Bern und in der Region Stein (SH/TG) wurden Erkenntnisse zur kurzfristigen, parzellenspezifischen Wirksamkeit der TWS gewonnen. Ebenfalls wurde untersucht, welche Faktoren sowohl die TSW als auch den MZ beeinflussen. Schliesslich wurden aus der Arbeit Schlüsse für die Praxis gezogen und Empfehlungen zum künftigen Einsatz von TSW erarbeitet.

Untenstehende Fragestellungen F_1 und F_2, sowie die Alternativhypothese H_A, welche als Leitfaden für die vorliegende Arbeit galten:

F_1 Wie häufig werden Trichogramma-Schlupfwespen in den unterschiedlichen Regionen der Schweiz zur Bekämpfung des Maiszünslers eingesetzt?

F_2 Welchen Effekt hat der Einsatz von Trichogramma-Schlupfwesen auf das Vorkommen der Schäden, welche durch den Maiszünsler verursacht werden?

H_A Mit erhöhtem Einsatz von Trichogramma-Schlupfwespen in einer Region sinken die Schäden, welche durch den Maiszünsler an den Maispflanzen verursacht werden.

10.2 **Vorgehen**

10.2.1 *Trichogrammaeinsatz in den Kantonen*

Um den Einsatz von TSW in den Kantonen zu evaluieren, wurde auf die Verkaufszahlen von TSW der Firmen zurückgegriffen, welche in der Schweiz solche anbieten. Hierzu wurden alle Anbieter von TSW angeschrieben oder telefonisch kontaktiert. Für die vorliegende Arbeit konnte auf die Verkaufszahlen 2020 aller Anbieter mit einer Ausnahme zurückgegriffen werden. Demgegenüber wiesen vorhergehende Jahre mehr Lücken auf, weshalb sich die Analyse der vorliegenden Arbeit auf das Jahr 2020 bezieht. Mit Hilfe der genauen Angaben aus dem Kanton Bern (fehlende Fläche) wurden die Verkaufszahlen des Anbieters, welcher die Daten nicht zur Verfügung stellte, geschätzt.

10.2.2 *Feldversuch – Wirksamkeit der Trichogramma-Schlupfwespen*

Zur Untersuchung der direkten Wirksamkeit der TSW gegen den MZ wurde jeweils ein Parzellen-Paarversuch in der Region Stein (SH/TG) und im Kanton Bern angelegt (Abbildung 76), wobei an beiden Standorten jeweils 14 Parzellenpaare gesucht wurden. Über beide Versuchsstandorte gesehen wurden somit 28 Parzellenpaare (=56 Parzellen) in den Versuch aufgenommen. Ein Parzellenpaar besteht jeweils aus einer Parzelle, auf welcher TSW ausgesetzt wurden (Freilassungsparzelle) und einer Parzelle, auf welcher keine Behandlung gegen den MZ durchgeführt wurde (0-Parzelle). Zudem wurden

Silo- und Körnermais im Versuch gemischt betrachtet. Der Versuch wurde als Parzellen-Paarversuch geplant, weil es sich bei den TSW um einen Organismus handelt, welcher sich gehend, fliegend (Hurle et al. 2005, 89) oder durch äussere Einflüsse wie Wind fortbewegen kann (Eggenschwiler 2010). Bei kleinräumig angelegten Versuchen wie dem Blockdesign hätte nicht sichergestellt werden können, dass keine TSW von den Behandlungsparzellen in die Nullparzellen einwandern. Die Parzellenpaare wurden so ausgewählt, dass sie so nah wie möglich beieinander liegen, sich jedoch mindestens 200 Meter voneinander entfernt befinden. Gemäss Eggenschwiler (2010) können TSW durch Windstösse eine Distanz von 200 Meter überwinden. Dadurch, dass die Parzellen von der Lage her so nahe aneinander wie möglich liegen, wird sichergestellt, dass der MZ-Druck bei beiden Parzellen ähnlich ist. Zudem wurde darauf geschaut, dass die beiden Parzellen möglichst ähnlich bezüglich Randeinflüssen von Wäldern und Hecken sind, da sich die MZ zur Paarung in dichte Vegetation an Feldränder begeben (Berry und Ghidiu 1989).

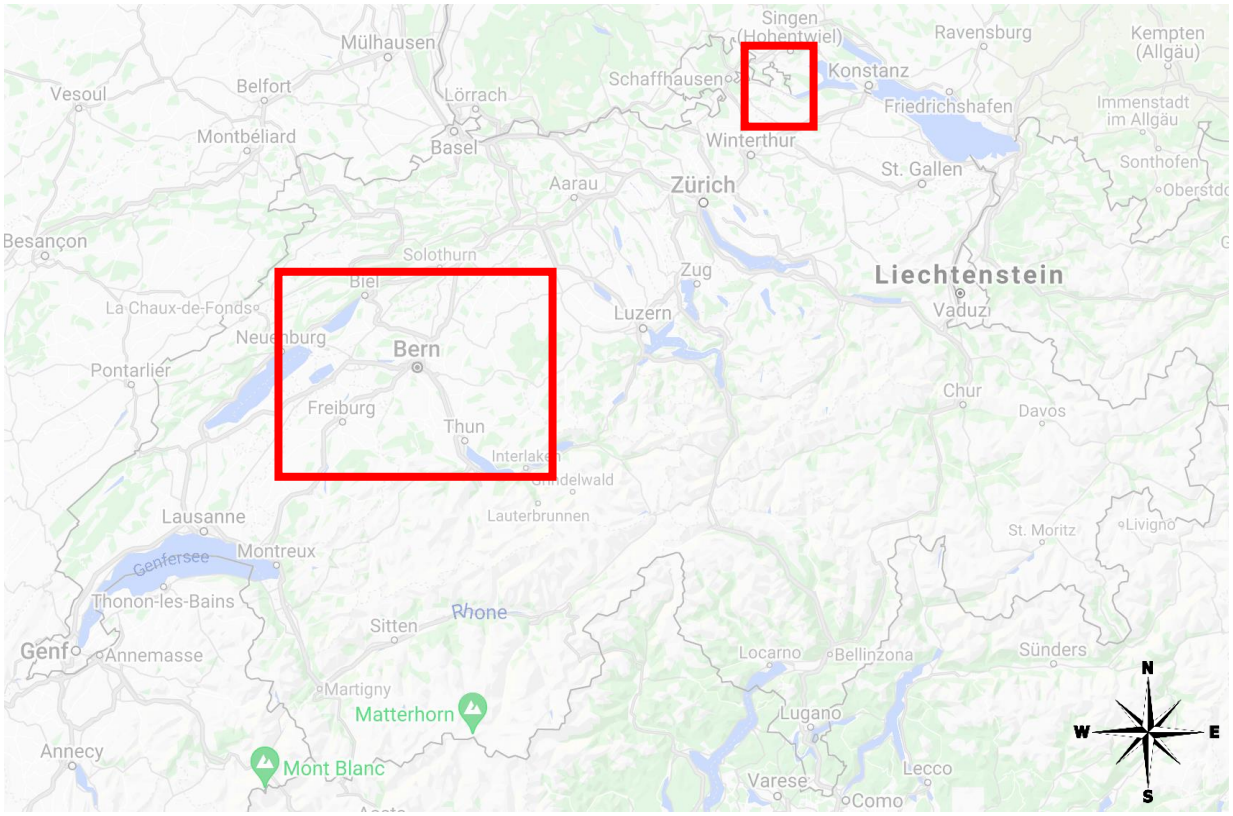


Abbildung 76 Überblick über den gesamten Versuch. Die beiden rot umrahmten Gebiete stehen für Regionen, in welchen der Versuch durchgeführt wurde. (Quelle Karte: nach Google Maps 2021, verändert; Windrose: cleanpng.com 2020).

In der Region Stein werden wenig TSW freigesetzt, im Kanton Bern viele. In Abbildung 77 ist die Versuchsanlage in der Region Stein ersichtlich.

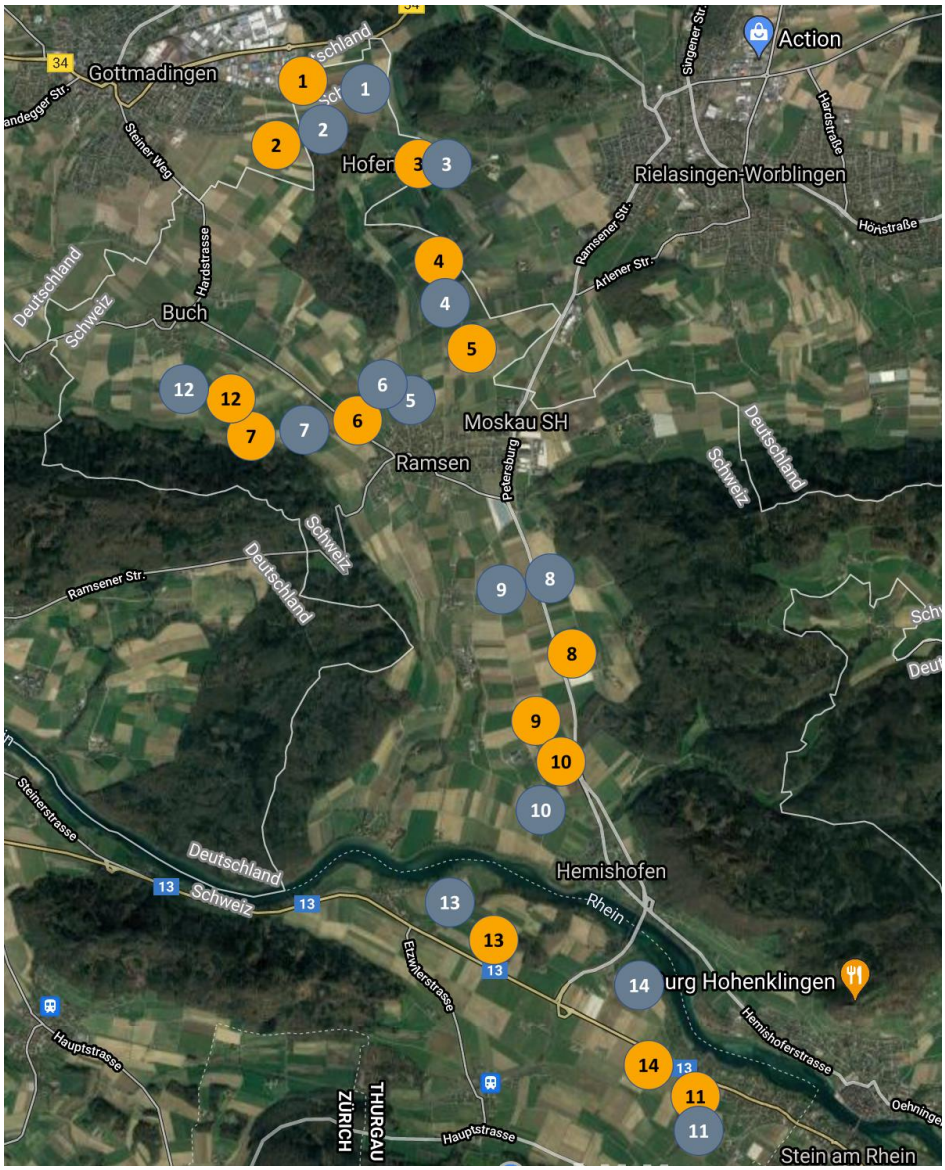


Abbildung 77 Versuchsaufbau in der Region Stein. Dieselben Nummern bilden jeweils ein Parzellenpaar. Die orangen Nummern stehen für die 0-Parzellen, die grauen Nummern für die TSW-Freilassungsparzellen. (Quelle: nach Google Maps 2021, verändert).

Zur Bonitur des MZ-Befalls wurden diagonal über die Versuchsparzelle zufällig 10 Boniturblöcke ausgewählt, wobei jeder Block aus 10 Maispflanzen besteht, welche in derselben Maisreihe aufeinander folgen. Um den menschlichen Einfluss bei der Wahl der Boniturblöcke zu minimieren, wurde die erste Pflanze jeweils, ohne auf den Bestand zu achten, ausgewählt. Anschliessend erfolgte die Bonitur der 10 Pflanzen in Laufrichtung. Um Randeffekte auszuschliessen wurden Randbereiche ausgeschlossen.

10.2.3 *Maiszünslerbefall in den Kantonen*

Um die Befallszahlen des MZ in unterschiedlichen Regionen der Schweiz über einen längeren Zeitraum zu vergleichen, wurde einerseits auf die Daten aus Ryser (2020) zurückgegriffen. Andererseits wurden die kantonalen Pflanzenschutzfachstellen der Kantone Bern, Jura und Waadt bezüglich der Befallszahlen durch den MZ im Jahr 2020 angefragt. Die Befallszahlen wurden bei allen drei Kantonen mit den Ergebnissen von Ryser (2020) ergänzt. Die Befallszahlen der Kantone wurden mit Wetterdaten abgeglichen, um den Witterungseinfluss auf die MZ-Population zu bewerten.

10.2.4 *Statistische Auswertung*

Die statistische Auswertung der Versuchsresultate erfolgte mit dem Statistikprogramm NCSS 9. Hierzu wurden die Resultate in Excel zusammengetragen und so aufbereitet, dass diese in NCSS importiert werden konnten.

10.3 **Resultate und Einzeldiskussion**

10.3.1 *Trichogrammaeinsatz in den Kantonen*

Im Jahr 2020 wurde im Kanton Bern 59% der Maisfläche mit TSW gegen den MZ behandelt (Abbildung 78). Ein ähnlicher Wert wurde mit 52% für den Kanton Basel-Stadt errechnet. Die behandelte Fläche im Kanton Schaffhausen belief sich auf 41%, und in den Kantonen Jura sowie Waadt wurden TSW auf 14% bzw. 18% der Maisfläche ausgebracht. Des Weiteren wurden für Basel-Landschaft und Solothurn Werte von 31% bzw. 30% der Fläche errechnet, welche mit TSW behandelt wurde. Die restlichen Kantone in der Nordwestschweiz weisen Werte zwischen 9% und 22% auf, während sich in der Südostschweiz die Anteile der Maisflächen, welche mit TSW behandelt wurden, auf 0% bis 2% belaufen. Der Kanton Tessin bildet hierbei mit 19% eine Ausnahme (Abbildung 78).

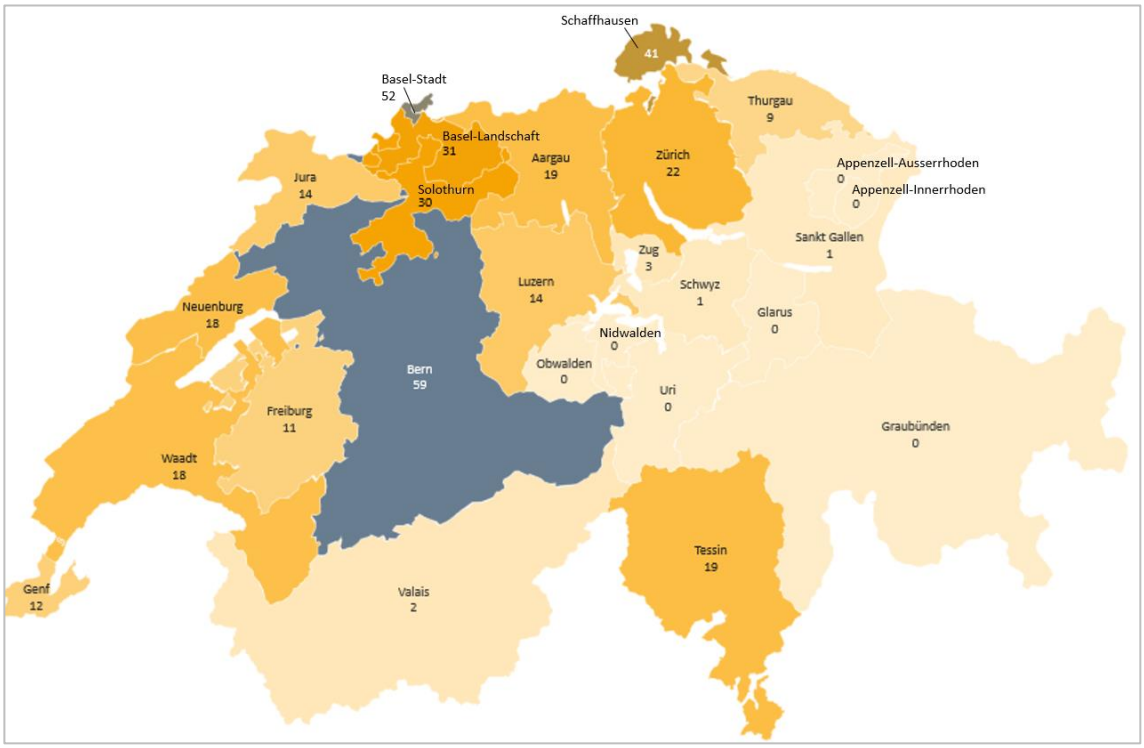


Abbildung 78 Übersicht zur Ausbringung von Trichogramma-Schlupfwesen in der Schweiz nach Kantonen. Dargestellt sind die prozentualen Anteile der Maisflächen, welche im Anbaujahr 2020 mit Trichogramma -Schlupfwespen behandelt wurden.

10.3.2 *Trichogrammaeinsatz im Kanton Bern*

Die Ausbringungsdichte von TSW steigt im Kanton Bern seit dem Jahr 2017 (Abbildung 79), wobei im ersten Jahr des Anstiegs auf 42% der Fläche TSW ausgebracht wurden. Bis zum Jahr 2020 stieg die Ausbringungsdichte um 17 Prozentpunkte auf 59% der Maisfläche, welche behandelt wurde. Ebenfalls hat sich die Anzahl Betriebe, auf welchen TSW eigensetzt werden, von 1325 Betrieben im Jahr 2017 auf 2022 Betriebe im Jahr 2020 gesteigert (+52.6% mit dem Jahr 2017 als Basis).

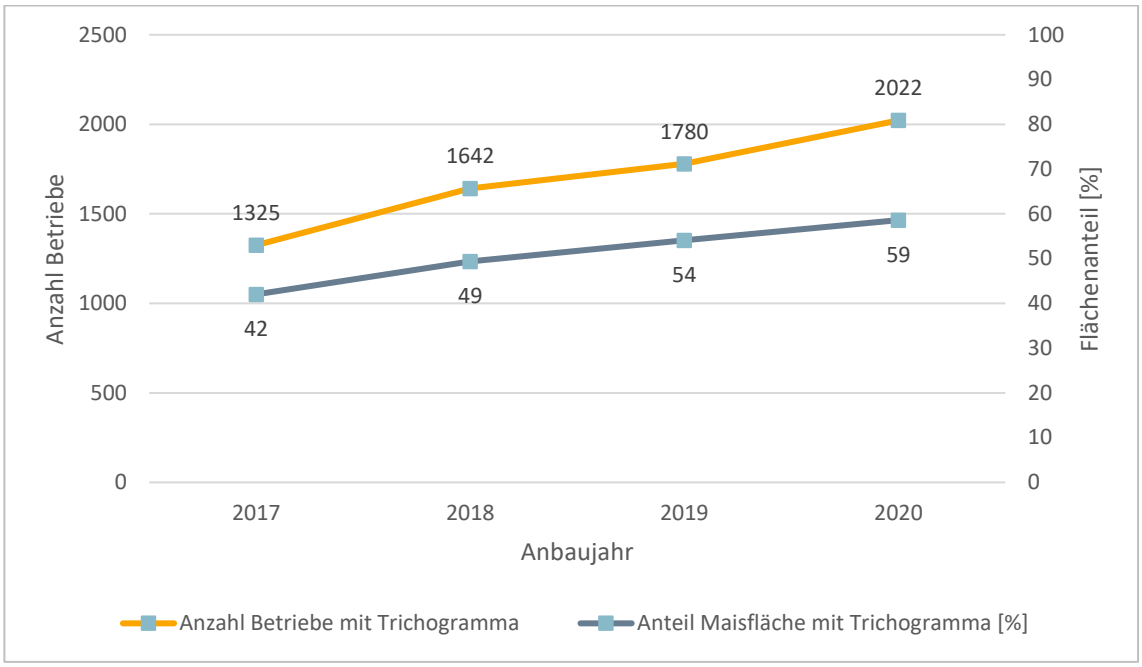


Abbildung 79 Einsatz von Trichogramma-Schlupfwespen im Kanton Bern nach Anbaujahren. Dargestellt sind die Anzahl Betriebe und der Anteil an der gesamten Maisfläche im Kanton Bern, auf welcher Trichogramma-Schlupfwespen ausgebracht wurden.

Der prozentuale Maisflächenanteil, welcher mit TSW im Jahr 2020 behandelt wurde, ist im Kanton Bern mit 59% über die gesamte Schweiz betrachtet am höchsten (Abbildung 78). Hierbei ist jedoch zu beachten, dass der Kanton Bern der einzige Kanton ist, in dem eine Erhebung zu den ausgebrachten TSW gemacht wird. In dieser sind jedoch nur jene TSW enthalten, welche auch im BPP angemeldet sind. Aufgrund der finanziellen Unterstützung beim Einsatz der TSW durch den Kanton Bern wird jedoch von einer niedrigen Dunkelziffer an nicht gemeldeten TSW ausgegangen. In allen anderen Kantonen wurde wegen der fehlenden Daten eines Anbieters eine Hochrechnung gemacht. Hierbei ist von gewissen Verzerrungen auszugehen, insgesamt dürften die Abweichungen aber nicht bedeutend sein.

Die Zunahme der ausgebrachten TSW im Kanton Bern (Abbildung 79) könnte auf die Förderung und die finanzielle Unterstützung durch das BPP zurückzuführen sein, denn seit dem Beginn dieses Projektes im Jahr 2017 war eine Steigerung der behandelten Maisfläche bis ins Jahr 2020 um 52.6% auszumachen. Ausserdem nahm die Anzahl Betriebe zu, auf welchen TSW eingesetzt werden. Dies könnte nebst dem erhöhten Flächenanteil auch auf eine bessere Flächendeckung über den Kanton hinweisen. Die Ziele einer grossflächigen und regelmässigen Ausbringung von TSW, welche das LANAT (ohne Datum) formuliert, konnten somit seit dem Start des BPP verfolgt werden.

10.3.3 *Maiszünslerbefall 2020 in der Region Stein und im Kanton Bern*

10.3.3.1 Region Stein

Der Einsatz von TSW zeigte, ausgenommen beim Parzellenpaar 4, bei allen Parzellenpaaren eine Reduktion der MZ befallenen Maispflanzen (Abbildung 80). Im Mittel wurde im Anbaujahr 2020 in der Region Stein eine Reduktion des Zünslerbefalles von 17.4% (±2.70) auf 6.4 % (±1.39%) beobachtet (Abbildung 80). Dies entspricht einem Rückgang von 63.2% (0-Parzellen als Basis).

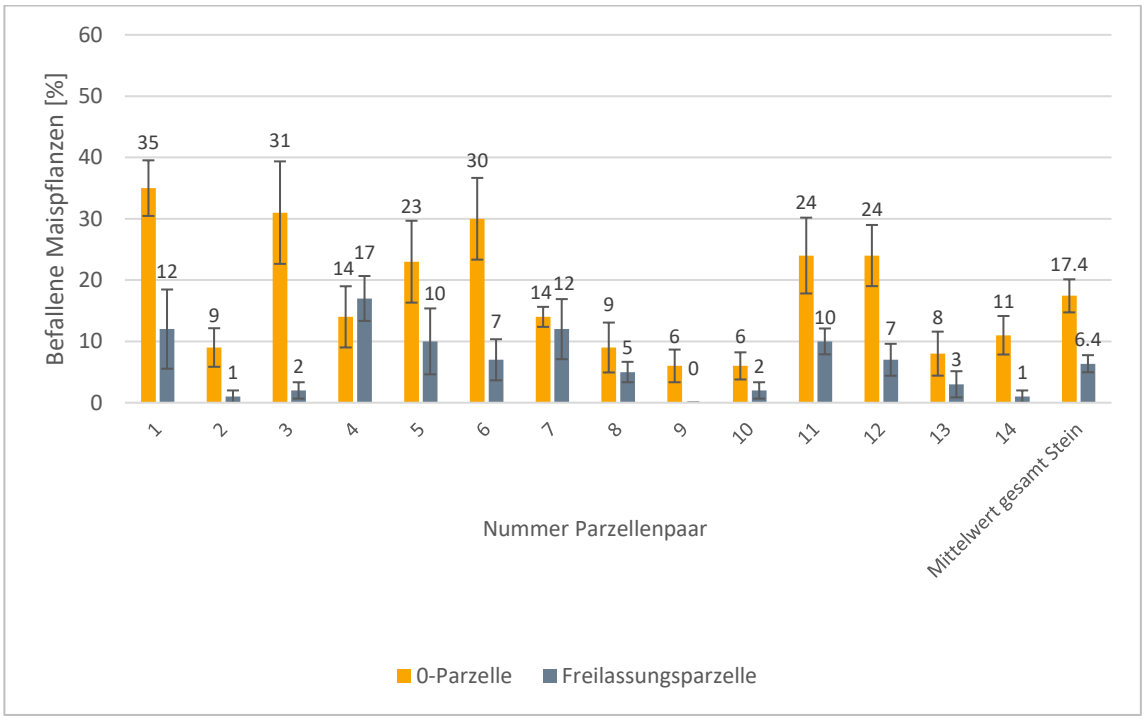


Abbildung 80 Parzellenspezifische Befallszahlen durch den Maiszünsler in der Region Stein(Schaffhausen/Thurgau). Dargestellt sind die mittleren Maiszünslerbefälle (± Standardfehler) der einzelnen Parzellen aus dem Paarversuch im Anbaujahr 2020. Jeweils eine 0-Parzelle (ohne Trichogramma-Schlupfwespen) und eine Freilassungsparzelle (mit Freilassung von Trichogramma-Schlupfwespen) bilden ein Parzellenpaar zum gegenseitigen Vergleich.

10.3.3.2 Kanton Bern

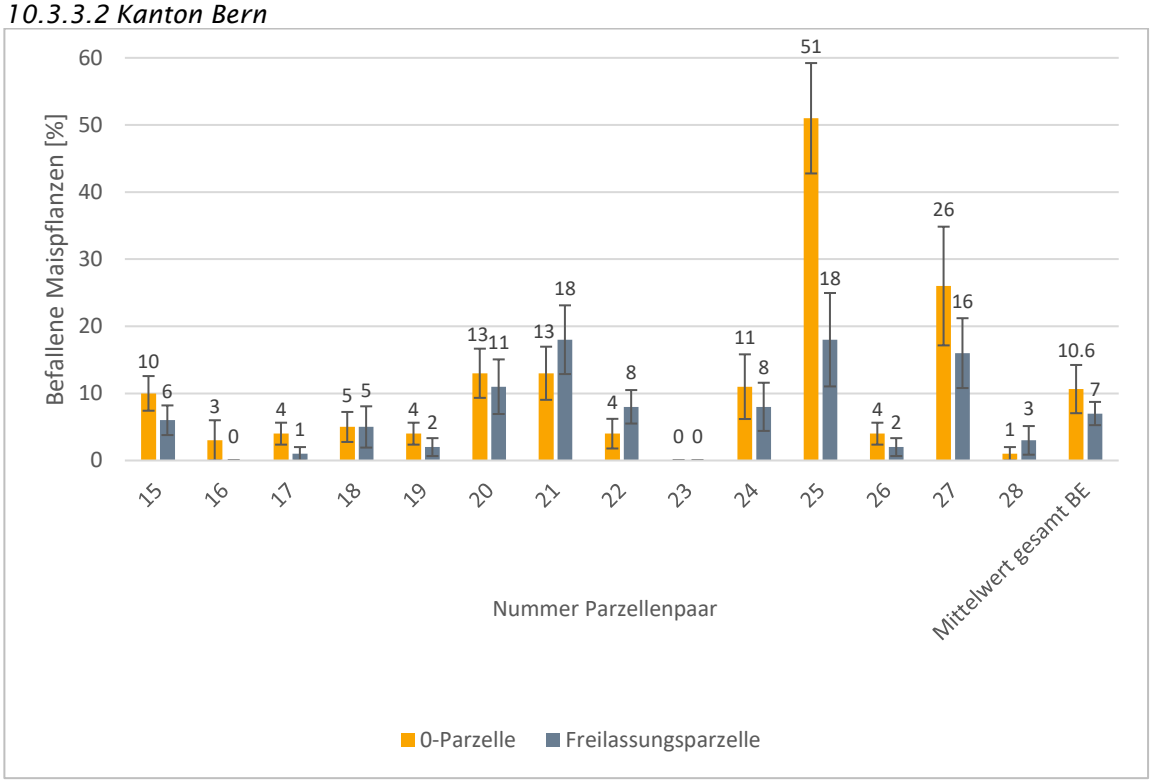


Abbildung 81 Parzellenspezifische Befallszahlen durch den Maiszünsler im Kanton Bern. Dargestellt sind die mittleren Maiszünslerbefälle (± Standardfehler) der einzelnen Parzellen aus dem Paarversuch im Anbaujahr 2020. Jeweils eine 0-Parzelle (ohne Trichogramma-Schlupfwespen) und eine Freilassungsparzelle (mit Freilassung von Trichogramma-Schlupfwespen) bilden ein Parzellenpaar zum gegenseitigen Vergleich.

Bei den Parzellenpaaren 21, 22 und 28 wurden in den Freilassungsparzellen höhere Befallswerte durch den MZ beobachtet als in den 0-Parzellen (Abbildung 81), während beim Parzellenpaar 18 kein Unterschied in den Befallszahlen zwischen der 0-Parzelle (5% ± 2.24%) und der Freilassungsparzelle (5% ± 3.07%) beobachtet wurde. Beim Parzellenpaar 23 war bei beiden Parzellen kein MZ-Befall zu beobachten. Der grösste Unterschied im MZ-Befall zwischen einer 0-Parzelle (51% ± 8.23%) und einer Freilassungsparzelle (18% ± 6.96%) wurde beim Parzellenpaar 25 beobachtet. Hier weist die Freilassungsparzelle eine 64.7 % geringere Befallsquote auf als die 0-Parzelle. Der Mittelwert ergab bei den 0-Parzellen einen Befall von 10.6%, bei den Freilassungsparzellen von 7.0% (Abbildung 81). Dies entspricht einer Reduktion von 34% (0-Parzelle als Basis).

Im Kanton Bern konnte im Durchschnitt ein um 25% geringerer Maiszünslerbefall als im Kanton Schaffhausen beobachtet werden (Abbildung 80 und Abbildung 81). Diese Beobachtung könnte mit der Ausbringung von TSW in den Kantonen in Zusammenhang gebracht werden.

Über beide Versuchsstandorte hinweg konnte in den Freilassungsparzellen durchschnittlich 57% weniger MZ-Befall beobachtet werden als in den 0-Parzellen. Wird die Wirksamkeit der TSW in den beiden Regionen einzeln betrachtet, so ergibt sich eine Reduktion des MZ-Befalles von 63% in der Region Stein und 34% im Kanton Bern (Abbildung 80 und Abbildung 81). In der Literatur sind Wirkungsgrade der TSW gegen den MZ von bis über 90% bei einer Erhöhung der Aufwandmenge zu finden Kühne et al. (2006, 59). Um die schlechte Wirksamkeit der TSW gegen den MZ im Versuch dieser Arbeit zu erklären, kann nur spekuliert werden. Ein Grund hierzu könnte sein, dass die Niederschläge, welche vor allem nach der ersten Ausbringung der TSW fielen, deren Aktivität und somit deren Effektivität beeinflussten. Dabei waren die Niederschläge im Kanton Bern höher als in der Region Stein, was die Unterschiede in den Wirkungsgraden erklären könnte.

10.3.4 *Maiszünslerbefall in den Kantonen*

Bei den Kantonen Bern und Jura kann auf Messreihen von ähnlichem Umfang zurückgegriffen werden. Im Kanton Waadt liegen Resultate ab dem Jahr 2017 vor.

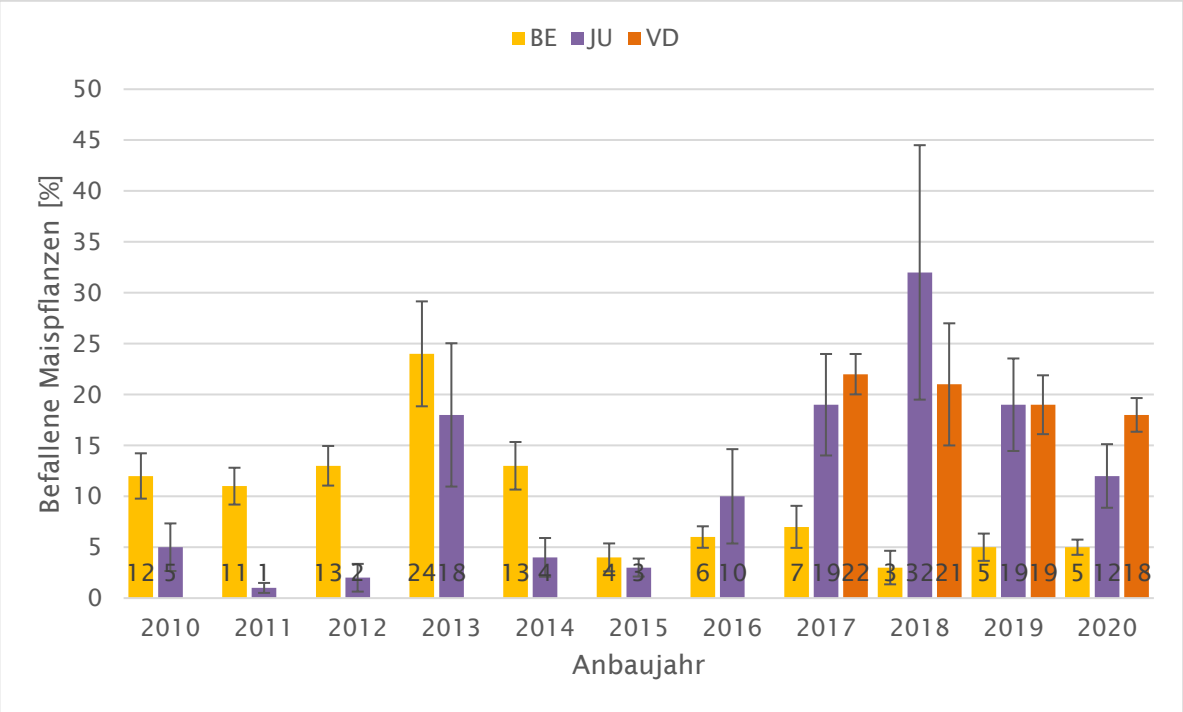


Abbildung 82 Maiszünslerbefall in den Kantonen Bern, Jura und Waadt in den Jahren 2010-2020 (Waadt 2017-2020).

In den Jahren 2010 bis 2014 waren die Befälle im Kanton Bern immer deutlich höher als im Kanton Jura. Was der genaue Grund ist, kann nicht gesagt werden. Eine Hypothese/Vermutung ist, dass in dieser Zeit noch das Ressourcenprogramm Boden im Kanton Bern gelaufen ist und evtl. weniger gepflügt und der vorbeugenden Massnahme das Maisstroh zu häckseln weniger Beachtung geschenkt wurde. Maiszünsler können sich besonders gut entwickeln in warmen und trockenen Jahren (Chiang

und Hodson 1972; Waligora et al. 2014). In beiden Kantonen konnte im Jahr 2013 ein Peak der MZ-Befälle beobachtet werden. Gemäss Meteo Schweiz (2014) «(…) [war] im Juli und August (…) fast durchwegs sonniges Hochsommerwetter [zu beobachten].» Hierbei lagen die Temperaturen über dem langjährigen Durchschnitt, während die Niederschläge im Juni durchschnittlich und im August unterdurchschnittlich waren (ebd.). Auch die Jahre 2017 und 2018 waren trocken und warm, im 2018 war vor allem die Niederschlagsmenge im August unter dem langjährigen Mittel (Meteo Schweiz 2018, Meteo Schweiz 2019), was der Entwicklung des Maiszünslers entgegenkam. In den Jahren 2019 und 2020 war ein Rückgang der MZ-Schäden im Kanton Jura zu beobachten, obwohl beide Jahre überdurchschnittliche Temperaturen in den Monaten Juli und August aufwiesen. Das Jahr 2019 wies dabei eine durchschnittliche Niederschlagsmenge im Juli und eine leicht überdurchschnittliche Menge im August auf (MeteoSchweiz 2020). Der Hauptflug des MZ war am 29. Juli 2019, weshalb der August entscheidend für die Entwicklung der MZ-Population gewesen sein dürfte, und aus diesem Grund eine Abnahme der Population die Folge war.
Im Kanton Waadt kann über alle verfügbaren Jahre praktisch ein konstanter MZ-Befall beobachtet werden (Abbildung 82). Im Gegensatz zum Kanton Jura ist hier kein klarer Peak im Jahr 2018 ersichtlich. Dies könnte vermuten lassen, dass ein Zusammenhang damit besteht, dass im Kanton Waadt nebst der univoltinen auch die bivoltine Rasse vorkommt.

Beim Vergleich der Befallszahlen des MZ im Kanton Bern mit jenen im Kanton Jura in den Jahren 2016 bis 2018 wird ersichtlich, dass sich die beiden Befallstrende nicht mehr folgen, wie dies in den Jahren zuvor der Fall war. Die Zunahme der Befälle, wie sie im Kanton Jura der Fall sind, können im Kanton Bern nicht beobachtet werden. Dieser Effekt ist mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die erhöhte Freilassung der TSW durch das BPP zurückzuführen.

10.4 **Gesamtdiskussion und Schlussfolgerungen**

Grössere Unterschiede in der Ausbringdichte der TSW sind zwischen dem Kanton Bern und den Kantonen Jura und Waadt zu beobachten. Es wird davon ausgegangen, dass die TSW-Ausbringung in den Kantonen Jura und Waadt in der Zeitspane von 2017 bis 2020 in etwa gleichblieb. Bei ähnlichen Witterungsverhältnissen (=ähnliche Bedingungen für die MZ-Population) wurden im Kanton Bern konstant MZ-Befälle unter der Bekämpfungsschwelle von 10-20% für Körnermais beobachtet, während in den Kantonen Jura und Waadt die MZ-Befälle in dieser Zeit immer über dem unteren Wert der Bekämpfungsschwelle lagen. Dieser Unterschied könnte auf die dichtere Ausbringung von TSW im Kanton Bern zurückzuführen sein. Die Hypothese, dass ein erhöhter Einsatz von TSW in einer Region die Schäden, welche durch den MZ verursacht werden, senkt, konnte bestätigt werden. Im Kanton Bern, in welchem die Ausbringungsdichte der TSW seit dem Start des BPP deutlich über den Ausbringungsdichten der Kantone Jura und Waadt liegt, konnten im Zeitraum von 2017 bis 2020 auch weniger MZ-Schäden beobachtet werden als in den Vergleichskantonen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine Wirkung der TSW besteht. Ebenso nimmt die Wirkung zumindest bis zu einem gewissen Punkt zu, wenn die TSW sowohl regelmässiger als auch flächendeckender eingesetzt werden. Es zeigen sich jedoch auch eine Vielzahl von abiotischen und biotischen Faktoren, welche die MZ-Population und die daraus resultierenden Schäden beeinflussen.

10.5 **Literaturverzeichnis**

Berry EC, Ghidiu GM, 1989. Effect of Conservation Tillage on European Corn Borer (Lipidoptera: Pyralidae) Populations. Environmental entomology, 18 (6), 917–920.

Chiang HC, Hodson AC, 1972. Population Fluctuations of the European Corn Borer, Ostrinia nubilalis, at Waseca, Minnesota, 1948-70. Environmental entomology, 1, 7–16.

Daniel O, Mathis M, 2017. Konzept der wissenschaftlichen Begleitung des Berner Pflanzenschutzprojektes (BPP).

Eggenschwiler S, 2010. Bekämpfung des Maiszünslers mit Trichogramma-Schlupfwespen. Semesterarbeit, unveröffentlicht. Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft SHL, Zollikofen, 30 S.

Hurle K, Mehrtens J, Meinert G, 2005. Mais. Unkräuter - Schädlinge - Krankheiten (2. Aufl.). Th. Mann, Gelsenkirchen, 144 S.

Kühne S, Burth U, Marx P, 2006. Biologischer Pflanzenschutz im Freiland. Pflanzengesundheit im Ökolo-gischen Landbau. Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 288 S.

LANAT (Amt für Landwirtschaft und Natur), ohne Datum. Trichogramma-Einsatz. Abgerufen am 08.09.2020, https://www.weu.be.ch/content/dam/weu/dokumente/lanat/de/landwirtschaft/pflanzenschutz/08-bpp-massnahme-de.pdf

MeteoSchweiz, 2014. Klimabulletin Jahr 2013, Zürich.

MeteoSchweiz, 2019. Klimabulletin Jahr 2018, Zürich.

MeteoSchweiz, 2020. Klimabulletin Jahr 2019, Zürich

MeteoSchweiz, 2021. Klimabulletin Jahr 2020, Zürich.

Ryser R, 2020. Bekämpfung des Maiszünslers mit Hilfe von Trichogramma-Schlupfwespen. Analyse und Methodenentwicklung. Semesterarbeit, unveröffentlicht. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen, 33 S.

Waligora H, Weber A, Skrzypczak W, Chwastek E, 2014. The Effect of Weather conditions on Corn smut infection and european cornborer infestation in several cultivars of sweet corn. Romanian agricultu-ral research, 31, 357–366.

11 Teilprojekt 7 – Fungizidverzicht

11.1 **Einleitung**

Die Massnahme 7 des Berner Pflanzenschutzprojektes betrifft unter anderem die Reduktion des Fungizideinsatzes im Getreide. Bei der Umsetzung ist nur noch eine einmalige Behandlung mit Fungiziden in derselben Kulturart auf der gesamten Betriebsfläche erlaubt, diese Einschränkung wird mit CHF 200/ha abgegolten (LANAT 2017). Der Betrag soll die vorübergehend auftretenden Ertragseinbussen abmildern, während die Landwirte versuchen, mit der Wahl resistenterer Sorten und dem optimalen Einsatzzeitpunkt der Fungizide trotz reduziertem Pflanzenschutzmitteleinsatz das Ertragsniveau so gut wie möglich aufrecht zu erhalten. Mithilfe von Exaktversuchen und Versuchen auf Praxisbetrieben wird diese Massnahme in Winterweizen und Wintergerste als Hauptgetreidekulturen untersucht.

11.2 **Material und Methoden**

11.2.1 *Versuchsanlagen*

Im Winterweizen wie auch in der Wintergerste wurden die gleichen Verfahren umgesetzt, wie sie in der Tabelle 33 ersichtlich sind.

Tabelle 33 Prinzip der einzelnen Verfahren in den Versuchen zur Reduktion von Fungiziden in Wintergerste.

Verfahren	Angestrebtes DC-Stadium	Beschreibung
Extenso		Kein Einsatz von Fungiziden, Insektiziden, Wachstumsregulatoren und chemisch-synthetische Stimulatoren
1x Fungizid	DC 39	Fungizid/Fungizid-Kombination 2 + Wachstumsregulator 2
2x Fungizid	DC 31/32	Fungizid/Fungizid-Kombination 1 + Wachstumsregulator 1
(Standard)	DC 39	Fungizid/Fungizid-Kombination 2 + Wachstumsregulator 2

Für die Untersuchungen in der **Wintergerste** wurden im Erntejahr 2018 mit dem pflanzenbaulichen Beratungsdienst der fenaco Lyssach zwei Streifenversuche an den Standorten Langenthal (Sorte Meridian) und Rütschelen (Sorte Hobbit) mit je drei Wiederholungen angelegt. Verglichen wurden die zwei Verfahren 1x Fungizid und 2x Fungizid.

Für das Erntejahr 2019 wurden in Büren zum Hof und in Zollikofen Kleinparzellen-Blockversuche im «complet randomized Block Design» mit jeweils vier Wiederholungen angelegt. Verglichen hat man in Zollikofen je einen Vertreter von zweizeiligen, sechszeiligen und Hybrid-Sortentypen, in Büren zum Hof ausschliesslich die Sorte Meridian. Dabei kam zu den bereits 2018 untersuchten Verfahren 1x Fungizid und 2x Fungizid noch das Verfahren Extenso hinzu. 2020 und 2021 wurde ausschliesslich der Blockversuch in Zollikofen mit den gleichen Verfahren wie 2019 weitergeführt.

Die Versuche in **Winterweizen** fanden 2018-2021 auf 13 (2018) bzw. 14 Praxisbetrieben im Rahmen einer einmaligen Anlage aller drei Verfahren innerhalb einer nach der 1x Fungizid-Verfahren bewirtschafteten Parzelle statt. Bis auf die Wachstumsregler- und Fungizidbehandlungen wurde die Parzellenbewirtschaftung durch die jeweiligen Landwirtschaftsbetriebe durchgeführt. Im Jahr 2021 kam es an einigen Versuchsstandorten zu Hagelschaden, welcher entsprechend den Hagelschätzungen durch die Hagelversicherung korrigiert wurde. Die durch Hagel entstandenen Qualitätsmängel (Auswuchs) und Deklassierungen auf den Betrieben wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt, da hier kein direkter Einfluss des Fungizidverfahrens anzunehmen ist.

Zudem wurde während den Jahren 2017 – 2019 mit dem Beratungsdienst der fenaco Lyssach an deren Sortenversuchsstandorten in Jegenstorf und Thunstetten alle drei Verfahren bei allen angesäten Winterweizensorten untersucht.

11.2.2 *Datenerhebung*

In allen Versuchen wurden der Krankheitsbefall (zwei zeitlich getrennte Krankheitsbonituren zur Beurteilung des Krankheitsdrucks), der Flächenertrag und die Qualität des Erntegutes (Feuchtigkeit, Hektolitergewicht, Tausendkorngewicht und teilweise auch der Proteingehalt) erhoben.

Aus den erhobenen Ertrags- und Qualitätsdaten konnte die Wirtschaftlichkeit der Verfahren anhand des vergleichbaren Deckungsbeitrages (vDB) unter Berücksichtigung der verfahrensbezogenen Kosten (inklusive Maschinenkosten durch Pflanzenschutzmassnahmen) und Beiträge berechnet werden. Hierbei sind sonstige Arbeits- und Maschinenkosten wie beispielsweise Kosten für Bodenbearbeitung, Saat und Ernte noch nicht berücksichtigt bzw. abgezogen (vgl. Tabelle 34).

Wo möglich wurden die Versuche mit einem linearen Modell in der Entwicklungsumgebung RStudio statistisch ausgewertet, das Signifikanzniveau liegt bei 5%.

Tabelle 34 Schema Deckungsbeitragsrechnung

	Deckungsbeitragsrechnung Getreide
	Markterlös Kornertrag
+	Markterlös Stroh
+	Beiträge aus Programmen (Berner Pflanzenschutzprojekt, Extenso)
+	Bundesbeiträge (Getreidezulage)
+/-	Qualitätszuschläge/-abzüge
-	Saatgutkosten
-	Düngerkosten
-	Kosten Pflanzenschutz (inkl. Überfahrten)
-	Versicherung, Annahme Reinigung, versch. Beiträge
=	**Vergleichbarer Deckungsbeitrag (vDB)**

11.2.3 *Wetterverhältnisse während den Versuchsjahren*

Die Versuchsjahre 2017 – 2020 zeichnen sich durch sehr warme Temperaturen und allgemein geringe Niederschlagsmengen aus (MeteoSchweiz 2018, 4; 2019, 4; 2020, 4; 2021a, 4). Bis auf das Jahr 2019 sind sie durch ausgesprochen trockene Frühlingsperioden charakterisiert. Doch auch auf den feuchteren Frühling 2019 folgte ein sehr warmer und sonniger Sommer. Generell ist bei solchen Witterungsverhältnissen mit unterdurchschnittlichem Krankheitsdruck zu rechnen. Allein 2021 weist nach einem wiederum sehr trockenen Frühling (MeteoSchweiz 2021b, 3) einen ausgesprochen niederschlagsreichen Sommer mit nur wenigen und kurzen Schönwetterphasen auf.

11.3 **Ergebnisse und Einzeldiskussion**

11.3.1 *Wintergerste*

11.3.1.1 Dreijahresvergleich Blockversuch Wintergerste Zollikofen 2019 - 2021

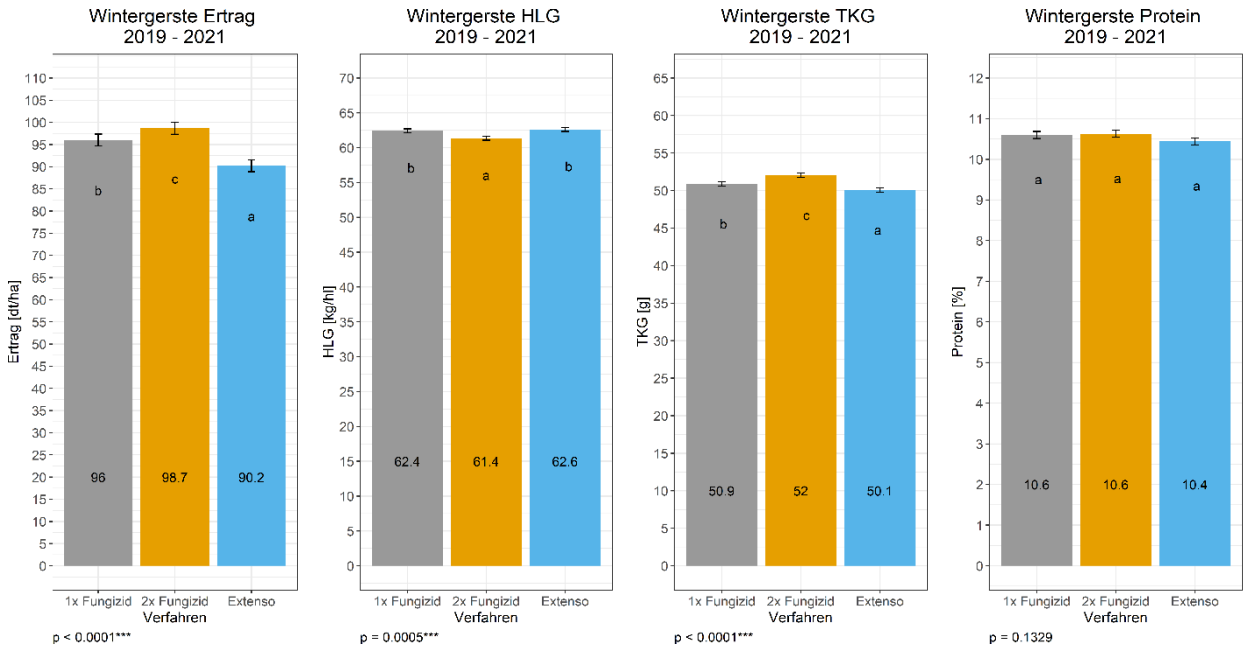


Abbildung 83 Wintergerste – Resultate der Erntedaten aus den Blockversuchen in Zollikofen 2019 - 2021. Dargestellt sind die Modellmittelwerte und der Standardfehler (n=36). Grau = 1x Fungizid, orange = 2x Fungizid, blau = Extenso.

Die Ernteerhebungen des Blockversuches in Zollikofen haben während den drei Jahren von 2019 bis 2021 ergeben, dass sich eine Fungizidreduktion statistisch hoch signifikant auf den Ertrag (n = 36, p<0.0001), das Tausendkorngewicht (n = 36, p<0.0001), wie auch auf das Hektolitergewicht (n = 36, p=0.0005) auswirkt (Abbildung 83). Der Ertrag reduziert sich mit nur einer Fungizidanwendung um rund 2.7% (2.7dt/ha) von 98.7 dt/ha im intensiven Verfahren mit zwei Fungizidspritzungen auf 96.0 dt/ha. Verzichtet man vollständig auf Fungizide, so ergibt sich eine Reduktion von rund 8.6% (8.5dt/ha) auf 90.2 dt/ha im Extenso.

Beim Tausendkorngewicht verhält es sich ähnlich, hier werden bei einmaliger Behandlung (50.9g) um 2.1% (1.1g) tiefere TKGs verzeichnet als mit zwei Fungizidanwendungen (52.0g), während sich beim Extensoverfahren (50.1g) das Korngewicht um 3.7% (1.9g) verringert.

Das wirtschaftlich relevante Hektolitergewicht wird aber durch eine Reduktion von zwei (61.4kg/hl) auf eine Fungizidapplikation (62.4kg/hl) um 1kg/hl positiv beeinflusst. Auch bei einem Verzicht auf Fungizide (62.6kg/hl) liegt das HLG um 1.9% (1.2kg/hl) höher als beim intensiven Pflanzenschutzmanagement.

Der Proteingehalt wird im Modell von der Fungizidstrategie nicht beeinflusst (p=0.1329).

Interaktionen zwischen dem Gerstensortentyp (Hybrid-, zweizeilige, sechszeilige Sorten) und den untersuchten Ernteparametern konnten keine gefunden werden. Somit gibt es keinen Sortentyp, welcher sich besser für die eine oder andere Pflanzenschutzstrategie eignen würde.

Unabhängig von der Fungizidstrategie trägt aber eine sorgfältige Sortenwahl sehr wohl zum Erfolg bei, der Gerstensortentyp hat, wie die Pflanzenschutzintensität, ebenfalls einen statistisch hoch signifikanten Einfluss auf die erhobenen Parameter (Ertrag: p < 0.0001; HLG: p < 0.0001; TKG: p < 0.0001; Protein: p = 0.0136). Er interagiert aber mit dem Faktor Jahr, was die Wahl der richtigen Sorte wieder

erschwert. Es hängt also vom Jahr und der damit verbundenen Witterung während der Wachstumsperiode ab, welcher Sortentyp sich besser eignet. Die Hybrid- und sechszeiligen Sorten scheinen besser mit extremen Witterungsverhältnissen (2020 ausgesprochen trocken, 2021 sehr niederschlagsreich) zurecht zu kommen (Abbildung 84), während der zweizeilige Sortentyp stärkeren jährlichen Schwankungen ausgesetzt scheint. Zu beachten ist hierbei, dass als Vertreterin des zweizeiligen Sortentyps nur die ältere Hauptsorte Cassia in allen drei Jahren Verwendung fand, während bei der Wahl für die Hybriden und die sechszeiligen Typen auf die leistungsstärkste Sorte des jeweiligen Jahres geachtet wurde. Somit ist der Züchtungsfortschritt bei Letzteren nicht eindeutig vom Einfluss des Sortentyps zu trennen. Hier wird das Versuchsjahr 2022 Aufschluss geben können, da nochmals dieselben Sorten wie 2021 angesät wurden.

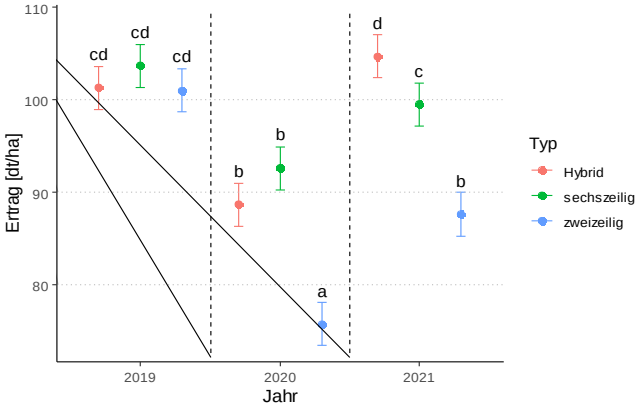


Abbildung 84 Interaktion von Sortentyp und Jahr bezüglich Ertrag in Zollikofen (n=12, p < 0.0001***).

Die Ertragsunterschiede und Unterschiede im Ertragsfaktor Tausendkorngewicht waren zu erwarten, obschon sie entgegen den Vermutungen geringer ausfielen. Der Krankheitsdruck war entsprechend der Witterung (Kapitel 11.2.3) gesamthaft sehr tief (Abbildung 85). Der sehr geringe Befall nach dem Fahnenblattschieben (BBCH39, April) in den Jahren 2020 und 2021 ist Ausdruck für die trockene Frühjahswitterung. So konnten sich die Krankheiten schlecht etablieren, was sich in den immer noch tiefen Befallszahlen im Mai zur Gerstenblüte zeigt. Auch die sehr hohen Tausendkorngewichte, welche durch die untersuchten Blattkrankheiten stark beeinflusst werden und die geringen Unterschiede zwischen den Verfahren sind ein weiteres Indiz dafür, dass die Kornausbildung nur geringfügig durch die Krankheiten beeinflusst wurden und so die Fungizide ihre Wirkung nur teilweise erbringen konnten. Bei genauerer Betrachtung der Boniturdaten der Krankheiten konnten keine nennenswerten Unterschiede auf Stufe Sorte erkannt werden. Wichtig bei der Interpretation des Krankheitsbefalls ist der Umstand, dass nur die Befallshäufigkeit (wie viele Blätter sind von einer Krankheit befallen) und nicht die Befallsstärke (wie viel Assimilationsfläche wurde von einer Krankheit zerstört) ermittelt wurde.

In allen drei Versuchsjahren überwogen die finanziellen Vorteile einer Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes dank der Programmbeiträge aus Extenso und dem Berner Pflanzenschutzprojekt

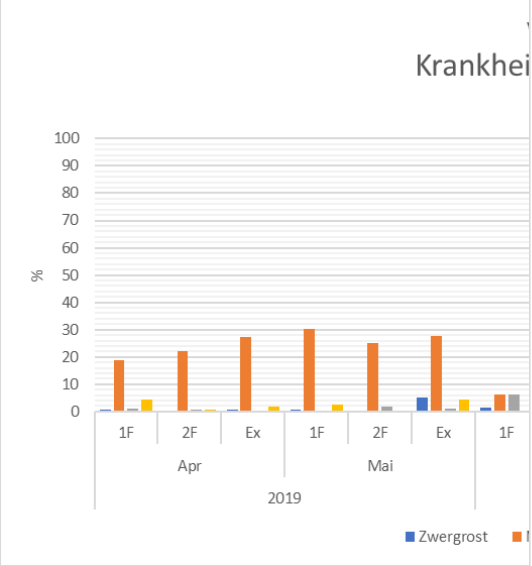


Abbildung 85 Der Krankheitsdruck in den Winterge
zwei Bonituren im April (Fahnenblattstadium) und M

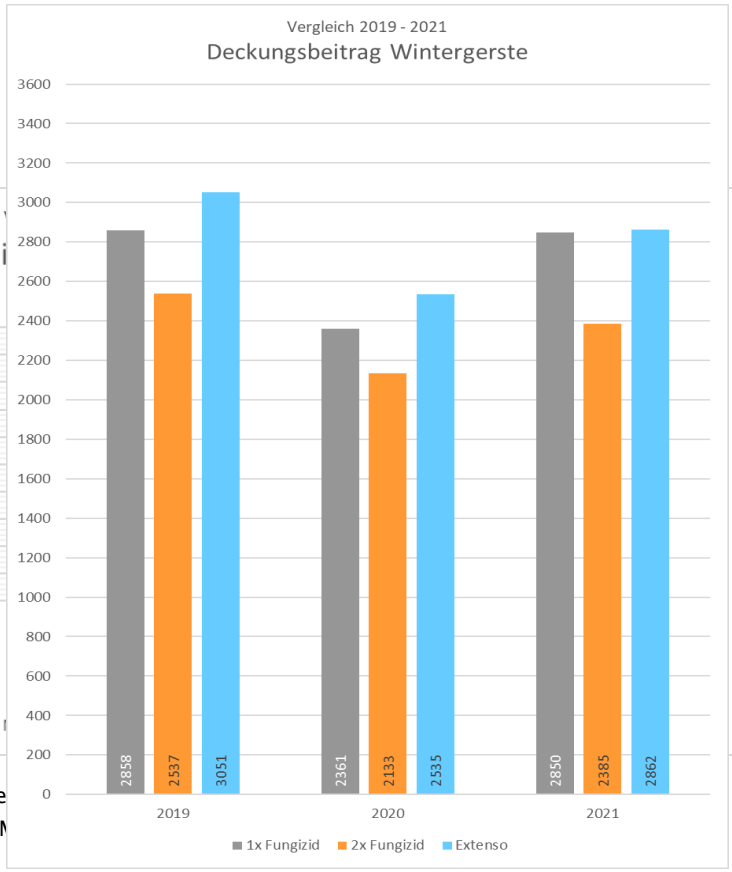


Abbildung 86 Deckungsbeiträge für Wintergerste, gerechnet mit den Durchschnittswerten der drei Versuchsjahre 2019-202 am Standort Zollikofen.

(Abbildung 86). Somit war das intensive 2x Fungizidverfahren in allen drei Jahren das wirtschaftlich unattraktivste, während sich die 1x Fungizidstrategie zwischen dem intensiven und Extensoanbau befindet. Ohne die Programmbeiträge für Extenso und Berner Pflanzenschutzprojekt kommen die Deckungsbeiträge auf ähnlichem Niveau zu liegen.

11.3.1.2 Blockversuch Büren zum Hof 2019

Im parallel zum Standort Zollikofen durchgeführten Blockversuch in Büren zum Hof konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Verfahren 1x Fungizid und 2x Fungizid in den untersuchten Parametern Ertrag, Tausendkorngewicht, Hektolitergewicht und Protein festgestellt werden. Einzig das Verfahren Extenso zeigt einen signifikanten Rückgang von Ertrag und Tausendkorngewicht und unterscheidet sich im Hektolitergewicht vom 1x Fungizidverfahren.

11.3.1.3 Streifenversuche Wintergerste in Rütschelen und Langenthal - fenaco 2018

Auch in den Streifenversuchen, welche vom fenaco-Pflanzenschutzdienst durchgeführt wurden, konnte man keinen Einfluss auf Ertrag und Hektolitergewicht durch eine Reduktion von zwei auf einen Fungizideinsatz feststellen. Aufgrund fehlender Wiederholungen erfolgte in diesem Versuch keine statistische Analyse.

11.3.2 *Winterweizen*

11.3.2.1 Vierjahresvergleich Praxisversuche Winterweizen 2018 – 2021

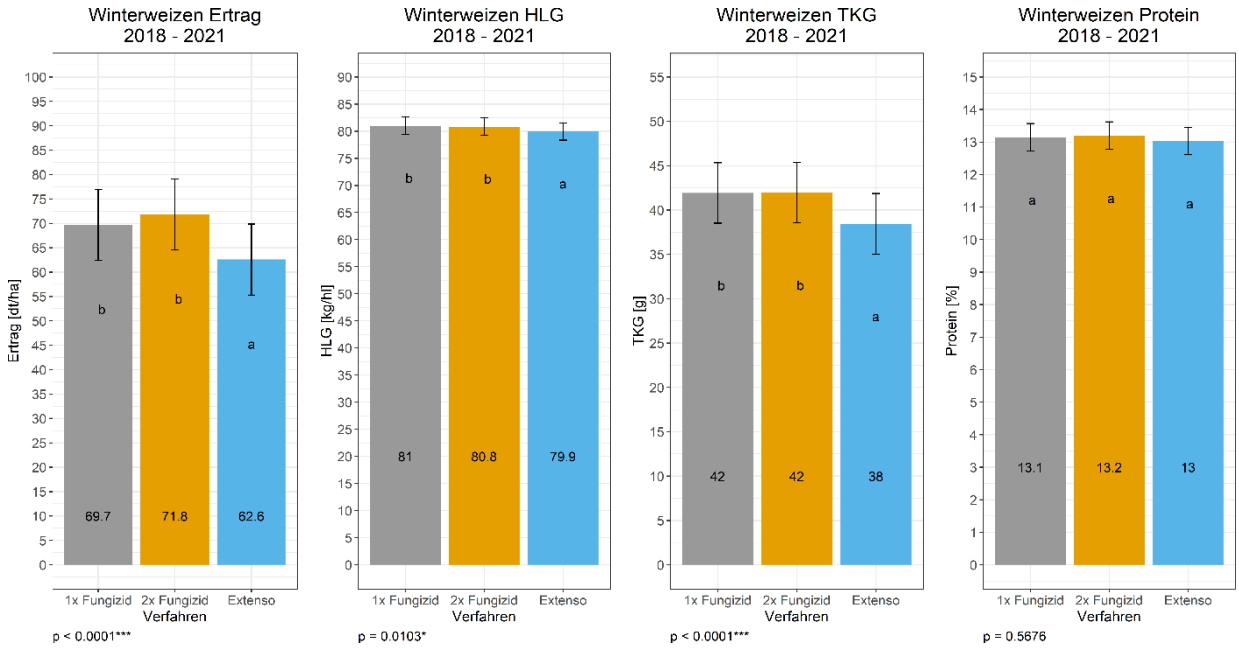


Abbildung 88 Winterweizen – Resultate der Erntedaten aus den Praxisversuchen 2018 bis 2021. Dargestellt sind die Modellmittelwerte und der Standardfehler. Die p-Werte beziehen sich auf die Anova (n=55). Grau = 1x Fungizid, orange = 2x Fungizid, blau = Extenso.

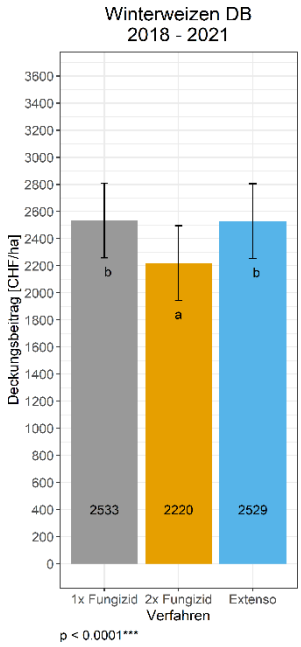


Abbildung 87 Das 1x Fungizidverfahren des Berner Pflanzenschutzprojekts erzielt statistisch signifikant höhere Deckungsbeiträge als das Intensivverfahren. Dargestellt sind die Modellmittelwerte und der Standardfehler (n=55).

Beim Winterweizen konnte über vier Versuchsjahre kein signifikanter Einfluss auf die untersuchten Ertrags- und Qualitätsparameter einer Fungizidreduktion von zwei auf eine Anwendung verzeichnet werden (Abbildung 88).

Die Modellmittelwerte des Ertrags lagen beim 1x Fungizid-Verfahren bei 69.7 dt/ha, mit zwei Fungizidbehandlungen bei 71.8 dt/ha. Beim Hektolitergewicht wurden entsprechend 80.8kg/hl gegenüber 81.0 kg/hl erreicht und in beiden Verfahren lag das Tausendkorngewicht bei 41.9g. Lediglich der vollständige Verzicht der chemischen Pilzregulierung im Weizen (Extenso) hatte eine signifikante Reduktion von Ertrag (62.6 dt/ha, -12.8%), TKG (38.4g, -8.4%) und HLG (79.9 dt/ha, -1.3%) zur Folge. Der Proteingehalt wurde in den Versuchen von der Fungizidstrategie nie beeinflusst.

Der Beitrag von 200 CHF/ha für die Fungizidreduktion im Getreide des Berner Pflanzenschutzprojekts und die wegfallenden Kosten für den zusätzlichen Pflanzenschutz zeigen sich im signifikant höheren Deckungsbeitrag (2533 CHF/ha) als bei der intensiveren 2x Fungizidstrategie (2220 CHF/ha) (Abbildung 87). In den vier Versuchsjahren entsprach die Wirtschaftlichkeit derjenigen wie mit dem Einstieg in das Extenso-Programm (2529 CHF/ha).

Bei den untersuchten Parametern konnten keine Interaktionen zwischen den vier häufigsten Sorten Montalbano (n=18), Nara (n=21), Arina (n=36) und Forel (n=30) und den Fungizidverfahren festgestellt werden. Die restlichen Sorten wurden von der statistischen Analyse ausgeschlossen, da der Sorteneffekt nur schwierig vom Standorteffekt und Jahreseinfluss zu unterscheiden war.

Wie bei der Gerste lässt dies darauf schliessen, dass sich keine der Sorten

besonders gut oder schlecht für ein Pflanzenschutzverfahren eignet. Ungeachtet der Pflanzenschutzstrategie können analog zur Wintergerste mit der richtigen Sortenwahl, die Ertrags- und Qualitätspa-

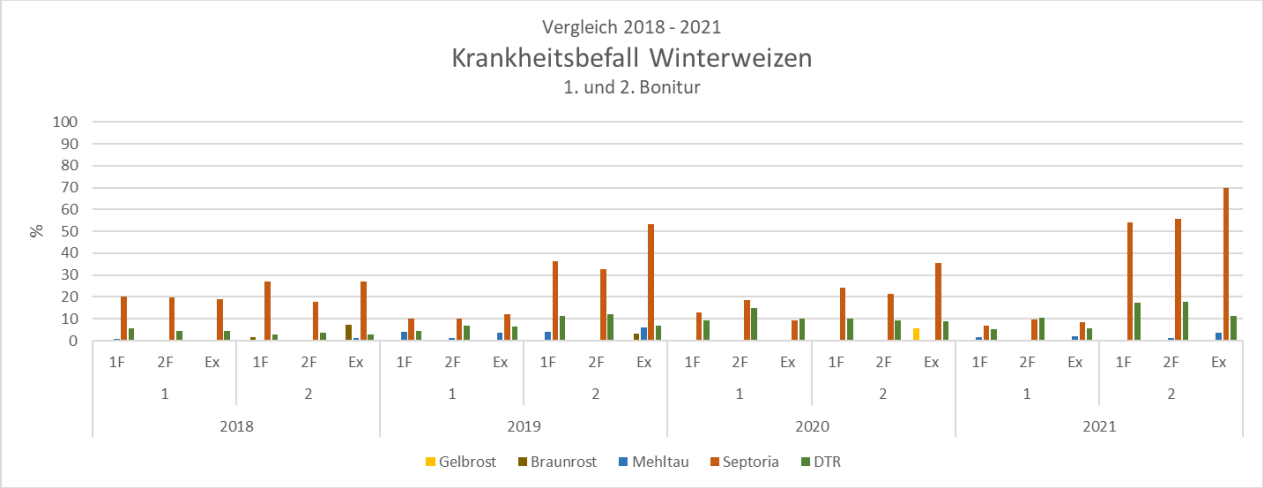


Abbildung 89 Resultate der Krankheitsbonituren in den Weizenversuchen der Praxisbetriebe 2018 – 2021. Dargestellt sind die Durchschnitte der Befallshäufigkeit. In den Jahren 2019 – 2021 wurden die erste und die zweite Bonitur im Stadium des Fahnenblattes (BBCH 39) bzw. der Blüte (BBCH 69) aufgenommen. Das Jahr 2018 ist nicht mit den restlichen Jahren vergleichbar, da das Zweiknotenstadium (BBCH 32) und das Fahnenblattstadium (BBCH 39) abgebildet sind (n=14).

rameter signifikant (Ertrag: $p < 0.0001$; HLG: $p < 0.0001$; TKG: $p < 0.0001$; Protein: $p = 0.0136$) beeinflusst werden.

Wie bei der Gerste bestätigen die Krankheitsbonituren im Winterweizen den tiefen Krankheitsdruck während der vier Versuchsjahre 2018 – 2021 (Abbildung 89). Die erste Fungizidbehandlung im intensiven Verfahren scheint nur eine geringe Wirkung auf die Befallshäufigkeit der Blattkrankheiten Septoria, Drechslera tritici repentis, Mehltau, Braun- und Gelbrost zu haben, wie eine nähere Betrachtung der zweiten Bonitur in den Jahren 2019 – 2021 schlussfolgern lässt. Wie sich aber das Fungizid auf die Krankheitsentwicklung und -Ausbreitung auf den Blättern ausgewirkt hat, kann anhand der gemachten Bonitur nicht beurteilt werden. Der allgemeine Krankheitsdruck während der Weizenblüte scheint aber mit dem Ertragsniveau des Jahres zu korrelieren (vgl. Abbildung 89 und Abbildung 91).

Ein Zusammenhang zwischen den Krankheitsbonituren und den Erträgen der verschiedenen Verfahren kann hingegen nicht erkannt werden. Während beispielsweise im Jahr 2021 das 2x Fungizidverfahren

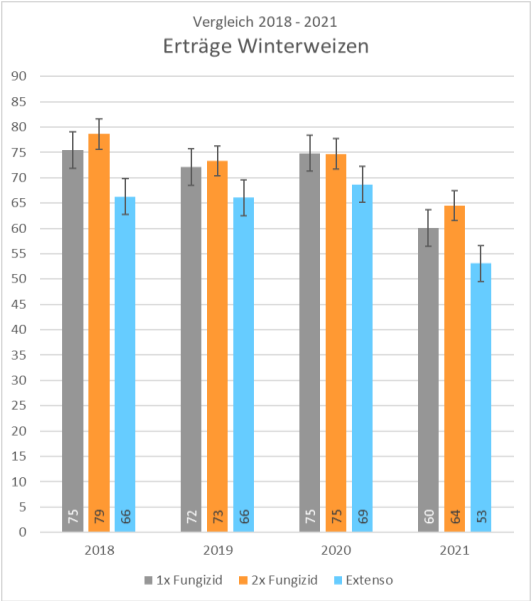


Abbildung 91 Weizenerträge der einzelnen Versuchsjahre. Dargestellt ist der Standardfehler, die einzelnen Jahre wurden noch nicht statistisch ausgewertet. n=14 (2018: n=13).

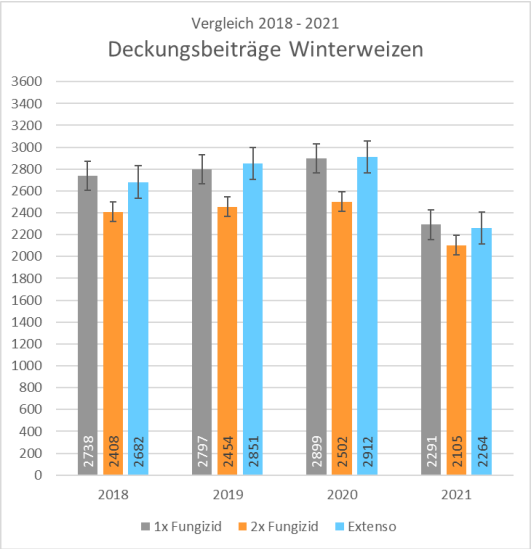


Abbildung 90 Das arithmetische Mittel der Deckungsbeiträge in den einzelnen Versuchsjahren auf den Praxisbetrieben. Dargestellt ist der Standardfehler, die einzelnen Jahre wurden noch nicht statistisch ausgewertet. n=14 (2018: n=13).

einen leicht höheren Krankheitsbefall mit Septoria aufweist als die 1x Fungizidstrategie, ist der Ertragsvorsprung der Intensivvariante in keinem Jahr so gross wie 2021. Entsprechend diesem Ertragsunterschied ist auch die wirtschaftliche Differenz zwischen den Verfahren im Anbaujahr 2021 am geringsten (Abbildung 90). Abgesehen davon, konnte in keinem der untersuchten Jahre der mit intensivem Pflanzenschutzmitteleinsatz gewonnene Ertragsvorteil die zusätzlichen Kosten aufwiegen.

11.3.2.2 Streifenversuche fenaco 2017 – 2018

In den Sortenversuchen der fenaco konnte mit zwei Fungizideinsätzen (78.9dt/ha) ein um 4.3 dt/ha (5.8%) höherer Ertrag als bei einer einmaligen Fungizidapplikation (74.6dt/ha) erzielt werden. Die Ertragsdifferenz ist im Unterschied zu den Praxisversuchen signifikant. Das Extenso-Verfahren liegt mit 65.3dt/ha wie bei den restlichen Versuchen hinter den beiden anderen Verfahren.

Die Reduktion von zwei auf eine Fungizidanwendung hat ansonsten keinen Einfluss auf das Hektolitergewicht, Tausendkorngewicht und den Proteingehalt, was die Erkenntnisse der Versuche auf den Praxisbetrieben bestätigt.

Es konnten auch keine Interaktionen zwischen den Sorten und den Verfahren oder der Weizenklasse und den Verfahren festgestellt werden. Somit wird die Annahme bekräftigt, dass keine Sorte sich speziell für ein Verfahren eignen würde.

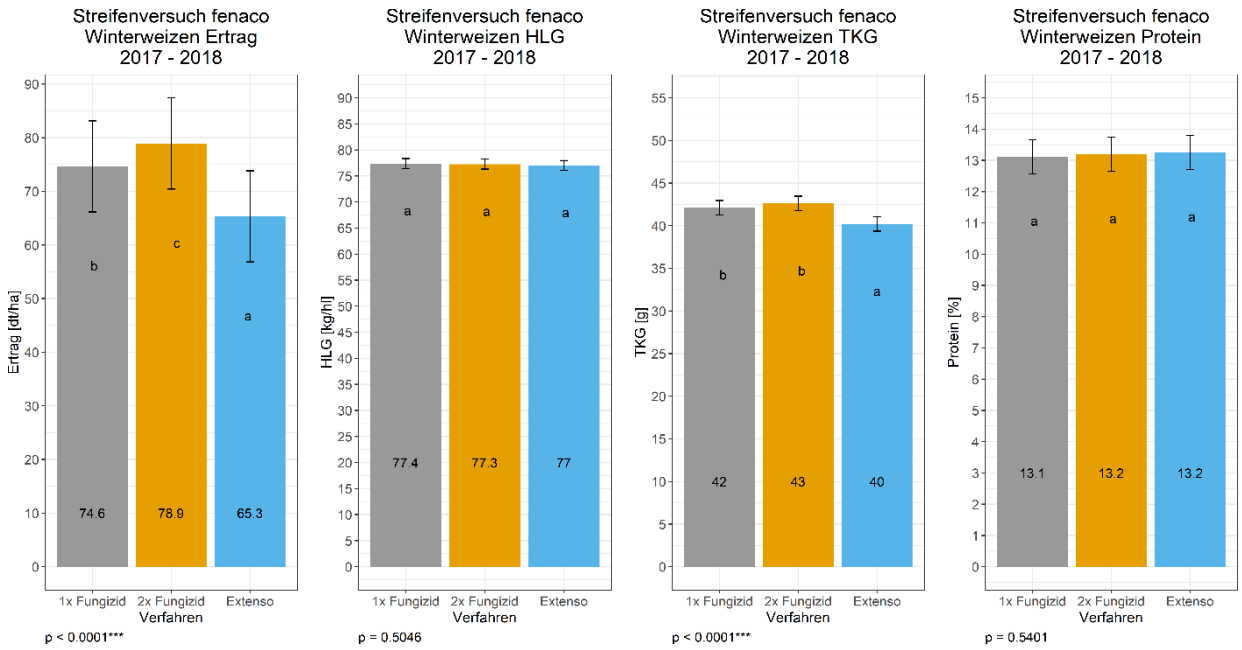


Abbildung 92 Resultate der Sortenstreifenversuche in Thunstetten und Jegenstorf. Dargestellt sind die Modellmittelwerte und der Standardfehler. n (1xFungizid) = 51, n (2xFungizid) = 49, n (Extenso) = 50.

11.4 **Folgerungen/Ausblick**

Ein Ertragsrückgang von 9dt/ha in Gerste bzw. 7dt/ha in Winterweizen, wie er zu Beginn des Projekts attestiert wurde, konnte in den Versuchen nicht bestätigt werden. Der signifikante Ertragsausfall bei Gerste, welcher in den Blockversuchen in Zollikofen ermittelt werden konnte, liegt mit 2.7dt/ha unter der Hälfte des erwarteten Ausfalls. Bei einem momentanen Richtpreis von 34.50 CHF/dt für Futtergerste, entspricht dies 93.15 CHF/ha Ertragsausfall, ohne den zusätzlichen Aufwand für eine intensivere Pflanzenschutzstrategie zu berücksichtigen.

Im Winterweizen konnte auf den Praxisbetrieben wie auch in den Streifenversuchen der fenaco kein signifikanter Ertragsausfall durch die 1x Fungizidstrategie des Berner Pflanzenschutzprojektes im Vergleich zum intensiven Pflanzenschutz festgestellt werden.

Auch Unterschiede im Hektolitergewicht und Tausendkorngewicht kamen nur im Wintergerstenversuch in Zollikofen vor, wobei sich das Hektolitergewicht mit intensivem Pflanzenschutzmitteleinsatz sogar leicht verschlechtert hat. Im Winterweizen wurde mit der vom Berner Pflanzenschutzprojekt unterstützten Massnahme kein Effekt auf die Qualitätsparameter festgestellt.

Aus diesen Resultaten lässt sich folgern, dass in Anbetracht der Versuchsjahre und dem aufgrund der vorherrschenden Witterung geringen Krankheitsdruck die Produktivität durch eine Reduktion der Fungizidanwendungen im Getreide nur gering abnimmt, während die Qualität und die Wirtschaftlichkeit des Getreides dabei wenig beeinflusst wird bzw. zunimmt. Geht man davon aus, dass mit der klimatischen Veränderung trockenere Jahre in Zukunft häufiger auftreten, dürften die Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen auch weiterhin Gültigkeit behalten. Auch die Ergebnisse in den Intensitätsversuchen 2017 - 2019 des Forum Ackerbaus bestätigen einen geringeren Einfluss der Fungizide auf die Erträge als erwartet. So hatte ein Verzicht auf diese Pflanzenschutzmittel (Extenso) in den Jahren 2017, 2018 und 2019 eine Ertragsreduktion von 2.6dt/ha, 5.3dt/ha und 7.5dt/ha im Vergleich zu einer intensiven Strategie (2x Fungizidverfahren) zur Folge (Hofer 2019).

In Jahren mit niederschlagsreicheren Frühjahren und grösserem Krankheitsdruck ist hingegen ungewiss, wie sich das vom Pflanzenschutzprojekt forcierte Verfahren behaupten kann. Deshalb bleibt es wichtig, dass der Landwirt weiterhin die Möglichkeit hat, flexibel auf die Umwelteinflüsse zu reagieren und nötigenfalls aus den Programmen auszusteigen.

In der Beratung können die Erkenntnisse dieser Untersuchungen dazu beitragen, die Landwirte zu sensibilisieren, den Pflanzenschutzmitteleinsatz und die eingesetzte Pflanzenschutzmittelmenge zu verringern, um so das Risiko von Pflanzenschutzmitteleinträgen in Oberflächengewässer zu vermindern.

Bereits während den Versuchen entschieden sich Betriebsleiter aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse komplett auf den Fungizideinsatz im Getreide zu verzichten und in den Extenso-Anbau einzusteigen. Diese Massnahme könnte also auch als «Extenso light» verstanden werden und einen niederschwelligen Einstieg in die Extenso-Produktion bieten, was wiederum den Fungizideinsatz weiter verringert.

Würde der Beitrag von 200 CHF/ha für die 1x Fungizidstrategie wegfallen, wäre der wirtschaftliche Vorteil gegenüber dem intensiveren Verfahren nur noch gering und der Anreiz, beim Programm mitzumachen, vermutlich zu klein, um einen nennenswerten Effekt auf die Gewässerbelastung zu erzielen. Zudem bedeutet die Reduktion auf eine einmalige Fungizidbehandlung auch bessere Feldbeobachtungen. Um diese Vermutung zu bestätigen bedürfte es weiterer sozialwissenschaftlicher Untersuchungen, welche durch das TP 9 gemacht werden. In Anbetracht der geringen Effekte in der Gerste und dem Ausbleiben von negativen Auswirkungen in den Weizenversuchen, könnte allenfalls eine Umlagerung der finanziellen Mittel in Demonstrationsversuche zur Sensibilisierung der Landwirte sinnvoll sein. Ziel der Sensibilisierung sollte eine flexiblere Anpassung der Pflanzenschutzstrategie an die vorherrschenden Bedingungen sein.

Weitere hilfreiche Bausteine in der Reduktion bzw. Optimierung von Pflanzenschutzmitteln wären verlässliche Entscheidungshilfen und ist der züchterische Ausbau der Getreidesorten. Die Sortenwahl kann viel für den erfolgreichen Getreideanbau beitragen.

Die Bekämpfungsschwellenerhebung ist aber aktuell die einzige Möglichkeit für den Landwirten, den Krankheitsdruck von Blattkrankheiten zu beurteilen und die Notwendigkeit einer Fungizidapplikation abzuschätzen. Wie in den Untersuchungen gezeigt wurde, korreliert diese Aufnahme nur bedingt mit dem schlussendlich erzielten Ertrag und bedarf sehr guter phytomedizinischer Kenntnisse. Hinzu kommt der verhältnismässig grosse Aufwand für die Erhebung. Einfachere und zuverlässigere Methoden zur Beurteilung vom Gesundheitszustand der Getreidebestände wären wünschenswert.

Ein Tool, welches den Krankheitsdruck automatisch, zeitnah und zuverlässig beurteilen kann, würde hier und auch in anderen Kulturen grosse Vorteile bringen und hätte das Potenzial, den Pflanzenschutzmitteleinsatz zu reduzieren und zusätzlich effektiver und effizienter zu machen.

11.5 **Literatur, Quellen**

Hofer M, 2019. Sortenempfehlung Winterweizen 2020 des Forum Ackerbau. Forum Ackerbau, Zollikofen, 2 S. Abgerufen am 01.11.2021, https://www.forumackerbau.ch/fileadmin/forumackerbau.ch/Versuche_Weizen/Sortenempfehlung_Weizen_2019.pdf

MeteoSchweiz, 2018. Klimareport 2017. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich, 84 S.

MeteoSchweiz, 2019. Klimareport 2018. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich, 94 S.

MeteoSchweiz, 2020. Klimareport 2019. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich, 96 S.

MeteoSchweiz, 2021a. Klimareport 2020. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich, 96 S.

MeteoSchweiz, 2021b. Klimabulletin Sommer 2021. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich.

MeteoSchweiz, 2021c. Klimabulletin Frühling 2021. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Zürich.

Ramseier C, Füglistaller D, Ramseier H, 2019. Berner Pflanzenschutzprojekt – Umweltgerechten Pflanzenschutz fördern. Wintergerstenversuche 2019. Berner Fachhochschule. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, Zollikofen, 14 S.

12 Teilprojekt 8 - Herbizidverzicht allgemein

12.1 **Einleitung**

Ein Ziel des Aktionsplans Pflanzenschutzmittel ist es, den Einsatz von Herbiziden zu reduzieren und Alternativen für die Unkrautregulierung zu fördern. Eine mechanische Unkrautkontrolle und Untersaaten könnten hier einen Lösungsansatz bieten. Ebenso wurde aufgrund der Anpassung der REB-Beiträge auf einer früheren Aufnahme dieses Teilprojektes verzichtet. Nun ist der Verzicht auf Totalherbizid auf Bundesebene geregelt. Entsprechend wurden Versuche zu mechanischer Unkrautregulierung und Untersaaten in Mais und Getreide angelegt, da hier ein besonderes Potenzial gesehen wird.

12.2 **Herbizidverzicht im Mais**

Von 2019 bis 2021 wurde in Ballmoos BE, 567m ü.M., auf einem Praxisbetrieb im Silomais (SM) ein Streifenversuch mit mehreren Untersaat-Mischungen angelegt. Ziel des Versuches ist es, geeignete Untersaaten (US) zu finden, die den Mais in seiner Entwicklung nicht konkurrenzieren, trotzdem den Boden rasch bedecken, diesen vor Erosion und Abschwemmung schützen und das Unkraut unterdrücken. Im 3jährigen Versuch wurden 3 (2019 und 2021) resp. 5 (2020) Untersaat-Mischungen mittels verschiedener Parameter untersucht.

12.3 **Material und Methoden**

Nebst den, im Jahr 2019 und 2021 untersuchten Untersaaten Engl. Raigras/Weissklee, UFA Maisfix, Weiss-, Erd- und Gelbklee wurden 2020 die Mischungen UFA Maislegu und Mais Top Sekunda auf ihre Eignung im Silomais analysiert (Tabelle 35). Des Weiteren wurde ein Hackverfahren ohne Untersaat und ein Verfahren mit Herbizid-Einsatz als Kontrolle geführt.

Tabelle 35 Verfahren Streifenversuch 2019 – 2021, Komponenten der Untersaat-Mischungen. (UFA 2020; Eric Schweizer AG 2020).

	Saatmenge [kg/ha]						
Art Verfahren	Raigras/Weissklee	UFA Maisfix	Weiss-Erd-Gelbklee	Mais Top Sekunda	UFA Maislegu	Hacken	Herbizid
Engl. Raigras	10	10	-	7	-	-	-
Knaulgras	-	5	-	-	-	-	-
Bastardklee	-	-	-	-	3	-	-
Erdklee	-	-	12	4	-	-	-
Gelbklee	-	-	6	-	3	-	-
Inkarnatklee	-	-	-	4	5	-	-
Weissklee	10	5	6	-	2	-	-
Wegwarte	-	-	-	1	-	-	-
Total US-Mischung	**20**	**20**	**24**	**16**	**13**	**-**	**-**
Saatgut-Kosten [CHF/ha]	205[a]	182[a]	289[b]	147[b]	139[b]	-	-

[a] Preis berechnet anhand Saatgut-Komponente; [b] Preis für Mischung

In den Untersaat- und im Hackverfahren wurde im Vorauflauf blind gestriegelt und ein bis zwei Mal gehackt. Die Untersaaten wurden im 4- bis 5-Blatt-Stadium des Mais gesät. Im Herbizid-Verfahren erfolgte die Unkrautregulierung im 6-Blatt-Stadium des Mais. Eingesetzt wurde die auf den Unkrautbesatz abgestimmte Herbizid-Mischung 0.7l/ha Laudis (Wirkstoff Mesotrione) + 0.7l/ha Dasul (Wirkstoff Nicosulfuron) + 0.3l/ha Banvel 4S (Wirkstoff Dicamba).

Um die Untersaaten miteinander vergleichen zu können, wurden die Erhebungen gemäss Tabelle 36 getätigt.

Tabelle 36 Datenerfassung und Arbeiten im 3jährigen Streifenversuch mit Untersaaten im Silomais.

Datenerfassung 2019 - 2021	**Vorgehen**
Pflanzenhöhe Mais	Messung von jeweils 5 x 10 Pflanzen pro Streifen; 6, 8 und 10 Wochen nach der Saat
Bodenbedeckung (BB) durch Unkraut (UK) und Untersaat (US)	Anteil UK, US und freie Bodenfläche in Prozent geschätzt, pro Verfahren jeweils 4 x 1m² über die 4. & 5. Maisreihe pro Streifen.
TS-Ertrag SM	Ernte der Maispflanzen in der 4. & 5. Maisreihe jeweils 5 x 3 m² pro Verfahren. Auswertung TS-Ertrag total, TS-Ertrag nur Pflanze, TS-Ertrag nur Kolben.
2021	
Ertragserhebungen in der Folgekultur Saatweizen nach Silomais 2020	Ernten von jeweils 4 Stichproben (Doppelzeile à 1m Länge) pro Verfahrensstreifen. Auswerten des Ertrags und der Qualitätsparameter (HLG, TKG, Protein).
Tragfähigkeit des Bodens	Messung der Bodenfestigkeit mittels leichtem Fallgewicht (Zorn Instruments).

Die Deckungsbeiträge (DB) wurden anhand der Mittelwerte der Frischsubstanz (FS) Erträge für Silomais ab Feld für den 3jährigen Versuch von 2019 bis 2021 berechnet. Für die Berechnung wurde gemäss Tabelle 37 vorgegangen. Die Direktkosten wurden aus der Sammlung DB, Agridea 2021 übernommen. Im vergleichbaren DB wurde zudem der Beitrag für den herbizidfreien Anbau, der im Rahmen des BPP gelten gemacht werden kann, entsprechend den Verfahren berücksichtigt.

Tabelle 37 Berechnung des vergleichbaren DB für die Silomais Versuche mit Untersaat (TS = Trockensubstanz).

Leistungen
Beitrag BPP für herbizidfreien Anbau
TS-Ertrag Silomais
Abzüglich Direktkosten
Saatgut Silomais
Saatgut Untersaat
Düngung
Pflanzenschutz (Trichogramma, Herbizid)
Hagelversicherung
Abzüglich Verfahrenstechnik
Striegeln, Hacken inkl. Untersaat säen
Überfahrt Herbizidapplikation
Deckungsbeitrag vergleichbar

Statistisch wurden die Ergebnisse, wo nicht anders vermerkt, mit linearen Modellen in der RStudio-Entwicklungsumgebung ausgewertet.

12.4 **Ausgewählte Ergebnisse und Einzeldiskussionen**

12.4.1 *Auswertung der Maispflanzenhöhe*

Bei der Auswertung der Silomais Pflanzenhöhe über den 3jährigen Versuch stechen die Untersaat-Verfahren mit Raigras/Weissklee und Maisfix mit den höchsten Resultaten hervor (Abbildung 93). Gegenüber dem Herbizid-Verfahren ist die Differenz statistisch signifikant. 10 Wochen nach Saat erreichte der SM im Herbizid-Verfahren das geringste Wachstum. Eine mögliche Erklärung könnte hier eine kurze Wachstumsdepression (Phytotox) aufgrund des Einsatzes vom Herbizid im 6-Blatt-Stadium des Mais sein.

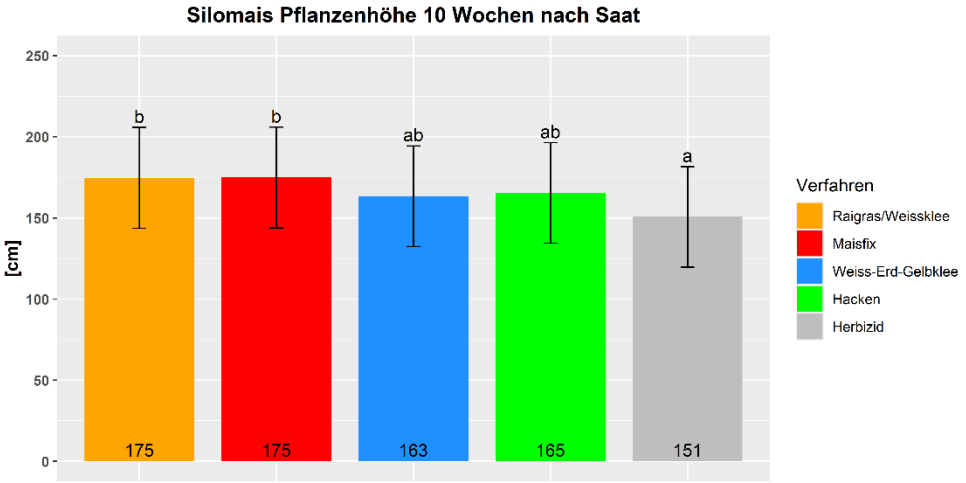


Abbildung 93 Mittelwerte der SM Pflanzenhöhe; Streifenversuch von 2019 – 2021 (n=150, Anova p=9.254e-06).

Die Verfahren mit Untersaat weisen gegenüber den Verfahren ohne Untersaat ein signifikant besseres resp. gleich gutes Ergebnis (Weiss-Erd-Gelbklee vs. Hacken) auf. So kann im Rahmen dieses Versuches ein negativer Einfluss der getesteten Untersaaten auf das Wachstum des Maises ausgeschlossen werden.

12.4.2 *Bodenbedeckung (BB) durch Untersaat und Unkraut*

Für die statistische Auswertung der BB wurden nur die drei Verfahren mit Untersaat miteinander verglichen (Abbildung 94). Die Mischung mit Weiss-, Erd-, und Gelbklee erreichte die höchste BB und war gegenüber der Mischung Maisfix sogar signifikant höher.

Die Mittelwerte der BB durch Untersaat 6 Wochen nach Saat erreichten zwischen 43 bis 56%. Diese Werte widerspiegeln ein etwas verfälschtes Bild. Werden die einzelnen Jahre betrachtet, so zeigt sich, dass das Wachstum der Untersaat von Jahr zu Jahr stark variierte. Entsprechend ist hier die Streuung hoch.

Hier spielt der Saatzeitpunkt der Untersaat, die unmittelbar folgenden Niederschläge und das Stadium des Silomais eine zentrale Rolle.

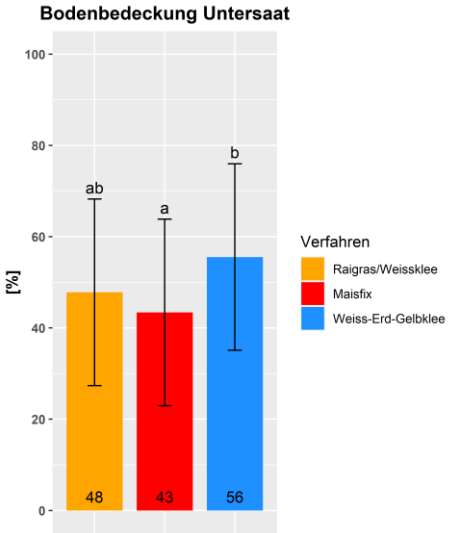


Abbildung 94 Prozentuale BB durch Untersaat 6 Wochen nach Saat (p=0.004559) über die 3jährige Versuchs-dauer von 2019-2021, n=15.

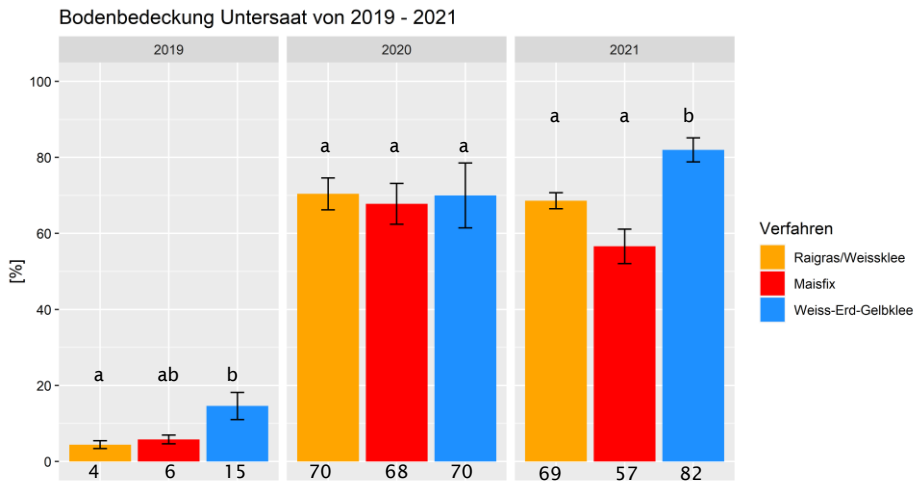


Abbildung 95 Prozentuale BB durch US in den 3 Verfahren Raigras/Weissklee, Maisfix und Weiss-Erd-Gelbklee, Jahre einzeln ausgewertet: 2019, p=0.015893; 2020, p=0.469052; 2021, p=0.000758, verschiedene Buchstaben innerhalb eines Jahres weisen auf signifikante Unterschiede hin.

2019 blieb es nach der Saat 10 Tage trocken. Die Untersaaten liefen spät auf und entwickelten sich wahrscheinlich mangels Nährstoffversorgung resp. Beschattung durch den Mais nur langsam. Die Leguminosen Untersaat erreichte mit 15% Bodenbedeckung das beste Resultat und kam mit der Trockenphase anscheinend besser zurecht als die beiden anderen Untersaaten. 2020 wurden die Untersaaten Anfang Juni und unmittelbar vor einem Regenfall gesät. Dadurch waren die Startbedingungen für eine gute Keimung optimal. Die Untersaaten liefen regelmässig auf und etablierten sich noch vor Bodenschluss des Maises gut (Abbildung 95). 6 Wochen nach Saat erreichten die Untersaaten eine gute Bodenbedeckung von 68 bis 70%. 2021erfolgte die Saat der Untersaaten erst Ende Juni. Obwohl der Mais bereits im 6-bis 8-Blatt-Stadium war und trotz starker und langanhaltender Niederschläge und in Folge teilweisen Verschlämmungen in den Randbereichen der Parzelle, liefen die Untersaaten sehr gut und rasch auf. Anfang August erreichten sie eine hohe Bodenbedeckung von 57 bis 82%.

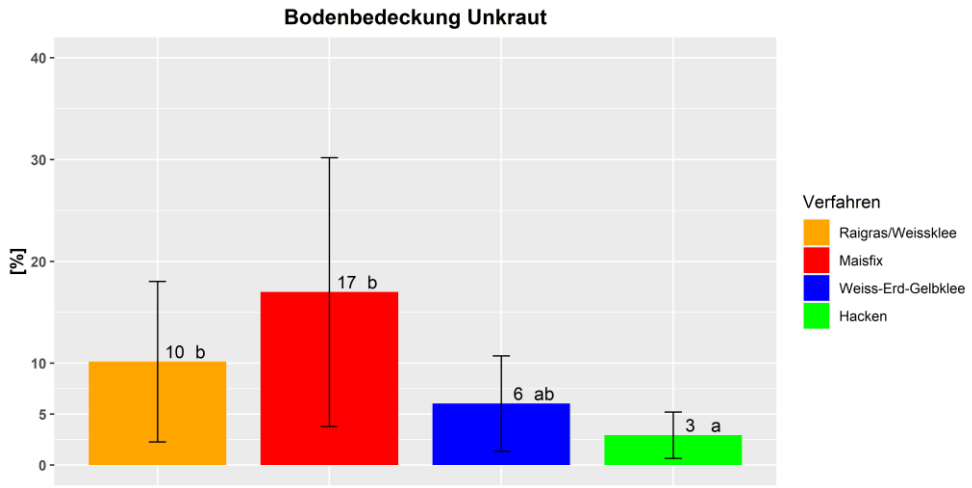


Abbildung 96 Prozentuale BB durch Unkraut, Mittelwerte über die 3jährige Versuchsperiode, Model mit transformierten Daten mit log, p=0.0006659.

Bei Betrachtung der prozentualen BB durch Unkraut über die Versuchsdauer von drei Jahren, zeigt sich, dass bei den Untersaaten die Mischung Weiss-Erd-Gelbklee im Vergleich zu den anderen Untersaaten das tiefste Unkrautprozent erreicht (Abbildung 96). Dieses Verfahren schnitt bezüglich BB durch Untersaat sehr gut ab. Die Mischung Maisfix hingegen schnitt bei der BB am schlechtesten ab und erreichte im Gegenzug die höchste BB durch Unkraut. Dies lässt vermuten, dass die BB durch Untersaat einen gewissen Einfluss auf die Entwicklung des Unkrautes hat. Mit einem Wert von 3% re-

sultiert für das Hackverfahren die tiefste BB durch Unkraut. Was auf eine zeitlich bestmögliche und gut ausgeführte mechanische Hackarbeit schliessen lässt.

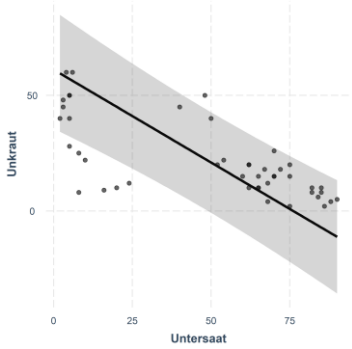


Abbildung 97 Lineare Regression mit der Zielvariable BB Unkraut und der unabhängigen Variable BB Untersaat.

Um den Einfluss der BB Untersaat auf die BB Unkraut genauer zu untersuchen, wurde eine lineare Regression mit den Daten der Untersaat-Verfahren durchgeführt (Abbildung 97). Mit einer Steigung von -0.526 wird der positive Einfluss der Untersaat auf die Unkrautentwicklung bestätigt.

Den optimalen Saatzeitpunkt für eine erfolgreiche Untersaat festzulegen, setzt einige Erfahrung und Flexibilität voraus. Einerseits ist es wichtig, die Untersaat dann zu säen, wenn für ein rasches Auflaufen der Untersaat mit Niederschlag gerechnet werden kann, andererseits soll die Untersaat die Entwicklung des Mais nicht konkurrenzieren. Fällt die Saat in eine Trockenphase, verzögert sich das Auflaufen der Untersaat, welche in Folge gegenüber dem Mais bezüglich Wachstumsfaktoren im Nachteil ist, insbesondere aufgrund der Beschattung durch den Mais. Die Untersaat bildet dann nur langsam Biomasse und bedeckt den Boden ungenügend, um das Unkraut zu verdrängen. Somit spielen die klimatischen Gegebenheiten, die von Jahr zu Jahr stark variieren, einen massgeblichen Einfluss auf ein gutes Gelingen der Untersaaten im Mais.

12.4.3 *Auswertung Ertrag Silomais*

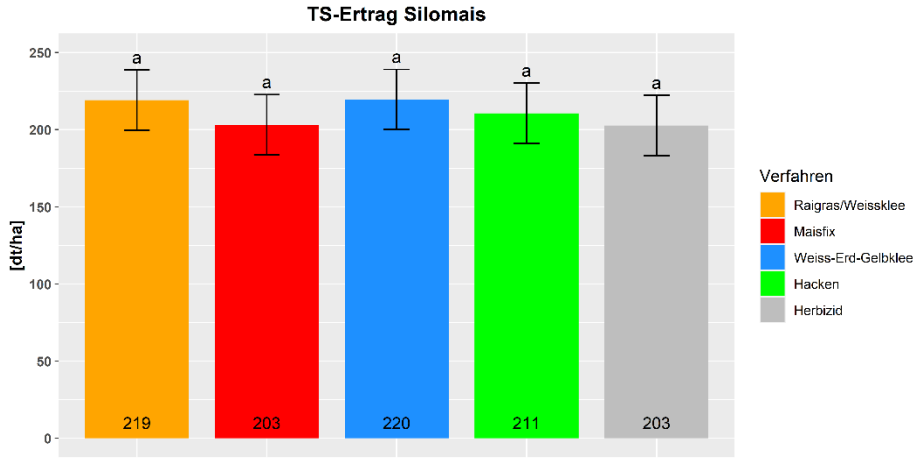


Abbildung 98 TS-Ertrag Silomais [dt/ha] über die 3jährige Versuchsphase von 2019 – 2021, Praxisbetrieb in Ballmoos (n=12, p=0.334).

Die durchschnittlichen Silomais TS-Erträge von 2019 bis 2021 unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Abbildung 98). Mit einem TS-Ertrag von 220 dt/ha schloss das Verfahren mit Weiss-Erd-Gelbklee am besten und das Verfahren Maisfix und Herbizid mit 203 dt/ha am schlechtesten ab. In allen Verfahren resultierten sehr hohe TS-Erträge, welche mit 203 – 220 dt/ha über dem Referenzertrag für Silomais von 185dt/ha liegen (Richner und Sinaj 2017). So weist auch dieses Ergebnis wiederum darauf hin, dass die Untersaaten keinen negativen Einfluss auf die Ertragsbildung hatten.

12.4.4 *Ertragserhebung in der Folgekultur Winterweizen nach Silomais mit Untersaat*

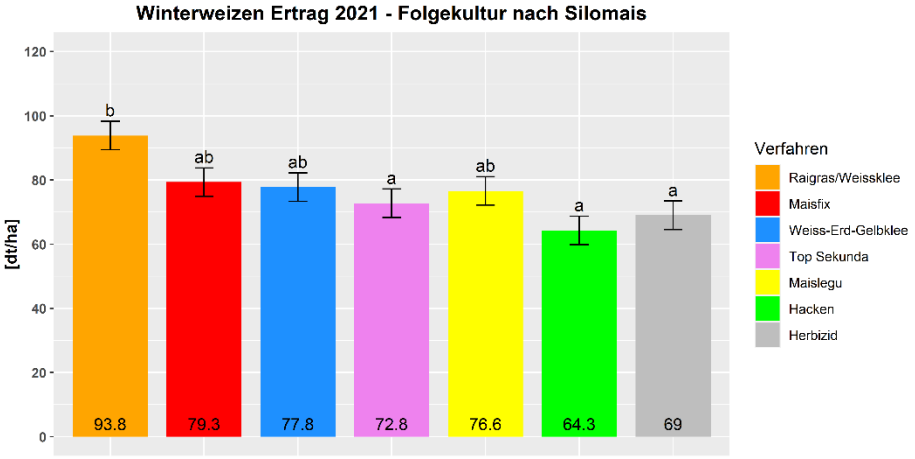


Abbildung 99 Ertrag der Folgekultur 2021 nach dem Untersaaten-Versuch im Silomais 2020: Ertrag Winterweizen in den 7 Verfahrensstreifen (n=4, Anova p=0.004385).

Nach dem Silomais 2020 wurde in der Folgekultur im Jahr 2021 der Weizenertrag erhoben, um einen möglichen Effekt der Leguminosen-Anteile der Untersaaten auf die Folgekultur zu eruieren. 2020 wurde der Versuch im Silomais ausnahmsweise mit 5 verschiedenen Untersaat-Mischungen durchgeführt (Abbildung 99). In den 7 Verfahren wurden Weizenerträge von 64.3 dt/ha im Verfahren Hacken bis 93.8 dt/ha im Verfahren Raigras/Weissklee erreicht. Gegenüber den Verfahren Top Sekunda, Hacken und Herbizid war das Ergebnis des Verfahrens Raigras/Weissklee signifikant höher.

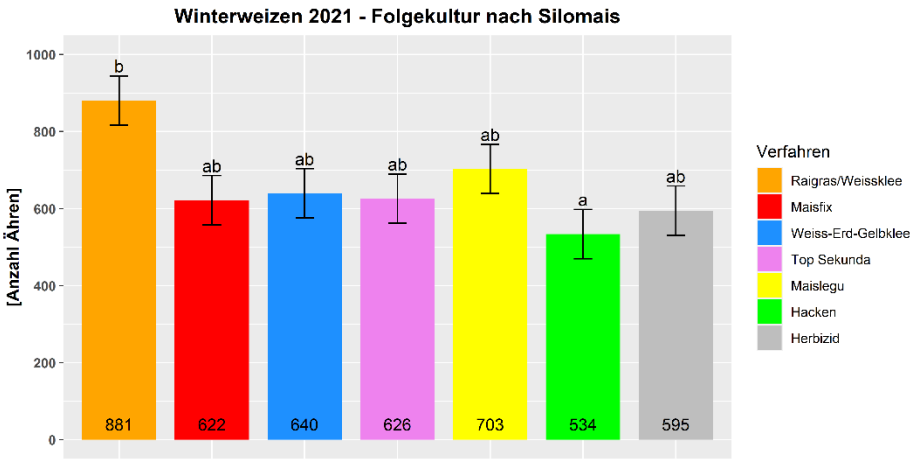


Abbildung 100 Bestandesdichte der Folgekultur nach dem Untersaaten-Versuch im Silomais 2020: Anzahl Ähren in den 7 Verfahrensstreifen (n=4, Anova p=0.02779).

Auch der Vergleich der Verfahren bezüglich Bestandesdichte des Weizens ergibt ein signifikantes Ergebnis (Abbildung 100). So erreichte wiederum das Verfahren Raigras/Weissklee mit 881 Ähren das beste Resultat und war auch hier gegenüber dem Verfahren Hacken signifikant besser. Bei den restlichen Verfahren resultieren keine signifikanten Unterschiede. Insgesamt war die Bestockung der Folgekultur im Untersaat Verfahren mit Raigras/Weissklee am höchsten.

Es fällt auf, dass die Folgekultur in den Verfahren Hacken und Herbizid beim Ertrag und der Bestandesdichte die tiefsten Werte aufweisen, was möglicherweise auf eine Auswirkung der Untersaaten auf die Folgekultur zurückzuführen ist. Für eine fundierte Aussage sind aber weitere Untersuchungsjahre notwendig.

12.4.5 *Bodentragfähigkeit*

Nebst dem Zurückdrängen des Unkrautes bieten gut etablierte Untersaaten den Vorteil eines tragfähigeren Bodens und verbessern die Befahrbarkeit bei der Ernte des Maises (Köller et al. 2019). Insbesondere im Silomais, wo schwere Erntetechnik eingesetzt wird, könnte eine höhere Bodentragfähigkeit dank Untersaat einen zusätzlichen Mehrwert bringen. Um die Festigkeit des Bodens im Maisanbau mit Untersaaten genauer zu untersuchen, wurde 2021 mit ersten Messungen mittels leichtem Fallgewicht begonnen, im Jahr 2022 werden diese fortgeführt und allenfalls im Rahmen eines Blockversuches und mit weiteren Messmethoden vertieft analysiert.

12.4.6 *Deckungsbeitrag 2019 – 2021*

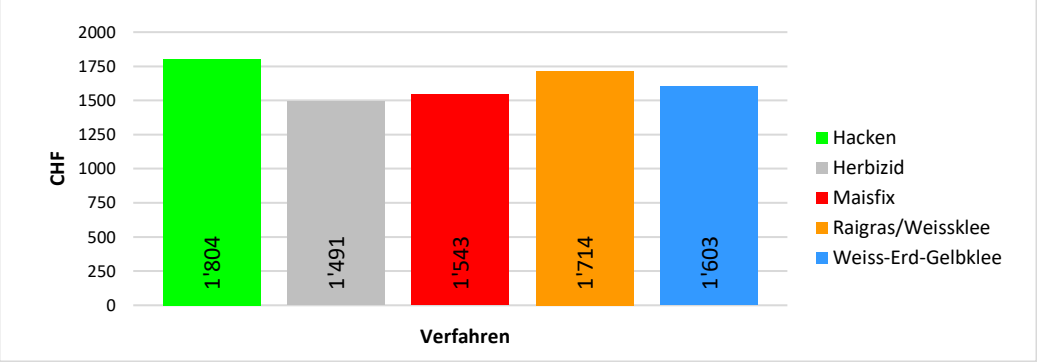


Abbildung 101 Deckungsbeiträge Betriebsplanung für Silomais stehend ab Feld, Mittelwerte der SM-Frischsubstanz über 3jährigen Versuch von 2019 – 2021.

Die Deckungsbeiträge bewegen sich zwischen CHF 1491.- für das Verfahren Herbizid und CHF 1804.- für das Verfahren Hacken. Mit dem Hackverfahren wird der höchste DB erreicht, weil hier keine Kosten für das Saatgut der Untersaat anfallen (Abbildung 101). Innerhalb der Verfahren mit Untersaat variiert der DB aufgrund des erreichten Ertrags und der Kosten für das Saatgut (Raigras/Weissklee CHF 182.-, Maisfix CHF 205.- und Weiss-Erd-Gelbklee CHF 289.-). Dank des Beitrags für den herbizidfreien Anbau von CHF 400.-, schneiden die Verfahren mit Untersaat besser ab als das Herbizid-Verfahren. Tatsächlich muss bedacht werden, dass bei der mechanischen Regulierung des Unkrautes der Arbeitskraftaufwand hoch ist, insbesondere, wenn dies nicht mit einem GPS-gesteuerten Hackgerät erfolgt und für den Hackdurchgang zwei Personen benötigt werden. Positive Aspekte einer Untersaat, wie der Erosionsschutz oder als N-Lieferant für Folgekulturen sollten vermehrt in das Abwägen für oder gegen eine Untersaat einbezogen werden. Auch fällt der Aufwand für eine Fruchtfolge bedingte Winterbegrünung weg. Diese Vorteile sind schwer quantifizierbar und fliessen bis anhin nicht in die Berechnung des DB ein.

12.5 **Folgerungen/Ausblick**

Der 3jährige Streifenversuch im Silomais zeigt, dass die untersuchten Untersaaten keinen negativen Einfluss auf die Pflanzenentwicklung und den TS-Ertrag des Maises haben. Allerdings ist es eine Herausforderung, den optimalen Zeitpunkt für eine erfolgreiche Untersaat festzulegen. Da das rasche Auflaufen und eine gute Entwicklung stark von der Witterung abhängen. Der Effekt der Untersaaten auf die Folgekultur wurde mittels Erhebungen des Weizenertrages untersucht. Die höheren Erträge in den Verfahren mit Untersaat lassen vermuten, dass der Leguminosen-Anteil in den Untersaaten möglicherweise einen positiven Effekt auf die Folgekultur hat. Die Erhebungen werden 2022 fortgeführt, um die Erkenntnisse dieser Auswirkungen weiter zu vertiefen. Auch die Analyse der Bodenfestigkeit wird 2022 weitergeführt, um fundierte Schlüsse zu ziehen.

Die Gegenüberstellung der vergleichbaren Deckungsbeiträge zeigen ein sehr gutes Resultat für das Hackverfahren. Hier fallen keine Saatkosten für die Untersaat an und gleichzeitig kann der Beitrag für den herbizidfreien Anbau von CHF 400.- geltend gemacht werden. Auch die Verfahren mit Untersaat profitieren von diesem Beitrag. Im Vergleich zum Herbizid-Verfahren ist der Zusatzaufwand für das

Hack- und die Untersaat Verfahren nicht zu unterschätzen. So ist der Beitrag für herbizidfreien Anbau sicher notwendig, soll der Maisanbau ohne Herbizid-Einsatz weiter gefördert werden.

Eine Vertiefung der Frage, wie sich die Verunkrautung in den herbizidfreien Verfahren mit Untersaat resp. Hacken auf die Folgekultur auswirken, ist im kommenden Jahr geplant. Bereits jetzt kann festgehalten werden, dass der Untersaat beim Auftreten von sogenannten Problemunkräutern wie Blacken, Winden, Klettenlabkraut oder Disteln klare Grenzen gesetzt sind.

12.6 **Herbizidverzicht im Getreide**

Beim herbizidfreien Anbau von Getreide können Untersaaten einen agronomischen Nutzen bringen. Nach der Ernte des Getreides entwickelt sich die Untersaat rasch, bedeckt den Boden und dient als Schutz vor Erosion und Abschwemmung. Durch die Leguminosen in der Untersaat wird Stickstoff gebunden, der der Folgekultur zugutekommt. Je nach Wahl der Mischung kann diese auch zur Futternutzung dienen. Allerdings müssen die verschiedenen Untersaaten auf ihre Eignung als Mischpartner und bezüglich der von Jahr zu Jahr variierenden klimatischen Bedingungen untersucht werden.

12.7 **Material und Methoden**

Nach einem Vorversuch mit diversen Untersaaten im Jahr 2018, wurden 2019 bis 2021 in einem Exaktversuch an der HAFL in Zollikofen BE, 560m ü. M. fünf Untersaat-Mischungen getestet. Im Jahr 2020 und 2021 erfolgte schliesslich die Analyse der Untersaaten auf einem Praxisbetrieb: 2020 und 2021 am Standort Grafenried, 558m ü. M., im Winterweizen (WW) der Sorten Hanswin resp. Baretta; 2021 zudem auf einer Parzelle in Utzenstorf, 476m ü. M., im WW der Sorte Nara.

Auf dem Praxisbetrieb bestanden die Exaktversuche aus 6 Verfahren und wurden in 4 Blöcken angelegt (Abbildung 102). Nebst der Kontrolle wurden die Untersaaten Cerafix, HAFL1, HAFL2, Rotklee und SM200 untersucht. Alle Mischungen mit Ausnahme von Rotklee setzen sich aus Gras- und Kleekomponenten zusammen (Tabelle 38). Da der Bewirtschafter die entsprechenden Parzellen jeweils für den herbizidfreien Anbau anmeldet, wurde auf ein Verfahren mit Herbizidapplikation verzichtet. Die Untersaat wurde im Frühjahr im Stadium der Bestockung des WW gesät. Für einen guten Bodenschluss wurde gestriegelt und nach der Saat gewalzt.

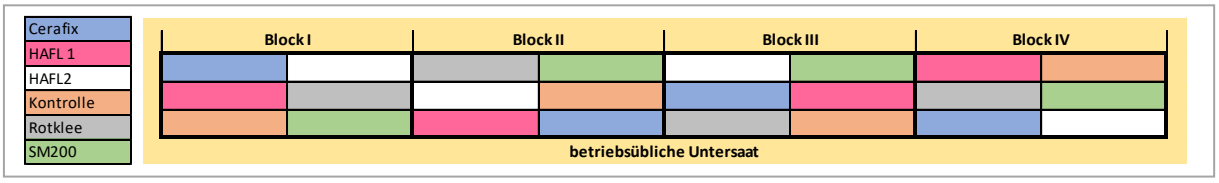


Abbildung 102 Versuchsdesign des Blockversuches auf dem Praxisbetrieb mit insgesamt 6 Verfahren.

Tabelle 38 Komponenten der eingesetzten Untersaaten. Berechnung der Saatgutkosten gemäss Preise UFA 2020.

Art Untersaat	Saatmenge [kg/ha]				
	Cerafix	**HAFL1**	**HAFL2**	**Rotklee**	**SM200**
Engl. Raigras	8	10	4	-	-
Ital. Raigras 2n/4n	-	-	-	-	11.5
Knaulgras	4	-	4	-	-
Bastardklee	3	-	-	-	-
Bockshornklee	-	-	3	-	-
Gelbklee	3	-	-	-	-
Mattenklee 2n	-	-	-	12	-
Perserklee	-	-	3	-	-
Weissklee	2	6	3	-	-
Rotklee	-	4	3	-	8.5
Total US-Mischung	**20**	**20**	**20**	**12**	**20**
Saatgut-Kosten [CHF/ha]	190	204	195	157	158
Verwendung	Futter	Futter	Futter	Gründüngung	Futter

Im Jahr 2020 wurden zudem die Untersaat-Mischungen SM330, Cerafix, Ceralegu und HAFL2 in den Sortenversuch der Fenaco in Jegenstorf BE, 523m ü. M. integriert. Die Untersaaten wurden hier Anfang April mit dem Krummenacher gesät. Aufgrund der Trockenperiode nach der Saat liefen sie nur ungenügend auf, weshalb die Erhebungen in diesem Versuch vorzeitig abgebrochen wurden.

Zur Beurteilung der Verfahren wurden folgende Parameter erhoben (Tabelle 39):

Tabelle 39 Erhebungen in den Exaktversuchen Winterweizen mit Untersaat 2020-2021.

Datenerfassung	Vorgehen
Unkraut (vor Auflauf Untersaat)	Erhebung der Art und Anzahl Unkräuter (Stichproben von 1m² pro Elementarparzelle)
Weizen-Ertrag	Netto-Ertrag (Ertrag standardisiert auf 14.5% Feuchtigkeit) Proteingehalt (NIRFlex Analysegerät), Hektolitergewicht (HLG), Tausendkorngewicht (TKG)
Bodenbedeckung (BB) Untersaat (US) und Unkraut (UK)	Schätzen der prozentualen BB (Stichproben von jeweils 1m² pro Elementarparzelle, 5 Wochen nach Ernte WW)
Biomasse US und UK	Erhebung 6 Wochen nach Ernte WW (Stichproben von jeweils 1m² pro Elementarparzelle) Mähen, sortieren, wägen der Frischsubstanz (FS) Untersaat und Unkraut Trocknen bei 105˚C, Trockensubstanz (TS) Anteile Untersaat und Unkraut erheben

Statistisch wurden die Ergebnisse, wo nicht anders vermerkt, mit linearen Modellen in der RStudio-Entwicklungsumgebung ausgewertet.

Für die Berechnung der Deckungsbeiträge (DB) wurde gemäss Tabelle 40 vorgegangen. Die Kosten für die Düngung, den Pflanzenschutz und die übrigen Kosten wurden aus der Sammlung Deckungsbeiträge, Agridea 2021 übernommen. Im vergleichbaren DB ist zudem der Beitrag für herbizidfreien Anbau berücksichtigt, der im Rahmen des BPP geltend gemacht werden kann.

Tabelle 40 Berechnung des vergleichbaren DB, FS = Frischsubstanz.

Leistungen
Beitrag BPP für herbizidfreien Anbau
Ertrag Weizen
FS-Ertrag Biomasse Untersaat
Abzüglich Direktkosten
Saatgut Weizen
Saatgut Untersaat
Düngung
Pflanzenschutz
Übrige Kosten (Hagelversicherung, Annahme Reinigung, versch. Beiträge)
Abzüglich Verfahrenstechnik
Striegeln, Hacken inkl. Untersaat säen
Überfahrt Herbizidapplikation
Deckungsbeitrag vergleichbar

12.8 **Ausgewählte Ergebnisse**

12.8.1 *Weizen-Ertrag der Versuche auf dem Praxisbetrieb 2020 und 2021*

Die mittleren WW-Erträge lagen bei einer korrigierten Feuchte von 14.5% im Jahr 2020 zwischen 70 dt/ha in der Kontrolle und 79 dt/ha im Verfahren Cerafix. Im Jahr 2021 wurden in Grafenried WW-Erträge zwischen 62 und 70 dt/ha und in Utzenstorf zwischen 58 und 61 dt/ha erreicht (Tabelle 41).

Die statistischen Auswertungen ergaben sowohl für den WW-Ertrag als auch für die Qualitätsparameter keinen signifikanten Unterschied zwischen den Verfahren innerhalb der einzelnen Jahre und Standorte. Einzig der p-Wert von 0.081 für den prozentualen Proteingehalt des Weizens am Standort Utzenstorf lässt ein tendenzieller Unterschied zwischen den Verfahren vermuten.

Tabelle 41 WW-Erträge in den 3 Blockversuchen auf dem Praxisbetrieb, G-2020 = Grafenried, Versuchsjahr 2020, G-2021 = Grafenried, Versuchsjahr 2021, U-2021 = Utzenstorf, Versuchsjahr 2021 (n=4).

Verfahren	WW-Ertrag [dt/ha]			TKG			HLG			Protein [%]		
	G-2020	G-2021	U-2021	G-2020	G-2021	U-2021	G-2020	G-2021	U-2021	G-2020	G-2021	U-2021
Cerafix	79	62	60	42.3	35.6	34.7	83.5	70.8	76.8	14.1	13.8	13.5
HAFL1	74	69	59	42.5	35.0	34.2	82.7	70.4	76.7	13.8	14.0	13.5
HAFL2	75	66	60	41.1	35.9	35.4	83.2	70.3	76.7	13.6	13.8	13.0
Kontrolle	70	70	61	41.0	34.8	34.8	83.8	69.5	76.8	13.3	14.1	13.3
Rotklee	75	67	58	41.3	36.5	35.4	83.0	71.1	76.1	13.9	13.9	12.9
SM200	74	68	62	42.0	35.3	34.7	84.1	70.0	76.9	13.7	14.0	13.3
p-Wert	0.982	0.249	0.412	0.248	0.649	0.143	0.504	0.199	0.868	0.864	0.893	0.081

Im Jahr 2020 lagen die Erträge über dem Referenzertrag für Brotweizen und auch im Jahr 2021 wurden trotz eines meteorologisch sehr schwierigen Vegetationsjahres für die Landwirtschaft Weizen-Erträge über oder immerhin im Bereich des Referenzertrages erreicht (Richner und Sinaj 2017). Die minderwertigen Qualitätswerte des Weizens im Jahr 2021 widerspiegeln die nicht optimalen Wetterverhältnisse, so konnte in Grafenried beispielsweise der Weizen erst mit einer Verspätung von rund einem Monat gedroschen werden. In Anbetracht der nicht signifikanten Differenzen der Kontrolle gegenüber den Verfahren mit Untersaat ist davon auszugehen, dass die Untersaaten keine negativen Auswirkungen auf den Ertrag hatten.

12.8.2 *Bodenbedeckung durch Untersaat, Unkraut und freie Bodenfläche*

Im Jahr 2020 bedeckten die Untersaaten 5 Wochen nach der Weizenernte um 80% der Bodenfläche und es resultierte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Untersaaten (Abbildung 103 und Abbildung 104). In der Kontrolle war die BB durch Unkraut signifikant höher als in den Untersaat

Verfahren. Hier haben die Untersaaten den Boden rasch und gut bedeckt und setzten sich gegenüber Unkräutern und Ausfallweizen durch.

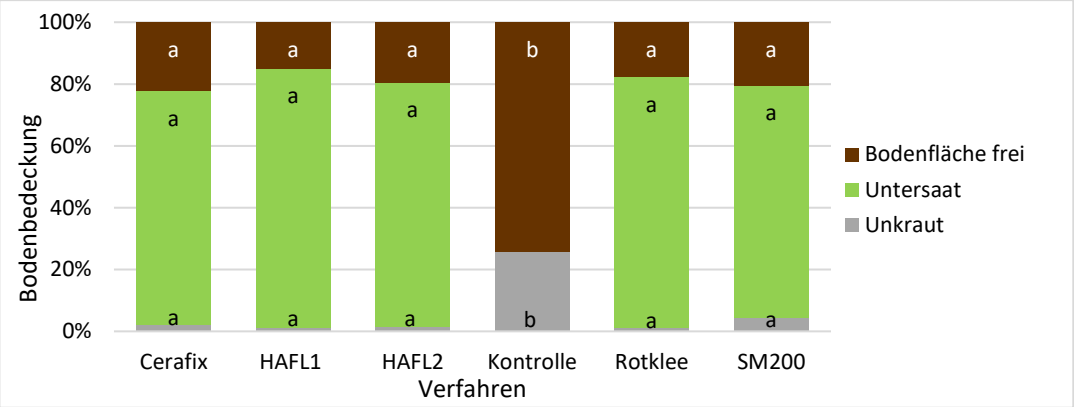


Abbildung 103 **2020, Praxisbetrieb, Standort Grafenried**: Aufnahme der prozentualen BB am 02.09.2020, 5 Wochen nach Ernte des WW. Das Verfahren hat einen signifikanten Einfluss auf die Zusammensetzung der BB (Dirichlet Mixed Modell). Unterschiedliche Buchstaben innerhalb einer Kategorie weisen auf statistisch signifikante Unterschiede hin (n=4).

Abbildung 104 Bodenbedeckung einiger Untersaaten am 02.09.2020, Blockversuch am Standort Grafenried.

Im Jahr 2021 erreichten die meisten Untersaaten eine leicht tiefere BB von 62% im Verfahren Rotklee bis zu 84% im Verfahren SM200 (Abbildung 105). Aber auch hier zeigt sich, dass die prozentuale BB durch Unkraut in der Kontrolle gegenüber den Untersaat Verfahren am höchsten ist, im Vergleich zu den Verfahren SM200 und HAFL2 sogar signifikant.

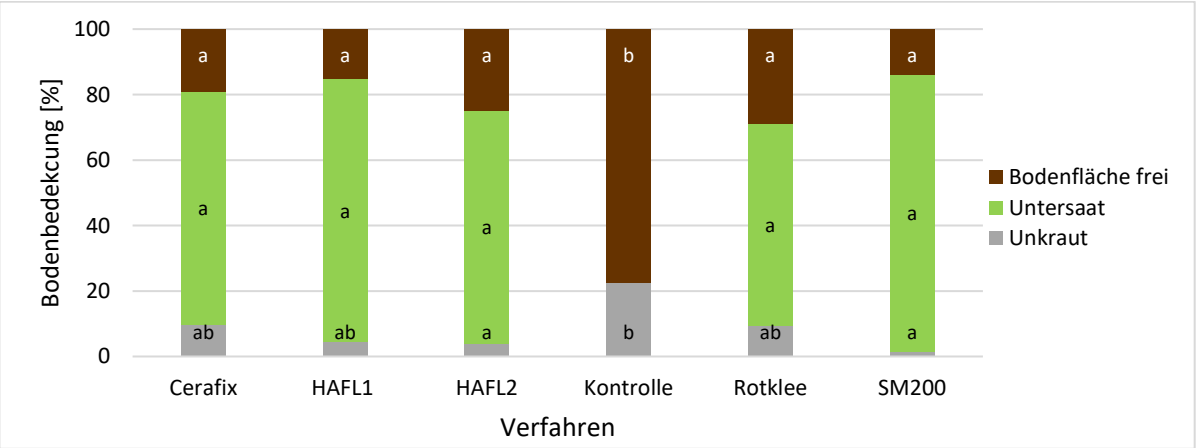


Abbildung 105 **2021, Praxisbetrieb, Standort Utzenstorf**: Aufnahme der prozentualen BB am 26.08.2021, 5 Wochen nach Ernte des WW; BB durch Unkraut, p=0.01768 (Buchstaben basieren auf den transformierten Daten mit log); BB durch Untersaat, p=0.08669; Bodenfläche frei, p=0.0000028.

Am Standort Grafenried konnten im Jahr 2021 keine Erhebungen zur BB der Untersaaten gemacht werden, da aufgrund der verspäteten Ernte des Weizens die Saat der Folgekultur sehr zeitnah erfolgte und sich die Untersaaten nur ungenügend entwickeln konnten.

Nach zwei Versuchsjahren zeichnet sich eine allgemein höhere BB und tiefere Unkrautentwicklung in den Verfahren mit Untersaat ab. Für eine abschliessende Einschätzung ist die Überprüfung der Untersaaten über weitere Jahre notwendig. Im Jahr 2022 wird der Blockversuch auf dem Praxisbetrieb wiederum auf zwei Parzellen, in Grafenried und Utzenstorf durchgeführt.

12.8.3 *Ertragserhebung der Biomasse in den Versuchen auf dem Praxisbetrieb in den Jahren 2020 und 2021*

Bei der Schätzung der Bodenbedeckung stachen die allgemein sehr schönen Bestände der Untersaaten hervor. Im Jahr 2020 erreichten die Biomassen zwischen 12.2 und 17.0dt TS/ha. Die Unkrautanteile an der gesamten Biomasse waren in den Verfahren mit Untersaat sehr gering und signifikant tiefer als in der Kontrolle. Daraus kann ein gewisser positiver Effekt der Untersaat auf die Regulierung des Unkrautes abgeleitet werden.

Im Jahr 2021 bildeten die Untersaaten etwas weniger Biomasse als im Vorjahr, SM200 erzielte mit 11.3dt TS/ha am meisten und Rotklee mit 4.9dt TS/ha am wenigsten (Tabelle 42). Die Unkrautentwicklung war in allen Verfahren sehr tief. Mit 3.2dt TS/ha wurde in der Kontrolle am meisten Unkraut gebildet und mit einem p-Wert von 0.0794 entspricht dies einer klaren Tendenz.

Tabelle 42 **Auswertung der TS Biomasse** am Standort Grafenried 2020 (Biomasse Untersaat: nichtparametrischem Test Friedman, 5 Faktorstufen, 4 Blöcke, Q=1.40, p=0.844195; Biomasse Unkraut: Anova p=0.000021) und am Standort Utzenstorf 2021 (Biomasse Untersaat: Anova p=0.1016, die verschiedenen Buchstaben innerhalb der Datenreihe weisen auf statistisch signifikante Unterschiede hin; Biomasse Unkraut: Anova p=0.07094); n.s. = nicht signifikant, s. = signifikant.

	2020 – Standort Grafenried		**2021 – Standort Utzenstorf**	
Verfahren	TS Biomasse Untersaat [dt/ha]	TS Biomasse Unkraut [dt/ha]	TS Biomasse Untersaat [dt/ha]	TS Biomasse Unkraut [dt/ha]
Cerafix	12.2	0.3 a	5.5	1.8
HAFL1	15.0	0.1 a	9.2	0.4
HAFL2	14.8	0.3 a	6.3	1.1
Kontrolle	-	2.3 b	-	3.2
Rotklee	17.0	0.7 a	4.9	1.0
SM200	13.7	0.1 a	11.3	0.1
p-Wert	0.844195 n.s.	0.000021 s.	0.1016 n.s.	0.07094 n.s.

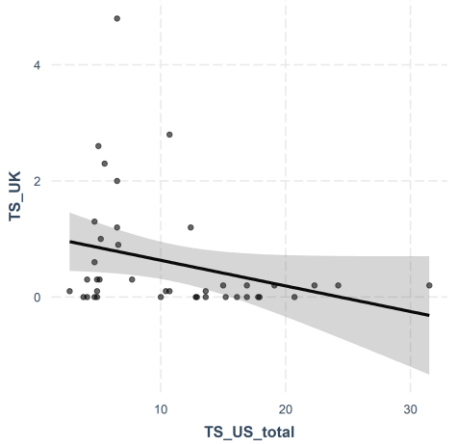


Abbildung 106 Lineare Regression, Zielvariable TS-Biomasse Unkraut, unabhängige Variable TS-Biomasse Untersaat, Auswertung über 2 Jahre Blockversuch (2020 Grafenried, 2021 Utzenstorf).

Die Auswertung der erhobenen TS Biomassen Untersaat und Unkraut der Blockversuche über die Jahre 2020 (Grafenried) und 2021 (Utzenstorf) mittels linearer Regression (Abbildung 106) bestätigt den positiven Einfluss der Biomasse Untersaat auf das Unkraut und zeigt, dass die Untersaat das Unkraut zu einem gewissen Grad (Steigung = -0.852) zurückzudrängen vermag.

12.8.4 *Deckungsbeitrag*

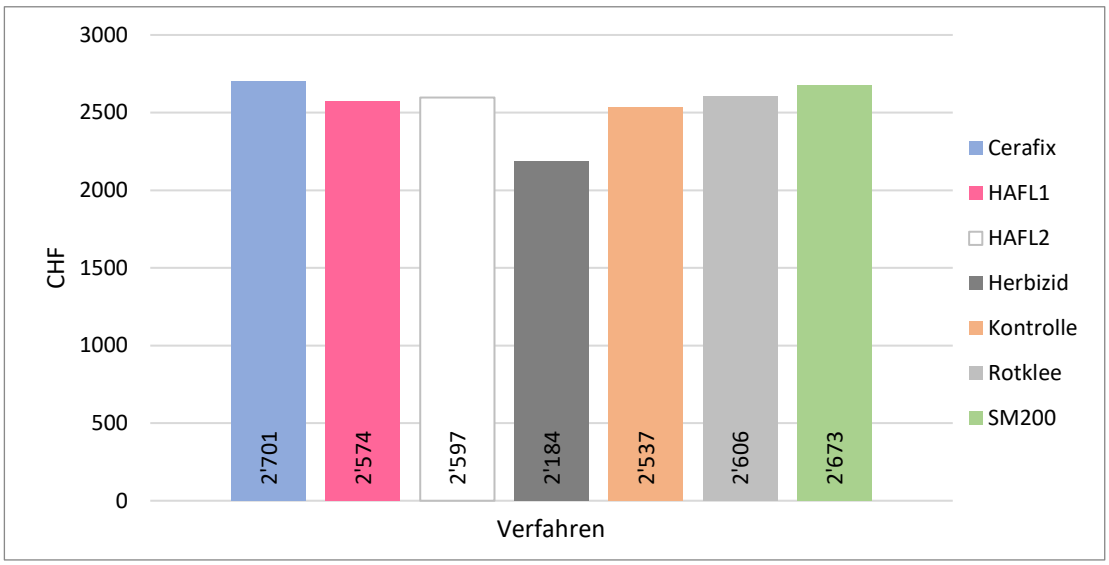


Abbildung 107 Vergleichbarer Deckungsbeitrag für Winterweizen, Mittelwert der Jahre 2020 und 2021(Berechnung gemäss Agridea, 2021).

Die vergleichbaren DB liegen bei den untersuchten Verfahren zwischen CHF 2'537.- für die Kontrolle und CHF 2'701.- für das Verfahren Cerafix (Abbildung 107). Als Vergleich wurde zudem der DB für die Bewirtschaftung mit Herbizid berechnet. Hierfür wurde der Mittelwert des WW-Ertrages über alle Verfahren der Jahre 2020 und 2021 eingesetzt. Mit diesem durchschnittlichen Ertrag von 74.5 dt/ha im Jahr 2020 und 60 dt/ha im Jahr 2021 würde das Herbizid-Verfahren mit CHF 2'184.- schliesslich den tiefsten DB erreichen. So müsste im Verfahren mit Herbizid ein WW-Mehrertrag von 8 dt/ha erwirtschaftet werden, um den Beitrag für den herbizidfreien Anbau von CHF 400.- auszugleichen. Nicht zu vergessen ist hingegen, dass der Bewirtschaftungsaufwand im herbizidfreien Anbau mit Untersaat einen klar höheren Arbeitskraftaufwand und entsprechender mechanischer Geräte bedarf.

Zwischen den herbizidfreien Verfahren ergeben sich die Unterschiede hauptsächlich aufgrund der variierenden WW-Erträge. Bei den Untersaat Verfahren decken die berücksichtigten Leistungen der FS Untersaat meist nur gerade die Kosten für das Saatgut der Untersaat Mischung. Allerdings bieten Untersaaten zusätzliche positive Aspekte, die in der Berechnung des DB nicht zu Buche schlagen, wie beispielsweise die konstante Bodenbedeckung nach der Ernte des Weizens, die Einsparung der Bodenbearbeitung für Ansaaten von Kunstwiese im August oder die N-Fixierung durch Leguminosen in der Untersaat für Folgekulturen. Je nach Mischung könnte allenfalls eine grössere Wertschöpfung durch die Weiterverarbeitung der Untersaat zu Graswürfeln erreicht werden.

Untersaaten, die nicht zu Futterzwecken dienen, bieten einen raschen Bodenschutz und verbessern schliesslich langfristig gesehen den Humusgehalt des Bodens durch Einarbeiten.

12.9 **Folgerungen/Ausblick**

Aus den Erhebungen des Exaktversuches in Grafenried 2020 resultierten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Verfahren mit und ohne Untersaat bezüglich Weizenertrag und Qualitätsparameter, woraus ein negativer Einfluss der Untersaaten diesbezüglich ausgeschlossen werden kann.

Nach dem Dreschen wuchsen die Untersaaten rasch und erreichten eine Bodenbedeckung von rund 80%. In den Verfahren ohne Untersaat war die Bodenbedeckung durch Unkraut signifikant höher als in denen mit Untersaat. Auch wurden Biomasse Erträge von bis zu 124dt FS/ha erreicht.
Obwohl Untersaaten gewisse Vorteile bieten, gilt es in jedem Fall den Nutzen einer Untersaat gegenüber dem Zusatzaufwand und den Risiken entsprechend den standortspezifischen Gegebenheiten vorsichtig abzuwägen. Sicher lohnt sich ein Versuch mit Untersaat im Winterweizen auf Parzellen mit einem allgemein nicht sehr hohen Unkrautdruck und ohne problematische Unkräuter, wie die Auswertungen des Standortes in Grafenried zeigen. 2022 werden die Versuche auf dem Praxisbetrieb fortgeführt und das Verhalten der Untersaat in einer lang- und einer kurzhalmigen Weizensorte weiter analysiert.

12.10 **Mechanische Unkrautregulierung**

Dieses Kapitel beschreibt übergeordnete, also kulturunabhängige betriebliche und ökologische Aspekte betreffend der mechanischen Unkrautregulierung. Die wichtigsten Punkte zur Einordnung der mechanischen Unkrautregulierung sind nachfolgend erwähnt.

12.10.1 *Arbeitsaufwand*

Die mechanische Unkrautregulierung ist arbeitsaufwändiger als die chemische (Köller et al. 2019). Dies dürfte mit ein Argument sein, dass viele Landwirte noch auf das Hacken/Striegeln verzichten, weil die Arbeitsbelastung auf vielen Landwirtschaftsbetrieben hoch bis sehr hoch ist. Mehrarbeit bedeutet im Normalfall auch Mehrkosten. Diese werden teilweise durch die REB-Beiträge abgegolten. Sobald aber Handarbeit geleistet werden muss, um die Verunkrautung in den Griff zu kriegen, steigen die Kosten stark an.

12.10.2 *Verfügbare Feldarbeitstage*

Der Erfolg der mechanischen Unkrautregulierung ist massgebend von der Witterung abhängig. Bei guten Bedingungen ist eine Unkrautreduktion von bis zu 70% möglich, unter schlechten Bedingungen kann die mechanische Unkrautregulierung nur zu einem geringen bis gar keiner Unkrautreduktion führen oder sogar Schaden verursachen (geschädigte Kulturpflanzen; Bodenverdichtung, etc.).

Die verfügbaren Feldarbeitstage im Zeitraum von Anfang Mai bis Mitte Juni sind begrenzt und können je nach Jahr und Region zwischen ein paar wenigen Tagen und mehr als 23 Tagen betragen. Auf betrieblicher Ebene führen die engeren Zeitfenster neben der zusätzlichen Arbeit auch zu Phasen sehr hoher Auslastung (Kloepfer 2019).

12.10.3 *Treibstoffverbrauch und CO_2-Emmissionen*

Die mechanische Unkrautregulierung bringt einen höheren Dieselverbrauch mit sich als die Regulierung mit Herbiziden. Dies wiederum hat einen höheren CO_2-Ausstoss zur Folge (Abbildung 108) (KTBL 2018, eia 2019).

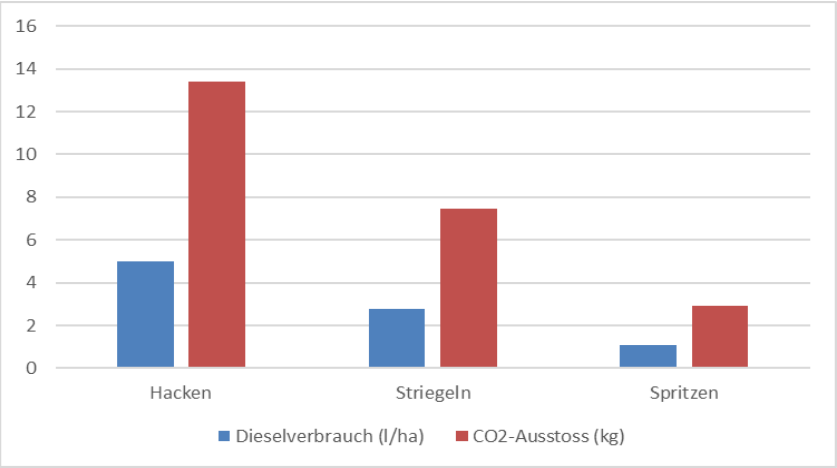


Abbildung 108 Durchschnittlicher Dieselverbrauch und CO2-Ausstoss je Hektare für **einen Durchgang** mit einem 4-reihigen Scharhackgerät (Hacken), einem 6m Hackstriegel (Striegeln) und einer Anbaufeldspritze mit 15m Balken (Spritzen) (Quelle: nach KTBL 2018; eia 2019, eigene Darstellung).

In der Praxis werden häufig mehrere Durchgänge mit dem Hackgerät oder dem Striegel vorgenommen. Mit diesen mehrfachen Durchgängen oder der auch häufig angewendeten Kombination von Hacken und Striegeln wird ein deutich grösser Unterschied des Treibstoffverbrauchs zwischen der mechanischen und der chemischen Unkrautbekämpfung erreicht als in Abbildung 108 aufgezeigt. Insgesamt ist aber zu betonen, dass der CO_2-Austoss der mechanischen Unkrautregulierung auf das landwirtschaftliche Gesamtsystem einen kleinen Effekt hat (Ahlgren 2004), aber trotzdem nicht völlig ignoriert werden sollte.

12.10.4 *CO_2-Emmissionen durch Humusabbau*

Eine intensive Bodenbearbeitung kann auch zu einem Humusabbau und dadurch zu zusätzlichen CO_2-Emissionen führen. Der Einfluss einer mechanischen Unkrautregulierung ist aber klein. Ahlgren (2004) geht deshalb von einem vernachlässigbaren Humusabbau aus.

12.10.5 *Erosion*

Massnahmen zur Unkrautregulierung bzw. Pflege führen zu einer temporären Bodenlockerung, wodurch transportierbares Material an der Bodenoberfläche geschaffen und so die Erosionsgefahr erhöht wird (Kainz et al. 2009).

12.10.6 *Samenvorrat im Boden*

Ein Langzeitversuch von 1989 bis 2004 am Institut Agricole de Grangeneuve IAG ergab, dass der Samenvorrat im Boden im Verlaufe der Jahre im rein mechanischen Verfahren angestiegen ist (Emmenegger 2005). Bei länger dauernden rein mechanischen Unkrautregulierungsverfahren scheint der Samenvorrat im Boden deutlich anzusteigen. Streit et al. (2004) haben bezüglich dem Samenvorrat ähnliche Feststellungen gemacht wie Emmenegger (2005).

12.10.7 *Know-how*

Für moderne Hackgeräte sind Spezialkenntnisse nötig. Je mehr Möglichkeiten ein Hackgerät bietet (kameragesteuert, verschiedene Hackwerkzeuge), desto anspruchsvoller ist die optimale Einstellung und damit auch ein entsprechender Erfolg. Für Hackstriegel gilt das gleiche. Die optimale Einstellung der Geräte ist nicht allein ausschlaggebend für den Erfolg. Ebenso wichtig ist die richtige Einschätzung der Kultur und des Unkrautbestandes, also die Frage in welchem Stadium der Kultur resp. der Unkräuter mit welcher Einstellung der Hackgeräte gearbeitet werden muss. Ebenso ist die richtige Einschätzung des Bodenzustandes und der Witterung entscheidend. Die Kenntnisse für eine erfolgreiche mechanische Unkrautregulierung sind aber zweifelsohne lern- und umsetzbar und mit der Erfahrung steigt auch der Erfolg.

12.10.8 *Akzeptanz*

Die stärkere Abhängigkeit vom Wetter führt wie bereits erwähnt zu Vorbehalten in der Anwendung der mechanischen Unkrautregulierung. Die mechanische Variante bringt aber Vorteile, wenn zum Beispiel

Nachtfröste im Frühling auftreten und Herbizide deshalb nicht oder nicht unter optimalen Bedingungen eingesetzt werden können.

Die teilweise noch ungenügende Akzeptanz der mechanischen Unkrautregulierung hängt auch mit einem «Sauberkeitsdenken» zusammen. Auch wenn eine Restverunkrautung in einer Kultur noch keine Auswirkungen auf den Ertrag hat. Was auch häufig als Argument gegen eine rein mechanische Unkrautregulierung ins Feld geführt wird, ist der steigende Samenvorrat im Boden, was zu einem generell höheren Unkrautdruck und zu mehr Problemunkräutern führen könnte.

Ein weiterer Grund für eine beschränkte Akzeptanz sind vermutlich auch die hohen Kosten in der Anschaffung neuer und moderner Striegel- und Hackgeräte. Diese Geräte sollten aus diesem Grund möglichst überbetrieblich angeschafft werden, was den einzelnen Landwirten zu einem gewissen Grad wieder im Gebrauch einschränkt. Die Alternative ist der Lohnunternehmer, der die Arbeit übernehmen könnte. Auch hier sind häufig Vorbehalte zu hören, dass der Lohnunternehmer nicht zum richtigen Zeitpunkt kommen könne und damit der Erfolg in Frage gestellt sei.

12.11 **Literatur/Quellen**

Ahlgren S, 2004: Environmental impact of chemical and mechanical weed control in agriculture. A comparing study using Life Cycle Assessment (LCA) methodology. SIK, Göteborg, 59 S.

Agridea, 2021. Deckungsbeiträge 2021. Ausgabe 2021. Getreide, Hackfrüchte, übrige Ackerkulturen, Futterbau, Spezialkulturen, Tierhaltung.

eia (U.S. Energy Information Administration), 2019: How much carbon dioxid is produced when different fuels are burned, Abgerufen am 17.03.2020, https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=73&t=11

Emmenegger J, 2005 Stock grainier: Institut Agricole Grangeneuve, unveröffentlicht

Eric Schweizer AG, 2020. Mais- und Sonnenblumenuntersaat, www.ericschweizer.ch

Kainz M, Siebrecht N, Reents H-J (Hrsg.), 2009: Wirkung des Ökologischen Landbaus auf Bodenerosion. Dr. Köster, Berlin.

Köller KH, Vinzent B, Demmel M, 2019. dlg-merkblatt_449. Mechanische Unkrautregulierung Technik für die Praxis. Abgerufen am 15.02.2020, https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_449.pdf

Kloepfer F, 2019: Mechanische Unkrautregulierung im Mais. Schlagkraft und die verfügbaren Feldarbeitstage wirken begrenzend. Mais, 02.

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft), 2018: Verfahrensrechner Pflanze. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt.

Richner W. und Sinaj S., 2017. Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD 2017). Agrarforschung Schweiz 8 (6), Spezialpublikation, 276 S.

SBV (Schweizer Bauernverband), 2021. Richtpreise für stehendes Gras (Verrechnung unter Landwirten), https://www.sbv-usp.ch/de/preise/pflanzenbau/futtermittel/stehendes-gras/

Streit B, Scherrer C, Tschachtli R, 2004: Integrierter und biologischer Anbau im Vergleich – Anbausystemversuch Burgrain – Dynamik der Unkrautpopulationen, Schriftenreihe der FAL 52 (70-75), Zürich

Swisstopo, 2020. Swiss Geoportal. Pixelkarte, Ballmoos Jegenstorf, https://map.geo.admin.ch

UFA 2020, ohne Datum. UFA Samen. Abgerufen am 03.02.2021, https://www.ufasamen.ch/de/futterbau/futterbaumischungen

13 Teilprojekt 9 - Ökonomie und Akzeptanz der Massnahmen bei den Landwirten

13.1 **Einleitung**

Durch ein Anreizsystem sollen im BPP Massnahmen zur Reduktion der Belastung von Gewässern und die Praxis neuer, nachhaltiger Pflanzenschutzstrategien gefördert werden. Nach Ablauf der Projektlaufzeit wäre es denkbar, diejenigen Massnahmen, welche sich als sinnvoll und effektiv erwiesen haben, allenfalls solche auf nationaler Ebene einzuführen. Im Rahmen des Teilprojekts 9 (TP 9) soll die Akzeptanz dieser Massnahmen durch die Landwirtinnen und Landwirte im Kanton Bern untersucht werden. In diesem Zusammenhang interessiert es, sowohl teilnehmende als auch nichtteilnehmende Landwirte in ihrer Funktion als Unternehmer (ökonomische Aspekte) und Entscheider (Werte, Normen, Wissen) im Hinblick auf eine Teilnahme besser zu verstehen. Die Erkenntnisse daraus sollen darüber Aufschluss verleihen, welche Landwirte aus welchen Gründen teilnehmen.

In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich der Fokus bei der Erforschung von Faktoren zur Erklärung einer Teilnahme an Agrarumwelt-Programmen und, allgemeiner, der Übernahme nachhaltigerer Produktionsweisen verschoben. Studien mit neoklassischem ökonomischem Verständnis, welche die Motivation von Landwirten unter der Prämisse der Profitmaximierung untersuchten, wurden zunehmend ergänzt durch Studien zu nichtökonomischen Faktoren, welche das Verhalten mitbeeinflussen (Maybery, 2005).

In einem umfassenden Review-Artikel aus dem Jahre 2019 (Dessart et al., 2019) gliedern die Autoren die verschiedenen, im Zusammenhang mit der Annahme nachhaltiger landwirtschaftlicher Praktiken relevanten Faktoren in drei verschiedene Ebenen: Die dispositionelle, die soziale und die kognitive Ebene, welche sich in ihrer «Distanz vom untersuchten Entscheidungsprozess» unterscheiden. Dispositionelle Faktoren bilden dabei die «am weitesten entfernten», und beinhalten «Makroprinzipien», welche sich relativ weit entfernt von der spezifischen Entscheidungssituation befinden. Dazu gehören Konzepte wie allgemeine Ziele in der Bewirtschaftung, Risikobereitschaft oder moralische und umweltbezogene Bedenken. Auf der mittleren sozialen Ebene positionieren die Autoren soziale Normen, wie injunktive und deskriptive Normen, also Einstellungen und Normen, welche im sozialen Kontext entstehen und sich verändern können. Auf der innersten, der spezifischen Entscheidung «am nächsten» liegenden Ebene, befinden sich Wissen, wahrgenommene Kosten und Nutzen und die wahrgenommene Kontrolle in der Situation. Auch im Rahmen des TP9 wurden einige dieser Faktoren und Konzepte untersucht, um zu verstehen wie sich hinsichtlich dieser, Landwirte, welche am BPP teilnehmen von Nichtteilnehmern unterscheiden. So wurden neben klassischen soziodemographischen Faktoren wie Alter, Ausbildung und Geschlecht und sozioökonomischen Faktoren wie dem landwirtschaftlichen Einkommen und anderen betriebsspezifischen Kennzahlen, unter anderem folgende Verhaltensfaktoren untersucht: Risikobereitschaft, spezifisches Fachwissen in pflanzenschutzrelevanten Bereichen, konsultierte Informationsquellen zur Entscheidungsfindung im Pflanzenschutz, praxisspezifische soziale Normen, produktionsbezogene Werte und die Einschätzung der Politik- und Marktbedingungen.

Neben den landwirtspezifischen Faktoren, welche eine Teilnahme beeinflussen können, sollen auch spezifisch die Akzeptanz der einzelnen Massnahmen des BPP untersucht werden. Dabei spielen einerseits die Beurteilung von Vor- und Nachteilen der alternativen Bewirtschaftungsmassnahmen durch die Landwirte eine Rolle. Als wie sinnvoll und wirksam (Effektivität vs. Effizienz) beurteilen die teilnehmenden Landwirte die einzelnen Massnahmen? Wie schätzen sie Effekte wie zusätzliche Kosten (finanziell und in Bezug aufs Zeitmanagement), Ertragsverluste, Veränderung des Schädlingsdrucks ein?

Diese verschiedenen Aspekte, welche die Teilnahme am Projekt respektive die Akzeptanz der Massnahmen mitbeeinflussen, werden also in diesem Teilprojekt erhoben und analysiert und zu einem späteren Zeitpunkt im Schlussbericht durch die Synthese der Erkenntnisse zu Empfehlungen weiterentwickelt.

Im Rahmen dieses Zwischenberichts sollen erste Ergebnisse aus der Auswertung der Befragung von BPP-Teilnehmern und Nichtteilnehmern präsentiert und zusammengefasst werden. Weiter soll er einen Ausblick auf die geplante massnahmenspezifische Befragung, welche für den Winter 2021/2022 vorgesehen ist, geben.

13.2 **Material und Methoden**

13.2.1 *Datenerhebung - Interviews mit Teilnehmern und Nichtteilnehmern des BPPs*

Mixed-Method-Ansatz: Von den geplanten drei Erhebungen, konnten zwei bereits abgeschlossen werden. Qualitative Vorerhebungen (Interviews) wurden im Frühjahr 2020 (in den Monaten Februar und März) durchgeführt, sowohl im BPP als auch in den beiden Vergleichsprojekten «PestiRed» und «3V». Das PestiRed-Projekt ist ein Ressourcenprojekt unter der Leitung von Agroscope, IPSuisse und den Kantonen Solothurn, Genf und Waadt, welches das Ziel einer 70-prozentigen Reduktion von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf den Versuchsparzellen und ferner eine Basis für die Weiterentwicklung des IPSuisse anstrebt. Das sechsjährige Projekt ist «co-innovativ» und arbeitet auf den «innovativen Parzellen» mit resistenten Sorten, «mixed cropping», mechanischer Unkrautbekämpfung, Untersaaten und Gründüngungen. Das «3V»-Projekt entwickelt und testet unter der Leitung des Bundesamts für Umwelt (BAFU) ein Indikatorensystem, das die Konformität eines Betriebs mit den «Umweltzielen Landwirtschaft» (BAFU, 2008) messen soll. Teilnehmende Landwirte stammen aus den Kantonen Thurgau und Glarus. Die semi-strukturierten Interviews wurden mit Hilfe eines offen formulierten Leitfadens durchgeführt. Zu Beginn des Gesprächs wurden die Gesprächspartner über das Ziel der wissenschaftlichen Untersuchung aufgeklärt. Alle Gesprächspartner wurden – mit der Zusicherung auf anonymisierte Behandlung der Daten – um ihr Einverständnis gebeten, das Gespräch aufzeichnen zu dürfen.

Die Interviews wurden dann mit Hilfe der MAXQDA-Software vollständig transkribiert. Danach wurden die transkribierten Interviewtexte mittels der «Grounded Theory»-Methode analysiert. Die Erkenntnisse aus dieser Auswertung flossen später in die Entwicklung des Fragebogens ein.

13.2.2 *Entwicklung des Fragebogens*

Nach der Analyse der Interviews wurden die eruierten und im Fragebogen zu prüfenden Einflussfaktoren mit der Literatur abgeglichen und ergänzt. Das übergeordnete Ziel des Fragebogens war es, Faktoren zu finden, welche eine Teilnahme am Projekt begünstigen respektive die Entscheidung der Landwirte für oder gegen die Teilnahme erklären helfen. Dazu wurden gleich viele Teilnehmer und Nichteilnehmer angeschrieben. Die Befragten sollten einerseits Angaben zu Alter (Altersgruppen), Geschlecht, Ausbildung, Familienstand machen; diese demographischen Standardgrössen sollten durch Angaben zu Mitgliedschaften an Betriebs- oder Generationengemeinschaft ergänzt werden. Aus der Literatur ist bekannt, dass vor allem erstere eine entscheidende Rolle bei der Entscheidung einer Teilnahme an Agrarumwelt-Projekten spielen können. Letzteren Faktor haben wir abgefragt, weil sie sich bei der Analyse der Interviews als mögliche beeinflussende Faktoren abzeichneten. Neben diesen allgemeinen landwirtspezifischen demographischen Faktoren haben wir mit dem Fragebogen versucht, den Landwirt in seiner Funktion als Unternehmer besser zu verstehen. Dazu haben wir sowohl Fragen zum Einkommen als auch dem Anteil der Direktzahlungen am betrieblichen Umsatz gestellt. Um die Rolle der strukturellen Faktoren des Betriebs einschätzen zu können, wurden neben der Betriebsgrösse (totale LN) auch Fragen zum Betriebstyp und den gewählten Produktionsrichtlinien (kein ÖLN, ÖLN, IP-Suisse, Bio usw.) gestellt (Tabelle 43).

Um Landwirte als Entscheider im agarumweltpolitischen Kontext besser zu verstehen, wurden zusätzlich Fragen zu ihrem Wissen, ihren Werten und Normen aber auch ihrer Einschätzung der Agrarpolitik und des Markts allgemein und mit Blick auf die Zukunft gestellt.

Tabelle 43 Liste der mittels der Umfrage bei Teilnehmern des BPP und nichtteilnehmenden Landwirten des Kantons Bern untersuchten Faktoren, für welche die Ergebnisse im Rahmen dieses Zwischenberichts präsentiert werden. Die entsprechenden Frageblöcke zu jeweiligen Faktoren - welche im Hinblick auf eine Charakterisierung der beiden Gruppen (Teilnehmer und Nichtteilnehmer) erhoben wurden – finden sich unter der angegebenen Nummer im angehängten Fragebogen.

Aspekte der Akzeptanzerhebung	Faktor	Fragenummer im Fragebogen (siehe Annex)
Betriebsspezifische Faktoren		
	Betriebsgemeinschaft	7.7a)
	Generationengemeinschaft	7.7b)
	Haupt-oder Nebenerwerb	7.3
Betriebsleiterspezifische demographische Faktoren		
	Alter	7.10
	Geschlecht	7.10
	Ausbildung	7.9
	Kinder	7.12
	Familienstand	7.11
Der Landwirt als Unternehmer - Ökonomische Faktoren		
	Gesamteinkommen aus Erwerbstätigkeit	7.5
	Anteil DZ am landwirtschaftlichen Umsatz	7.6
Der Landwirt als Entscheider		
Persönliche Werte, Normen und Einstellungen		
	Allgemeine & domänenspez. Risikopräferenzen	2.5 & 2.6
	Konsultierte Informationsquellen bei Entscheidungen im Pflanzenschutz	3.4
	Leitende Werte in der landw. Produktion	2.2
	Wichtige Aspekte beim Pflanzenschutz auf dem eignen Betrieb	1.6
	Hauptaufgaben der Landwirtschaft	5.1
	Selbsteinschätzung Fachwissen in für den Pflanzenschutz relevanten Bereichen	4.1
	Praxis-spezifische (persönliche, injunktive, deskriptive) Normen	2.1
Beurteilung der momentanen und zukünftigen Bedingungen am Markt und in der Agrarpolitik		
	Beurteilung der agrarpolitischen Situation	5.3
	Beurteilung der Situation am Markt	5.3
	Beurteilung der Haltungen von Konsumenten/Bevölkerung	5.3
	Dringlichkeit einer Reduktion von PSM für die Zukunft am Markt/in der Agrarpolitik	5.2
Evaluation Pflanzenschutzprojekte		6.2

Der fertige Fragebogen enthielt neben den Fragen auch eine Ausfüllanleitung und die Möglichkeit, freiwillig eine Emailadresse anzugeben. Die Landwirte konnten dann angeben, ob sie an der Verlosung von Landi-Gutscheinen teilnehmen wollen. Dies sollte einen Anreiz zur Teilnahme schaffen. Die aufgeführten Fragen und Fragenblöcke können alle im angehängten Dokument nachgeschlagen werden.

Der Entstehungsprozess des Fragebogens wurde vom Umfrageexperten Rolf Porst begleitet. Er redigierte und machte Anmerkungen in Bezug auf Länge, benutzte Frageformen und Antwortmöglichkeiten und Skalen aber auch Formulierungen und Sinnhaftigkeit der Konzepte half so, die formale Qualität der Umfrage zu optimieren. Der gesamte Fragebogen ist im Anhang als digitale Beilage zu finden.

13.2.3 *Pre-Testing*

Sowohl die Papierversion des Fragebogens als auch die inhaltlich identische Onlineumfrage wurden von mehreren Landwirten und mehreren Wissenschaftlern von Agroscope Tänikon gepretestet. Die dadurch erhaltenen Anmerkungen und Verbesserungshinweise wurden in die finale Version des Fragebogens eingearbeitet. Diese wurde durch den Agroscope internen Übersetzungsdienst ins Französische übersetzt. Auch diese Version wurde wiederum durch einen Mitarbeiter von Agroscope Tänikon und einen Agrarwissenschaftler, der sich mit Pflanzenschutz im Apfelanbau befasst, getestet.

13.2.4 *Versand und Rücklauf des Fragebogens*

Nebst den Adressaten im Kanton Bern haben wir den Fragebogen an weitere Landwirte versandt. Einerseits waren das Teilnehmer des Pilotprojekts «3V», welches unter der Leitung des Bundesamts für Umwelt (BAFU) ein Indikatorensystem, das die Konformität eines Betriebs mit den «Umweltziele Landwirtschaft (UZL)» (BAFU, 2006) messen soll, entwickelt und getestet. Die teilnehmenden Landwirte des 3V-Projekts stammen aus den Kantonen Glarus und Thurgau. Ausserdem wurden beim Kanton Glarus Adressen von Nichtteilnehmern angefragt und der Fragebogen wurde zusätzlich an 19 solche Landwirtschaftsbetriebe versendet. Ein Projektteilnehmer stammt aus dem Kanton Zürich.

Ausserdem wurde die Umfrage an teilnehmende Landwirte im «PestiRed», einem Ressourcenprojekt der IP-Suisse in Zusammenarbeit mit Agroscope und den Kantonen Solothurn (13), Genf (4) und Waadt (21) verschickt. Es wurde ebenfalls versucht, Adressen von Nichtteilnehmern aus den entsprechenden Kantonen zu erhalten, worauf wir nur in den Fällen der Kantone Solothurn und Waadt rechtzeitig Antwort erhalten haben. Die Umfrage wurde also an 30 und 13 Nichtteilnehmer der beiden Kantone versendet. Die Gesamtanzahl versendeter Umfragen belief sich am Ende auf 2175.

Die Umfrage wurde erst an alle Adressaten mithilfe des Online-Umfrage-Tools Unipark am 28. November 2020 per Email versendet. Im Emailtext wurden die Landwirte höflichst gebeten, die Online-Umfrage auszufüllen und wurden darauf hingewiesen, dass ihnen circa zwei Wochen später, falls sie bis dahin nicht teilgenommen hätten, die Papierform per Post zugesandt werden würde. Im Email befand sich zusätzlich ein personalisierter Link, der via Login mit einem Passwort, direkt zur Umfrage führte. Die Anzahl der Online-Teilnehmer betrug 271 (42,7%).

In der zweiten Dezemberwoche wurde die Umfrage in Papierform an alle Landwirte versandt, die bis dato nicht online teilgenommen hatten. Die Online-Umfrage wurde weiterhin als Option offengelassen und die Landwirte wurden im Begleitschreiben, zur Papierform, nochmals auf die Möglichkeit hingewiesen. Dieses enthielt den Zugangslink und einen personalisierten Code. Sie wurden gebeten, den Papierbogen im beigelegten frankierten Rücksendecouvert zurück zu schicken. Die Online-Umfrage wurde zum selben Datum geschlossen.

13.2.5 *Rücklauf*

Total haben 635 der 2175 angeschriebenen Landwirte die Umfrage ausgefüllt. Nicht vollständig oder falsch ausgefüllte, für die Analyse der Daten nicht verwendbare Bögen, wurden aussortiert. «Falsch» bedeutet in diesem Fall, dass beispielsweise bei einer Frage mit Ausfüllanleitung «Wählen Sie bitte nur eine der Antwortmöglichkeit aus», mehrere Optionen angekreuzt wurden. Diese setzten sich aus 322 Teilnehmern des BBPs, 182 Nichtteilnehmern aus dem Kanton Bern, 9 Teilnehmern und 2 Nichtteilnehmern am «3V»-Projekt aus dem Kanton Thurgau, 8 Teilnehmern und 19 Nichteilnehmern am «3V»-Projekt aus dem Kanton Glarus und 1 Teilnehmer am «3V»-Projekt aus dem Kanton Zürich, zusammen. Hinzu kamen 21 PestiRed-Teilnehmer aus dem Kanton Waadt und 4 aus dem Kanton Genf (Tabelle 44).

Tabelle 44 listet die Anzahl erhaltene Fragebögen von Projekt-Teilnehmer und -Nichtteilnehmer pro Kanton auf.

Projekt	Kt. BE		Kt. TG		Kt. GL		Kt. ZH		Kt. SO		Kt. VD		Kt. GE	
	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT
BPP	322	182												
3V			9	2	8	19	1	0	13	30				
PestiRed											21	13	4	0

13.2.6 *Digitalisierung des Papierfragebogens und Überprüfung auf Validität*

Nach der Validitätsprüfung wurden die Papierfragebögen «von Hand» digitalisiert. Dazu wurden die gegebenen Antwortoptionen in ein Excel-Datenblatt übertragen. Die Daten der online ausgefüllten konnten direkt vom Unipark-Programm als Excel-Datei exportiert werden. Zum Schluss wurden die Eingaben nochmals mit Stichproben auf Fehler bei der Digitalisierung überprüft.

13.2.7 *Statistische Auswertung der Daten*

13.2.7.1 Deskriptive Statistik für den Vergleich von Teilnehmern und Nichtteilnehmern

Die statistische Auswertung der Umfragedaten erfolgte mit dem OpenSource Statistikprogramm R und Rstudio. Für den Vergleich der beiden unterschiedlich grossen Gruppen – Teilnehmer und Nichtteilnehmer am BPP – wurden die Daten, welche mittels Likert-Skalen erhoben worden sind, in Balkendiagrammen mit Hilfe der «geom_plot»-Funktion dargestellt. Die «geom_plot»-Funktion aus dem Package «ggplot2» ermöglicht mittels einer Unterfunktion die Darstellung der Antwortmöglichkeiten in Prozent innerhalb des Balkendiagramms.

Weil es sich bei Likert-Skalen-Daten um ordinale Daten handelt, können statistische Grössen wie Mittelwert und Standardabweichung nicht verwendet werden. Geeignete statistische Kennzahlen für ordinale Daten sind der Median – derjenige Wert, welcher sich genau in der Mitte aller beobachteten Werte befindet – und der Modus – der meist gewählte oder der häufigste vorkommende Wert.

13.3 **Ergebnisse**

13.3.1 *Welche betrieblichen Faktoren spielen eine Rolle?*

13.3.1.1 Produktionsform

Tabelle 45 zeigt die Angaben der am BPP teilnehmenden und nichtteilnehmenden Landwirte zu den auf dem Betrieb angewendeten Produktionsformen und –Richtlinien in absoluten Zahlen und Prozent pro Gruppe.

Produktionsformen und - Richtlinien	Teilnehmer (322)	Nichtteilnehmer (182)
Konventionell ohne ÖLN	7 (2,2%)	8 (4,4%)
Konventionell mit ÖLN	276 (85,7%)	115 (63,2%)
IP Suisse Richtlinien	151 (46,9%)	45 (24,7%)
Extenso	172 (53,4%)	73 (40,1%)
Biologische Produktion	23 (7,1%)	48 (26.4%)
Demeter	0	5 (2,7%)
Andere	15 (4,7%)	0

Von den insgesamt 504 Umfrage-Teilnehmern aus dem Kanton Bern waren 322 Teilnehmer am BPP, 182 davon Nichtteilnehmer. Die Tabelle 45 zeigt die Auswertung der Produktionsrichtlinien-Frage, wo die Landwirte angeben konnten, nach welchen Richtlinien sie produzieren. Es waren also mehrere Antworten möglich. In der Gruppe der Nichtteilnehmer gab es prozentual doppelt so viele Landwirte, die angaben, ohne ökologischen Leistungsnachweis zu produzieren. Die 2,2 Prozent in der Gruppe der Teilnehmer sind unerwartet (und wahrscheinlich fehlerhaft), da man für die Teilnahme am BPP direktzahlungsberechtig sein muss. Für «konventionell mit ÖLN», «IP Suisse Richtlinien» und «Extenso» gaben Teilnehmer deutlich häufiger an, danach zu produzieren als Nichtteilnehmer. Dafür produzieren Nichtteilnehmer deutlich häufiger nach den Richtlinien der «Bio Produktion» und «Demeter».

Für die Auswertung aller weiteren Fragebogendaten wurden in beiden Gruppen (Teilnehmer und Nichtteilnehme), diejenigen, welche «Bio Produktion» und «Demeter» angegeben aus dem Datensatz entfernt. Durch die starke Übervertretung in der Gruppe der Nichtteilnehmer hätte es vor allem bei den Fragen und Konzepten, welche sich auf den Pflanzenschutz beziehen, zu einer Verzerrung geführt. Der Datensatz schrumpfte damit auf 299 Teilnehmer und 129 Nichtteilnehmer.

13.3.1.2 Generationen- und Betriebsgemeinschaften

Tabelle 46 listet die Zahl der Teilnehmer und Nichtteilnemer auf welche angegeben hatten Mitglied der Generationengemeinschaft respektive Betriebsgemeinschaft zu sein.

	Teilnehmer	Nichtteilnehmer
Generationengemeinschaft	21(7,05%)	8 (6,15%)
Betriebsgemeinschaft	19 (2,14%)	2 (1,54%)

Beim Vergleich der prozentualen Anteile von Teilnehmern und Nichtteilnehmern, welche angegeben haben, Teil einer Generationengemeinschaft zu sein, konnten praktisch keine Unterschiede festgestellt werden (Tabelle 46). Anders als erwartet, haben sogar leicht mehr Teilnehmer angegeben, Teil einer Generationengemeinschaft zu sein, als bei den Nichtteilnehmern. Etwas deutlicher zeichnete sich der Unterschied in Bezug auf die Mitgliedschaft bei einer Betriebsgemeinschaft aus. Teilnehmer gaben etwa 3-mal so oft an Teil einer solchen zu sein, als Nichtteilnehmer.

13.3.1.3 Bewirtschaftung des Betriebs im Haupt- oder Nebenerwerb

Tabelle 47 listet die Angaben zur Bewirtschaftung des Betriebs im Haupt- oder Nebenerwerb für beide Gruppen in Anzahl Teilnehmer resp. Nichtteilnehmer und in Prozent auf.

	Haupterwerb	Nebenerwerb	Keine Angabe
Teilnehmer BPP	239 (80,2%)	56 (18,8%)	3 (1,0%)
Nichtteilnehmer	99 (76,2%)	30 (23,1%)	1(0,7%)

Die prozentuale Verteilung von Haupt- und Nebenerwerbsbetrieben in den beiden Gruppen ist relativ ähnlich. Nebenerwerbsbetriebe sind mit 23,1 Prozent gegenüber 18,8 Prozent etwas häufiger in der Gruppe der Nichtteilnehmer (Tabelle 47).

13.3.2 *Landwirtspezifische Faktoren - Allgemeine demographische Faktoren*

13.3.2.1 Alter

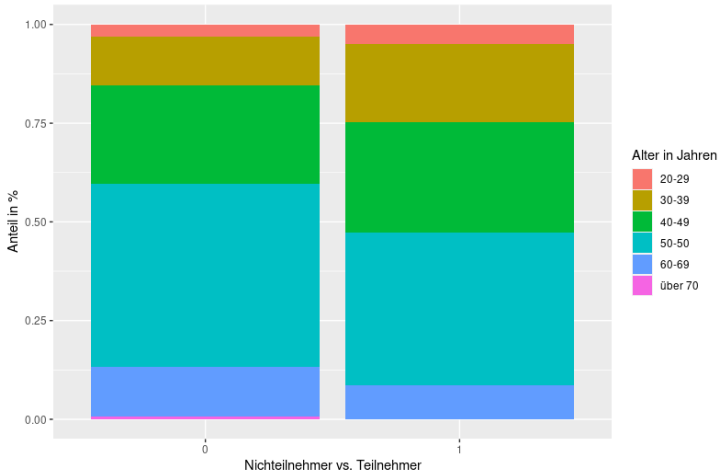


Abbildung 109 Das Balkendiagramm zeigt die Anteile von Teilnehmern (rechter Balken) und Nichtteilnehmern (linker Balken) pro Altersklasse.

Bei den Teilnehmern waren mehr als die Hälfte unter 50 Jahren alt, bei den Nichtteilnehmern hingegen knapp 60 Prozent 50 Jahre alt oder älter. Sowohl bei den Teilnehmern als auch den Nichtteilnehmern machten die 50 bis 59jährigen prozentual die grösste Gruppe aus. Die Gruppe der 30- bis 39-jährigen war bei den Teilnehmern deutlich grösser, die Gruppe der 60- bis 69-jährigen hingegen kleiner als bei den Nichtteilnehmern. Zusammenfassend waren die Teilnehmer im Durchschnitt jünger als die Nichtteilnehmer (Abbildung 109).

13.3.2.2 Ausbildung

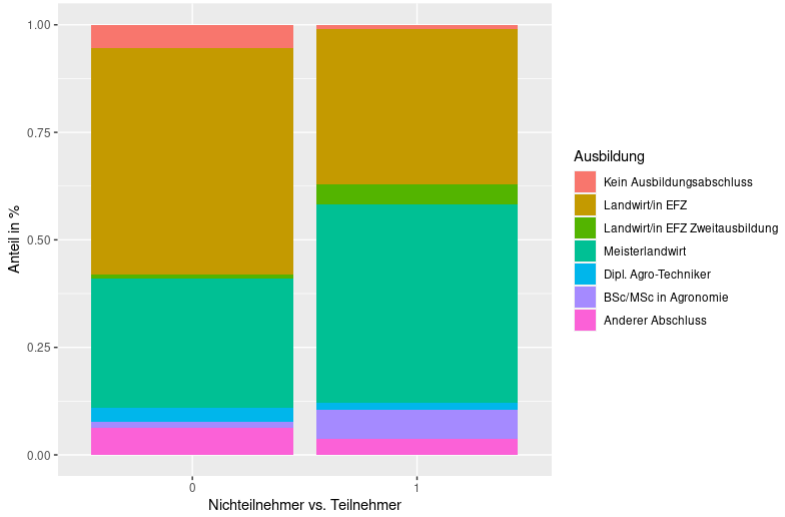


Abbildung 110 Ausbildungsstand: Das Balkendiagramm zeigt die Anteile von Teilnehmern (rechter Balken) und Nichtteilnehmern (linker Balken) pro Ausbildungsabschluss. Die Antwortmöglichkeiten waren «kein Ausbildungdabschluss», «Landwirt/in EFZ», «Landwirt/in EFZ Zweitausbildung», «Meisterlandwirt», «Diplo. Agrotechniker», «BSc/MSc Agronomie» «Anderer Abschluss» und die Landwirte haben ihren höchsten Abschluss angegeben.

Die Resultate für die Alterserhebung zeigte klare Unterschiede zwischen Teilnehmern und Nichtteilnehmern (Abbildung 110). Während in der Gruppe der Teilnehmer, die meisten «Meisterlandwirt» (knapp 50 Prozent) als höchsten Ausbildungsabschluss angegeben hatten, machten bei den Nichtteilnehmern «Landwirt/in EFZ» den grössten Anteil von etwas mehr als 50 Prozent aus. Die Anzahl Landwirte, welche Angaben keinen Ausbildungsabschluss zu haben, machten in der Nichtteilnehmergruppe - im Verhältnis zur Gesamtzahl der Gruppe - deutlich mehr machen etwa 5 Prozent aus. Landwirte mit dem Abschluss «Landwirt EFZ in Zweitausbildung» sind dafür deutlich häufiger in der Teilnehmer-Gruppe (circa 4 Prozent). Landwirte mit einem Bachelor- oder Masterabschluss sind ebenfalls häufiger in der Gruppe der Teilnehmer. Diplomierte Agrotechniker gibt es im Durchschnitt mehr bei den Nichtteilnehmern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Nichteilnehmer tendenziell tiefere Ausbildungsabschlüsse haben als Teilnehmer.

13.3.2.3 Familienstand & Anzahl Kinder

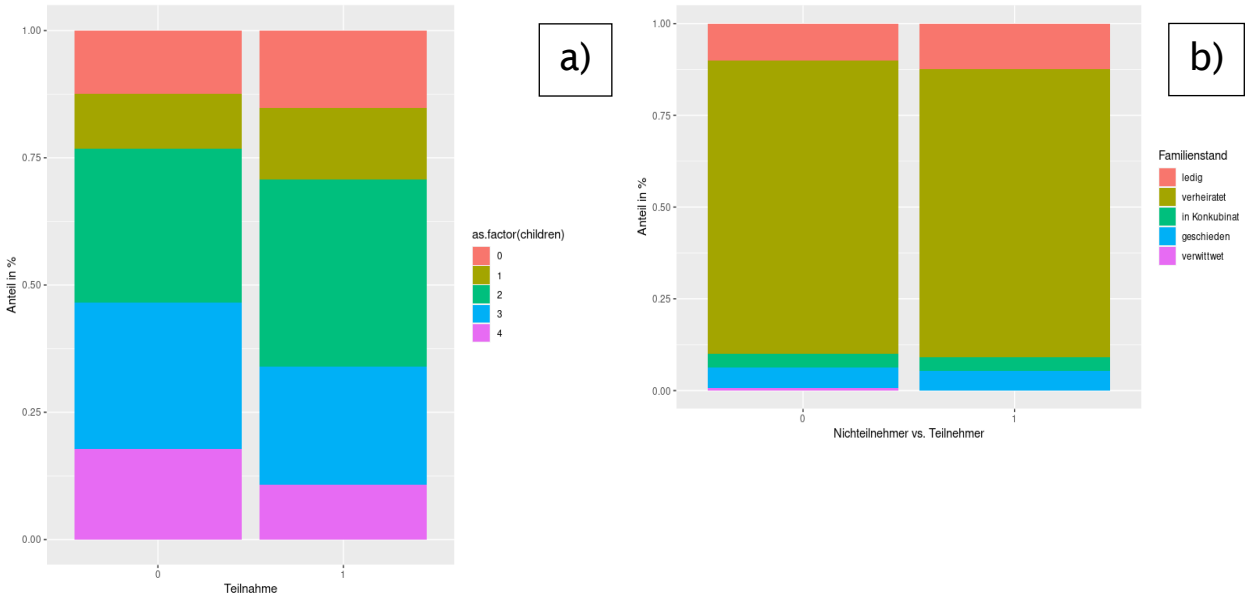


Abbildung 111 Anzahl Kinder und Familienstand: Das Balkendiagramm a) zeigt die Angaben der teilnehmenden Landwirte (rechter Balken) und Nichtteilnehmer (linker Balken) zur Anzahl Kinder. Die Antwortoptionen gehen von «0 Kinder» bis «4 Kinder» Das Diagramm b) dasselbe für Angaben zum Familienstand.

Wie in Graphik Abbildung 111b ersichtlich, gibt es in Bezug auf den Familienstand zwischen den beiden fast keine Unterschiede. Bei der Anzahl Kinder hingegen (Abbildung 111a) leichte Unterschiede. Teilnehmer haben deutlich öfter angegeben zwei Kinder, dagegen deutlich seltener drei oder vier Kinder zu haben. Auch hatten sie etwas öfter keine oder ein Kind als Nichtteilnehmer. Eine mögliche Erklärung könnte das durchschnittlich tiefere Alter (Modus 30-39 Jahre) der Teilnehmer sein.

13.3.2.4 Geschlecht

In den hier 428 analysierten Fragebögen, gaben nur gerade 9 der Ausfüller an, weiblich zu sein – fünf Teilnehmer (1,3 Prozent) und vier Nichtteilnehmer (3,8 Prozent). 15 Landwirte machten keine Angaben zum Geschlecht. Landwirtinnen sind also in der Gruppe der Nichtteilnehmer relativ zur Gesamtzahl Nichtteilnehmer minimal stärker vertreten.

13.3.3 *Landwirt als Unternehmer – Betriebsspezifische ökonomische Faktoren*

13.3.3.1 3.2.1 Gesamteinkommen aus Erwerbstätigkeit

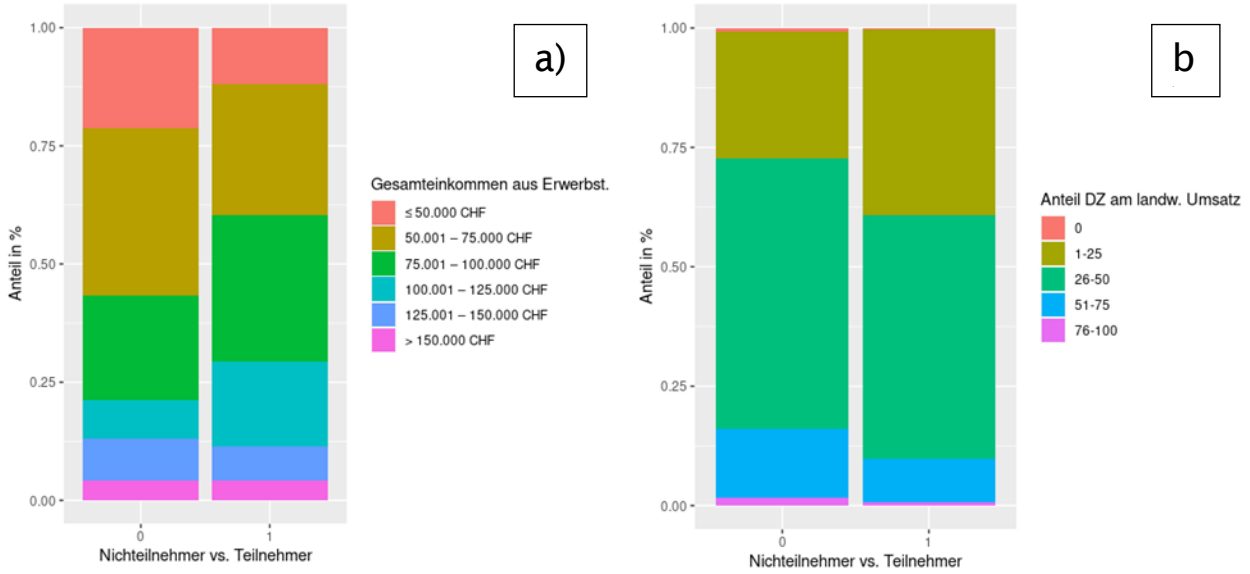


Abbildung 112 *Das Balkendiagramm a) zeigt die Einteilung der Teilnehmer (rechter Balken) und Nichtteilnehmer (linker Balken) in sechs Gesamteinkommensklassen zwischen «weniger als 50'000 CHF» und «grösser als 150'000 CHF». Das Balkendiagramm b) zeigt die Auswertung der Angaben zum Anteil Direktzahlungen am landwirtschaftlichen Umsatz. Die Optionen reichten von «0 %» in 25-er-Schritten bis «76-100%». In beiden Graphiken sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer angegeben. In beiden Graphiken sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.*

Im Vergleich liegen prozentual mehr Nichtteilnehmer in der tiefsten und zweittiefsten Einkommenskategorie von unter 50'000 CHF und zwischen 50'000 und 75'000 CHF, nämlich mehr als 50%. Die meisten Nichtteilnehmer fanden sich in der zweittiefsten Kategorie. Bei den Teilnehmern gaben rund zwei Drittel an, zu einer der vier obersten Einkommenskategorien zu gehören. Die meisten gaben an, ein Gesamteinkommen zwischen 75'001 und 100'000 CHF zu erwirtschaften. Die beiden höchsten Kategorien machten bei beiden Gruppen (Teilnehmer und Nichtteilnehmer) prozentual ungefähr gleich viel aus. Auch die Mediane unterscheiden sich in den beiden Gruppen: für Nichtteilnehmer liegt er bei 50’000-75'000 CHF, in der Gruppe der Teilnehmer bei 75’001-100'000 CHF.

13.3.3.2 3 Anteil Direktzahlungen am landwirtschaftlichen Umsatz

Der Anteil an Direktzahlungen am landwirtschaftlichen Umsatz machte für fast alle Teilnehmer und Nichtteilnehmer zwischen einem und 75 Prozent aus. Median und Modus liegen für Teilnehmer sowie für Nichteilnehmer bei einem Anteil von 26-50%. Nichtteilnehmer gaben leicht mehr an, bei einem Anteil von 51-75% zu liegen, als Teilnehmer. Umgekehrt verhielt es sich für die Antwortmöglichkeit 1-25%.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Teilnehmer tendenziell ein höheres Gesamteinkommen erwirtschaften, welches aber nicht durch einen höheren Anteil Direktzahlungen erklärt werden kann. Die teilnehmenden Landwirte sind also nicht die klassischen Direktzahlungsoptimierer.

13.3.4 *Landwirt als Entscheider: Wissen, Werte und Normen und Einstellungen*

13.3.4.1 Risikopräferenzen

Allgemeine Risikobereitschaft

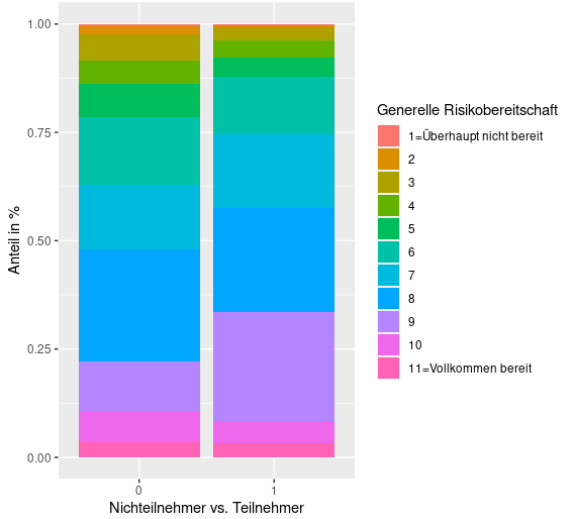


Abbildung 113 Das Balkendiagramm zeigt die prozentuale Verteilung der Selbstbeurteilung der «allgemeinen Risikobereitschaft» der teilnehmenden (linker Balken) und nichteilnehmenden (rechter Balken) Landwirte auf einer 11er-Likertskala. In beiden Graphiken sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.

In Bezug auf die allgemeine Risikobereitschaft sehen wir klare Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Die Teilnehmer beurteilten ihre Risikobereitschaft deutlich seltener mit der Skalenstufe «2», «3» und «4», dafür deutlich öfter mit «9». Die «mittleren Skalenstufen wurden in beiden Gruppen etwa gleich häufig gewählt. Der Median bei den Teilnehmern lag bei «8», bei den Nichtteilnehmern bei «7», der Modus bei «9», respektive «8».

Domänenspezifische Risikobereitschaft bezogen auf «Änderungen in der Produktion» und «neuartige Pflanzenschutzmassnahmen»

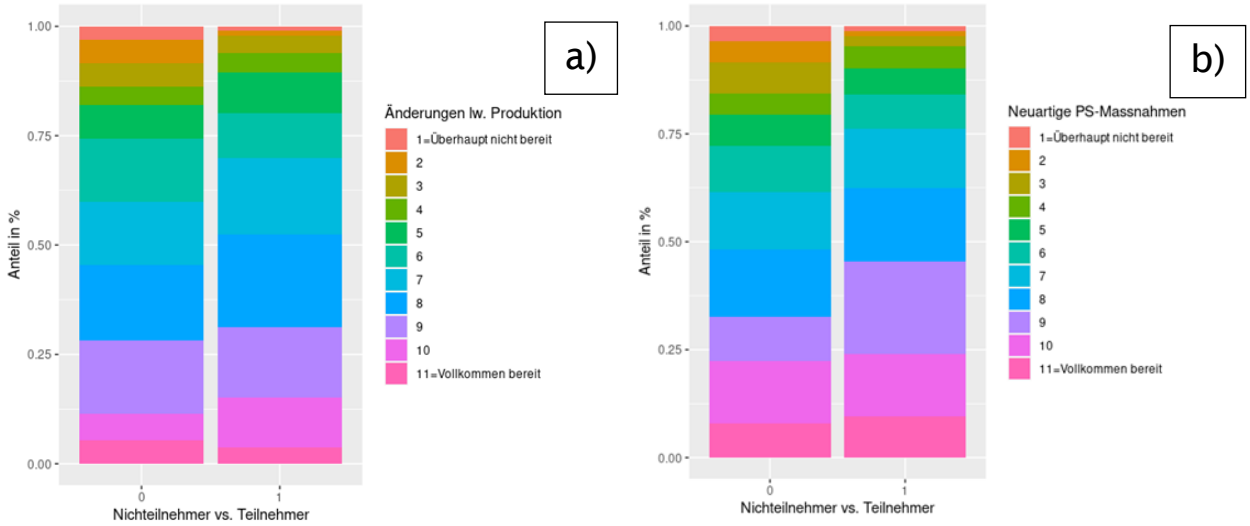


Abbildung 114 Das Balkendiagramm zeigt die prozentuale Verteilung der Selbstbeurteilung der a) Risikobereitschaft in Bezug auf Änderungen in der Produktion und b) in Bezug auf den Einsatz neuartiger Pflanzenschutzmassnahmen der teilnehmenden (linker Balken) und nichteilnehmenden (rechter Balken) Landwirte auf einer 11er-Likertskala. In beiden Graphiken sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.

Ein ähnliches Verteilungsmuster zeigt sich auch bei der Risikobereitschaft in Bezug auf «Änderungen in der Produktion». Auch die Mediane in den Gruppen der Teilnehmer respektive Nichtteilnehmer lagen bei «7» und «8». Der Modus lag hingegen jeweils bei «8», respektive «9».

Auch in Bezug auf «neuartige Pflanzenschutzmassnahmen» beurteilten sich die Teilnehmer risikobereiter. Die Antworten «7» bis «10» machten in der Gruppe der Teilnehmer zusammen leicht mehr als 75 Prozent aus. Bei den Nichtteilnehmern waren es etwas unter 62 Prozent. Die zwei «höchsten» Skalenniveaus wurden prozentual gleich oft angegeben. Auch hier lag der Median in der Gruppe der Teilnehmer bei «8», bei den Nichtteilnehmern bei «7», der Modus bei «9» respektive «8».

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich Teilnehmer im Allgemeinen aber auch in Bezug auf Änderungen der Produktion und gegenüber neuartigen Pflanzenschutzmassnahmen als risikobereiter einschätzen. Am wenigsten risikobereit scheinen beide Gruppen im Bereich Produktionsveränderungen zu sein. Sehr viele Teilnehmer aber auch mehr als die 60 Prozent der Nichtteilnehmer schätzen sich als sehr risikobereit ein, wenn es um neuartige Massnahem geht.

13.3.4.2 Benutzte Informationskanäle bei Entscheidungen im Pflanzenschutz

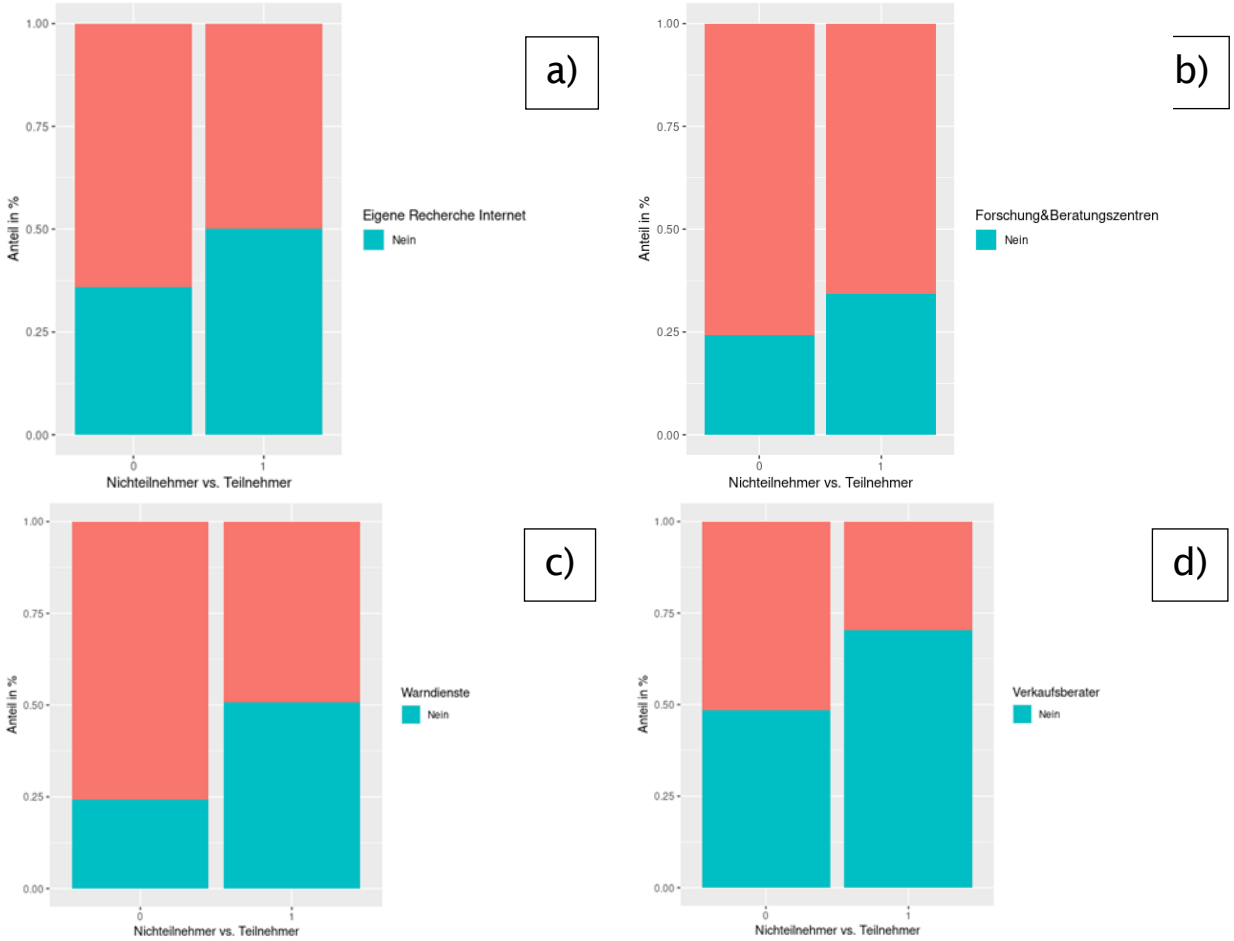


Abbildung 115 Die Diagramme zeigen die Ergebnisse für die vier Informationsquellen, bei welchen sich die Antwortverteilungen zwischen der Gruppe der Teilnehmer und der Gruppe der Nichtteilnehmer deutlich unterschied. Die roten Balkenanteile zeigen die «Ja»-, die blaue die «Nein»-Stimmen in Prozent. Die vier Informationsquellen sind a) «Eigene Recherche im Internet», b) «Forschungs- und Beratungszentren», c) «Warndienste» und d) «Verkaufsberater».

Von allen abgefragten 6 Informationsquellen konnten bei vieren klare Unterschiede in der Verteilung der «Ja»- und «Nein»-Antworten zwischen der Gruppe der Teilnehmer und der Gruppe der Nichtteilnehmer festgestellt werden. Vergleicht man die Balkendiagramme in 7, sieht man klar, dass unter den Nichtteilnehmern bei allen vier prozentual deutlich häufiger mit «Ja» geantwortet wurde, als in der Gruppe der Teilnehmer. Bei den restlichen zwei Informationsquellen, «Berufskollege/-kollegin» und

«Kantonale Berater» konnten keine solch deutlichen Unterschiede festgestellt werden. Die Informationsquelle, die von Teilnehmern am häufigsten angegeben wurde, war «Forschung & Beratungszentren». Auch bei den Nichtteilnehmern war diese Quelle zusammen mit «Warndienste» die am häufigsten angegebene. Die grössten Unterschiede zwischen Teilnehmern und Nichtteilnehmern fand sich bei «Warndienste» mit 25 Prozent weniger «Ja»-Antworten bei den Teilnehmern. Knappe 20 Prozent Unterschied gab es bei der Angabe der Informationsquelle «Verkaufsberater. Auch hier gaben die Nichtteilnehmer häufiger an, diese bei Pflanzenschutz-Entscheidungen zu konsultieren. Insgesamt scheinen sich die Programmteilnehmer weniger auf externe Informationsquellen zu verlassen als die Nichtteilnehmer.

13.3.4.3 Was ist den Landwirten bei ihrer Tätigkeit wichtig? Wonach richten sie im Allgemeinen ihre Handlungen aus?

Mit einem Set von Fragen konnten wir herausfinden, welche Aspekte den Landwirten bei ihrer landwirtschaftlichen Tätigkeit wie wichtig sind. Von den ursprünglich 10 abgefragten Aspekten, sollen hier nur die zwei gezeigt werden, bei welchen sich die Antwortmuster zwischen der Gruppe der Teilnehmer von den Nichtteilnehmern deutlich unterscheiden.

In der Graphik 8a) sehen wir, wie wichtig Teilnehmer und Nichtteilnehmer den Produktionsaspekt «Ein möglichst hohes Einkommen» beurteilt haben. Die Teilnehmer haben in mehr als 87% der Fälle eine der drei Antwortoptionen 5,6 oder 7 gewählt, die Nichtteilnehmer bei etwas mehr als 75%. Nur sehr wenige Teilnehmer beurteilten die Aussage als nicht oder wenig zutreffend. Median und Modus lagen für beide Gruppen bei 6 und 7. Ein hohes Einkommen scheint also generell ein sehr wichtiger Aspekt zu sein, stärker jedoch für Teilnehmer am Projekt.

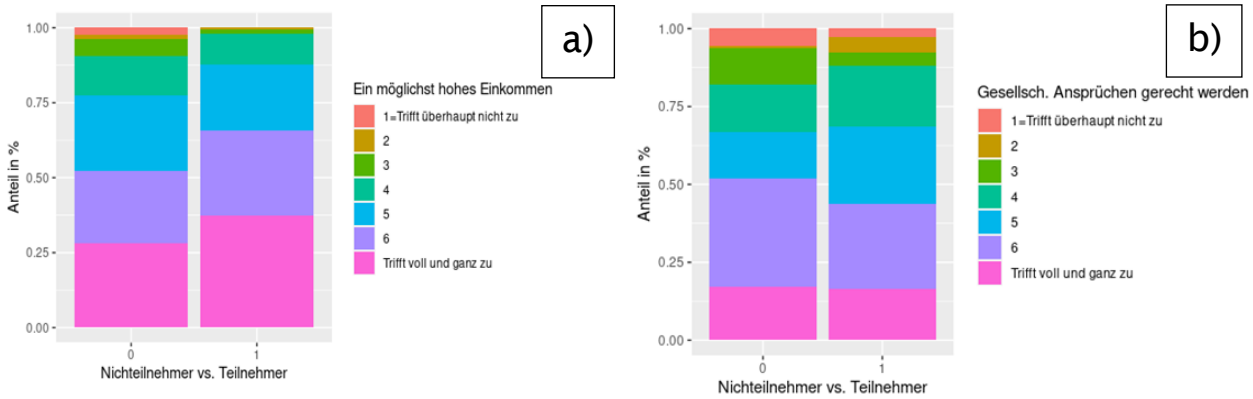


Abbildung 116 Die Diagramme zeigt die zwei auf die Produktion bezogene Werte, welche von Teilnehmern und Nichtteilnehmern deutlich unterschiedlich bewertet wurden. Die Balkendiagramme zeigen die prozentuale Verteilung der Beurteilung der bewirtschaftungsbezogenen Aspekte a) «Ein möglichst hohes Einkommen» und b) «Gesellschaftlichen Ansprüchen gerecht werden» durch Teilnehmer (Balken links) und Nichtteilnehmer (Balken rechts). Die Landwirte haben ihre Zustimmung mit der Aussage auf einer 7er-Likert-Skala angegeben. In beiden Graphiken sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.

Den Aspekt «gesellschaftlichen Ansprüchen gerecht werden» beurteilten prozentual gleich viele Teilnehmer wie Nichtteilnehmer als vollständig zutreffend respektive für sie wichtig. Die Antwortoption 6 wurde deutlich mehr von Nichtteilnehmern gewählt und war in beiden Gruppen die meistgewählte Antwort. Allerdings waren auch die Antwortoptionen 1 und 3 in der Summe von Nichtteilnehmern häufiger gewählt worden als von Teilnehmern, welche öfter mit Option 4 oder 5 geantwortet haben. Die Teilnehmer wählten also häufiger eine Option aus dem Mittelfeld – neutral, leicht zu- oder nicht-zustimmend – und Nichtteilnehmer häufiger die extremeren Optionen. Dieser Aspekt scheint also kein einheitlich wirkender Faktor zu sein.

13.3.4.4 Welche *Aspekte sind ihnen im Pflanzenschutz auf dem Betrieb wichtig?*

Mit einem Set von zu beurteilenden Aussagen, zu verschieden Aspekten, welche einem beim Pflanzenschutz auf dem Betrieb wichtig sind, wollten wir untersuchen, welche von diesen von Teilnehmern und Nichtteilnehmern klar unterschiedlich bewertet werden.

Von den ursprünglich 9 untersuchten Aspekten (Fragebogennummer 1.6) zeigten sich bei drei Aspekten deutliche Unterschiede zwischen Teilnehmern und Nichtteilnehmern.

Die am häufigsten gewählte Antwortoption in der Gruppe der Teilnehmer auf die Aussage «Pflanzenschutz muss kosteneffizient sein», war die 7. Die Teilnehmer wählten am häufigsten die 4. Beide erreichten einen Median von 5 (vergl. Abbildung 117a). Noch stärker sind die Unterschiede bei der Aussage «Für mich muss Pflanzenschutz, ohne besonders großen Arbeitsaufwand zu leisten sein». Auch hier waren die Nichtteilnehmer durchschnittlich deutlich mehr einverstanden mit der Aussage. Der Median lag bei 6, der Modus bei 7. Bei den Teilnehmern hingegen lagen Median und Modus bei 5.

Ein ebenfalls deutlicher Unterschied zwischen den Gruppen kann man beim folgenden Aspekt erkennen: «Ich setze Innovationen, die der Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes dienen, oft als Erste/r in der Region um». Dieser scheint allerdings für die Teilnehmer wichtiger zu sein. Median und Modus liegen dort bei 4, für die Gruppe der Nichtteilnehmer bei 3 und 2.

Für die sechs restlichen Aspekte, welche in der Umfrage erhoben wurden, konnten keine solche deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen gezeigt werden.

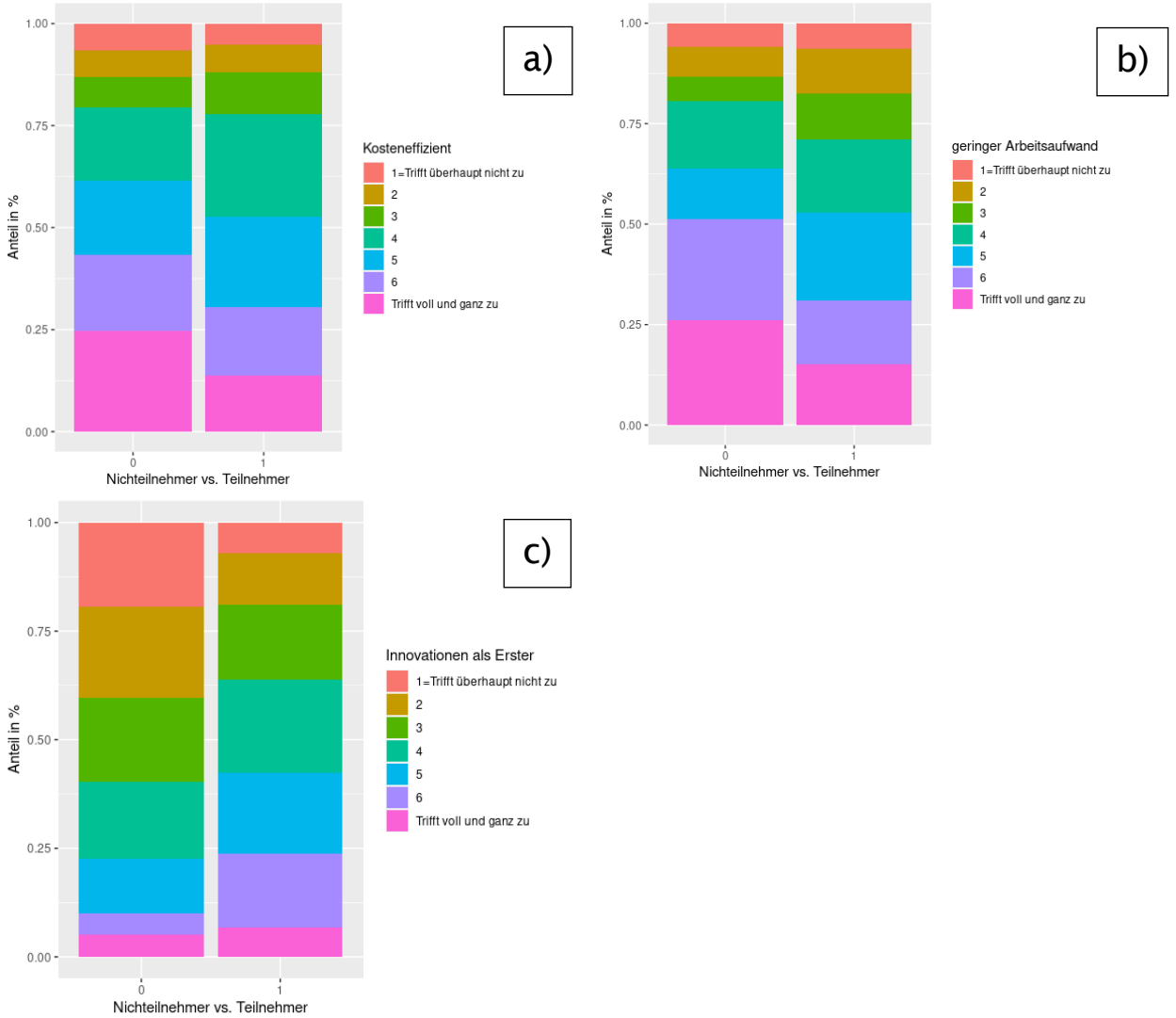


Abbildung 117 Die Diagramme zeigen die Auswertungen für diejenigen in Bezug auf den betrieblichen Pflanzenschutz erfragten Aspekte, welche von Teilnehmern und Nichtteilnehmern deutlich unterschiedlich bewertet wurden. Die Landwirte haben ihre Zustimmung mit der Aussage auf einer 7er-Likert-Skala angegeben. In allen drei Graphiken sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben. Graphik a) zeigt die Auswertung für den Aspekt «Pflanzenschutz muss kosteneffizient sein», b) für «Für mich muss Pflanzenschutz ohne besonders großen Arbeitsaufwand zu leisten sein» und c) «Ich setze Innovationen, die der Reduktion des Pflanzen-

schutzmitteleinsatzes dienen, oft als Erste/r in der Region um». Die Landwirte haben ihre Zustimmung mit der Aussage auf einer 7er-Likert-Skala angegeben. In allen drei Graphiken sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.

13.3.4.5 Hauptaufgaben eines Landwirts/der Landwirtschaft

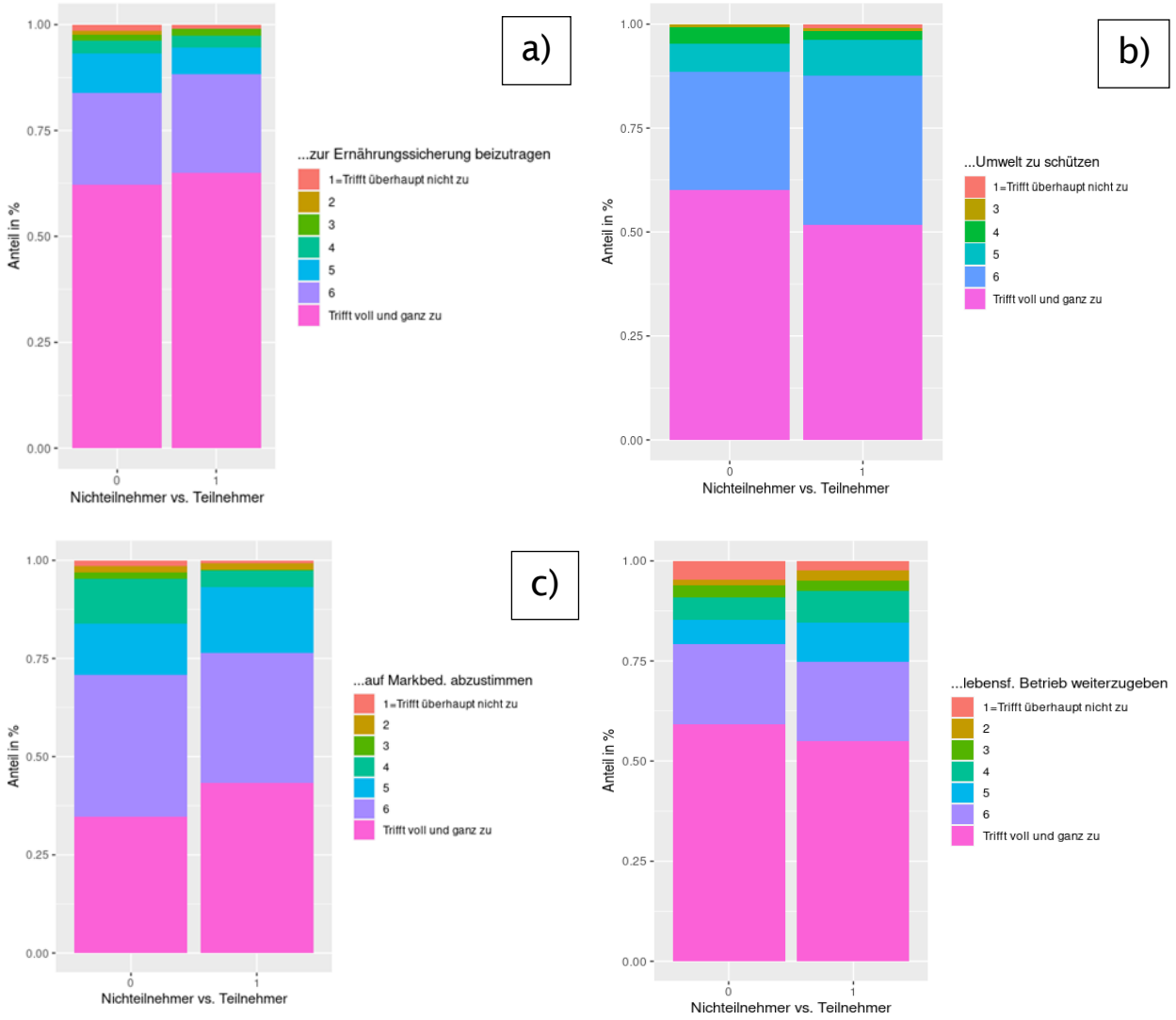


Abbildung 118 Die Diagramme zeigen die prozentuale Verteilung der Antworten von Teilnehmern (Balken links) und Nichteilnehmern (Balken rechts) auf die 7 Antwortmöglichkeiten auf die Frage, wie zutreffend oder wichtig vier formulierte Aufgaben eines Landwirts zu bewerten seien. Die Diagramme zeigen die Resultate für die Aussagen «Meine Aufgabe als Landwirt ist es… a) …zur Ernährungssicherheit beizutragen b) …die Umwelt zu erhalten und zu schützen, c) … meine Produktion auf die Marktbedürfnisse abzustimmen und d) …einen lebensfähigen Betrieb an die nächste Generation zu übergeben. Die Landwirte haben ihre Zustimmung mit der Aussage auf einer 7er-Likert-Skala angegeben. In beiden Graphiken sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.

Mit der Beurteilung der Wichtigkeit der vier Hauptaufgaben der Landwirtschaft sollte herausgefunden werden, ob es diesbezüglich grosse Unterschiede zwischen Teilnehmern und Nichtteilnehmern gibt. Die prozentuale Verteilung der Antworten zeigte bei beiden Gruppen und über alle «vier Hauptaufgaben» (Teilnehmern und Nichtteilnehmern) sehr ähnliche Muster.

Die Aufgabe «zur Ernährungssicherheit beitragen» wurde allgemein als sehr wichtig beurteilt. Sowohl in der Gruppe der Teilnehmer als auch in derjenigen der Nichtteilnehmer hatten mehr als 60 Prozent der Befragten die höchstmögliche Antwort, d.h. die Option «trifft vollständig zu» gewählt Die Teilnehmer am BPP scheinen diese Aufgabe als leicht wichtiger einzuschätzen als Nichtteilnehmer.

Auch die Aufgabe des Schutzes der Umwelt wurde als wichtig oder zutreffend beurteilt, allerdings nicht so wichtig wie die Ernährungssicherheit. Etwas über 50 Prozent der Teilnehmer und circa 60 Prozent der Nichtteilnehmer bewerteten die Aussage mit «trifft voll und ganz zu». Zusammen mit der zweitstärksten Zustimmungsoption machte die Zustimmung in beiden Gruppen circa 87 Prozent aus. Die vollständige Zustimmung wurde von Nichtteilnehmern öfter gewählt als von Nichtteilnehmern.

Die Frage nach der Wichtigkeit einer Marktorientierung fand unter den Teilnehmern grössere Zustimmung. Die meisten Teilnehmer stimmten der Aussage vollständig zu, gefolgt von der nächsttieferen Option auf der Skala. Bei den Nichtteilnehmern war die «Option 6» auf der Skala die meistgewählte Antwort, gefolgt von der Option völliger Zustimmung. Die Aussage wird von Teilnehmern als wichtiger/zutreffender beurteilt als von Nichtteilnehmern, wobei beide Gruppen sie über alles gesehen als sehr zutreffend bewerteten.

Die Aufgabe «einen lebensfähigen Betrieb weiterzugeben» wurde von beiden Gruppen sehr ähnlich beantwortet, wobei die Teilnehmer etwas öfter die leicht zustimmende Antwortoption 5 und etwas weniger oft die 7 wählten, im Vergleich zu den Nichtteilnehmern. Modus lag für beide Gruppen bei 7 und diese Option machte in beiden Gruppen mehr als 50% der Aussagen aus (Auch der Median lag bei 7). Diese Aufgabe wird also generell als sehr wichtig eingestuft, wobei Nichtteilnehmer sie noch wichtiger beurteilen als Teilnehmer.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass entgegen der Erwartung die Wichtigkeit des Schutzes der Umwelt als eine Funktion der Landwirtschaft von Nichtteilnehmern stärker gewichtet wurde als von Teilnehmern. Ebenfalls erstaunlich ist die wenn auch nur leicht stärkere Betonung der Wichtigkeit der Aufgabe zur Ernährungssicherheit beizutragen und die Produktion auf Marktbedingungen auszurichten bei den Teilnehmern.

13.3.4.6 Beurteilung der aktuellen Agrarpolitik

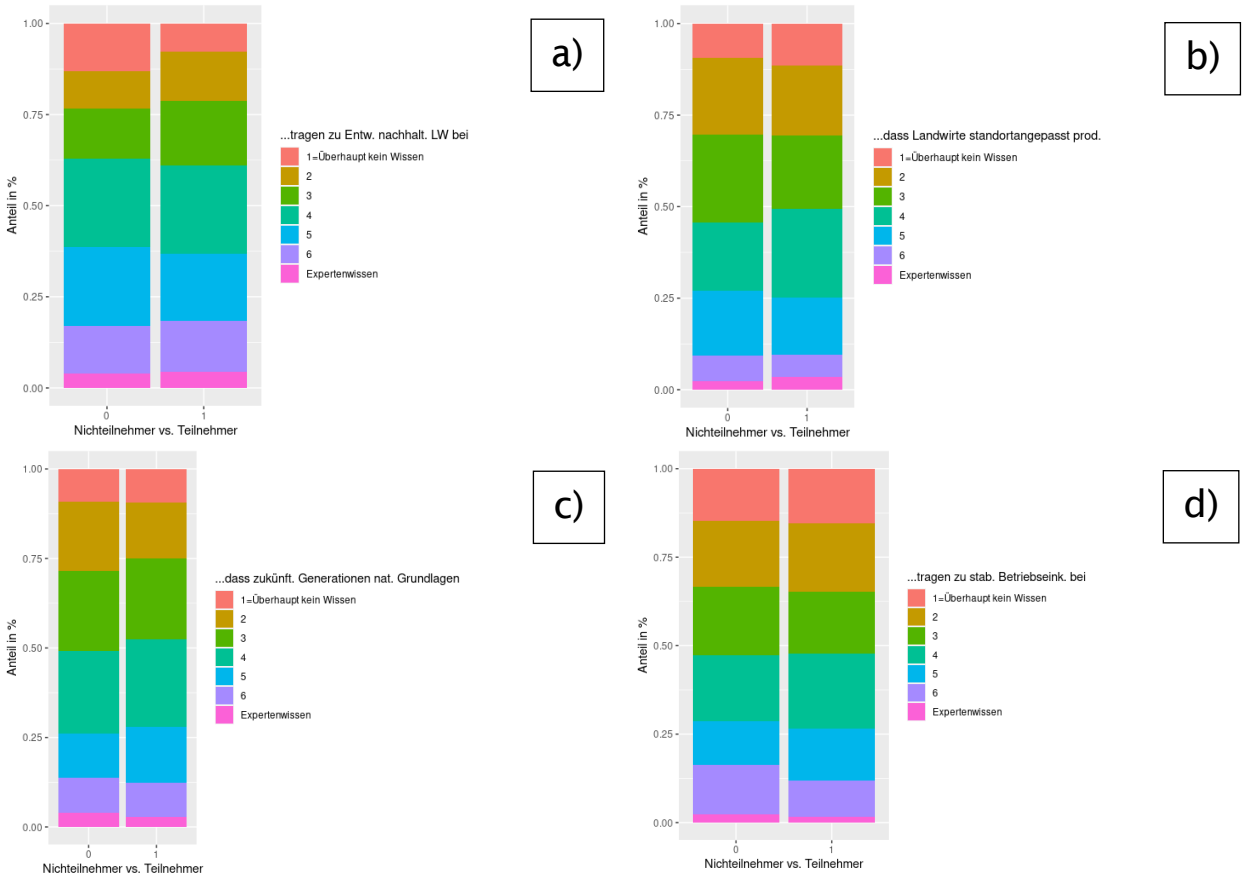


Abbildung 119 Die Diagramme zeigten wie Teilnehmer und Nichtteilnehmer 4 verschiedene Aussagen über die Auswirkungen der aktuellen Agrarpolitik beurteilen. Die Aussagen lauten: Die Massnahmen der Agrarpolitik a) tragen zur Entwicklung einer nachhaltigeren Landwirtschaft bei b) unterstützen die Landwirtinnen und Landwirte darin, standortangepasst zu produzieren c) sorgen dafür, dass auch zukünftigen Generationen die natürlichen Grundlagen für landwirtschaftliche Produktion erhalten bleiben d) tragen zu einem stabilen Betriebseinkommen bei. In beiden Graphiken sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.

Die vier Graphiken (Abbildung 119) zeigen, dass es bei der Beurteilung der Agrarpolitik zwischen Teilnehmern und Nichtteilnehmern keine grossen Differenzen gibt. Die Aussage, dass die Agrarpolitik zum Schutz der natürlichen Grundlagen für künftige Generationen beitrage, wird von den Nichtteilnehmern als etwas weniger zutreffend empfunden. Bei beiden Statements b), d) machen die tieferen Antwortstufen «1» bis «3» zusammen jeweils 50 Prozent der Antworten aus, und auch bei c), zumindest für die Nichteilnehmer, werden damit 50 Prozent erreicht. Die «positiven» drei Optionen machen zusammen in beiden Gruppen jeweils knapp etwas über 25 Prozent aus.

13.3.4.7 Einschätzung der Anerkennung durch Konsumenten und Bevölkerung

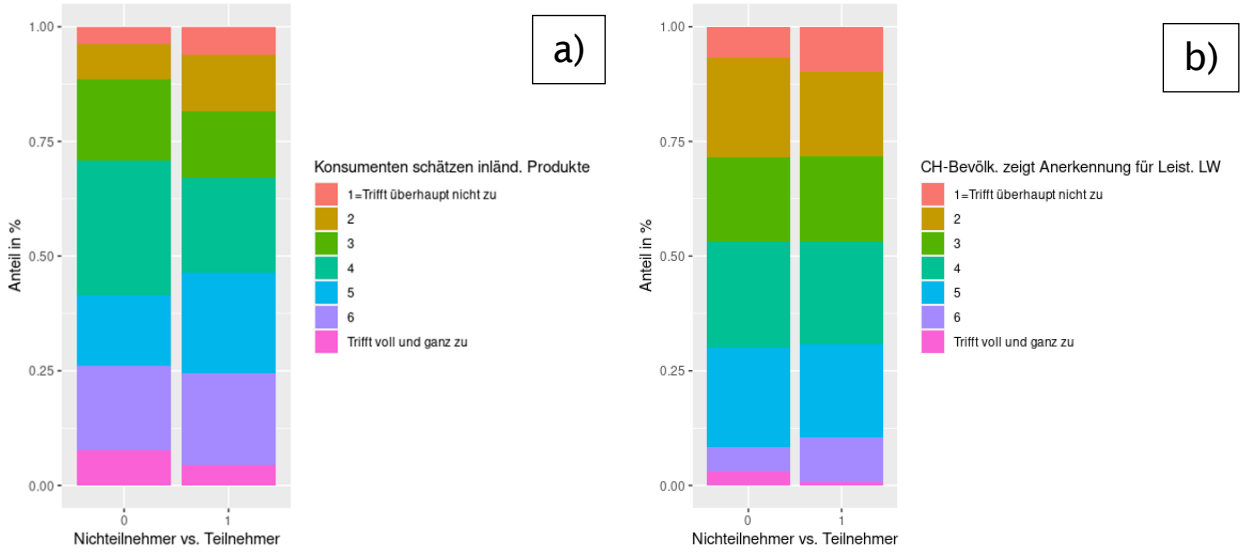


Abbildung 120 die Balkendiagramme zeigen wie Teilnehmer und Nichtteilnehmer beurteilen, wie verschiedene Aussagen über die Auswirkungen der aktuellen Agrarpolitik beurteilen. Die Aussagen lauten: Die Massnahmen der Agrarpolitik a) tragen zur Entwicklung einer nachhaltigeren Landwirtschaft bei b) unterstützen die Landwirtinnen und Landwirte darin, standortangepasst zu produzieren c) sorgen dafür, dass auch zukünftigen Generationen die natürlichen Grundlagen für landwirtschaftliche Produktion erhalten bleiben d) tragen zu einem stabilen Betriebseinkommen bei. In beiden Graphiken sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.

Bei der Beurteilung der Wertschätzung der inländischen Produkte von Seiten der Konsumenten war die meist gewählte Antwort in der Gruppe der Nichtteilnehmer die neutrale 4. Bei den Nichtteilnehmern hingegen lag der Modus bei 6. Für beide gleich betrug der Median 4. Die Antwortoptionen 1, 2 sowie 5 und 6 und damit eine gewisse Polarisierung war bei den Teilnehmern leicht stärker vorhanden als bei den Nichtteilnehmern. Die vollständige Zustimmung war aber häufiger unter Nichtteilnehmern. Einen eindeutigen Trend auf die Teilnahme oder Nichtteilnehmer lässt sich aber nicht ableiten.

Die zweite Aussage wurde von den beiden Gruppen mit einem noch ähnlicheren Verteilungsmuster beantwortet. Fast die Hälfte der Landwirte aus beiden Gruppen waren mit der Aussage «Die Schweizer Bevölkerung zeigt Anerkennung für die Leistungen der Landwirtschaft» überhaupt nicht bis wenig einverstanden. Etwas mehr als 20 Prozent haben sich neutral geäussert und auch die Option 5 wurde in beiden Gruppen von ungefähr 20 Prozent der Befragten gewählt. Die Option 1 wurde etwas stärker, die Option 2 etwas weniger oft von Teilnehmern gewählt. Auch wählten Teilnehmer prozentual häufiger die Option 6, dafür viel weniger häufig die Option 7. Die Übereinstimmung mit der Aussage unterschied sich also zwischen den Gruppen minim und wurde von den Nichtteilnehmern nur leicht positiver beurteilt. Median und Modus lagen für beide Gruppen im neutralen Bereich (Median =4).

13.3.4.8 Selbsteinschätzung Fachwissen in verschiedenen Bereichen

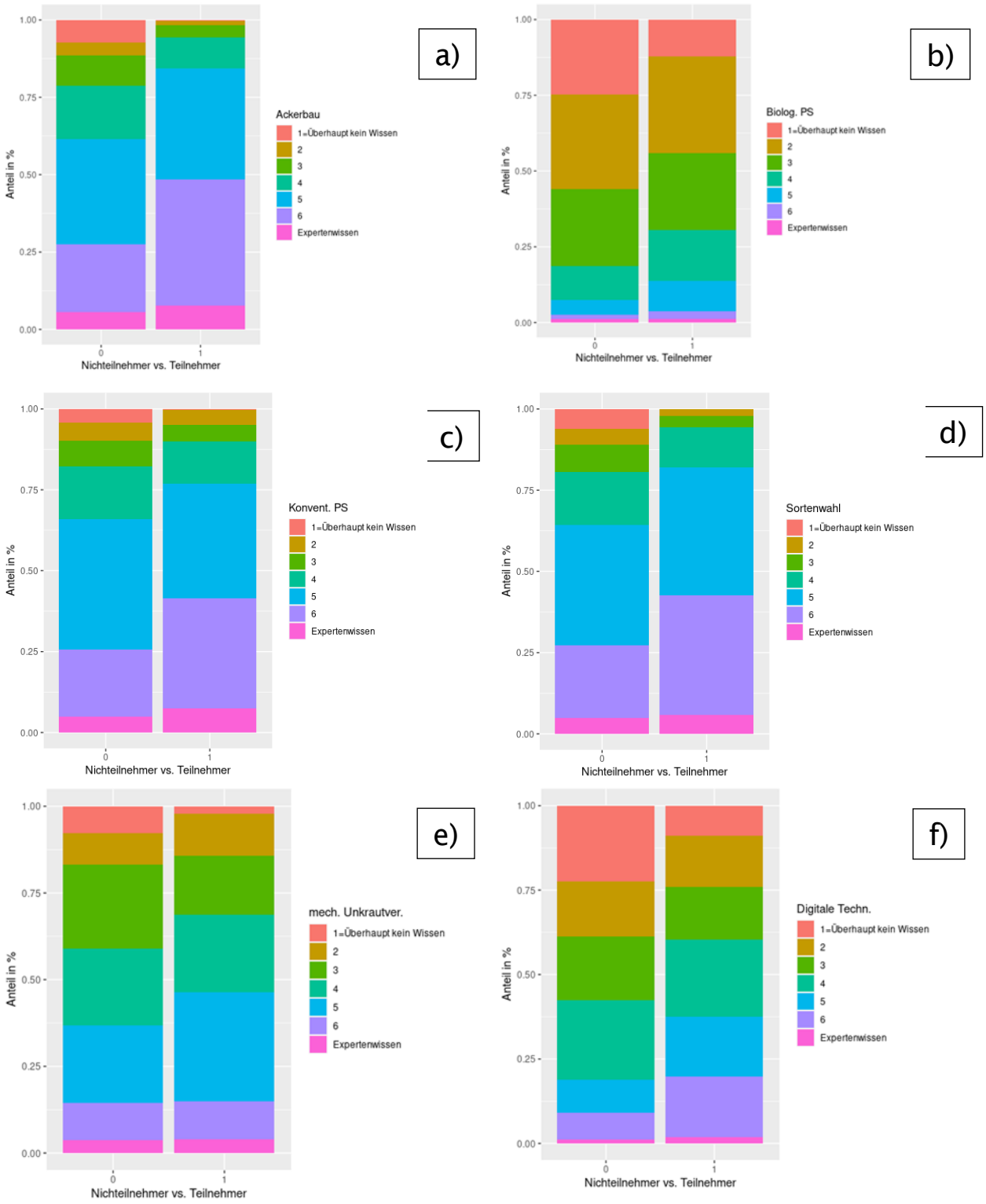


Abbildung 121 Die Balkendiagramme zeigen wie Teilnehmer (rechter Balken) und Nichtteilnehmer (linker Balken) ihr eigenes Fachwissen in verschiedenen für den Pflanzenschutz relevanten Bereichen beurteilen. Sie gaben dabei ihre Selbsteinschätzung mittels einer Angabe auf einer 7er-Skala an, welche von «1 = überhaupt kein Wissen» bis «7 = Expertenwissen» reichte. Die abgefragten Wissensbereiche waren a) «Ackerbau», b) «biologischer Pflanzenschutz», c) «konventioneller Pflanzenschutz», d) «Sortenwahl», e) «mechanische Unkrautbekämpfung», f) «digitale Technologien». In allen Diagrammen sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.

Mit dem Fragekonstrukt zum selbst-eingeschätzten Fachwissen, sollte erhoben werden, wie sich Teilnehmer und Nichtteilnehmer am BPP ihr Fachwissen in verschiedenen Wissensbereichen einschätzen. Sie wurden dazu aufgefordert, ihre Selbsteinschätzung mit einer Bewertung auf einer Skala von «1 = überhaupt kein Wissen» bis «7 = Expertenwissen» anzugeben.

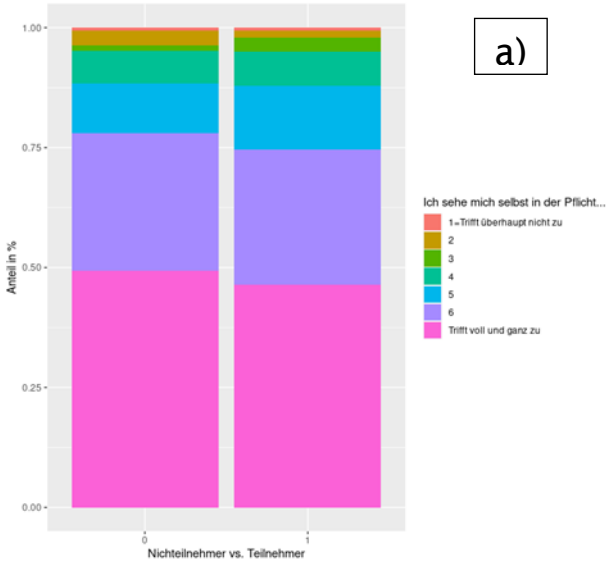
Für alle abgefragten Wissensbereiche war die Häufigkeit der tieferen Antwortoptionen bei den Nichtteilnehmern höher als bei den Teilnehmern. Dies erklärt auch, weshalb Nichtteilnehmer für ihre Entscheidungen im Pflanzenschutz häufiger externe Informationsquellen heranziehen.

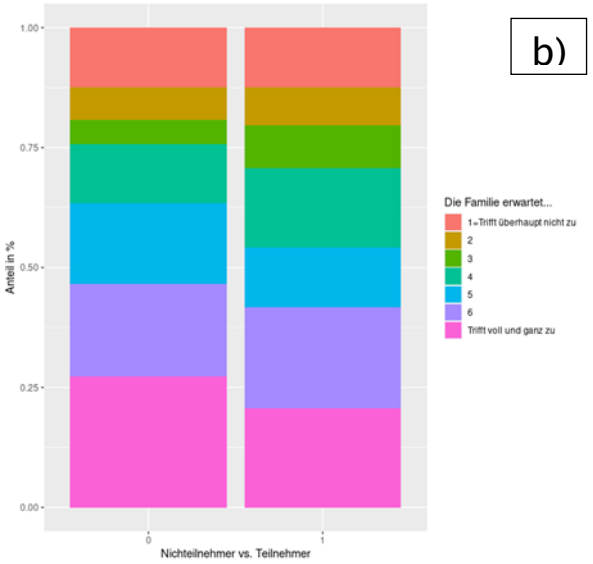
Im Wissensbereich «Ackerbau» gaben prozentual sehr viel mehr Teilnehmer die zweithöchste Option auf der Skala an, welches auch die meist gewählte Antwort war (Modus Teilnehmer = 6). Nichtteilnehmer wählten am häufigsten die Antwort 5 (Modus Nichtteilnehmer = 5) Der Median lag für beide Gruppen bei 5. Eine ähnliche Verteilung der Antworthäufigkeiten gab es für den Wissensbereich «Konventioneller Pflanzenschutz». Auch für den Wissensbereich «Sortenwahl» zeigten die Auswertungen ähnliche Tendenzen. Allerdings lagen für diesen Bereich für beide Gruppen sowohl der Median als auch der Modus bei 5. Bei der Beurteilung ihres Wissens im Bereich «Biologischer Pflanzenschutz» gaben mehr als 75 Prozent der Nichtteilnehmer und circa 70 Prozent der Teilnehmer an, überhaupt kein oder wenig solches Wissen zu besitzen. Es sei hier angemerkt, dass in den beiden Gruppen keine biologisch produzierenden Landwirte enthalten waren, da diese explizit vor der Analyse der Daten herausgefiltert wurden. Aber biologische Mittel können auch im konventionellen Anbau eingesetzt werden. Teilnehmer am BPP geben trotzdem an, sich besser auszukennen. Der Median liegt in dieser Gruppe bei 3 statt wie bei den Nichtteilnehmern bei 2. In beiden Gruppen war 2 die meistgewählte Antwort.

Im Diagramm e) kann man sehen, dass die Teilnehmer ihr Wissen im Bereich «Mechanische Unkrautbekämpfung» durchschnittlich als leicht höher einstufen als die Nichteilnehmer. Die Antwortoption «5» wurde deutlich öfter gewählt und ist auch Modus für die Gruppe. Dafür wählten sie deutlich weniger die «1» und de «3». Der Modus der Teilnehmer liegt bei «3». Auch im Bereich «Digitale Technologien» fanden sich deutliche Unterschiede. Teilnehmer schätzten auch hier ihr Fachwissen deutlich höher ein. Der Modus lag für die Teilnehmer bei 4, für die Nichtteilnehmer bei 1.

In den Bereich «Ackerbau», «Konventioneller Pflanzenschutz» und «Sortenwahl» schätzten sich beiden Gruppen wissender ein als in den anderen.

13.3.4.9 Praxisspezifische soziale Normen – Wer erwartet eine Reduktion von Pflanzenschutzmitteln?





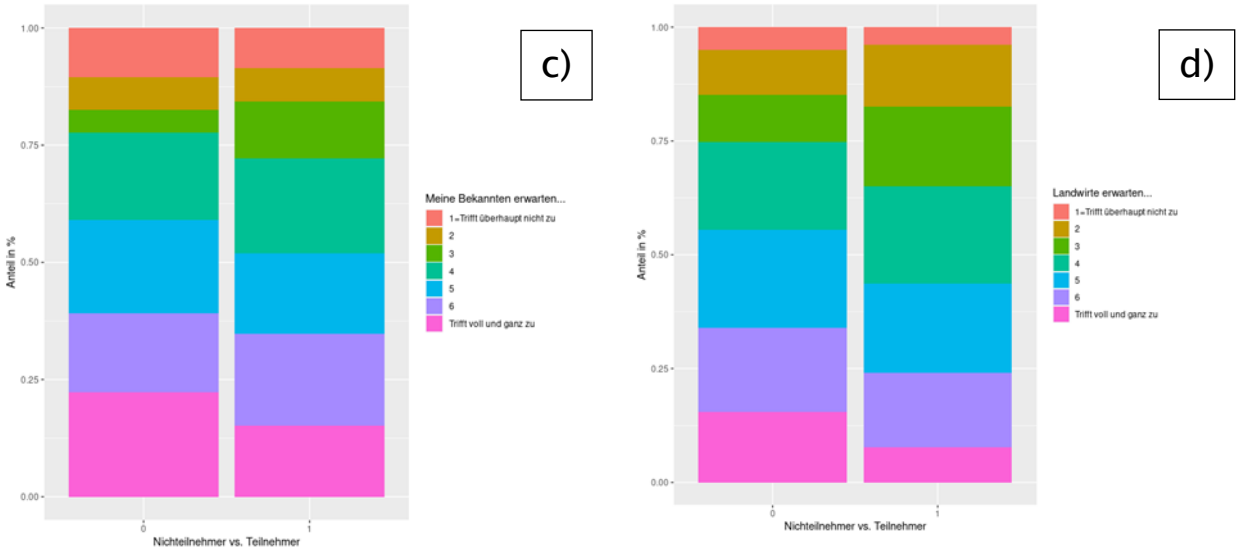


Abbildung 122 Die Graphiktabelle zeigt die 4 Balkendiagramme für folgende praxisspezifischen sozialen Normen: a) persönliche Norm b) injunktive Norm (Familie), c) injunktive Norm (Bekannte), d) deskriptive Norm (andere Landwirte). Die Landwirte haben ihre Zustimmung mit der Aussage auf einer 7er-Likert-Skala angegeben. In allen Diagrammen sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.

Mit der Erhebung von praxisspezifischen sozialen Normen wurde erhoben, durch wen und wie stark die Landwirte sich in der Pflicht sehen, eine Reduktion beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu erzielen. Sehr klein waren die Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung der Antwortoptionen zwischen Teilnehmern und Nichtteilnehmern bei der Aussage, dass sich die Landwirte selbst in der Pflicht sehen, den Einsatz zu reduzieren. Mehr als 75 Prozent der Landwirte in beiden Gruppen haben eine der am stärksten zustimmenden Optionen gewählt. Die meist gewählte Antwort war in beiden Gruppen die Antwort 7 «Trifft voll und ganz zu».

In Bezug auf die «Erwartung von Seiten der Bekannten» sieht man auch, dass Teilnehmer den Druck etwas schwächer einschätzen als Nichtteilnehmer. Ebenso verhält es sich in Bezug auf die Einschätzung der Erwartungen von Seiten der Familie. Die Erwartungshaltung anderer Landwirte wird von Teilnehmern prozentual auch weniger stark wahrgenommen als von Nichtteilnehmern, welche der Aussage öfter zustimmen. Median und Modus sind bei beiden Gruppen verschieden.

Ein ähnliches Muster kann man zudem für die deskriptive Norm (Abbildung 122c), sprich die Landwirte in der Umgebung, erkennen. Sie scheint aber leicht weniger stark wahrgenommen zu werden als die beiden injunktiven Normen der Familie (Abbildung 122b) und der Bekannten (Abbildung 122c).

13.3.4.10 Wie wichtig wird eine Produktion ohne Pflanzenschutzmittel für die Zukunft und weshalb?

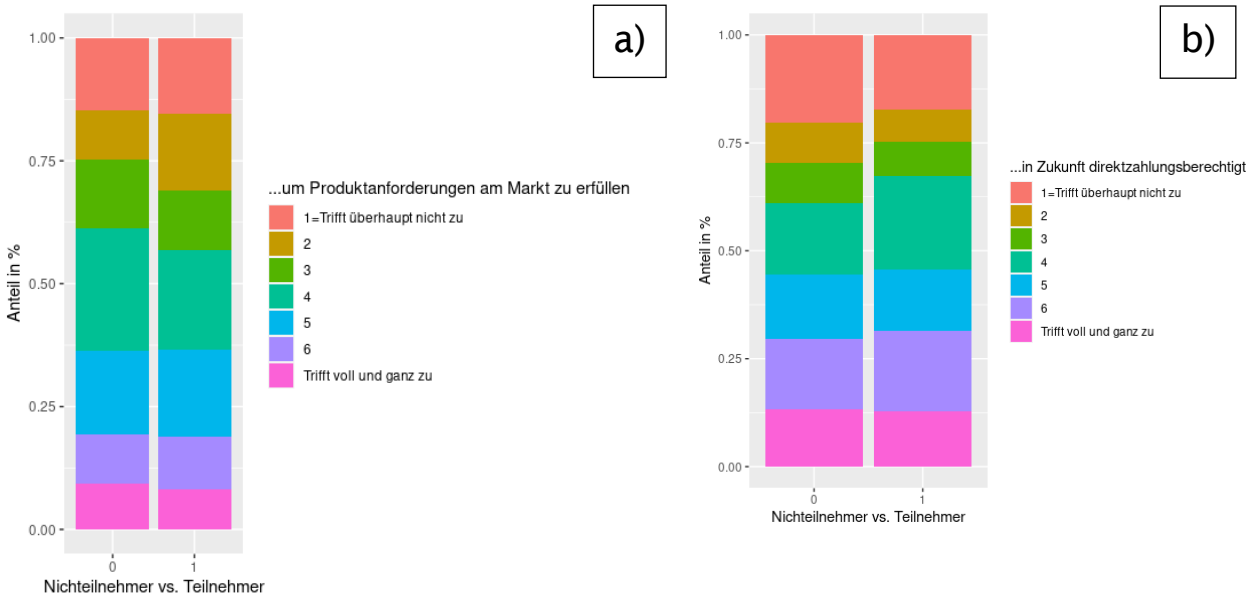


Abbildung 123 Die beiden Balkendiagramme zeigen die Beurteilung von Aussagen zur durch Teilnehmer (rechte Balken) und Nichtteilnehmer (linker Balken) zur Notwenigkeit einer Reduktion von Pflanzenschutzmitteln um auch in Zukunft noch a) «die Produkteanforderungen am Markt zu erfüllen» und b) «auch in Zukunft DZ-berechtigt zu sein». Die Landwirte haben ihre Zustimmung mit der Aussage auf einer 7er-Likert-Skala angegeben. In beiden Diagrammen sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.

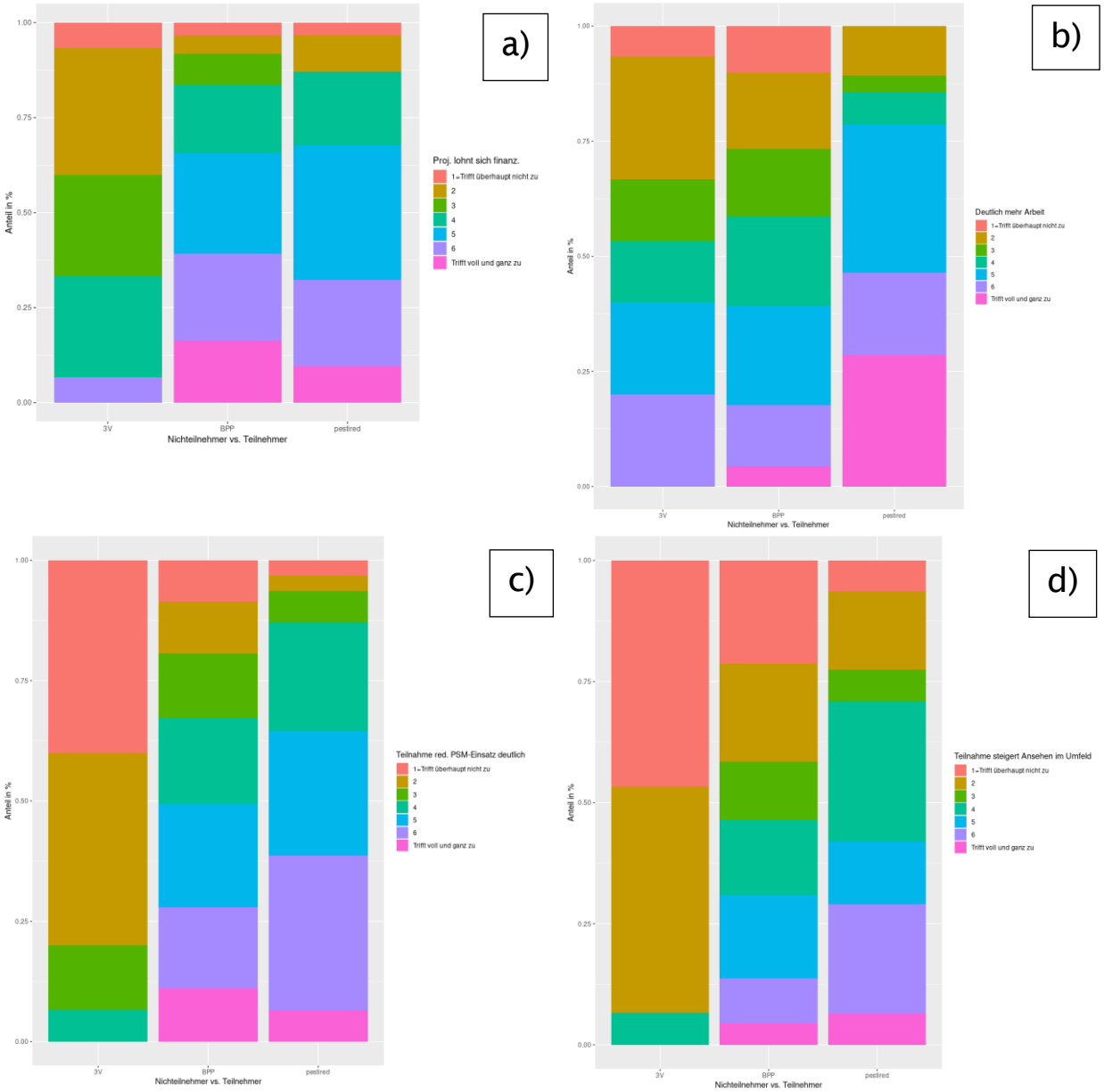
Mit den Fragen zur Beurteilung der Notwendigkeit einer Umstellung hin zu einer Bewirtschaftung ohne chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel wollten wir herausfinden, wie stark Überlegungen über zukünftige Produktanforderungen am Markt (Abbildung 123a) und zukünftige Bedingungen für den Erhalt von Direktzahlungen (Abbildung 123b) auf die Teilnahme wirken. Die Unterschiede der Verteilungen zwischen der Gruppe der Teilnehmer und der Nichtteilnehmer waren sowohl bei der Aussage a), welche die Situation am zukünftigen Markt als Begründung nimmt, als auch die Aussage b) welche es als Voraussetzung für die Direktzahlungsberechtigung in Zukunft angibt, klein.

Die Notwenigkeit einer Umstellung, um zukünftig die Anforderungen am Markt zu erfüllen wurde von den Teilnehmern nur leicht weniger zustimmend beurteilt. Die meistgewählte Antwort war in beiden Gruppen die neutrale «4».

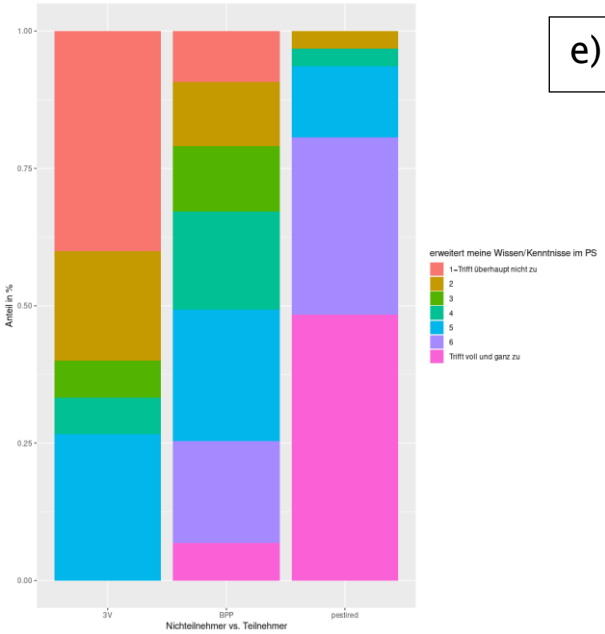
Die zweite Aussage, eine Umstellung hin zu einer Bewirtschaftung ohne chemisch-synthetische Pflanzenschutz mittel sei wichtig, um auch in Zukunft noch direktzahlungsberechtigt zu sein wurde von der Teilnehmergruppe insgesamt ganz leicht positiver oder als zutreffender beurteilt. Der Modus lag bei 4, für die Nichtteilnehmer-Gruppe aber bei 1. Der Median lag für beide Gruppen bei 4. Die Anteile, welche eher negative Antwortoptionen wählten waren in der Gruppe der Teilnehmer kleiner. Die Anteile der drei zustimmenden Optionen waren bei beiden Gruppen circa gleich gross.

Beide Gruppen empfinden Abbildung 123b zutreffender als Abbildung 123a, schätzen also den Druck von Seiten der Agrarpolitik stärker ein, als die Anforderungen am Markt.

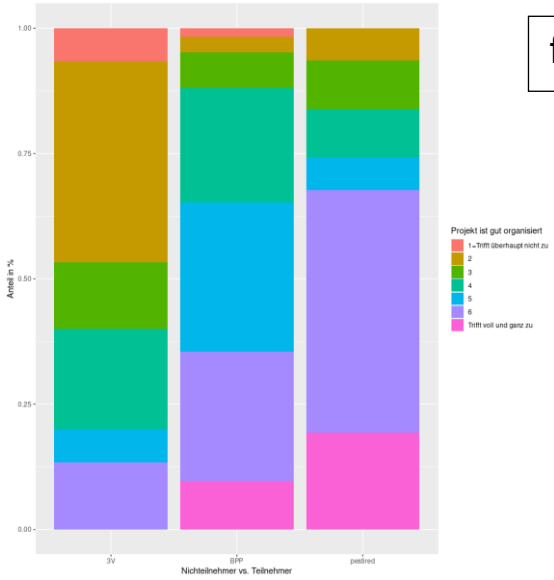
13.3.5 *Projektevaluationsfragen über 3 Projekte*



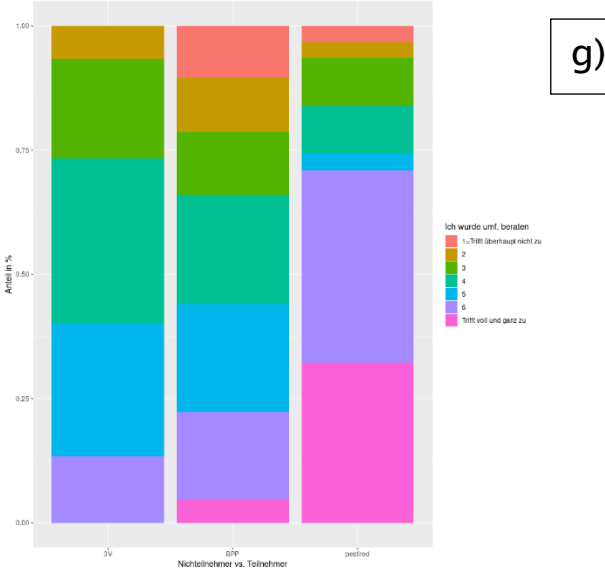
e)


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
Anteil in %
3V
BPP
pestired
Nichteilnehmer vs. Teilnehmer
erweitert meine Wissen/Kenntnisse im PS
1=Trifft überhaupt nicht zu
2
3
4
5
6
Trifft voll und ganz zu

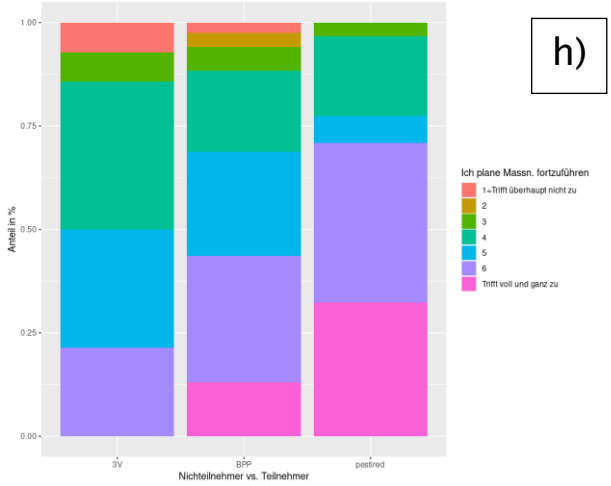
f)


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
Anteil in %
3V
BPP
pestired
Nichteilnehmer vs. Teilnehmer
Projekt ist gut organisiert
1=Trifft überhaupt nicht zu
2
3
4
5
6
Trifft voll und ganz zu

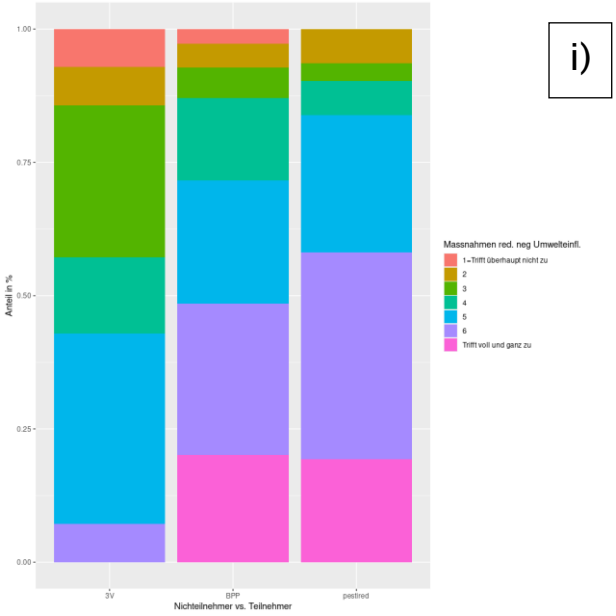
g)


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
Anteil in %
3V
BPP
pestired
Nichteilnehmer vs. Teilnehmer
Ich wurde umf. beraten
1=Trifft überhaupt nicht zu
2
3
4
5
6
Trifft voll und ganz zu

h)


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
Anteil in %
3V
BPP
pestired
Nichteilnehmer vs. Teilnehmer
Ich plane Massn. fortzuführen
1=Trifft überhaupt nicht zu
2
3
4
5
6
Trifft voll und ganz zu

i)


1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
Anteil in %
3V
BPP
pestired
Nichteilnehmer vs. Teilnehmer
Massnahmen red. neg Umwelteinfl.
1=Trifft überhaupt nicht zu
2
3
4
5
6
Trifft voll und ganz zu

j)

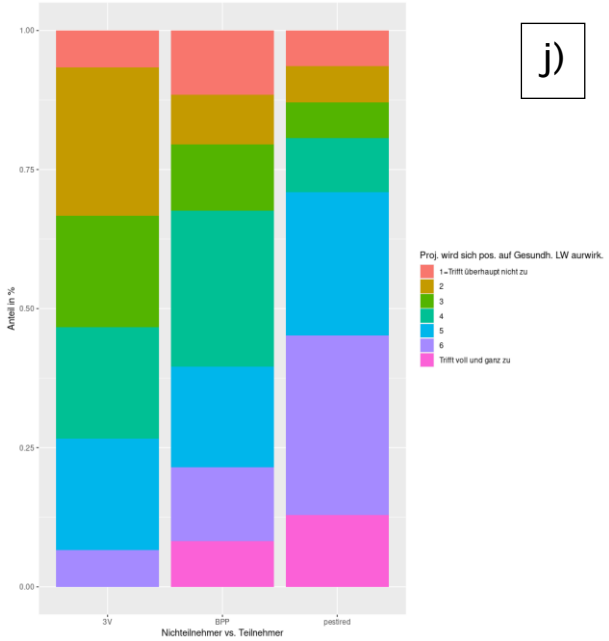

1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
Anteil in %
3V
BPP
pestired
Nichteilnehmer vs. Teilnehmer
Proj. wird sich pos. auf Gesundh. LW aurwirk.
1=Trifft überhaupt nicht zu
2
3
4
5
6
Trifft voll und ganz zu

Abbildung 124 Die Balkengraphiken a) bis j) zeigen die Auswertungen von 10 Aussagen zur Projektevaluation, welche über die drei Agrarumwelt-Projekte «3V», «BPP» und «PestiRed» erhoben worden sind. Die Balkendiagramme zeigen je Projekt, welche Antwortoption (auf einer 7er-Likert-Skala) von wie vielen Teilnehmern gewählt worden ist in Prozent. Auf der Bewertungsskala bedeutet «1» «Trifft überhaupt nicht zu», «7» «Trifft voll und ganz zu». Die zu beurteilenden Aussagen lauteten a) «Das Projekt lohnt sich für mich finanziell», b) «Durch die Teilnahme am Projekt habe ich deutlich mehr Arbeit», c)«Durch die Teilnahme am Projekt reduziert sich der Pflanzenschutzeinsatz auf meinem Betrieb deutlich», d) «Die Teilnahme am Projekt steigert mein Ansehen im meinem Umfeld», e) «Durch die Teilnahme am Projekt kann ich mein Wissen und meine Kenntnisse im Bereich Pflanzenschutz erweitern», f) «Das Projekt ist gut organisiert», g) «Ich wurde umfassend zum Projekt beraten», h) «Ich plane konkret, die Massnahmen nach dem Projektende fortzuführen», i) «Die Massnahmen im Projekt reduzieren negative Umwelteinflüsse», j) «Das Projekt wirkt sich positiv auf die Gesundheit von Landwirtinnen und Landwirten aus». In allen Diagrammen sind die Resultate in Prozenten der Anzahl Teilnehmer und Nichtteilnehmer pro Antwortoption angegeben.

Die in Abbildung 124a dargestellten Ergebnisse für die Aussage «Das Projekt lohnt sich für mich finanziell» beurteilten die Teilnehmer des BPP klar am besten (Median = 5, Modus = 5, Mittlere Balken), gefolgt von Landwirten des PestiRed-Projekts (Median = 5, Modus = 5) und des 3V (Median = 3, Modus = 2). Mehr als 62.5 Prozent wählten eine Antwortoption zwischen 5 und 7; nur etwa 15 Prozent eine Antwort zwischen 1 und 3.

Die zweite Aussage (Abbildung 124b) «Ich habe durch die anbautechnischen Auflagen deutlich mehr Arbeit» hingegen, wurde von den Teilnehmern des PestiRed-Projekts (Median = 5, Modus = 5) als zutreffender beurteilt, was durch den hohen zeitlichen Aufwand durch Workshops und Datenerhebung durch die Landwirte selbst zu erklären ist. Das BPP (Median = 4, Modus = 5) lag bei dieser Aussage im Mittelfeld. Am wenigsten stark wurde der Mehraufwand von den Landwirten des 3V-Projekts (Median = 4, Modus = 2) beurteilt. Da bis dato keine Massnahmen umgesetzt wurden, sondern lediglich Daten über die Betriebe gesammelt, ausgewertet und den Landwirten präsentiert wurde, ist das nicht erstaunlich.

Auch bei der Aussage «Durch die Teilnahme am Projekt verringert sich der Einsatz von chemischen-synthetischen Pflanzenschutzmitteln auf meinem Betrieb deutlich» sehen wir beim BPP (Median = 4, Modus = 5) (Abbildung 124c) eine relativ ausgeglichene prozentuale Verteilung der Antworten auf die verschiedenen Optionen, wobei die Antworten 4, 5 und 6 etwas öfter gewählt wurden. Die PestiRed-Landwirte (Median =5, Modus = 6) beantworteten die Aussage noch stärker zustimmend. Die Antwortoptionen 1 bis 3 machten nur circa 15 Prozent aller Antworten aus. Auch hier waren die 3V-Landwirte wieder am wenigsten einverstanden mit der Aussage (Median = 2, Modus = 2). Das 3V-Projekt ist aber, im Gegensatz zu den anderen Projekten, nicht einzig darauf fokussiert, den Pflanzenschutzmittel-Einsatz zu reduzieren, sondern die Betriebe auf verschiedenen Ebenen zu einer nachhaltigeren Produktionsweise zu führen. Ausserdem sind unter den Teilnehmern auch viele Biobetriebe und wie zuvor schon erwähnt, wurden auch noch keine Massnahmen umgesetzt. PestiRed hingegen hat sich zum Ziel gesetzt, den Einsatz um 70 Prozent zu reduzieren. Im BPP wäre es eventuell sinnvoll diese Frage in der kommenden zweiten massnahmenspezifischen Umfrage im Rahmen einer Effektivitätsbeurteilung durch die Landwirte noch einmal zu stellen. Die hier beschriebenen Resultate liessen sich dadurch im Kontext der verschiedenen Massnahmen noch besser interpretieren.

Auf die Aussage «Die Teilnahme am Projekt steigert mein Ansehen in meinem Umfeld» (Abbildung 124d) gaben mehr als 50 Prozent der BPP-Landwirte an, überhaupt nicht oder wenig zuzustimmen. Leicht über 25 Prozent wählten eine der Antworten 5,6 oder 7. Der Median lag bei 3, was bedeutet, dass die nichtzustimmenden Antwortoptionen proportional überwogen. Die am häufigsten gewählte Antwort war 1. Die PestiRed-Landwirte waren deutlich mehr mit der Aussage einverstanden. Die am häufigsten abgegebene Antwort war die 4 und die zustimmenden Optionen lagen zusammen bei circa 30 Prozent. Auch der Median lag im Bereich 4. Die Teilnehmer am 3V-Projekt wählten je zu circa 46 Prozent der Fälle die Option 1 und 2, in circa 5 Prozent die Option 3 und waren somit überwiegend nicht mit der Aussage einverstanden.

Die Aussage Abbildung 124e «Durch die Teilnahme am Projekt kann ich mein Wissen und meine Kenntnisse im Bereich Pflanzenschutz erweitern» wurde von den BPP-Teilnehmern in fast 50 Prozent der Fälle mit den Optionen 5, 6 oder 7 und somit eher positiv beantwortet. Die am häufigsten abgegebene Antwort war die 5. Die PestiRed-Landwirte waren sehr stark einverstanden mit der Aussage.

Die Optionen 6 und 7 machten zusammen um die 80 Prozent aus. Dies mag mit den Projekt-internen Workshops zusammenhängen, wo die Landwirte Dinge wie Unkrautbonitierung lernen oder auf einem Betrieb die Tücken der mechanischen Unkrautbekämpfung besprechen. Auch bei der Frage zum Erkenntnisgewinn durch die Teilnahme am Projekt schneidet das 3V schlechter als das BPP ab.

Die Aussage «Das Projekt ist gut organisiert» (Abbildung 124f) erreichte sehr wenig Zustimmung von den 3V-Teilnehmern (Anteile Optionen 1,2 und 3 > 60 Prozent). Das BPP lag wieder im Mittelfeld mit einer positiven Bilanz von mehr als 60 Prozent Zustimmung und extrem wenig negativen Stimmen. Das PestiRed übertraf zwar in Anteilen an sehr positiven Stimmen, hatte aber auch mehr nichtzustimmende als das BPP.

Die Aussage «Ich wurde umfassend zum Projekt beraten» (Abbildung 124g) wurde im BPP mit mittelmässiger Zustimmung beurteilt. Der Median lag bei 4, der Modus bei 5. Für das PestiRed hingegen, lagen diese Werte beide bei 6. Das 3V war ähnlich zufrieden mit der Beratung wie das BPP. Die teilnehmenden Landwirte äusserten aber nie mit «trifft völlig zu» und «trifft überhaupt nicht zu».

Abbildung 124h zeigt die Auswertungen der indirekten Frage danach, ob die Landwirte die Massnahmen nach Projektende weiterzuführen planen. Im BPP sind sich viele sehr sicher, dass sie das tun werden. Der Modus liegt bei 6 und die Antworten 5, 6 und 7 machen zusammen gegen 70 Prozent der Antworten aus. Die PestiRed-Landwirte sind sich noch sicherer. Median und Modus liegen beide bei 7, und die kumulierten Anteile von 5,6, und 7 liegen bei über 75 Prozent. Die «negativen» Optionen 1 und 2 wurden nicht gewählt. Im 3V war die häufigste Antwort neutral und 5 und 6 machten knapp 50 Prozent der Anteile aus.

Die Aussage «Die Massnahmen im Projekt reduzieren negative Umwelteinflüsse» (Abbildung 124i) wurde trotz verschiedenen Median- und Moduswerten von den BPP-Landwirten und denen des PestiRed sehr ähnlich beurteilt. Beide zeigten damit eine sehr hohe Übereinstimmung. Im 3V war sie deutlich schwächer. Der Modus lag bei 5 und machte knapp 50 Prozent aus.

Die Beurteilung der Aussage «Das Projekt wirkt sich positiv auf die Gesundheit von Landwirtinnen und Landwirten aus» zeigte stärkste Übereinstimmung innerhalb des PestiRed-Projekts mit einem Modus von 6 und einem Median von 5, gefolgt vom BPP mit einer sehr symmetrischen, einheitlichen Verteilung auf die peripheren Optionen rund um den Median und Modus 4. Durchschnittlich am wenigsten einverstanden war 3V mit einen Median von 3 und einem Modus von 2.

13.4 **Folgerungen und Ausblick**

13.4.1 *Folgerungen*

13.4.1.1 Die Teilnehmer

Soziodemographisch unterscheiden sich Teilnehmer von Nichtteilnehmern dadurch, dass sie durchschnittlich etwas jünger sind. Vor allem Landwirte im Alter von 30-39 Jahren sind deutlich stärker vertreten. Ausserdem sind sie häufiger Landwirte EFZ aus Zweitausbildung, Meisterlandwirte, oder haben einen akademischen Abschluss. Sie haben durchschnittlich auch weniger Kinder, was eventuell durch den tieferen Altersdurchschnitt zu erklären ist. Sie erwirtschaften ein durchschnittlich höheres Gesamteinkommen, welches sich jedoch nicht durch ein mehr an Direktzahlungen erklären lässt. Auch führen sie den Betriebt häufiger im Haupterwerb und sind etwas öfter Mitglied einer Betriebsgemeinschaft. Teilnehmer geben ausserdem an im Allgemeinen, aber auch spezifisch in Bezug auf Änderungen in der Produktion und gegenüber neuartigen Pflanzenschutzmassnahmen risikobereiter zu sein. Auch schätzen sie ihr Fachwissen in den meisten abgefragten Bereichen wie Ackerbau, Konventioneller Pflanzenschutz, Sortenwahl, aber auch biologischer Pflanzenschutz, mechanische Unkrautbekämpfung und digitale Technologien als deutlich höher ein. Am meisten Wissen haben sie dabei nach eigener Einschätzung im konventionellen Pflanzenschutz und der Sortenwahl.

Die Auswertungen dazu, welche Aspekte den Landwirten in der landwirtschaftlichen Produktion/der landwirtschaftlichen Tätigkeit wichtig sind, zeigen, dass für Teilnehmer ein möglichst hohes Einkommen zu generieren, deutlich wichtiger ist.

13.4.1.2 Nichtteilnehmer

Nichteilnehmer dagegen sind im Durschnitt etwas älter als die Gruppe der Teilnehmer. Mehr als 50 Prozent sind zwischen 50 und 59 Jahre alt. Zudem haben mehr als 50 Prozent einen Landwirt EFZ-Abschluss, und es gibt mehr Landwirte ohne Ausbildung aber auch mehr Landwirte mit Agro-Techniker-Diplom. Eventuell bedingt durch ihr durchschnittlich höheres Alter haben sie mehr Kinder.

Injunktive und deskriptive Normen scheinen von ihnen beim Thema Pflanzenschutzmittelreduktion generell etwas stärker wahrgenommen zu werden. Besonders die injunktive Norm durch die Familie, aber auch die deskriptive Norm durch andere Landwirte im Umfeld sind nach Einschätzung der Nichtteilnehmer deutlich stärker vorhanden. Diese Ergebnisse sind eher unerwartet, da man bei einem stärkeren Vorhandensein der Norm eine Verhaltensänderung erwarten würde. Diese kann jedoch auch ausserhalb eines Projekts realisiert werden.

Unerwartet sind auch die Resultate zum Informationsverhalten in Pflanzenschutz. Nichtteilnehmer gaben im Durchschnitt öfter an, vor Entscheidungen im Pflanzenschutz selbstständig im Internet zu recherchieren, Warndienste zu nutzen und Forschungs- und Beratungszentren für Informationen zu konsultieren. Sie gaben aber auch deutlich häufiger an den Rat von Verkaufsberatern zu suchen.

Bei der Anwendung von Pflanzenschutz sind ihnen zwei Aspekte deutlich wichtiger: Kosteneffizienz und ein geringer Arbeitsaufwand. Befürchtungen bezüglich erhöhter Kosten und einem gesteigerten Arbeitsaufwand scheinen beim Entscheid, am Projekt mitzumachen, eine mögliche Rolle zu spielen. (Graphiken sind noch nicht in Resultatteil eingefügt).

13.4.1.3 Wo unterscheiden sich die Antworten der Teilnehmer von jenen der Nichtteilnehmer nur wenig?

Fast gleich verteilt und sehr ausgeprägt war in beiden Gruppen die Dominanz der persönlichen Norm. Das heisst, fast alle Umfrageteilnehmer gaben an, sich selbst verpflichtet zu fühlen den Pflanzenschutzeinsatz auf ein Minimum zu reduzieren.

Relativ stark einig waren sich beide Gruppen auch darüber, dass es eine Hauptaufgabe des Landwirts ist, zur Ernährungssicherheit beizutragen und die Umwelt zu schützen. Auch die Wahrnehmung und Beurteilung der Agrarpolitik, respektive ihrer Effektivität in Bezug auf die Erreichung von Zielen einer standortangepassten Landwirtschaft, einer nachhaltigen Entwicklung von Betrieben und dem Schutz und Erhalt der natürlichen Ressourcen für kommende Generationen, war in beiden Gruppen sehr ähnlich. Ebenso wurde die Anerkennung der landwirtschaftlichen Leistungen durch die Schweizer Bevölkerung von beiden Gruppen als eher schwach wahrgenommen.

13.4.1.4 Teilnahme an Pflanzenschutzprogrammen

Die Auswertungen der Projektevaluationsfragen erlaubt einerseits grobe Tendenzen in der Wahrnehmung der Landwirte innerhalb des Projekts bezüglich der Wirksamkeit und Effizienz, aber auch der Organisation und der Vor-und Nachtteile einer Teilnahme zu erkennen und andrerseits diese mit jenen in zwei anderen Agrarumweltprojekten zu vergleichen. Diese ersten Erkenntnisse zeigen auch an, wo in der zweiten, massnahmenspezifischen Umfrage vertieft nachgefragt werden soll.

13.4.1.5 Organisation & Beratung

Knapp 50 Prozent der BPP-Landwirte stimmten der Aussage, das Projekt sei gut organisiert, mehr oder weniger zu. Bei der Beurteilung des Umfangs an Beratung innerhalb des Projekts hingegen waren es leicht weniger. Je etwa 30 Prozent fanden die Aussage mehr oder weniger nichtzutreffend. Bei beiden Aussagen schnitt das PestiRed deutlich besser, das 3V-Projekt deutlich schlechter ab. Beim PestiRed-Projekt sind die Landwirte untereinander aber auch mit den Wissenschaftlerinnen und Beratern entsprechend dem Projekt-Design sehr oft im Kontakt und Austausch. Sie müssen auch selbst Daten erheben und eingeben. Hier kann also, wie bei allen anderen Fragen auch, kein direkter Vergleich gezogen werden. Es wäre interessant, zu versuchen, im Rahmen der zweiten Umfrage diese Wahrnehmungen der BPP-Teilnehmer vertieft und eventuell massnahmenspezifisch zu untersuchen. Damit sollen Ansatzpunkte für Verfeinerungen im Massnahmendesign und der Kommunikation eruiert werden.

13.4.1.6 Wirkung auf den betrieblichen Pflanzenschutzmitteleinsatz & Einfluss auf Umwelt und Gesundheit

Drei verschiedene Aussagen hatten zum Ziel, die Effekte der Teilnahme auf den betrieblichen Pflanzenschutzmitteleinsatz und die erwarteten Auswirkungen des Projekts auf den Landwirten und die Umwelt zu erfragen. Am meisten einverstanden waren die BPP-Teilnehmer mit der Aussage, die Massnahmen des Projekts würden negative Umwelteinflüsse reduzieren. Ungefähr 70 Prozent aller Antworten lagen über der neutralen Antwortoption «4». Auch hier wieder schätzen die PestiRed-Landwirte die Aussage als noch zutreffender ein. Im 3V-Projekt sind es dafür viel weniger. Für die Aussage, die Teilnahme führe zur deutlichen Reduktion auf dem Betrieb wurde in ungefähr 50 Prozent der Fälle eine der drei «zustimmenden» Optionen gewählt. Eine positive Auswirkung des Projekts auf die Gesundheit der Landdagegen wird dagegen nicht von einer Mehrheit erwartet. Auch hier schneidet das PestiRed besser, das 3V-Projekt deutlich schlechter ab.

13.4.1.7 Zeit und Geld

In der Beurteilung des Mehraufwandes durch die Teilnahme am Projekt war keine eindeutige Tendenz in der Verteilung zu erkennen. Je fast 30 Prozent stimmten eher bis vollständig zu, und ein ebenso grosser Anteil eher nicht. Diese Verteilung ist nicht verwunderlich, da die Frage nicht massnahmenspezifisch ausgewertet wurde und somit je nach Landwirt respektive der Massnahme(n), an der er teilnimmt, anders ausfällt. Die Verteilung im PestiRed-Projekt ist deutlich einheitlicher und zeigt, dass die meisten Teilnehmer einen deutlichen Mehraufwand betreiben.

Die einzige Aussage, bei welcher BPP-Teilnehmer im Mittel ungefähr gleich stark zustimmten, wie diejenigen im PestiRed, ist: «Das Projekt lohnt sich für mich finanziell». Auch hier belegte das 3V-Projekt wieder «den letzten Platz». Dazu muss allerdings gesagt werden, dass die Massnahmenumsetzungsphase dort noch nicht begonnen hat und somit kann die Beurteilung dieser Aussage erschwert. Auch diese beiden für die Akzeptanz der Massnahmen relevanten Aspekte sollen ebenfalls in der massnahmenspezifischen Umfrage vertieft untersucht werden.

13.4.1.8 Steigerung des Ansehens durch die Teilnahme

Die Aussage, eine Teilnahme steigere das Ansehen im Umfeld, erhielt im BPP wenig Zustimmung aber auch im PestiRed bewerteten weniger als die Hälfte die Aussage als zutreffend. Das 3V-Projekt fällt mit über 80 Prozent «negativen» Antworten stark ab.

13.4.1.9 Wissen über Pflanzenschutz erweitern

Mehr als 50 Prozent der BPP-Teilnehmer glauben durch die Teilnahme ihre Kenntnisse im Bereich Pflanzenschutz zu erweitern. Das PestiRed-Projekt schneidet erwartungsgemäss hier noch besser ab, weil Workshops zu Themen wie beispielsweise «Alternative Pflanzenschutzmethoden» und «Mechanischer Unkrautvernichtung» im Rahmen des Projekts dies explizit fördern. Das 3V-Projekt, welches den Schwerpunkt nicht auf Pflanzenschutzmittel-Reduktion setzt und einen hohen Anteil an Bio-Landwirten unter den Teilnehmern hat, schneidet hier sehr schlecht ab.

13.4.1.10 Weiterführen der Massnahme nach Projektende

Mehr als 65 Prozent geben sich positiv, auch nach Projektende die Massnahmen auf ihrem Betrieb fortzuführen. Die restlichen 35 Prozent waren zum grossen Teil noch Unentschlossene. Auch hier war die Zustimmung im PestiRed vergleichsweise deutlich stärker, im 3V aber deutlich tiefer. Diese Frage soll in der massnahmenspezifischen Umfrage nochmals aufgegriffen werden. Dabei interessiert weiter, ob die Bereitschaft einer Weiterführung auch bestünde, falls für die Massnahme keine Beiträge mehr ausbezahlt würden.

13.4.2 *Ausblick*

Wie bereits erwähnt, soll ergänzend zur ersten Umfrage im Januar 2022 eine zweite Umfrage - dieses Mal nur an Teilnehmer des BPP - versendet werden. Mit dieser zweiten, massnahmenspezifischen Umfrage soll die Einschätzung und Wahrnehmung der Massnahmen durch die Landwirte erhoben werden. Teilnehmende Landwirte sollen die Massnahmen in Bezug auf ihre Wirksamkeit und die ökologische Relevanz und den Nutzen, die entstehenden Kosten (monetäre Kosten, Arbeitszeit, Schädlingsdruck und Ertragsreduktion) hin beurteilen. Weiter soll ihnen die Umfrage die Möglichkeit bieten, zu beurteilen, wie anspruchsvoll sich die Durchführung der Massnahme auf ihrem Betrieb gestaltet hat, respek-

tive welche zusätzlichen Mittel sie verwendet haben und wie sie die arbeitstechnischen Herausforderungen bewerten. Ausserdem sollen Fragen zur Angemessenheit der Beitragshöhe gestellt werden. Die Landwirte sollen zudem angeben können, ob und welche Art von Unterstützung (z.B. Beratung, Workshops etc.) aus ihrer Sicht für den weiteren Erfolg des Projekts sinnvoll wären. Sie sollen angeben, ob sie gedenken, die Massnahmen auch in Zukunft anzuwenden planen und ob dies der Fall wäre, auch ohne Beitragszahlung.

Die zweite Umfrage soll im Gegensatz zur ersten ausschliesslich online durchgeführt werden. Dazu werden die Landwirte wie bei der ersten Umfrage per Email eine Einladung mit personalisiertem Link erhalten, der sie beim Anwählen mittels des Umfrage-Tools Unipark durch die Umfrage leiten wird.

Die Umfrageentwürfe sollen der Projektleitung per Anfang Dezember präsentiert und anschliessend auf ihre Vollständigkeit und Relevanz aus der Sicht der Praxis diskutiert werden. Die weitere Entwicklung, respektive die Details zum Umfrage-Design, werden im monatlichen Zwischenbericht im Dezember nachgereicht werden. Die fertige Umfrage soll im Winter 2021/2022 nach einer Pretest-Runde gestartet und abgeschlossen werden. Die Datenaufbereitung und -analyse soll im Frühjahr 2022 erfolgen.

13.5 **Literatur, Quellen**

BAFU und BLW, 2008. Umweltziele Landwirtschaft – herausgearbeitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0820, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, S.221.

Dessart, F. J., Barreiro-Hurlé, J., van Bavel, R., Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review, *European Review of Agricultural Economics*, Volume 46, Issue 3, July 2019, Pages 417–471, https://doi.org/10.1093/erae/jbz019

Maybery, D.,Crase, L., Gullifer, C., Categorising farming values as economic, conservation and lifestyle, Journal of Economic Psychology, Volume 26, Issue 1,2005, Pages 59-72, ISSN 0167-4870,https://doi.org/10.1016/j.joep.2003.10.001.

14 Teilprojekt 10 - Modellierung des Eintrags von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer in zwei Einzugsgebieten des Berner Pflanzenschutzprojekte

14.1 **Einleitung**

Im Berner Pflanzenschutzprojekt sollen die PSM-Anwendung reduziert und gleichzeitig mit gezielten Massnahmen die Austräge von PSM aus behandelten Flächen vermindert werden. Beides mit dem Ziel, dass die PSM-Konzentrationen in Fliessgewässern messbar abnehmen. Um dies zu überprüfen werden in zwei Einzugsgebieten (Chrümmlisbach und Ballmoosbach) Erhebungen über die PSM-Anwendung und ein umfassendes, zeitlich gut aufgelöstes Monitoring der PSM-Konzentrationen in Bächen durchgeführt (siehe TP 4).

Einträge ins Gewässer treten vor allem mit dem ersten Starkniederschlagsereignis nach der Applikation auf. Sie sind grösstenteils auf schnelle Prozesse zurückzuführen, wie z.B. Oberflächenabfluss und/oder Erosion (direkt oder indirekt über hydraulischen Kurzschlüsse (Schönenberger *et al.*, 2020)) oder über präferenzielle Fliesswege im Boden via das Drainagesystem (Kobierska *et al.*, 2020). Die Konzentrationen in Bächen sind deshalb einer grossen Dynamik unterworfen. Neben den ausgebrachten Mengen und Minderungsmassnahmen sind sie auch von zahlreichen anderen Faktoren abhängig, so etwa der genauen Lage der behandelten Parzelle, dem genauen Anwendungszeitpunkt, der behandelten Kultur und der Witterung (Fohrer *et al.*, 2014). Um die Ergebnisse des Monitorings dennoch interpretieren und die Wirksamkeit der umgesetzten Massnahmen überprüfen zu können, sollen im TP 10 mit Hilfe eines numerischen Modells die Bedeutung der verschiedenen Eintragspfade quantifiziert und PSM-Einträge aus landwirtschaftlicher Anwendung ins Gewässer vorhergesagt werden. Somit können Faktoren, die die Höhe der PSM-Konzentrationen in Fliessgewässern bestimmen, eruiert, verstanden und bewertet werden.

14.2 **Material und Methoden**

Wir verwenden das Soil Water Assessment Tool (SWAT) 2012 (Arnold *et al.*, 2013). SWAT ist ein prozessbasiertes öko-hydrologisches numerisches Programm, das die Auswirkungen von Landnutzungs- und Managementsystemen auf Fliessgewässer in landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebieten simuliert, u.a. auch den Eintrag von PSM ins Oberflächengewässer (Wang *et al.*, 2019). Das Programm berücksichtigt neben Abschwemmung/Erosion und Drainagen auch die Infiltration von Grund- und Bodenwasser als Eintragspfade von PSM in Oberflächengewässer. Hydraulische Kurzschlüsse werden in SWAT zwar nicht explizit berücksichtigt, können aber indirekt über die Topologie der Felder abgebildet werden, indem die betroffenen Felder die PSM direkt in den Bach austragen.

Ein hydrologisches Programm wie SWAT wird nur dann zum Modell, wenn es die Spezifikationen und Prozesse eines Einzugsgebietes widerspiegelt. Dazu gehört die räumliche und zeitliche Diskretisierung und die Parametrisierung der relevanten physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse. Da SWAT eine sehr grosse Bandbreite an Prozessen abbildet, haben wir uns in der ersten Projektphase auf die Beschaffung der benötigten Daten und auf die Implementierung dieser Daten im Modell fokussiert. Für die Erstellung der Modelle der Einzugsgebiete sind folgende Basisdatensätze als Input erforderlich:

- digitales Höhenmodell (swissALTI3D von swisstopo) mit einer von Auflösung: 0.5×0.5 m^2.
- digitales Fliessnetzwerk zur Topologie des Fliessgewässers (Geoportal des Kantons Bern).
- digitale Karte der Arealstatistik Schweiz für die Zuordnung der Landnutzung in Wald, Fruchtfolgeflächen und bewohnte Gebiete (Bundesamt für Statistik).
- digitale Bodenkarte (Geoportal des Kantons Bern), digitale Bodeneignungskarte der Schweiz (opendata.swiss) und Bodenprofile (Servicestelle NABODAT) woraus u.a. Textur, Lagerungsdichte, nutzbare Pflanzenwasserkapazität, gesättigte Wasserleitfähigkeit und organischer Kohlenstoffgehalt hergeleitet werden.

- Klimadaten von Wetterstationen: Niederschlag (vor Ort in Ballmoos und Schalunen) von März bis Oktober für den Zeitraum ab 2017; Niederschlag und, zur Berechnung der potentiellen Evapotranspiration, Temperatur, Windgeschwindigkeit, relative Luftfeuchtigkeit und Globalstrahlung für den MeteoSwiss-Stationen Zollikofen und Koppigen ab 2012.
- Daten zu PSM-Anwendungen (Applikationsdatum und –menge, Kultur, Position der Felder) werden innerhalb des Gesamtprojektes in den beiden Einzugsgebieten erhoben.
- digitale Karte mit Positionen zu Drainagen und Kurzschlüssen stehen innerhalb des Gesamtprojektes zur Verfügung.
- landwirtschaftliche Praktiken wie Pflanzung und Ernte der Kulturen, Bodenbearbeitung und Düngung werden aufgrund vorhandener Daten (LANAT) abgeschätzt.
- Substanzeigenschaften der applizierten Wirkstoffe, wie Halbwertszeiten (DT_{50}) und auf Kohlenstoffgehalt normierte Verteilungskoeffizienten (K_{Doc}) werden den jeweiligen Wirkstoffbewertungen der EU (EFSA conclusions) entnommen.

14.3 **Ergebnisse und Einzeldiskussion**

In der ersten Projektphase haben wir die Basisdaten gesammelt und im Modell implementiert. Abbildung 125 zeigt, exemplarisch für diesen Prozess, die Felder im Einzugsgebiet Ballmoosbach worauf in den Jahren 2017 und 2018 das Maisherbizid Terbuthylazinee appliziert wurde.

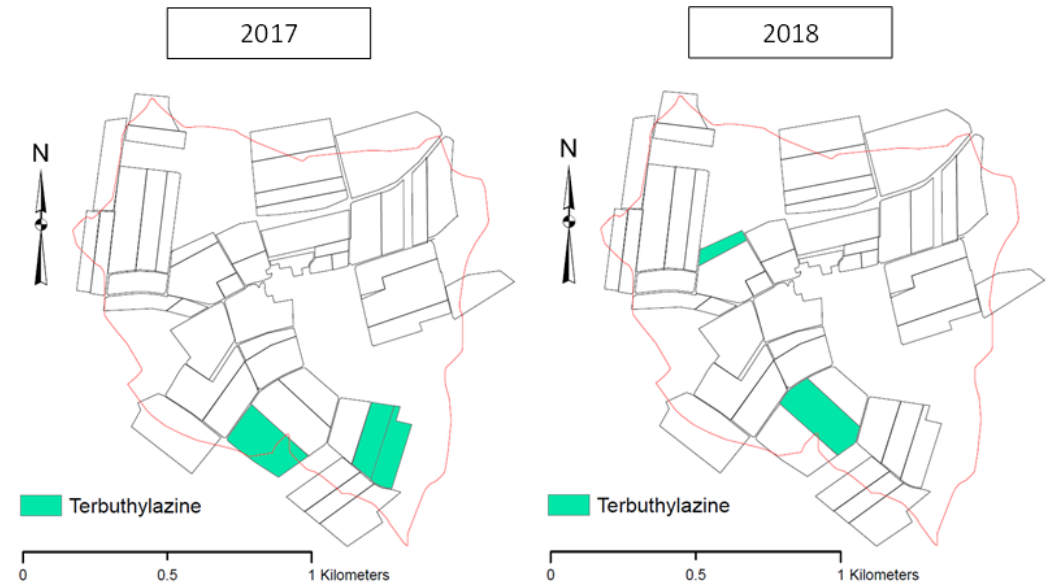


Abbildung 125 Die räumliche Verteilung der Felder im Einzugsgebiet Ballmoosbach mit einer Applikation des Maisherbizids Terbuthylazine, exemplarisch für die Jahre 2017 und 2018. Die Felder repräsentieren die kleinste räumliche Einheit im Modell mit in sich einheitlichen Eigenschaften (homogen). Die rote Linie stellt die Abgrenzung des Einzugsgebiets dar.

Die Simulationen mit dem SWAT Modell laufen momentan von 2012 bis 2020, einschließlich einer Aufwärmphase für die ersten 5 Jahre, um das Modell an die lokalen Gegebenheiten zu adaptieren. Nach Kalibration der Modelle kann der Beitrag der im Modell berücksichtigen Eintragspfade zur PSM-Fracht an den Monitoringstellen im Modell quantifiziert werden.

14.4 **Folgerungen/Ausblick**

Für die erste Projektphase standen sehr viele Basisdaten zur Parametrisierung der Modelle zur Verfügung, die einzigartig sind für Modellierungen auf Ebene der Einzugsgebiete. Das Modell bildet die Basis für die weiteren Schritte, die wir in der zweiten Projektphase angehen: (i) Sensitivitätsanalyse der Parameter, (ii) Kalibrierung der sensitivsten Parameter, (iii) Modellvalidierung und (iv) Simulation verschiedener Szenarien. Im Folgenden werden diese Schritte kurz erläutert:

- Bei der hydrologischen Modellierung auf Ebene der Einzugsgebiete haben wir es mit überparametrisierten Modellen zu tun. Deshalb werden mit einer Sensitivitätsanalyse die wichtigsten

Einflussfaktoren im Modell (= hydrologische und substanzspezifische Parameter), wofür keine oder eine ungenügende Datengrundlage vorhanden ist, identifiziert.

- Im nächsten Schritt (die Kalibrierung) wird der Unterschied zwischen der Modellsimulation und der Beobachtung (Zeitreihe der Abflüsse und Konzentrationen im Bach) minimiert indem die sensitiven Parameter variiert werden.

- Das kalibrierte Modell wird ohne weitere Parameteränderungen auf einen unabhängigen Messdatensatz aus dem Monitoring angewendet, um das Vorhersage Potenzial zu testen.

- Zum Schluss werden ausgewählte Szenarien mit den kalibrierten Modellen durchgerechnet, z. B. «Ist die PSM-Belastung im Fliessgewässer gesunken, wenn die Umwelteinflüsse berücksichtigt werden (z. B. trockene oder nasse Jahre)?»; «Wie hätte sich der PSM-Eintrag ins Fliessgewässer ohne Massnahmen entwickelt?»; «Welche Felder haben das höchste Risikopotenzial?», …

14.5 **Literatur, Quellen**

BAFU und BLW, 2008. Umweltziele Landwirtschaft – herausgearbeitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0820, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, S.221.

Dessart, F. J., Barreiro-Hurlé, J., van Bavel, R., Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review, *European Review of Agricultural Economics*, Volume 46, Issue 3, July 2019, Pages 417–471, https://doi.org/10.1093/erae/jbz019

Maybery, D.,Crase, L., Gullifer, C., Categorising farming values as economic, conservation and lifestyle, Journal of Economic Psychology, Volume 26, Issue 1,2005, Pages 59-72, ISSN 0167-4870,https://doi.org/10.1016/j.joep.2003.10.001.

Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R., Haney, E.B. & Neitsch, S.L. 2013. SWAT 2012 Input/Output Documentation. (At: https://hdl.handle.net/1969.1/149194.).

Bundesamt für Statistik. Arealstatistik Schweiz. (At: https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/erhebungen/area.html. Accessed: 13/10/2021).

Fohrer, N., Dietrich, A., Kolychalow, O. & Ulrich, U. 2014. Assessment of the Environmental Fate of the Herbi-cides Flufenacet and Metazachlor with the SWAT Model. Journal of Environmental Quality, 43, 75–85.

Geoportal des Kantons Bern. (At: https://www.geo.apps.be.ch/de/. Accessed: 13/10/2021).

Kobierska, F., Koch, U., Kasteel, R., Stamm, C. & Prasuhn, V. 2020. Plant protection product losses via tile drainage: A conceptual model and mitigation measures. Agrarforschung Schweiz, 11, 115–123.

opendata.swiss. Digitale Bodeneignungskarte der Schweiz, (At: https://opendata.swiss/de/. Accessed: 13/10/2021).

Schönenberger, U., Dax, A., Singer, H. & Stamm, C. 2020. Hydraulische Kurzschlüsse. Aqua & Gas, 65–71.

Servicestelle NABODAT. Bodendatensatz Schweiz – Dokumentation Version 5 (September 2020). www.nabodat.ch.

Wang, R., Yuan, Y., Yen, H., Grieneisen, M., Arnold, J., Wang, D., Wang, C. & Zhang, M. 2019. A review of pesti-cide fate and transport simulation at watershed level using SWAT: Current status and research concerns. Sci-ence of The Total Environment, 669, 512–526.

15 Anhang

15.1 Anhang 1 Evaluationsbogen zur Identifikation betriebsspezifischer Risikopotentiale für PSM-Einträge in Oberflächengewässer	193
15.2 Anhang 2: Anonymisierter Rückmeldungsbogen	202
15.3 Anhang 3: Umfrage Siedlungsgebiet	205
15.4 Anhang 4: Messung von Wasserproben mit dem Kombinierten Algentest – Schlussbericht	208
15.5 Anhang 5: Fragebogen TP 9	208
15.6 Anhang 6: Zuweisung Ereignistypen	209
15.7 Anhang 7: Räumliche Informationen	213
15.7.1 Flächen-ID Chrümmlisbach	213
15.7.2 Grundlagentabelle der Häufigkeitskarte	213
15.7.3 Eintragsrisiken gemäss Gewässeranschlusskarte	214