



Projekt «nachhaltige Kartoffelwirtschaft» 2021 – 2023

Schlussbericht 2024

Autoren:

Stefan Vogel, Thomas Blättler, Jan Lemola, Martin Häberli, Jan Grenz, Andreas Keiser

Zollikofen, 31.08.2024



Inhalt

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Zusammenfassung	5
1. Einleitung	6
2. Material und Methoden	7
2.1 Versuchsstandorte und Design	7
2.2 Agronomische Untersuchungen	8
2.2.1 Planung der Fungizidbehandlungen	8
2.2.2 Unkrautbonituren	8
2.2.3 Beurteilung der Spritzfolgen	8
2.2.4 Beurteilung von Ertrag und Qualität	8
2.3 Betriebswirtschaft	9
2.4 Treibhausgaspotential	9
2.4.1 Methode	9
2.4.2 Datenquellen und Allokationen	9
2.4.3 Systemgrenzen	10
2.4.4 Funktionelle Einheit	10
3. Ergebnisse & Diskussion	11
3.1 Agronomische Untersuchungen	11
3.1.1 Mechanische Unkrautbekämpfung	11
3.1.2 Alternative Krautvernichtung (qualitativ)	13
3.1.3 Ergebnisse Spritzfolgen	13
3.1.4 Ertrag und Qualität der robusten Sorten	17
3.1.5 Einzeldiskussion zu den agronomischen Untersuchungen	18
3.2 Betriebswirtschaft	19
3.2.1 Resultate	19
3.2.2 Einzeldiskussion zur Betriebswirtschaft	22
3.3 Treibhausgaspotential	23
3.3.1 Resultate	23
3.3.2 Einzeldiskussion zum Treibhausgaspotential	24
4. Gesamtdiskussion	25
5. Folgerungen & Ausblick	26
6. Handlungsempfehlungen	27
Literaturverzeichnis	29
Dank	30
7. Anhang	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beobachtungen zum allgemeinen Unkrautdruck in den Versuchspartellen mit mechanischer Unkrautbekämpfung (n=33) im Vergleich zu den Partellen mit chemischer Unkrautbekämpfung (n=13) in den drei Projektjahren 2021-2023. Dargestellt sind die beobachteten Häufigkeiten des Unkrautdrucks in die Kategorien «sehr tiefer Unkrautdruck», «tiefer Unkrautdruck», «mittlerer Unkrautdruck» und «starker Unkrautdruck».	11
Abbildung 2: Beobachtungen zur Hauptposition der Unkräuter in den Versuchspartellen mit mechanischer Unkrautbekämpfung (n=33) im Vergleich zu den Partellen mit chemischer Unkrautbekämpfung (n=11) in den drei Projektjahren 2021-2023. Dargestellt sind die beobachteten Häufigkeiten in die Kategorien «Dammkrone», «Dammflanke» oder «verteilt (Dammkrone & Dammflanke)».	12
Abbildung 3: Beispiele von erfolgter Krautvernichtung auf den Versuchsbetrieben aus dem Versuchsjahr 2023. Links Betrieb 1 mit Krautschlegeln auf der Fläche der betriebsüblichen Sorte im Verfahren IPS-Stand vom 11.09.2023. Rechts das Resultat der Anwendung des Fettsäureherbizides Siplant auf Betrieb 7 am 11.09.2023.	13
Abbildung 4: Durchschnittliche Anzahl Fungizidbehandlungen auf den Versuchsbetrieben des Verfahrens IPS-Stand (betriebsübliche Sorte) im Vergleich mit dem Verfahren IPS-Max (robuste Sorte) über die drei Projektjahre (oben). Beobachtete Befälle der Kraut- und Knollenfäule in den drei Projektjahren 2021 - 2023 nach Verfahren.	14
Abbildung 5: Mittlerer Behandlungsindex der zehn Versuchsbetriebe über die drei Projektjahre 2021 - 2023 (2023, n=9). Dargestellt ist der gesamte Behandlungsindex sowie die Anteile davon der Herbizide, Fungizide, Insektizide und Molluskizide.	14
Abbildung 6: Mittelwerte des Risikopotentials durch den PSM-Einsatz des Umweltbereichs «Oberflächengewässer» (OFG) der Projektbetriebe. Dargestellt nach Produktgruppen, Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)). Die Skalierung muss pro Umweltbereich einzeln betrachtet werden und darf nicht untereinander verglichen werden (OFG, GW, NL).	15
Abbildung 7: Mittelwerte des Risikopotentials durch den PSM-Einsatz des Umweltbereichs «Grundwasser» (GW) der Projektbetriebe. Dargestellt nach Produktgruppen, Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)). Die Skalierung muss pro Umweltbereich einzeln betrachtet werden und darf nicht untereinander verglichen werden (OFG, GW, NL).	16
Abbildung 8: Mittelwerte des Risikopotentials durch den PSM-Einsatz des Umweltbereichs «naturnahe Lebensräume» der Projektbetriebe. Dargestellt nach Produktgruppen, Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)). Die Skalierung muss pro Umweltbereich einzeln betrachtet werden und darf nicht untereinander verglichen werden (OFG, GW, NL).	16
Abbildung 9: Durchschnittlich erreichte Erträge an marktfähiger Ware auf Basis der Taxationsscheine in den drei Projektjahren im Mittel der Projektbetriebe (n=10). Im ersten Versuchsjahr wurde die frühreife robuste Sorte Twinner angebaut, in den Versuchsjahren 2022 und 2023 die robuste Sorte Acoustic.	17
Abbildung 10: Beanstandungen der Sorte Acoustic, welche in den Versuchsjahren 2022 und 2023 als robuste Sorte angebaut wurde. Knollen mit Schorfbefall (links), Knollen welche am Lager ein starkes Auskeimverhalten zeigen (Mitte) sowie Knollen mit Silberschorf und Colletotrichum auf der Schale (rechts).	17
Abbildung 11: Kosten der Pflanzenschutzmassnahmen je Hektare, Kartoffelbau, Mittelwerte, nach Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)).	19
Abbildung 12: Kosten für den mechanischen und chemischen Pflanzenschutz Aufwand sowie für die eingesetzten Pflanzenschutzmittel pro Hektare, Mittelwerte nach Anbauverfahren und -jahr (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)).	20
Abbildung 13: Kosten Feldarbeitskosten je Hektare, Kartoffelbau, Mittelwerte, nach Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)).	21

Abbildung 14: Erlöse je Hektare, Kartoffelbau, Mittelwerte, nach Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)).	22
Abbildung 15: Flächenbasierte Treibhausgaspotentiale der unterschiedlichen Anbauverfahren als Mittelwerte aller teilnehmenden Betriebe.	23
Abbildung 16: Produktbasierte Treibhausgaspotentiale (Säulen, linke vertikale Achse) als Mittelwerte aller Betriebe, in Abhängigkeit der Erträge (Punkte, rechte vertikale Achse).	24
Abbildung 17: Kosten chemischer (ÖLN) und nichtchemischer Krautvernichtung (IPS-Max) der untersuchten Betriebe in den Jahren 2021-2023, Mittelwerte.	31
Abbildung 18: Entwicklung Düngerkosten im Kartoffelbau auf einem typischen Projektbetrieb.	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beschrieb der drei angewendeten Verfahren in den Projektjahren 2021 bis 2023 auf zehn Praxisbetrieben.	7
Tabelle 2: Relevante Änderungen der Emissionsfaktoren (EF) zwischen den beiden IPCC-Berichten	9
Tabelle 3: Anteil der Parzellen mit den häufigsten bonitierten Leitunkräutern mit mechanischer Unkrautbekämpfung (Anzahl= 23) im Vergleich mit dem Anteil der bonitierten Leitunkräuter der Parzellen mit chemischer Unkrautbekämpfung (Anzahl= 9). Dargestellt wird die kumulierte Anzahl bonitierter Parzellen der Versuchsjahre 2022 und 2023. Bei der mechanischen Unkrautbekämpfung wurde während dieser zwei Versuchsjahre z.B. auf 10 von 23 Parzellen Amarant (<i>Amaranthus spp.</i>) als Leitunkraut beurteilt. Pro Parzelle konnten mehrere Leitunkräuter bestimmt werden	12
Tabelle 4: Vorgeschlagene Handlungsempfehlungen der BFH-HAFL aus dem dreijährigen Projekt nachhaltige Kartoffelwirtschaft für die Akteure Bund, Kartoffelbranche, IP-SUISSE und die KartoffelproduzentInnen.	28

Zusammenfassung

Die Umweltauswirkungen von Pflanzenschutzmitteln (PSM) haben zu gesellschaftlichen und politischen Forderungen einer Reduktion geführt. Die parlamentarische Initiative 19.475 verlangt eine 50%ige Risikominderung bis ins Jahr 2027. Die Kartoffelbranche steht damit vor einer grossen Herausforderung. Kartoffeln erfordern heute einen höheren PSM-Einsatz als andere Ackerkulturen, insbesondere mit Fungiziden. Robuste Sorten, neue Anbaumethoden und eine Zusammenarbeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette sind nötig, um die Ziele der PSM-Reduktion erreichen zu können.

Das Projekt "Nachhaltige Kartoffelwirtschaft" (2021-2023) zielte darauf ab, den PSM-Einsatz im IP-SUISSE Labelanbau um 50% zu reduzieren, ohne dabei den Ertrag und die Qualität zu vernachlässigen. Um die Zielsetzung zu untersuchen, wurden auf 10 IP-SUISSE Betrieben im Schweizer Mittelland robuste Sorten mit minimalen Fungizidapplikationen (Ziel= 2-3 Behandlungen pro Saison) angebaut. Weitere Maßnahmen umfassten den Ersatz von Herbiziden und Krautvernichtung durch alternative Methoden. Dieses Anbauverfahren wurde als IPS-Max bezeichnet. Auf derselben Parzelle wurde auf den Projektbetrieben jeweils ein Verfahren nach dem IPS-Standard bewirtschaftet. Die Praxistauglichkeit der alternativen Anbaumethoden wurden untersucht, Beobachtungen zum Ertrag und der Qualität der robusten Sorten durchgeführt, das Risikopotential der PSM beurteilt sowie die Wirtschaftlichkeit und das Treibhausgaspotential der getesteten Anbausysteme analysiert.

Die mechanische Unkrautbekämpfung hat als Alternative zur chemischen im vorliegenden Projekt mehrheitlich gut funktioniert. In diesen Parzellen konnte im Vergleich kein höherer Unkrautdruck beobachtet werden. Jedoch sind dabei mehrere Überfahrten nötig und in niederschlagsreichen Jahren zeigte sich die Schwierigkeit der Findung von möglichen Bekämpfungsperioden. Ausserdem können Spätverunkrautungen entstehen, welche in Folgekulturen durch Korrekturbehandlungen zu Mehrkosten führen können. Durch den Verzicht auf Herbizide war im Umweltbereich «naturnahe Lebensräume» in den drei Projektjahren eine Risikoreduktion um 53 bis 62% möglich. Für die Krautvernichtung sind verschiedene Alternativen zur chemischen Variante getestet worden. Alle getesteten Verfahren haben sich als wirksam erwiesen. Das Verfahren CropZone mit Strom hat sich aufgrund der Grösse und des Gewichtes der Maschine als nicht praxistauglich für die Schweiz erwiesen. Das thermische Verfahren ist energieaufwändig und kommt nur selten zum Einsatz. Als einfachste Alternativen haben sich das Krautschlegeln oder das natürliche Fettsäureherbizid Siplant herausgestellt (auch in Kombination). Beide sind jedoch mit höheren Kosten verbunden. Durch den Verzicht auf chemische Krautvernichtungsmittel war im Umweltbereich «Grundwasser» eine Risikoreduktion um 62 bis 76% möglich. Im Projekt wurden 2021 die Sorte Twinner und in den Folgejahren 2022 und 2023 die Sorte Acoustic angebaut. Beide zeichnen sich durch eine sehr gute Krautfäulerobustheit aus und konnten in den drei Versuchsjahren ohne grösseres Risiko für einen Befall mit der Kraut- und Knollenfäule mit einer deutlichen Reduktion des Einsatzes von Fungiziden und damit einer hohen Risikoreduktion im Bereich Oberflächengewässer (minus 49 bis 69 %) angebaut werden. Damit robuste Sorten aber wirtschaftlich angebaut werden können, müssen sie die Qualitätskriterien erfüllen und zu Marktpreisen übernommen werden. Den grössten Einfluss auf das Treibhausgaspotential pro kg Kartoffeln hat der erwirtschaftete Ertrag. Unter den Verfahren IPS-Standard und IPS-Max waren keine signifikanten Unterschiede ersichtlich. Die Reduktion durch den geringeren PSM-Einsatz wurde durch die grössere Anzahl Durchfahrten mit Maschinen kompensiert.

Zusammenfassend ist es möglich, Kartoffeln mit einer Reduktion an PSM um 50% anzubauen, ohne den Ertrag und die Qualität dabei zu vernachlässigen. Das Risiko für die BewirtschafterInnen wird dabei aber an verschiedenen Punkten erhöht (mechanische UKB, Qualität der robusten Sorten etc.). Die Kartoffelbranche hat die Wichtigkeit von robusten Sorten für die Praxis erkannt und ist gewillt, verstärkt auf solche Sorten zu setzen. Man ist sich aber bewusst, dass die Herausforderungen noch gross sind. Trotzdem wurde von Swissspatat eine Zielvereinbarung mit dem BLW erstellt, welche zum Ziel hat, die Anbaufläche unter robusten Sorten bis ins Jahr 2040 auf 80% zu steigern. Die extreme Krautfäuleepidemie im Kartoffeljahr 2024 unterstreicht, dass robustere Sorten nötig sind. Mit einer höheren Fläche an robusten Sorten allgemein, aber auch unter Folie im Frühbereich, wäre diese Epidemie schwächer und später aufgetreten. Im Projekt «Für eine Erhöhung der Anbaufläche robuster Kartoffelsorten in der Schweiz» werden die Arbeiten zu dieser Thematik ab 2024 weitergeführt und mehr robuste Sorten bei ProduzentInnen in der Praxis angebaut.

1. Einleitung

Negative Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf die Umwelt haben den gesellschaftlichen und politischen Druck zur Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes stark erhöht. Die parlamentarische Initiative 19.475 fordert bis ins Jahr 2027 eine Reduktion der Risiken durch Pflanzenschutzmittel (PSM) um 50% (WAK 2019). Die Senkung des Pflanzenschutzmittelverbrauchs stellt grosse Herausforderungen an die gesamte Kartoffelbranche. Mit Anpassungen im Anbau allein kann dieses Ziel nicht erreicht werden. Die Anzahl Pflanzenschutzbehandlungen pro Jahr liegen bei Kartoffeln höher als bei allen anderen Ackerkulturen (de Baan et al 2015). Der grösste Anteil entfällt dabei auf die Fungizide. Bisher wurden im Labelanbau Reduktionen bei den Herbiziden und synthetischen Insektiziden erreicht. Hingegen ist der Fungizideinsatz noch immer auf einem hohen Niveau. Die hohe Anzahl Fungizidbehandlungen kann nur reduziert werden, wenn resistente Sorten im Detailhandel vertrieben und von den Konsumenten nachgefragt werden. Zur Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes gibt es verschiedene praxiserprobte Methoden und neue Ansätze, die in aktuellen Forschungsprojekten geprüft werden. Für die breite Umsetzung dieser Methoden in einem nachhaltigen Produktionssystem braucht es eine Zusammenarbeit der gesamten Wertschöpfungskette von der Produktion bis hin zum Detailhandel.

Im Projekt «Nachhaltige Kartoffelwirtschaft» wurde in den Jahren 2021 bis 2023 untersucht, ob im IP-SUISSE Kartoffelbau eine Pflanzenschutz-Reduktion bei gleichem Ertrag und guter Qualität möglich ist. Als Hauptziel wurde die Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes im IP-Suisse Labelanbau um 50% formuliert. Dieses Ziel sollte durch die folgenden Massnahmen erreicht werden:

- Durch einen besseren Marktzugang von robusten Kartoffelsorten. Dazu braucht es eine Sensibilisierung des Detailhandels und der Konsumenten. Die Priorisierung der Sorteneigenschaften muss überdacht und die Krankheitsresistenz stärker gewichtet werden als beispielsweise die Fleischfarbe oder Knollenform.
- Der Anbau von robusten Sorten in Kombination mit einem gezielten Fungizideinsatz nach einem Prognosemodell.
- Der Ersatz von Herbiziden respektive Krautvernichtungsmitteln durch alternative Methoden, welche auf ihre Praxistauglichkeit geprüft werden.
- Die Ausstrahlung von Label-Pilotbetrieben, welche die Massnahmen zur Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes als gesamtes Produktionssystem umsetzen und die Möglichkeiten und Grenzen alternativer Verfahren testen. Erfolgreiche Verfahren werden so rascher von weiteren Labelbetrieben übernommen.
- Zielkonflikte mit anderen Umweltzielen werden evaluiert und die Wirtschaftlichkeit des Produktionssystems wird durch umfassende betriebswirtschaftliche Analysen auf den Pilotbetrieben berechnet.

Um den beschriebenen Sachverhalt zu untersuchen, wurden auf 10 IP-SUISSE Betrieben Sorten angebaut, die besonders robust gegen die Kraut- und Knollenfäule sind. Diese Sorten wurden mit einer minimalen Anzahl Fungizidapplikationen (2-3) unter Berücksichtigung des Infektionsdrucks nach den Modellen Simblight1 (erste Applikation) und PhytoPRE (Folgeapplikationen) behandelt. Sowohl die Unkrautbekämpfung als auch die Krautvernichtung erfolgten dabei mit alternativen Methoden. Daraus ergab sich jeweils das Verfahren IPS-Maximal. Zum Vergleich wurde auf diesen 10 Betrieben angrenzend auf derselben Parzelle eine betriebsübliche Sorte nach den geltenden IP-Suisse-Richtlinien angebaut (Verfahren IPS-Standard).

Im vorliegenden Schlussbericht werden die Ergebnisse des dreijährigen Projektes präsentiert und Handlungsempfehlungen für eine PSM-Reduktion im Kartoffelanbau abgeleitet.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsstandorte und Design

Um die Fragestellung des Projektes zu beantworten, wurde der Anbau einer robusten Kartoffelsorte im Verfahren IPS-Max im Vergleich zum Verfahren IPS-Standard mit einer betriebsüblichen Sorte auf zehn Praxisbetrieben während drei Jahren durchgeführt (2021-2023). Die robusten Sorten wurden aus den besten Kandidaten des Low-Input-Projekts ausgewählt (Swisspatat Hauptversuche) und die Ernte von den Abnehmern beurteilt. Es waren dies im Jahr 2021 die Sorte Twinner (Agrico, NL), in den Jahren 2022 und 2023 die Sorte Acoustic (Mejier Potato, NL). Beide Verfahren sollten angrenzend aneinander auf derselben Parzelle angebaut werden. Die Versuchsstandorte waren im gesamten Schweizer Mittelland verteilt; Vuillens VD, Moudon VD, Gurmels FR (2021: Vechigen BE), Frieswil BE, Limpach BE, Kirchlindach BE, Ballmoos BE, Kiesen BE, Thayngen SH und Wil ZH. Während im Verfahren IPS-Max keine chemisch-synthetischen PSM erlaubt waren, konnten die Landwirte im Verfahren IPS-Standard gemäss IP-SUISSE-Richtlinien wählen, ob die Unkrautbekämpfung oder die Krautvernichtung mit alternativen Methoden durchgeführt werden (Tabelle 1). Als Standard diente ein ÖLN-Verfahren, welches die grösste Anbaufläche in der Schweiz ausmacht. Bei diesem Verfahren wurden die Anbaudaten der Betriebe vom Verfahren IPS-Standard übernommen. Es wurde die Annahme getroffen, dass im ÖLN-Anbau sämtlicher Pflanzenschutz mit chemisch-synthetischen Mitteln erfolgt. Falls die Unkrautbekämpfung beim IPS-Standard mechanisch erfolgte, wurde für das ÖLN-Verfahren jeweils die Herbizidanwendung mit den Produkten Boxer (2 Liter, Wirkstoff Prosulfocarb), Bandur (2 Liter, Wirkstoff Aclonifen) und Sencor (0.5 Liter, Wirkstoff Metribuzin) eingesetzt. Für die alternative Krautvernichtung wurde die Anwendung vom Produkt Spotlight Plus (2 Liter, Wirkstoff Carfentrazone-ethyl) angenommen.

Tabelle 1: Beschrieb der drei angewendeten Verfahren in den Projektjahren 2021 bis 2023 auf zehn Praxisbetrieben.

Verfahren	ÖLN	IPS-Standard	IPS-Max
Beschrieb	Virtuelle Daten: abgeleitet aus IPS-Standard	Reale Daten	Reale Daten
Sorte	Gleich wie IPS-Standard	Diverse ¹	2021: Twinner 2022: Acoustic 2023: Acoustic
Unkrautbekämpfung	Chemisch	Chemisch oder mechanisch	Mechanisch
Krautvernichtung	Chemisch	Chemisch oder mechanisch	Mechanisch, thermisch, alternative Produkte (Siplant)
Fungizid-Einsatz	Betriebsüblich (gleich wie IPS-Standard)	Betriebsüblich	Nach Prognosemodell
Sonstiges		Unkrautbekämpfung oder Krautvernichtung ohne synthetische Herbizide	

¹ Sorten IPS-Standard : Annabelle, Ballerina, Belmonda, Celtiane, Concordia, Ditta, Erika, Sunshine, Venezia, Victoria

2.2 Agronomische Untersuchungen

Um die Wirksamkeit der einzelnen alternativen Massnahmen zu beurteilen, wurden während der Saison verschiedene Massnahmen vorgenommen und Untersuchungen durchgeführt.

2.2.1 Planung der Fungizidbehandlungen

Die Durchführung (Anzahl und Mittelwahl) des Verfahrens IPS-Standard wurde den Betriebsleitern überlassen. Beim Verfahren IPS-Max wurden die Fungizidbehandlungen mit den Prognosemodellen Simb-light1 (erste Behandlung) und PhytoPRE (Folgebehandlungen) durch die HAFL geplant. Dabei wurden auch der saisonale Krautfäuledruck und witterungsbedingte Risiken berücksichtigt. Als Zielgrösse wurden 2 bis 3 Behandlungen pro Saison angestrebt (mindestens 2 Behandlungen).

2.2.2 Unkrautbonituren

Nach Abschluss der Unkrautbekämpfung beider Verfahren auf den Betrieben, wurde jeweils eine Unkrautbonitur pro Verfahren vorgenommen. Dabei wurde die Hauptposition der Unkräuter (Dammkrone oder Dammflanke), sowie der allgemeine Unkrautdruck (sehr wenig, wenig, mittel, stark) beurteilt. Ab dem Versuchsjahr 2022 wurde bei der Unkrautbonitur zudem auch die Leitunkräuter der einzelnen Parzellen bonitiert (mehrere Arten pro Parzelle möglich). Da die Betriebe die Unkrautbekämpfung teilweise in beiden Verfahren mechanisch oder chemisch durchgeführt haben, wurden die Bonituren unabhängig vom Betrieb in die Kategorien «mechanische Unkrautbekämpfung (UKB)» und «chemische UKB» eingeteilt und über die Versuchsjahre zusammen ausgewertet.

2.2.3 Beurteilung der Spritzfolgen

Die Spritzfolgen der Betriebe wurden Ende Saison mittels Aufzeichnungen auf den Parzellenblättern der teilnehmenden Betriebe erhoben. Damit konnten zwei Kenngrössen zur Beurteilung und zum Vergleich der Intensität der Spritzfolgen in den Verfahren berechnet werden.

Berechnung Behandlungsindex

Der Behandlungsindex wurde gemäss der Methodik des Julius-Kühn-Institutes berechnet (JKI ohne Datum). Er beschreibt die Anzahl der angewandten Pflanzenschutzmittel bezogen auf deren bewilligte Aufwandmenge pro Anbaufläche. Der Behandlungsindex sagt nichts über das toxikologische Risiko der eingesetzten PSM aus.

$$BI = (\text{Summe der PSM-Einsätze (Aufwandmenge)} / \text{zugelassene Aufwandmenge})$$

Berechnung der Risikoscores

Um das Risiko der eingesetzten PSM zu berücksichtigen, wurden die Risikoscores, entwickelt von Agroscope für das Monitoring der Ziele des Absenkpfadens nach Korkaric et al. (2022), verwendet. Der Risikoscore ist ein Mass für das Risiko einer einmaligen Anwendung eines Wirkstoffs, berechnet aus dessen Toxizität und normierten Exposition. Dabei werden die Umweltbereiche Grundwasser, Oberflächengewässer und naturnahe Lebensräume separat voneinander betrachtet. Deren Skalierung kann nicht miteinander verglichen werden. Anstelle der Verkaufsmenge wurden für die Berechnungen, die tatsächlich ausgebrachten Wirkstoffmengen durch die bewilligten Aufwandmengen dividiert und mit den wirkstoffspezifischen Risikoscores multipliziert.

$$\text{Risikopotential} = (\text{Ausgebrachte Menge WS} / \text{zugelassene Aufwandmenge WS}) \times \text{Risikoscore}$$

Da der Expositionsfaktor nicht berücksichtigt wurde, ergibt sich daraus ein mögliches Risikopotential, welches der eingesetzte Wirkstoff auf den entsprechenden Umweltbereich hat, falls er in diesem auftritt.

2.2.4 Beurteilung von Ertrag und Qualität

Die Beurteilung von Ertrag und Qualität erfolgte auf Basis der Taxationsscheine der separat nach Verfahren abgelieferten Ernte der Projektbetriebe.

2.3 Betriebswirtschaft

Als Berechnungsgrundlage dienten die schriftlichen Bewirtschaftungsangaben der zehn beteiligten Produzenten zu den untersuchten Anbausystemen. Dabei wurden Flächen, Arbeitsschritte, eingesetzte Hilfsstoffe (Dünger & Pflanzenschutzmittel), Zugkräfte, Maschinen, eingekaufte Leistungen Dritter (Lohnarbeiten) sowie die aufgewendete Arbeitszeit je Arbeitsschritt erfasst. Für die Jahre 2021 und 2022 konnten jeweils die Daten von 10, im Jahr 2023 die Daten von 9 Betrieben ausgewertet werden (fehlende Daten eines Projektbetriebes). Anders als die Verfahren IPS-Standard (IPS-Standard) und IPS-Maximal (IPS-Max), die sich direkt aus den erfassten Daten der Betriebe berechnen liessen, wurde das Verfahren ÖLN für alle Betriebe entsprechend deren Angaben zur Bewirtschaftung gemäss den ÖLN-Richtlinien und Vorgaben simuliert. Die Dünger- und Pflanzenschutzmittelkosten wurden entsprechend den Mengenangaben der Bewirtschafter mit den Kosten pro Einheit aus dem Reflex (Schoch et al. 2022) über alle drei Untersuchungsjahre mit den Angaben für 2022 berechnet. Die einzelbetrieblichen Zugkraft- und Maschinenkosten wurden gemäss den Tarifen aus dem Maschinenkatalog der ART 2022 (Gazzarin et al, 2023) entsprechend den eingesetzten Maschinen berechnet oder gemäss deren Angaben zu den Kosten für Lohnarbeiten durch Dritte erfasst. Die geleistete Arbeit wurde für alle eingesetzten Arbeitskräfte mit 30 CHF/h, bewertet. Da keine einzelbetrieblichen Buchhaltungsdaten zur Verfügung standen, konnten keine Vollkostenrechnungen erstellt werden; es handelt sich insofern um einzelbetriebliche Teilkostenrechnungen, die primär die Feldarbeitskosten wiedergeben; namentlich die Landkosten (Pacht-, Schuldzinsen, Zinsanspruch) und die allgemeinen Betriebskosten sowie mögliche Einrichtungs- und Gebäudekosten wurden so nicht berücksichtigt.

2.4 Treibhausgaspotential

2.4.1 Methode

Die Treibhausgaspotentiale aller Betriebe und Anbauverfahren wurden für die Jahre 2021, 2022 und 2023 gemäss der Methode IPCC GWP 100a bewertet, wobei für die Jahre 2021 und 2022 die Emissionsfaktoren aus dem fünften, und für das Jahr 2023 die Emissionsfaktoren aus dem sechsten IPCC-Bericht (IPCC, 2014 und 2021) verwendet. Die für diese Studie relevanten Änderungen der Emissionsfaktoren wurden in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Relevante Änderungen der Emissionsfaktoren (EF) zwischen den beiden IPCC-Berichten

IPCC-Bericht	EF Methan [kg CO ₂ / kg CH ₄]	EF Lachgas [kg CO ₂ / kg N ₂ O]
Nr. 5 (2014)	28	265
Nr. 6 (2021)	30	273

2.4.2 Datenquellen und Allokationen

Um die Prozesse der unterschiedlichen Anbauverfahren zu modellieren, wurden weitestgehend Standardinventare aus der Ecolnvent 3-Datenbank mit ökonomischen Allokationsfaktoren verwendet (Ecolnvent Center, 2024). Beispielsweise resultieren aus der Milchproduktion unter anderem Fleisch, Milch und Hofdünger, wobei die dadurch entstandenen Methanemissionen vollumfänglich der Milch und dem Fleisch angerechnet werden, weil diese Produkte einen deutlich höheren ökonomischen Wert als Hofdünger aufweisen. Die aus der Düngung (inkl. Hofdünger) entstehenden Lachgasemissionen, hier als «Feldemissionen» bezeichnet, wurde jedoch vollumfänglich der Kartoffelproduktion angerechnet. Diese Feldemissionen wurden gemäss Meier et al. (2012 und 2014) berechnet, um den gesamten für die Kartoffelproduktion relevanten Stickstoffmassenfluss abzubilden.



2.4.3 Systemgrenzen

Die Systemgrenzen wurden von der Wiege bis zum Feldrand gezogen, wobei nur Prozesse berücksichtigt wurden, die für die Kartoffelproduktion angewendet wurden. Dies umfasst insbesondere die Prozessschritte Rohstoffgewinnung, Materialverarbeitung, Produktherstellung, Transport zum Betrieb, und Einsatz auf dem Feld. Sinngemäss wurden somit Abtransport vom Betrieb, Weiterverarbeitung und Konsum der Kartoffeln nicht berücksichtigt. Die grauen Emissionen der eingesetzten Produkte (Düngemittel, PSM, Pflanzgut etc.) und der Infrastruktur (Maschinen etc.) wurden proportional den Kartoffeln zugerechnet. Dies kann am Beispiel von Phosphatdünger veranschaulicht werden, wobei Phosphor im Herkunftsland abgebaut, zum Verarbeitungsort transportiert, zu Phosphatdünger verarbeitet, zum Einsatzort transportiert und schliesslich auf dem Feld mit einer Maschine ausgebracht wird.

2.4.4 Funktionelle Einheit

Das Ziel der Studie bestand darin, die Anbauverfahren miteinander zu vergleichen. Daher wurde die Frischmasse der Kartoffel als angemessene Bezugsgrösse gewählt. Falls die Resultate mit anderen Ackerkulturen verglichen werden sollen, müsste die Bezugsgrösse sinnvollerweise zu Trockenmasse geändert werden.

3. Ergebnisse & Diskussion

3.1 Agronomische Untersuchungen

3.1.1 Mechanische Unkrautbekämpfung

Unkrautdruck allgemein 2021 - 2023

In Abbildung 1 ist die Häufigkeit des bonitierten Unkrautdruckes pro Verfahren ersichtlich. Über die drei Versuchsjahre wurde sowohl bei der mechanischen UKB als auch bei der chemischen UKB grösstenteils ein tiefer bis sehr tiefer Unkrautdruck beobachtet (85% mechanisch, 92% chemisch). Bei der mechanischen UKB wurden mit 15% im Vergleich zur chemischen UKB (8%) etwas mehr Parzellen mit mittlerem Unkrautdruck beurteilt.

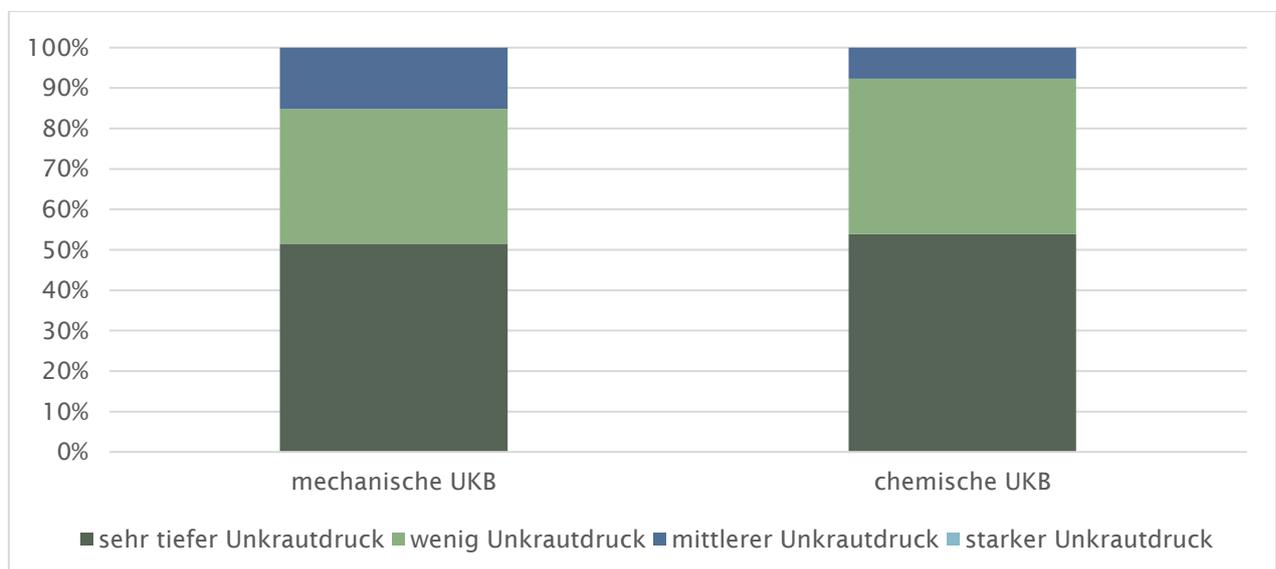


Abbildung 1: Beobachtungen zum allgemeinen Unkrautdruck in den Versuchspartzen mit mechanischer Unkrautbekämpfung (n=33) im Vergleich zu den Partzen mit chemischer Unkrautbekämpfung (n=13) in den drei Projektjahren 2021-2023. Dargestellt sind die beobachteten Häufigkeiten des Unkrautdrucks in die Kategorien «sehr tiefer Unkrautdruck», «tiefer Unkrautdruck», «mittlerer Unkrautdruck» und «starker Unkrautdruck».

Leitunkräuter 2022 - 2023

Die Hauptunkräuter wurden erst ab dem zweiten Versuchsjahr bonitiert. Bei der mechanischen UKB wurden je nach Standort unterschiedliche Leitunkräuter beobachtet. Auf den meisten Parzellen konnten Amarant (auf 10 von 23 Parzellen mit mechanischer UKB), Hirsen (9 von 23) und die Kamille (7 von 23) in grösserem Ausmass beobachtet werden. Bei der chemischen UKB wurde ebenfalls auf vielen Parzellen Hirsen (6 von 9) und der weisse Gänsefuss (5 von 9), aber auch Amarant (3 von 9) und der Windenknöterich (3 von 9) als Leitunkraut bonitiert (Tabelle 3).

Tabelle 3: Anteil der Parzellen mit den häufigsten bonitierten Leitunkräutern mit mechanischer Unkrautbekämpfung (Anzahl= 23) im Vergleich mit dem Anteil der bonitierten Leitunkräuter der Parzellen mit chemischer Unkrautbekämpfung (Anzahl= 9). Dargestellt wird die kumulierte Anzahl bonitierter Parzellen der Versuchsjahre 2022 und 2023. Bei der mechanischen Unkrautbekämpfung wurde während dieser zwei Versuchsjahre z.B. auf 10 von 23 Parzellen Amarant (*Amaranthus spp.*) als Leitunkraut beurteilt. Pro Parzelle konnten mehrere Leitunkräuter bestimmt werden

UKB	Amarant (<i>Amaranthus spp.</i>)	Hirse (<i>Digitaria sanguinalis</i> , <i>Echinochloa crus-galli</i>)	Kamille (<i>Matricaria chamomilla</i>)	Klebern (<i>Galium aparine</i>)	Melde (<i>Atriplex patula</i>)	Ackerstiefmütterchen (<i>Viola arvensis</i>)	Weisser Gänsefuss (<i>Chenopodium album</i>)	Ackerwinden (<i>Convolvulus arvensis</i>)	Windenknöterich (<i>Polygonum convolvulus</i>)
Mechanisch (n=23)	10 von 23	9 von 23	7 von 23	2 von 23	5 von 23	3 von 23	5 von 23	4 von 23	6 von 24
Chemisch (n= 9)	3 von 9	6 von 9	0 von 9	1 von 9	1 von 9	0 von 9	5 von 9	1 von 9	3 von 9

Hauptposition der Unkräuter 2021 - 2023

Bei der Hauptposition der Unkräuter gab es deutlichere Unterschiede (Abbildung 2). Während in den chemischen Parzellen die Unkräuter grösstenteils flächig verteilt waren (64%, Dammkrone und Dammflancken), waren bei der mechanischen UKB die meisten Unkräuter an der Dammflanke zu beobachten (61%).

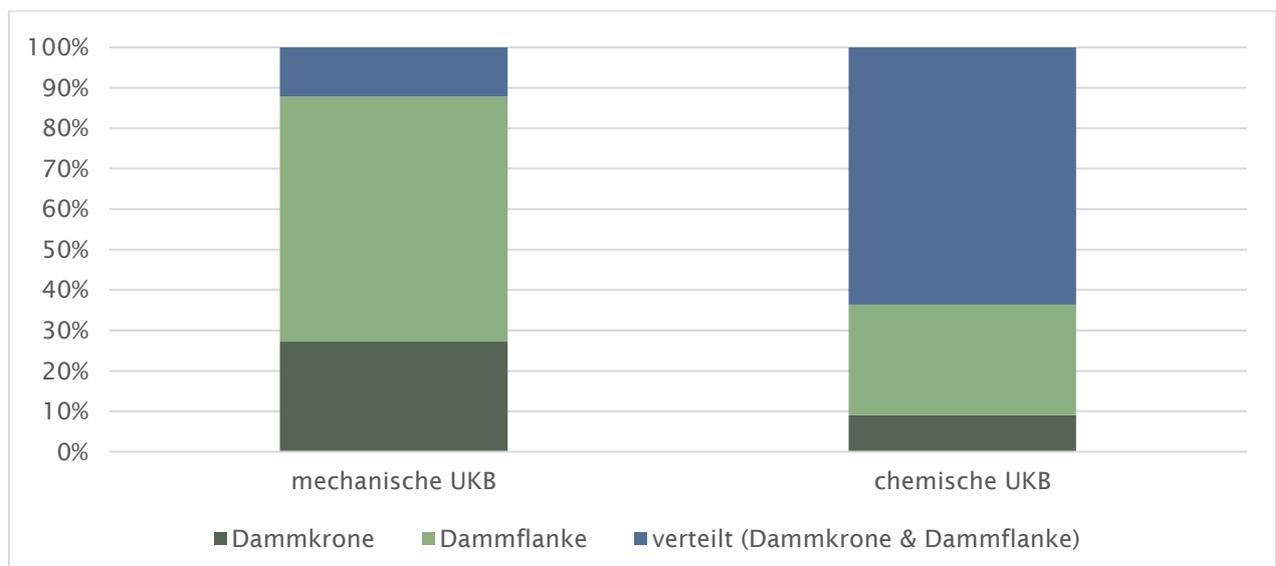


Abbildung 2: Beobachtungen zur Hauptposition der Unkräuter in den Versuchspartellen mit mechanischer Unkrautbekämpfung (n=33) im Vergleich zu den Partellen mit chemischer Unkrautbekämpfung (n=11) in den drei Projektjahren 2021-2023. Dargestellt sind die beobachteten Häufigkeiten in die Kategorien «Dammkrone», «Dammflanke» oder «verteilt (Dammkrone & Dammflanke)».

3.1.2 Alternative Krautvernichtung (qualitativ)

Die folgenden Alternativen zur chemischen Krautvernichtung wurde während der drei Projektjahre angewandt: mechanische, thermische oder elektrische Krautvernichtung (CropZone), sowie das natürliche Fettsäureherbizid Siplant, welches im IP-SUISSE-Labelanbau auch als Alternative zugelassen ist. In den drei Projektjahren wurde auch im Verfahren IPS-Standard an keinem der Standorte eine chemische Krautvernichtung durchgeführt. Am häufigsten wurde die Kombination von mechanischer Krautvernichtung und anschliessender Applikation des Fettsäureherbizides Siplant durchgeführt. Diese, wie auch andere Strategien haben in den drei Projektjahren sehr gut funktioniert (Abbildung 3). Das Verfahren CropZone mit Strom wurde in den Versuchsjahren 2021 und 2022 an einzelnen Standorten getestet und war wirksam. Es hat sich aber gezeigt, dass dieses Verfahren aufgrund des hohen Gewichts der Maschine und einer für Schweizer Strukturen nicht angepassten Grösse, nicht praktikabel ist.



Abbildung 3: Beispiele von erfolgter Krautvernichtung auf den Versuchsbetrieben aus dem Versuchsjahr 2023. Links Betrieb 1 mit Krautschlegeln auf der Fläche der betriebsüblichen Sorte im Verfahren IPS-Standard vom 11.09.2023. Rechts das Resultat der Anwendung des Fettsäureherbizides Siplant auf Betrieb 7 am 11.09.2023.

3.1.3 Ergebnisse Spritzfolgen

Anzahl Behandlungen und Krautfäulebefall

Im ersten Versuchsjahr 2021 wurde im Verfahren IPS-Max die Sorte Twinner angebaut. Das Verfahren IPS-Max wurde durchschnittlich 2.4-mal behandelt. An einem Standort konnten leichte Krautfäule-Symptome beobachtet werden. Das Verfahren IPS-Standard wurde im Mittel 6.3-mal behandelt, trotzdem konnte an 9 von 10 Standorten Krautfäule beobachtet werden (Abbildung 4). In den Versuchsjahren 2022 und 2023 wurde die robuste Sorte Acoustic (IPS-Max) 1.7-mal resp. 2.4-mal behandelt. In beiden Jahren konnte keine Krautfäule beobachtet werden. Das Verfahren IPS-Standard wurde 2022 6.1-mal behandelt, 2023 5.8-mal, dabei konnte in beiden Jahren an je einem von 10 Standorten Krautfäule beobachtet werden.

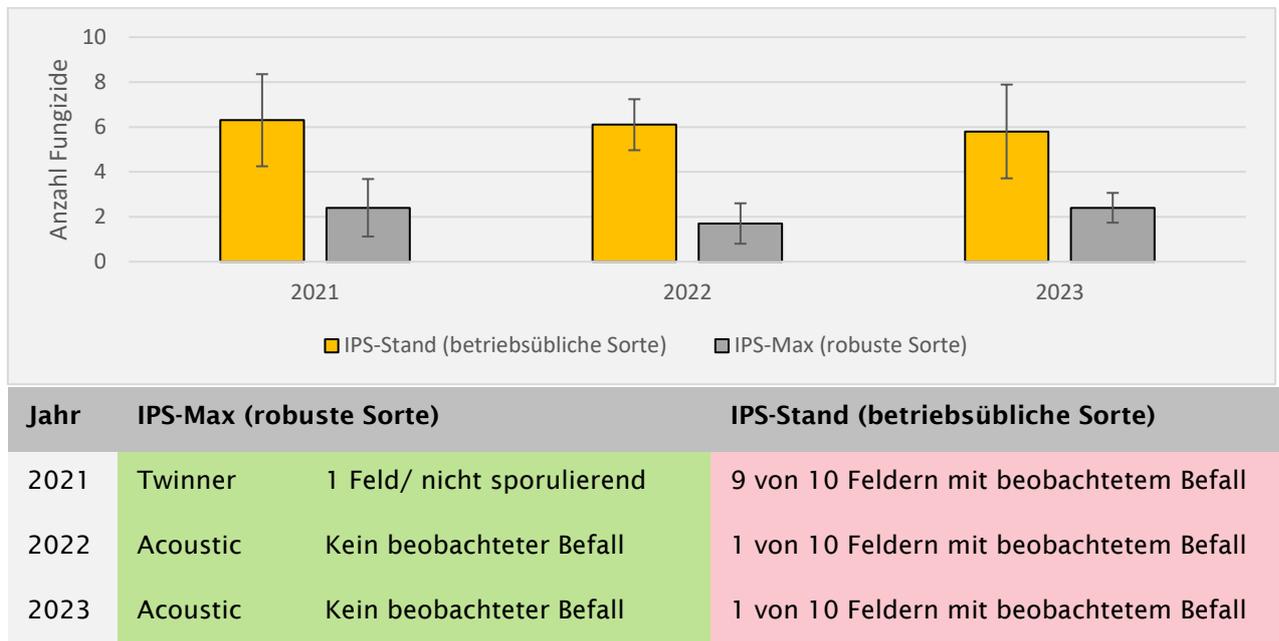


Abbildung 4: Durchschnittliche Anzahl Fungizidbehandlungen auf den Versuchsbetrieben des Verfahrens IPS-Stand (betriebsübliche Sorte) im Vergleich mit dem Verfahren IPS-Max (robuste Sorte) über die drei Projektjahre (oben). Beobachtete Befälle der Kraut- und Knollenfäule in den drei Projektjahren 2021 - 2023 nach Verfahren.

Behandlungsindex

Der Behandlungsindex wurde mit dem Verfahren IPS-Max im Vergleich zum Verfahren ÖLN und IPS-Standard reduziert (Abbildung 5). Im Versuchsjahr 2021 erreichte das Verfahren ÖLN mit 14,8 den höchsten Behandlungsindex, gefolgt von IPS-Stand mit 14,3 und IPS-Max mit 5,9. In den Versuchsjahren 2022 und 2023 bestätigte sich die Reihenfolge ÖLN (14,4 und 12,0), IPS-Stand (13,4 und 11,6) und IPS-Max (5,8 und 5,9).

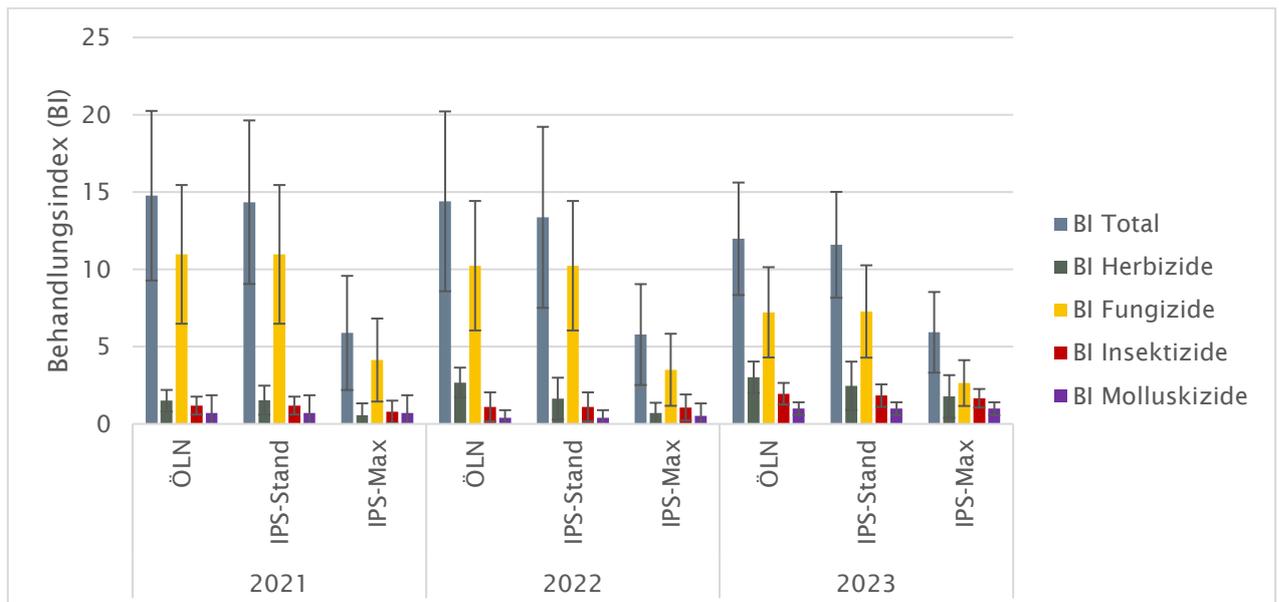


Abbildung 5: Mittlerer Behandlungsindex der zehn Versuchsbetriebe über die drei Projektjahre 2021 - 2023 (2023, n=9). Dargestellt ist der gesamte Behandlungsindex sowie die Anteile davon der Herbizide, Fungizide, Insektizide und Molluskizide.

Risikopotential Oberflächengewässer (OFG)

Das Risikopotential im Bereich OFG wurde mit dem Verfahren IPS-Standard im Vergleich zu ÖLN nur wenig (2021: Reduktion um 2%, 2022: Reduktion um 3%, 2023: Reduktion um 12%), mit dem Verfahren IPS-Max aber stark reduziert (2021: Reduktion um 77%, 2022: Reduktion um 77%, 2023: Reduktion um 66%). Der Haupttreiber im Bereich OFG sind die Fungizide (Abbildung 6; 2021= Reduktion im Verfahren IPS-Max im Vergleich zu ÖLN um 69%, 2022= Reduktion um 67%, 2023= Reduktion um 49%).

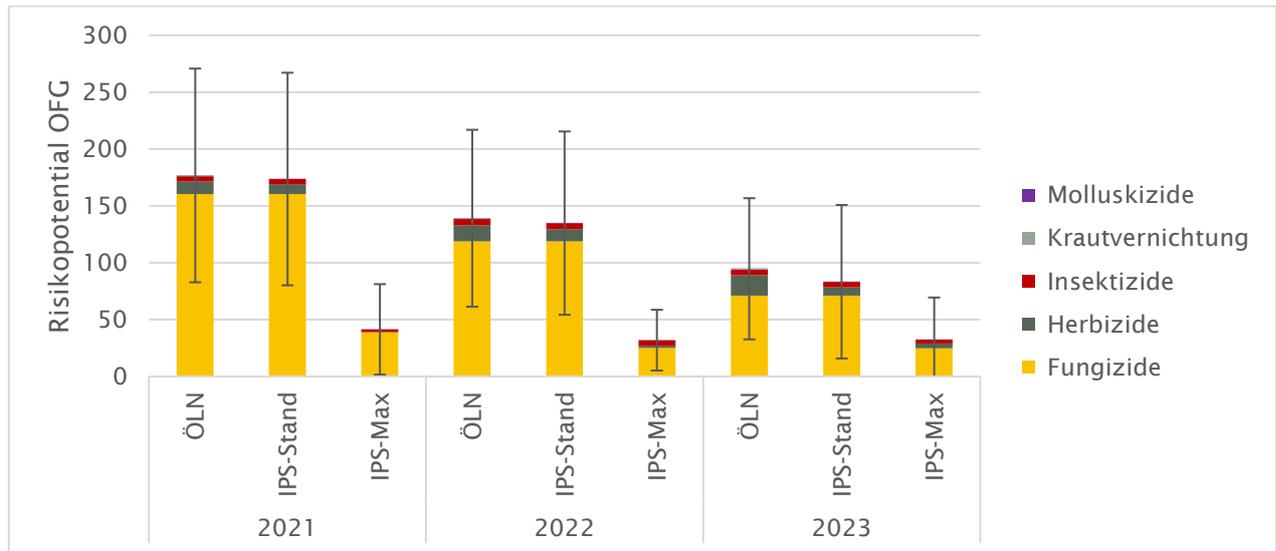


Abbildung 6: Mittelwerte des Risikopotentials durch den PSM-Einsatz des Umweltbereichs «Oberflächengewässer» (OFG) der Projektbetriebe. Dargestellt nach Produktgruppen, Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)). Die Skalierung muss pro Umweltbereich einzeln betrachtet werden und darf nicht untereinander verglichen werden (OFG, GW, NL).

Risikopotential Grundwasser (GW)

Den Hauptanteil des Risikopotentials im Bereich GW machen die Krautvernichtungsmittel und Herbizide (Herbizide allgemein, Abbildung 7) aus. Eine Senkung dieses Risikopotentials ist mit dem Teilverzicht oder Vollverzicht der Herbizide gemäss den Anwendungsmöglichkeiten nach dem IPS-Standard möglich. Den grössten Anteil des Risikopotentials im Verfahren ÖLN machen die Krautvernichtungsmittel aus (2021= 71%, 2022= 76%, 2023= 62%). Bereits durch die Anwendung des Verfahrens IPS-Standard konnte das Risikopotential in allen Versuchsjahren reduziert werden (2021: 80%, 2022: 77%, 2023: 82%). Mit dem Verfahren IPS-Max wurde das Risikopotential noch stärker reduziert (2021: Reduktion um 98%, 2022: Reduktion um 94%, 2023: Reduktion um 89%).

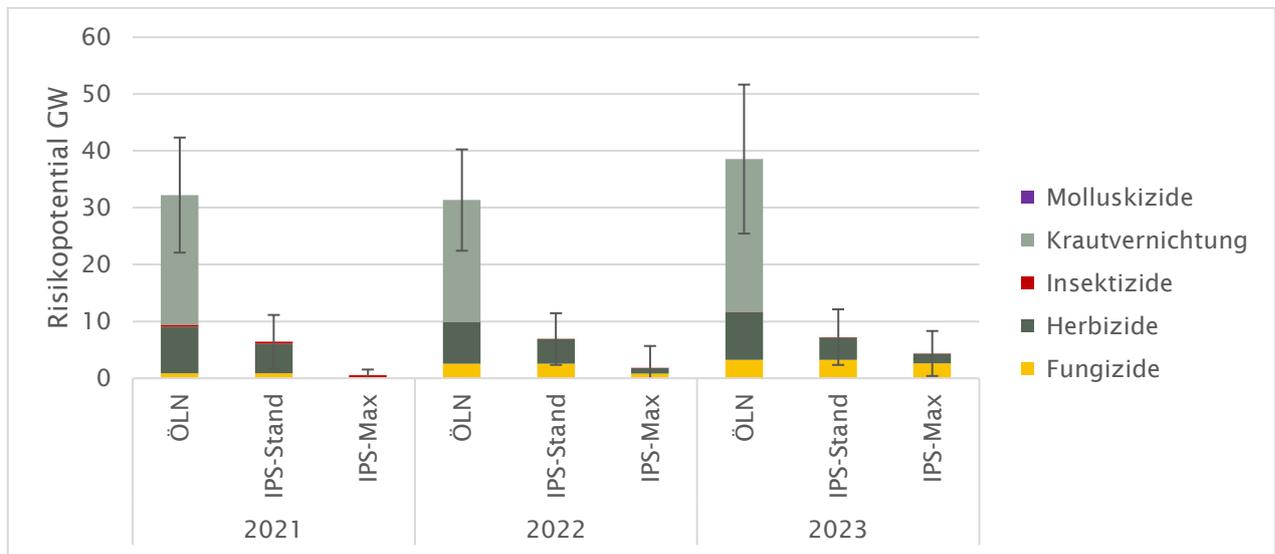


Abbildung 7: Mittelwerte des Risikopotentials durch den PSM-Einsatz des Umweltbereichs «Grundwasser» (GW) der Projektbetriebe. Dargestellt nach Produktgruppen, Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)). Die Skalierung muss pro Umweltbereich einzeln betrachtet werden und darf nicht untereinander verglichen werden (OFG, GW, NL).

Risikopotential naturnahe Lebensräume (NL)

Der Haupttreiber im Bereich NL sind die Herbizide (inkl. Krautvernichtungsmittel, Abbildung 8). Eine grosse Senkung dieses Risikopotentials ist wie beim Umweltkompartiment GW mit dem Verzicht der Herbizide möglich (Anteile der Herbizide im Verfahren ÖLN; 2021= 62%, 2022= 56%, 2023= 53%). Dadurch ist bereits mit der Anwendung des Verfahrens IPS-Stand eine gewisse Reduktion des Risikopotentials möglich (2021: 36%, 2022: 35%, 2023: 59%). Im Verfahren IPS-Max wird die grösste Reduktion des Risikopotentials erreicht (2021: Reduktion um 90%, 2022: Reduktion um 75%, 2023: Reduktion um 75%). In den Jahren 2022 und 2023 wurde im Verfahren IPS-Max teilweise Herbizide eingesetzt, daher ist die Reduktion in diesen zwei Jahren im Mittel geringer. Zudem spielen in diesem Umweltbereich auch die Insektizide eine Rolle.

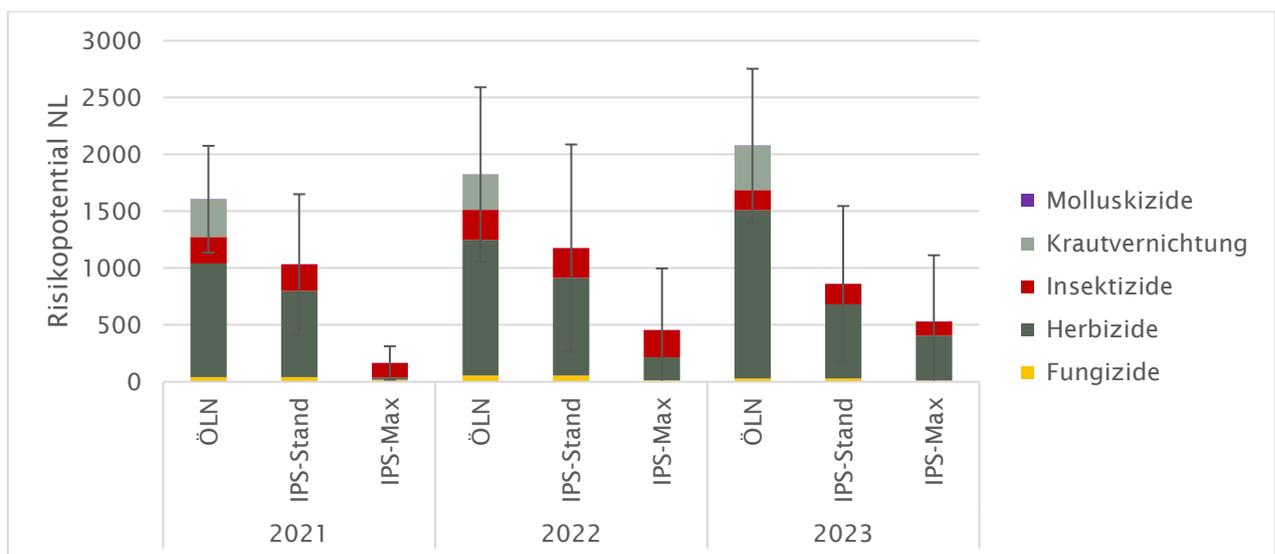


Abbildung 8: Mittelwerte des Risikopotentials durch den PSM-Einsatz des Umweltbereichs «naturnahe Lebensräume» der Projektbetriebe. Dargestellt nach Produktgruppen, Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)). Die Skalierung muss pro Umweltbereich einzeln betrachtet werden und darf nicht untereinander verglichen werden (OFG, GW, NL).

3.1.4 Ertrag und Qualität der robusten Sorten

Im ersten Versuchsjahr erlitt die robuste Sorte Twinner an einigen Standorten starke Hagelschäden, wovon sie sich meist nicht mehr erholte (frühreife Sorte und Hagelereignis zu sensiblem Zeitpunkt in dessen Entwicklung). Dadurch wurde im Verfahren IPS-Max 2021 teilweise schlechte Erträge erreicht. Was die Qualität betrifft, sind sowohl von den Produzenten als auch vom Handel keine negativen Rückmeldungen zu dieser Sorte eingegangen. In den Versuchsjahren 2022 und 2023 wurde die Sorte Acoustic angebaut. Sie lieferte vergleichbare Erträge mit den betriebsüblichen Sorten (Abbildung 9). Zu dieser Sorte gab es in zwei Jahren aber diverse Beanstandungen. Nachfolgend sind die wichtigsten aufgelistet und in Abbildung 10 einige Beispiele zu sehen:

- Schorfbefall und dadurch Übernahme nur zu schlechterem Preis (ProduzentInnen)
- Schlechte Lagerfähigkeit (Handel; feine Schale, Silberschorf und Colletotrichum, frühes Auskeimen)

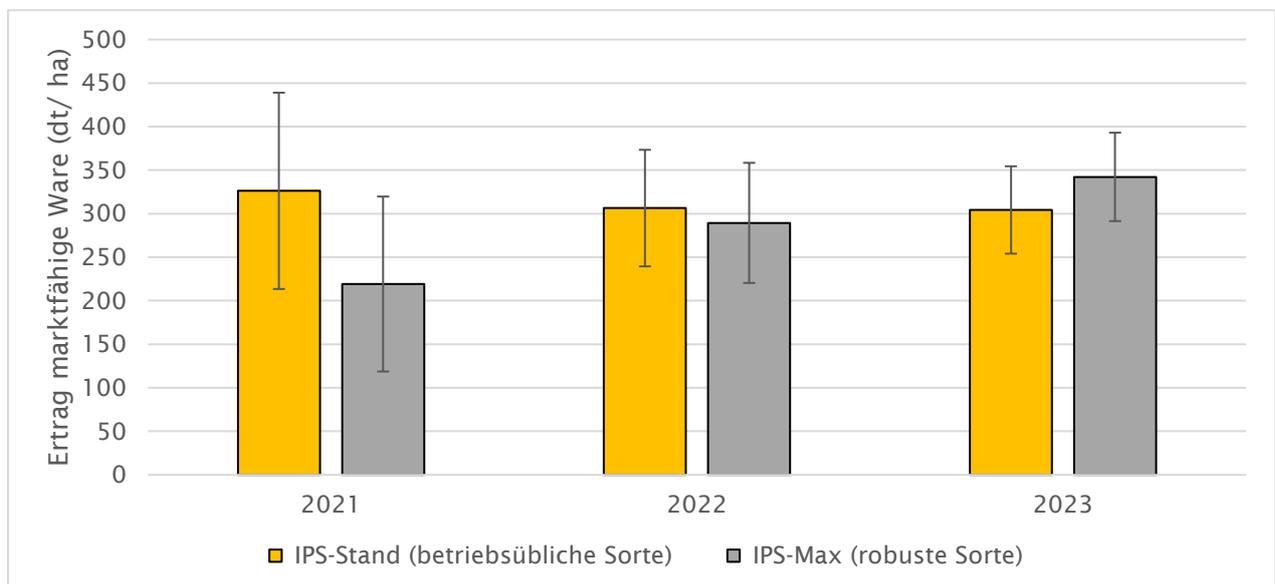


Abbildung 9: Durchschnittlich erreichte Erträge an marktfähiger Ware auf Basis der Taxationsscheine in den drei Projektjahren im Mittel der Projektbetriebe (n=10). Im ersten Versuchsjahr wurde die frühreife robuste Sorte Twinner angebaut, in den Versuchsjahren 2022 und 2023 die robuste Sorte Acoustic.



Abbildung 10: Beanstandungen der Sorte Acoustic, welche in den Versuchsjahren 2022 und 2023 als robuste Sorte angebaut wurde. Knollen mit Schorfbefall (links), Knollen welche am Lager ein starkes Auskeimverhalten zeigen (Mitte) sowie Knollen mit Silberschorf und Colletotrichum auf der Schale (rechts).

3.1.5 Einzeldiskussion zu den agronomischen Untersuchungen

Die Alternativen zur chemischen Unkrautbekämpfung haben in den drei Projektjahren gut funktioniert. Das Unkraut kann in Kartoffeln in vergleichbarem Rahmen mit der chemischen Bekämpfung reguliert werden. Durch wechselhafte Witterungsbedingungen mit viel Niederschlag im Frühjahr erhöht sich aber das Risiko. In gewissen Jahren ist es dadurch sehr schwierig, die Unkrautbekämpfung mechanisch durchzuführen. So mussten in den Versuchsjahren 2021 und 2023 einige Betriebe die Unkrautbekämpfung im Verfahren IPS-Max trotzdem chemisch durchführen. Auf den Parzellen mit mechanischer Unkrautbekämpfung konnte nach der Krautvernichtung teilweise eine Spätverunkrautung beobachtet werden, welche die Ernte aber nicht beeinträchtigte. Von den teilnehmenden Landwirten wurde einstimmig vermerkt, dass dadurch Mehraufwand und Mehrkosten durch Verunkrautung in den Folgekulturen entstehen können. Der Fungizideinsatz kann mit dem Anbau von robusten Sorten deutlich reduziert werden, ohne ein grösseres Risiko davon zu tragen. Selbst bei tieferem Fungizideinsatz wurde bei den robusten Sorten weniger Krautfäule beobachtet als bei den betriebsüblichen Sorten im Verfahren IPS-Stand. Bei der Krautvernichtung hat sich die Anwendung des natürlichen Fettsäureherbizides Siplant bewährt (mit wiederholter Applikation oder in Kombination mit mechanischer Krautvernichtung). Dieses Produkt ist aber mit höheren Kosten verbunden. Das Risikopotential der eingesetzten PSM auf die verschiedenen Umweltbereiche kann mit den angewandten Massnahmen deutlich reduziert werden. Im Umweltbereich OFG ist die grösste Reduktion mit einem reduzierten Fungizideinsatz und damit verbunden dem Anbau einer robusten Sorte zu erreichen. In den Umweltbereich GW und NL spielen die Krautvernichtungsmittel und Herbizide die grösste Rolle. Mit dem Vollverzicht auf Herbizide ist so eine grosse Reduktion des Risikopotentials möglich. Um das Risikopotential im Umweltbereich NL zusätzlich zu reduzieren, könnte zudem das biologische Präparat *Bacillus thuringiensis* anstelle der chemisch-synthetischen Insektizide eingesetzt werden. Insgesamt konnte mit dem Verfahren IPS-Max in allen Umweltbereichen das Ziel einer Reduktion von 50% des Risikos erreicht werden.

3.2 Betriebswirtschaft

3.2.1 Resultate

Die reinen Pflanzenschutzkosten waren im Mittel für rund 15% der gesamten erfassten Feldarbeitskosten verantwortlich. Alle Pflanzenschutz-Arbeiten zusammengefasst lagen im Mittel der Jahre zwischen 1'300 CHF und 2'000 CHF pro Hektare Anbaufläche (Abbildung 11). Während sich die Anbauverfahren ÖLN und IPS-Standard kaum unterschieden, lagen die Pflanzenschutzkosten im Durchschnitt für IPS-Maximal rund 20 % tiefer als für die beiden anderen. Massgeblich verantwortlich für die tieferen Kosten sind die geringeren Pflanzenschutzmittelkosten; die deutliche Reduktion an nötigen Durchfahrten für die Spritzmittel-Ausbringung wurde durch intensivere mechanische Schutzmassnahmen teilweise kompensiert, weshalb die Mechanisierungskosten im IPS-Max-Verfahren nur bei einzelnen Betrieben tiefer lagen.

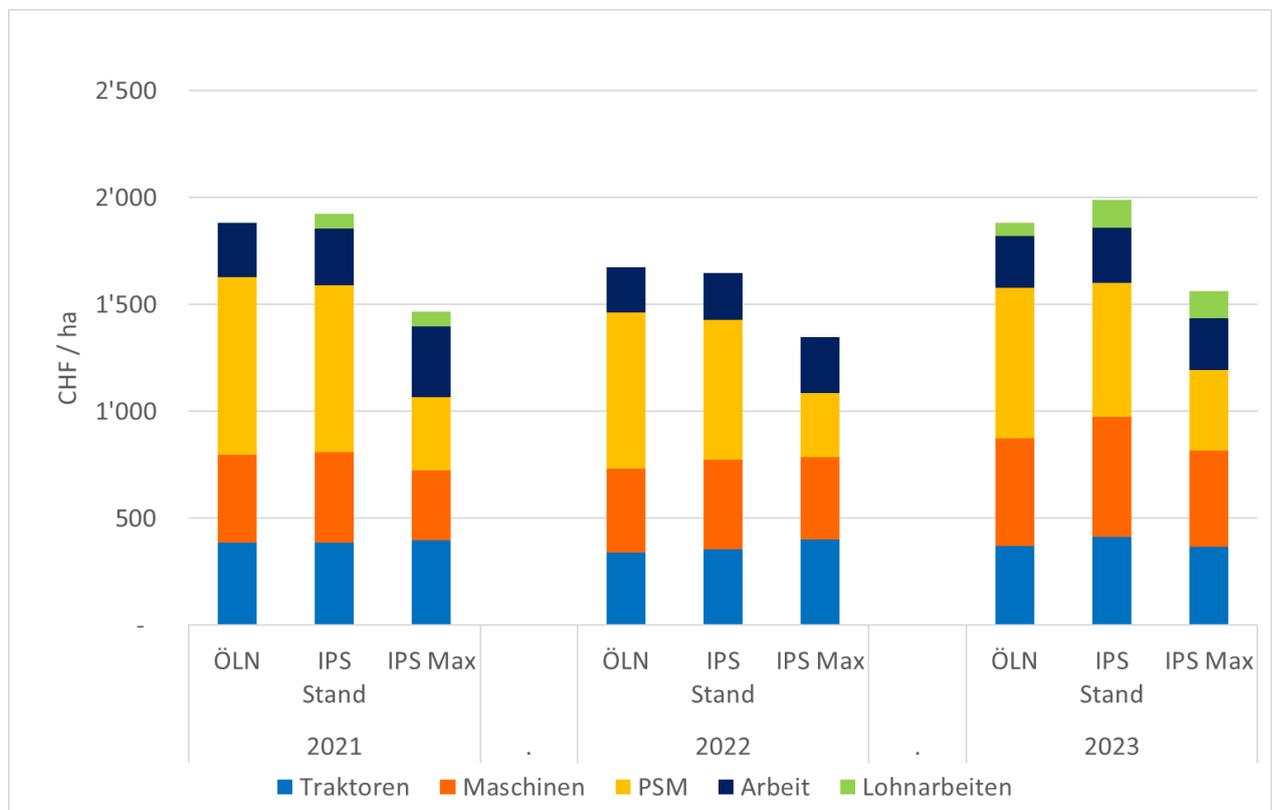


Abbildung 11: Kosten der Pflanzenschutzmassnahmen je Hektare, Kartoffelbau, Mittelwerte, nach Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)).

Mit zunehmender Extensivierung der Anbauverfahren sinken die Kosten für chemische Behandlungen und werden entsprechend mit höheren Ausgaben für den Traktor und Maschineneinsatz kompensiert (Abbildung 12). Ohne den deutlich tieferen Hilfsmittel-Aufwand im IPS-Max-Verfahren lagen die Pflanzenschutzkosten in allen Verfahren auf ähnlichem Niveau.

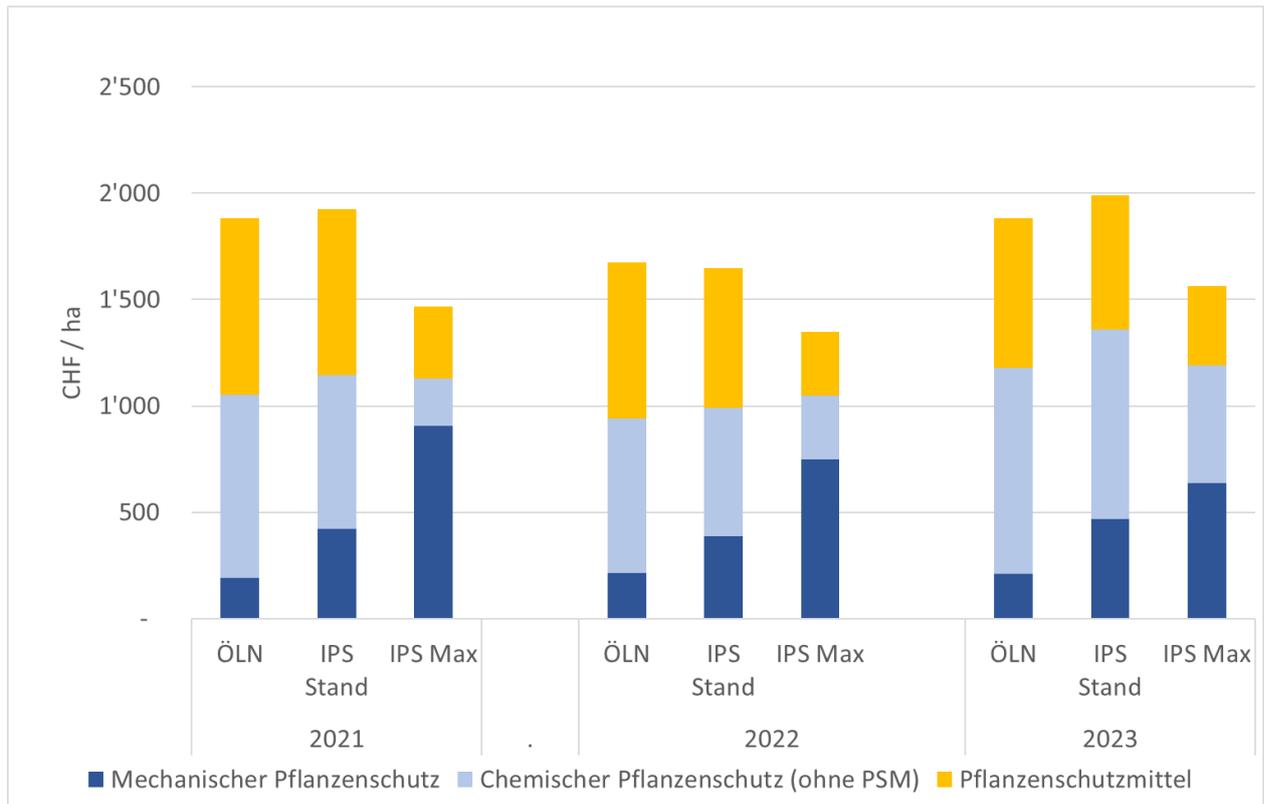


Abbildung 12: Kosten für den mechanischen und chemischen Pflanzenschutz sowie für die eingesetzten Pflanzenschutzmittel pro Hektare, Mittelwerte nach Anbauverfahren und -jahr (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)).

Von den berechneten Feldarbeitskosten übernahmen die Pflanzgut- und die Mechanisierungskosten mit je rund 30% die grössten Anteile, etwas mehr als ein Fünftel waren reine Arbeitskosten. Die Einsparungen für das IPS-Max-Verfahren sind auch bei den gesamten Feldarbeitskosten noch erkennbar, wenn auch deutlich weniger prägnant (Abbildung 13). Offensichtlich hatten die verschiedenen Verfahren wenig Einfluss auf die übrigen Kosten. Insbesondere waren weder bei der Bodenbearbeitung noch bei der Ernte Unterschiede zwischen den Anbauvarianten erkennbar. Im Jahr 2023 wurden vor allem auf einem Betrieb deutlich mehr Arbeiten durch Lohnunternehmer durchgeführt, was aber ohne nachweislichen Effekt auf die Verfahren oder die gesamten Feldarbeitskosten blieb.

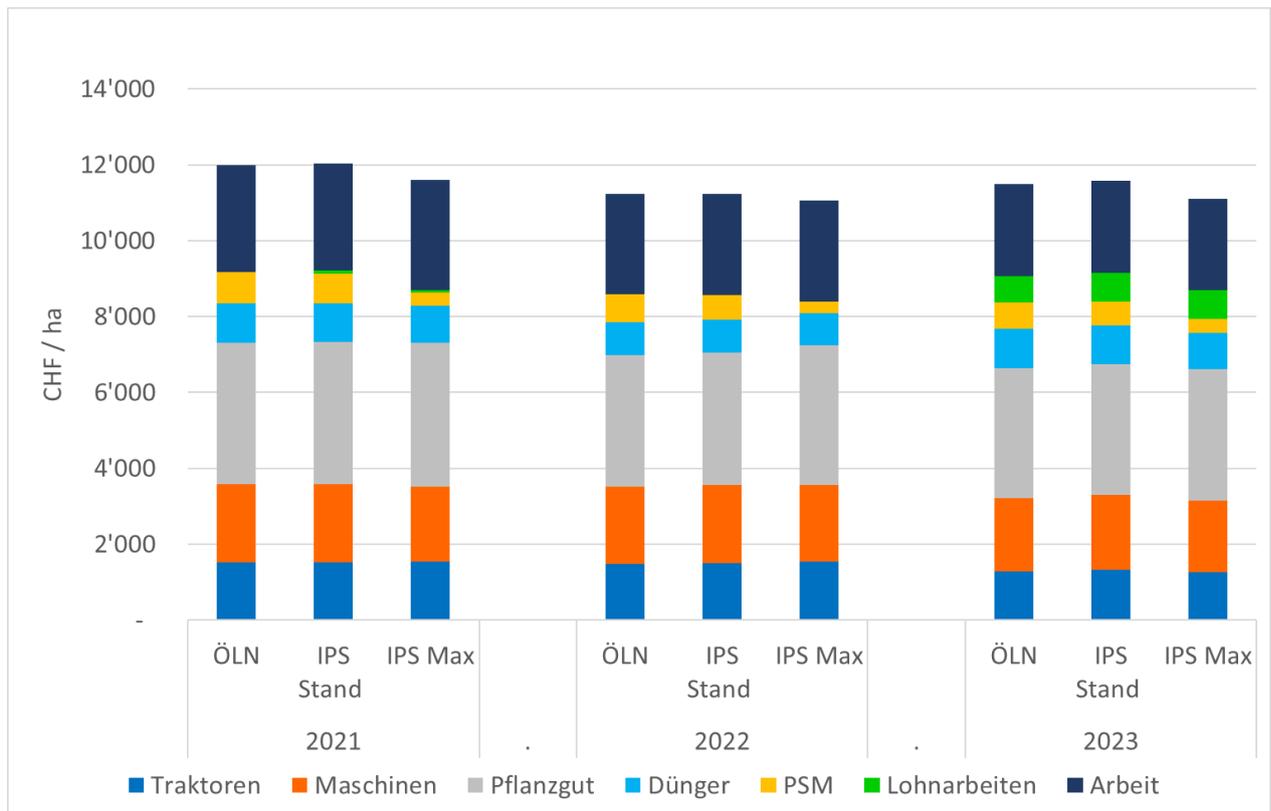


Abbildung 13: Kosten Feldarbeitskosten je Hektare, Kartoffelbau, Mittelwerte, nach Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)).

Im ersten Versuchsjahr hatten die Produzenten mit widrigsten Wetterbedingungen zu kämpfen, so kam es zu teils deutlichen Ertragsauseinbussen und -ausfällen als Folge von Starkregenfällen und Hagel. Insofern waren hier weniger die Verfahren für Unterschiede bei den Erträgen und Erlösen verantwortlich als das lokale Klima und die Lage der Parzellen; die schweizweit schlechte Kartoffelernte führte für die verbleibende Ware zu deutlich besseren Abnahmepreisen, was sich indirekt auch in den relativ hohen Gesamt-Erlösen für IPS-Standard im Jahr 2021 in Abbildung 14 manifestiert.

Im etwas Repräsentativeren 2022 und im anbautechnisch relativ guten 2023 gab es für die beiden direkt untersuchten Verfahren nur geringfügige und nicht einheitliche Unterschiede, was die erzielten Erlöse anbelangt. Aus dem Versuch kann kein grundsätzlicher Trend für bessere oder schlechtere Erlöse in Bezug auf die Verfahren erkannt werden. Je nach Witterungsverhältnissen und eingesetzten 'resistenteren' Sorten ist aber möglicherweise mit neuen Herausforderungen zu rechnen.

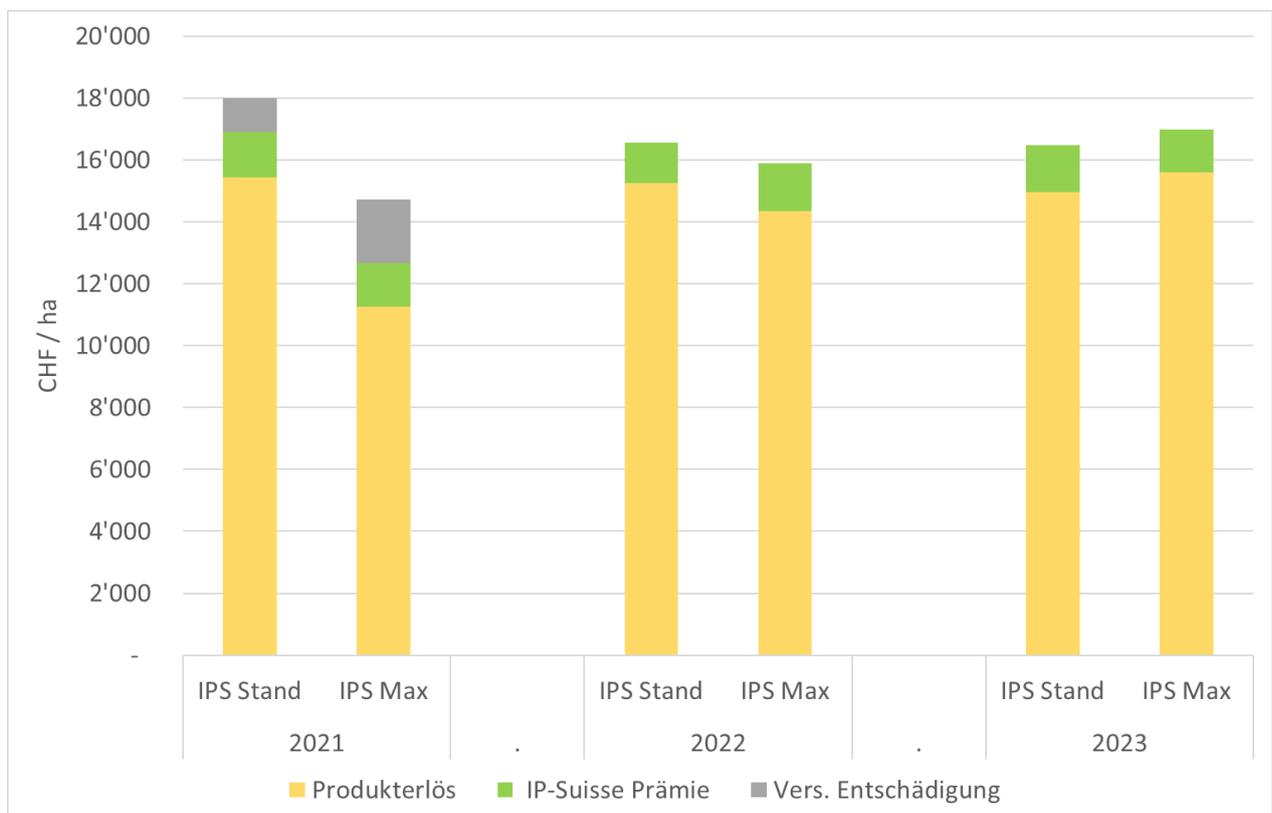


Abbildung 14: Erlöse je Hektare, Kartoffelbau, Mittelwerte, nach Jahren und Anbauverfahren (n=10 (2021,2022), n=9 (2023)).

3.2.2 Einzeldiskussion zur Betriebswirtschaft

Die Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit deuten darauf hin, dass in normalen Anbaujahren mit den robusteren Sorten die Kosten für den Pflanzenschutz so gesenkt werden können, dass geringfügige Ertragseinbussen in Kauf genommen werden könnten, ohne dass ein schlechteres Einkommen erzielt wird. Inwiefern unerwünschte Nebeneffekte wie vermehrtes Aufkommen von Problemunkräutern in Folgekulturen oder vermehrtes Auftreten von anderen pilzlichen Erregern infolge der Fungizidreduktion zu zusätzlichen Kosten führen, konnte in diesem Versuch nicht beantwortet werden.

3.3 Treibhausgaspotential

3.3.1 Resultate

Auf der Abbildung 15 sind die flächenbasierten Treibhausgaspotentiale der Anbauverfahren aller Jahre abgebildet. Signifikante Unterschiede zwischen den Anbauverfahren sind nicht feststellbar, wobei jedoch das IPS-Max Verfahren tendenziell leicht tiefer ausfällt. Erwartungsgemäss leisten die grauen Emissionen der Düngemittel, in der Abbildung als «Dünger» aufgeführt, und Feldemissionen den grössten Beitrag, wobei es sich bei Letzteren um Lachgasemissionen handelt, die wiederum grösstenteils aus den eingesetzten Düngemitteln resultieren. Hierbei gilt zu erwähnen, dass durch den Einsatz von Maschinen direkt entstehende Kohlendioxidemissionen nicht in der Kategorie «Feldemissionen», sondern der Kategorie «Maschinen» angerechnet wurde.

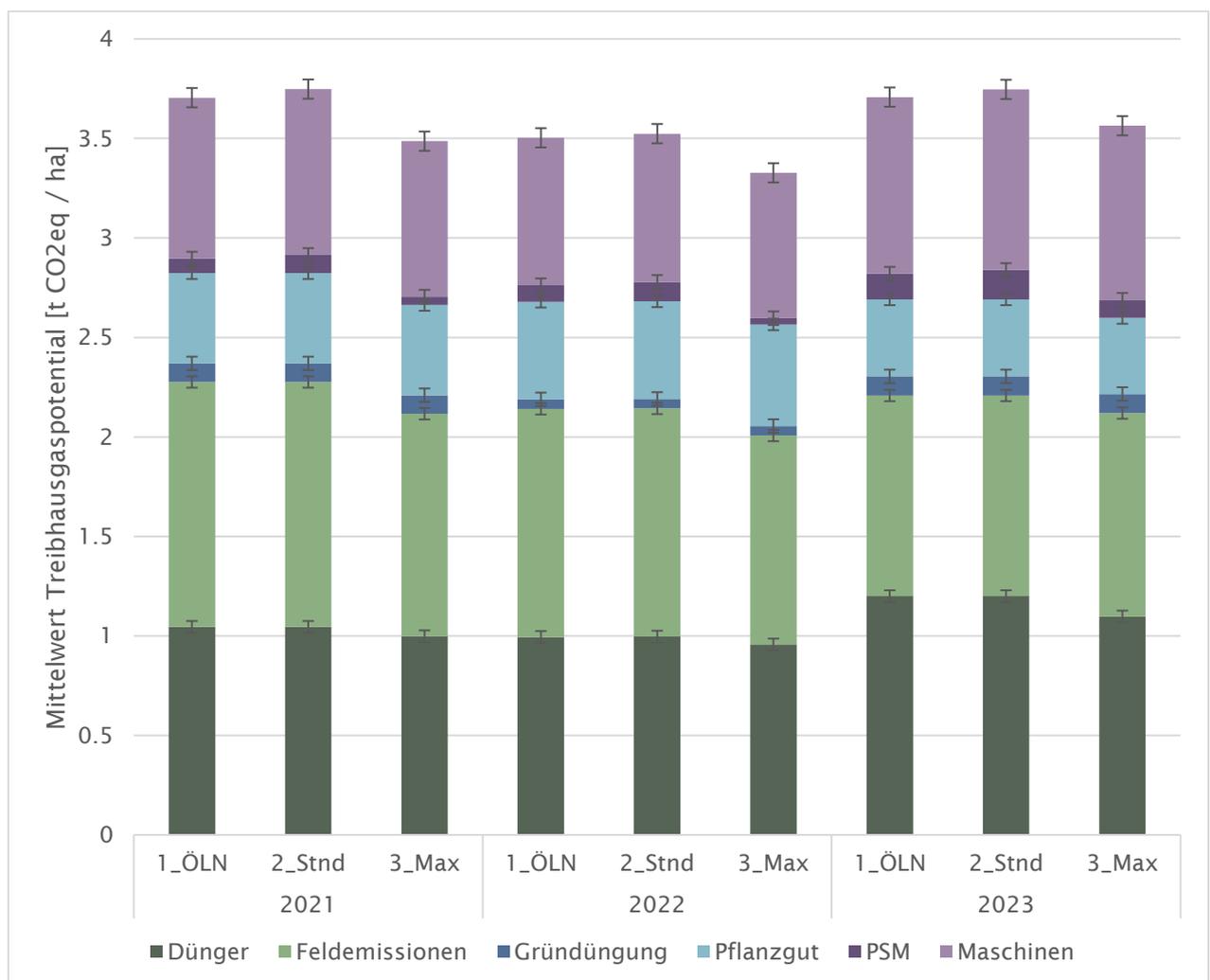


Abbildung 15: Flächenbasierte Treibhausgaspotentiale der unterschiedlichen Anbauverfahren als Mittelwerte aller teilnehmenden Betriebe.

In Abbildung 16 sind die Treibhausgaspotentiale aller Verfahren pro kg Kartoffeln (Frischmasse) über alle Jahre ersichtlich. Erwartungsgemäss sind Schwankungen in Abhängigkeit vom Ertrag zwischen den Betrieben, Verfahren und Jahren ersichtlich. Auffallend hoch ist das Treibhausgaspotential im Jahr 2021 im IPS-Max Verfahren, wobei dies auf ungünstige Wetterbedingungen und Hagelschäden bzw. die dadurch verursachten Ertragsverluste zurückzuführen ist.

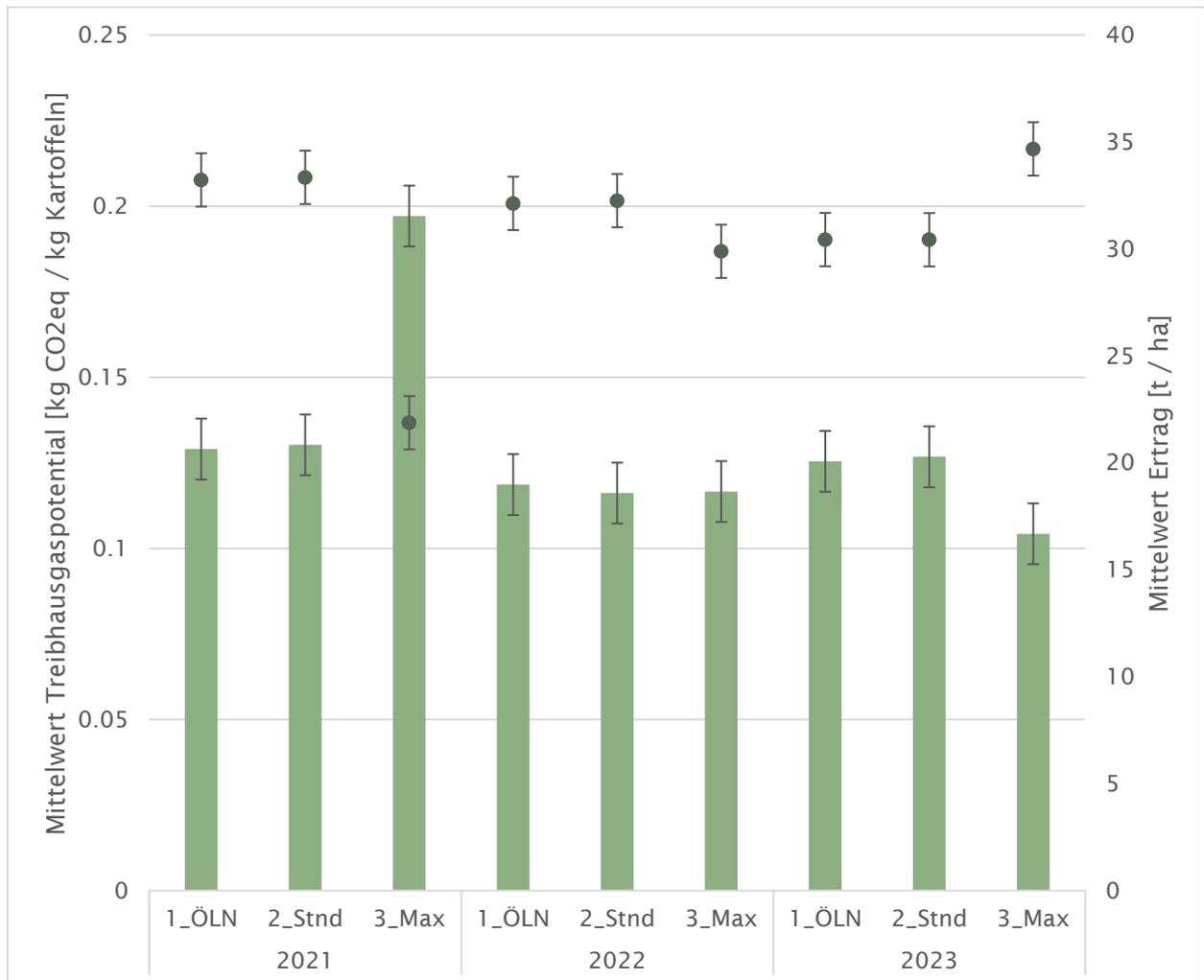


Abbildung 16: Produktbasierte Treibhausgaspotentiale (Säulen, linke vertikale Achse) als Mittelwerte aller Betriebe, in Abhängigkeit der Erträge (Punkte, rechte vertikale Achse).

3.3.2 Einzeldiskussion zum Treibhausgaspotential

Im Rahmen dieser Studie wurde evaluiert, ob die unterschiedlichen Anbauverfahren einen Einfluss auf deren Treibhausgaspotential haben. Gemäss den oben beschriebenen Resultaten konnten jedoch nur geringfügige Abweichungen beobachtet werden, die in direktem Zusammenhang mit den Anbauverfahren stehen. Erwartungsgemäss erzielt IPS-Max tendenziell tiefere Treibhausgaspotentiale bei der Produktion der Pflanzenschutzmittel (PSM) und vereinzelt wurden möglicherweise weniger Düngemittel eingesetzt, was sich wiederum in den Kategorien «Dünger» und «Feldemissionen» widerspiegelt. Bei der produktbezogenen Betrachtung variieren die Treibhausgaspotentiale erwartungsgemäss stark in Abhängigkeit von den erzielten Erträgen.

4. Gesamtdiskussion

Die mechanische Unkrautbekämpfung funktionierte meist gut. Es gab während der drei Projektjahre keine Parzelle mit mechanischer Unkrautbekämpfung, bei welcher die Verunkrautung zu einer Behinderung der Ernte führte. Weder beim Unkrautdruck noch bei den Leitunkräutern konnten deutliche Unterschiede zum chemischen Verfahren festgestellt werden. Einzig bei der Position der aufkommenden Unkräuter gab es Unterschiede; bei der mechanischen UKB waren die Unkräuter eher an der Dammflanke, bei der chemischen UKB eher flächig verteilt zu beobachten. Die Durchführung der mechanischen UKB ist aber mit einer grösseren Anzahl an Durchfahrten und einem höheren Risiko verbunden. Je nach Witterungsbedingungen nach der Pflanzung kann es sehr herausfordernd sein, die mechanische Unkrautbekämpfung bei nassen Bedingungen im Frühjahr erfolgreich zu vollziehen. Ausserdem kann bei diesem Verfahren eine Spätverunkrautung entstehen, welche wiederum zu Mehraufwand und Kosten in der Folgekultur führen kann. Dieses Thema wurde nicht näher untersucht und es können keine Zahlen dazu genannt werden.

Die Alternativen zur chemischen Krautvernichtung haben analog zur mechanischen Unkrautbekämpfung gut funktioniert. Das Verfahren CropZone mit Strom kann sich wegen des hohen Gewichts negativ auf die Bodenstruktur auswirken und ist in der aktuellen Ausführung nicht für den Kartoffelbau geeignet. Das thermische Verfahren wurde nur im ersten Versuchsjahr auf einem Betrieb angewandt. Es ist sehr energieaufwändig, kostenintensiv und daher wenig verbreitet. Die Kombination von Krautschlegeln mit der Anwendung des Fettsäureherbizides Siplant, wurde von den Projektbetrieben oft angewandt. Die Wirkung war vergleichbar mit der chemischen Variante, es ist jedoch mit höheren Kosten verbunden (im Mittel 50-60% Mehrkosten für die nichtchemische Krautvernichtung im Verfahren IPS-Max).

Die Reduktion des Fungizideinsatzes ist mit dem Anbau einer robusten Kartoffelsorte ohne grösseres Risiko für den Befall mit der Kraut- und Knollenfäule möglich. In den drei Projektjahren konnten mit dem reduzierten Pflanzenschutzmitteleinsatz rund 20% der Pflanzenschutzkosten eingespart werden. Durch die Reduktion des Fungizideinsatzes könnten in Zukunft möglicherweise andere, bisher indirekt bekämpfte pilzliche Erreger vermehrt auftreten (beispielsweise Alternaria). Ausserdem müssen die robusten Sorten vom Handel und Konsumenten akzeptiert und zu vergleichbaren Preisen übernommen werden. Teilweise musste in Kauf genommen werden, dass die Qualitätseigenschaften dieser Sorten noch nicht den gewohnten Ansprüchen des Marktes entsprechen. Dies war bei der Schalenqualität und den Lagerungseigenschaften der Sorte Acoustic der Fall. Sind die Qualitätsanforderungen nicht erfüllt, so ist das finanzielle Risiko für die ProduzentInnen hoch, da die Kartoffeln nur zu reduzierten Preisen übernommen werden. Können die robusten Kartoffeln aber zum Marktpreis übernommen werden, können mit deren Anbau vergleichbare Erlöse erzielt werden.

Bei den Auswertungen zum Treibhausgaspotential zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Verfahren. Mit den angewandten Massnahmen konnte dieses Potential im Verfahren IPS-Max nur tendenziell gesenkt werden. Die Reduktion durch den geringeren PSM-Einsatz im Verfahren IPS-Max wurde durch die grössere Anzahl Durchfahrten bei den Maschinen kompensiert. Der grösste Einfluss auf das Treibhausgaspotential je kg Kartoffeln hat der erzielte Ertrag pro ha. Da die Düngung und die Feldemissionen einen grossen Anteil haben, könnte die Durchführung einer parzellenspezifischen Düngungsplanung sowie der Anbau von nährstoffeffizienten Low-Input Sorten das Treibhausgaspotential im Kartoffelbau senken. Der Einfluss der genannten Massnahmen auf das Treibhausgaspotential wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht untersucht, sollte jedoch im Rahmen von Folgeprojekten geprüft werden.

Das Ziel der Reduktion des Risikopotentials der angewandten Pflanzenschutzmittel um 50% konnte mit dem Verfahren IPS-Max in allen Umweltbereichen deutlich erreicht werden. Die Verursacher der grössten Anteile des Risikopotentials sind im Umweltbereich OFG die Fungizide, im Bereich GW die Krautvernichtungsmittel und im Bereich NL die Herbizide. Im Bereich GW wurde das Ziel der Reduktion um 50% durch den Verzicht auf chemische Krautvernichtungsmittel auch im Verfahren IPS-Standard erreicht. Im Bereich NL war dies nur in einem von drei Projektjahren der Fall. Durch den vollständigen Herbizidverzicht (UKB

und Krautvernichtung) würde dieses Ziel mit dem IPS-Standard ebenfalls erreicht. Zudem könnte das Risiko im Umweltbereich NL noch stärker minimiert werden, wenn bei der Kartoffelkäferbekämpfung das biologische Präparat *Bacillus thuringiensis* eingesetzt würde. Im Umweltbereich OFG ist das Ziel einer Reduktion des Risikos um 50% nur mit einer starken Reduktion des Fungizideinsatzes und damit verbunden dem Anbau einer robusten Sorte zu erreichen. Einen grossen Einfluss auf das Risikopotential hat dabei auch die Wahl von Fungiziden mit einem geringeren Risikoscore.

5. Folgerungen & Ausblick

Nach den drei Projektjahren kann gefolgert werden, dass sämtliche Ziele des Projektes «nachhaltige Kartoffelwirtschaft» erreicht werden konnten.

- Die Marktpartner sind sensibilisiert und motiviert robuste Sorten verstärkt auf den Markt zu bringen. Man ist sich jedoch bewusst, dass die Herausforderungen gross sind und teilweise Kompromisse gemacht werden müssen. Ein starkes Zeichen ist die Zielvereinbarung von Swisspatat mit dem BLW, welche zum Ziel hat bis 2028 25% und bis 2040 80% der Anbaufläche mit robusten Sorten zu decken.
- Die Sortenwahl im Projekt wurde aufgrund der Resultate der Low-Input Versuche getroffen. Dabei wurden mit Twinner und Acoustic zwei Sorten angebaut, die durch diese Projekte den Sprung auf die Schweizer Sortenliste geschafft haben. Beide zeichnen sich durch eine sehr gute Krautfäulerobustheit aus und können ohne grösseres Risiko mit einer deutlichen Fungizidreduktion angebaut werden.
- Bei den Alternativen zur chemischen Unkrautbekämpfung und Krautvernichtung hat sich gezeigt, dass diese in der Praxis umsetzbar sind. Die mechanische Unkrautbekämpfung ist aber mit mehr Überfahrten und einem höheren witterungsbedingten Risiko verbunden. Der Einsatz vom Fettsäureherbizid Siplant zur Krautvernichtung, ob zweimal oder in Kombination mit Krautschlegeln, hat eine vergleichbare Wirkung mit den chemischen Mitteln gezeigt. Dieser Einsatz ist jedoch mit höheren Kosten verbunden.
- Die Pilotbetriebe haben die Massnahmen zu sehr grossen Teilen erfolgreich umgesetzt. Einzig der Verzicht auf Herbizide konnte im Verfahren IPS-Max je nach Jahr nicht eingehalten werden. Die Ergebnisse des Projektes wurden an verschiedenen Fachtagungen und Flurbegehungen präsentiert und diskutiert. Beispielsweise der Kartoffelevent an den Feldtagen 2023 in Kölliken erreichte in der Folge auch ein grösseres mediales Echo.
- Bei möglichen Zielkonflikten hat sich gezeigt, dass schlussendlich der Ertrag und die Qualität der angebauten Kartoffeln entscheidend ist. Einerseits hinsichtlich des Treibhausgaspotentials, andererseits hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit für die ProduzentInnen. Den grössten Einfluss auf das Treibhausgaspotential pro kg Kartoffeln hat der erwirtschaftete Ertrag und nicht eines der getesteten Anbauverfahren. Damit mit robusten Sorten vergleichbare Erlöse erzielt werden können, müssen diese die Qualitätskriterien erfüllen und zu Marktpreisen übernommen werden.

Die Branche hat die Wichtigkeit erkannt, dass die Sortenprüfung verstärkt auf die Krankheitsresistenz gerichtet werden muss, ohne dabei die wichtigsten Qualitätsparameter der Abnehmer zu vernachlässigen. Es braucht daher eine Diskussion der gesamten Branche, um zu definieren, welche Parameter prioritär zu behandeln sind. Auch das Kartoffeljahr 2024 unterstreicht mit einer extremen Krautfäuleepidemie die Notwendigkeit von robusteren Sorten für die Praxis. Mit einem höheren Anteil an robusten Sorten im Anbau wäre diese Epidemie in einem deutlich geringeren Ausmass aufgetreten. Im Rahmen des Projektes «Für eine Erhöhung der Anbaufläche robuster Kartoffelsorten in der Schweiz» sollen die Arbeiten in der Sortenprüfung zu dieser Thematik ab 2024 weitergeführt und verstärkt werden. Zudem sollen auch mehr ProduzentInnen in der Praxis robuste Sorten anbauen und bei der Strategie der Fungizidbehandlungen unterstützt werden, damit eine Reduktion an PSM in der Praxis möglich ist.

6. Handlungsempfehlungen

Insgesamt hat sich im Projekt «nachhaltige Kartoffelwirtschaft» gezeigt, dass die Reduktion des PSM-Einsatzes im Kartoffelbau möglich ist. Sie ist jedoch mit einem höheren Risiko verbunden und gewisse Rahmenbedingungen sollten angepasst werden, damit die PSM-Reduktion in der Praxis umsetzbar wird. Aus den Resultaten und Erfahrungen des dreijährigen Projektes, werden Handlungsempfehlungen für sämtliche betroffenen Akteure des Kartoffelbaus abgeleitet. Die Zusammenfassung dieser Empfehlungen ist der Tabelle 4 pro Akteur zu entnehmen.

Bund

Es konnte gezeigt werden, dass alternative Massnahmen wie die mechanische Unkrautbekämpfung erfolgreich umsetzbar sind. Diese Massnahme, wie auch beispielsweise der Verzicht auf chemische Insektizide (Einsatz von *Bacillus thuringiensis*) werden im Bundesprogramm «Verzicht auf Pflanzenschutzmittel» unterstützt. Sie können zu einer hohen Reduktion des Risikos in den Umweltbereichen GW und NL beitragen, müssen aktuell jedoch auf der gesamten Kartoffelfläche eines Betriebes umgesetzt werden. Agronomisch gesehen wäre es sinnvoller, diese Massnahmen parzellenspezifisch zu gestalten, da nicht alle Parzellen für die mechanische UKB geeignet sind (Hanglage), oder ein Betreib mit einer grossen Kartoffelfläche aus arbeitswirtschaftlichen Überlegungen nicht seine ganze Fläche herbizidfrei bewirtschaften wird. Diskussionen mit den Betriebsleitern im Projekt deuten darauf hin, dass die Beteiligung bei parzellenspezifischer Anwendung höher ausfallen würde und dadurch auch die Senkung des Risikos auf der gesamten Kartoffelfläche stärker wäre. Es konnte ausserdem gezeigt werden, dass mit robusteren Sorten eine deutliche Reduktion des Fungizideinsatzes möglich ist, was eine hohe Risikoreduktion im Bereich OFG zur Folge hat. Die Förderung der Züchtung und Sortenprüfung von robusten Sorten sollte deshalb weiter gestärkt werden. Bei den Fungiziden hat die Wahl von Produkten mit einem geringeren Risikoscore einen sehr hohen Einfluss auf das Umweltrisiko. Aus diesem Grund wäre es sinnvoll den Landwirten ein Werkzeug zur Verfügung zu stellen, womit Sie die Wahl der PSM aufgrund der Risikoscores einfach treffen können. So hätten die Landwirte die Möglichkeit, vor allem Produkte mit tiefem Risikoscore einzusetzen.

Kartoffelbranche

Mit dem Anbau von robusten Sorten ist wie erwähnt eine grosse PSM-Reduktion ohne grösseres Risiko für Befälle mit der Kraut- und Knollenfäule möglich. Die Aktivitäten in diesem Bereich in der Sortenprüfung müssen demzufolge mindestens beibehalten werden. Es hat sich aber erwiesen, dass die Herausforderungen mit robusten Sorten noch gross sind. Je nach Sorte müssen Abstriche in gewissen Qualitätsparametern gemacht werden. Die zahlreichen Parameter bei für die Sortenaufnahme für die Bereiche Produktion, Handel und Verarbeitung müssen diskutiert und klar priorisiert werden. Die Fleischfarbe darf nicht länger stärker gewichtet werden als die Krankheitsresistenz. Nur so kann der Anteil robuster Sorten im Anbau erhöht werden.

Handel

Der Handel soll vermehrt auf robuste Sorten setzen, welche im Anbau agronomische Vorteile haben. Da noch Herausforderungen in verschiedenen Qualitätsparametern bei robusten Sorten vorhanden sind, müssen Kompromisse bei den Qualitätskriterien gemacht werden (siehe oben). Ausserdem steigert sich mit den verschiedenen alternativen Massnahmen zur Reduktion des PSM-Einsatzes (mechanische UKB, Verzicht auf chemische Krautvernichtungsmittel etc.) insgesamt das Risiko für die ProduzentInnen. Mehrkosten und höhere Risiken sollten durch die Gestaltung der Übernahmebedingungen und/oder höheren Preisen oder Prämien kompensiert werden.

IP-SUISSE

Der IP-SUISSE Standardanbau (Wahl, ob UKB oder Krautvernichtung alternativ gemacht wird) sollte so weitergeführt werden. Im Projekt hat sich gezeigt, dass die mechanische UKB witterungsbedingt nicht in allen Jahren umsetzbar ist. Daher wird diese Wahlmöglichkeit als sinnvoll angesehen. Um die Risikoreduktion noch stärker zu fördern, wird eine Prämienabstufung nach Reduktion des Risikoscores vorgeschlagen. Die Landwirte sollen dabei frei in der Wahl der Massnahmen zur Senkung des Risikoscores

sein (Wahl von PSM mit tiefem Score, mechanische UKB, alternative Krautvernichtungsmittel, Einsatz von *Bacillus thuringiensis*). Damit können die Landwirte motiviert werden ihre Parzellen standortgerecht und mit möglichst wenig PSM zu bewirtschaften. Voraussetzung dafür ist aber, dass es für die Landwirte ein Werkzeug gibt, womit einsehbar ist, welche PSM einen geringeren Risikoscore aufweisen. Ausserdem braucht es dafür die Standard-Risikoscores für Spritzfolgen im Kartoffelbau der Referenzperiode 2012-2015, um die risikobasierte Prämienabstufung zu definieren und anwenden zu können. Die Umsetzung sollte als Pilotprojekt in Zusammenarbeit mit den Marktpartnern auf ihre Machbarkeit abgeklärt werden. So wird die Kompetenz der einzelnen Landwirte gefördert, anstelle der Umsetzung von starren Massnahmen.

KartoffelproduzentInnen

Die KartoffelproduzentInnen müssen die Bereitschaft haben, neue robuste Sorten anzubauen und alternative Massnahmen auszuprobieren (mechanische UKB, alternative Krautvernichtungsmethoden etc.). Sie müssen den Mut mit sich bringen, die neuen robusten Sorten auch mit weniger PSM zu behandeln. Erfahrungsgemäss braucht das jedoch ein paar Jahre an Erfahrungen und Vertrauen, bis die Behandlungen effektiv reduziert werden.

Tabelle 4: Vorgeschlagene Handlungsempfehlungen der BFH-HAFL aus dem dreijährigen Projekt «nachhaltige Kartoffelwirtschaft» für die Akteure Bund, Kartoffelbranche, IP-SUISSE und die KartoffelproduzentInnen.

Akteur	Handlungsempfehlungen
Bund	<ul style="list-style-type: none"> • Umwandlung der gesamtbetrieblich zu erfüllenden Bundesprogramme «Verzicht auf Pflanzenschutzmittel» «und Verzicht auf Herbizide» auf Einzelparzellenebene • Bereitstellung eines Werkzeuges mithilfe dem für die ProduzentInnen der Risikoscore der einzelnen PSM einfach erkennbar ist • Förderung der Züchtung/ Sortenprüfung im Bereich Resilienz und Krankheitsresistenzen
Kartoffelbranche	<ul style="list-style-type: none"> • Beibehalten der Aktivitäten der Sortenprüfung im Bereich Resilienz und Krankheitsresistenzen • Diskussion und Definition von prioritär zu erfüllenden Parametern für Kartoffelsorten nebst starkem Fokus auf die Robustheit
Handel	<ul style="list-style-type: none"> • Vermehrt auf robuste Sorten setzen, um die Ziele der Reduktion der PSM im Anbau zu erreichen. Kompensation von Mehrkosten und erhöhtem Risiko durch eine Anpassung der Übernahmebedingungen und höheren Preisen.
IP-SUISSE	<ul style="list-style-type: none"> • Beibehalten des bisherigen Labelanbaus (Wahl ob alternative UKB oder Krautvernichtung gemacht wird) • Auszahlung von höheren Prämien für Betriebe, welche robuste Sorten anbauen • Zusätzliche Prämienabstufung nach Risikoscores (freiwillige Zusatzmassnahmen der BetriebsleiterInnen zur Reduktion des Risikoscores)
KartoffelproduzentInnen	<ul style="list-style-type: none"> • Bereitschaft neue, robuste Sorten anzubauen und das Risiko der Reduktion vom Einsatz an PSM auf sich zu nehmen

Literaturverzeichnis

Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press

De Baan L, Spycher S, Daniel O, 2015. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz von 2009 bis 2012. Agrarforschung Schweiz 6 (2): 48-55.

Ecoinvent Centre. 2024. ecoinvent data v3.10. Ecoinvent Centre, Switzerland. Available at: <http://www.ecoinvent.org/>

Gazzarin C, Bütler A, Anken T, Bravin E, Hoop D, Sax M, Schlatter M und Zorn A, 2022. Kostenkatalog 2022. Richtwerte für die Kosten von Maschinen, Arbeit, Gebäude und Hoftechnik. Agroscope Transfer | Nr. 448 / 2022. Agroscope, Tänikon.

JKI (Julius-Kühn-Institut), ohne Datum. Behandlungsindex. Julius-Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. Abgerufen am 25.07.2024, <https://papa.julius-kuehn.de/index.php?menuid=43>

Krokaric M, Ammann L, Hanke I, Schneuwly J, Lehto M, Poiger T, Baan L de, Daniel O, Blom JF, 2022. Nationale Risikoindikatoren basierend auf dem Verkauf von Pflanzenschutzmitteln. Agrarforschung Schweiz 13: 1-10.

Meier, M.S., Schader, Ch. & Gattinger, A., 2012. Modelling N₂O emissions from organic fertilisers for LCA inventories. In: Corson, M.S., van der Werf, H.M.G. (Eds.), 8th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2012), 1-4 October 2012. INRA, Rennes, France, Sain-Malo, France, pp. 177-182.

Meier, M.S., Jungbluth, N., Stoessel, F., Schader, C., Stolze, M., 2014. Higher accuracy in N modeling makes a difference. In: Schenck, R., Huizenga, D. (Eds.) (2014): Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2014), 8-10 October 2014, San Francisco, USA. ACLCA, Vashon, WA, USA, pp. 797-806

Schoch H, Cassez M, 2022. Reflex 2022. Betriebswirtschaftliche Datensammlung. Art.-Nr. 1094. Ag-ridea, Lindau Eschikon 28, CH-8315 Lindau.

WAK (Kommission für Wirtschaft und Abgaben), 2019. 19.475. Parlamentarische Initiative. Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren. Schweizerische Eidgenossenschaft; Kommission für Wirtschaft und Abgaben SR. Abgerufen am 29.07.2024, <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefte?AffairId=20190475>



Dank

An dieser Stelle möchten wir sämtlichen Parteien danken, die während den drei Projektjahren 2021 - 2023 einen wesentlichen Beitrag geleistet haben, damit wir unsere Arbeit wie gewünscht umsetzen konnten.

Herzlichen Dank für die Mitarbeit und Betreuung der zwei Betriebe im Kanton Zürich während der drei Projektjahre an Andreas Rüschi und Sonja Basler vom Strickhof.

Ein grosser Dank gebührt den Betriebsleitern der zehn Projektbetriebe, bei welchen die dreijährigen Versuche durchgeführt werden konnten und uns die nötigen Daten zur Verfügung gestellt haben.

Des Weiteren möchten wir der Inoverde fenaco Genossenschaft für die Zusammenarbeit und die Teilung Ihrer Erfahrungen mit der Übernahme, Lagerung und Vermarktung der robusten Sorten in Rahmen dieses Projektes danken.

Finanziert wurde das Projekt von IP-SUISSE und Marktpartnern entlang der Wertschöpfungskette des Kartoffelbaus; Swissspatat und der Vereinigung der Schweizer Kartoffelproduzenten (VSKP). Herzlichen Dank für die Finanzierung, welche die Realisierung dieses Projektes ermöglicht hat.

7. Anhang

7.1 Unterschiede der Kosten chemischer und nichtchemischer Krautvernichtung

Für den Vergleich in Abbildung 17 wurden nur die Verfahren ÖLN und IPS-Max miteinander verglichen, da nur sie die Extreme wiedergeben. Die nichtchemische Krautvernichtung war rund 50-60% teurer als die chemische. Die tendenziell höheren Kosten im Jahr 2021 sind vor allem auf die speziellen Wetter- und Anbaubedingungen beziehungsweise einzelne Betriebe mit ausserordentlichem Aufwand zurückzuführen.

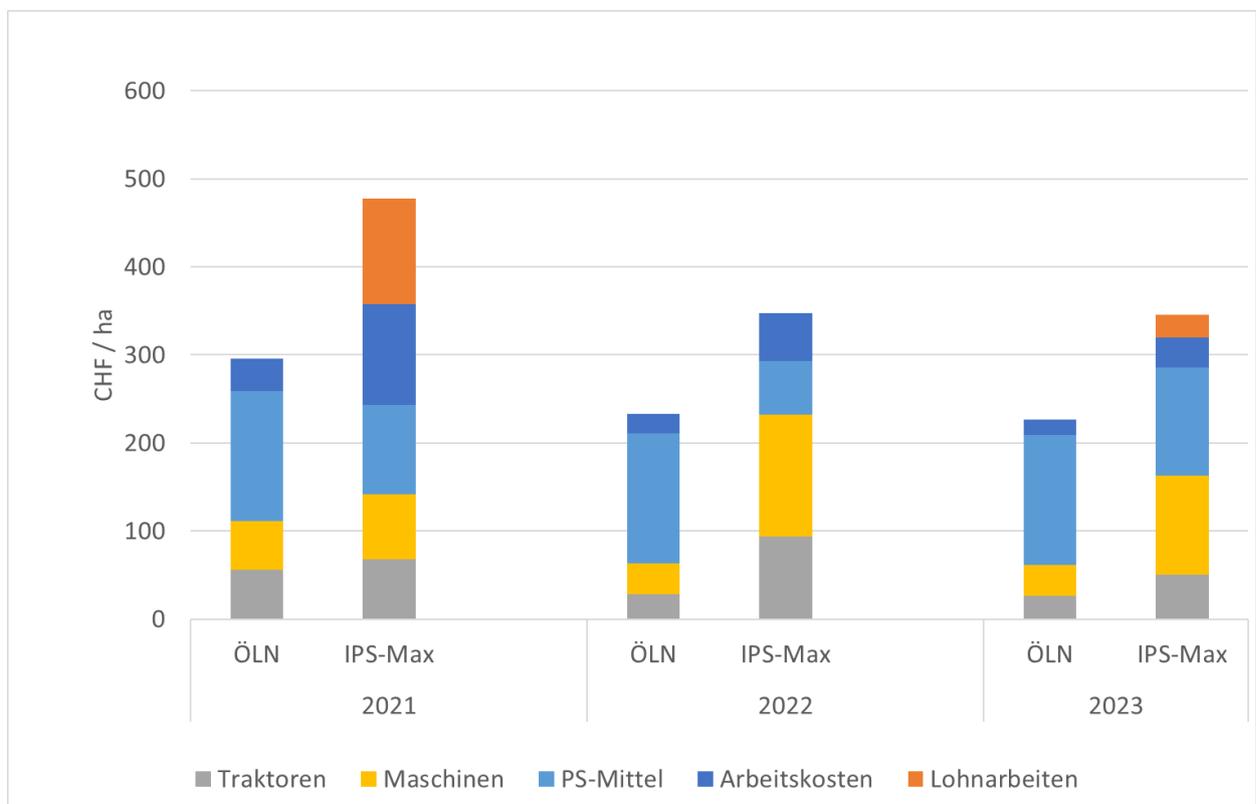


Abbildung 17: Kosten chemischer (ÖLN) und nichtchemischer Krautvernichtung (IPS-Max) der untersuchten Betriebe in den Jahren 2021-2023, Mittelwerte.

7.2 Entwicklung Düngerkosten

Die Kosten für Stickstoff-Dünger haben sich während der Projektdauer als Folge der gestiegenen Energiekosten (Russischer Krieg gegen die Ukraine, Energiewende) mehr als verdoppelt, ab 2023 haben sich die Preise an den internationalen Märkten wieder dem alten Niveau angenähert, was sich auch auf die Preise für hiesige Düngemittel auswirkt.

Am Beispiel der typischen Düngung eines Projektbetriebes wird in Abbildung 18 aufgezeigt, wie sich die Düngerkosten im Einzelfall während der Projektdauer veränderten. Für den Beispielbetrieb sind die Handelsdüngerkosten absolut um 450 CHF pro Hektare Kartoffeln gestiegen, was einer Zunahme von mehr als 70% entspricht. Ein diesbezüglich noch deutlicher Anstieg bei den Düngerkosten im Kartoffelbau ist den DB-Katalogen 2022-2023 zu entnehmen; dort beträgt die Zunahme absolut sogar 488 CHF je Hektare beziehungsweise + 97%.

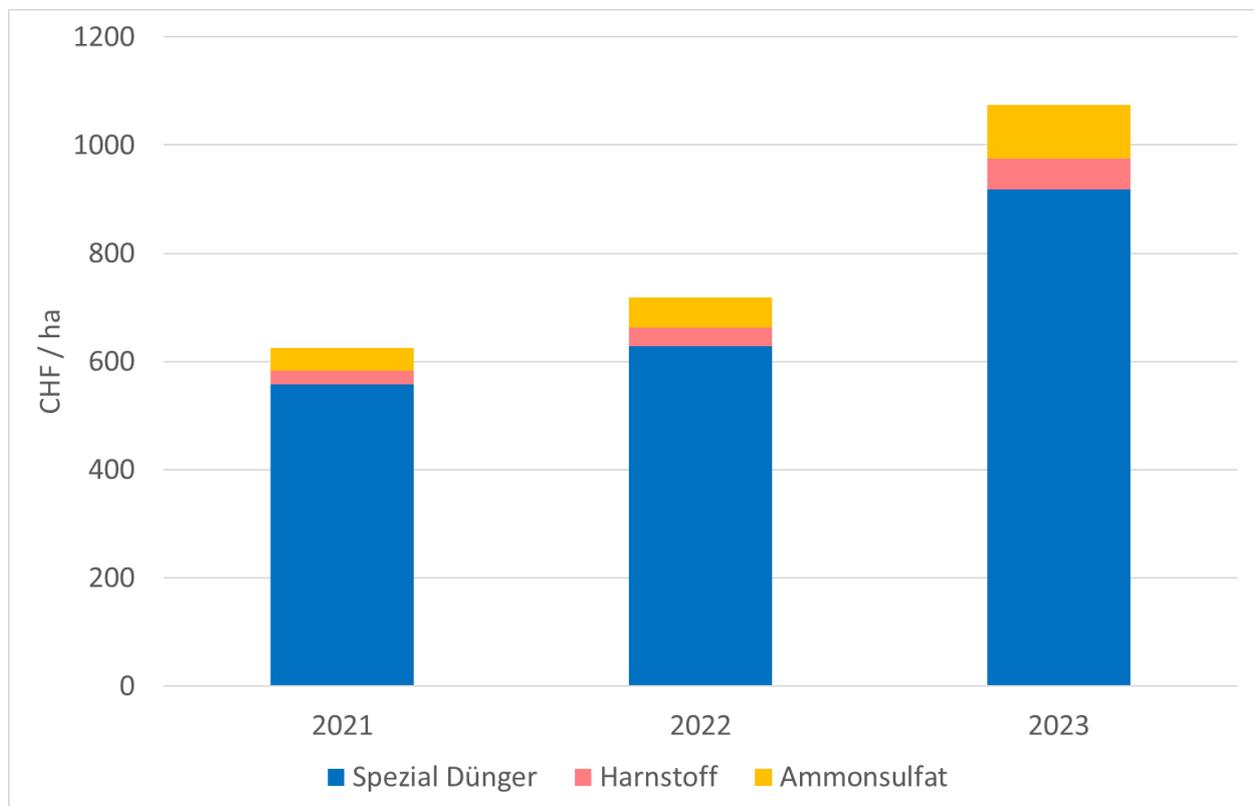


Abbildung 18: Entwicklung Düngerkosten im Kartoffelbau auf einem typischen Projektbetrieb.