



Gliederung

	<i>Seite</i>
1. Einleitung	3
2. Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete (WPs)	4
2.1 Projektkoordination (WP1), verantwortlich: FILL/LTA	4
2.2 Literaturstudie (WP2), verantwortlich: LIST	4
2.3 Ackerbauelemente (WP3) & Fruchtfolgeelemente (WP4), verantwortlich: LWK	5
2.4 Meteorologie (WP5), verantwortlich: LIST	8
2.5 Herbizidanalytik (WP6), verantwortlich: LIST	14
2.6 Wissenschaftliche Analyse (WP7), verantwortlich: LWK/LIST	15
2.6.1 Erträge	15
2.6.2 Unkrauterhebungen	22
2.7 Ökonomische Analyse (WP8), verantwortlich: LTA/SER	29
2.7.1 Fruchtfolgeelemente	29
2.7.2 Ackerbauelemente	35
2.8 Öffentlichkeitsarbeit (WP9), verantwortlich: LWK/LTA	41
2.9 Fortbildung (WP10) und Ausbildung (WP11), verantwortlich: LWK/LTA	43
2.10 Wissenschaftlicher Output und Kooperationen	45
3. Abschließende Schlussfolgerungen am Ende des Projektes	47
4. Anhang	



1. Einleitung

Die Fruchtfolge ist eines der wichtigsten Instrumentarien im Integrierten Pflanzenbau und dient der nachhaltigen Sicherung des Ertrages, sowie der Produktionsfaktoren Boden und Wasser. Aufgrund wirtschaftlicher und klimatischer Zwänge hat sich in den letzten Jahrzehnten die ackerbauliche Fruchtfolge in Europa deutlich verengt, wodurch sich unter anderem signifikant reduzierende Effekte auf die in der Agrarlandschaft beheimateten Arten von Flora und Fauna ergaben. Zusätzlich gingen mit der Verengung der Fruchtfolge und der Intensivierung der angebauten Kulturpflanzen eine anthropogene Belastung des Grundwassers durch Pflanzenschutzmittel und Nitrate einher. Als Reaktion auf diese Herausforderungen für den Ackerbau entwickelte die Fördergemeinschaft Integrierte Landbewirtschaftung Luxemburg (FILL) das Projekt „Effiziente Fruchtfolgen – ein Lösungsansatz für einen verbesserten Wasserschutz und mehr Biodiversität in der Luxemburger Landwirtschaft“. Als Multiplikatoren wurden in die Projektplanung und -durchführung folgende Institutionen integriert: Landwirtschaftskammer (LWK), Lycée Technique Agricole (LTA) und das Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST). Jeder dieser Kooperationspartner brachte damit eine Kernkompetenz in das Projekt ein: Praxisrelevanz (LWK), Ausbildung (LTA) und wissenschaftliche Expertise (LIST). Der Wissenstransfer in die landwirtschaftliche Praxis wurde durch das sofortige Einbeziehen der neuesten Erkenntnisse in die Erstausbildung der Ackerbauschule, die Vor-Ort Beratung der Landwirte sowie Sensibilisierungskampagnen gewährleistet.

Die Projektdauer war auf 5 Jahre (2015-2020) angesetzt. Die Finanzierung erfolgte durch drei Ministerien: Ministère du Développement durable et des Infrastructures (MDDI), Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et de la Développement rural (MAVDR) und Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR).

Im Rahmen des Projektes EFFO wurden zum einen Feldversuche an drei Standorten in Luxemburg durchgeführt, um **a)** kurzfristig die Eignung alternativer ackerbaulicher Verfahren für Raps zu testen und **b)** anhand alternativer Fruchtfolgen die langfristige, ökonomisch sinnvolle Substitution des Rapses durch andere Ölpflanzen (low-input Kulturen) zu prüfen. Zum anderen wurden **c)** die in den Feldversuchen gewonnenen Ergebnisse direkt in die ackerbauliche Praxis und Ausbildung überführt. Damit verbunden war während der Projektdauer eine kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit zur Sensibilisierung der Verbraucher für Themen in den Bereichen Bodenschutz, Wasserschutz, Biodiversität und Landwirtschaft.

Der nun vorliegende Abschlussbericht bietet eine Übersicht über die im Rahmen von EFFO gesammelten Erkenntnisse und zeigt den Entscheidungsträgern der Agrarbranche, darunter aber insbesondere der Praxis, Lösungen für eine nachhaltigere Rapsproduktion durch einen (Teil-) Verzicht der Herbizide bei der Unkrautbekämpfung auf.



2. Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete (WPs)

2.1 Projektkoordination (WP1)

Die praktische Durchführung des EFFO-Projektes oblag dem Projektteam. Dieses setzte sich zusammen aus Mitgliedern der Fördergemeinschaft Integrierte Landwirtschaft Luxemburg (FILL), der Landwirtschaftskammer (LWK), dem Lycée Technique Agricole (LTA) und dem Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST). Die Mitglieder des Projektteams trafen sich in regelmäßigen Abständen im LTA oder in der LWK. Dabei wurden jeweils gemeinsame Strategien zur Umsetzung des EFFO-Projektes in der Praxis erarbeitet, diese an aktuelle Entwicklungen angepasst, sowie Zwischenergebnisse und deren Effekte interpretiert und diskutiert. Die Themen der Arbeitstreffen lassen sich dabei in die Kernbereiche *Budget*, *Versuchsdurchführung* sowie *Öffentlichkeitsarbeit* zusammenfassen. Daneben wurden u. a. Korrespondenz, Verwaltung, sowie Ergebnisprotokolle und Berichte per Mail bearbeitet. Im Kulturjahr 2019/20 fanden die Treffen des Projektteams mehrheitlich online via Videokonferenz statt. Die Projektpartner bewerten nach Abschluss des fünfjährigen Projektes die Zusammenarbeit als sehr gut und produktiv.

2.2 Literaturstudie (WP2)

Die Literaturstudie wurde bereits im Jahr 2016 abgeschlossen. Sie war dem Jahresbericht 2015/16 beigefügt und ist dort einzusehen. Die Studie diente als Grundlage zur Auswahl der im Projekt gewählten Versuchsvarianten (Bearbeitungsmethoden, Alternativkulturen, Versuchsdesign etc.), bzw. zur Bewertung der im Luxemburger Raps verwendeten Herbizid-Wirkstoffe. Auf Wunsch des Lenkungsausschusses erfolgte im Juli 2016 noch ein Zusatz basierend auf den Einschätzungen der EFSA (Review Programm im Auftrag der EU-Kommission (Comission regulation (EC) No 1490/2002)) zu den Wirkstoffen Metazachlor und Clomazon. Auch dieser Zusatz war dem Jahresbericht 2015/16 beigefügt und kann dort eingesehen werden.

2.3 Feldversuch „Ackerbauelemente“ (WP3) und Feldversuch „Fruchtfolgeelemente“ (WP4)

Konkret wurde auf zwei Ebenen in Feldversuchen an drei Standorten (**Abb. 1**) geforscht: 1) Luxemburger Sandstein (Lias), zentraler Grundwasserleiter Luxemburgs; 2) Öslinger Schieferböden (Devon), in unmittelbarer Nähe zum Einzugsgebiet der Obersauertalsperre; 3) Buntsandsteinböden, in Umgebung der Versuchspartellen des LTA. 2020 befanden sich die Versuchsflächen der Ackerbauelemente jeweils in Brouch/Mersch, Grevels und Reisdorf. Sämtliche Versuchsstandorte der fünf Jahre sind in Abbildung 1 dargestellt. Die Flächenauswahl erfolgte in Abhängigkeit von der Fruchtfolgegestaltung auf den Projektbetrieben, innerhalb der oben beschriebenen Regionen.

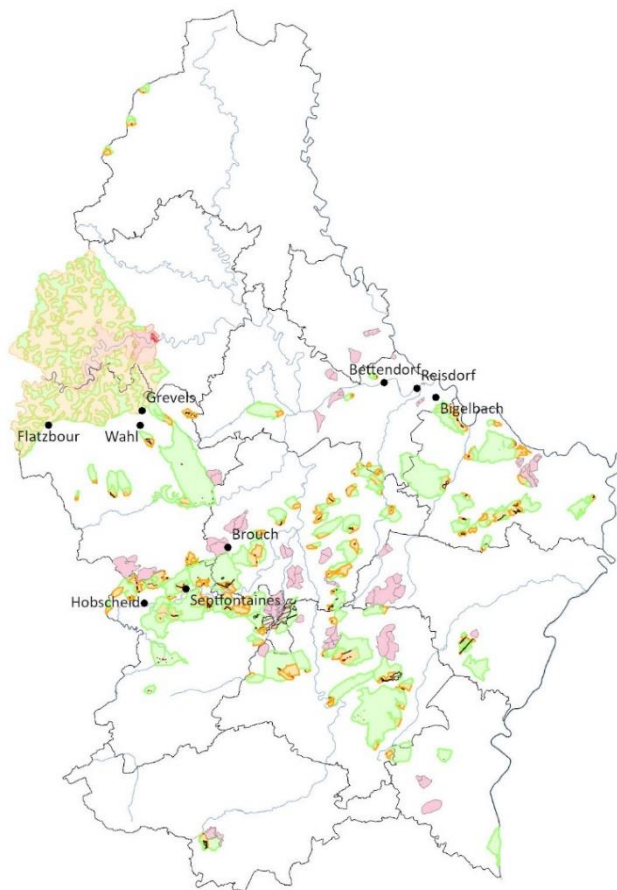


Abbildung 1. EFFO Versuchsstandorte 2015 bis 2020.

Variante für die Beikrautkontrolle im Raps – nämlich der Einsatz des Striegels – wurde in den Versuchen zwar jedes Jahr angelegt, jedoch konnte aufgrund der Witterungsverhältnisse, bzw. des jeweiligen Entwicklungsstadiums des Rapses kein geeigneter Einsatzzeitpunkt im jeweiligen Herbst gefunden werden. Diese Variante wurde daher als Kontrollvariante, d.h. ohne Unkrautmanagement, angelegt.

Auf der Ebene der Ackerbauelemente sollten speziell im Raps verschiedene Anbauverfahren miteinander verglichen werden. Weiterhin wurden alternative Ölpflanzen getestet. Im Speziellen wurden insgesamt fünf alternative Unkrautbekämpfungstechniken für Raps sowie zwei alternative Ölpflanzen angebaut (**Abb. 2**): 1) Winterrapsanbau mit Metazachlor, 2) Integrierter Winterrapsanbau mit alternativen, herbiziden Wirkstoffen; 3) Weite-Reihe-Verfahren mit teil-mechanischer Unkrautbekämpfung und wahlweiser Bandspritzung; 4) Winterrapsanbau ohne PSM (Ausnahme: Saatgutbeizung und Schnecken-bekämpfung) und min. Dünger im Weite-Reihe-Verfahren, 5) Colza Associé: Raps im Gemenge mit abfrierenden Leguminosen; 6) Öllein (*Linum usitatissimum*) als alternative Ölpflanze; 7) Ölhanf (*Cannabis sativa*) als alternative Ölpflanze. Eine sechste

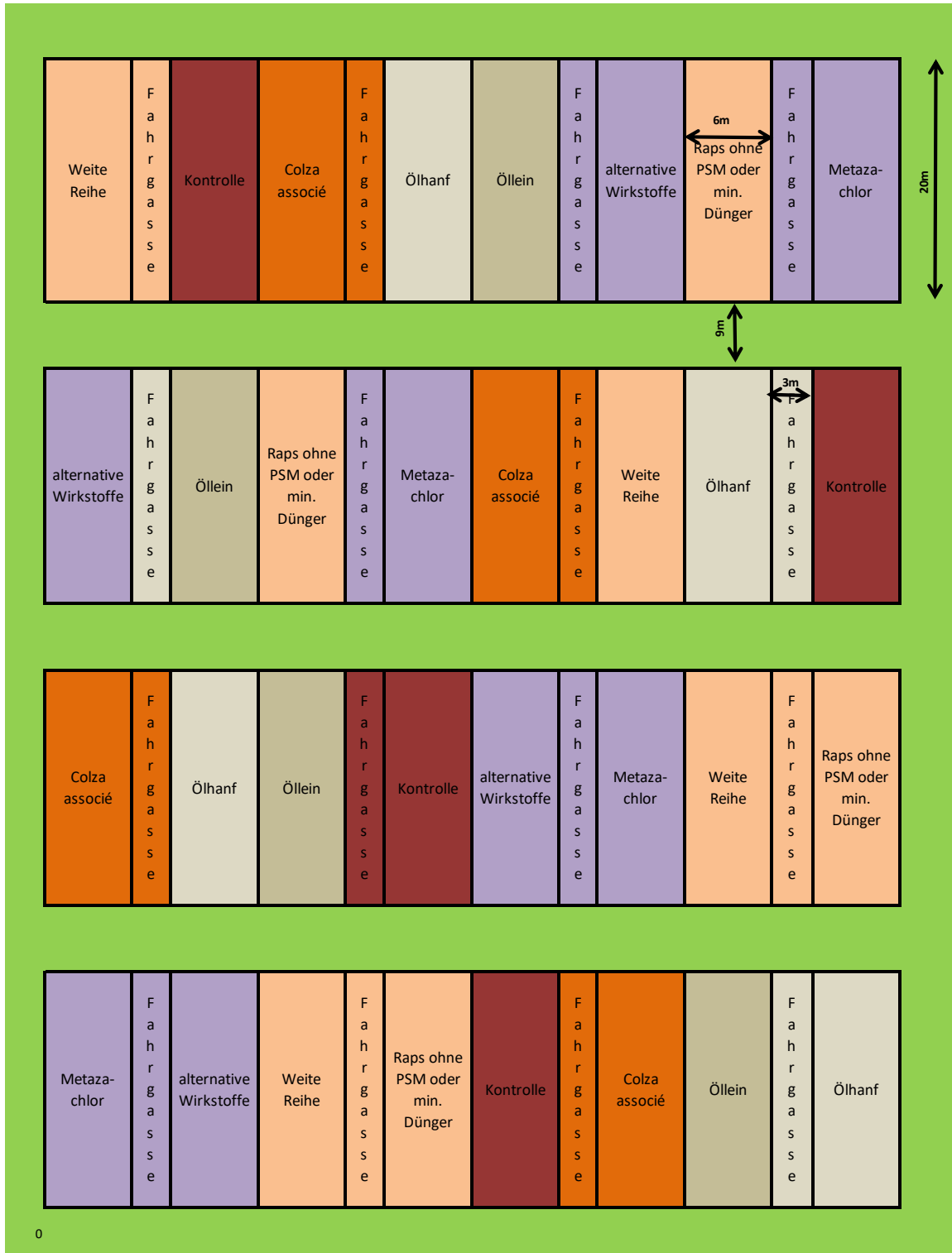


Abbildung 2: Aufbau des Rapsanbauversuchs in vierfacher Wiederholung.

Die Ernteparameter des Kulturjahres 2019/2020 sind im Kapitel 2.6 dargestellt. Die Beerntung der Raps- und Ölleinparzellen wurden 2020, wie in den vergangenen Jahren, durch das LTA erledigt. Die Hanfbestände wurden mit praxisüblichen Mähdreschern geerntet, da die Bauweise der Parzellenmähdrescher eine Beerntung des Hanfs unmöglich machte.

Auf der Ebene der Fruchtfolgeelemente wurde an den drei Standorten Hobscheid, Wahl und Bettendorf eine fünfgliedrige Fruchtfolge gefahren. Diese erweiterte Fruchtfolge wurde einer dreigliedrigen Fruchtfolge (Raps-Weizen-Gerste) gegenübergestellt und nach den 5 Versuchsjahren betriebswirtschaftlich ausgewertet (siehe Kapitel 2.7).

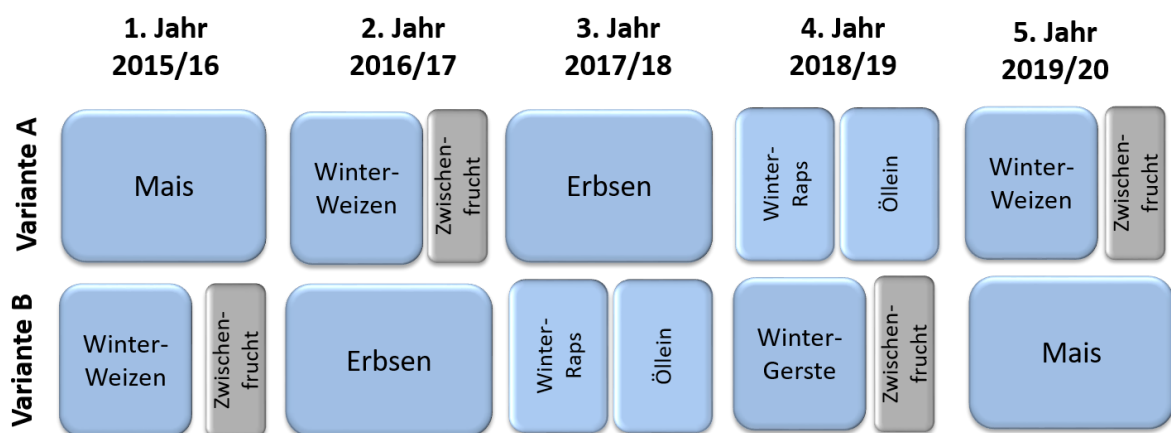


Abbildung 3: Aufbau des Fruchtfolgeversuches.

Der Teilversuch wurde mit einer Wiederholung und um ein Fruchtfolgeelement versetzt angelegt (**Abbildung 3**), wodurch Klimaeinflüsse minimiert werden konnten. In der Variante A folgten im Kulturjahr 2020 auf Winterraps, bzw. Öllein, Winterweizen. In Variante B folgte im Kulturjahr 2020 nach Wintergerste Mais. Leindotter wurde, wie bereits in den letzten Berichten erwähnt, nach dem ersten Versuchsjahr durch Ölhanf ersetzt. Da letzterer die praktische Kulturführung im Fruchtfolgeversuch erschwerte, wurden lediglich Öllein und Raps in der Fruchtfolge einander gegenübergestellt, zudem waren die Schläge so bemessen, dass eine Dreiteilung nur schwer möglich gewesen wäre.

Die Arbeitserledigung beider Teilversuche erfolgte je nach Möglichkeit durch die Pilotbetriebe selbst unter Anleitung der LWK, bzw. durch Mitarbeiter der LWK. Die Kulturführung von 2020 ist für beide Teilversuche im **Anhang** dargestellt. Die Kulturführungen der vorherigen Jahre sind den jeweiligen Jahresberichten zu entnehmen. Die Beerntung der Ackerbauelemente erfolgte in den vier letzten Jahren durch das LTA, nachdem man im ersten Versuchsjahr noch eine Privat-Firma mit Parzellenmähdrescher beauftragt hatte.

2.4 Meteorologie (WP5)

Witterungsverlauf in der EFFO Saison 2019/20

Die Witterung ist ein kurz- bis mittelfristiges Wettergeschehen, das Klima ein langfristiges. Die Witterung beeinflusst die Phänologie von Kulturpflanzen und damit das Auftreten von Pflanzenkrankheiten und die Populationsdynamik von Schadinsekten innerhalb der Saison, das Klima die langfristige Zusammensetzung und Verbreitung der Schaderregerarten. Die Beschreibung des Witterungsverlaufs während des aktuellen Untersuchungszeitraumes vom 1. August 2019 bis 30. Juli 2020 gliedert sich in zwei Abschnitte:

- Für die übergeordnete Charakterisierung des Witterungsverlaufs werden die Daten der Flughafen-Station Findel genutzt (WMO Code = 06590), da nur für diese Station eine hinreichend lange, homogene Datenreihe vorliegt. Für Vergleiche wird die aktuell gültige Referenzperiode 1961 bis 1990 (definiert durch die World Meteorological Organization (WMO)) genutzt.
- Der zweite Teil der Auswertungen konzentriert sich auf die Messwerte der im Projekt verwendeten meteorologischen Stationen der ASTA.

Klimareferenzstation Flughafen Findel

Die folgenden Auswertungen beziehen sich auf die Klimastation Flughafen Findel (WMO Code = 06590). Für den Begriff der Jahreszeiten wird auf die Definition der meteorologischen Jahreszeiten zurückgegriffen.

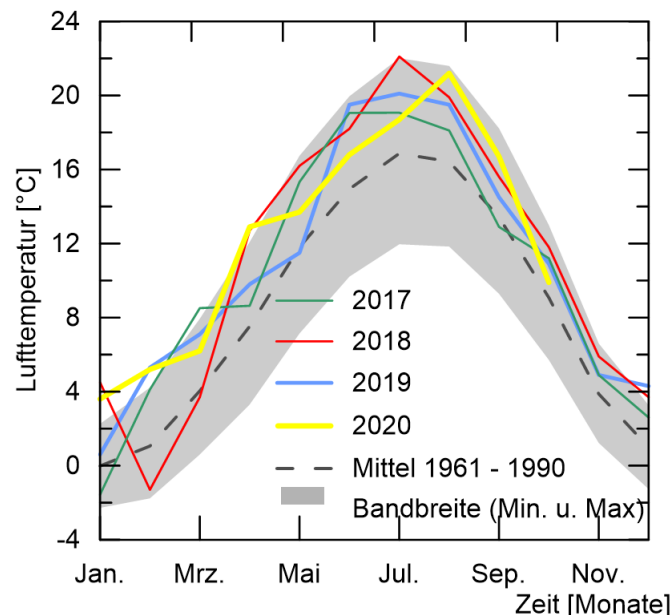


Abbildung 4: Verlauf der Monatsmittel der Lufttemperatur [°C] 2017 (grüne Linie), 2018 (rote Linie), 2019 (blaue Linie) und im Jahr 2020 (gelbe Linie, bis einschließlich Oktober), im Vergleich zu der Referenzperiode 1961 bis 1990 (langjähriges Jahresmittel 8.3°C; schwarze gestrichelte Linie). Die Bandbreite (graue Schraffur) ergibt sich aus dem langjährig gemittelten Minimum und Maximum der Lufttemperatur pro Monat.

Der Witterungsverlauf in der Periode von Januar bis Oktober 2020 war insgesamt durch höhere Lufttemperaturen als die der Referenzperiode 1961 bis 1990 geprägt (**Abbildung 4**). In allen Monaten lag die mittlere monatliche Lufttemperatur über dem langjährigen Durchschnitt (**Abbildung 6**). Bezüglich des Niederschlags wiesen ebenfalls acht der ersten zehn Monate geringere monatliche Niederschlagssummen als die Referenzperiode auf (**Abbildung 5**).

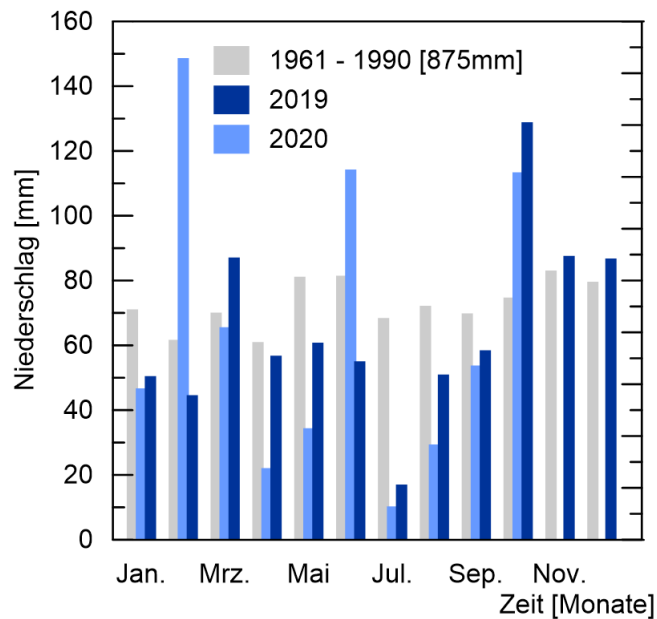


Abbildung 5: Vergleich der monatlichen Niederschlagssummen des Jahres 2019 (dunkelblaue Balken), der Monatssummen von Januar bis Oktober 2020 (hellblaue Balken), sowie die langjährig gemittelten Monatssummen der Referenzperiode 1961 bis 1990 (langjähriges Jahresmittel 875 mm, graue Balken) für die Station Findel.

Im **Januar** bestand ein deutlicher Druckunterschied zwischen dem Kältepol der Nordhemisphäre über Kanada und Grönland und einer weiter südlich gelegenen Hochdruckzone von der Iberischen Halbinsel zum Schwarzen Meer. Dies bedingte eine starke Südwestströmung, die große Teile Europas und auch Luxemburg mit sehr milder Luft versorgte. Insgesamt verlief der Monat basierend auf den Aufzeichnungen der Station Findel deutlich zu warm mit einem geringen Niederschlagsdefizit. Auch der **Februar** war durch – für diesen Monat – warme Lufttemperaturen charakterisiert. Eine kontinuierliche Reihe kräftiger Tiefdruckgebiete, die vom Atlantik her über den Norden Europas hinwegzogen, transportierten sehr milde Meeresluft, aber auch niederschlagsreiche Luftmassen, heran. Mit rund 149 mm fielen an der Station Findel fast 90 mm mehr Niederschlag als in der Referenzperiode (1961 – 1999).

Der Beginn des meteorologischen Frühjahrs (**März**) verlief – mit milden Westlagen – in Luxemburg erneut zu warm, mit einem nur sehr geringen Niederschlagsdefizit an der Station

Findel. Im **April** verstärkte sich dieses Defizit, da rund 39 mm weniger Niederschlag als im langjährigen Durchschnitt registriert wurden. Gleichzeitig setzte sich der Trend der positiven Anomalien der Lufttemperaturen weiter fort (+5,4 °C über der Referenzperiode). Trotz der insgesamt deutlich zu warmen Witterung, traten in einigen Nächten deutliche Frostereignisse auf, die neben der Trockenheit einen weiteren Stressfaktor für landwirtschaftliche Kulturen darstellten, z.B. in der beginnenden Rapsblüte.

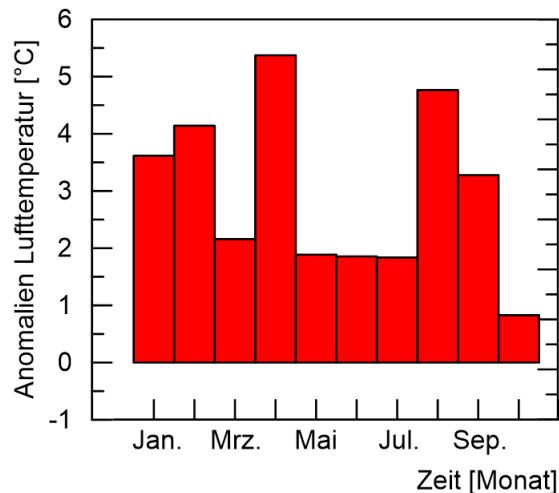


Abbildung 6: Monatliche Anomalien (Januar – Oktober) der Lufttemperatur [°C] an der Station Findel für das Jahr 2020 bezüglich der Referenzperiode 1961 bis 1990.

Der **Mai** beendet den meteorologischen Frühling und war in Luxemburg erneut überdurchschnittlich warm. Der westliche Teil Europas war durch deutlichen Hochdruckeinfluss mit trockener Witterung geprägt, und die Niederschlagsmenge lag an der Station Findel erneut rund 47 mm unter dem langjährigen Durchschnitt.

Zu Beginn des meteorologischen Sommers im **Juni** 2020 war Luxemburg durch einen teilweise unbeständigen und windigen Witterungsverlauf gekennzeichnet. Nach drei aufeinanderfolgenden Monaten mit negativen Niederschlagsanomalien fielen im Juni rund 33 mm mehr Niederschlag als im langjährigen Durchschnitt. Auch der **Juli** reihte sich mit +1,8 °C über dem Durchschnitt in die Reihe der zu warmen Monate des Jahres 2020 ein. Gleichzeitig verstärkte sich die Trockenheit in Luxemburg durch ein erneutes Niederschlagsdefizit von 58 mm.

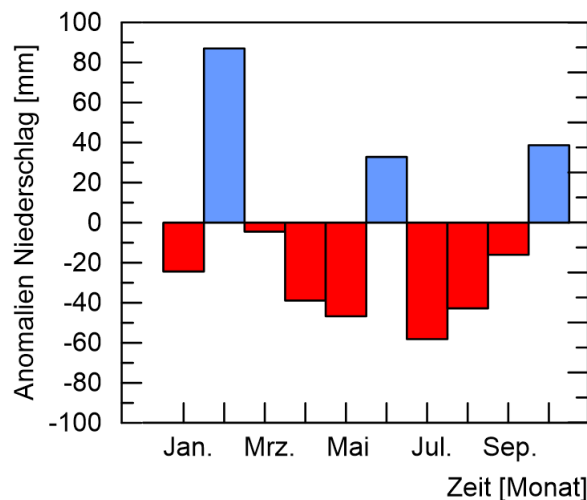


Abbildung 7: Monatliche Niederschlagsanomalien [mm] an der Station Findel (Januar – Oktober) für das Jahr 2020 bezüglich der Referenzperiode 1961 bis 1990.

Zum Abschluss des meteorologischen Sommers war der August erneut durch zu warme Temperaturen – auch bedingt durch eine über 10-tägige Hitzewelle – gekennzeichnet. Die Trockenheit verschärfte sich durch ein erneutes Niederschlagsdefizit von rund 43 mm im Vergleich zum langjährigen Durchschnitt.

Ein überwiegend sommerlich-warmer **September** leitete den meteorologischen Herbst 2020 ein. Erneut wurden Lufttemperaturen über und Niederschlagsmengen unter dem langjährigen Durchschnitt an der Station Findel registriert. Der **Oktober** als letzter Monat des Berichtszeitraumes, war durch eine Reihe von Tiefdruckgebieten gekennzeichnet, die feuchte Luftmassen nach Luxemburg transportierten. Diese lieferten lang ersehnte Niederschläge und führten zu einer positiven Niederschlagsanomalie von rund 38 mm. Des Weiteren trat mit $+0,8^{\circ}\text{C}$ die geringste Anomalie der Lufttemperatur im Untersuchungszeitraum auf.

Meteorologischer Verlauf an den Versuchsstandorten anhand der ASTA Stationen

Der individuelle Witterungsverlauf für den Auswertungszeitraum 01. August 2019 bis 31. Juli 2020 an den im Projekt verwendeten meteorologischen Stationen der ASTA ist in den **Abbildung 8 bis 10**, sowie in **Tabelle 1** zusammengefasst. Die Differenzen der Lufttemperatur zwischen den ASTA Stationen und der Flughafen Station Findel spiegeln die geographische Lage der Stationen wieder. Der Standort Arsdorf weist mit $8,9^{\circ}\text{C}$ im Vergleich zu den beiden anderen Standorten die geringste Mitteltemperatur auf. Die Standorte Bettendorf ($10,5^{\circ}\text{C}$) und Koerich ($9,8^{\circ}\text{C}$) unterscheiden sich nur geringfügig bezüglich der Lufttemperatur (**Tabelle 1, Abbildung 8 bis 10**).

Tabelle 1: Monatsmittelwerte der Lufttemperatur und Monatssummen des Niederschlags für die ASTA Stationen Bettendorf, Koerich und Arsdorf. Für den Zeitraum 1. August 2019 bis 31. August 2020.

	2019					2020						
	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.
Lufttemperatur [°C]												
Arsdorf	16.8	12.1	9.8	3.8	3.2	2.8	4.1	4.2	9.1	10.6	14.5	16.0
Bettendorf	18.1	13.8	10.8	5.4	4.5	4.2	5.7	6.3	10.9	12.4	16.2	17.4
Koerich	17.6	13.1	10.9	4.6	3.8	3.5	5.2	5.3	9.9	11.6	15.3	16.7
Niederschlag [mm]												
Arsdorf	40	52	135	134	152	85	207	96	17	37	97	9
Bettendorf	48	64	130	82	101	61	149	76	24	34	133	10
Koerich	71	67	137	115	145	90	200	86	28	38	99	13
Frosttage [Anzahl]												
Arsdorf	0	2	2	13	12	14	9	15	11	9	0	0
Bettendorf	0	0	1	7	7	10	8	7	7	1	0	0
Koerich	0	0	2	16	11	15	9	17	13	7	0	0

Bezüglich des Niederschlages ergibt sich ein etwas anderes Bild. Die beiden Standorte Koerich und Arsdorf unterscheiden sich mit 1060 mm, respektive 1089 mm nur geringfügig voneinander, während an dem Standort Bettendorf, mit einer Summe von 911 mm, weniger Niederschlag registriert wurde. Bettendorf weist mit rund 48 Frosttagen die geringste Anzahl auf. Sowohl an den Standorten Koerich (90) als auch Arsdorf (87) wurden im Auswertzeitraum annähernd die doppelte Anzahl an Frostereignissen registriert.

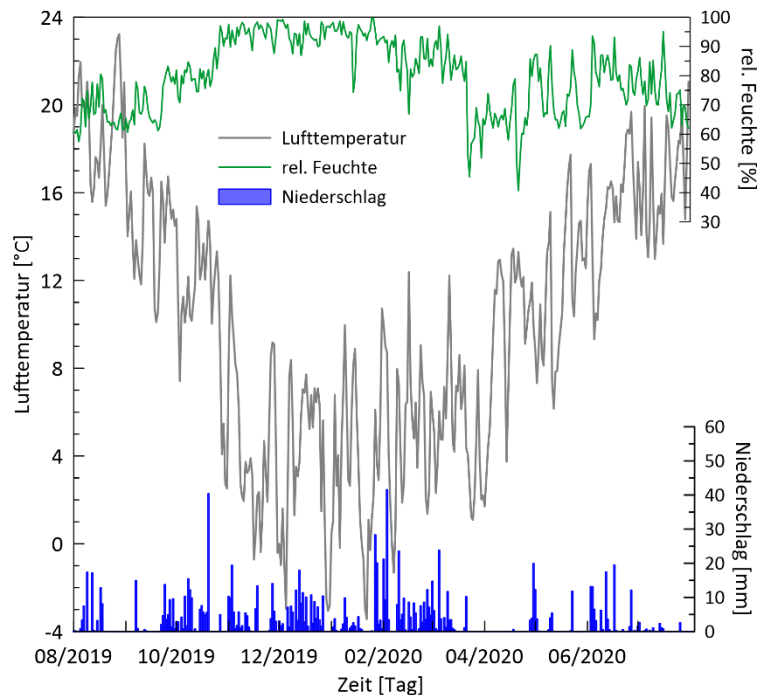


Abbildung 8: Tagesmittel der Lufttemperatur und relativen Feuchte, sowie Tagessummen des Niederschlages für den Standort Koerich; Zeitraum 1. August 2019 bis 31. Juli 2020.

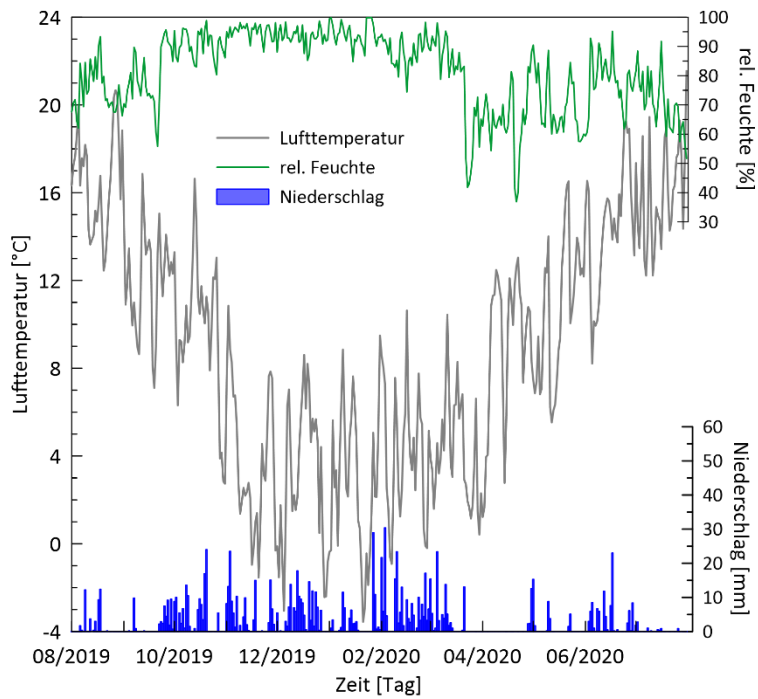


Abbildung 9: Tagesmittel der Lufttemperatur und relativen Feuchte, sowie Tagessummen des Niederschlages für den Standort Arsdorf; Zeitraum 1. August 2019 bis 31. Juli 2020.

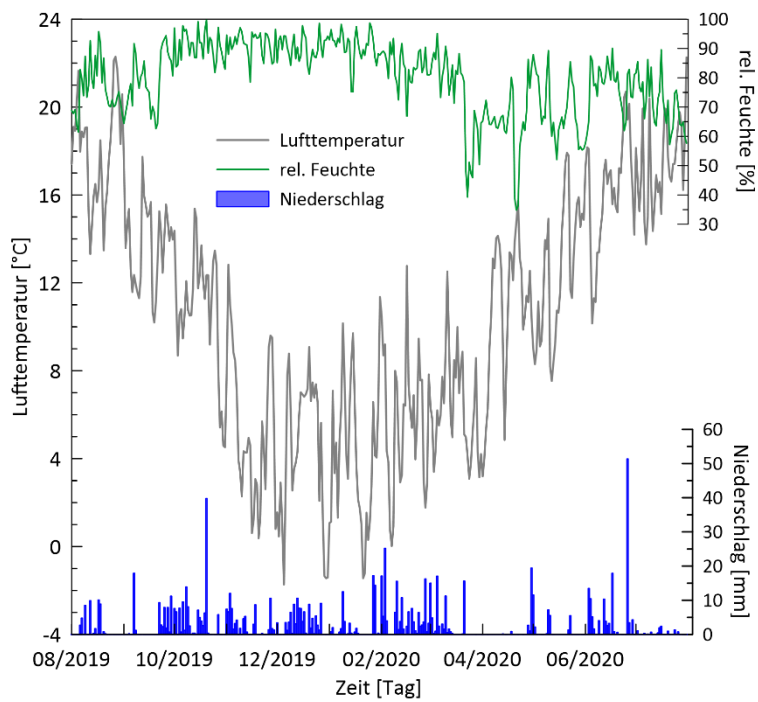



Abbildung 10: Tagesmittel der Lufttemperatur und relativen Feuchte, sowie Tagessummen des Niederschlages für den Standort Bettendorf; Zeitraum 1. August 2019 bis 31. Juli 2020.



2.5 Herbizidanalytik (WP6)

Neben der Entwicklung und Prüfung verschiedener mechanischer Unkrautbekämpfungstechniken, lag ein weiterer Fokus auf der Prüfung von möglichen Risiken des Herbizidwirkstoffes Metazachlor, bzw. dessen Ersatzwirkstoffen Clomazon und Pethoxamid in der Rapskultur. Es war der Grundgedanke, dass in der integrierten Landwirtschaft etablierte Wirkstoffe im chemischen Pflanzenschutz erfahrungsgemäß durch alternative Wirkstoffe (meist mit geringerer Wirkstoff-Effizienz, dafür bei den Herbiziden mit grösser Unsicherheit hinsichtlich ökotoxikologischer Risiken aufgrund von Wirkstoffmischungen zur Absicherung des Bekämpfungsspektrums) ersetzt werden. In den Varianten 1 und 2 des Anbauversuches (Metazachlor und Clomazone plus Pethoxamid) wurde die Herbizidbelastung des Bodens und die Mobilisierbarkeit der Muttersubstanzen sowie der Transformationsprodukte (TP) überwacht. Die Zeitpunkte der Probenahmen wurden durch die Halbwertszeit der Muttersubstanzen bestimmt. Nach jeder Applikation war ein Minimum von 4-6 Probenahmezeitpunkten vorgesehen. Es wurden 3 Replikate pro Feld als Mischprobe im Ap-Horizont (0-30 cm) gezogen und auf 2 mm gesiebt. Kern der Überwachungsstrategie waren Schüttelversuche des Bodens mit einer CaCl_2 -Lösung, die Auskunft über die Mobilisierbarkeit der Wirkstoffe nach ihrer Applikation gibt. Die Analytik erfolgte über LC-MS-MS mit Online-Aufkonzentrierung aus der Wasserphase. Zusätzlich wurden alle Bodenproben mit Accelerated Solvent Extraction (ASE) extrahiert und auf Herbizidrückstände analysiert. Mit den gewonnenen Daten wurden die Verhaltensparameter der Wirkstoffe und TPs für die unterschiedlichen Bodentypen der einzelnen Versuchsstandorte (Sandstein, Buntsandstein, etc.) ermittelt. Die Auswertung war dem Jahresbericht 2018/19 beigelegt. Es sollen jedoch im Folgenden noch einmal einzelne Ergebnisse und Schlussfolgerungen dargelegt werden. Die Analyse konnte dabei drei unterschiedliche Datenquellen berücksichtigen: die in EFO erhobenen Felddaten, Modellberechnungen aus anderen Forschungsprojekten (z.B. Risikomodellierungen von PestRisk, bzw. Pearl) und die Nutzungsstatistiken der Pflanzenschutzmittel anhand der Angaben des SER (Testbetriebsnetz). Diese Kombination kann die Gefahr von Grundwasserkontaminationen in Luxemburg voraussagen und somit als ein wichtiges Instrument der Risikoanalyse des PSM-Einsatzes gelten.

Für die Proben der drei Versuchsstandorte wurden anhand der CaCl_2 Extrakte die Bodenresiduen gerechnet und Halbwertszeiten des Abbaus im Boden mittels PEARL-Modell kalkuliert. Auffällig war, dass die Halbwertszeiten der Muttersubstanzen durchweg kürzer ausfallen als in der Literatur (z.B. PPDB-Datenbank) angegeben. Dies ist aber nicht ungewöhnlich und entspricht Erfahrungen aus anderen Projekten. Im Versuch zeigten sich für die meisten geprüften Substanzen keine Unterschiede zwischen den Standorten. Bei den Abbauprodukten blieb aufgrund der kurzen Beobachtungszeit und den langen Halbwertszeiten die Bestimmung der Werte relativ approximativ. Es konnten keine Unterschiede zwischen den Standorten ermittelt werden. Allerdings konnte das Risiko der Anreicherung eines langlebigen



und mobilen Transformationsproduktes von Pethoxamid ermittelt werden. Pethoxamid wird seit der Anwendungseinschränkung von Metazachlor in Kombination mit Clomazon verwendet, um einkeimblättrige Unkräuter zu bekämpfen.

2.6 Wissenschaftliche Analyse (WP7)

2.6.1 Erträge

Die Ertragsdaten für 2019/20 sind in den **Abbildungen 11-12** dargestellt. Am Standort Wahl fand keine Beerntung statt. Aufgrund einer sehr schwachen Vorwinterentwicklung und einem extremen Aufkommen von Ausfallgras (herrührend aus einem vorherigen Grassamenanbau) wurde einstimmig entschieden die Versuchsanlage vorzeitig umzubrechen. Neben Wahl stellte sich auch der Standort Brouch 2020 als sehr schwierig heraus. Bereits im Herbst 2019 war aufgrund starker Niederschlagsmengen keine Befahrbarkeit für die teilmechanische Unkrautbekämpfung gegeben, auch breitflächige Applikationen mit dem Pflanzenschutzgerät waren nur begrenzt möglich. Folglich ging der Bestand stark verunkrautet aus dem Winter hervor. Die hohen Niederschlagsmengen im Herbst und Winter sorgten zudem für Staunässe, was den Raps zusätzlich schwächte. Das Resultat war ein stark verunkrauteter (vor allem Kamille) und durch Staunässe geschädigter Bestand. Aufgrund dieses starken Aufkommens von Kamille (siehe Kapitel 2.6.2 Unkrautdaten) musste der erste Versuchsblock als „nicht beerntbar“ und folglich als Totalausfall deklariert werden. Der Durchschnittsertrag lag mit 26,5 dt ha⁻¹ deutlich unter dem Mittel der 5 Jahre. Da vor allem die Staunässe den Ertrag schmälerte, sind Beziehungen zum Unkrautbekämpfungsverfahren nur ansatzweise möglich. Am Standort Reisdorf konnten hingegen auch 2020 wieder ordentliche Erträge eingefahren werden. Im Mittel lag der Ertrag bei 45 dt ha⁻¹. Erstaunlich ist, dass in der Kontrolle und in der Variante „Colza Associé“ die höchsten Erträge mit zugleich den geringsten Streuungen erzielt werden konnten. Auch der Kornertrag in der Variante „Weite Reihe⁺“ wies nur eine geringfügige Streuung auf. Der Ertrag in der Variante „Weite Reihe⁻“ lag mit 32 dt ha⁻¹ rund 10-15 dt ha⁻¹ unter dem Mittel aller Varianten. Die beiden „konventionellen“ Varianten „Metazachlor“ und „integrierter Winterraps“ zeigten nur mittlere Erträge und mitunter die höchsten Streuungen. Auch bei den Ölgehalten bestätigte sich 2020 wieder die Tatsache, dass in der „Weite Reihe⁻“ mit 45,6 % die höchsten Ölgehalte erzielt werden konnten.

Die **Abbildungen 13-16** zeigen die fünfjährigen Ernteparameter der Rapsvarianten für die einzelnen Standorte, sowie gepoolt für alle Versuchsstandorte. Obwohl sich die Unterschiede in den einzelnen Varianten nicht statistisch absichern ließen, zeigten sich dennoch einige auffällige Unterschiede. Mit Ausnahme der Variante „Weite Reihe PSM⁻“ wiesen alle übrigen Versuchsvarianten Erträge mit einem Median zwischen 40 und 43 dt ha⁻¹ auf. Aber die Ertragsschwankungen waren in den (teil-)mechanischen Varianten, beim „Colza Associé“ sowie bei der Variante „integrierter Winterraps“ höher als bei der Variante „Metazachlor“, d.h. dass die im Versuch geprüften Alternativverfahren bis auf „Weite Reihe PSM⁻“ zwar

keinen direkten Ertragseffekt zeigten, jedoch das Risiko einer Ertragsschwankung anstieg. Daraus darf nun aber nicht der Schluss gezogen werden, dass ein Verzicht auf Herbizide keinen generellen Ertragseffekt besitzt. Im Rahmen des Projektes kamen überwiegend unterständige Arten vor. Diese machten dem Raps nur bedingt Konkurrenz. Der Bestand 2020 in Brouch zeigt allerdings sehr deutlich, dass beim Aufkommen von sogenannten Problemunkräutern (Kamillen, Klette usw.) doch große Ertragseffekte entstehen können, allerdings die fünfjährigen gepoolten Daten mit 40 Messpunkten nur bedingt beeinflussen. Die unterständigen Arten machen dem Raps wohl wenig Konkurrenz, schaffen allerdings ein Samenpotential welches einen vor Herausforderungen in den Folgekulturen stellt. Eventuelle Kosten/Ertragsverluste werden also eher verlagert.

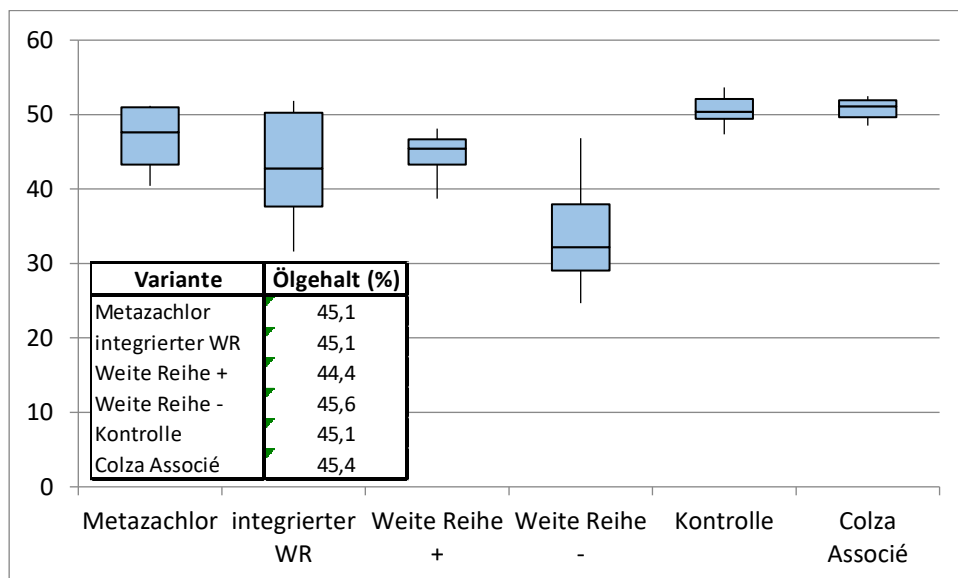


Abbildung 11: Bereinigte Ernteerträge (in $dt\ ha^{-1}$) am Standort Reisdorf 2020.

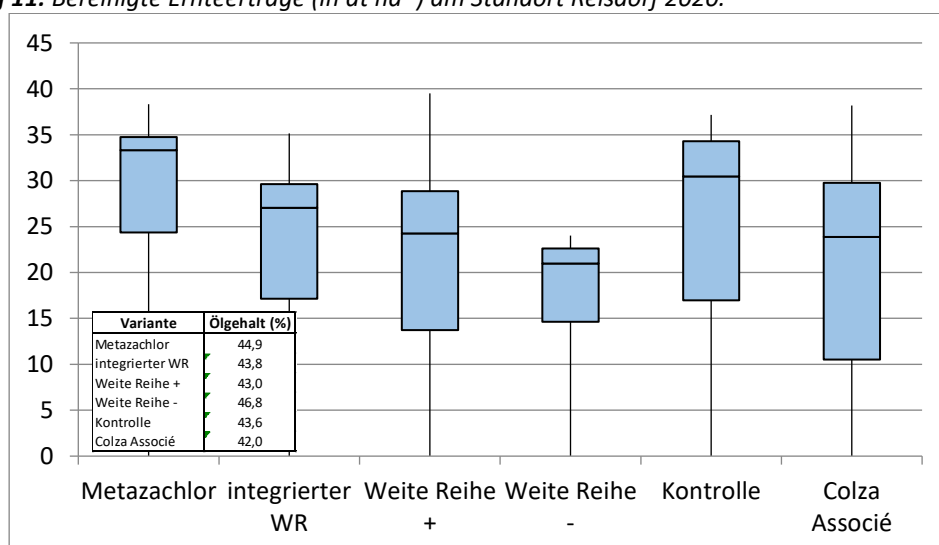


Abbildung 12: Bereinigte Ernteerträge (in $dt\ ha^{-1}$) am Standort Brouch 2020.

Auffällig waren hingegen die Erträge in der Variante „Weite Reihe PSM⁻“ (= ohne chemischen Pflanzenschutz und ohne mineralische Düngung), die einen Median von 29 dt ha⁻¹ aufwiesen. Die höchsten Erträge in dieser Variante konnten mit 47 dt ha⁻¹, die niedrigsten mit 10 dt ha⁻¹ verzeichnet werden. Das vergleichsweise niedrige Ertragsniveau ist unter anderem der reduzierten N-Düngung (Verzicht auf mineralische Düngung) zuzuschreiben. Rückschlüsse über den Einfluss der unterbliebenen Pflanzenschutzbehandlungen (Fungizide, Wachstumsregler, Insektizide) können nur bedingt getätigt werden. Vor allem der Effekt der unterlassenen Insektizid-anwendung wird dadurch geschmälert, dass Insektizidbehandlungen auf den Nachbarparzellen erfolgten und folglich der Schädlingsdruck aufgrund der Mobilität der Schadinsekten zwangsläufig auch auf den wenigen nicht behandelten Parzellen sank. Aussagen über einen Insektizidverzicht sind demzufolge nur möglich, wenn großräumig (kompletter Schlag) alle Applikationen unterbleiben.

Hinsichtlich der Ölgehalte sind bis auf die Variante „Weite Reihe PSM⁻“ keine nennenswerten Unterschiede feststellbar.

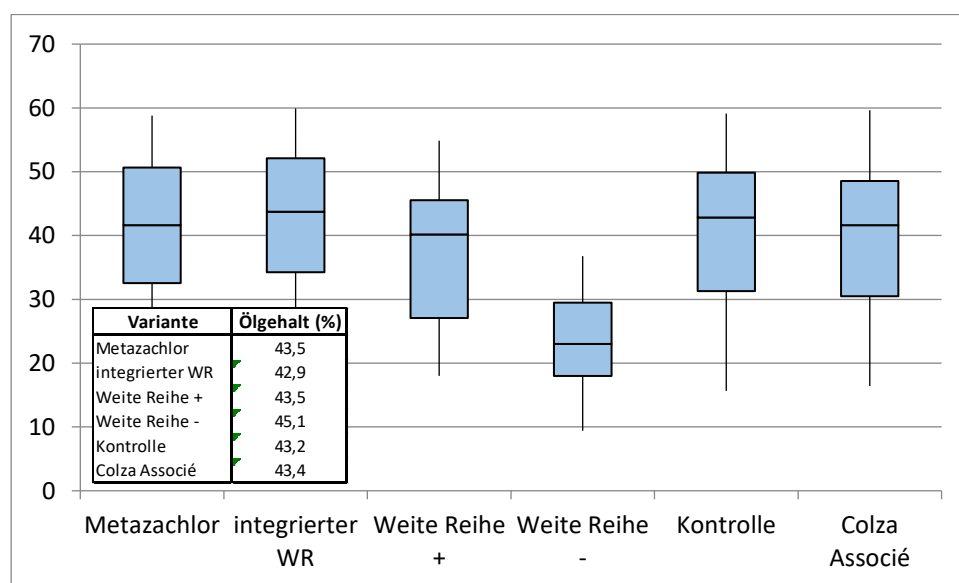


Abbildung 13: Bereinigte Ernteerträge (in dt ha⁻¹) am Standort Flatzbour/Grevels/Wahl 2015-2020.

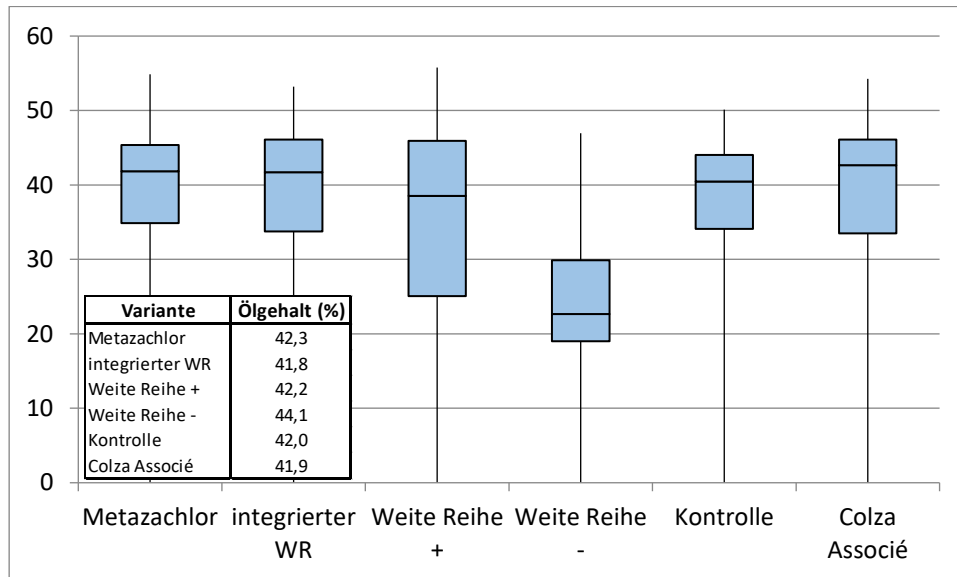


Abbildung 14: Bereinigte Ernteerträge (in dt ha⁻¹) am Standort Hobscheid/Simmern/Brouch 2015-2020.

Die **Abbildung 17** zeigt die Erträge von 2020 für den Öllein. Im Mittel (Median) konnte 2020 ein bereinigter Kornenertrag von 22,3 dt ha⁻¹ erzielt werden. Hinsichtlich der Standorte konnte in Brouch mit 29 dt ha⁻¹ der höchste und in Wahl mit 17 dt ha⁻¹ der niedrigste durchschnittliche Ertrag gedroschen werden. Somit wurde 2020 in Brouch zugleich der höchste mittlere Ertrag aller Standorte des Versuchszeitraumes erzielt. Bis auf einen Ausreißer in Brouch streuen die Erträge auf den einzelnen Standorten nur geringfügig. Wie bereits oben erwähnt, war die Versuchsfläche in Brouch durch die starken Niederschläge im Winterhalbjahr durch Staunässe geprägt. Dementsprechend setzte die Frühjahrs- und Frühsommertrockenheit 2020 am Standort Brouch später als in Wahl und Reisdorf ein, da der Standort hier ein höheres Wasserhaltevermögen besitzt. Folglich war eine ausreichende Bodenfeuchte in Brouch länger gewährleistet, was sicherlich Hauptgrund für die Ertragsunterschiede 2020 ist.

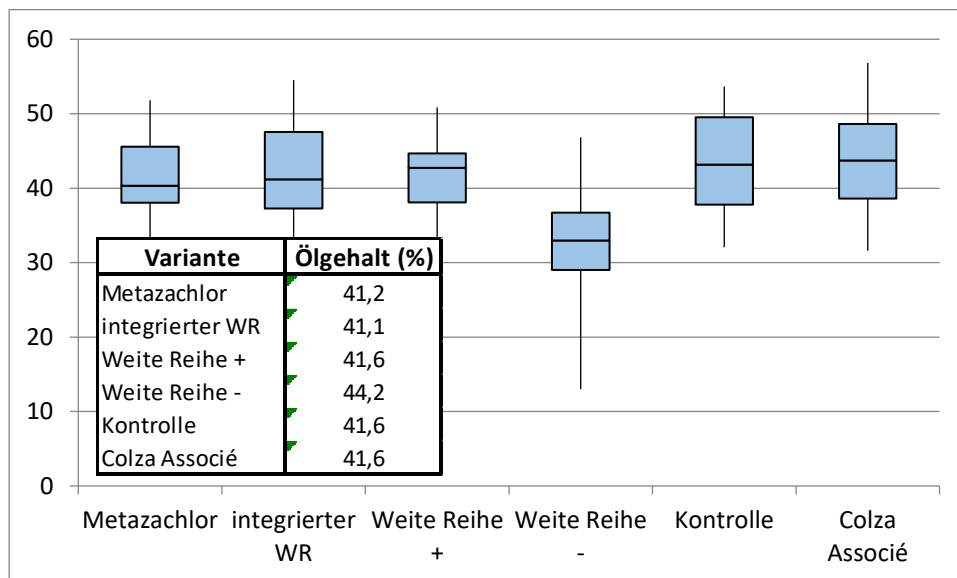


Abbildung 15: Bereinigte Ernteerträge (in dt ha⁻¹) am Standort Bigelbach/Reisdorf 2015-2020.

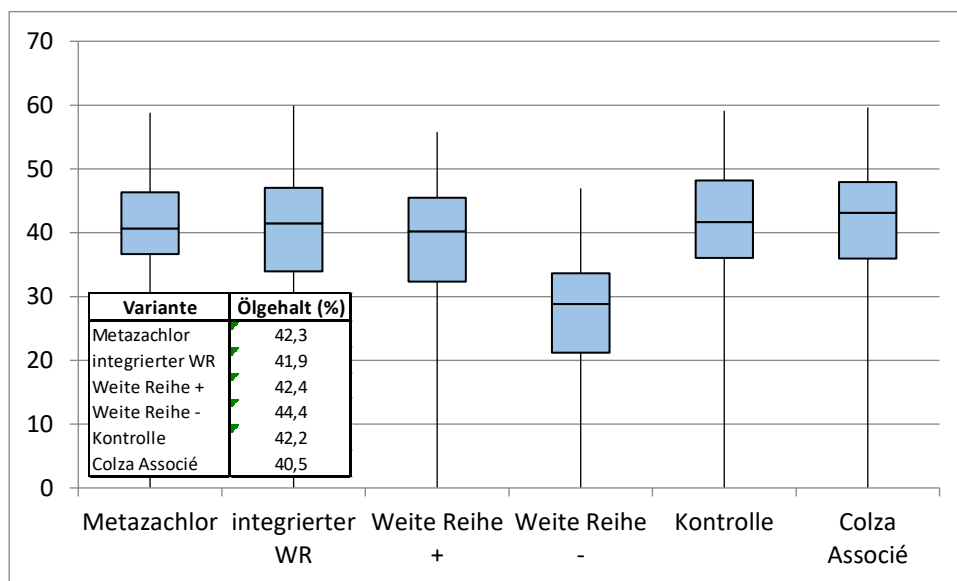


Abbildung 16: Bereinigte Ernteerträge (in dt ha⁻¹) gepoolt für alle Standorte 2015-2020.

Bei Betrachtung der fünfjährigen Ertragsdaten fällt auf, dass rückblickend 2020 ein äußerst erfolgreiches Jahr für den Öllein war. Denn im Mittel wurde über den fünfjährigen Versuchszeitraum hinweg lediglich ein Ertrag von 15,8 dt ha⁻¹ erzielt. In Flatzbour/Wahl/Grevels konnte mit 17,1 dt ha⁻¹

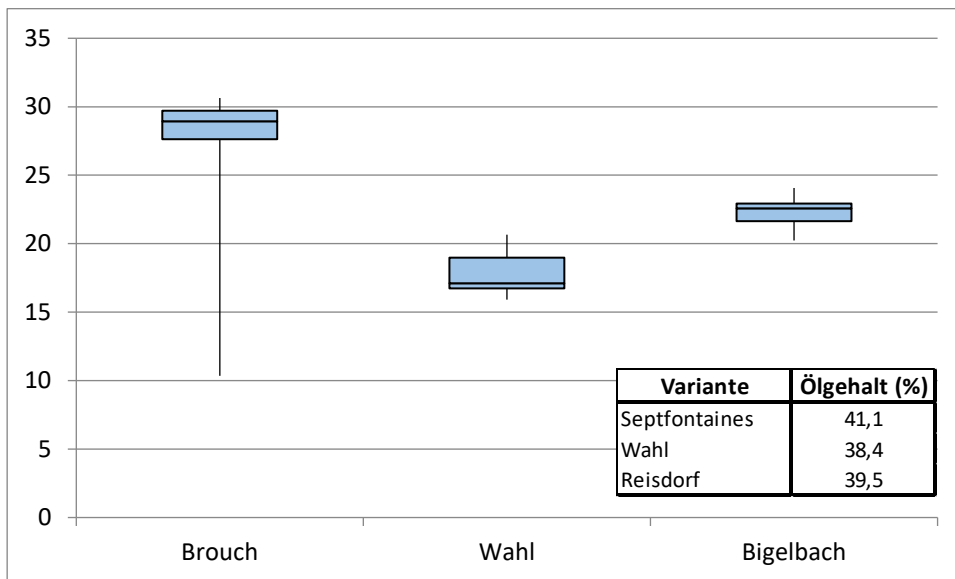


Abbildung 17: Bereinigte Ernteerträge für Öllein (in dt ha⁻¹) für die 3 Versuchsstandorte 2020.

der höchste und in Hobscheid/Brouch/Septfontaines mit 13,8 dt ha⁻¹ der geringste mittlere Ertrag gemessen werden. Am Standort Flatzbour/Wahl/Grevels waren die Kornerträge zudem am stabilsten.

Hinsichtlich der Ölgehalte waren zwischen den Versuchsstandorten im Verlauf der Versuchsjahre keine großen Unterschiede feststellbar. Diese liegen mit knapp unter 40 % im Bereich der Erwartungen.

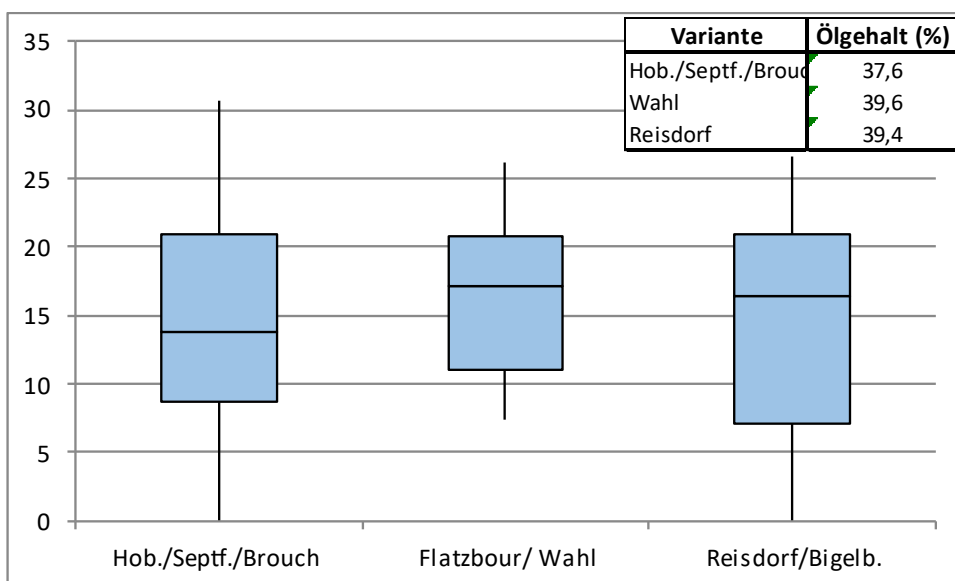


Abbildung 18: Bereinigte Ernteerträge für Öllein (in dt ha⁻¹) für die 3 Versuchsstandorte 2015-2020.

In **Abbildung 19** sind die Ernteergebnisse für Ölhanf 2020 dargestellt. Beim Ölhanf bestand die Herausforderung in erste Linie darin, die Verfahrenskette von der Saat über die Ernte bis

hin zur Lagerung zu bewerkstelligen. Hierbei muss erwähnt werden, dass unmittelbar nach dem Mähdrusch eine Trocknung und Säuberung des Erntegutes erfolgen muss, damit die Hanfsamen lagerfähig bleiben. Wie beim Öllein und Raps auch, sind die hier dargestellten Erntedaten bereits bereinigt (Feuchte, Verunreinigung usw.). Nachdem der Mähdrusch im ersten Anbaujahr 2017 aufgrund zu später Abreife nicht stattfinden konnte, liegen lediglich für die Versuchsjahre 2018, 2019 und 2020 Erntedaten vor. Es wurde erst 2017 mit dem Ölhanf-Anbau begonnen, nachdem dieser bekanntlich bereits nach einem Anbaujahr den Leindotter als alternative Ölfrucht ersetzte. Neben einer recht geringen Streuung der Kornerträge auf den einzelnen Standorten, sind die großen Unterschiede im Ertragsniveau zwischen den Standorten auffallend. Das Ertragsniveau war 2020 in Brouch und Reisdorf mit ca. 1600 kg ha⁻¹ sehr hoch. Langjährige Feldversuche aus Frankreich (Quelle: terres-inovia.fr, aube.chambre-agriculture.fr) zeigen, dass Erträge zwischen 600 und 1100 kg ha⁻¹ realistisch sind. In Wahl lag man hingegen mit um die 450 kg ha⁻¹ auf einem unterdurchschnittlichen Ertragsniveau. Wohl können zur Erklärung der unterschiedlichen Ertragsniveaus die Standortverhältnisse eine Rolle gespielt haben. Hauptgrund wird aber sicherlich der Erntezeitpunkt gewesen sein. Knackpunkt ist und bleibt beim Ölhanfanbau der Mähdrusch. Anders als bei anderen Mähdruschkulturen (Getreide, Raps usw.), bei denen nach der Abreife ein längeres Zeitfenster (mehrere Wochen) zur Beerntung besteht, liegt der optimale Erntetermin beim Ölhanf im Bereich zwischen 7-10 Tagen. Dies liegt darin begründet, dass beim Ölhanf keine gleichmäßige Abreife erfolgt. Sind die Samen einmal reif, besteht die Gefahr von Vogelfraß, des Weiteren kommt es zu verstärktem Abwurf der reifen Samen, welcher durch starke Niederschläge und/oder Windböen begünstigt wird. So können folglich zu frühe oder verspätete Erntetermine einen maßgeblichen Einfluss auf das Ertragsniveau haben. Der Erntetermin stellt somit immer einen Kompromiss dar.

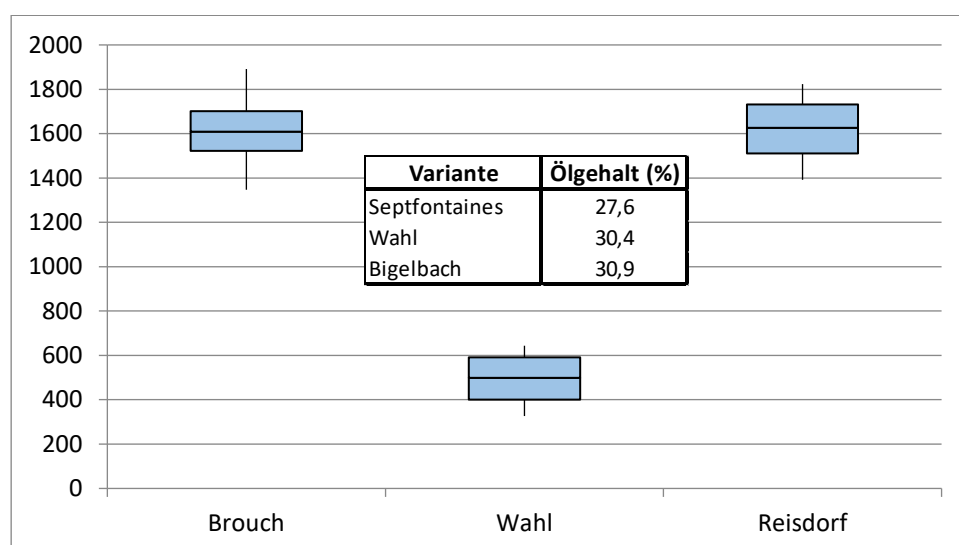


Abbildung 19: Bereinigte Ernterträge für Ölhanf (in kg ha⁻¹) für die 3 Versuchsstandorte 2020.

In **Abbildung 20** sind die dreijährigen Ertragsdaten des Ölhanfs dargestellt. Die mittleren Erträge auf den einzelnen Standorten liegen mit zwischen 375 und 642 kg ha⁻¹ näher zusammen und auf einem deutlich niedrigeren Ertragsniveau als im Versuchsjahr 2020. Weiterhin fallen die großen Streuungen auf, welche vor allem durch die doch sehr unterschiedlichen Ertragsniveaus zwischen den Versuchsjahren für die einzelnen Standorte erklärt werden können.

Abschließend kann somit gesagt werden, dass die Ertragsniveaus nach drei Versuchsjahren hinter den Erwartungen zurückbleiben, die Hauptanforderung, die Verfahrenskette zu bewerkstelligen, allerdings erfüllt werden konnte.

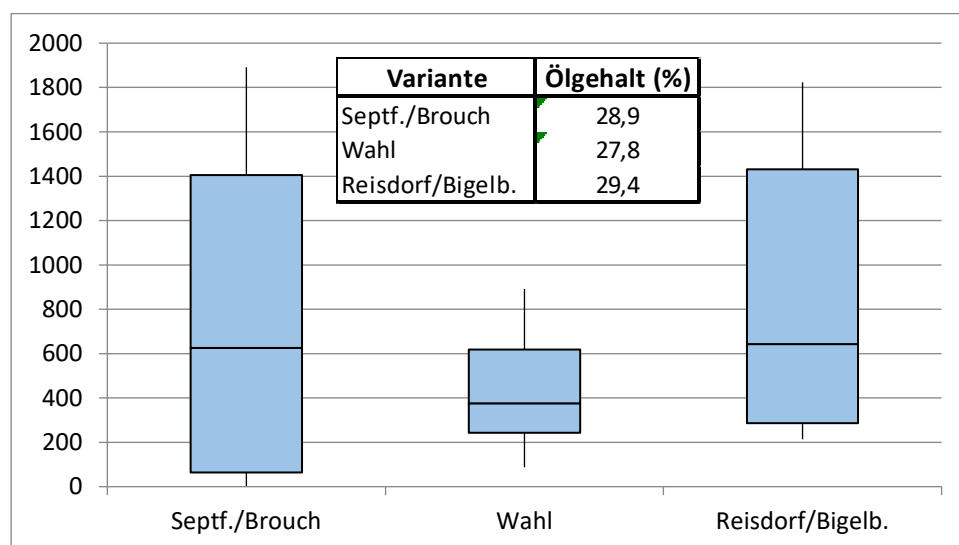


Abbildung 20: Bereinigte Ernteerträge für Ölhanf (in kg ha⁻¹) für die 3 Versuchsstandorte 2017-2020.

2.6.2 Unkrauterhebungen

Die Unkrautgemeinschaft ist das Abbild von Wechselwirkungen aus Anbautechnik, Düngeintensität, Fruchtfolge, Erntemethode und dem Faktor Standort. An den drei Versuchsstandorten wurde jeweils im Herbst als auch im Frühjahr eine Erfassung der Unkräuter mittels Göttinger Schätzrahmen vorgenommen, jeweils nach der chemischen Applikation bzw. nach der mechanischen Bearbeitung. Es wurden pro Wiederholung jeweils 5 x 0,25 m² ausgewertet (**Abbildung 23**). Es konnten 37 verschiedene Unkraut- und Ungras-Arten während der Bonituren im Zeitraum Herbst 2015 und Frühjahr 2020 auf den drei Versuchsstandorten (Hobscheid/Simmern/Brouch, Flatzbour/Wahl/Grevels und Reisdorf/Bigelbach) gefunden werden (**Tabelle 2**). Davon waren 5 Arten den Ungräsern zuzuordnen und 32 Arten den Unkräutern. Von den 37 Arten traten 15 gehäuft an den drei Standorten auf: Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*), Ackerstiefmütterchen (*Viola arvensis*), Ausfallgetreide, einjährige Rispe (*Poa annua*), Erdrauch (*Fumaria officinalis*), Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*), Kamille (*Anthemis arvensis/Matricaria* spp.),

Klatschmohn (*Papaver rhoeas*), Knöterich-Arten (*Polygonum aviculare* und *P. convolvulus*), Quecke (*Elymus repens*), Taubnessel (*Lamium purpureum*), Vergissmeinnicht (*Myosotis arvensis*), Vogelmiere (*Stellaria media*), Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album*) und Windhalm (*Apera spica-venti*). Zusätzlich fanden sich aus Vorkulturen Kartoffel, Raygras und Phacelia, die natürlich keine „klassischen Unkräuter“ darstellen, aber auch als „in der Rapsparzelle unerwünscht“ gelten können.

Tabelle 2: Artenliste der bei den Bonituren an den Standorten (2015-2020) gefundenen Unkrautarten.

Art (botanisch)	einkeim- blättrig	zweikeim- blättrig	Art (botanisch)	einkeim- blättrig	zweikeim- blättrig
Ackerstiefmütterchen <i>Viola arvensis</i>		x	Kreuzkraut <i>Senecio vulgaris</i>		x
Ackersenf <i>Sinapis arvensis</i>		x	Kornblume <i>Centaurea cyanus</i>		x
Ackerfuchsschwanz <i>Alopecurus myosuroides</i>	x		Melde <i>Atriplex patula</i>		x
Ackerwinde <i>Convolvulus arvensis</i>		x	Nachtschatten <i>Solanum nigrum</i>		x
Ampfer <i>Rumex crispus</i>		x	Quecke <i>Elymus repens</i>	x	
Ausfallgetreide <i>Volunteer grain</i>	x		Rispe, einjährige <i>Poa annua</i>	x	
Bingelkraut <i>Mercurialis annua</i>		x	Saatwucherblume <i>Glebionis segetum</i>		x
Efeublättriger Ehrenpreis <i>Veronica hederifolia</i>		x	Schierling <i>Conium maculatum</i>		x
Erdrauch <i>Fumaria officinalis</i>		x	Storchschnabel <i>Geranium spp.</i>		x
Franzosenkraut <i>Galinsoga parviflora</i>		x	Taubnessel, stängelumf. <i>Lamium amplexicaule</i>		x
Gänsedistel <i>Sonchus arvensis</i>		x	Vergissmeinnicht <i>Myosotis arvensis</i>		x
Hirtentäschel <i>Capsella bursa-pastoris</i>		x	Vogelknöterich <i>Polygonum aviculare</i>		x
Hühnerhirse <i>Echinochloa crus-galli</i>		x	Vogelmiere <i>Stellaria media</i>		x
Hundskerbel <i>Anthriscus caucalis</i>		x	Wegrauke <i>Sisymbrium officinale</i>		x
Hundspetersilie <i>Aethusa cynapium</i>		x	Weißer Gänsefuß <i>Chenopodium album</i>		
Kamille <i>Tripleurospermum inodorum</i>		x	Wilde Möhre <i>Daucus carota</i>		x
Klatschmohn <i>Papaver rhoeas</i>		x	Windenknöterich <i>Polygonum convolvulus</i>		x
Klette <i>Arctium spp.</i>		x	Windhalm, gem. <i>Apera spica-venti</i>	x	
Lattich <i>Lactuca serriola</i>		x			

Um einen Eindruck von der Verteilung der Unkrautarten an den Standorten zu bekommen, wurden für die ersten drei Versuchsjahre absolute Häufigkeiten der einzelnen Arten erstellt. Dieser Ansatz wurde dann später fallengelassen, weil der Informationsgehalt eher begrenzt ist (auch aufgrund des jährlichen Standort-Wechsels). Dennoch ergibt sich so ein Indikator für die Häufigkeit der einzelnen Arten.

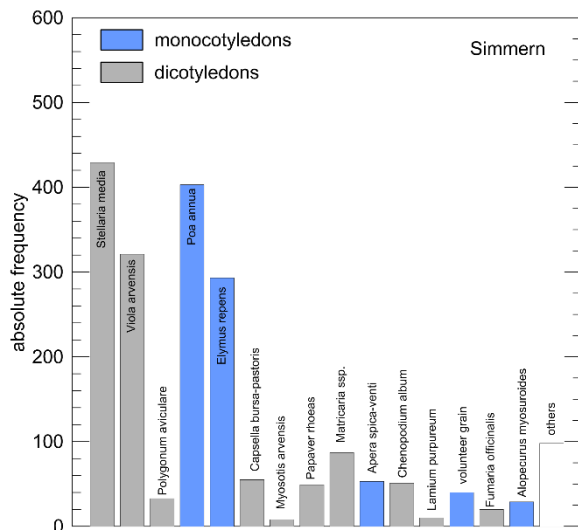


Abbildung 21a: Absolute Häufigkeit der Unkräuter und Ungräser am Standort Hobscheid/Simmern der Jahre 2015-2018.

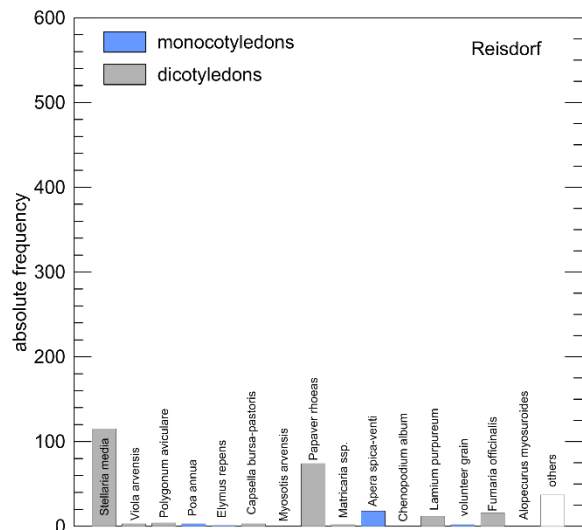


Abbildung 21b: Absolute Häufigkeit der Unkräuter und Ungräser am Standort Reisdorf/Bigelbach der Jahre 2015-2018.

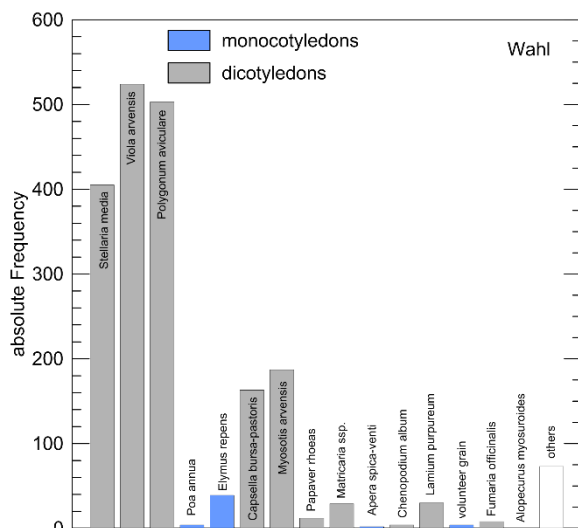


Abbildung 21c: Absolute Häufigkeit der Unkräuter und Ungräser am Standort Flatzbour/Wahl der Jahre 2015-2018.

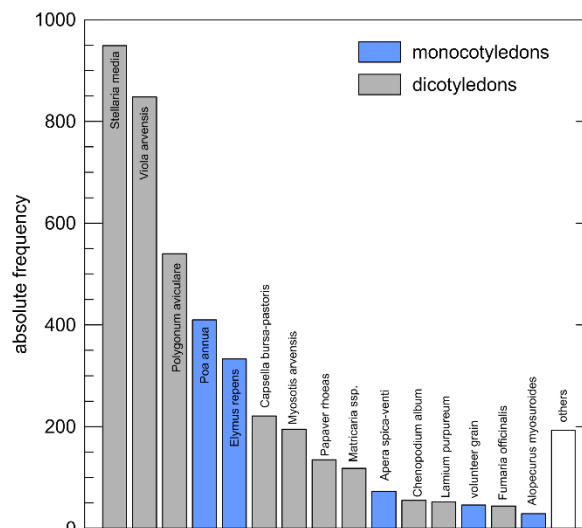



Abbildung 21d: Absolute Häufigkeit der Unkräuter und Ungräser an allen Versuchsstandorten der Jahre 2015-2018.

In den **Abbildungen 21a-c** sind die absoluten Häufigkeiten der Unkräuter/Ungräser der einzelnen Versuchsstandorte zusammengefasst für die Jahre 2015-2018 dargestellt. **Abbildung 21d** stellt die Synthese aller Standorte der Jahre 2015-2018 dar. Man sollte jedoch



dabei beachten, dass hier lediglich drei Standorte über die Jahre berücksichtigt wurden. Weitere Erhebungen im Rahmen anderer Projekte könnten daher noch zu einer Verschiebung des Artenspektrums führen, z.B. bei *Polygonum aviculare*. Das ist u.a. auch in **Abbildung 21d** ersichtlich, wo die „anderen“ Unkräuter noch einen hohen Anteil der Unkrautflora darstellen. Auch muss beachtet werden, dass Reisdorf/Bigelbach relativ saubere Praxis schläge sind, d.h. hier per se geringe Häufigkeiten der einzelnen Arten insgesamt auftraten. Dieser geringe Unkrautbewuchs war, bezogen auf die Jahre 2015-2018, signifikant gegenüber Wahl ($p=0.035$) und Simmern ($p = 0.004$). Es ist auffällig, dass insbesondere die unterständigen Unkrautarten (Ackerstiefmütterchen, Vogelmiere etc.) auftraten, die zwar für die Ernte nicht relevant sind, jedoch ein hohes Samenpotential für die Folgekultur aufweisen können.

Von den Unkrautarten, die bei der Beerntung der Rapskultur von Bedeutung sind, tritt besonders Klatschmohn (Standort Bigelbach/Reisdorf) und teilweise auch Kamille (Standort Simmern) hervor. Bei den Ungräsern ist insbesondere das Auftreten der Quecke in Simmern und Wahl hervorzuheben. Auch Windhalm konnte vereinzelt in Simmern und Bigelbach/Reisdorf gefunden werden. Es ist bekannt, dass Windhalm in Getreide-lastigen Fruchtfolgen häufig auftritt und insbesondere durch die frühen Saattermine im Raps profitiert. Das ist besonders dann ersichtlich, wenn er bei schlechter Herbizid Wirkung den Rapsbestand in der Saison überragt. Manche Unkräuter, die für Luxemburg zu erwarten gewesen wären, fanden sich nicht auf den drei Versuchsschlägen, sind aber anderweitig im Land zu beobachten, wie z.B. Taube Trespe oder das Barbarakraut im Ösling.

In den **Abbildungen 22a-c** ist die mittlere Individuenzahl der Unkräuter/Ungräser in Abhängigkeit der einzelnen Bearbeitung an den einzelnen Versuchsstandorten für die Jahre 2015-2020 dargestellt. Auffällig war das insgesamt geringe Unkrautvorkommen am Standort Reisdorf/Bigelbach im Vergleich zu den anderen beiden Standorten (bezogen auf alle Varianten $0,3$ Unkräuter/ m^2 im Herbst, bzw. $0,5$ im Frühjahr). Diese geringe Unkrautdichte war, bezogen auf die Jahre 2015-2020, signifikant gegenüber Wahl ($p=0.041$) und Simmern ($p = 0.003$). Die Ursachen hierfür sind vermutlich in der langjährige Kulturführung (Fruchtfolge, Bearbeitungstechnik etc.) zu sehen. Weiterhin ist für den Standort Reisdorf/Bigelbach charakteristisch, dass der Unkrautbewuchs im Herbst eine geringere Dichte aufwies als im folgenden Frühjahr. Ein Vergleich der im Frühjahr vorherrschenden Unkrautarten gab eine Erklärung: die Lichtkeimer (z.B. Windhalm) und die eher konkurrenzschwachen Unkrautarten (z.B. Storchschnabel) hatten von dem „sauberen“ Bestand am Standort profitiert und konnten sich entwickeln, bzw. es handelte sich um Arten, die einen stetigen Feldaufgang aufgrund des bodenbürtigen Samenpotentials haben (Vogelmiere, Ackerstiefmütterchen, 1-jährige Rispe etc.).

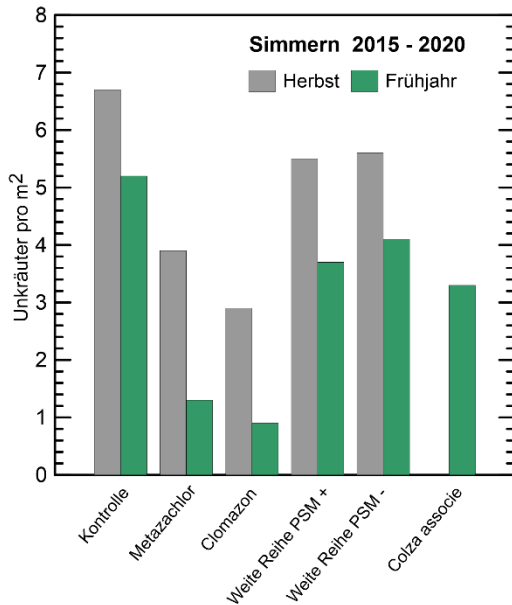


Abbildung 22a: Mittlere Anzahl Unkräuter pro m^2 in den einzelnen Varianten am Standort Hob./Simmern/Brouch der Jahre 2015-2020, jeweils im Herbst (nach Behandlung) und Frühjahr erfasst. In der Variante Colza Associé wurden im Herbst aufgrund der Untersaat-Vegetation keine Unkrautarten erfasst.

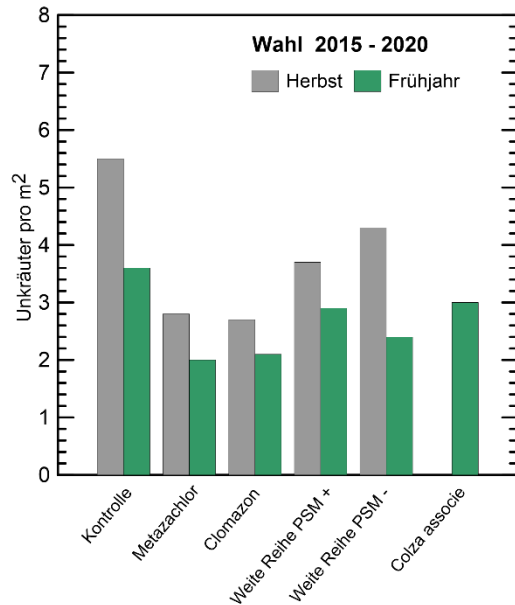


Abbildung 22b: Mittlere Anzahl Unkräuter pro m^2 in den einzelnen Varianten am Standort Flatzbour/Wahl der Jahre 2015-2020, jeweils im Herbst (nach Behandlung) und Frühjahr erfasst. In der Variante Colza Associé wurden im Herbst aufgrund der Untersaat-Vegetation keine Unkrautarten erfasst.

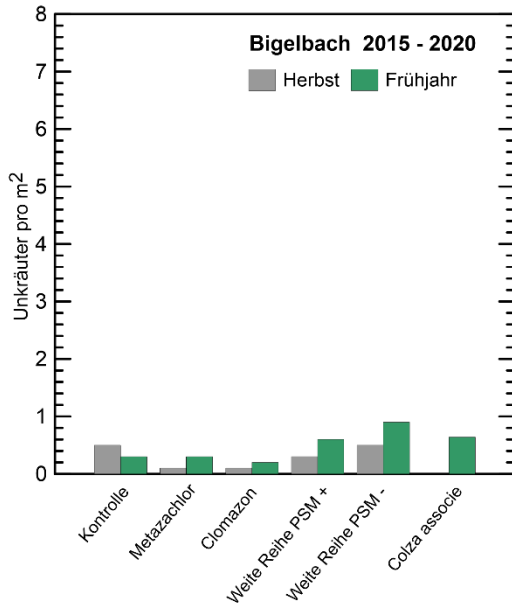


Abbildung 22c: Mittlere Anzahl Unkräuter pro m^2 in den einzelnen Varianten am Standort Bigelbach/Reisdorf der Jahre 2015-2020, jeweils im Herbst (nach Behandlung) und Frühjahr erfasst. In der Variante Colza Associé wurden im Herbst aufgrund der Untersaat-Vegetation keine Unkrautarten erfasst.



Abbildung 23: Bonitur der Unkräuter mittels Göttinger Schätzrahmen.

In Abhängigkeit der Bearbeitung fällt auf, dass die (teil-) mechanischen Varianten deutlich höhere Ausgangspopulationen im Herbst und demzufolge auch im Frühjahr zeigten. Die anderen Standorte (Simmern und Wahl) wiesen ein untereinander recht ähnliches Bild auf, wobei in Simmern im Herbst eine höhere, mittlere Unkrautdichte von 4,9 Pflanzen/m² festgestellt werden konnte als in Wahl (3,8 Pflanzen/m²). Die chemischen Varianten zeigten sowohl im Herbst als im darauffolgenden Frühjahr einen geringeren Unkrautbesatz als die (teil-) mechanischen Varianten. Insgesamt konnte in der Variante „Clomazon plus Pethoxamid („integrierter WR“)“ an allen Standorten der geringste Unkrautbesatz gefunden werden, auch im Vergleich zur Metazachlor-Variante, was sicherlich in der ungenügenden Bodenfeuchte zur Applikation von Metazachlor in den letzten Jahren (trockener und heißer August/September) begründet war (Ausnahme Saat 2019). Die (teil-) mechanischen Varianten zeigten hingegen ein etwas diffuses Bild, wobei die beiden Varianten mit Einsatz der Sternrollhacke am besten abschnitten. Die Variante Colza Associé wies ähnliche Ergebnisse auf, d.h. sie hatte das Potential einen Teil der Unkräuter aktiv zu verdrängen, jedoch nicht alle Arten. Hier besteht noch deutlicher Forschungsbedarf hinsichtlich Mischungspartner, Saattechnik und vor allem Saattermin.

Durch eine Poolung der Daten auf mechanische versus chemische Bekämpfung konnte gezeigt werden (**Abbildung 24**), dass sich signifikant höhere Individuenzahlen der einzelnen Unkräuter und Ungräser in den mechanischen Versuchsvarianten finden als in den chemischen Varianten ($p=0.001$).

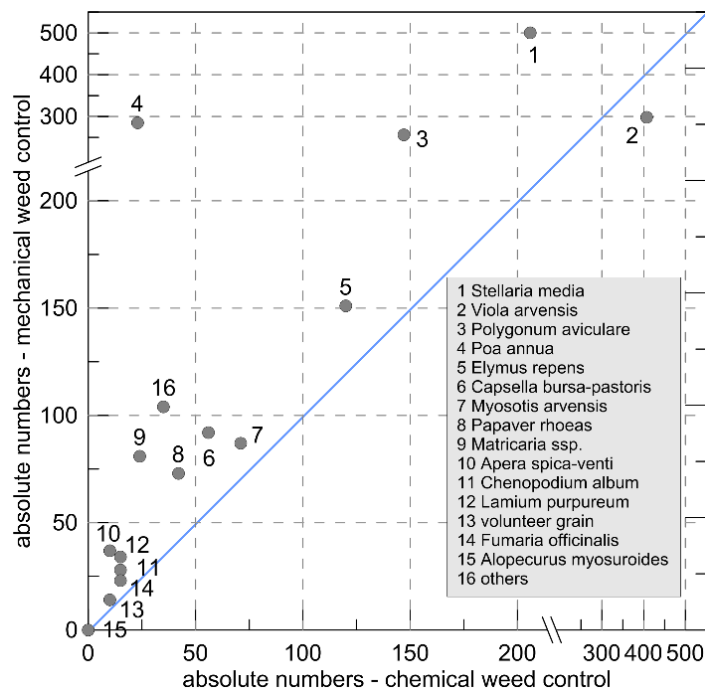



Abb. 24: Absolute Häufigkeiten von Unkräutern/Ungräsern der drei Versuchsstandorte in den Jahren 2015–2019 gepoolt in mechanische versus chemische Unkrautbekämpfung.



Besonders die Einjährige Risppe zeigte deutlich höhere Individuenzahlen, aber auch die klassischen Problemunkräuter Kamille und Klatschmohn zeigten höheres Vorkommen. Als etwas problematisch muss das Auftreten der Vogelmiere gelten, die in beiden Verfahrenstechniken in hoher Dichte vorkam. Das deckt sich mit den Literaturangaben aus den Nachbarländern. Eine Korrelation der absoluten Häufigkeiten mit den jeweiligen Erträgen in den mechanischen/chemischen Varianten zeigte, dass im Vergleich der Daten der drei Standorte in den drei Jahren, jene Varianten mit einem überdurchschnittlichen Ertrag (= Gesamtmittel von 39,3 dt/ha) im Mittel weniger Unkräuter (63 Unkraut-Individuen pro m²) zeigten, wohingegen die Varianten mit unterdurchschnittlichen Erträgen eine höhere Unkrautdichte (108 Unkraut-Individuen pro m²) aufwiesen.

2.7 Ökonomische Analyse (WP8)

2.7.1 Fruchtfolgeelemente

Die Vorteile einer weiten Fruchtfolge sind allgemein bekannt. Trotzdem werden in der Praxis häufig wenige Kulturen in einer geringen zeitlichen Abfolge auf den Ackerflächen angebaut. Im Rahmen des EFFO-Versuches sollte die betriebswirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit einer weiten Fruchtfolge gegenüber einer engen dreigliedrigen Fruchtfolge (Raps-Weizen-Gerste) ermittelt werden (**siehe Kapitel: 2.3 Feldversuch „Ackerbauelemente“ (WP3) und Feldversuch „Fruchtfolgeelemente“ (WP4)**)

Die ökonomische Analyse der Fruchtfolgeelemente konzentrierte sich auf die Berechnung der Direktkostenfreien Leistung (DKL) im Rahmen einer Leistungs-Kostenrechnung. Eine Auswertung auf Basis der DKL macht mehrfach Sinn:

- Es handelt sich um eine standardisierte Methode zur Bewertung landwirtschaftlicher Produktionen (DLG, 2000)
- Der Vergleich zu den entsprechenden SER-Durchschnitten ist direkt möglich

Die DKL errechnet sich aus der Leistung minus den variablen Direktkosten. Die Leistung ermittelt sich aus dem Verkaufserlös, dem innerbetrieblichen Verbrauch, evtl. Produktbeihilfen/Entschädigungen und der Bestandsveränderung. Die variablen Direktkosten der Pflanzenproduktion setzen sich zusammen aus den Kosten für Saatgut, Düngemittel, Pflanzenschutzmittel und den sonstigen variablen Kosten. Die DKL wird ausgedrückt pro Produktionseinheit [ha].

Tabelle 3: Auszug aus der SER-Preisstatistik 2019 (SER, De Beroder 98¹)

Düngemittel	Ausgewertete Menge	Anzahl der Betriebe	Mittelwert	Veränderung zu 2018	25% niedrigsten	25% höchsten
Einheit	dt oder hl	n	€/dt,hl	%	€/dt,hl	€/dt,hl
AHL 30%	8 770	28	23,01	4,95%	/	/
Schwefelsaures Ammoniak, 21N	3 642	31	24,49	k.A.	/	/
ASL, 8N	8 155	20	7,99	k.A.	/	/
Ammonsulfatsalpeter 26N	8 680	75	27,33	5,80%	25,07	29,44
DAP 18-46	4 734	193	49,20	12,13%	46,27	51,49
Kali 60%	921	24	36,28	k.A.	/	/
Kalkammonsalpeter 27%	173 088	591	24,10	10,76%	22,08	25,75
NPK 15-15-15	4 205	85	34,92	5,37%	33,42	37,57
Kohlensaurer Magnesiumkalk	24 129	53	3,31	k.A.	1,95	4,17
PK Dünger 20-30	1 855	42	38,54	10,39%	36,31	41,59
Kalk (Meskalith 50/35)	13 422	45	2,87	6,89%	2,64	2,95
Kalk (Starcal)	25 450	91	4,43	1,18%	3,69	4,71

Auf der Ertragsseite wurden die im Rahmen der Praxisversuche ermittelten Erträge mit den durchschnittlichen Verkaufspreisen aus der SER Statistik² verrechnet. Für die Erbsen war der

¹ <https://agriculture.public.lu/de/publications/betriebsfuehrung/beroder/Beroder-98-preisstatistik-landwirtschaftliche-produkte-2019.html>

² https://statistiques.public.lu/stat/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=13379&IF_Language=fra&MainTheme=4&FldrName=2&RFPPath=7277

Umfang der vorliegenden Daten gering. Für den Öllein lagen gar keine Marktpreise vor. Hier wurde ein Preis von 20€/dt veranschlagt (Preis zwischen Getreide und Rapspreis).

Die Vermarktung von Silomais wird in der Praxis entweder ab Feld (Vermarktungspreis: €/ha) oder je Dezitonne getätigt. Die letzte Variante wird in einem geringeren Umfang in der Praxis angewandt, da die Betriebe über eine entsprechende Waage verfügen müssen. Um die Marktleistung für den Silomais berechnen zu können, wurde sich hier auf den Einkaufspreisen von Biogasanlagen, welche den Silomais je Dezitonne einkaufen, berufen.

Auf der Kostenseite wurden die genutzten Betriebsmittel mit den durchschnittlichen Einkaufspreisen aus der SER-Preisstatistik, des entsprechenden Kulturjahres, verrechnet (**siehe Tabelle 3**). Die tatsächlichen Einkaufspreise aus dem Versuch zu übernehmen wäre nicht korrekt gewesen. Durch die geringen Einkaufsmengen hätte dies zu überhöhten Preisen geführt. Des Weiteren wurden Produkte im Rahmen des Projektes eingekauft, die über mehrere Jahre zum Einsatz kamen, sodass oft für das jeweilige Versuchsjahr kein Einkauf getätigt wurde!

Im Sinne der guten fachlichen Praxis wurden vor den Sommerkulturen (Erbsen, Silomais und Öllein), zur ganzjährigen Bedeckung des Bodens, Zwischenfrüchte angebaut. Die Direktkosten für den Zwischenfruchtanbau wurden den entsprechenden Kulturen angerechnet. Positive Fruchtfolgeeffekte (verbesserte Bodenfruchtbarkeit, Nährstoffbindung, ...) wurden im Rahmen des EFFO-Versuches nicht erfasst und konnten somit auch nicht monetär berücksichtigt werden.

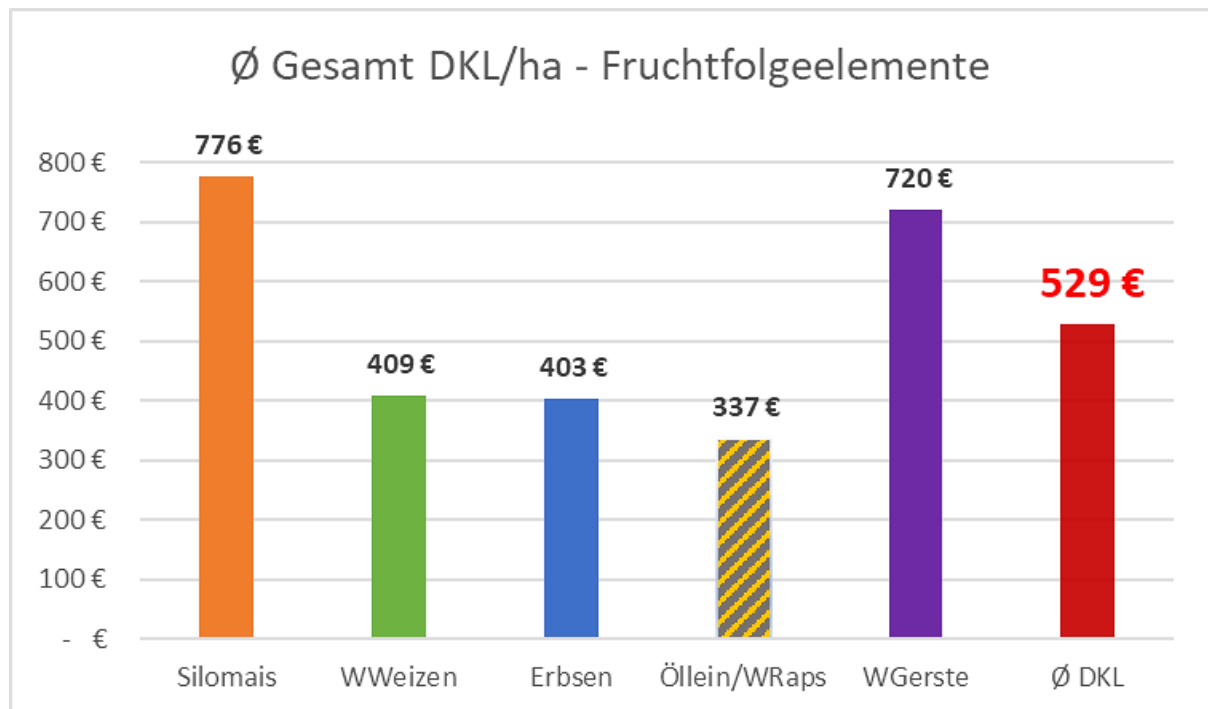


Abbildung 25: Durchschnittliche DKL der Kulturen und die durchschnittliche DKL der gesamten Fruchtfolge.

Hieraus ergaben sich für die verschiedenen Kulturen die entsprechenden Direktkostenfreien Leistungen (**siehe Abbildung 25**). Im Anbaujahr der Ölpflanzen wurde die Anbaufläche zwischen dem Öllein und dem Winterraps, in gleichen Teilen aufgeteilt. Hier wurde eine gemischte DKL errechnet (50% DKL-Öllein und 50% DKL-Winterraps). Die Unterschiede bei den Direktkostenfreien Leistungen lassen sich durch die Differenzen in der Marktleistung erklären. Hauptgrund sind wiederum die Erträge der verschiedenen Kulturen. So erzielten Silomais und Wintergerste in den beiden Anbaujahren verhältnismäßig gute Erträge bis sehr gute Erträge. Beim Winterraps war der Ertrag in einem Anbaujahr unterdurchschnittlich und beim Winterweizen sogar während des gesamten Versuches eher schlecht. Bei den Kulturen Erbsen und Öllein waren hingegen eher die Vermarktungspreise nicht konkurrenzfähig. Anhand der ermittelten Daten wurde eine durchschnittliche DKL (Durchschnitt aller Kulturen/Jahr) für die weite Fruchtfolge von 529 €/ha/Jahr errechnet.

Da im Rahmen des EFFO-Versuches keine Vergleichsfruchtfolge angebaut wurde, basiert die betriebswirtschaftliche Berechnung der dreigliedrigen Fruchtfolge auf den jährlichen Auswertungen des SERs (**siehe Tabelle 4**). Für die Berechnung der durchschnittlichen Vergleichs-DKL der Referenzfruchtfolge wurden einerseits die Ergebnisse der 25% besten Betriebe (+25% SER) und die Durchschnittswerte (\emptyset SER) aller Betriebe berücksichtigt. Um Jahreseffekten Rechnung tragen zu können, wurden bei der Auswertung nur die Kulturjahre berücksichtigt, in denen die Kulturen Wintergerste, Winterweizen und Winterraps auch im EFFO-Versuch angebaut wurden (**siehe Abbildung 26**).

Tabelle 4: Auszug aus der SER-Direktkostenfreie Leistung 2019 (SER, De Beroder 99)³

Produktion	Anzahl Betriebe	Fläche	LEISTUNG			DIREKTKOSTEN					DKL
			Ertrag	Verkaufserlös	sonstige Leistungen ^{b)}	Saatgut	Dünger	Miner. Stickstoffdünger	Pflanzenschutz	sonstige Kosten	
Einheit	n ^{a)}	ha	dt/ha	€/ha	€/ha	€/ha	€/ha	kg N/ha	€/ha	€/ha	€/ha
Futterweizen	78	11	64	920	50	-105	-140	135	-155	-50	520
25% schwächsten	20	7	51	700	45	-100	-140	125	-145	-70	290
25% stärksten	20	12	76	1120	35	-100	-120	135	-140	-40	755



Abbildung 16: Theoretische Anbaujahre der Referenzfruchtfolge.

Die errechneten Direktkostenfreien Leistungen für die Referenzfruchtfolge belaufen sich für den SER \emptyset auf 524€/ha und für die +25% Betriebe in der SER-Statistik auf 848€/ha (**siehe**

³ <https://agriculture.public.lu/de/publications/betriebsfuehrung/beroder/beroder-99.html>

Abbildung 27). Der Unterschied zwischen den beiden Varianten beträgt somit 324€/ha. Die rentabelste Kultur in dieser Fruchtfolge war der Wintereraps. Die DKL der Wintergerste war analog zur weiten EFFO-Fruchtfolge besser als die DKL des Winterweizens.

Prämien werden als politisches Instrument eingesetzt um bestimmte Bewirtschaftungsformen zu fördern. Diese finanziellen Anreize sollen ebenfalls bei der betriebswirtschaftlichen Auswertung berücksichtigt werden. Es wurden drei Prämien identifiziert die durch die spezifische Kulturführung der weiten EFFO-Fruchtfolge zusätzlich beantragt werden können:

- Agrar-Umwelt-Klima Maßnahmen: **Fruchtfolgeprämie**⁴ und **Zwischenfruchtprämie**⁵
- Direktzahlungen: **gekoppelte Leguminosenprämie**⁶

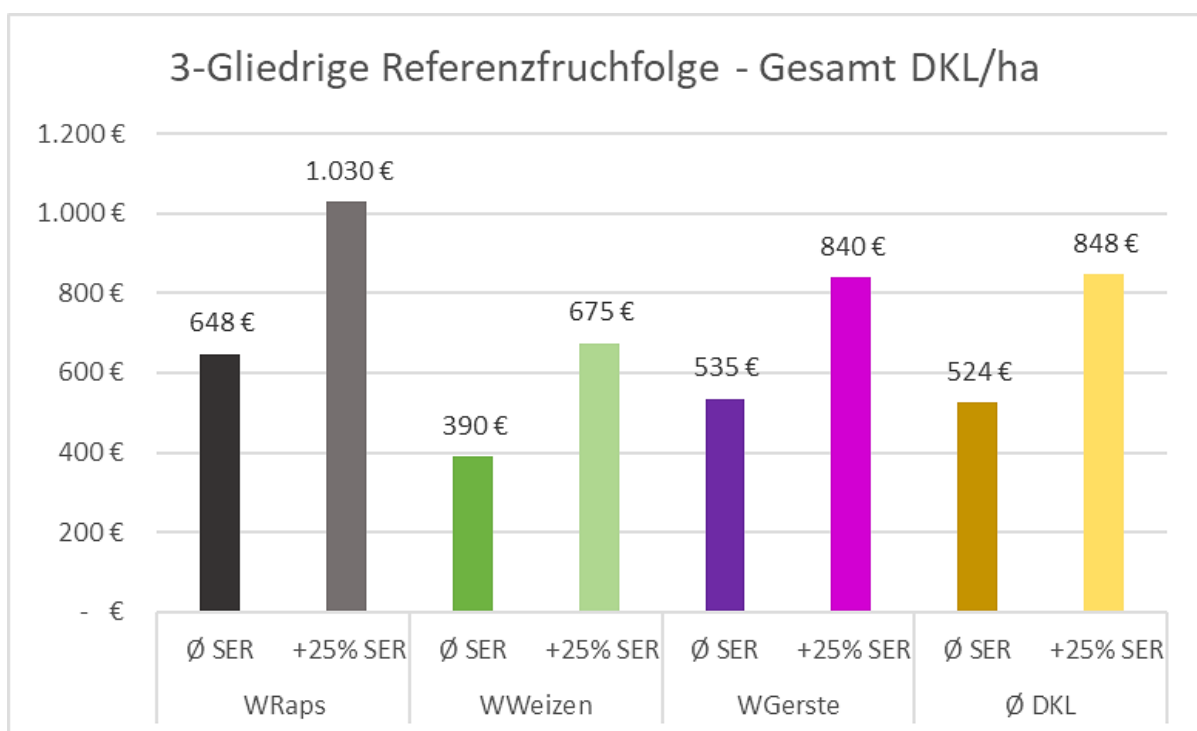


Abbildung 27: Durchschnittliche DKL der Kulturen und die durchschnittliche DKL der Referenzfruchtfolge.

In **Tabelle 5** sind alle Fördermöglichkeiten aufgelistet, welche im Rahmen der weiten EFFO-Fruchtfolge beantragt werden können. Die fünf-gliedrige Fruchtfolge im Versuch erfüllt die Anforderungen der Fruchtfolgeprämie, welche jährlich für sämtliche hier angebauten Kulturen ausbezahlt wird. Die Zwischenfrüchte vor den jeweiligen Sommerkulturen wären im Rahmen der Zwischenfruchtprämie förderfähig gewesen. Da Öllein und Wintereraps im

⁴ <https://agriculture.public.lu/de/beihilfen/agrar-klima-umwelt/agrar-umwelt-klimamassnahmen/fruchtfolgeprogramm.html>

⁵ <https://agriculture.public.lu/de/beihilfen/agrar-klima-umwelt/agrar-umwelt-klimamassnahmen/zwischenfruchtanbau-mulchsaattechnik.html>

⁶ <https://agriculture.public.lu/de/beihilfen/direktzahlungen/leguminosen.html>

gleichen Kulturjahr angebaut wurden, wurde hier nur die Hälfte des Prämienbetrages mit einbezogen. Für die gekoppelte Leguminosenprämie wären die Erbsen qualifiziert gewesen.

Tabelle 5: Anrechenbare Prämien nach Kulturen Im Rahmen der fünf-gliedrigen Fruchtfolge.

	Silomais	WWeizen	Erbsen	Öllein/Wraps	WGerste	Ø
Fruchtfolgeprämie	100 €	100 €	100 €	100 €	100 €	100 €
Zwischenfruchtprämie	140 €	- €	140 €	70 €	- €	70 €
Leguminoseprämie	- €	- €	100 €	- €	- €	20 €
						190 €

Die Gegenüberstellung der verschiedenen Direktkostenfreien Leistungen wird in **Abbildung 28** wiedergegeben. Die weite EFFE-Fruchtfolge ohne Berücksichtigung der Prämien ist gegenüber dem SER Durchschnitt konkurrenzfähig! Die Fruchtfolge „+25% SER“ ist hingegen sämtlichen DKL-Varianten der Fruchtfolgeelemente betriebswirtschaftlich überlegen. Ein erstes Fazit, welches sich aus dieser Auswertung ergibt, ist dass eine weite Fruchtfolge, auch ohne Prämien, für einen durchschnittlichen Betrieb wirtschaftlich sinnvoll sein kann! Als zweites Fazit kann zurückbehalten werden, dass die Gruppe „+25% SER“ mit einer dreigliedrigen Fruchtfolge der weiten Fruchtfolge hier im Rahmen des Versuchs wirtschaftlich überlegen ist (auch bei Berücksichtigung der Prämien) (Differenz +25% SER zu Ø DKL - Fruchtfolgeelemente ohne Prämien: 319€/ha; zu Ø DKL -Fruchtfolgeelemente inkl. Prämien: 129€/ha).

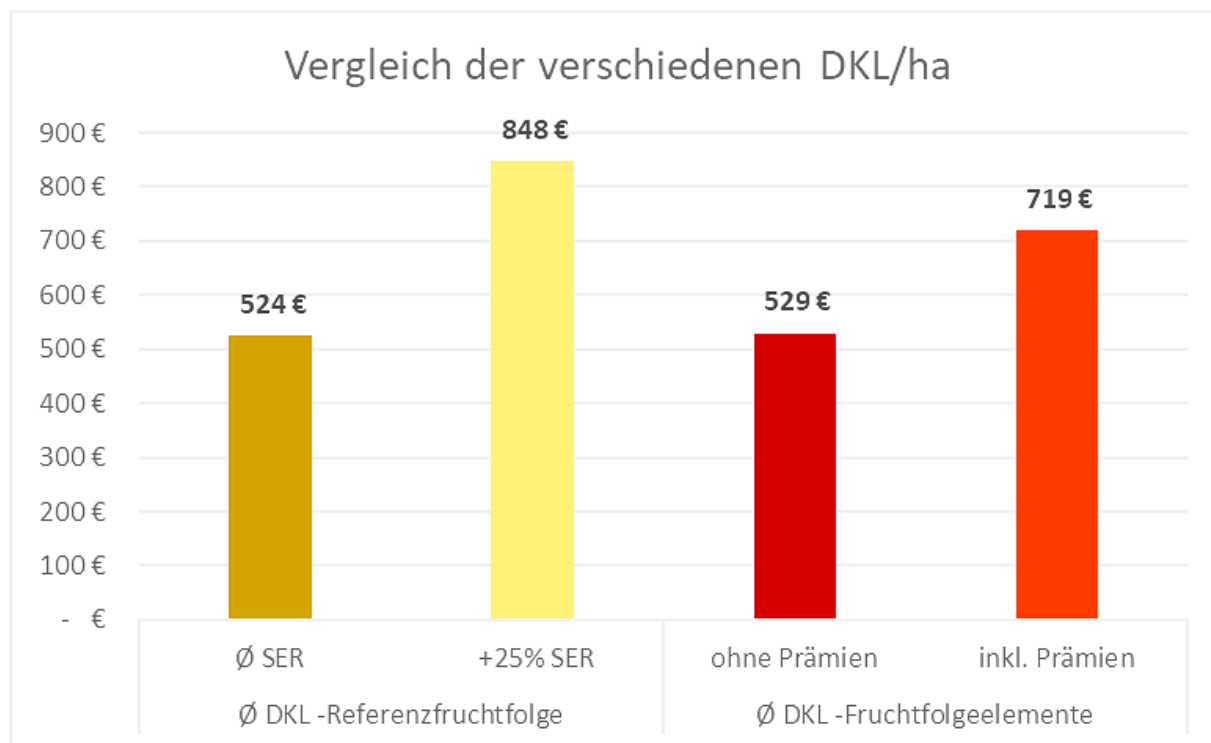



Abbildung 28: Darstellung der verschiedenen ermittelten Direktkostenfreien Leistungen.



Für die Praxis ergibt sich bei der weiten EFFO-Fruchtfolge das Problem, dass sich der Absatz einiger Kulturen als schwierig erweist. Der aktuelle Markt für Erbsen ist in Luxemburg klein bis kaum vorhanden. Für Öllein gibt es nur eine kleine, regional gebundene Nachfrage zur Speiseölherstellung. Weitere Absatzwege konnten bis dato nicht nachhaltig im größeren Umfang erschlossen werden. Diese Umstände mindern erheblich die Wettbewerbsfähigkeit von Kulturen, welche wichtige Dienstleistungen im Rahmen einer Fruchtfolge (Vorfruchtwirkung) erbringen, allerdings aufgrund der Verkaufserlöse nicht konkurrenzfähig sind.

Weite Fruchtfolgen können für landwirtschaftliche Betriebe aus betriebswirtschaftlicher Sicht interessant sein. Möchte man aber die Betriebe zum Anbau von mehrgliedrigen Fruchtfolgen motivieren, so muss man Absatzwege für Alternativkulturen schaffen, die diese attraktiv machen.

2.7.2 Ackerbauelemente

Die ökonomische Analyse der Ackerbauelemente erfolgte zunächst auch anhand der DKL. Die DKL-Auswertung hat über die gesamte Versuchsperiode gezeigt, dass die Resultate aus dem EFFO-Versuch vergleichbar mit den Daten der SER DKL-Auswertung sind. Dies spricht einerseits für die gewählte Auswertungsmethodik sowie andererseits für die fachgerechte Arbeit auf den Versuchsfeldern.

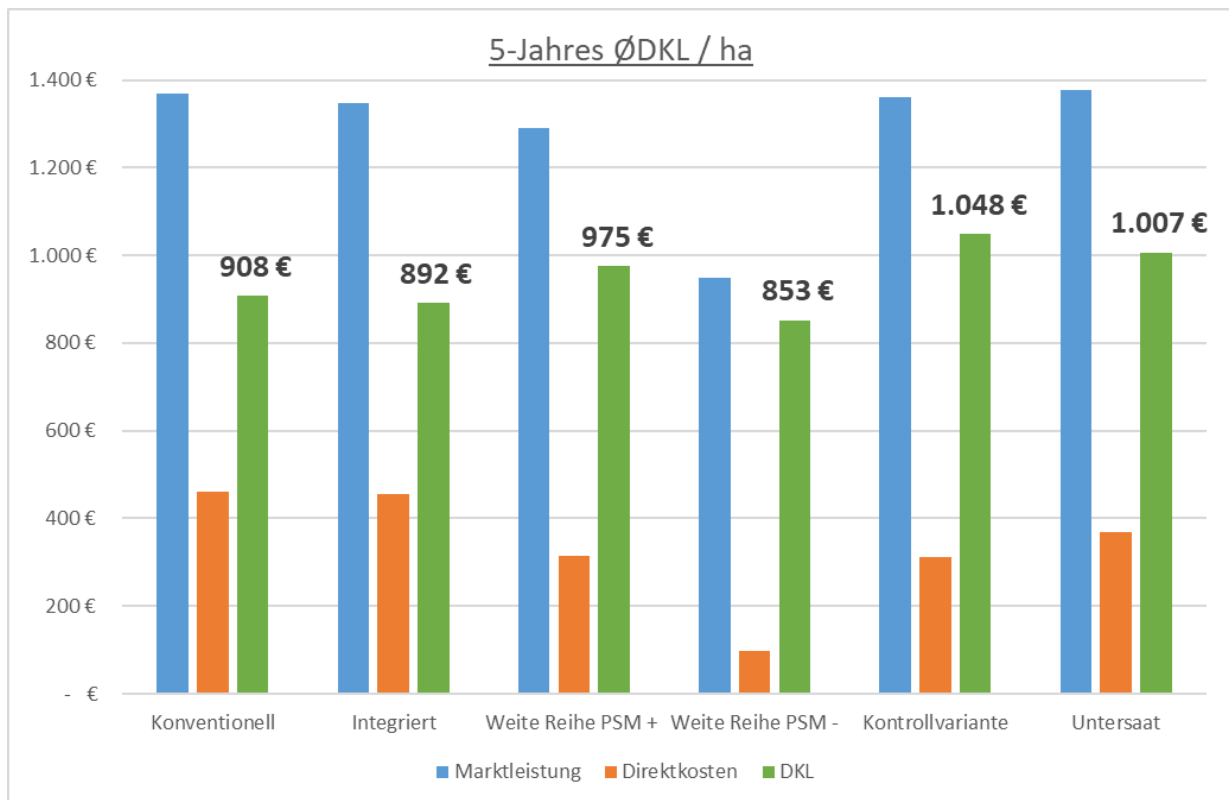


Abbildung 29: DKL-Auswertung der 5 Versuchsjahre.

Beim Vergleich der einzelnen Versuchsvarianten wird deutlich, dass bezüglich der DKL nur geringe Unterschiede bestehen (**Abbildung 29**). Die Marktleistungen sind auf einem ähnlichen Niveau, wobei zu beachten ist, dass immer der gleiche Vermarktungspreis veranschlagt wurde. Einzig die Variante „weite Reihe ohne chemischen Pflanzenschutz und synthetische Düngung“ (Weite Reihe PSM⁻) fällt hier, durch einen geringeren Ertrag, ab. Die geringere Marktleistung wird teilweise durch geringere Direktkosten kompensiert. Zu diskutieren bleibt speziell bei dieser Variante, inwieweit sie von den PSM-Behandlungen (Insektizide) der Nachbarparzellen profitieren konnte. Bei Parzellenversuchen (auch in randomisierten Blockanlagen) ist das zu erwarten.

Bei einer Betrachtung der einzelnen Varianten, aufgeteilt nach Standort (**Abbildung 30**), fällt auf, dass über alle Varianten hinweg, betriebswirtschaftlich gesehen der Standort Reisdorf/Bigelbach am besten und der Standort Hobscheid/Simmern/Brouch mit Ausnahme

bei der Variante Weite Reihe PSM⁻ am schlechtesten abschneidet. Ohne den Standort Reisdorf/Bigelbach würden sich die durchschnittlichen Direktkostenfreien Leistungen im Mittel um 9% verschlechtern. Speziell für die Variante Weite Reihe PSM⁻ würde sich die DKL ohne den Standort Reisdorf/Bigelbach gar um 18% verringern. Allgemein variieren die Direktkostenfreien Leistungen der Varianten mit einem verringertem oder ohne chemischen Pflanzenschutz stärker (z.B.: Varianz integrierte Variante: 91€/ha, Varianz Kontrollvariante und Untersaat: 270€/ha!)

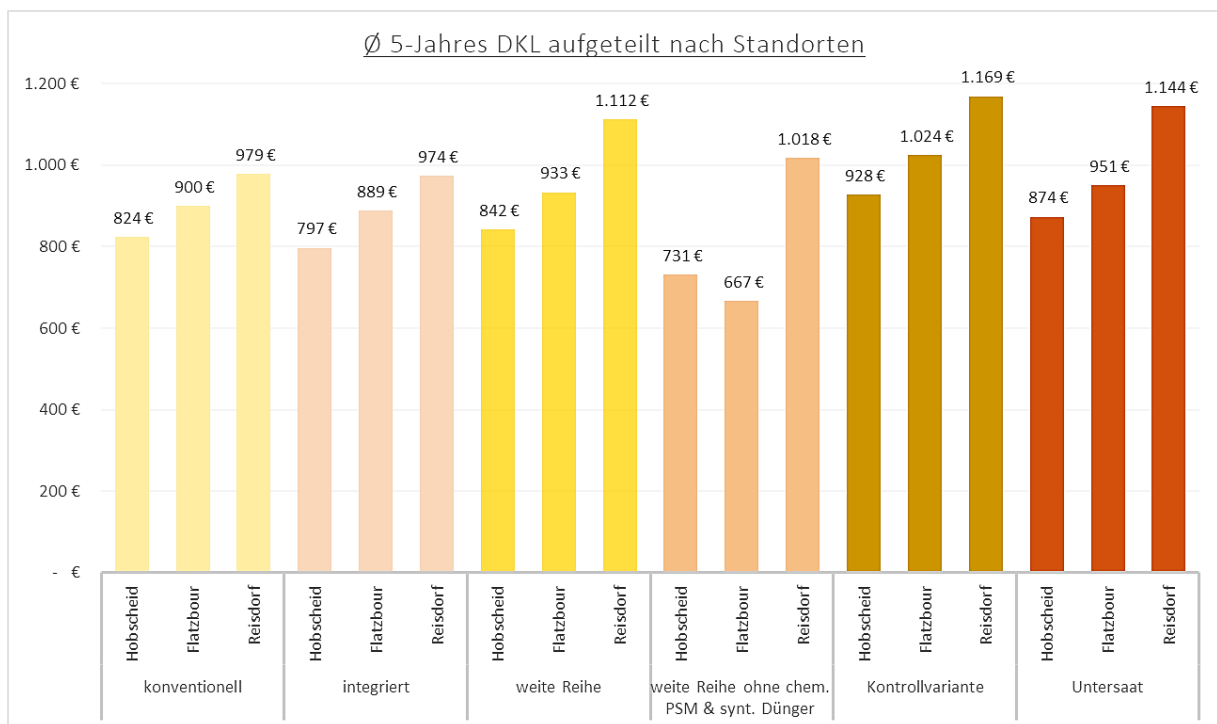


Abbildung 30: DKL-Auswertung nach Variante und Standort.

Der Anteil der Arbeitserledigungskosten ist in der Praxis erheblich. Man benötigt die Stufe der Vollkostenberechnung um sämtliche Kosten für die Arbeitserledigung zwischen Betrieben vergleichbar zu machen. Dieses Verfahren ist für die Versuchsauswertung aber wenig praktikabel, da keine Buchführungsdaten zugrunde liegen. Um eine objektive Vergleichbarkeit herzustellen wurde in einem zweiten Berechnungsschritt die Stufe des Deckungsbeitrages ermittelt. Folgender hypothetischer Ansatz, für die Berechnung der Deckungsbeiträge, wurde gewählt um die höheren Maschinenkosten bei den Varianten mit mechanischer Unkrautbekämpfung zu berücksichtigen:

- Sämtliche Kosten für den Maschineneinsatz werden als variable Arbeitserledigungskosten angesetzt, so dass ein Deckungsbeitrag pro Verfahren ermittelt werden kann.
- Sämtliche auf dem Acker durchgeführten Arbeiten wurden berücksichtigt.
- als neutrale Vergleichsbasis wurden die Tarife des luxemburgischen Maschinenringes (MBR) herangezogen.

- Falls nötig (Arbeitszeitbedarf, PS-Bedarf), wurde der KTBL-Verfahrensrechner Pflanze⁷ genutzt.

Zu beachten ist, dass diese Deckungsbeitragsberechnung nur dazu dient die Versuchsvarianten modellhaft zu vergleichen, eine Vergleichbarkeit der Deckungsbeiträge mit jenen anderer Betriebe ist nur bedingt gegeben.

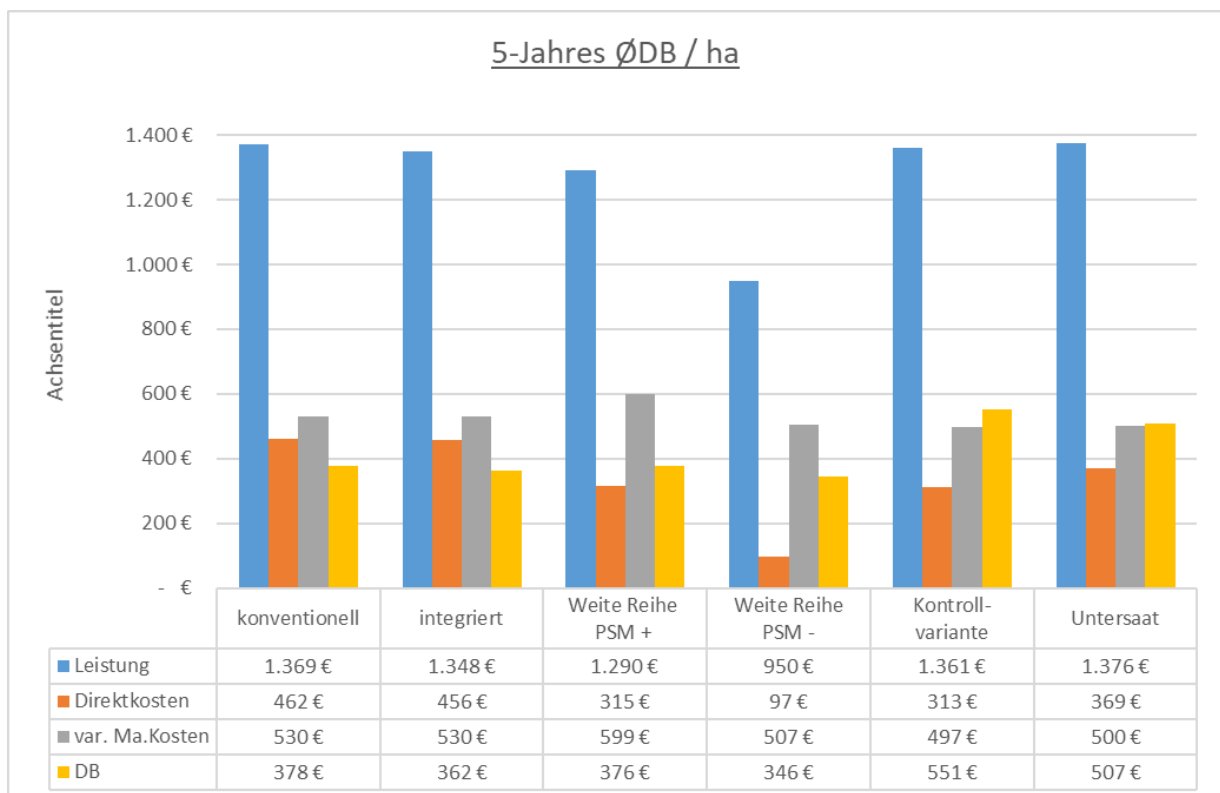



Abbildung 31: DB-Auswertung der fünf Versuchsjahre.

In **Abbildung 31** wird sofort ersichtlich, dass die variablen Arbeiterledigungskosten einen erheblichen Teil der variablen Gesamtkosten ausmachen können. Bei der Kontrollvariante muss beachtet werden, dass in der Praxis keine mechanische Beikrautbekämpfung stattgefunden hat. Durch die Berücksichtigung der variablen Maschinenkosten verschlechtert sich die finanzielle Vorzüglichkeit der Variante weite Reihe PSM⁺. Die Maschinenkosten für das Hacken und die Bandspritzung sind verhältnismäßig hoch, jedoch kann der Einsatz von Herbiziden signifikant reduziert werden!

Die mechanische Unkrautbekämpfung ist weniger effektiv als die der Varianten „konventionell“ und „integriert“. Da Raps äußerst konkurrenzfähig ist, kann er sich je nach Unkrautdruck behaupten, sodass sich ein erhöhtes Unkrautauflaufen nicht zwangsläufig in einer Ertragsdepression bemerkbar macht und folglich die DKL nicht negativ beeinflusst wird.

⁷ <https://daten.ktbl.de/vrpflanze/home.action>



Die unvollständige Unkrautbekämpfung schafft allerdings ein Samenpotential, welches sich in Mehrkosten für die Unkrautbekämpfung in den Folgekulturen bemerkbar machen kann. Ein wichtiger Aspekt welcher nicht außer Acht gelassen werden darf. Die Untersuchung der Folgeverunkrautung konnte allerdings im Rahmen dieses Projektes nicht geleistet werden.

Weiterhin ergab sich im Laufe der Projektlaufzeit die Fragestellung, ob und welche Prämien für die verschiedenen Varianten beantragt werden können. Entsprechend dem aktuell gültigen PDR (programme de développement rural) wurde Folgendes festgestellt:

Die meisten Prämien sind grundsätzlich unabhängig von der Produktion. Einzig die Agrar-Umwelt-Klima Maßnahmen (AUK), ermöglichen die Förderung einer spezifischen Kulturführung.

- Bei der Variante Weite Reihe PSM⁻ ist ein mit Fungizid gebeiztes Saatgut sowie Moluskizide eingesetzt worden. Hier muss abgeklärt werden ob die Prämie IF (442 - Verringerung des Fungizid- und Insektizideinsatzes) anwendbar ist oder nicht.
- Die Bioprämie wäre bei keiner Variante anwendbar, da die Grundanforderungen der Biolandwirtschaft nicht erfüllt sind.
- Anzumerken ist noch, dass die Untersaaten in der Variante „Untersaat“ aktuell noch nicht als ökologisch wertvolle Fläche (ohne finanzielle Auswirkung) im Rahmen der Betriebsprämienregelung der ersten Säule, geltend gemacht werden können.
- Die Prämie HB2 (442 - Verringerung des Herbizideinsatzes bei Hackfrüchten), bei welcher unter anderem das Verfahren der Bandspritzung im Mais gefördert wird (Prämienhöhe: 175€/ha), sollte auf die Rapskultur ausgedehnt werden (im EFFO-Versuch: Variante weite Reihe PSM⁺)
- Einzig die Prämie HB1 (442 - Verringerung des Herbizideinsatzes Code HB1 Getreide, Ölsaaten) könnte für die Varianten Weite Reihe PSM⁻ und Kontrolle beantragt werden. Sofern letztere als Alternative betrachtet wird.
 - Die Verpflichtungsdauer beträgt 5 Jahre.
 - Die Prämie beläuft sich auf 125€/ha
 - Bei einem Rapspreis von 35,5€/dt, würde ein Minderertrag von in etwa 3,5 dt/ha kompensiert werden.

Im Rahmen des EFFO Teilversuches betreffend die Ackerbauelemente wurden ebenfalls Alternativkulturen angebaut. Hier ersetzte Hanf den ursprünglich eingeplanten Leindotter. Die Daten für den Hanfanbau beziehen sich somit auf eine Periode von drei Anbaujahren.

Da keine Vermarktungspreise vorlagen, wurden anhand der Erträge und Produktionskosten die Vermarktungspreise ermittelt, zu welchen die Alternativkulturen konkurrenzfähig mit dem Raps sind. In der **Abbildung 32** sind die variablen Direktkosten und die variablen Arbeitserledigungskosten dargestellt. Die hohen variablen Direktkosten für den Hanf ergeben sich hauptsächlich aus den hohen Saatgutkosten von 442,75€/ha. Ziel des EFFO-Projektes war es, Alternativen zum konventionellen Rapsanbau zu finden. Somit ist die Arbeitshypothese,

dass die Alternativkulturen den gleichen DB erzielen müssen, wie die Variante Winterraps konventionell. Durch eine Gegenüberstellung der Werte, lässt sich die benötigte Zielmarktleistung einfach ermitteln (**Abbildung 33**).

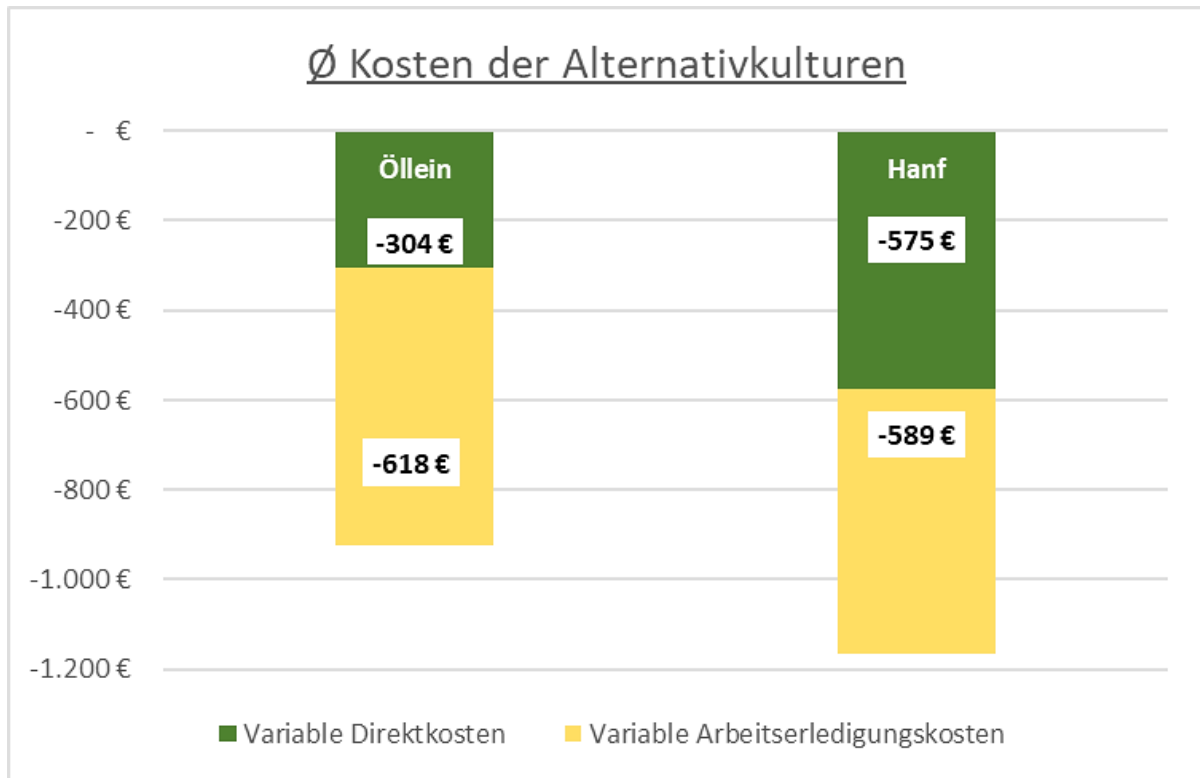


Abbildung 32: Durchschnittliche Kosten der Alternativkulturen.

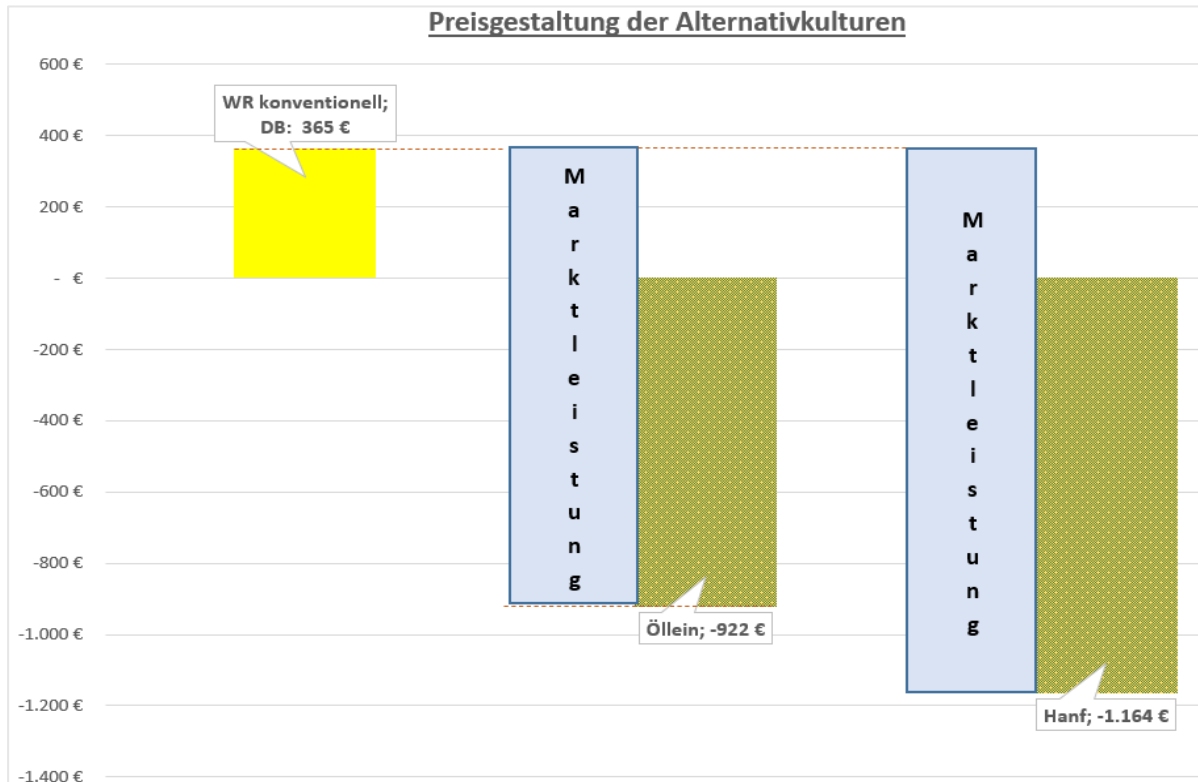


Abbildung 33: Gegenüberstellung des DB Winterraps konventionell mit den Alternativkulturen.

Da die Erträge der Alternativkulturen stark variierten, wurden jeweils drei Szenarien angenommen (**Abb. 34**):

- Szenario 1: Geringster Ertrag im Versuch
- Szenario 2: Durchschnittsertrag des Versuches
- Szenario 3: Höchster Ertrag im Versuch

Öllein			
		Ertrag	Preis
Ziel-Marktleistung: 1.287 €	Szenario 1	7,15 dt/ha	180,0 € /dt
	Szenario 2	14,78 dt/ha	87,1 € /dt
	Szenario 3	21,13 dt/ha	60,9 € /dt
Hanf			
		Ertrag	Preis
Ziel-Marktleistung: 1.529 €	Szenario 1	3,70 dt/ha	347,5 € /dt
	Szenario 2	4,93 dt/ha	261,1 € /dt
	Szenario 3	12,41 dt/ha	103,7 € /dt

Abbildung 34: Ermittlung der benötigten Vermarktungspreise, in Abhängigkeit zum Ertrag.

Im Mittel müsste der Landwirt 87,1€/dt Öllein erhalten und sogar bei einem Höchstertrag läge der Vermarktungspreis dann noch immer bei 60,9€. Die ermittelten Preise für Hanf sind

aufgrund der geringeren Erträge und der höheren Kosten entsprechend höher. Um diese Alternativkulturen für den Anbau attraktiv zu gestalten, muss ein nachhaltiger Absatzmarkt geschaffen werden.

Ein Diskussionspunkt bei den Alternativkulturen sind die veranschlagten Druschkosten, welche bedingt durch den erheblich höheren Aufwand im Vergleich zum Getreidedrusch auch höher angesetzt werden müssen.

Gegebenenfalls können diese den DB noch schmälern.

2.8 Öffentlichkeitsarbeit (WP9)

Im Rahmen des EFFO-Versuches kam der Öffentlichkeitsarbeit eine wichtige Rolle zu, da einerseits die gewonnenen Ergebnisse zeitnah an die Praktiker weitergegeben werden sollten, um eine stetige Verbesserung des Rapsanbaus zu gewährleisten, und andererseits die Öffentlichkeit für das Themenfeld sensibilisiert werden sollte. Der Verlauf des Kulturjahres 2019/20 war jedoch durch die Covid19-Pandemie gekennzeichnet; öffentliche Fachtagungen sowie Feldbegehungen mussten abgesagt bzw. konnten nicht durchgeführt werden. **Tabelle 6** zeigt eine Auswahl der öffentlichen Auftritte von EFFO:

Tabelle 6: Öffentlichkeitsarbeit.

Datum	Beschreibung
17. Juli 2015	Artikel: <i>EFFO-Projektstart</i> , De Lëtzebuenger Bauer
Oktober 2015	Artikel: Projektbeschreibung, „Waasserschutzberodung“, Ausgabe 2015/4
20. November 2015	Kick-off Meeting in Reisdorf
27. November 2015	Artikel: <i>Kick-off Meeting</i> , De Lëtzebuenger Bauer
Dezember 2015 – Februar 2016	Projektvorstellung Wasserschutztagungen SEBES
4. März 2016	EFFO-Fachtagung in Ettelbrück am LTAE
März 2016	Artikel: Bericht über EFFO-Fachtagung, Alcovit & Allianz-Info
17. Juni 2016	Präsentation der Schülerparzellen in Bettendorf im Rahmen der offiziellen Feldbegehung
24. Juni 2016	Offizielle Feldbegehung des EFFO-Versuchs in Reisdorf
1.-3. Juli 2016	Offizielle Präsentation, Foire Agricole
10. Juli 2016	Projektvorstellung Daag um Bauerenhaff
29. Juli 2016	Artikel: <i>Drusch der EFFO-Versuchsfelder</i> , De Lëtzebuenger Bauer
26. August 2016	Artikel: <i>Auf ins neue Versuchsjahr</i> , De Lëtzebuenger Bauer
7.-9. September 2016	Teilnahme an der Konferenz International Organisation for Biological Control - Integrated Control in Oilseed Crops (IOBC-ICOC) in Tartu, Estland mit Präsentation von Versuchsergebnissen

September 2016	Artikel: <i>Den Anbau von Winterraps verbessern</i> . Lëtzebuenger Beien-Zeitung
9. September 2016	Artikel: <i>Erstes Versuchsjahr</i> , De Lëtzebuenger Bauer
14. Oktober 2016	Artikel: <i>Überfliegung der EFFO-Versuche</i> , De Lëtzebuenger Bauer
21. November 2016	EFFO-Expertentalk am LIST, Belval
25. November 2016	Artikel: Expertentalk, De Lëtzebuenger Bauer 47/16
10. Februar 2017	EFFO-Fachtagung in Ettelbrück am LTAE
28. April 2017	Artikel: Fachtagung, De Lëtzebuenger Bauer 7/17
5. Mai 2017	Artikel: Fachtagung, De Lëtzebuenger Bauer 8/17
19. Juni 2017	Offizielle Feldbegehung des EFFO-Versuchs in Wahl
16. Juni 2017	Artikel: Öllein, De Lëtzebuenger Bauer 24/17
23. Juni 2017	Artikel: Feldbegehung, De Lëtzebuenger Bauer 25/17
28. – 29. Juni 2017	19. World Academy of Science, Engineering and Technology, 28.-29. June, London, UK
30. Juni-2. Juli 2017	Offizielle Präsentation, Foire Agricole
9. Juli 2017	Projektvorstellung Daag um Bauerenhaff
21. November 2017	Expertentalk 2017 am LIST, Belval
24. November 2017	Artikel: Expertentalk, De Lëtzebuenger Bauer
23. Februar 2018	EFFO-Fachtagung in Ettelbrück am LTAE
2. März 2018	Artikel: Fachtagung, De Lëtzebuenger Bauer
Juni 2018	Artikel: GUDD
22. Juni 2018	Offizielle Feldbegehung des EFFO-Versuchs in Grevels
29. Juni 2018	Artikel: Feldbegehung, De Lëtzebuenger Bauer
29. Juni – 1. Juli 2018	Offizielle Präsentation, Foire Agricole
17. Juni 2018	Projektvorstellung Daag um Bauerenhaff
August 2018	Artikel: Feldbegehung im Rahmen des EFFO-Versuches, Lëtzebuenger Beien-Zeitung, Heft 8/2018
29. Januar 2019	Wissenschaftlicher Vortrag und Vorstellung der Ergebnisse anlässlich der Tagung der „Association pour la Promotion des Protéagineux et des Oléagineux“ an der Universität Gembloux
7. März 2019	Expertentalk im LTA
15. März 2019	Artikel: EFFO-Expertentalk in Ettelbrück, De Lëtzebuenger Bauer
20. März 2019	Artikel: EFFO-Expertentalk in Ettelbrück II, De Lëtzebuenger Bauer
20. & 21. April 2019	Informationsstand anlässlich des „Ouschtermaart Preizerdaul“
21. Juni 2019	Feldbegehung in Reisdorf/Bigelbach
28. Juni 2019	Artikel: Feldbegehung, De Lëtzebuenger Bauer
5.-7. Juli 2019	Projektvorstellung, Foire Agricole
12. Juli 2019	Artikel: Begehung der EFFO-Versuche in Bigelbach, De Lëtzebuenger Bauer
23. August	Artikel: EFFO beendet viertes Versuchsjahr, De Lëtzebuenger Bauer

4. September 2019	Sorteninformationsversammlung in Beringen: Vorstellung der Ergebnisse aus EFFO
23. Januar 2020	EFFO-Expertentalk im LIST
31. Januar 2020	Artikel Expertentalk, De Lëtzebuerger Bauer
13. März 2020	GV FILL: Präsentation EFFO-Fazit
April 2020	Artikel Luxemburger Wort: Standortsicherung – FILL-Forderungen für eine nachhaltige Landwirtschaft
Juli 2020	Artikel über EFFO in GUDD
Dezember 2020	Artikel über EFFO im Bauerenkalenner

2.9 Fortbildung (WP10) und Ausbildung (WP11)



Abbildung 35: Offizielle Feldbegehung des EFFO-Versuchs 2019 in Reisdorf/Bigelbach.

Um den Wissenstransfer aus dem EFFO-Projekt in die landwirtschaftliche Praxis zu begünstigen, fanden alljährlich die Besichtigungen des EFFO-Versuchs auf verschiedenen Standorten statt (**Abbildung 35**). Die Veranstaltungen bot dem interessierten Publikum aus der landwirtschaftlichen Praxis die Möglichkeit, sich vor Ort über den Aufbau des Versuchs, sowie die Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsvarianten, zu informieren. Im Rahmen von Gesprächen zwischen den Beteiligten des Projektteams sowie den interessierten

Landwirten konnten Fragen und Bedenken hinsichtlich der vorgestellten Anbauverfahren geklärt werden.

Daneben fanden in den Jahren 2017 und 2018 zahlreiche Praktiker den Weg ins LTA nach Ettelbrück um dort an den Fachtagungen teilzunehmen. Fragen zu den von den Referenten vorgestellten Themen wurden im Anschluss an die Vorträge von den Mitgliedern des Projektteams beantwortet. Die Erkenntnisse aus dem EFFO-Versuch fließen im Rahmen der unterschiedlichen Ackerbaumodule (z. B. Parzellenpass planen, Parzellenpass führen) in die Lehre mit ein. Insbesondere die alternativen Anbautechniken sowie Verfahren zu Unkrautbekämpfung werden den Schülern im Rahmen von praktischen Unterrichtseinheiten nähergebracht. Daneben nahmen immer wieder unterschiedliche Klassen des LTA an den verschiedenen EFFO-Veranstaltungen, wie z.B. den Feldbegehungen oder dem Expertentalk teil. Anlässlich der Begehung der Sortenversuche in Bettendorf stellten die Schüler den Versuch, sowie Ergebnisse, vor.






2.10 Wissenschaftlicher Output und Kooperationen

Wissenschaftliche Publikationen

- Eickermann M, Fiedler M, Ronellenfitch FK, Gallé T, Majerus A & J Junk (2016): Reducing pesticides in oilseed rape production – A multisite long-term field experiment in Luxembourg. IOBC/wprs Bulletin 116, 13-14.
- Junk J, Ronellenfitch FK & M Eickermann (2017): Influence of dryer autumn conditions on weed control based on soil active herbicides. 19th International Conference on Agriculture and Climate Change, 28-29 June 2017, London.
- Eickermann M, Emmerling C & J Junk (2017): Influence of changing precipitation patterns on chemical weed management in autumn. Annalen der Meteorologie 52, 47-48.
- Class M, Eickermann M, Junk J, Emmerling C & M Beyer (2018): Der Einfluss von Herbiziden auf Dehydrogenase-Aktivität in landwirtschaftlich genutzten Böden am Beispiel Luxemburg. Julius-Kühn-Archiv 461, 567.
- Eickermann M, Junk J & M Class (2018): Impact of Herbicides on Soil Biology in Rapeseed. Journal of Agricultural and Biosystems Engineering 12, 440-443.
- Treer S, Colbus M, Steiger S, Eickermann M, Hoffmann L & M Beyer (2020): Weed populations in the main cultures of Luxembourg: control options and monitoring in a complex environmental and political framework. Julius-Kühn-Archiv 464, 64-71.
- Makselon J, Eickermann M, El Jaroudi M, Goergen K & J Junk (2021): Impact of climate change on the phenology of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Archives of Agronomy and Soil Science. **SUBMITTED.**
- Eickermann M, El Jaroudi M, Ronellenfitch FK, Majerus A & J Junk (2021): Management of weed species by different techniques in oilseed rape (*Brassica napus* L.). **In Vorbereitung.**

Aufgrund der Datenmenge und vor allem aufgrund der COVID-19 Restriktionen, die alle Fachveranstaltungen ausfallen ließen, steht in 2021/22 noch der Besuch folgender Veranstaltungen mit Präsentation von Ergebnissen aus:

- September 2021: 62. Deutsche Pflanzenschutztagung. Universität Göttingen (Vortrag und Poster)
- März 2022: 7e Conférence sur les moyens alternatifs de protection pour une production intégrée (COMAPPI), Lille (Posterpräsentation)
- März 2022: International Organisation for Biological Control - Integrated Control in Oilseed Crops. Universität Rennes (Vortrag)



Aufgrund der räumlichen und thematischen Nähe konnten zwei Kooperationen im Rahmen des EFFO-Projektes mit der Universität Trier, Fachbereich VI - Raum- und Umweltwissenschaften in den Fächern „Bodenkunde“ und „Umweltfernerkundung und Geoinformatik“ ermöglicht werden, aus der zwei wissenschaftliche Abschlussarbeiten resultierten.

- Class M K (2017): Einfluss von kulturtechnischen Anbauverfahren im Winterraps (*Brassica napus* L.) auf die bodenbiologischen Eigenschaften von Kalk- und Buntsandsteinböden in der Luxemburger Landwirtschaft. Bachelor Thesis, pp. 49.
- Dzunic F (2019): Laboratory Imaging Spectroscopy of Important Weed Species in Winter Oilseed Rape Fields. Master Thesis, pp. 96.

Zusätzlich ergab sich durch die „Umweltfernerkundung und Geoinformatik“ eine Zusammenarbeit mit der Firma Geocoptix. Das Ziel dieser Kooperation in der Saison 2016/2017 und 2017/18 war die automatisierte Unterscheidung von Raps und den in dieser Kultur dominierenden Hauptunkräutern inklusive einer überwachten Klassifikation der jeweiligen Unkrautart. Als Grundlage dafür dienten hoch aufgelöste Bilddaten, welche während mehrmaliger UAV-Befliegung nach Feldaufgang erhoben wurden. Der abschließende Bericht war im Jahresbericht 2018 beigefügt. Kurzgefasst ließ sich folgendes festhalten:

- Als geeignete Messzeitpunkte sind lediglich Termine innerhalb der ersten vier Wochen nach der Saat geeignet, um die Unkrautflora mittels UAV-gestützten Luftbilddaufnahmen zu erfassen. Danach überdeckt die Kulturpflanze (Winterraps) die Unkräuter.
- Es konnte eine Abhängigkeit zwischen Klassifikationsgenauigkeit und Stichprobenumfang festgestellt werden, wodurch lediglich eine kleine Anzahl von Unkrautarten ausgewertet werden konnte: Ackerstiefmütterchen, Klatschmohn und Vogelmiere. Aufgrund der Heterogenität der Klassengrößen sind die statistischen Ergebnisse jedoch kritisch zu bewerten. Besonders kritisch ist die Unterscheidung im Keimblattstadium.
- Aus diesem Grund wurde das prinzipielle Verfahren der Bilderfassung noch einmal im Klimaschrank geprüft, um so ausreichend Bildmaterial für eine Artklassifikation zu erhalten. Diese Ergebnisse wurden im Frühjahr 2019 in einer Masterarbeit (F. Dzunic) an der Universität Trier wissenschaftlich ausgearbeitet.



3. Abschließende Schlussfolgerungen am Ende des Projektes

Es war zum einen Ziel des Projektes, die Effizienz verschiedener mechanischer und pflanzenbaulicher Methoden zur Unkrautkontrolle als Alternative zum breitflächigen Herbizideinsatz im Winterrapsanbau zu prüfen. Zum anderen sollte die Wirtschaftlichkeit einer weiter gestellten, fünf gliedrigen Fruchtfolge geprüft werden. Aus den fünfjährigen Feldversuchen in den drei sehr unterschiedlichen Regionen Luxemburgs lassen sich nun folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Effizienz der Unkrautkontrolle

- ❑ Die zu Beginn des Versuchs noch mitgeführte Striegel-Variante musste fallengelassen werden, da sich aufgrund der Pflanzenphänologie, bzw. der vorherrschenden Witterung und der damit verbundenen Bearbeitbarkeit der Böden kein geeigneter Zeitpunkt für den Striegel-Einsatz an allen drei Standorten finden ließ. Die Variante wurde daher als „Kontrollvariante“ weitergeführt.
- ❑ Es dominierten in den drei Regionen die unterständigen Arten (darunter Stiefmütterchen, Vogelmiere usw.), die dem Raps bei „moderatem“ Aufkommen nur bedingt Konkurrenz machen, für die jeweilige Folgekultur aber eine direkte Konkurrenz darstellen können.
- ❑ Bei erhöhtem Auftreten der „klassischen Rapsunkräuter“ (z.B. Klatschmohn, Kamille oder Klette) können allerdings bereits geringe Individuenzahlen die Erträge und Erntebedingungen negativ beeinflussen.
- ❑ Nicht nur die Individuenzahl der Unkräuter ist von Bedeutung, sondern vielmehr die Artenzusammensetzung, die ihrerseits neben der vorhergehenden Wirtschaftsweise (d.h. Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Unkrautmanagement etc.) vor allem auf dem Standort beruht. Ganzheitliche Konzepte müssen betriebsspezifisch entwickelt werden.
- ❑ Im Vergleich zu den rein chemischen Varianten („Metazachlor“ und „Clomazon plus Pethoxamid“) schnitten die alternativen (teil-mechanischen) Varianten hinsichtlich dem Unkrautauftreten schlechter ab.
- ❑ Für einen guten Wirkungserfolg von Metazachlor ist eine ausreichende Bodenfeuchte entscheidend.
- ❑ Ein „Clomazon-Effekt“ nach stärkeren Niederschlägen während des Feldaufganges war in Form einer Wuchsdepression deutlich sichtbar.


- ❑ Untersaaten zur Unkrautunterdrückung zeigten im Rahmen dieses Versuches nur einen sehr geringen Erfolg. Es sind speziell dafür ausgelegte Versuche mit angepassten Saatterminen und Untersaatenmischungen nötig.
- ❑ Die „Weite Reihe“ mit Einsatz der Bandspritze zeigte unter den alternativen Varianten den höchsten Bekämpfungserfolg. Das Verfahren muss allerdings optimiert werden, z.B. in der Sätechnik (Einzelkornsaat?), der Saatstärke und der Hacktechnik.
- ❑ Die „Weite Reihe“ kann als Anbaumethode für die Praxis empfohlen werden und ist ein wichtiger Schritt bei der Reduktion des Herbizideinsatzes. Eine Kombination mit Untersaaten wäre zu prüfen.
- ❑ Der Raps in „Weiter Reihe“ mit Bandspritzung sollte in den Förderkatalog der Agrarumweltmaßnahmen aufgenommen werden.

Erträge

- ❑ Kaum Unterschiede im mittleren Ertragsniveau zwischen den Standorten. Winterraps kann auch ertragsbeeinflussende Faktoren kompensieren, sofern der Pflanzenbestand gut etabliert ist.
- ❑ Erträge auf den Standorten Flatzbour/Wahl und Hobscheid/Simmern/Brouch streuten stärker als in Reisdorf/Bigelbach. Daraus resultiert eine höhere Ertragssicherheit in Reisdorf/Bigelbach.
- ❑ Alle Varianten bis auf „WR PSM⁻“ auf ähnlichem Ertragsniveau. Auch wenn die Ertragsschwankungen bei den alternativen Unkrautbekämpfungsstrategien größer sind.
- ❑ „WR PSM⁻“ zeigte deutlich geringeren Kornertrag allerdings die höchsten Ölgehalte.
- ❑ „WR PSM⁻“ zeigte eine raschere phänologische Entwicklung von ca. 7-10 Tagen (vermutlich aufgrund geringerer Nährstoffverfügbarkeit).

Alternativkulturen

- ❑ Es wurden drei alternative Ölfrüchte (Ölhanf und Öllein, bzw. in 2015/16 auch Leindotter) im EFFO Versuch getestet.
- ❑ Leindotter wurde aufgrund des hohen Schädlingsdruckes (Erdflöhe bei Feldaufgang, Glanzkäfer im Knospenstadium und Mehltau) als Alternativkultur nach einem Anbaujahr verworfen.
- ❑ Öllein konnte hinsichtlich der Kulturführung überzeugen, wobei aber Saatbett und Bodenfeuchte bei der Saat optimal sein müssen (dem Raps also sehr ähnlich). Öllein



ist daher eine geeignete Alternativkultur und kann ohne Probleme der Diversifizierung der Fruchtfolge dienen.

- Der Leinerdfloh war 2020 an allen Versuchsstandorten bekämpfungsrelevant. Hier muss darauf geachtet werden, dass eine „neue“ Kulturpflanze nicht mit einem „neuen“ Schädlingsproblem aufwartet.
- Sowohl Ölgehalte als auch Erträge für Öllein lagen in vergleichbarer Höhe zu unseren Nachbarländern, wobei die Erträge für Ölhanf hinter den Erwartungen aus der Literaturrecherche lagen.
- Für den Ölhanf besteht noch weiter Optimierungsbedarf in der Kulturführung und der Nachernte-Aufbereitung.
- Als problematisch muss gesehen werden, dass derzeit kein Absatzmarkt für die Öle der Alternativkulturen in Luxemburg besteht. Hier ist die Politik gefragt.

Ökonomische Auswertung

- Der Raps ist aus betriebswirtschaftlicher Sicht eine wichtige Marktfrucht für die luxemburgische Landwirtschaft.
- Durch mechanische Unkrautbekämpfung können die Kosten für Pflanzenschutzmittel reduziert werden, die variablen Maschinenkosten nehmen allerdings zu.
- Der Verzicht von Pflanzenschutzmittel führt zu höheren Schwankungen der Marktleistung. Hier bedarf es eines finanziellen Risikoausgleiches, um neue Anbauverfahren zu fördern.
- Die ökonomische Auswertung der Ackerbau-Elemente war eine zusätzliche Auswertung, welche ursprünglich nicht gefordert war.
- Ein Hindernis für den Anbau von Alternativkulturen sind deren nicht vorhandener Absatzmarkt sowie damit verbundene unsichere Erlöse.
- Um einen nachhaltigen und langfristigen Anbau von Alternativkulturen in weiten Fruchtfolgen zu fördern, sollten für diese Alternativkulturen Vermarktungsstrukturen mit gesicherten Absatzwegen aufgebaut werden.
- Eine weit gestellte Fruchtfolge kann für ein Großteil der landwirtschaftlichen Betriebe aus betriebswirtschaftlicher Sicht interessant sein, dies zeigt ein Vergleich mit dem SER Durchschnitt, auch wenn Spitzenbetriebe („+25% SER“) mit der engeren Fruchtfolge das beste Ergebnis erzielen.




Herbizidanalytik

- ❑ Die Analysen der Bodenproben ergaben, dass die Halbwertszeiten der untersuchten Herbizid-Wirkstoffe an allen drei Standorten vergleichbar waren und durchweg etwas kürzer ausfielen als in der Literatur angegeben.
- ❑ Die Kombination aus Feldversuchen (LWK), Modellberechnungen (LIST) und Nutzungsstatistiken (SER) konnten das Potenzial der Grundwasserkontaminationen in Luxemburg voraussagen und sind ein wichtiges Instrument zur Risikoanalyse des PSM-Einsatzes.
- ❑ Die aktuellen Zulassungsbeschränkungen für den Wirkstoff Metazachlor führten seit 2015 zu Verschiebungen in den Verbrauchsdaten für andere Wirkstoffe (hier Pethoxamid als Zusatz zu Clomazon).
- ❑ Es besteht das Risiko der Anreicherung eines langlebigen und mobilen Transformationsproduktes von Pethoxamid

Generelles Fazit

Neben den Varianten, die den Einsatz der Herbizide in der Winterrapsproduktion präferieren, zeigten die (teil-)mechanischen Varianten in den fünf Versuchsjahren ein vergleichbares Ertragspotential (Ausnahme: Weite Reihe ohne PSM und ohne mineralischen Dünger). Hingegen zeigten die letztgenannten aber ein höheres Unkrautaukommen im Vergleich zu den chemischen Varianten. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass sich nach mehrjährigem Einsatz der Alternativmethode ein erhöhtes Samenpotential der Unkrautflora im Boden anhäufen könnte. Begleitende Maßnahmen müssten eingeplant werden. Es muss also bei der Unkrautbekämpfung in einer Fruchtfolge strategisch gedacht werden. Das soll aber nicht bedeuten, dass die anderen Verfahren per se schlecht sind. Im Gegenteil, alle Verfahren sind mögliche Alternativen, bzw. könnten auch kombiniert werden, wie z.B. Colza Associé als Untersaat in „weiter Reihe“. Dennoch ergibt sich für alle Varianten noch Optimierungsbedarf hinsichtlich Saattechnik, Saattermin, Reihenabstände, Hacktechnik etc., der zusätzlich auch standortabhängig noch einmal geprüft werden müsste. Insbesondere Colza Associé bietet durch unterschiedliche Mischungspartner die Möglichkeit einer maßgeschneiderten und standortangepassten Untersaat, sofern die meteorologischen Bedingungen einen guten Feldaufgang ermöglichen.

Die Empfehlung ist zunächst das Verfahren „Weite Reihe mit Bandspritze“ zu optimieren und es als Alternative mit reduziertem Pflanzenschutzmitteleinsatz in Wasserschutz- und ähnlich gelagerten Gebieten mit Schutzstatus in die Praxis einzuführen. Mit diesem Verfahren ist eine signifikante Reduktion des Herbizideinsatzes im Rapsanbau möglich. Eine Förderung einzelner Maßnahmen durch Aufnahme in die Agrarumweltprogramme wäre entscheidend, um den verschiedenen Anbaumethoden zum Durchbruch in der Praxis zu verhelfen.



Öllein konnte hinsichtlich der Kulturführung überzeugen die Erträge lagen in vergleichbarer Höhe zu unseren Nachbarländern. Für den Ölhanf besteht noch weiter Optimierungsbedarf in der Kulturführung und der Nachernte-Aufbereitung.

Eine weit gestellte Fruchtfolge kann für ein Großteil der landwirtschaftlichen Betriebe aus betriebswirtschaftlicher Sicht interessant sein. Um einen nachhaltigen und langfristigen Anbau von Alternativkulturen in weiten Fruchtfolgen zu fördern, sollten für diese Alternativkulturen Vermarktungsstrukturen mit gesicherten Absatzwegen aufgebaut werden.

Danksagung

EFFO wurde dankenswerterweise gefördert durch: Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture & du Développement rural, Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable und Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Das Projektteam dankt den teilnehmenden Landwirten für die Bereitstellung von Versuchsflächen und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des LTAE für den Ernteeinsatz. Der größte Dank geht an die FILL und an die im Projekt eingebundenen Personen, ohne die EFFO nicht hätte bestehen können: Nico Kass, Marc Fiedler und Ilona Zeimens. Dank geht natürlich auch an Gérard Conter (LTAE), der das Projekt in der Anfangsphase betreut hat. Wir danken auch dem damaligen ASTA-Direktor, Léon Wietor, der dem Projekt einen elementaren Anschlag gegeben hatte.

4. Anhang

Kulturführung Fruchtfolge 2019-2020

	Hobscheid	Wahl	Bettendorf	Bemerkungen
Grundbodenbearbeitung Wintergerste	Herbst	Herbst	Herbst	Pflug
Saat Zwischenfrucht	21.Aug	21.Aug	21.Aug	LuxGreening Mix 4: 15 kg/ha
Saatbettbereitung Wintergerste	Ende September	Ende September	Ende September	Wahl: Federzahn, Bettendorf: Kreiselegge
Saat Wintergerste	03.Okt	22.Sep	03.Okt	Sorte California
Düngung Gerste 1. Gabe	17.Mär	17.Mär	17.Mär	65 kg N/ha + 12 kg S/ha über AHL/ASL Gemisch
Düngung Gerste 2. Gabe	10.Apr	10.Apr	10.Apr	65 kg N/ha über AHL
Herbizid Gerste	28.Mär	28.Mär	28.Mär	1,2 l/ha Axial + 70 gr/ha Biathlon Duo
Wachstumsregler Gerste			10.Apr	Bettendorf: 0,25 l/ha Moddus
Saatbettbereitung Mais	25.Apr	28.Apr	23.Apr	Federzahn/Kultivator bzw. Kreiselegge
org. Düngung Mais	25.Apr	28.Apr	23.Apr	100 kg/ha Norg. über Biogas- bzw. Rindergülle im Schleppschuhverfahren
Saat Mais	29.Apr	05.Mai	23.Apr	75 cm Reihenabstand 95000 K/m ²
mineralische Düngung Mais	29.Apr	05.Mai	23.Apr	Wahl: 2,4 dt/ha NP 24/12, Bettendorf: 3 dt/ha Alzon 37, Hobscheid: 1 dt/ha DAP 18-46
Fungizid Gerste			08.Mai	Bettendorf: 1 l/ha Aviator + 1 l/ha Bravo
Herbizid Mais	03.Jun	01.Jun	29.Mai	Wahl: 0,8 l/ha Callisto + 0,7 l/ha Kart + 0,75 l/ha Samson Extra 60 OD Bettendorf: 0,8 l/ha Frontier Elite + 0,8 l/ha Temsa SC + 0,5 l/ha Samson Extra 60 OD + 0,15 l/ha Callam, Hobscheid: 1,2 l/ha Monsoon Active + 0,6 l/ha Callisto
Ernte Wintergerste	17.Jul	13.Jul	07.Jul	Mähdrusch
Ernte Silomais	19.Sep	21.Sep	09.Sep	

Kulturführung Raps 2019-2020

	Brouch	Wahl	Reisdorf	Bemerkungen
Organische Düngung*	26.Aug	26.Aug	26.Aug	60 kg Norg./ha über Rinder- bzw. Biogassgülle
Saat	26.Aug	28.Aug	27.Aug	Sorte: DK Exception
Herbizid Variante Clomazon + Pethoxamid	29.Aug	29.Aug	29.Aug	0,2 l/ha Centium CS + 2 l/ha Koban
Schneckenkorn*	31.Aug	31.Aug	31.Aug	3 kg/ha Delicia Schneckenlinsen
Herbizid (Variante Metazachlor)	18.Sep	18.Sep	18.Sep	2,5 l/ha Butisan Gold
Insektizid (Erdfloh)*			20.Sep	50 gr/ha Mageos
Fungizid + Wachstumsregulierung Herbst*	14.Okt	14.Okt	14.Okt	0,7 l/ha Caryx
Düngung 1+2. Gabe*	17.Mär	17.Mär	17.Mär	168 kg N/ha + 38 kg S/ha über AHL/ASL Gemisch
Insektizid* (Rapsglanzkäfer)	18.Mär		18.Mär	0,3 l/ha Biscaya
Insektizid* (Kohltriebrüssler)	18.Mär	19.Mär		50 gr/ha Mageos
Herbizid Variante "Colza Associé"		19.Mär		360 ml/ha Effigo
Hacken + Bandspritzung (Weite Reihe)*		20.Mär		Bandspritzung: Wahl, Simmern: 0,12 l/ha Effigo
Insektizid * (Rapsglanzkäfer)	03.Apr		03.Apr	85 gr/ha Steward
Ernte	21.Jul	21.Jul	21.Jul	

* Düngung, Insektizid- und Fungizid Applikationen sowie Wachstumsregulierung in allen Rapsvarianten gleich, bis auf die Variante "Weite Reihe PSM" wo auf jegliche chemische Pflanzenschutzbehandlung und mineralische Düngung verzichtet wurde. Lediglich ein Molluskizid wurde eingesetzt. Desweiteren kam gebeiztes Saatgut zum Einsatz

Kulturführung Hanf 2020

	Simmern	Wahl	Bigelbach	Bemerkungen
Organische Düngung	26.Aug	26.Aug	27.Aug	60 kg Norg./ha über Rinder- bzw. Biogassgülle
Saat Zwischenfrucht	26.Aug	28.Aug	27.Aug	LuxGreening Mix 4
ZWF Abtötung	28.Mär	28.Mär	28.Mär	3l /ha Roundup Powermax
Saat Hanf	27.Apr	27.Apr	27.Apr	
Düngung Hanf	22.Mai	22.Mai	22.Mai	60 kg N/ha über AHL
Ernte	25.Aug	21.Aug	26.Aug	

Kulturführung Öllein 2020

	Simmern	Wahl	Bigelbach	Bemerkungen
Organische Düngung	26.Aug	26.Aug	27.Aug	60 kg Norg./ha über Rinder- bzw. Biogasgülle
Saat Zwischenfrucht	26.Aug	28.Aug	27.Aug	
Glyphosat Zwischenfrucht	28.Mär	28.Mär	28.Mär	3 l/ha Roundup Powermax
Saat Öllein	09.Apr	09.Apr	09.Apr	
Insektizid Leinerdfloh	08.Mai	08.Mai	27.Apr	62,5 ml/ha Karate Zeon
Düngung Öllein	22.Mai	22.Mai	22.Mai	70 kg N/ha über AHL/ASL
Herbizid Öllein	03.Jun	03.Jun	03.Jun	60 ml/ha Hussar Ultra + 25 gr/ha Gratil + 0,33 l/ha U46 M750
Ernte	20.Aug	20.Aug	20.Aug	

Ernteparameter Fruchtfolgeversuch 2020

	Bereinigter Ertrag (Feuchte und Verunreinigung) (dt/ha)	Verunreinigung (%)	Hektolitergewicht HLG (kg/hl)	Feuchte (%)
Wintergerste Hobscheid	60,3	0,9	63,4	9,6
Wintergerste Wahl	59,4	0,7	66,9	11,2
Wintergerste Bettendorf	87,3	0,8	64,4	15
	Trockenmasse- ertrag (t/ha)	Trockensubstanz- gehalt (%)	Energiegehalt (VEM)	Stärke (%)
Silomais Hobscheid	8,56	53,78	875	25,96
Silomais Wahl	11,07	43,06	842	14,78
Silomais Bettendorf	17,65	37,67	925	30,67