



VOGELWARTE.CH

B Berner
Fachhochschule
► Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften HAFL

u^b
UNIVERSITÄT
BERN

agridea
ENTWICKLUNG DER LANDWIRTSCHAFT UND DES LÄNDLICHEN RAUMS
DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE ET DE L'ESPACE RURAL
SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA E DELLE AREE RURALI
DEVELOPING AGRICULTURE AND RURAL AREAS

Autoren: Judith Zellweger-Fischer, Bernhard Streit, Sina Blösch, Eva Knop



BERICHT ZUM RESSOURCENPROJEKT ART. 77A UND 77B LWG

Ressourcenschonende Massnahmen im Ackerbau zur Förderung der Biodiversität –

Bericht zur wissenschaftlichen Begleitung und den Wirkungsmonitorings

Inhalt

Zusammenfassung	3
1 Hintergrund und Einbettung ins Ressourcenprojekt	4
1.1 Zielsetzung	4
1.2 Teilnehmende Betriebe	4
1.3 Massnahmenüberblick	4
1.3.1 Weitsaatmuster im Winterweizen	4
1.3.2 Untersaatmuster im Mais	5
1.4 Massnahmen- und Kontrollfelder	6
2 Wissenschaftliche Fragestellungen	6
2.1 Weitsaatmuster im Winterweizen	7
2.1.1 Ökologische Fragestellungen	7
2.1.2 Agronomische Fragestellung	8
2.2 Untersaatmuster im Mais	8
2.2.1 Ökologische Fragestellungen	8
2.2.2 Agronomische Fragestellungen	8
2.3 Akzeptanzanalyse	8
3 Methodik	9
3.1 Weitsaatmuster im Winterweizen	9
3.1.1 Ökologische Untersuchungen	9
3.1.2 Agronomische Untersuchungen	9
3.2 Untersaatmuster im Mais	9
3.2.1 Ökologische Untersuchungen	9
3.2.2 Agronomische Untersuchungen	10
3.3 Akzeptanzanalyse	10
4 Resultate	10
4.1 Weitsaatmuster im Winterweizen	10
4.1.1 Resultate mit ökologischem Bezug	10
4.1.2 Resultate mit agronomischem Bezug	14
4.2 Untersaatmuster im Mais	14
4.2.1 Resultate mit ökologischem Bezug	14
4.2.2 Resultate mit agronomischem Bezug	16
4.3 Akzeptanzanalyse	17
5 Diskussion	18
5.1 Weitsaatmuster im Winterweizen	18
5.2 Untersaatmuster im Mais	19
6 Schlussfolgerungen	20
6.1 Weitsaatmuster im Winterweizen	20
6.2 Untersaatmuster im Mais	21
7 Weiterer Bedarf an wissenschaftlichen Arbeiten	22
8 Fazit über das gesamte Projekt	22
9 Literaturverzeichnis	24
10 Anhang	27

IMPRESSUM

Ressourcenprojekt – Bericht zur wissenschaftlichen Begleitung und den Wirkungsmonitorings

Autoren

Judith Zellweger-Fischer
Sina Blösch
Eva Knop
Bernhard Streit

Fotos Titelseite

Schweizerische Vogelwarte

Zitiervorschlag

Zellweger-Fischer, J., Blösch, S. & Streit, B. (2024):
Ressourcenschonende
Massnahmen im Ackerbau zur
Förderung der Biodiversität. Wiss.
Endbericht. Schweizerische
Vogelwarte, Sempach.

Kontakt

Judith Zellweger-Fischer
Schweizerische Vogelwarte
Seerosen 1
6204 Sempach
T 041 462 97 00
judith.zellweger@vogelwarte.ch

Dr. Bernhard Streit
Hochschule für Agrar-, Forst- und
Lebensmittelwissenschaften
HAFL, 3052 Zollikofen
T 031 910 22 33 (direkt)
bernhard.streit@bfh.ch

© 2024, Schweizerische
Vogelwarte Sempach und HAFL
Zollikofen

Dieser Bericht darf ohne Rück-
sprache mit der Schweizerischen
Vogelwarte Sempach weder als
Ganzes noch auszugsweise
publiziert werden.

Zusammenfassung

Im intensiv genutzten Ackerland liegt die landwirtschaftliche Nutzung häufig über der ökologischen Tragfähigkeit der Ökosysteme. Die Forschung steht gemeinsam mit der landwirtschaftlichen Praxis vor der grossen Herausforderung, innovative Produktionssysteme zu entwickeln, welche genügend hohe Erträge sichern, keine Schädigung der natürlichen Ressourcen zur Folge haben, die Ökosystemdienstleistungen verbessern und es typischen Tierarten des Kulturlands ermöglichen, sich auch auf Produktionsflächen wieder erfolgreich fortzupflanzen (Phalan et al. 2011). Ziel dieses Projekts war es deshalb, in den Hauptanbaukulturen Weizen und Mais erfolgsversprechende, ressourcenschonende und gleichzeitig biodiversitätsfördernde Produktionsmassnahmen grossflächig umzusetzen und ihre agronomischen und ökologischen Wirkungen zu untersuchen. Die Massnahmen sollten unter Nutzung der neuesten Maschinenteknologie zu einer ökologischen Optimierung des Ackerbaus beitragen.

Die Massnahme «Weitsaat im Winterweizen» hatte zum Ziel, die dichte Vegetationsstruktur im Weizen zu öffnen und dadurch die funktionelle Biodiversität und die Indikatorart Feldlerche zu fördern. Die Massnahme bestand aus zwei ungesäten Streifen pro 4 m Arbeitsbreite: Einer der ungesäten Streifen war mindestens 30 cm breit (i.d.R. Schliessung von ein bis zwei Säscharen) und einer der Streifen mindestens 37.5 cm breit (i.d.R. Schliessung von zwei bis drei Säscharen).

Positive Effekte für die funktionelle Biodiversität zeigten sich in Form von Veränderungen in den Laufkäfergemeinschaften (Aktivitätsdichte, Diversität oder durchschnittliche Körpergrösse in den verschiedenen trophischen Gilden), welche in Zusammenhang mit einer höheren natürlichen Kontrolle in Experimenten mit Schädlingen und (Problem-)Unkrautsamen standen, ebenso wie mit einer deutlichen Verringerung der Getreidehähnchendichte und Pflanzenschäden auf den Versuchsflächen. Feldlerchen profitierten von einer höheren Futterdichte (mehr Raupen und Spinnen im Juni/Juli) und von verbesserten Nahrungssuch- und Nistmöglichkeiten mit deutlicher Steigerung des Bruterfolgs – sofern die Weitsaatbereiche genügend breit waren (mindestens 37 cm Reihenabstand). Die Erträge der Weitsaat bewegten sich im Rahmen üblicher jährlicher Schwankungen und die Mykotoxinwerte wichen nicht von konventionell bewirtschafteten Kontrollfeldern ab. Allerdings erhöhte sich das Risiko der Spätverunkrautung.

Insgesamt ergaben sich aus diesem Weitsaatmuster Vorteile für die funktionelle Biodiversität und die Feldlerche ohne Ertragseinbussen. Für eine umfassende Förderung der Biodiversität und insbesondere der UZL-Arten empfehlen wir jedoch eine deutliche Extensivierung der Weitsaat bzw. eine Ergänzung durch die Anlage von Biodiversitätsförderflächen in der Nähe der Produktionsflächen. Der regionsspezifische BFF-Typ 16 «Getreide in weiter Reihe» unterscheidet sich von dem hier untersuchten Weitsaatmuster insbesondere hinsichtlich der Reihenabstände und wir empfehlen die Überprüfung der Übertragbarkeit der Ergebnisse.

Mit der Massnahme «Mais mit Untersaat» wurde beabsichtigt Vegetation zwischen den ansonsten strukturarmen Maisreihen zu schaffen, um nebst bekannten ressourcenschonenden Effekten (wie beispielsweise Erosion zu mindern), die Lebensraumbedingungen von Feldlerchen und Arthropoden zu verbessern. Zwecks Förderung und Schutz der Zielorganismen sollte die Untersaat früh (spätestens im 3-Blatt-Stadium des Mais) etabliert werden und von nachfolgender Bodenbearbeitung abgesehen werden. Die Umsetzung erwies sich als sehr anspruchsvoll und wurde aufgrund starker Verunkrautung oder zu dominant wachsender Untersaat nur auf Teilflächen (ca. 1/3 der jeweiligen Versuchsfläche, ca. 24 m breite Untersaatstreifen) angelegt.

Es zeigten sich positive Effekte für die Laufkäfergesellschaften: Insbesondere war die Aktivitätsdichte und der Artenreichtum pflanzen- und samenfressender Laufkäfer sowohl in den Untersaatbereichen als auch in den unbegrünten Zwischenbereichen zwischen den Untersaatstreifen deutlich höher als in Kontrollflächen. D.h. dass der Nutzen der Untersaat hier über den eigentlichen Massnahmenbereich hinaus ging (*spillover*-Effekt). Funktionelle Aspekte der Biodiversitätsförderung wurden im Mais nicht untersucht, da die biologische Bekämpfung des Maiszünslers mittels *Trichogramma*-Schlupfwespen gut etabliert ist. Aufgrund zu geringer Feldlerchenaktivität auf den Maisflächen konnten keine quantitativen Schlussfolgerungen hinsichtlich einer Verbesserung der Lebensraum- und Brutbedingungen durch die Untersaat im Mais gezogen werden. Der Ertragsverlust bei dieser Massnahme betrug durchschnittlich rund 10 Prozent in den Untersaatbereichen.

«Mais mit Untersaat» bedingt eine vertiefte anbautechnische Beratung, viel Erfahrung bei standort- und witterungsbedingter Kombination von Untersaatarten, Saattermin und Saatechnik sowie eine genaue Beobachtung der Kulturentwicklung. Bei früher Etablierung der Untersaat sind nach aktuellem Kenntnisstand Ertragseinbussen nicht zu vermeiden. Die Umsetzung von Biodiversitätsmassnahmen auf Teilflächen und die Nutzung von *spillover*-Effekten könnte Ertragsreduktionen und Hemmschwellen der Landwirte reduzieren, Trittsteine für die Biodiversität schaffen (z.B. auch in produktiven Gunstlagen) und so die ökologische Vernetzung fördern.

1 Hintergrund und Einbettung ins Ressourcenprojekt

1.1 Zielsetzung

Das Ziel dieses Ressourcenprojektes war es, innovative Produktionssysteme zu entwickeln, welche genügend hohe Erträge sichern, keine Schädigung der natürlichen Ressourcen zur Folge haben, die Ökosystemdienstleistungen verbessern und es typischen Arten des Kulturlands ermöglichen, sich auch auf Produktionsflächen wieder erfolgreich fortzupflanzen (Phalan et al. 2011). Deshalb sollten in den Hauptanbaukulturen Weizen und Mais erfolgsversprechende, ressourcenschonende und gleichzeitig biodiversitätsfördernde Produktionsmassnahmen grossflächig umgesetzt und ihre agronomischen und ökologischen Wirkungen untersucht werden.

Die am Anfang des Projektes definierten Vorgaben umfassten, dass Roherträge nicht um mehr als 10 % gesenkt und gleichzeitig Brut- und Lebensraumbedingungen der Feldlerche, einer Indikatorart der offenen Kulturlandschaften, verbessert werden. Ausserdem sollte die Dichte wirbelloser Nützlinge und die von ihnen erbrachte Regulation von relevanten Schädlingsarten gesteigert werden. Quantitativ ausgedrückt sollte sich der Bruterfolg der Feldlerche im Weizen um mindestens 30 % und im Mais um mindestens 50% erhöhen. Die Dichte von Nützlingen sollte sich um mindestens 25 % erhöhen, was zu einer geschätzten Erhöhung der Schädlingkontrolle von mindestens 40 % führen sollte.

Eine umfassende Erfolgskontrolle zeigte, wie sich die Massnahmen „Weitsaaten im Weizen“ und „Begrünung im Mais“ auf die funktionelle Biodiversität und auf die Indikatorart Feldlerche auswirkten. Gleichzeitig wurden agronomische und betriebswirtschaftliche Folgen (Erträge, Verunkrautung, Arbeitsaufwand, etc.) der Massnahmen evaluiert.

1.2 Teilnehmende Betriebe

Die kantonalen Gutsbetriebe Bellechasse (FR) und Witzwil (BE) dienten in diesem Ressourcenprojekt als Fokusbetriebe. Hier wurden die Massnahmen optimiert und grossflächig umgesetzt. Im Winterweizen belief sich die Versuchsfläche von 2017 bis 2022 auf insgesamt 218.6 ha, im Mais zwischen 2019 und 2022 auf insgesamt 35.2 ha (zusätzlich zu 10 ha Versuchsfläche aus dem Projekt «Gründungen für Mais (GD4Maize)»).

Weitere 18 private Satellitenbetriebe nahmen von 2019 bis 2022 am Projekt teil und lieferten 107.47 ha Versuchsfläche im Winterweizen (auf 13 Betrieben) und 20.66 ha im Mais (auf elf Betrieben).

Die Betriebe wurden fachkompetent beraten erhielten eine angemessene Abgeltung von allfälligen Ertragsausfällen.

Ursprünglich waren weitere Zusatzbetriebe vorgesehen, die die Massnahmen auf eigenes Risiko hin umsetzen sollten (Projektantrag 2017). Es gab jedoch keine Teilnahmebereitschaft. Beim Weitsaatmuster im Winterweizen dürfte dies darauf zurückzuführen sein, dass zum Zeitpunkt unserer Wirkungskontrolle in den Kantonen Bern und Solothurn «Getreide in weiter Reihe» als BFF Typ 16 eingeführt wurde und sich einige interessierte Landwirte und Landwirtinnen zur Umsetzung dieser Massnahme entschieden haben, nicht zuletzt weil sie mit einem hohen Beitrag abgegolten wurde. Für die Massnahme Mais mit Untersaatmuster war der vorgesehene Beratungsaufwand auch ohne Zusatzbetriebe bereits ausgeschöpft.

1.3 Massnahmenüberblick

1.3.1 Weitsaatmuster im Winterweizen

In den ersten zwei Projektjahren wurden verschiedene Weitsaatmuster auf den Fokusbetrieben Bellechasse und Witzwil erprobt. Da die beiden Betriebe unterschiedliche Sämaschinen verwendeten, ergaben sich leicht unterschiedliche Reihenabstände. Für beide Fokusbetriebe konnte aber ein gut umsetzbares, vergleichbares Saatmuster entwickelt werden (im Folgenden «Weitsaatmuster im Winterweizen»): Pro den auf diesen Betrieben üblichen 4 m Arbeitsbreite wird ein Muster mit einer ungesäten Landebahn und ein bis zwei in der Nähe (idealerweise 50 cm von der Landebahn entfernt) platzierten ungesäten Nistbahnen angelegt (Abb. 1). Je nach Sämaschinentyp waren die Landebahnen 37.5–50 cm (i.d.R. Schliessung von zwei bis drei Säscharen) und die Nistbahnen 30–37.5 cm (i.d.R. Schliessung von ein bis zwei Säscharen) breit. Dieses Prinzip wurde auch auf den Satellitenbetrieben umgesetzt, wo das Saatmuster für die üblichen 3 m breiten Sämaschinen angepasst wurde. Eine Reduktion der Saatgutmenge wurde empfohlen aber nicht vorgeschrieben. Herbizid- und Düngereinsatz erfolgten betriebsüblich und gemäss den geltenden ÖLN-Richtlinien. Auf der Mehrheit der Satellitenbetriebe wurde der Weizen nach Extensio-Anforderungen angebaut (Unkrautbekämpfung mit einmalig Herbizid oder bei Biobetrieben mit Striegel).



Abb. 1. Winterweizen mit Weitsaatmuster. Links: Schematische Darstellung der Massnahme. Beispiel mit einer Landebahn (blau, mindestens 37 cm) und zwei Nistbahnen (rot, mindestens 30 cm) pro 4 m Arbeitsbreite. Mitte: Winterweizen mit Weitsaatmuster auf einem Fokusbetrieb. Rechts: Luftbild mit konventionellem Anbau in der linken Bildhälfte und Weitsaatmuster in der rechten Bildhälfte. Sichtbar sind die etwas breiteren Landebahnen mit jeweils einer Nistbahn links und rechts der Landebahnen. Bilder: Sina Blösch und Judith Zellweger.

1.3.2 Untersaatmuster im Mais

Optionen für eine «Begrünung im Mais» wurden in den ersten vier Projektjahren erprobt, unter anderem im Rahmen eines vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanzierten Zusatzprojekts «Gründungen für Mais (GD4Maize)». Dabei galt es Zielkonflikte zwischen der Ertragsbildung (Untersaat zum spätmöglichen Zeitpunkt, strikte Unkrautbekämpfung in der kritischen Jugendentwicklung) und ökologische Wirksamkeit (Untersaat zum frühestmöglichen Zeitpunkt, keine Bodenbearbeitung nach der Aussaat) zu entschärfen. Diesbezüglich gab es in der Wissenschaft und Praxis wenig Erfahrung und grosse Wissenslücken und vorgeschlagene Massnahmen mussten laufend angepasst werden. Erfahrungen aus diesen Versuchen wurden in Merkblättern für einen Praxis-Transfer (s. Anhang) festgehalten.

Die beste Option für die im Ressourcenprojekt festgehaltenen Ziele sahen wir darin, eine Untersaat aus einer Leguminosenmischung (UFA MaisLegu mit Bastardklee (*Trifolium hybridum* L.), Gelbklee (*Medicago lupulina* L.), Inkarnatklee (*Trifolium incarnatum* L.) und Weissklee kleinblättrig (*Trifolium repens* L.)) nur auf Teilflächen, dafür aber bereits gleichzeitig mit der Aussaat oder spätestens bis zum 3-Blatt-Stadium des Maises auszubringen. Die Fokusbetriebe etablierten die Untersaat direkt vor der Maisaussaat mittels Getreidesämaschine oder Hackstriegel. In Bellechasse wurde nach der Maisaussaat eine klee-schonende Herbizid-Voraufbehandlung durchgeführt, wodurch die Untersaat erfolgreich wuchs und wenig Unkraut auftrat. In Witzwil wurde kein Herbizid verwendet, was zu starkem Unkrautwuchs führte. Satellitenbetriebe nutzten oft Nachaufbauherbizide in Kombination mit Hacken und Untersaat. Diese Arbeiten wurden mit speziell umgebauten Hackgeräten durchgeführt. Einige verzichteten auf Herbizide und setzten auf mechanische Unkrautbekämpfung. Die Kombination aus Untersaat, mechanischer Unkrautbekämpfung und Bandspritzung scheint am effektivsten, um Unkraut zu kontrollieren und die Untersaat zu etablieren. Teilflächen umfassten ca. ein Drittel der Massnahmenflächen und waren in der Regel so breit wie die betriebsübliche Fahrgassenbreite (15–24 m, je nach Betrieb; Beispiel in Abb. 2). Diese im Folgenden «Untersaatmuster im Mais» genannte Massnahme wurde ab 2020 auf Fokus- und Satellitenbetrieben umgesetzt und hinsichtlich der ökologischen und agronomischen Auswirkungen detailliert untersucht. Die Etablierung dieser Massnahme auf den Betrieben erforderte eine enge Begleitung durch die HAFL.



Abb. 2. Mais mit Untersaatmuster. Links: Schematische Darstellung der Massnahme. Bereiche mit Untersaat (grüne Bahnen) wechseln sich ab mit Bereichen ohne (weisse Bahnen). Mitte: Im 3-Blatt-Stadium angelegte Untersaat bestehend aus Bastardklee, Gelbklee, Inkarnatklee und Weissklee. Rechts: Reihenhackgerät für die gleichzeitige Bandspritzung über den Pflanzenreihen und Saat einer Untersaat zwischen den Pflanzenreihen auf einem Maisfeld des Projekts. Bilder: Sina Blösch und Bernhard Streit.

1.4 Massnahmen- und Kontrollfelder

Auf den Fokusbetrieben (Bellechasse und Witzwil) wurden grosse Weizen- und Maisfelder (ca. 10 ha) je hälftig mit und ohne Massnahmen (Weitsaatmuster, Untersaat) angesät. Insgesamt wurden 23 solche Weizen- und 12 Maisfelder mit dem jeweiligen finalen Massnahmenmuster angelegt. Auf den deutlich kleiner parzellierten Satellitenbetrieben wurde zu jedem Massnahmenfeld ein vergleichbares Kontrollfeld in unmittelbarer Nähe gesucht. Abbildung 3 zeigt die beiden Fokusbetriebe sowie die 13 Winterweizen- und elf Mais-Satellitenbetriebe aus den Versuchsjahren 2019 bis 2022.

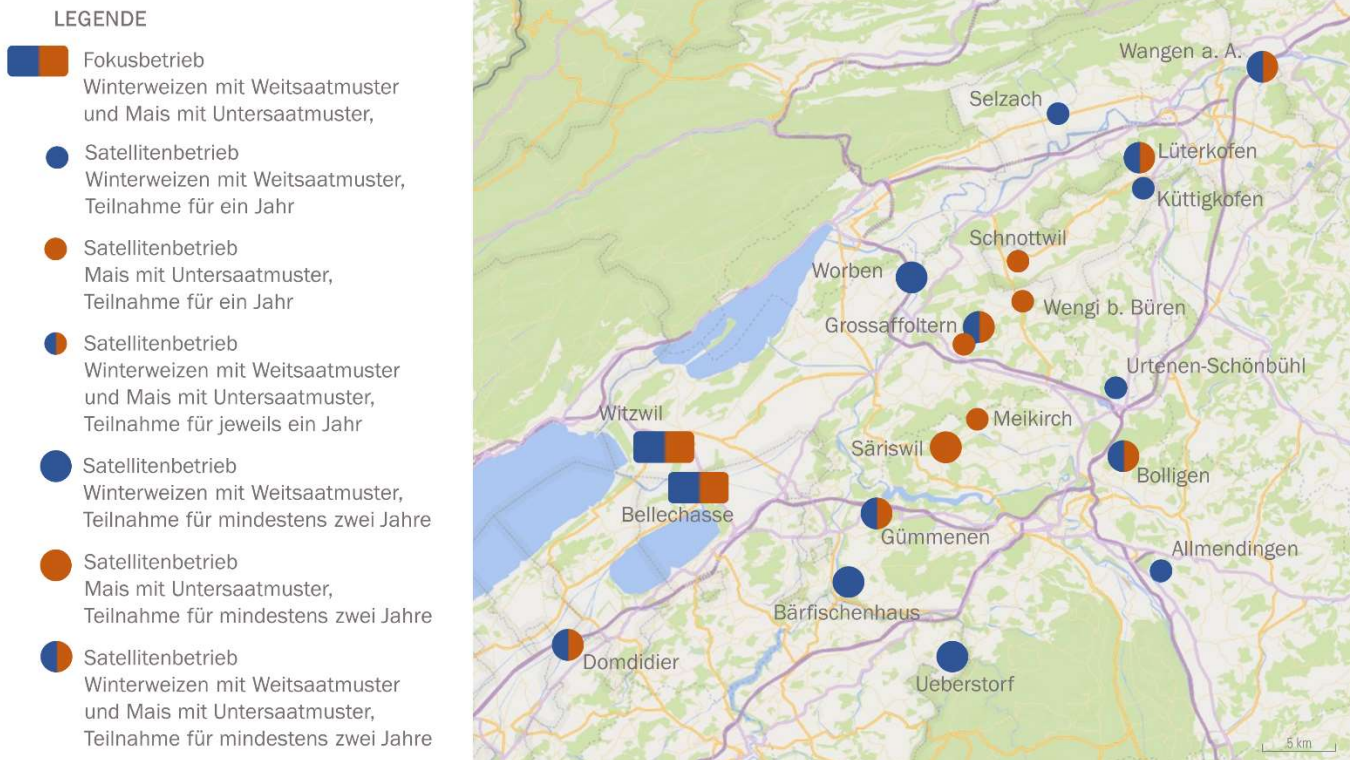


Abb. 3. Lage der Fokus- und Satellitenbetriebe. Fokusbetriebe sind durch Rechtecke dargestellt, Satellitenbetriebe durch Punkte. Die verschiedenen Massnahmen sind farblich gekennzeichnet: «Winterweizen mit Weitsaatmuster» (blau) oder «Mais mit Untersaatmuster» (orange) oder beide Massnahmen (blau-orange). Die Grösse der Punkte entspricht den Teilnahmejahren.

2 Wissenschaftliche Fragestellungen

Die beiden Massnahmen «Weitsaatmuster im Winterweizen» und «Untersaatmuster im Mais» wurden auf die Zielbereiche Ökologie und Agronomie überprüft. Aus ökologischer Sicht wurden Aspekte der Ebene «Artenvielfalt» (Feldlerche und Arthropoden mit Schwerpunkt Laufkäfer) und im Winterweizen auf der Ebene «funktionelle Biodiversität» (Nützlings-Schädlings-Interaktionen) evaluiert. Im Mais wurden keine Nützlings-Schädlings-Interaktionen untersucht, da die biologische Bekämpfung des Maiszünslers mittels Trichogramma-Schlupfwespen gut etabliert ist. Agronomische Fragestellungen betrafen insbesondere das Ertragspotenzial, Produktqualität und Verunkrautung.

2.1 Weitsaatmuster im Winterweizen

2.1.1 Ökologische Fragestellungen

2.1.1.1 Feldlerche

Hauptursache für den Rückgang der Feldlerche ist in erster Linie der ungenügende Bruterfolg (Jenny 1990a; Wilson et al. 1997; Chamberlain und Crick 1999). Im Ackerland haben veränderte Fruchtfolgen (Wegfall von Sommergetreide), dichter wachsende Kulturen (Getreide), der Einsatz von Geräten zur intensiven mechanischen Unkrautbekämpfung während der Brutphase (Navntoft et al. 2007) und die Zerstörung der Ackerbegleitflora durch Herbizide das räumliche und zeitliche Angebot von geeigneten Brutplätzen stark verringert (Jenny et al. 2014). Es wurde untersucht, wie sich das Weitsaatmuster in Winterweizenfeldern auf Habitatnutzung, Territorialverhalten, Brut- und Nahrungsversorgungsbedingungen der Feldlerche auswirkt und wie sich dieser Effekt in Abhängigkeit vom Landschaftskontext und im Verlauf der Brutsaison verändert (Abb. 4).

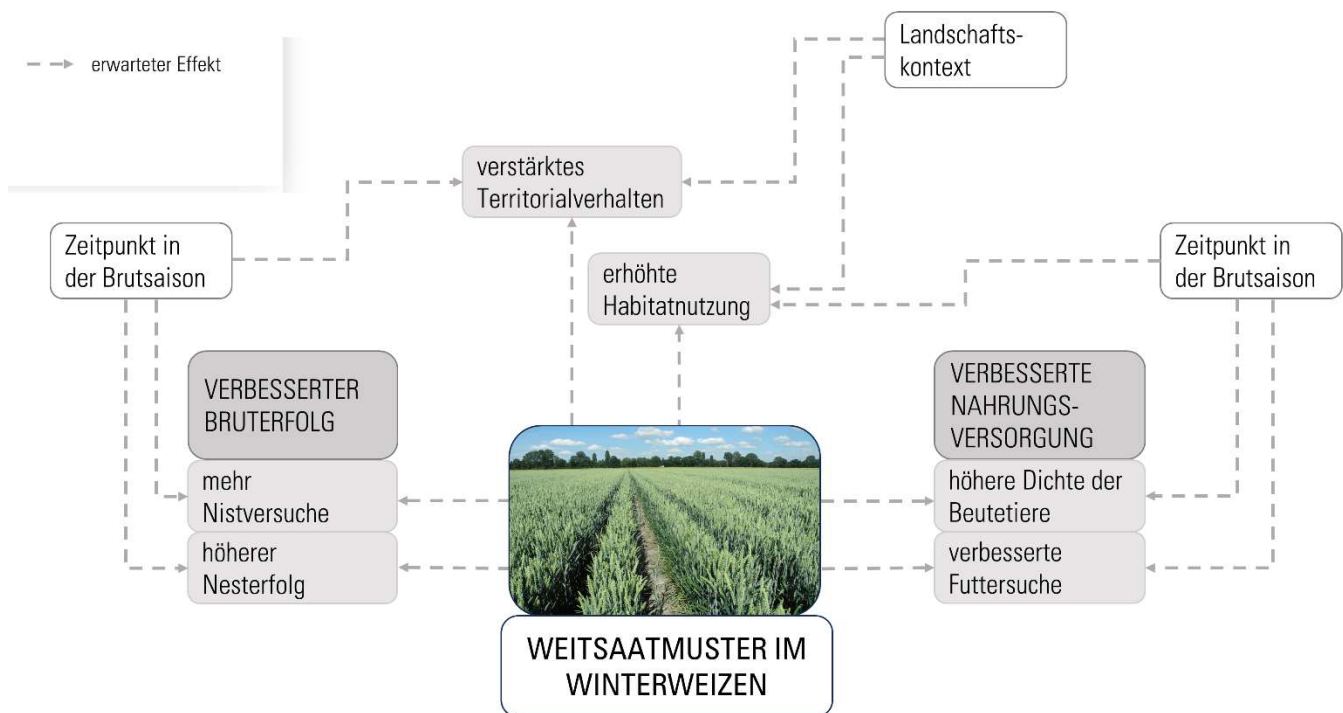


Abb. 4. Grafische Übersicht der ökologischen Fragestellungen zur Auswirkung des Weitsaatmusters im Winterweizen auf die Feldlerche. Es wurde untersucht, ob auf Feldern mit Weitsaatmuster (im Vergleich zu Kontrollfeldern ohne Weitsaatmuster) ein verbesserter Bruterfolg in Form von mehr Nistversuchen und/oder höherem Nesterfolg vorlag, ob eine verbesserte Nahrungsversorgung in Form einer höheren Verfügbarkeit von Beutetieren und/oder verbesserter Futtersuchmöglichkeiten der Elternvögel vorlag und ob dies jeweils vom zeitlichen Voranschreiten der Brutsaison beeinflusst wurde. Zusätzlich wurde die Häufigkeit von Habitatnutzungen und Territorialverhalten in Abhängigkeit des Ansaatmusters (Weitsaat vs. Kontrolle), Zeitpunkt in der Brutsaison sowie des umgebenden Landschaftskontextes untersucht.

2.1.1.2 Arthropoden & Funktionelle Biodiversität

Das Weitsaatmuster im Winterweizen wurde auch hinsichtlich seiner Auswirkungen auf die funktionelle Biodiversität untersucht. Im Fokus stand die Erhebung der Aktivitätsdichte und Artenvielfalt von Laufkäfern, welche eine wichtige Rolle bei der natürlichen Schädlingskontrolle spielen. In separaten Fressleistungsexperimenten untersucht, ob die Fressleistung von samenfressenden sowie räuberisch lebenden Laufkäfern in Weitsaatbereichen höher war als in Kontrollbereichen. Weiter wurden die Getreidehähnchen Dichte und durch sie hervorgerufene Pflanzenschäden zwischen Weitsaat- und Normalsaatbereichen verglichen. Methode und Resultate wurden bereits im Zwischenbericht (Jenny et al. 2020) und im Schlussbericht (Zellweger-Fischer et al. 2023) vorgestellt. Zudem wurden die Ergebnisse in einer Peer-Review-Fachzeitschrift publiziert (Blösch et al. 2023). Eine Kurzzusammenfassung wird im Kapitel 4. Resultate in diesem Endbericht gezeigt.

2.1.2 Agronomische Fragestellung

Die Auswirkungen des Weitsaatmusters im Winterweizen wurden hinsichtlich Produktqualität (Mykotoxine), Verunkrautung und Ertrag analysiert. Die Resultate wurden ebenfalls bereits im Zwischenbericht und Schlussbericht behandelt. Eine wissenschaftliche Publikation ist derzeit in Vorbereitung. Eine Kurzzusammenfassung der Ergebnisse wird im Kapitel 4. *Resultate* in diesem Endbericht gezeigt.

2.2 Untersaatmuster im Mais

2.2.1 Ökologische Fragestellungen

2.2.1.1 Feldlerche

Die ursprüngliche Fragestellung zielte wie im Winterweizen auf eine Verbesserung der Brut- und Nahrungsversorgungsbedingungen der Feldlerche durch Optimierung der Vegetationsstruktur der jeweiligen Kultur ab. Während Winterweizen früh in der Brutsaison dichte Bestände bildet, sodass das Einfliegen und Brüten in der Kultur behindert wird, liegt im herkömmlichen Maisanbau zu wenig Vegetation zwischen den Maisreihen vor und Nester fallen durch fehlende Deckung häufig Prädatoren zum Opfer (Praus und Weidinger 2015). Untersaatstreifen zwischen den Maisreihen sollten das Angebot an relativ niedriger und lückiger Vegetation und somit auch das Nistplatzangebot erhöhen.

2.2.1.2 Arthropoden & Funktionelle Biodiversität

Für Arthropoden sind Maisbestände unattraktive Lebensräume, da sie kaum Nahrungsressourcen bereitstellen. Durch den praxisüblichen Einsatz von Herbiziden ist auch der unbedeckte Boden ein strukturarmer Lebensraum mit geringer Lebensraumqualität und wenig Streueintrag (Tillmann 2011; Rühmkorf 2011; Coleman et al. 2018). Es wurde untersucht, wie sich das Untersaatmuster im Mais auf wirbellose Nützlinge auswirkt mit folgenden Fragestellungen:

- » Wirkt sich das Untersaatmuster im Mais positiv auf die Aktivitätsdichte der Laufkäfer aus?
- » Wirkt sich das Untersaatmuster im Mais positiv auf den Artenreichtum (Diversität) der Laufkäfer aus?
- » Wirkt sich das Untersaatmuster im Mais positiv auf die Aktivität der Bodenlebewesen aus?

Ähnlich wie im Winterweizen wurden zusätzlich zu den Laufkäfern auch Spinnen mittels Bodenfallen gesammelt. Diese werden derzeit separiert in Ethanol aufbewahrt, konnten aus Kostengründen jedoch nicht identifiziert werden.

2.2.2 Agronomische Fragestellungen

Maisbestände reagieren empfindlich auf Konkurrenz um Wachstumsfaktoren, insbesondere während der Jugendentwicklung (Page et al. 2012). Es wurde untersucht, wie sich das Untersaatmuster im Mais auf die Erträge auswirkt und welche Rolle dabei die Bodenbedeckung mit Untersaat bzw. Unkräutern spielen könnte. Konkret wurden die folgenden Fragestellungen ausgearbeitet:

- » Gibt es Ertragsunterschiede in Bereichen mit Untersaat im Vergleich zu Bereichen ohne Untersaat?
 - » Wenn ja, hängen Ertragsveränderungen mit dem Ausmass der Bodenbedeckung mit Vegetation zusammen?
 - » Wenn ja, ist es ausschlaggebend, ob es sich dabei um Untersaat oder Unkraut handelt?

2.3 Akzeptanzanalyse

Ziel der Akzeptanzanalyse war es, die Motivation und Widerstände der Bewirtschaftenden und des Projektteams gegenüber den Massnahmen Weitsaat im Weizen und Mais mit Untersaat besser zu verstehen. Dazu fanden zu Beginn, in der Mitte und am Ende des Projekts online Befragungsrunden statt. Ausserdem wurden nicht am Projekt teilnehmende Bewirtschaftende nach ihren Beweggründen befragt.

3 Methodik

3.1 Weitsaatmuster im Winterweizen

3.1.1 Ökologische Untersuchungen

3.1.1.1 Feldlerche

Zwischen 2019 und 2021 wurden insgesamt zwölf Standorte auf den Fokusbetrieben Witzwil und Bellechasse hinsichtlich der Auswirkungen des Ansaatmusters auf das Territorialverhalten, die Habitatnutzung, den Bruterfolg und die Nahrungsversorgung der Feldlerchen untersucht. Diese zwölf Standorte wurden hälftig mit dem Weitsaatmuster und hälftig konventionell angesät und gepaarten Vergleichen unterzogen.

Von April bis Mitte Juli wurde alle sieben bis 14 Tage das Territorialverhalten auf allen Versuchsflächen kartiert. Dabei wurde systematisch die Anzahl singender Männchen pro Beobachtung dokumentiert, d.h. auf einer Flächeneinheit von 1 ha innerhalb der Zeiteinheit von 10 min. Zudem wurden die Flächen ab Mitte April nach brütenden oder nach Nahrung suchenden Feldlerchen abgesucht, indem ein etwa 30 m langes Schleppseil über die Felder gezogen wurde. Orte, an denen Feldlerchen aufgescheucht wurden, wurden als Habitatnutzung (am Boden) dokumentiert und es wurde die Nutzungsdichte (d.h. Anzahl Habitatnutzungen pro ha pro Suchdurchgang) bestimmt. Die Aufscheuchpositionen dienten als Ausgangslage für die Nestersuche. Der elf-Tage-Rhythmus dieser Methode sollte sicherstellen, dass alle Nester im Eistadium gefunden wurden, sodass die Anzahl der Nistversuche erfasst werden konnte. Die Nester wurden alle zwei bis drei Tage besucht, um den Nesterfolg zu überwachen. Ein Nest galt als erfolgreich, wenn sichergestellt werden konnte, dass die Nestlinge flügge geworden sind. Sobald die Nestlinge älter als zwei Tage waren, wurden Futtersuchflüge ein- bis dreimal pro Nest kartiert (bis mindestens zehn Futtersuchorte pro Nest aufgezeichnet wurden). Um die Futterdichte zu bestimmen, wurden alle in der Nestlingsnahrung vorkommenden Arthropodengruppen mit Bodenfallen bzw. Streifkeschern monatlich auf allen Versuchsflächen aufgenommen. Zudem wurde der landschaftliche Kontext (z.B. grosse oder kleine Parzellen in der Umgebung, Habitattyp der nächstgelegenen angrenzenden Kultur, Entfernung zur nächstgelegenen Randstruktur) erfasst, um zu untersuchen, wie die Umgebung den Erfolg der Massnahme beeinflusst.

Eine detaillierte Version der Methoden sowie die genaue Statistik zu den Auswertungen befindet sich im Anhang.

3.1.1.2 Arthropoden & Funktionelle Biodiversität

Untersuchungen zur funktionellen Biodiversität umfassten regelmässige Erhebungen von Abundanzen und Diversität der Arthropoden mittels Bodenfallen bzw. Kescher (sweep net). Weiter wurde die Dichte der Getreidehähnchen und durch sie verursachte Pflanzenschäden erfasst. Die natürliche Schädlingskontrolle wurde in sogenannten Fressleistungsexperimenten quantifiziert. Dazu wurden standardisierte Kärtchen mit Unkrautsamen (für unkrautfressende Arten) und mit Schmeissfliegenlarven (*Calliphora*; für räuberische Arten) ausgebracht. Details zur Methodik wurden bereits im Zwischenbericht (2020) und im Schlussbericht (2023) angegeben. Zudem wurden die Ergebnisse in einer Peer-Review-Fachzeitschrift publiziert (Blösch et al. 2023). Eine Kurzzusammenfassung wird im Kapitel 4.1.1.2 in diesem Endbericht gezeigt.

3.1.2 Agronomische Untersuchungen

Die Methodik zu den Auswirkungen des Weitsaatmusters im Winterweizen auf Ertrag, Verunkrautung und Produktqualität (Mykotoxine) wurden bereits im Zwischenbericht (2020) und Schlussbericht (2023) behandelt. Eine wissenschaftliche Publikation ist in Vorbereitung. Eine Kurzzusammenfassung wird im Kapitel 4. *Resultate* in diesem Endbericht gezeigt.

3.2 Untersaatmuster im Mais

3.2.1 Ökologische Untersuchungen

3.2.1.1 Feldlerche

Die Methodik zur Datenerhebung war identisch mit der Methode im Winterweizen (Kapitel 3.1.1.1). Lediglich der Einsatz des Streifkeschers zur Erhebung der Futterdichte war aufgrund des schnellen und hohen Wachstums des Maises nicht möglich, ebenso wie die Dokumentation der Habitatnutzungen und die Nestersuche per Schleppseil. Letzteres wurde durch systematisches Beobachten ersetzt, wobei jedes von Feldlerchen besetzte Revier alle sieben Tage 20 min lang beobachtet wurde. Allerdings waren Maisfelder insgesamt so spärlich von Feldlerchen besetzt und die Stichprobe zur Anzahl der Nester war so gering, dass von weiterführenden Auswertungen abgesehen wurde.

3.2.1.2 Arthropoden & Funktionelle Biodiversität

Zwischen 2019 und 2020 wurden insgesamt 17 Standorte auf Fokus- und Satellitenbetrieben hinsichtlich der Auswirkungen des Untersaatmusters auf Aktivitätsdichte und Diversität der Laufkäfer untersucht. Elf dieser Standorte wurden 2020 zusätzlich auf die Aktivitätsdichte der Bodenlebewesen via Zersetzungsrates hin untersucht. Ein Standort bestand jeweils aus einem unabhängigen

Massnahmenfeld (mit Untersaatmuster) und Kontrollfeld (ohne Untersaatmuster), d.h. Massnahmen- und Kontrollfeld waren mindestens 300 m voneinander entfernt, wiesen ansonsten aber vergleichbare Anbaumethoden auf (z.B. Vorfrucht in der Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Düngung und Einsatz von Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsregulatoren; keine Anwendung von Insektiziden).

Aktivitätsdichte und Artenreichtum der Laufkäfer: Die 17 Standorte wurden im Juli, August und September für jeweils eine Woche mit Bodenfallen (10 cm Trichterdurchmesser; 70 % Ethanol, Mindestabstand von 10 m zwischen den Fallen) beprobt. Pro Feld, Feldbereich (konventioneller Anbau im Kontrollfeld, Bereich mit Untersaat im Massnahmenfeld, Zwischenbereich ohne Untersaat im Massnahmenfeld) und Beprobungsdurchgang wurden zwei Bodenfallen eingesetzt, wovon eine Probe zufällig ausgewählt und ausgewertet wurde. Ausgewachsene Laufkäfer wurden bis zum Art-Niveau identifiziert und nach ihrer Ernährungsweise (räuberisch; pflanzen- und samenfressend) klassifiziert.

Aktivität der Bodenlebewesen: Die Leistung der Bodenlebewesen wurde mittels Zersetzungsrate (Tea Bag Index) gemessen. Die Tea Bag-Methode wurde nach Keuskamp et al. (2013) angewendet. Dabei wurden je ein Rooibos- und Grünteebeutel pro Feld und Feldbereich zwischen August und September ausgebracht. Aus personellen Gründen musste die Ausbringungsdauer im Vergleich zu Keuskamp et al. (2013) von 90 auf 21 Tage verkürzt werden. Von jedem Teebeutel wurde das Ausgangs- und Rückholgewicht gemessen, sodass die Zersetzungsrate bestimmt werden konnte. Die genaue Statistik zu den Auswertungen ist im Anhang beschrieben.

3.2.2 Agronomische Untersuchungen

Insgesamt 21 Standorte auf Fokus- und Satellitenbetrieben wurden zwischen 2020 und 2022 auf die agronomischen Auswirkungen des Untersaatmusters im Mais hin untersucht. Dabei wurden die untersaاتفreien Zwischenbereiche als Kontrolle (zur Untersaat) verwendet, um die Vergleichbarkeit hinsichtlich Bodeneigenschaften, Wasserverfügbarkeit und Unkrautpotenzial in den Paar-Vergleichen zu gewährleisten.

Der Bodenbedeckungsgrad mit Untersaat bzw. der Bodenbedeckungsgrad mit Unkräutern wurde während des Längenwachstums (EC 30-40) sowie während der Frucht- und Samenreife des Mais (EC 80-90) bestimmt. Zudem wurden während der Ernte die Erträge in Form der Trockensubstanz der Kolben bzw. der ganzen Maispflanzen gemessen. Ergänzend zur Darstellung der Relativerträge und der prozentualen Bodenbedeckung aus dem Schlussbericht (2023) wurden nun statistische Auswertungen durchgeführt (Details s. Anhang).

3.3 Akzeptanzanalyse

In einer Akzeptanzanalyse wurde die Motivation sowie mögliche Widerstände gegenüber den Massnahmen Weitsaat im Winterweizen und Mais mit Untersaatstreifen eruiert. Befragt wurden sowohl Bewirtschaftende wie auch das Projektteam.

Dafür fand 2018 eine online Befragungsrunde des Projektteams statt sowie der Satelliten- und der beiden Fokusbetriebe. Eine zweite online Befragung erfolgte 2021 (Projektteam) und Ende 2022 (Bewirtschaftende).

Faktoren, die Bewirtschaftende dazu bewegten, nicht am Projekt teilzunehmen, wurden ebenfalls abgefragt bei 50 zufällig ausgewählten Betrieben. Methodik und Resultate sind im Schlussbericht (2023) detailliert beschrieben.

4 Resultate

4.1 Weitsaatmuster im Winterweizen

4.1.1 Resultate mit ökologischem Bezug

4.1.1.1 Feldlerche

Territorialverhalten: Weitsaatbereiche waren während der gesamten Brutsaison durchschnittlich um 20 % häufiger von territorialen Individuen besetzt und umkämpft als Kontrollbereiche ($p=0.009$; Abb.5, links). In beiden Fällen kam es zu vergleichbaren Rückgängen im Laufe der Brutsaison ($p<0.001$), wobei die Werte in der Weitsaat aufgrund der höheren Ausgangslage auch in der späteren Brutsaison noch höher waren (Abb. 5, links). Die Nähe zu Rändern (und damit zu Ökotonen) wirkte sich in Kontrollbereichen positiv auf die Häufigkeit von Singflügen aus, nicht jedoch in Weitsaatbereichen (Abb. 5, rechts).

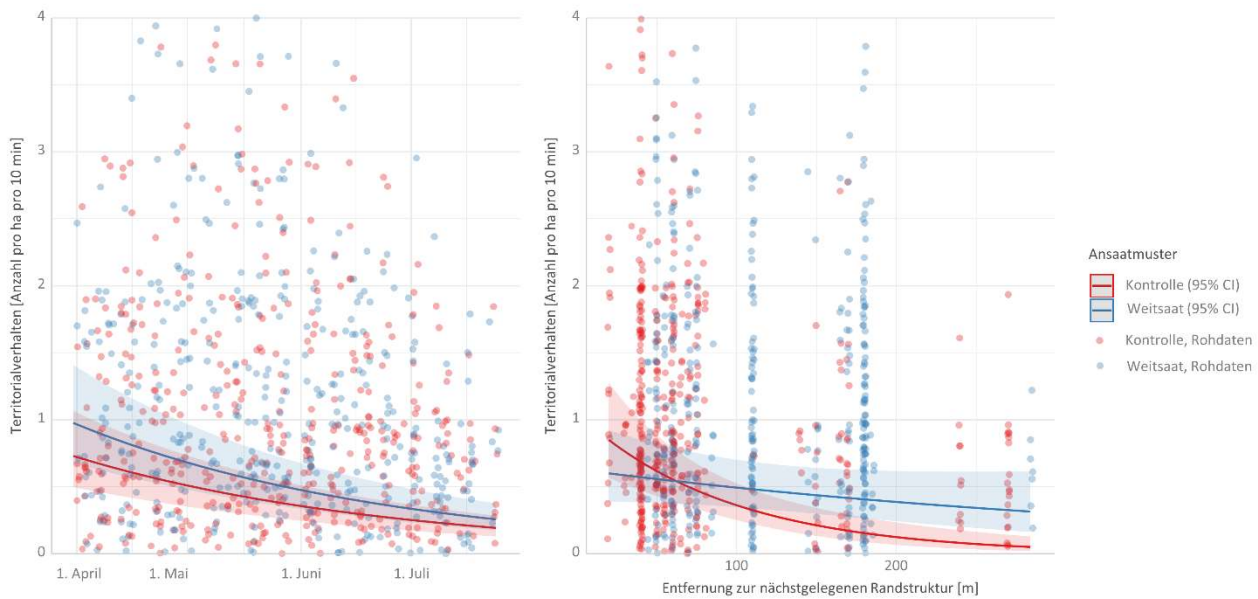


Abb. 5. Auswirkungen des Ansaatmusters auf das Territorialverhalten von Feldlerchen. Territorialverhalten, gemessen als Häufigkeit von Singflügen pro Beobachtung (1 ha, 10 min), in Abhängigkeit vom Ansaatmuster und dem Beobachtungsdatum (links) bzw. der Entfernung zur nächstgelegenen Randstruktur (rechts). Fehlerbalken zeigen 95 % Konfidenzintervalle (CI), Rohdaten werden durch Punkte dargestellt.

Habitatnutzung: Die Habitatnutzung (am Boden) war durch Wechselwirkungen zwischen Ansaatmuster (Weitsaat vs. Kontrolle) und Zeitpunkt in der Brutsaison geprägt: Anfang April war die Nutzungsdichte in Kontrollbereichen höher; der Wendepunkt war Ende April, ab dann übertrafen die Nutzungen in Weitsaatbereichen jene in Kontrollbereichen immer deutlicher (Abb. 6). Darüber hinaus führte das Vorhandensein von kleinen Feldern (d. h. Parzellengröße < 2 ha) in unmittelbarer Nähe zu einer deutlichen Verringerung der Habitatnutzung in Kontrollbereichen, nicht aber in Weitsaatbereichen ($p=0.008$). Wenn der nächstgelegene Habitattyp eine Frühjahrsaussaat war, verringerte dies hingegen sowohl die Nutzungshäufigkeit in Kontroll- als auch auf Weitsaatbereichen ($p=0.003$).

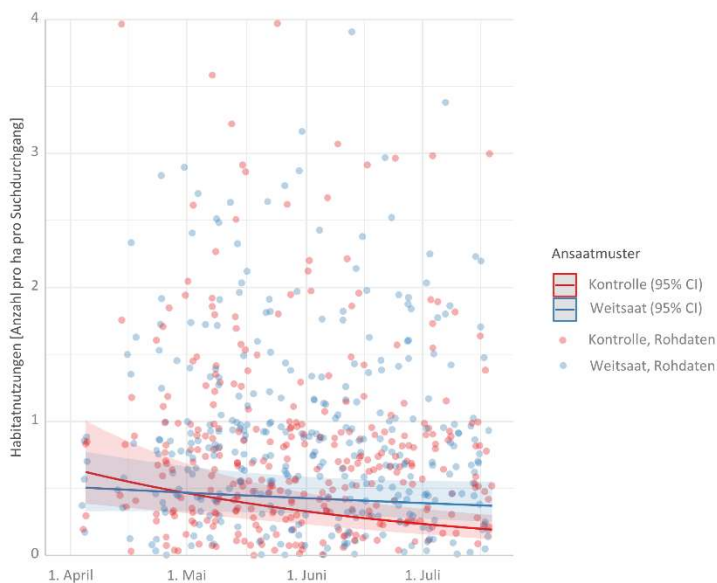


Abb. 6. Auswirkungen des Ansaatmusters auf Habitatnutzungen von Feldlerchen. Habitatnutzungen, gemessen als Häufigkeit von aufgescheuchten Feldlerchen pro Suchdurchgang (pro ha), in Abhängigkeit vom Ansaatmuster und dem Beobachtungsdatum. Fehlerbalken zeigen 95 % Konfidenzintervalle (CI), Rohdaten werden durch Punkte dargestellt.

Bruterfolg: Während es keinen Einfluss des Ansaatmusters auf die Anzahl der Nistversuche in der frühen oder späten Brutsaison gab, waren Nester in der Weitsaat mit einer Erfolgsrate von 58 % deutlich häufiger erfolgreich als Nester in Kontrollen, wo die Erfolgsrate bei nur 22 % lag ($p < 0.001$). Dies entspricht einer Steigerung des Bruterfolgs von 164 %. Für die einzelnen Nestlinge (bzw. Eier) berechnet, betrugen die Überlebensraten 22 % in der Kontrolle und 62 % in der Weitsaat (Steigerung um 182 %). Im Allgemeinen waren die Stichprobengrößen jedoch gering (zwölf Nester in den Behandlungsfeldern, neun Nester in den Kontrollfeldern; keine Brutaktivität im Jahr 2021, wahrscheinlich aufgrund des extrem nassen und kalten Wetters), und die Ergebnisse sind mit Vorsicht zu behandeln. Alle Nester in der Weitsaat wurden in den breiten Landebahnen (mindestens 37 cm) angelegt, keines in den ursprünglich dafür vorgesehenen Nistbahnen (mindestens 30 cm).

Nahrungsversorgung: Während des größten Teils der Brutsaison, d.h. ab Anfang Mai, fanden Futtersuchflüge bei Nestern, die in Weitsaatbereichen angelegt wurden, verstärkt innerhalb dieses Weitsaatbereichs statt – im Gegensatz zu Nestern in Kontrollbereichen, wo verstärkt ausserhalb dieser Kontrollbereiche nach Nahrung gesucht wurde ($p = 0.007$). Bei fast allen Arthropodengruppen gab es monatliche Schwankungen, die teilweise vom Ansaatmuster abhängig waren (Abb. 7). Auffällig war eine deutliche Erhöhung der Abundanz von Raupen in der Weitsaat im Mai (Abb. 7, links) sowie von Spinnen im Juni (Abb. 7, rechts).

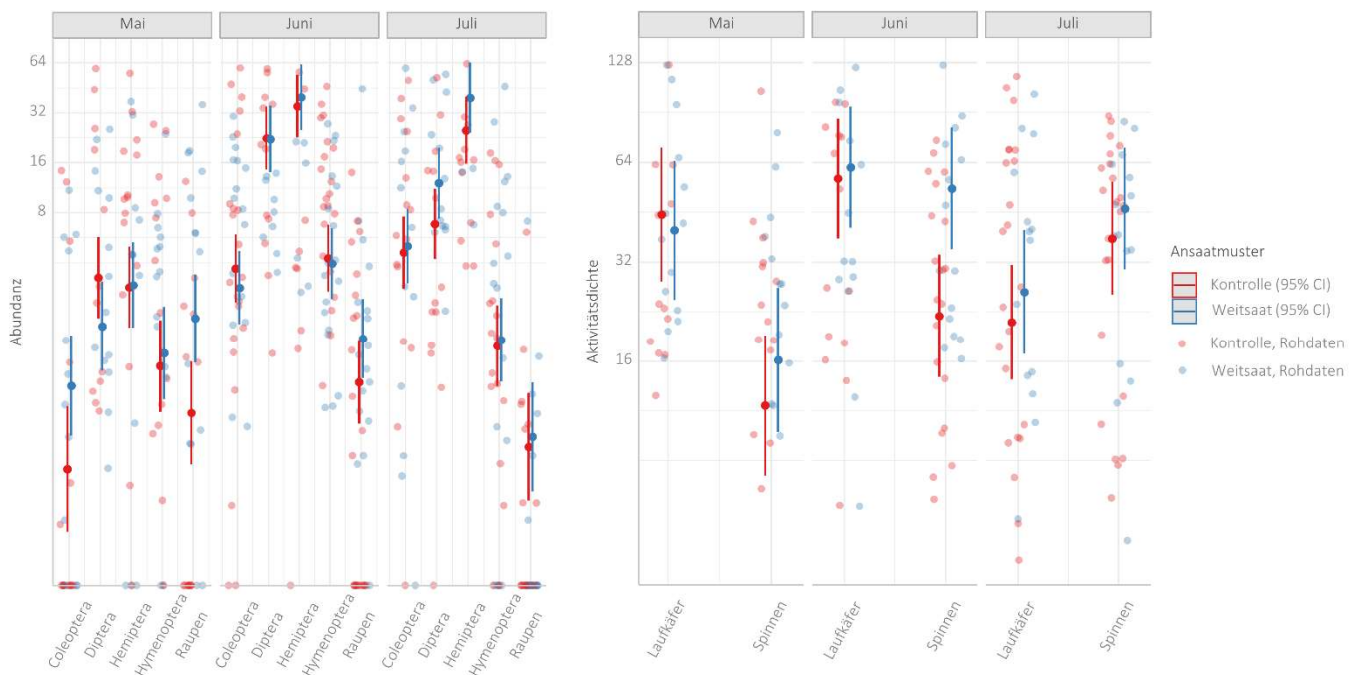


Abb. 7. Auswirkungen des Ansaatmusters auf die Futterdichte. Abundanz der in der Krautschicht lebenden Arthropodengruppen (Coleoptera (außer Carabiden), Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Larven) aus Streifkescher-Proben (links) und Aktivitätsdichte von am Boden lebenden Arthropodengruppen (Laufkäfer, Spinnen) aus Bodenfallen-Proben (rechts) in Abhängigkeit vom Ansaatmuster und dem Datum der Probenahme. Fehlerbalken zeigen 95 % Konfidenzintervalle (CI), Rohdaten werden durch Punkte dargestellt.

Grafische Zusammenfassung der Ergebnisse: Die Abbildung 8 zeigt eine grafische Zusammenfassung des felderchenspezifischen Wirkungsmonitorings der Massnahme «Weitsaatmuster im Winterweizen». Hier sind die im Projekt gefundenen Ergebnisse visualisiert, welche in Abb. 4 als Hypothesen aufgestellt worden sind.

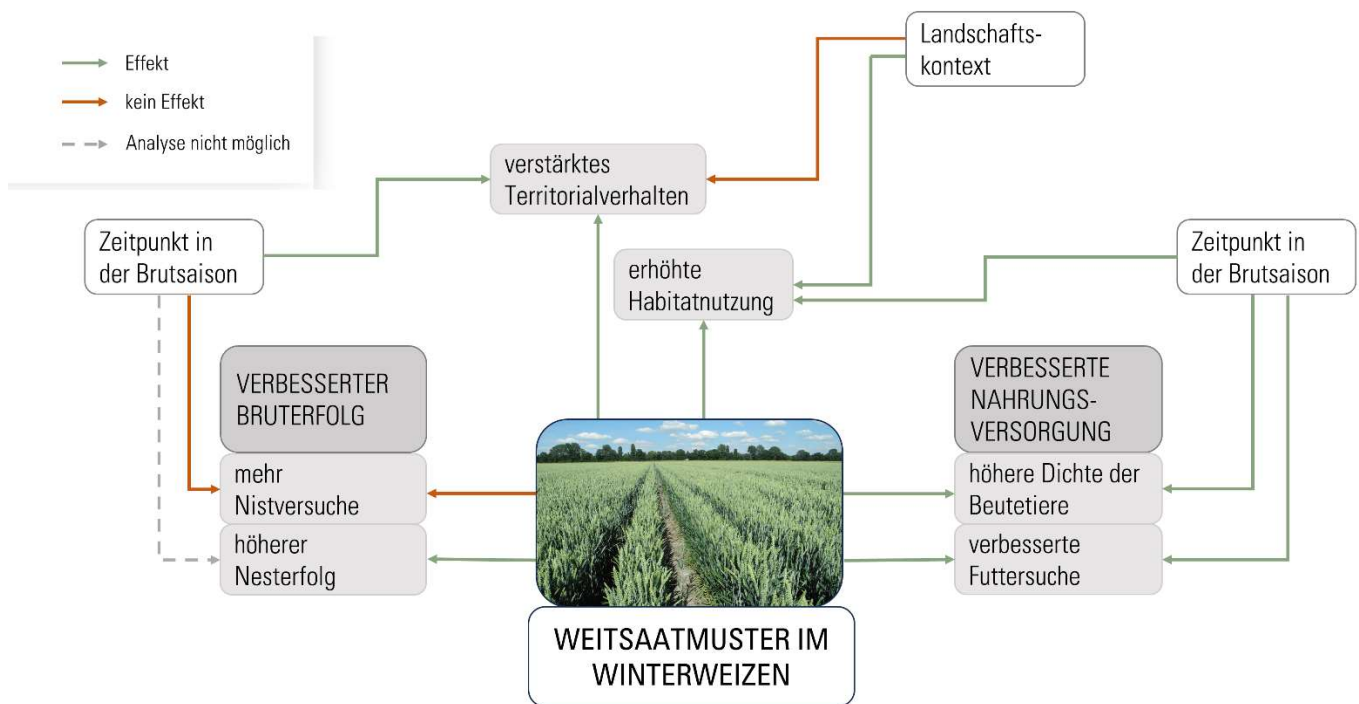


Abb. 8. Grafische Übersicht der Auswirkungen des Weitsaatmusters im Winterweizen auf die Feldlerche (im Vergleich zur Kontrolle ohne Weitsaatmuster). Es lag ein verbesserter Bruterfolg in Form von höherem Nesterfolg, nicht aber in Form von mehr Nistversuchen vor. Dabei war der Verlauf der Brutsaison nicht nachweisbar ausschlaggebend. Die Nahrungsversorgung war sowohl hinsichtlich einer höheren Beutetierdichte als auch hinsichtlich verstärkter Futtersuche in Weitsaatbereichen verbessert, was jeweils vom Zeitpunkt in der Brutsaison abhängig war. Sowohl das Territorialverhalten als auch die Habitatnutzung war in der Weitsaat verstärkt, was jeweils vom Verlauf der Brutsaison und im Fall der Habitatnutzung auch vom umgebenden Landschaftskontext beeinflusst wurde.

4.1.1.2 Arthropoden & Funktionelle Biodiversität

Die Abbildung 9 zeigt eine grafische Zusammenfassung der Auswirkungen des Weitsaatmusters im Winterweizen auf die Arthropoden und damit verbundene funktionelle Biodiversität. Die nachfolgende Beschreibung liefert zusätzliche Details, insbesondere zu Größenordnungen und der Form der natürlichen Kontrolle, jeweils im Vergleich zur Ausgangslage in den Kontrollen (konventionelle Winterweizenfelder ohne Weitsaatmuster). Samenfressende Laufkäfer waren bis zu 46 % häufiger in den Massnahmenfeldern, was mit einer erhöhten Fressrate von experimentell ausgebrachten Samen von Problemunkräutern von durchschnittlich bis zu 20 % einherging (vgl. Abb. S1). Räuberische Laufkäfergemeinschaften wiesen auf Massnahmenfeldern einen um durchschnittlich bis zu 11 % höheren Artenreichtum auf und die gewichteten Mittelwerte der Laufkäfergemeinschaft waren in den Massnahmenfeldern im Schnitt 7 % grösser, da dort schlussendlich mehr grössere Arten gefunden wurden. Dies stand im Zusammenhang mit 10 % höheren Fressraten von experimentell ausgebrachten Schädlingvertretern. Ausserdem war die Getreidehähndendichte auf Massnahmenfeldern durchschnittlich 52 % verringert und durch Getreidehähnen verursachte Pflanzenschäden fielen im Schnitt 56 % geringer aus.

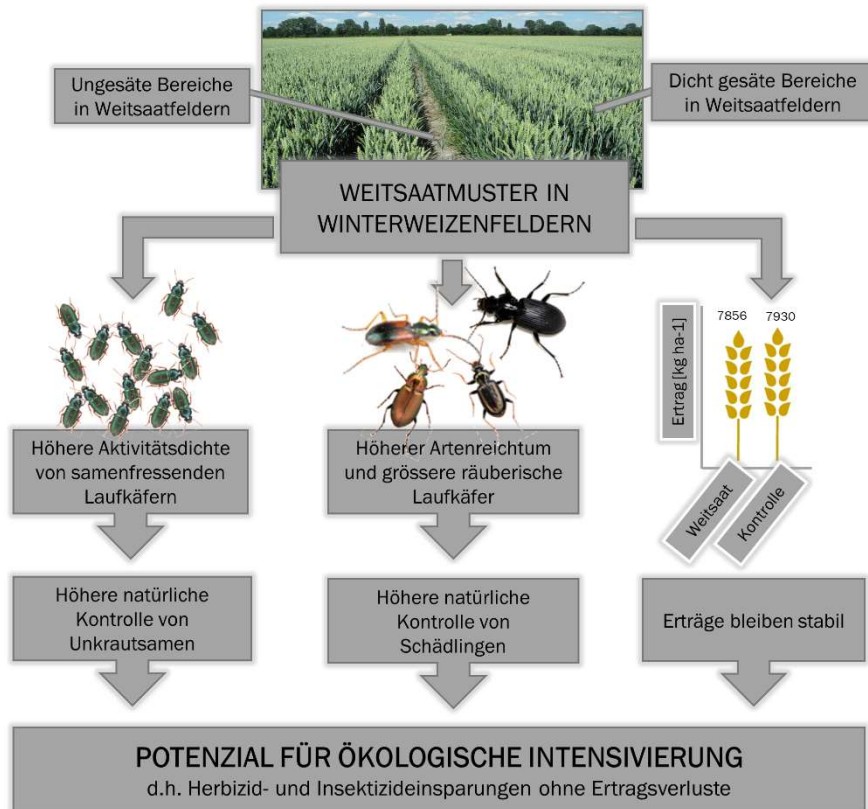


Abb. 9. Grafische Zusammenfassung der Ergebnisse zur Auswirkung des Weitsaatmusters im Winterweizen auf die funktionelle Biodiversität. Als Kontrolle dienten konventionelle Winterweizenfelder ohne Weitsaatmuster.

4.1.2 Resultate mit agronomischem Bezug

Die Produktequalität (Mykotoxine) war in den Jahren 2018 und 2019 mit erhöhtem wetterbedingtem Infektionsrisiko vergleichbar mit den Kontrollflächen. Die Verunkrautung im Weitsaat-Weizen war im Vergleich zum Kontroll-Weizen während dem ertragsrelevanten Zeitraum (Bestockung des Winterweizens) nur leicht höher. Höhere Unkrautwerte traten auf, wenn die bestehende Verunkrautung vor der Aussaat unzureichend reguliert wurde, besonders in den weiten Reihen, wo Unkraut aufgrund verminderter Lichtkonkurrenz besser wachsen konnte. Spätere Saattermine führten zu weniger Verunkrautung. Über die gesamte Projektdauer gerechnet wurden in den Weitsaaten geringe Ertragsminderungen von 1.3 Prozent (statistisch nicht signifikant) gegenüber Normalsaat gemessen. Details wurden bereits im Zwischenbericht (2020) und Schlussbericht (2023) behandelt.

4.2 Untersaatmuster im Mais

4.2.1 Resultate mit ökologischem Bezug

4.2.1.1 Feldlerche

Maisfelder wurden im Untersuchungsperimeter zu wenig von Feldlerchen genutzt, um das Untersaatmuster und dessen Auswirkungen auf die Brut- und Nahrungsversorgungsbedingungen der Feldlerche statistisch zu evaluieren. Insgesamt konnten auf den Mais-Massnahmenfeldern der beiden Fokusbetriebe nur vier Bruten festgestellt werden.

4.2.1.2 Arthropoden & Funktionelle Biodiversität

Aktivitätsdichte der Laufkäfer: Auf den Massnahmenfeldern wurden im Vergleich zu Kontrollfeldern höhere Aktivitätsdichten der (gesamten) Laufkäfergemeinschaften gefunden: In den Untersaatbereichen war diese im Mittel um 88 % erhöht, was statistisch einen signifikanten Unterschied aufwies ($p=0,004$). Auch in den Zwischenbereichen lagen im Mittel um 50 % höhere Werte für die Aktivitätsdichte vor, was allerdings statistisch nicht signifikant ausfiel ($p=0.257$) (Abb. 10, links).

Bei separater Betrachtung der räuberischen bzw. pflanzen- und samenfressenden Laufkäfergemeinschaften wurden keinerlei signifikante Unterschiede für die Räuber gefunden, im Gegensatz zu signifikant höheren Fangzahlen der pflanzen- und samenfressenden Laufkäfer.

samenfressenden Laufkäfer sowohl im Zwischenbereich (Erhöhung im Mittel um 160 %, $p < 0.001$) als auch in der Untersaat auf den Massnahmenfeldern (Erhöhung im Mittel um 413 %, $p < 0.001$) im Vergleich zu Kontrollfeldern (Abb. 10, rechts). Bei der Aktivitätsdichte in der Untersaat zeigte sich dabei eine stärkere Zunahme als in den Zwischenbereichen (vgl. Abb. 10, rechts).

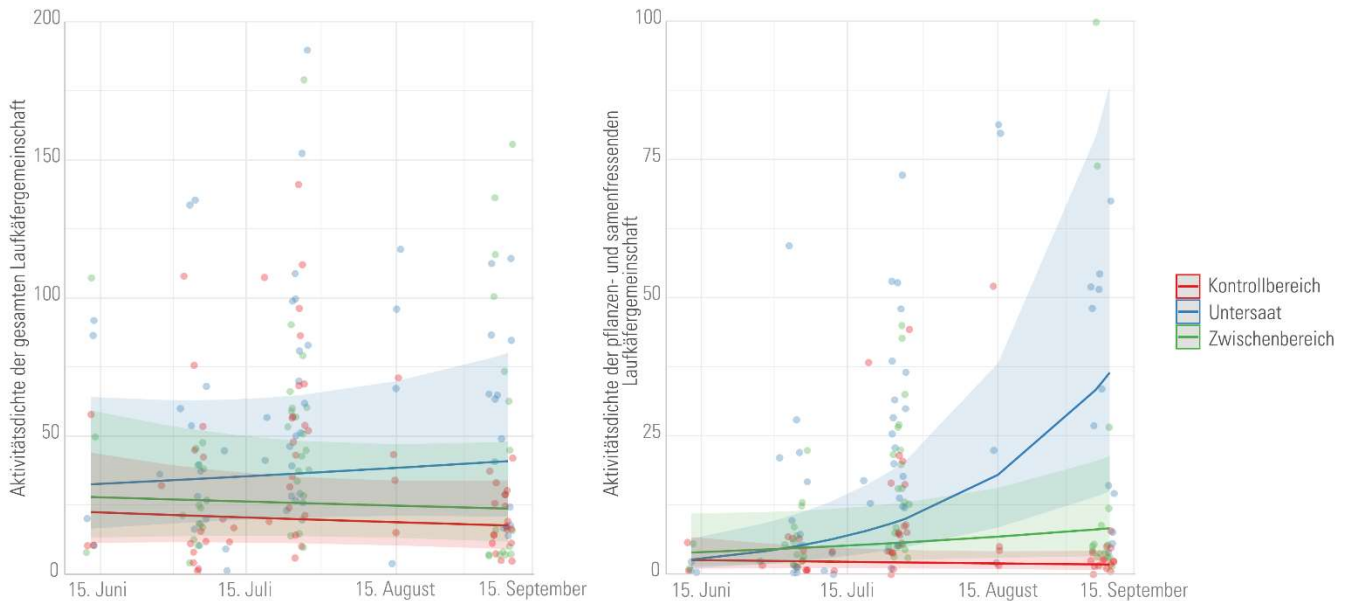


Abb. 10. Auswirkungen des Untersaatmusters auf die Aktivitätsdichte der Laufkäfergemeinschaften. Aktivitätsdichte der Laufkäfer in Abhängigkeit von Ansaatmuster (Kontrollbereich in Kontrollfeldern vs. Untersaat in Massnahmenfeldern bzw. Zwischenbereich in Massnahmenfeldern) und Datum der Probenahme. Eine Stichprobe zeigt den Wert für die Aktivitätsdichte pro Bodenfalle während einer Fangperiode von sieben Tagen. Links für die gesamte Laufkäfergemeinschaft, rechts nur für die pflanzen- und samenfressenden Laufkäfer. Fehlerbalken zeigen 95 % Konfidenzintervalle, Rohdaten werden durch Punkte dargestellt.

Artenreichtum der Laufkäfer: Der Artenreichtum der gesamten Laufkäfergemeinschaften war in der Untersaat der Massnahmenfelder signifikant ($p=0.008$) und in den Zwischenbereichen der Massnahmenfelder tendenziell ($p=0.077$) höher als in den Kontrollfeldern (Abb. 11, links). In Zahlen ausgedrückt erhöhte sich der Artenreichtum pro Bodenfalle (Fangperiode von sieben Tagen) im Mittel von 5.1 auf 6.5 von Kontrollflächen zu Untersaatbereichen (Erhöhung um 28 %) und von 5.1 auf 6.0 (Erhöhung um 19 %) von Kontrollflächen zu Zwischenbereichen (vgl. Abb. 11, links). Insgesamt wurden von total 69 festgestellten Arten 60 in Untersaat- und Zwischenbereichen gefunden, im Vergleich zu 46 Arten in den Kontrollfeldern.

Bei separater Betrachtung der räuberischen bzw. pflanzen- und samenfressenden Laufkäfergemeinschaften wurden wiederum keinerlei signifikante Unterschiede für die Räuber gefunden, im Gegensatz zu signifikant höheren Werten bei den pflanzen- und samenfressenden Laufkäfern, sowohl direkt in der Untersaat (Erhöhung um 63 %, $p=0.007$) als auch in den Zwischenbereichen auf Massnahmenfeldern (Erhöhung um 54 %, $p=0.048$), jeweils im Vergleich zu den Kontrollfeldern. Insgesamt kamen 14 rein pflanzen- und samenfressende Laufkäferarten auf den untersuchten Maisfeldern vor. Davon wurden acht auf Kontrollflächen gefunden und alle 14 Arten auf Massnahmenfeldern (aufgeteilt in elf Arten in Untersaatbereichen bzw. neun in Zwischenbereichen).

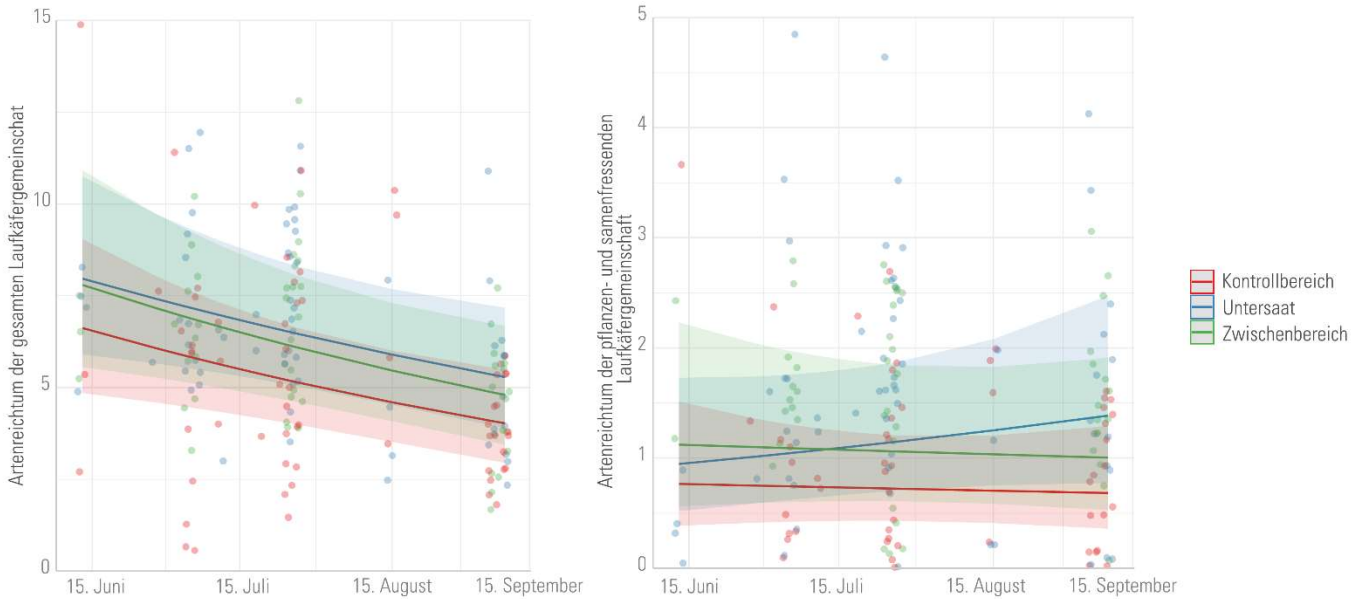


Abb. 11. Auswirkungen des Untersaatmusters auf den Artenreichtum der Laufkäfergemeinschaften. Artenreichtum der Laufkäfer in Abhängigkeit von Ansaatmuster (Kontrollbereich in Kontrollfeldern vs. Untersaat in Massnahmenfeldern bzw. Zwischenbereich in Massnahmenfeldern) und Datum der Probenahme. Eine Stichprobe zeigt den Wert für den Artenreichtum pro Bodenfalle während einer Fangperiode von sieben Tagen. Links für die gesamte Laufkäfergemeinschaft, rechts nur für die pflanzen- und samenfressenden Laufkäfer. Fehlerbalken zeigen 95 % Konfidenzintervalle, Rohdaten werden durch Punkte dargestellt.

Aktivität der Bodenlebewesen: Es wurden keine signifikanten Unterschiede in der Zersetzungsrate (nach 21-tägiger Exposition) zwischen Kontrollfeldern und den Untersaatbereichen in Massnahmenfeldern bzw. den Zwischenbereichen in Massnahmenfeldern gefunden.

4.2.2 Resultate mit agronomischem Bezug

Die Daten über die Bodenbedeckung während des Längenwachstums (EC 30-40) und während der Frucht- und Samenreife (EC 80-90) korrelierten stark miteinander (z.B. $\text{cor} = 0.85$ für die Bodenbedeckung mit Untersaat). Da Mais in der Jugendentwicklung sehr empfindlich auf die Konkurrenz durch Unkräuter und gegebenenfalls auch Untersaaten reagiert, wurden die früh aufgenommenen Daten für die Auswertung priorisiert. Ebenso korrelierten die Werte der Ertragsdaten für die Trockensubstanz der Kolben und die der ganzen Pflanze ($\text{cor} = 0.95$). Da überwiegend Silomais angebaut wurde, wurden die Daten über die Trockensubstanz der ganzen Pflanze ausgewertet.

Die Erträge in unseren Untersuchungen entsprachen dem Niveau vergleichbarer Sorten in den Untersuchungsjahren (Hiltbrunner et al. 2022). Im Mittel war der Ertrag in Bereichen mit Untersaat (Mittelwert $\pm$ Standardabweichung [dt TS ha⁻¹]: 204.21 ± 43.14) um 9.2 % geringer als in Bereichen ohne Untersaat (224.92 ± 35.83) (Abb. 12, links). Diese Ertragsminderung hatte ein statistisch signifikantes Niveau ($p < 0.001$), lag vom Ausmass her jedoch innerhalb der im Projekt gesetzten Ziele (Senkung der Roherträge um maximal 10 %). Dabei zeigte sich, dass Erträge gesunken sind, je mehr der Boden während des Längenwachstums von Vegetation bedeckt war ($p = 0.037$) (Abb. 12, rechts). Innerhalb der Untersaatbereiche hatte ein höherer Anteil an Unkräutern dabei keine zusätzlich negativen Auswirkungen auf den Ertrag.

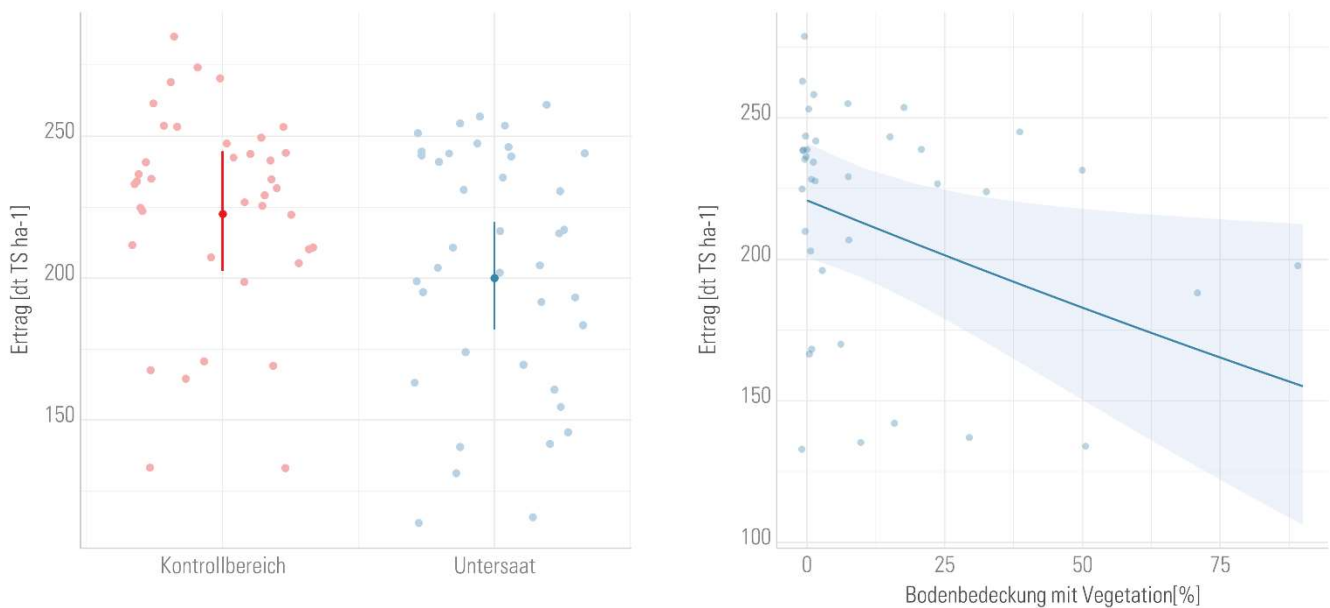


Abb. 12. Einfluss der Mais-Massnahme auf den Ertrag. Links: Ertrag in Abhängigkeit des Untersaatmusters (Kontrollbereich vs. Untersaatbereich). Der Ertrag war in Untersaatbereichen signifikant geringer als in Kontrollbereichen. Rechts: Ertrag in Abhängigkeit der Bodenbedeckung. Signifikant negativer Zusammenhang zwischen der Ertragshöhe und der Bodenbedeckung. Fehlerbalken zeigen 95 % Konfidenzintervalle (CI), Rohdaten werden durch Punkte dargestellt.

4.3 Akzeptanzanalyse

Das Projektteam stufte das Projekt aus agronomischer und naturschützerischer Sicht als wichtig ein. Die grössten Einschränkungen für die Landwirt/Innen wurden beim erhöhten Unkrautdruck, Unsicherheiten angesichts von Ertragsausfällen und bei der technischen Umsetzung der Massnahmen gesehen. Eine passende Mechanisierung der Betriebe sowie Beratung erleichterte die Umsetzung der Massnahmen.

Die meisten dieser Aussagen deckten sich mit den Antworten der Bewirtschaftenden (Fokus- und Satellitenbetriebe). Die Hauptmotivation für das Mitmachen war die Förderung der Biodiversität. Relevant sei das Projekt aber auch für die Bodenerhaltung. Als einschränkend wurde das Risiko für erhöhte Kosten und die Unsicherheit angesichts von Ertragsausfällen angesehen. Als wichtigster Faktor für den Erfolg des Projekts wurde die Beratung genannt. Ohne Beratung hätte kein einziger Betrieb am Projekt teilgenommen.

Die technische Umsetzung der Massnahme Weitsaat im Winterweizen wurde von 77 % der Betriebe als unproblematisch eingestuft. Bei der Massnahme Mais mit Untersaat war dies genau umgekehrt: 75 % der Betriebe erachteten die technische Umsetzung als grosse Herausforderung, und auch der erhöhte Unkrautdruck wurde auf allen Betrieben als sehr oder ziemlich einschränkend wahrgenommen. Die Erhebung von Daten durch Dritte für das Aufzeigen von Effekten der umgesetzten Massnahmen wurde von der Mehrheit der Bewirtschaftenden bei beiden Massnahmen als erleichternder und somit motivierender Faktor bewertet.

Abschliessend wurde der Rückblick auf das Projekt noch differenzierter abgefragt. Das Projekt ist für 88 % der Bewirtschaftenden aus agronomischer und wirtschaftlicher Sicht und aus Biodiversitätssicht nach wie vor relevant, aus Sicht Bodenschutz nur für 55 %. 77 % glauben, dass das Projekt zur Biodiversitätsförderung beitragen kann, 55 % glauben an eine Reduktion von Pflanzenschutzmitteln und 66 % an einem Beitrag zum Ressourcenschutz. Die Mehrheit der Betriebsleitenden gab an, ihre Anbaumethoden nachhaltig zu verändern. Arbeitsaufwand, Beratungsleistung und finanzielle Entschädigung entsprach den Vorstellungen und wurde als zufriedenstellend erachtet. Detaillierte Resultate zur Akzeptanzanalyse sind im Schlussbericht (2023) aufgeführt.

5 Diskussion

5.1 Weitsaatmuster im Winterweizen

Aus agronomischer und wirtschaftlicher Sicht wurden die Projektziele mit dem Winterweizen-Weitsaatmuster erfüllt, da es zu keinen nennenswerten Einbussen von Erträgen, zusätzlichen Kosten für die Etablierung der Massnahme oder Verschlechterung der Produktqualität (Mykotoxinwerte) kam (vgl. Schlussbericht). Auch die Akzeptanz durch die Landwirte und Landwirtinnen wurde hoch eingestuft, da es lediglich bei der Saat geringfügiger Anpassungen bedarf (siehe auch Akzeptanzanalyse im Schlussbericht). Einzig eine erhöhte Spätverunkrautung in den ungesäten Streifen kann eine zusätzliche Unkrautbekämpfungsmassnahmen nach der Standdauer der Kultur erfordern.

Aus ökologischer Sicht legen die Ergebnisse nahe, dass das Weitsaatmuster im Winterweizen die Lebensraumqualität für Feldlerchen in ertragreichen Winterweizenfeldern verbessert. Die Ressourcen "Nahrungshabitat" und "Nisthabitat", zwei Schlüsselfaktoren für den Erhalt der Feldlerchenpopulationen (Butler et al. 2007; Butler et al. 2010), wurden in der bestehenden Anbaufläche verbessert.

Dabei zeigte sich, dass die Wirksamkeit von Weitsaaten vom landschaftlichen Kontext abhängen kann, was für eine möglichst effektive Umsetzung berücksichtigt werden sollte. In Landschaften mit hohem Getreideanteil und relativ grossen Parzellen dürfte die Weitsaat eine wichtigere Rolle spielen als in kleiner parzellierten Ackerbau Landschaften mit breiter Fruchtfolge. Ähnliche Versuche mit Feldlerchenfenstern aus getreidedominiertem, grossparzelliertem Ackerbau in England deuten ebenfalls auf solche Ergebnisse hin (Morris et al. 2004).

Ein weiterer zentraler Punkt für die Zielart Feldlerche ist der Reihenabstand der ungesäten Bereiche: Feldlerchennester, welche in Weitsaatbereichen angelegt wurden, wurden allesamt an den breiteren «Landebahnen» angelegt, welche mindestens 37.5 cm Saatreihenabstand aufwiesen. Dies sollte insbesondere bei der Umsetzung des BFF-Typ 16 «Getreide in weiter Reihe» beachtet werden. Hinsichtlich der Qualität von intensiven Winterweizenfeldern als Nahrungshabitat wurde gezeigt, dass die Dichte der Beutetiere in Weitsaatbereichen höher war als in Kontrollbereichen. So wurde eine stark erhöhte Aktivitätsdichte von Spinnen festgestellt, die zu mehr als 20 % der Nestlingsnahrung beitragen können (Poulsen und Aebischer 1995; Poulsen et al. 1998; Weibel 1999). Zudem kamen vor allem im Mai mehr Raupen in den ungesäten Bereichen der Weitsaatfelder vor, was in Anbetracht der geringen Arthropodendichte im Mai besonders wichtig für frühe Nester sein dürfte. Dabei sind Raupen aufgrund ihres hohen Proteingehalts und der leichten Verdaubarkeit eine wichtige Nahrungsquelle während der Brutzeit (Weibel 1999). Feldlerchen schienen positiv auf die erhöhte Beutedichte und Zugänglichkeit in Feldern mit Weitsaatmuster reagiert zu haben: Während des Grossteils der Brutsaison fanden Futtersuchflüge bei Nestern, die in Weitsaatbereichen angelegt wurden, verstärkt innerhalb des jeweiligen Weitsaatbereichs statt – im Gegensatz zu Nestern in Kontrollbereichen, wo verstärkt ausserhalb dieser Kontrollbereiche nach Nahrung gesucht wurde. Folglich konnten Feldlerchen in der Weitsaat weniger weit vom Nest entfernt auf Nahrungssuche gehen, was mit geringerem Zeit- und Energieaufwand verbunden sein dürfte (Morris et al. 2004).

Auch hinsichtlich der Qualität von intensiven Winterweizenfeldern als Nisthabitat konnten deutliche Verbesserungen durch das Weitsaatmuster erzielt werden. So waren 58 % der Nester in Weitsaatbereichen erfolgreich, im Vergleich zu 22 % in Kontrollbereichen. Diese Erfolgsquote von Feldlerchennestern in der Weitsaat übersteigt sogar Werte für stillgelegte Brachflächen, die zwischen 18 und 45 % schwanken (Wilson et al. 1997; Weibel 1999; Donald et al. 2002). Die teils niedrigen Erfolgsraten in stillgelegten Flächen sind vermutlich auf die erhöhte Anziehungskraft auf Prädatoren zurückzuführen, insbesondere bei schmalen Flächen (viele Buntbrachen in der Schweiz sind schmale Elemente), ähnlich dem hohen Prädationsdruck in Feldrändern (Morris und Gilroy 2008). Entgegen einer anderen Studie (Morris et al. 2004) zur Öffnung der Vegetationsstruktur in Winterweizenfeldern konnten wir keinen Unterschied in der Gesamtzahl der Nistversuche zwischen Bereichen mit und ohne Weitsaatmuster feststellen – weder in der frühen noch in der späten Brutsaison, wobei allerdings die relativ geringe Stichprobengrösse (d.h. Gesamtzahl Nester) hinsichtlich der statistischen Trennschärfe zu beachten ist. Die Nester in den Kontrollbereichen waren jedoch alle in Fehlstellen angelegt worden. Wir gehen davon aus, dass die dort vorhandene Vegetationsstruktur fürs Nisten geeignet war, wenige potenzielle Nistmöglichkeiten (pro Flächeneinheit) jedoch den Prädationsdruck erhöht haben (vgl. potential-prey-site hypothesis) (Martin 1993), was dann zur niedrigen Nesterfolgsrate in Kontrollbereichen geführt hat. Sind – wie bei einem Weitsaatmuster – eine Vielzahl solcher ungesäten Streifen vorhanden und nicht nur vereinzelte offene Stellen oder Fahrgassen, dürfte dies die Prädationsrate senken.

Eine weitere wichtige Erkenntnis war der frühe Wendepunkt in der Habitatnutzungsdichte (d.h. Häufigkeit der bodennahen Habitatnutzungen pro Flächeneinheit): Bereits Ende April verlagerten die Feldlerchen bodennahe Aktivitäten vermehrt in die Weitsaatbereiche. Auch persönliche Beobachtungen sowie Vegetationsmessungen (vgl. Anhang Abb. S2) deuten darauf hin, dass konventionell gesäte Winterweizenfelder mittlerweile bereits früh in der Brutsaison keine geeigneten Vegetationsbedingungen für Feldlerchen mehr bieten (optimale Bedingungen für den Nestbau: Vegetationshöhe von 15–25 cm und eine Bodenbedeckung von 20–50 %, Jenny 1990b). In der Studienregion wurden die ersten Bruten auch in relativ trockenen und warmen Frühlingen (2019 und 2020) erst Ende April begonnen. Somit scheinen intensive Winterweizenfelder mittlerweile bereits für Erstbruten (und nicht erst für Zweitbruten, Jenny 1990b; Stöckli et al. 2006) nur bedingt geeignet zu sein, was die Notwendigkeit und Relevanz von geeigneten Weitsaaten verstärkt.

Darüber hinaus gibt es Grund zur Annahme, dass weitere Arten von diesem Weitsaatmuster profitieren können. Ebenso wie die Feldlerche können weitere grosse Offenlandarten, wie z.B. der Feldhase, von einer lückigeren Vegetation profitieren, die mehr ihrem

ursprünglichen Habitat, der Steppe, entspricht (Hackländer 2023). Aber auch kleinere Arten, insbesondere solche, deren Nische an thermische oder vegetationsstrukturelle Aspekte des Mikrohabitats gebunden ist, können geeignete Mikrohabitate in Weitsaatflächen finden. Beispielsweise könnten Schmetterlinge oder Heuschrecken geeignete Eiablageplätze finden (Guido und Gianelle 2001; Salgado et al. 2020; Krämer et al. 2012) und netzbauende Spinnen geeignete Netzstellen (Schmidt et al. 2005; Birkhofer et al. 2007).

Im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen wurde auf Ebene der funktionellen Biodiversität gezeigt, dass das getestete Weitsaatmuster zu heterogenen Vegetationsstrukturen auf einem Feld führte, wobei sowohl dichte als auch lückige Pflanzenbestände auf einem Feld vorkamen. Dies wurde mit biodiversitätsfördernden Veränderungen in der Laufkäfergemeinschaft, einer verstärkten natürlichen Schädlings- und Unkrautsamenkontrolle, einer verringerten Dichte von Getreidehähnchen und verringerten Pflanzenschäden in Zusammenhang gebracht. Gleichzeitig wurde die Produktivität der Felder beibehalten (vgl. Schlussbericht, 2023). Auch wenn in dieser Studie unterschiedliche Pestizideinsätze nicht direkt getestet wurden, deuten diese Ergebnisse auf das Potenzial für eine sogenannte «ökologische Intensivierung» (genauer «ecological replacement») hin: Pestizide könnten durch die Nutzung der natürlichen Schädlings- und Unkrautsamenkontrolle einer verbesserten biologischen Vielfalt ersetzt werden, insbesondere in Gebieten mit hoher Schädlingsdichte und daraus resultierenden Ernteschäden (Bommarco et al. 2013).

5.2 Untersaatmuster im Mais

Aus agronomischer und wirtschaftlicher Sicht wurde die Massnahme Mais mit Untersaat von Beginn weg deutlich schwieriger eingestuft als Weitsaat im Winterweizen. Diese Massnahme war zudem zu Projektanfang noch weniger standardisiert als die Weitsaat im Winterweizen. Nach längerer Versuchsphase gelang es schliesslich, Untersaaten spätestens zum 3-Blatt-Stadium an diversen Standorten mit maximal 10 % Ertragsminderung zu etablieren. Gleichzeitig war die Nützlingsdichte in der Massnahme höher als in Kontrollfeldern. Diese Erfahrungswerte dürften auch die Akzeptanz zur Weiterführung der Massnahme erhöhen, welche zu Beginn des Projekts noch als sehr risikoreich bewertet wurde.

Die Herausforderung im Mais bestand darin, eine Untersaat zu etablieren, welche das Ertragspotenzial des Maises nicht beeinträchtigt, jedoch das Unkraut ausreichend zu unterdrücken vermag und gleichzeitig seine ökologischen Funktionen wahrnehmen kann. Dabei muss auf agronomischer Ebene individuell standort- und witterungsabhängig reagiert werden: Einerseits war das Gelingen der Untersaat stark abhängig vom jeweiligen parzellenspezifischen Unkrautsamenpotenzial im Boden, insbesondere, da die Unkrautbekämpfung/Aussaat der Untersaat spätestens zwei Wochen nach der Aussaat des Maises erfolgen sollte, um Bodenbrüter und Nützlinge möglichst lange bzw. zum Höhepunkt der Brutsaison zu fördern. So trug beispielsweise auf stark verunkrauteten Parzellen eine kurz nach der Saat ausgebrachte Behandlung mit kleeschonenden Herbiziden zur Einhaltung der zeitbezogenen Schadschwellen bei. Andererseits konnte auch die Witterung den Erfolg, das heisst die rasche Etablierung eines Untersaatbestandes, der das Unkraut unterdrückt, aber den Mais nicht konkurrenziert, beeinflussen. So muss beispielsweise nach wie vor darauf geachtet werden, dass der Mais zwischen den Stadien BBCH zwölf und 18 nur wenig Unkrautkonkurrenz hat. In feuchten Jahren muss daher die Etablierung der Untersaat und begleitende Unkrautbekämpfung sehr früh erfolgen. In trocken Jahren würden solche frühen Kulturmassnahmen zu verzögerter Entwicklung der Untersaat führen mit entsprechend zahlreicheren Möglichkeiten für die Unkrautentwicklung. In diesen Fällen wird empfohlen, die erste Keimwelle der Unkräuter abzuwarten, diese im Stadium BBCH 13 des Maises zu kontrollieren und erst danach die Untersaat anzusäen. Insgesamt war der Beratungsaufwand durch die HAFL sehr hoch. Jede Versuchsfläche musste einzeln und teils mehrfach besucht und beurteilt werden (bis hin zum Ausbringen der Untersaat durch Projektbeteiligte). Dies limitierte die mögliche Versuchsfläche, zusätzlich zur allgemeinen Skepsis vieler Landwirte gegenüber einer Untersaat im Mais. Insgesamt war das Risiko von Ertragsausfällen durch eine hohe Bodenbedeckung (entweder durch Unkräuter oder zu dichte Untersaaten) hoch und es musste auch bei genauer Beobachtung der Kulturentwicklung mit einem Minderertrag von mindestens 10 % gerechnet werden. Deshalb wurden die Untersaatbereiche im Laufe des Projekts auf Teilflächen reduziert (ca. 1/3 der jeweiligen Versuchsfläche, angelegt in ca. 24 m breiten Untersaatstreifen). So konnten Ertragsreduktionen gemindert und dennoch positive Effekte für die Biodiversität erzielt werden.

Es zeigte sich beispielsweise, dass die Laufkäfergesellschaften sowohl direkt in den Untersaatstreifen gefördert wurden als auch darüber hinaus in den untersaatenfreien Zwischenbereichen (d. h. zwischen zwei Untersaatstreifen). Solch ein Effekt, bei dem der Nutzen von Biodiversitätsmassnahmen über den eigentlichen Massnahmenbereich hinaus geht, wurde schon verschiedenfach dokumentiert und als «spillover» oder «halo» bezeichnet (McClanahan und Mangi 2000; Roberts et al. 2001). Davon waren vor allem pflanzen- und samenfressende Laufkäferarten betroffen, wie z.B. *Amara familiaris*, welche ansonsten vor allem auf begleitflorareichen Biofeldern zu finden sind (Luka et al. 2000). Diese Arten sind derzeit vor allem indirekt durch grossflächigen Einsatz von Herbiziden und damit der Zerstörung ihrer Nahrungsgrundlage gefährdet.

Auch für die Feldlerchen wäre zu erwarten gewesen, dass 1/3 der Maisflächen ein ausreichend grosses Nistplatzangebot hinsichtlich Revierdichte und Räuberdruck bietet. Trotz grossem Untersuchungsaufwand wurden die Maisfelder im Untersuchungsperimeter aber zu wenig von Feldlerchen genutzt, um das Untersaatmuster und dessen Auswirkungen auf die Brut- und Nahrungsversorgungsbedingungen statistisch zu evaluieren. Es wurden während der Feldarbeit 2019 bis und mit 2022 nur vier Nester in Maisfeldern gefunden. Dies ist vermutlich der Kulturreichhalt im Untersuchungsgebiet und der damit einhergehenden Ausweichmöglichkeiten auf andere Kulturen zuzuschreiben. Insbesondere im Galmizer Moos wird auf kleinen Parzellen Gemüse angebaut, was möglicherweise attraktiver für Feldlerchen ist als Maiskulturen mit Untersaat. Die im Wirkungsmonitoring zusätzlich

durchgeführten flächigen Revierkartierungen (auf der Gesamtfläche der Fokusbetriebe Bellechasse und Witzwil) zeigten beispielsweise, dass sich die Feldlerchen nach dem ersten Kartierrundgang Ende April zunehmend in Gemüsefeldern aufhielten. Dies deutet darauf hin, dass für gewisse Zielarten wie die Feldlerche auch der Landschaftskontext zu beachten ist.

Entgegen den Erwartungen konnten keine positiven Auswirkungen der Untersaat auf die biologische Aktivität im Boden gefunden werden. Allerdings musste in unserem Versuch die Ausbringungsdauer der Teebeutel aus personellen Gründen verkürzt werden, was das Ausbleiben messbarer Unterschiede in der Zersetzungsrates erklären könnte.

6 Schlussfolgerungen

6.1 Weitsaatmuster im Winterweizen

Im Winterweizen ist es gelungen intensive Produktionsflächen durch das umgesetzte Weitsaatmuster ökologisch aufzuwerten, ohne das Ertragspotenzial oder die Produktqualität zu beeinflussen. Dabei wurden alle quantitativen Projekt-Ziele erreicht. Die Resultate lassen darauf schliessen, dass die Lebensraumqualität von intensiven Winterweizenfeldern durch die Anlage des hier getesteten Weitsaatmusters als Nist- und Nahrungshabitat für die Feldlerche verbessert wird (Erhöhung des Bruterfolgs um 164 %). Ebenso wurde die funktionelle Biodiversität (Erhöhung der Nützlingsdichte um bis zu 46 %) in Form von erhöhten biologischen Kontrollleistungen (Erhöhung der natürlichen Schädlingskontrolle um 52 %) gefördert, was das Potenzial hat, Pestizide einzusparen. Da es zu keinen Ertragseinbussen oder nennenswertem Mehraufwand kommt, kann und soll diese Massnahme grossflächig umgesetzt werden.

Das hier umgesetzte Weitsaatmuster leistet einen Beitrag zur ökologischen Aufwertung von intensiv genutzten Flächen, insbesondere auch in produktiven Gunstlagen. Sie kann niederschwellig umgesetzt werden. Dies bedeutet aber auch, dass solche Weitsaatparzellen für die Biodiversität lediglich einen ergänzenden Charakter haben – zur integralen Förderung der Biodiversität und der UZL-Arten sind mindestens 5 % hochwertige BFF notwendig (Hagist et al. 2023; Meichtry-Stier et al. 2014), zum Beispiel Buntbrachen, Säume auf Ackerland und mehrjährige Blühstreifen. Diese Elemente sind auch für den Erhalt essenzieller Ökosystemleistungen (natürliche Schädlingskontrolle, Bestäubung) erforderlich (Stöckli et al. 2024).

Die Aufrechterhaltung und grossflächige Weiterführung einer Weitsaat-Massnahme ist durch den regionsspezifischen BFF-Typ 16 Getreide in weiter Reihe für die nächsten Jahre gewährleistet. Die Weitsaat im vorliegenden Projekt unterscheidet sich jedoch hinsichtlich Anbau und Fokus vom BFF-Typ Getreide in weiter Reihe: Bei letzterer wird die Saatmenge um 40 % reduziert und nicht auf die gesäten Reihen kompensiert. Dies hat normalerweise eine Ertragsreduktion zur Folge. Die Unkrautbekämpfung ist ebenfalls reduziert, sowie der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Dünger (s. Anhang: Vergleich von «Weitsaat Winterweizen (Ressourcenschutzprojekt)» und «Getreide in weiter Reihe (BFF Typ 16, Kt. BE/SO)»).

Zur Förderung der Feldlerche empfehlen wir hingegen mindestens 37.5 cm breite ungesäte Bereiche. Je nach Bestockung und Saatedichte kann es ansonsten trotz Weitsaat zu einem Lückenschluss in der Vegetationsdecke kommen, sodass die Eignung als Brut- und Nahrungssuchhabitat nicht mehr gewährleistet ist. So mussten z.B. fehlerhaft umgesetzte Massnahmenflächen (Reihenabstand 15 cm, Schliessung einer Säschare) als Versuchsflächen ausgeschlossen werden, da bereits im Juni eine geschlossene Vegetationsdecke vorlag und auch eine umfassende Studie in England begründete ausbleibende positive Effekte auf den Bruterfolg der Feldlerche bei einer Weitsaat bei der nur eine Säschare geschlossen wurde mit zu geringen Auswirkungen auf die Vegetationsdecke (Morris et al. 2004). Hinsichtlich der positiven Effekte auf Arthropoden und die funktionelle Biodiversität scheinen die kleinräumig vorkommenden unterschiedlichen mikroklimatischen Bedingungen (ungesäter Streifen: trockener und wärmer, mit direkter Sonneneinstrahlung zur Thermoregulation; dicht gesäte Bereiche: kühler und feuchter ohne direkte Sonneneinstrahlung am Boden) von elementarer Bedeutung zu sein.

Das hier getestete Weitsaatmuster im Winterweizen ist eine gut umsetzbare Massnahme zur Förderung der Biodiversität auf der Produktionsfläche ("in-crop" Massnahme) mit positiven Eigenschaften für Feldlerchen und die funktionelle Biodiversität. Je nach Extensivierungsgrad ist sie ertragserhaltend. Sie wurde in der Akzeptanzanalyse auch von den Bewirtschaftenden als technisch gut umsetzbar eingestuft. Im Folgenden sind Punkte aufgelistet, die es zu beachten gilt.

- Landschaftsraum: Die Untersuchungen zum Einfluss des Landschaftskontextes auf die Wirksamkeit des Weitsaatmusters für Feldlerchen zeigen, dass das Weitsaatmuster vor allem die Attraktivität von grossen Winterweizenfeldern (mit wenig Randstrukturen und Ökotonen) erhöhen kann und in Landschaften mit wenig Frühjahrsaussaaten wirksamer ist. Im Allgemeinen gehen wir davon aus, dass die Massnahme insbesondere heterogene Vegetationsstrukturen (d.h. mehr Nischen für mehr Arten) in homogene Landschaften (z.B. grossflächige Weizen-Monokulturen) bringen kann.
- Grundgerüst BFF: Eine niederschwellige, ertragserhaltende Umsetzung einer Weitsaat, wie hier mit dem «Weitsaatmuster im Winterweizen» gezeigt, ist eine wertvolle Biodiversitätsförderungsmassnahme, die allerdings lediglich ergänzenden Charakter haben darf. Für einen umfassenden Mehrwert für die Biodiversität muss Getreide in weiter Reihe extensiviert angebaut werden, und zusätzlich durch BFF-Massnahmen ausserhalb der Produktionsfläche ergänzt werden.
- Extensivierung: Eine stufenweise Extensivierung ist möglich und ökologisch sinnvoll. Dabei könnte eine niederschwellige, ertragserhaltende Weitsaat mit Produktionssystembeiträgen abgegolten werden; wird weiter extensiviert, Dünger reduziert und auf flächigen Einsatz von PSM verzichtet, könnten zusätzlich BFF-Gelder gesprochen werden.

- Saatmuster: Der Reihenabstand in ungesäten Bereichen sollte mindestens 37.5 cm betragen (nicht wie bisher 30 cm beim BFF-Typ 16 «Getreide in weiter Reihe»). Die Resultate aus diesem Ressourcenprojekt zeigen, dass Feldlerchen insbesondere die breiteren «Landebahnen» von mindestens 37.5 cm Breite nutzten. In Feldlerchen-Fördergebieten sollte deshalb das Muster angepasst und die Weitsaatbereiche mindestens 37.5 cm breit gestaltet werden. Die vorliegenden Untersuchungen beschränken sich auf Winterweizen. Von der Implementierung einer Weitsaat in Wintergerste und Triticale raten wir ab, da diese Getreide stark bestocken und schon früh in der Brutsaison (zu) dichte Bestände bilden (Stöckli et al. 2006). Kommt es zum Lückenschluss in der Vegetationsdecke erwarten wir auch geringe Effekte für Arthropoden und damit verbundene Ökosystemleistungen.
- Eine Weitsaat-Alternative gibt es in Deutschland: Eine bundesweite Studie zu «Weite-Reihe-Getreide mit blühender Untersaat» zeigte ausgeprägtere Effekte auf Arthropoden und Feldvögel im Vergleich zum hier getesteten Weitsaatmuster. Bei diesem «Weite-Reihe-Getreide» wird jedoch auf Herbizid und Insektizid verzichtet und mit verminderter Saatstärke und Düngung gearbeitet (jeweils 50-70 % der üblichen Menge). Zur Ansaat des Getreides wird eine blühende, leguminosenreiche Untersaat (Beisaat) etabliert. Die Ertragsminderung liegt bei dieser Art Weite-Reihe-Getreide bei durchschnittlich 15 bis 25 %. Die Untersuchungen liefen deutschlandweit auf 60 konventionell wirtschaftenden Betrieben in Winterweizen und Sommergerste (Chalwatzis et al. 2024).

6.2 Untersaatmuster im Mais

Die Etablierung einer Untersaat, welche das Ertragspotenzial des Maises nicht zu stark beeinträchtigt, jedoch das Unkraut ausreichend zu unterdrücken vermag und gleichzeitig seine ökologischen Funktionen wahrnehmen kann, war herausfordernd. Nach längerer Versuchsphase ist es jedoch gelungen Untersaaten spätestens zum 3-Blatt-Stadium an diversen Standorten mit maximal 10 % Ertragsminderung zu etablieren und damit die Nützlingsdichte über die quantitative Projekt-Zielsetzung hinaus zu fördern. Diese Erfahrungswerte dürften auch die Akzeptanz zur Weiterführung der Massnahme erhöhen, welche zu Beginn des Projekts noch als sehr risikoreich bewertet wurde.

Insgesamt sehen wir die grösste Herausforderung für eine grossflächigen Umsetzung von Mais mit (früher) Untersaat darin, dass standortabhängig (parzellenspezifisches Unkrautpotenzial) und witterungsabhängig (optimaler Zeitpunkt für Ausbringung der Untersaat und Unkrautbekämpfung) agiert werden muss, um grössere Ertragsausfälle zu vermeiden. Dies bedarf, wie sich auch in der Akzeptanzanalyse zeigte, zunächst eines grossen Beratungsaufwands. Langfristig ist es anzustreben, dieses Know-how den Bewirtschaftenden zu vermitteln, damit diese selbstständig agieren können. In diesem Zusammenhang wurden Merkblätter für einen Praxis-Transfer mit verschiedenen Massnahmen-Optionen (s. Anhang) entwickelt, in denen das Potenzial für Ressourcenschutz und Biodiversität dem Anbaurisiko und den Verfahrenskosten gegenübergestellt wird.

Die erhöhte Nützlingsdichte (um bis zu 413 % bei pflanzen- und samenfressenden Laufkäfern) und des Artenreichtums der Nützlinge (um bis 63 % bei pflanzen- und samenfressenden Laufkäfern) in Maisfeldern mit Untersaatmuster spricht dafür, dass die Innenbereiche von konventionellen Maisfeldern, die nach derzeitigem Wissenstand nur von einem kleinen Spektrum von Arten genutzt werden (Tillmann 2011), auch in ansonsten intensiven Produktionssystemen durch ein Untersaatmuster ökologisch aufgewertet werden können. Auch wenn in den Mais-Versuchsflächen in diesem Projekt aufgrund fehlender Feldlerchenaktivität keine quantitativen Schlussfolgerungen hinsichtlich einer untersaatbedingten Verbesserung der Lebensraum- und Brutbedingungen dieser Leitart gezogen werden konnten, legen vergleichbare Studien dies nahe (Redwitz et al. 2019). Ebenso wurde bereits gezeigt, dass weitere Arten von Untersaaten im Mais profitieren (z.B. Bestäuber, Spinnen; Bigler et al. 1995; Redwitz et al. 2019) und aus extensiven Systemen und dem Biolandbau ist bekannt, dass es durch Untersaaten zu Erosionsschutz, Eintrag organischer Substanz in den Boden, Verminderung von Nährstoffauswaschung und einer Verbesserung der Bodenstruktur kommt (Swift et al. 1979; Dierauer 2017; Schürz et al. 2023; Swift et al. 1979). Ökologisch verbessert werden könnte die Massnahme, wenn die Untersaat im Spätsommer/Herbst mit abfrierender Deckfrucht gesät wird (Unkrautunterdrückung) und eine blütenreiche Mischung als Untersaat verwendet wird, wie es in einer Studie aus Deutschland getestet wurde (Redwitz et al. 2019). Dabei kam es allerdings zu Ertragsverlusten von mindestens 30 %.

Wegweisend könnte die Herangehensweise sein, biodiversitätsfreundliche Teilflächen (wie z.B. Untersaat-Bereiche) auf Produktionsflächen zu etablieren. Damit werden potenzielle Ertragsverluste reduziert, wobei biodiversitätsfördernde Effekte über die Teilflächen hinauswirken können (vgl. *spillover*-Effekte bei Laufkäfern). Dies könnte Hemmschwellen der Landwirte reduzieren, Trittsteine für die Biodiversität schaffen (z.B. auch in produktiven Gunstlagen) und so die ökologische Vernetzung fördern.

7 Weiterer Bedarf an wissenschaftlichen Arbeiten

Weitsaat in Winterweizen:

- Die Übertragbarkeit der hier vorliegenden Ergebnisse auf den regionsspezifischen BFF-Typ 16 «Getreide in weiter Reihe» (GiwR) muss getestet werden. Es braucht eine eigene Evaluation des GiwR, da dieses doch in mehreren, wichtigen Punkten vom hier getesteten Weitsaatmuster abweicht.
- Die Effekte eines Weitsaatmusters in verschiedenen Anbausystemen (z.B. konservierend, extensiviert) sind weitestgehend unbekannt. Weitere Biodiversitätsförderungen und synergistische Effekte sind jedoch anzunehmen. Wir empfehlen verschiedene Inputniveaus zu analysieren und potenzielle Effektivitätsgewinne gegen potenzielle Ertragseinbußen abzuwägen (wobei auch die Notwendigkeit einer Vergrößerung der Anbaufläche berücksichtigt werden sollte, wenn die Produktionsmengen pro Flächeneinheit sinken).
- Auch das konkrete Potenzial einer ökologischen Intensivierung könnte mit einem vollständigen Versuchsplan (engl.: *full factorial design*) getestet werden. Dabei würde beispielsweise das Ansaatmuster einen Faktor beschreiben (Weitsaatmuster oder Kontrolle) und der Insektizideinsatz einen anderen Faktor (beispielsweise in 3 Leveln von keinem Einsatz bis zu einem hohen Einsatz) und jede Faktorstufenkombination würde repliziert und hinsichtlich der Pflanzenschäden und Erträge beurteilt werden.

Mais mit Untersaatmuster:

- Der Wissenstransfer (*Wie etabliert man (selbstständig) eine erfolgreiche Untersaat im Mais?*) und die schrittweise Reduzierung der Hemmschwelle der Landwirte (z.B. indem nur Teilflächen begrünt werden) ist elementar für die ökologische Optimierung der anteilmässig immer grösser werdenden biodiversitätsarmen Maisflächen.
- Obwohl ursprünglich im Projekt-Gesuch nicht vorgesehen, ist eine Erhöhung der Aktivität der Bodenlebewesen und damit der Zersetzung und Humusbildung durch erhöhten Streueintrag mittels Untersaat wahrscheinlich. Wir empfehlen entsprechende Untersuchungen nach den Vorgaben von (Keuskamp et al. 2013) oder ähnlichen Methoden durchzuführen. Die Verbesserung der Böden könnte einen zusätzlichen Anreiz für die Etablierung einer Untersaat liefern.
- Grosses Potenzial sehen wir in der in den Merkblättern zum Praxis-Transfer aufgeführten Massnahme «V50: Saat Untersaat im Vorjahr und räumliche Trennung von Gründüngung und Untersaat» (Anhang). Diese bietet gleichzeitig guten Schutz vor Erosion und einen Mehrwert für die Biodiversität. Wir empfehlen diese zu standardisieren und agronomische und ökologische Effekte wissenschaftlich zu evaluieren.

8 Fazit über das gesamte Projekt

Ziel des Projekts war es, ressourcenschonende und biodiversitätsfördernde Anbaumethoden im Winterweizen und Mais so weit zu optimieren, dass sie als gute fachliche Praxis in der Schweiz grossflächig umgesetzt werden können. Im Winterweizen wurde dieses Ziel erreicht, beim Mais besteht noch Handlungsbedarf bei der Umsetzung der vorgeschlagenen Massnahmen.

Dieses Ressourcenprojekt ist ein Projekt an der Schnittstelle Agronomie – Ökologie mit Lerncharakter für beide Seiten. Das Versuchsdesign mit Fokus- und Satellitenbetrieben, sowie einer Vielzahl unterschiedlicher Datenaufnahmen agronomischer, ökologischer und sozioökonomischer Art war ambitioniert. Die Integration einer Dissertation ermöglichte einerseits eine umfangreiche Datenaufnahme und wissenschaftliche Analyse. Andererseits beanspruchte diese Arbeit mit ihrem hohen wissenschaftlichen Anspruch letztlich auch mehr zeitliche und finanzielle Ressourcen als geplant.

Die Massnahme «Weitsaat im Winterweizen» mit dem beschriebenen Saatmuster ist unter konventionellen wie auch extensiveren Anbauverfahren agronomisch und ökonomisch praxistauglich. Auch wurden positive Effekte auf die funktionelle Biodiversität und die Feldlerche gefunden. Allerdings müssen diese Resultate im Kontext mit anderen Biodiversitätsfördermassnahmen gesehen werden, in diesem Fall insbesondere mit den BFF auf Acker. Eine relativ niederschwellige «in-crop» Massnahme wie die im vorliegenden Projekt untersuchte Weitsaat ermöglicht positive ökologische Effekte mit verhältnismässig geringem Aufwand und Risiko zu generieren. Sie hat aber ein deutlich geringeres Potenzial zur Förderung der UZL-Arten als BFF auf Acker wie z.B. Buntbrachen (Pfiffner und Luka 2000). Aus deutschen Studien geht hervor, dass der Anbau von Weite-Reihe-Getreide deutlich extensiviert werden muss, damit die Biodiversität umfassender profitiert (Illner et al. 2004; Joest 2018; Chalwatzis et al. 2024). Unseres Wissens gibt es aus der Schweiz keinen anderen Datensatz zu den Effekten von weitgesättem Getreide auf Arthropoden. In der Vorbereitung zur Einführung der Bundesmassnahme «Getreide in weiter Reihe» waren unsere Daten deshalb entsprechend nachgefragt.

Ursprünglich war aus unserer Sicht folgendes modulares Massnahmensystem mit beitragsmässig additiven und sich in der Wirkung ergänzenden Massnahmen angedacht:

1. Modul: Anlage Weitsaatmuster im konventionellen ÖLN-Anbau;
2. Modul: Extensoanbau (Extenso- oder Bio- Richtlinien);
3. Modul: Zusätzliche Extensivierungsschritte über BFF-Typ 16 Weite Saat (reduzierte Saatgutmenge, reduzierte Düngermenge, Optimierung PSM, keine oder minimal mechanische Unkrautbekämpfung).

Die Module 1 und 2 wären zudem mit Massnahmen zur schonenden Bodenbearbeitung (ehem. Ressourceneffizienzbeiträge REB, neu Produktionssystembeiträge) und angemessene Bedeckung des Bodens kombinierbar gewesen, was ein Mehrfachnutzen der angebotenen Förderbeiträge ermöglicht hätte.

Für den Maisanbau wäre denkbar, ein analoges modulares Massnahmensystem (konservierender Anbau, Herbizidverzicht, Begrünungsvarianten) mit einem zusätzlichen Massnahmentyp «Mais mit Blühstreifen» zu etablieren. In Deutschland wurden entsprechende Massnahmen untersucht (Hoffmann und Wittchen 2018).

Beide Massnahmen, Weitsaat im Winterweizen und Mais mit Untersaat, schaffen wichtige Synergien zwischen Produktion, Ressourcenschutz und Biodiversitätsförderung. Finanzielle Anreize sind wichtig, ebenso wichtig ist aber, dass die Landwirte die systemischen Zusammenhänge verstehen und bereit sind, wenig ressourcenschonende und biodiversitätsschädigende Anbaupraktiken zu ersetzen. So fördert z.B. der Einsatz des Pfluges kombiniert mit intensiver mechanischer Unkrautbekämpfung nicht nur die Bodenerosion, sondern ist auch biodiversitätsschädigend (z.B. werden mehr Nester von Bodenbrütern zerstört). Zwischen den Saatzeilen ist in solchen Systemen der Boden unbegrünt, was eine neue Nestanlage praktisch verunmöglicht. Weiterer Handlungsbedarf besteht darin, dass auf solche negativen Auswirkungen in der Ausbildung und Beratung vermehrt eingegangen werden sollte. Gleichzeitig sollen agrarökologisch optimierte Verfahren und v.a. auch das Potenzial von Synergien in der Ausbildung und der Beratung verstärkt vermittelt werden, und die bäuerlichen Medien vermehrt über die positiven Auswirkungen berichten.

Um die hier beschriebenen Massnahmen in Winterweizen und Mais langfristig umsetzen zu können, empfehlen wir mit Nachdruck die Anwendung von Anbausystemen mit geregelter Fruchtfolge sowie konservierenden, bodenschonenden Anbauverfahren, d.h. weitgehender Verzicht auf den Pflug und stattdessen Einsaaten in (auswinternden) Zwischenfrüchten. Direktsaaten, Streifensaaten und Mulchsaaten haben den Vorteil, dass mit gezielter Kombination mit Gründüngungen das Auflaufen von Unkräutern unterdrückt wird und – bei richtiger Anwendung der Anbautechnik – deutlich weniger Herbizide eingesetzt werden müssen. Eine Restverunkrautung unter der Schadschwelle ist für die Biodiversität sehr wertvoll. Eine Beratung und eine Einbindung in einen Projektrahmen (inkl. Evaluation) werden nötig bleiben, um die Landwirte zur grossräumigeren Umsetzung von Mais mit Untersaat zu motivieren. Dies kann im Rahmen von regionalen Projekten geschehen.

9 Literaturverzeichnis

- Bigler, F.; Waldburger, M.; Frei, G. (1995): Insekten und Spinnen als Nützlinge. In: *Agrarforsch.* 9 (2), S. 383–386.
- Birkhofer, Klaus; Scheu, Stefan; Wise, David H. (2007): Small-Scale Spatial Pattern of Web-Building Spiders (Araneae) in Alfalfa: Relationship to Disturbance from Cutting, Prey Availability, and Intraguild Interactions. In: *Environ. Entomol.* 36 (4), S. 801–810. DOI: 10.1093/ee/36.4.801.
- Blösch, Sina; Albrecht, Matthias; Jenny, Markus; Streit, Bernhard; Knop, Eva (2023): Rows make the field. Winter wheat fields with manipulated crop architecture show potential for ecological intensification based on higher natural pest and weed seed control. In: *Agricult. Ecosyst. Environ.* 348 (4), S. 108404. DOI: 10.1016/j.agee.2023.108404.
- Bommarco, Riccardo; Kleijn, David; Potts, S.; Potts, S. G. (2013): Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. In: *Trends Ecol. Evol.* 28 (4).
- Butler, S. J.; occaccio, L.; regory, R. D.; orisek, P.; orris, K. (2010): Quantifying the impact of land-use change to Europe farmland bird populations. In: *Agricult. Ecosyst. Environ.* 137, S. 348–357.
- Butler, Simon J.; Vickery, Juliet A.; Norris, Ken (2007): Farmland Biodiversity and the Footprint of Agriculture. In: *Science* 315, S. 381–384.
- Chalwatzis, Doris; Wangert, Susanne; Pfister, Sonja C.; Klöbe, U.; Schroers, J. O.; Bukhovets O.; Oppermann, Rainer (2024): Weite Reihe mit blühender Untersaat - eine neue nachhaltige Getreide-Anbauform. Ergebnisse und Empfehlungen aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben.
- Chamberlain, Dan E.; Crick, Humphrey Q. P. (1999): Population declines and reproductive performance of Skylarks *Alauda arvensis* in different regions and habitats of the United Kingdom. In: *Ibis* 141, S. 38–51.
- Coleman, D. C.; Callahan, M. A.; Crossley Jr., D. (2018): Fundamentals of Soil Ecology: Academic Press.
- Dierauer, Hansueli (2017): Untersaat im Mais. Hg. v. FiBL. Online verfügbar unter <https://orgprints.org/id/eprint/31021/>.
- Donald, P. F.; Evans, Andy D.; Muirhead, L. B.; Buckingham, D. L.; Kirby, W. B.; Schmitt, S. I. A. (2002): Survival rates, causes of failure and productivity of Skylark *Alauda arvensis* nests on lowland farmland. In: *Ibis* 144, S. 652–664.
- Guido, Marco; Gianelle, Damiano (2001): Distribution patterns of four Orthoptera species in relation to microhabitat heterogeneity in an ecotonal area. In: *Acta Oecologica* 22 (3), S. 175–185. DOI: 10.1016/S1146-609X(01)01109-2.
- Hackländer, Klaus (2023): European Hare *Lepus europaeus* Pallas, 1778. In: Klaus Hackländer und Paulo C. Alves (Hg.): Primates and Lagomorpha: Springer (Handbook of the Mammals of Europe: Primates and Lagomorpha).
- Hagist, Dominik; Birrer, Simon; Schürmann, Hubert (2023): Ökologischer Nutzen von Biodiversitätsförderflächen auf Acker. Faktenblatt. Schweizerische Vogelwarte. Sempach.
- Hiltbrunner, Jürg; Huber, Tobias; Pignon, Pierre (2022): Resultate der Hauptversuche Silomais 2021-2022. Hg. v. Agroscope (Agroscope Transfer, 457). Online verfügbar unter www.agroscope.ch/transfer.
- Hoffmann, Jörg; Wittchen, Udo (2018): Abschätzung der Habitatwirkung veränderter Produktionsverfahren auf Indikatorvogelarten der Ackerbaugelände im Forschungsvorhaben „Maisanbau für hohen Ertrag und biologische Vielfalt“ am Beispiel der Feldlerche (*Alauda arvensis*). Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 195. Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen. Braunschweig.
- Illner, Hubertus; Salm, Petra; Braband, D. (2004): Modellvorhaben "Extensivierte Ackerstreifen im Kreis Soest". Ein Projekt zum Erhalt und zur Förderung typischer Lebensgemeinschaften der intensiv ackerbaulich genutzten Landschaften. In: *LÖBF-Mitteilungen* 2/04, S. 33–39.
- Jenny, Markus (1990a): Populationsdynamik der Feldlerche *Alauda arvensis* in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft des schweizerischen Mittellandes. In: *Ornithol. Beob.* 87, S. 153–163.
- Jenny, Markus (1990b): Territorialität und Brutbiologie der Feldlerche *Alauda arvensis* in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft. In: *J. Ornithol.* 131 (3), S. 241–265.
- Jenny, Markus; Michler, Stephanie P. M.; Zellweger-Fischer, Judith; Birrer, Simon; Spaar, Reto (2014): Feldlerchen fördern. Faktenblatt. Sempach: Schweizerische Vogelwarte.
- Jenny, Markus; Zellweger-Fischer, Judith; Streit, Bernhard; Knop, Eva; Blösch, Sina (2020): Ressourcenschonende Massnahmen im Ackerbau zur Förderung der Biodiversität - Zwischenbericht 2020. Ein Ressourcenschutzprojekt nach Art. 77a und 77b LWG. Schweizerische Vogelwarte; HAFL. Sempach & Zollikofen.
- Joest, Ralf (2018): Wie wirksam sind Vertragsnaturschutzmassnahmen für Feldvögel? Untersuchungen an Feldlerchenfenstern, extensivierten Getreideäckern und Ackerbrachen in der Hellwegbörde (NRW). In: *Vogelwelt* 138, S. 109–121.
- Keuskamp, Joost A.; Dingemans, Bas J. J.; Lehtinen, Taru; Sarneel, Judith M.; Hefting, Mariet M. (2013): Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. In: *Methods Ecol Evol* 4 (11), S. 1070–1075. DOI: 10.1111/2041-210X.12097.
- Krämer, Benjamin; Kämpf, Immo; Enderle, Jan; Poniowski, Dominik; Fartmann, Thomas (2012): Microhabitat selection in a grassland butterfly: a trade-off between microclimate and food availability. In: *J. Insect Conserv.* 16 (6), S. 857–865. DOI: 10.1007/s10841-012-9473-4.

- Luka, Henryk; Pfiffner, Lukas; Niggli, Urs (2000): Auswirkungen verschiedener Ackerkulturen auf die Laufkäfer (*Coleoptera*, *Carabidae*). In: *Mitt. Entomol. Ges. Basel* (1), S. 18–38.
- Martin, T. E. (1993): Nest predation and nest sites. In: *Bio Science* (43(8)).
- McClanahan, T. R.; Mangi, S. (2000): Spillover of Exploitable Fishes from a Marine Park and Its Effect on the Adjacent Fishery. In: *Ecol. Applications* 10 (6), S. 1792. DOI: 10.2307/2641239.
- Meichtry-Stier, Kim Silvana; Jenny, Markus; Zellweger-Fischer, Judith; Birrer, Simon (2014): Impact of landscape improvement by agri-environment scheme options on densities of characteristic farmland bird species and brown hare (*Lepus europaeus*). In: *Agricult. Ecosyst. Environ.* 189, S. 101–109. DOI: 10.1016/j.agee.2014.02.038.
- Morris, Antony J.; Gilroy, James J. (2008): Close to the edge: predation risks for two declining farmland passerines. In: *Ibis* 150 (Suppl. 1), S. 168–177.
- Morris, Antony J.; Holland, John M.; Smith, Barbara; Jones, Naomi E. (2004): Sustainable Arable Farming For an Improved Environment (SAFFIE): managing winter wheat sward structure for Skylark *Alauda arvensis*. In: Lowland Farmland Birds II (The BOU Annual Spring Conference 2004, University of Leicester, 26–28 March 2004), S. 155–162.
- Navntoft, Søren; Esbjerg, Peter; Ørum, Jens Erik; Jensen, Anne-Mette; Johnsen, Ib (2007): Effects of mechanical weed control in spring cereals - flora, fauna and economy. Unter Mitarbeit von Danish Ministry of the Environment. Hg. v. University of Copenhagen. University of Copenhagen. Pesticide Research (114).
- Page, Eric R.; Cerrudo, Diego; Westra, Philip; Loux, Mark; Smith, Kenneth; Foresman, Chuck et al. (2012): Why Early Season Weed Control Is Important in Maize. In: *Weed sci.* 60 (3), S. 423–430. DOI: 10.1614/WS-D-11-00183.1.
- Pätzold, Rudolf (1983): Die Feldlerche. Wittenberg Lutherstadt: A. Ziemsen Verlag.
- Pfiffner, Lukas; Luka, Henryk (2000): Effekte ökologischer Ausgleichsflächen auf die Laufkäferfauna. In: *Agrarforsch.* 7 (5), S. 212–217.
- Phalan, B.; Balmford, A.; Green, R. E.; Scharlemann, J. P. W. (2011): Minimising the harm to biodiversity of producing more food globally. In: *Food Policy* 36, S. 62–71.
- Poulsen, J. G.; Sotherton, N. W.; Aebischer, N. J. (1998): Comparative nesting and feeding ecology of skylarks *Alauda arvensis* on arable farmland in southern England with special reference to set-aside. In: *J. Appl. Ecol.* 35, S. 131–137.
- Poulsen, John Grynderup; Aebischer, Nicholas J. (1995): Quantitative Comparison of Two Methods of Assessing Diet of Nestling Skylarks (*Alauda arvensis*). In: *Auk: ornithol. Advances* 112 (4), S. 1070–1073. DOI: 10.2307/4089046.
- Praus, Libor; Weidinger, Karel (2015): Breeding Biology of Skylarks *Alauda arvensis* in Maize and Other Crop Fields. In: *Acta Ornithologica* 50 (1), S. 59–68. DOI: 10.3161/00016454A02015.50.1.007.
- Redwitz, Christoph von; Glemnitz, Michael; Hoffmann, Jörg; Brose, Ruth; Verch, Gernot; Barkusky, Dietmar et al. (2019): Microsegregation in Maize Cropping - a Chance to Improve Farmland Biodiversity. In: *Gesunde Pflanzen* 71 (2), S. 87–102. DOI: 10.1007/s10343-019-00457-7.
- Roberts, C. M.; Bohnsack, J. A.; Gell, F.; Hawkins, J. P.; Goodridge, R. (2001): Effects of marine reserves on adjacent fisheries. In: *Science* 294 (5548), S. 1920–1923. DOI: 10.1126/science.294.5548.1920.
- Rühmkorf, Hilke (2011): Auswirkungen des Energiepflanzenbaus auf die Landschaftsstruktur. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität, Hannover. Online verfügbar unter <https://www.repo.uni-hannover.de/bitstream/handle/123456789/7796/683527215.pdf?sequence=1>.
- Salgado, Ana L.; DiLeo, Michelle F.; Saastamoinen, Marjo (2020): Narrow oviposition preference of an insect herbivore risks survival under conditions of severe drought. In: *Funct Ecol* 34 (7), S. 1358–1369. DOI: 10.1111/1365-2435.13587.
- Schmidt, Martin H.; Roschewitz, Indra; Thies, Carsten; Tschantke, Teja (2005): Differential effects of landscape and management on diversity and density of ground-dwelling farmland spiders. In: *J. Appl. Ecol.* 42 (2), S. 281–287. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2005.01014.x.
- Schürz, Johannes; Hochreiter, Julia; Eckerstorfer, Katrin; Schauer, Astrid (2023): Erosionsschutz und Ressourcenschonung im Biomaisanbau. Abgeleitete Handlungsempfehlungen eines 4-jährigen Praxisversuchs. Online verfügbar unter www.biokompetenzzentrum.at.
- Stöckli, Sibylle; Bättig, Danja; Albrecht, Matthias; Herzog, Felix; Jacot, Katja (2024): Biodiversitätsförderflächen im Ackerland. In: *Agrarforschung Schweiz* 15. DOI: 10.34776/afs15-223.
- Stöckli, Sibylle; Jenny, Markus; Spaar, Reto (2006): Eignung von landwirtschaftlichen Kulturen und Mikrohabitat-Strukturen für brütende Feldlerchen *Alauda arvensis* in einem intensiv bewirtschafteten Ackerbaugelände. In: *Ornithol. Beob.* 103 (3), S. 145–158.
- Swift, M. J.; Heal O. W.; Anderson, J. M.; Anderson, J. (1979): Decomposition in terrestrial ecosystems: University of California Press.
- Tillmann, J. E. (2011): Bewertung von Maisäckern als Lebensraum für die Tierwelt der Agrarlandschaft mit Hilfe von Fotofallen. In: *Umwelt und Raum* 2, S. 43–58.
- Weibel, Urs (1999): Effects of wildflower strips in an intensively used arable area on skylarks (*Alauda arvensis*). Dissertation. ETH Zürich.

Wilson, Jeremy D.; Evans, Julianne; Browne, Stephen J.; King, Jon R. (1997): Territory distribution and breeding success of skylarks *Alauda arvensis* on organic and intensive farmland in southern England. In: *J. Appl. Ecol.* 34, S. 1462–1478.

Zellweger-Fischer, Judith; Streit, Bernhard; Kilchenmann, David; Zurbrügg, Corinne; Blösch, Sina; Knop, Eva (2023): Ressourcenschonende Massnahmen im Ackerbau zur Förderung der Biodiversität - Schlussbericht 2023 Kurzversion. Ein Ressourcenschutzprojekt nach Art. 77a und 77b LwG. Schweizerische Vogelwarte; HAFL. Sempach & Zollikofen.

10 Anhang

Anhang 1 Zusätzliche Information aus der Dissertation von Sina Blösch

Anhang 2 Praxistransfer Mais – Anbauvariante V50

Anhang 3 Vergleich BFF Typ 16 Getreide in weiter Reihe vs. Ressourcenprojekt Weitsaat Winterweizen.

(Der Beitrag für diese Massnahme beträgt ab 2025 neu SFr. 600.-/ha)

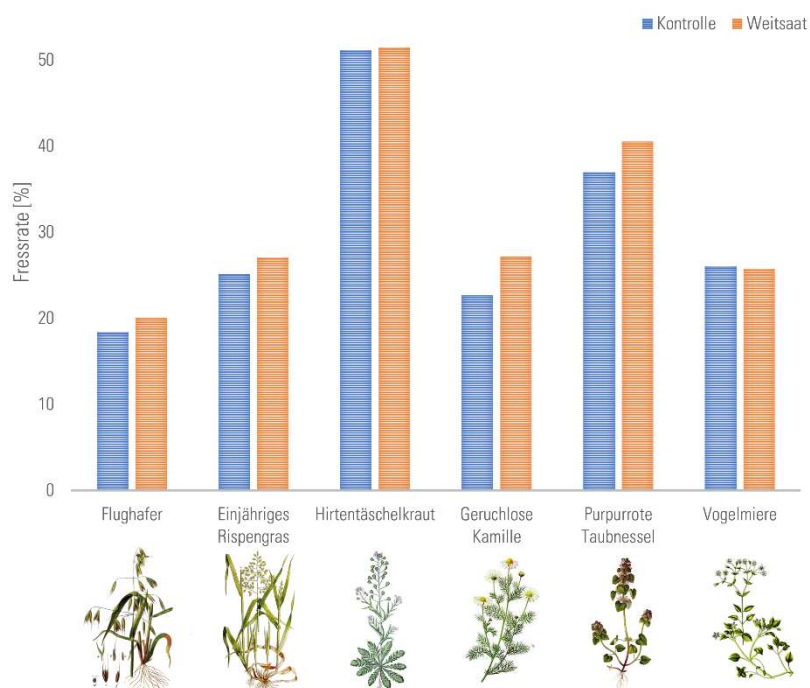


Abb. S1. Fressrate von experimentell ausgebrachten Problemunkrautsamen in Kontroll- und Weitsaatbereichen. 20 Samen jeder Art wurden auf Sandpapier geklebt und als Samenkärtchen ca. 5 mm unter der Bodenoberfläche in Kontroll- und Massnahmenfeldern ausgebracht. Vier Beprobungsdurchgänge (1x pro Monat zwischen April und Juli, Expositionsdauer sieben Tage) wurden durchgeführt. Hier sind die gemittelten Werte aller Durchgänge auf allen 13 Standorten dargestellt.

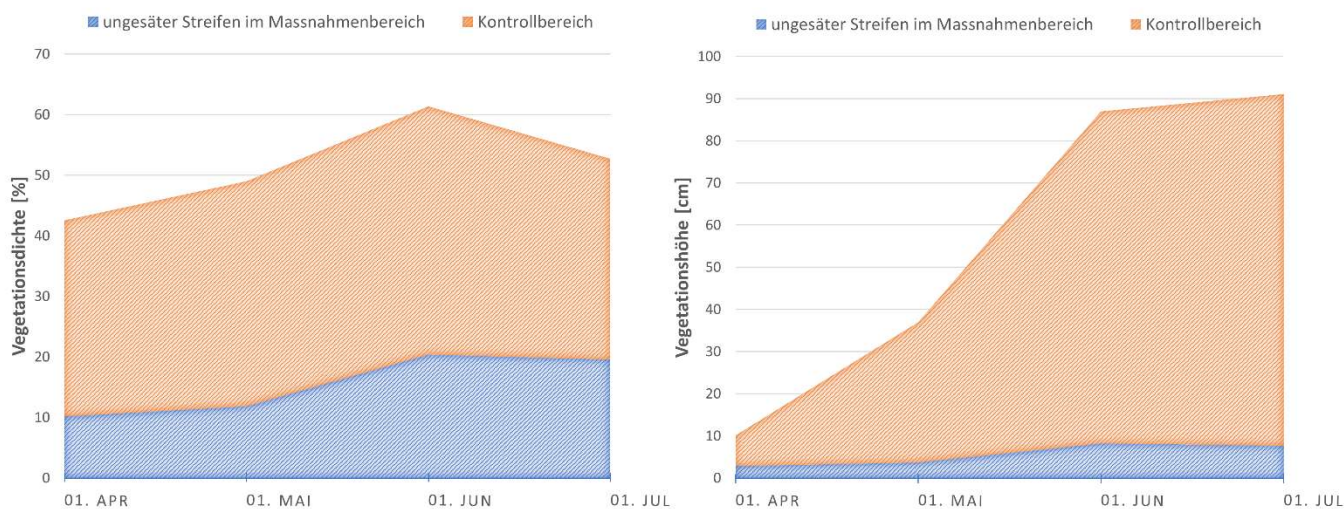


Abb. S2. Vegetationsstruktur in Kontroll- und Massnahmenbereichen (d.h. in einem konventionell gesäten Bereich in der Kontrolle und in einem ungesäten Streifen in der Weitsaat). Links: Vegetationsdichte, gemessen als Bodenbedeckungsgrad der Pflanzbestände. Rechts: Vegetationshöhe der Pflanzbestände. Vegetationsmessungen wurden monatlich auf allen Fokus- und Satellitenbetrieben durchgeführt (zwei Messungen pro Standort auf 21 Standorten). Hier sind die gemittelten Werte dargestellt.

Ausführliche Methodik zu den Feldlerchenerhebungen

Studiendesign: Zwischen 2019 und 2021 wurden insgesamt zwölf Standorte auf den Fokusbetrieben Witzwil und Bellechasse hinsichtlich der Auswirkungen des Weitsaatmusters auf das Revierverhalten, die Habitatnutzung, den Bruterfolg und die Nahrungsversorgung der Feldlerchen untersucht. Diese zwölf Standorte wurden hälftig mit dem Weitsaatmuster und hälftig konventionell angesät und gepaarten Vergleichen unterzogen.

Um systematische und kleinräumige Daten zu erheben, wurden die Versuchsfelder mithilfe von Markierstäben in 1 ha grosse Plots unterteilt (s. Abb. S3 für eine beispielhafte Darstellung). Jeder dieser Plots wurde hinsichtlich Territorialverhalten und Habitatnutzung der Feldlerchen einzeln beobachtet. Um zu bewerten, wie sich der umliegende landschaftliche Kontext auf die Attraktivität und Nutzung der Versuchsfelder auswirkt, wurden für jeden Plot relevante Landschaftsvariablen (Abb. S3) ermittelt.

Der Bruterfolg (Nistversuche und Nesterfolg) und die Nahrungsversorgung (elterliches Futtersuchverhalten und Verfügbarkeit von Arthropoden) wurden auf Feldebene (und nicht auf 1ha-Plot-Ebene) beobachtet und analysiert.

Territorialverhalten: Von April bis Mitte Juli wurde jeder Plot alle sieben bis 14 Tage 10 Minuten ($\pm 0,1$) lang beobachtet. Während dieser Beobachtungen wurden singende Männchen auf Revierflügen kartiert und die Anzahl der singenden Männchen pro 10 Minuten in jedem Plot der Kontroll- oder Massnahmenbereiche notiert. Die Beobachtungen beschränkten sich auf Zeiten mit hoher Feldlerchenaktivität von Sonnenaufgang bis 11.30 Uhr. Häufige territoriale Gesangsflüge in einem Plot deuten auf belegte, aktive Reviere hin (Pätzold, 1983).

Habitatnutzung: Zwischen Mitte April und Mitte Juli wurden die Kontroll- und Massnahmenfelder zusätzlich nach brütenden oder nach Nahrung suchenden Feldlerchen abgesucht, indem ein etwa 30 m langes Seil über die Felder gezogen wurde. Orte, an denen Feldlerchen aufgescheucht wurden, wurden notiert und dem jeweiligen Plot als Habitatnutzung zugeordnet. Der Abstand zwischen zwei Erhebungen betrug maximal elf Tage, wobei die Erhebungen nur in den sehr frühen Morgenstunden durchgeführt wurden (beginnend mit der bürgerlichen Dämmerung, endend um 8.00 Uhr), um möglichst hudernde Weibchen und damit Neststandorte ausfindig zu machen (Pätzold, 1983).

Landschaftlicher Kontext: Die folgenden Landschaftsvariablen wurden für jeden Plot ermittelt: Die "Randlänge" und die "Entfernung zum nächstgelegenen Rand" wurden auf den nächsten Meter genau gemessen. Der "Habitattyp der nächstgelegenen angrenzenden Kultur" wurde hinsichtlich der Vegetationshöhe und -dichte der jeweiligen Kultur klassifiziert, was zu fünf Kategorien führte: Wintergetreide (außer Gerste); Frühljahrsaussaat; Grünland; Gerste und Raps; Gemüse (Details s. Tabelle S1). Darüber hinaus wurde die "Parzellierung" benachbarter Felder danach kategorisiert, ob sich in unmittelbarer Nähe überwiegend große (> 2 ha) oder kleine (< 2 ha) Felder befanden. Siehe Abb. S1 für eine beispielhafte Darstellung.

Anzahl der Nistversuche: Für das Auffinden von Nestern wurde die gleiche Methode angewendet wie für die Dokumentation der Habitatnutzung. Eine systematische Suche nach Nestern wurde an Orten durchgeführt, an denen Feldlerchen aufgescheucht wurden. Aufgrund der Brutzeit von elf bis 14 Tagen (Pätzold 1983) sollte bei unserem elf-Tage-Rhythmus jedes Nest im Eistadium gefunden worden sein.

Nesterfolg: Die Nester wurden alle zwei bis drei Tage besucht, um den Erfolg zu überwachen. Ein Nest galt als erfolgreich, wenn es mindestens acht Tage nach dem Schlüpfen leer und mit einer gut abgeflachten und ungestörten Nestschale vorgefunden wurde und wenn nahrungstragende Altvögel gesehen oder in der Nähe Alarmrufe gehört wurden. Für jedes Nest wurden Co-Variablen für die Sichtbarkeit (und damit auch für die Verborgenheit) erfasst, um deren Einfluss auf den Nesterfolg zu untersuchen. Die Sichtbarkeit jedes Nestes wurde in einem frühen (nach dem Schlüpfen) und einem späten Neststadium (nach dem Verlassen des Nestes; ca. 8-10 Tage nach dem Schlüpfen) bewertet.

Futtersuche: Sobald die Nestlinge älter als zwei Tage waren, wurden die Futtersuchplätze ein- bis dreimal pro Nest kartiert (bis mindestens zehn Futtersuchflüge pro Nest aufgezeichnet wurden). Dabei wurde festgehalten, ob der Futtersuchplatz innerhalb oder außerhalb des Feldes lag, in dem das jeweilige Nest platziert war.

Futterdichte: In der Nahrung von Feldlerchen-Nestlingen vorkommende Arthropodengruppen (Poulsen und Aebischer, 1995; Poulsen et al., 1998; Weibel, 1999), wurden 2019 und 2020 mit Bodenfallen und Streifkeschern (sweep-net) beprobt, um Informationen über die Verfügbarkeit von Beutetieren in Kontroll- und Massnahmebereichen der Versuchsfelder zu erhalten. Die Probenahmestandorte befanden sich etwa in der Mitte der Felder: in dem ungesäten Streifen in Massnahmebereichen bzw. in einem konventionell gesäten Bereich in den Kontrollbereichen, wobei ein Mindestabstand von 10 m zu den Feldrändern eingehalten wurde. Die Probenahmen erfolgten einmal pro Monat im Mai, Juni und Juli. Die Fallen wurden sieben Tage lang geöffnet, um Daten zur Aktivitätsdichte von am Boden lebenden Laufkäfern und Spinnen zu sammeln. Mit standardisierten Keschern (40 Durchgänge, 40 cm Netzdurchmesser) wurden Daten über die Abundanz von in der Vegetation/Krautschicht lebenden Coleoptera (andere als Laufkäfer), Diptera, Hemiptera, Hymenoptera und Larven gesammelt.

Auswertung: Es wurde ein gepaarter Ansatz für die Datenanalyse mittels GLMM (generalisierte lineare gemischte Modelle) unter Nutzung der Statistiksoftware R genutzt. Zielvariablen waren die Häufigkeit von Territorialverhalten bzw. Habitatnutzungen, Anzahl der Nistversuche, Nesterfolg und Futtersuchfrequenz. Erklärende Variablen waren treatment type (Weitsaatbereich ja/nein) und Zeitvariablen (Jahr sowie Datum bzw. frühe oder späte Brutperiode), deren Interaktion und je nach Analyse Variablen zum Landschaftskontext oder der Sichtbarkeit des Nests. Als random effects wurden Feld- und gegebenenfalls Plot- bzw. Nest-IDs verwendet.

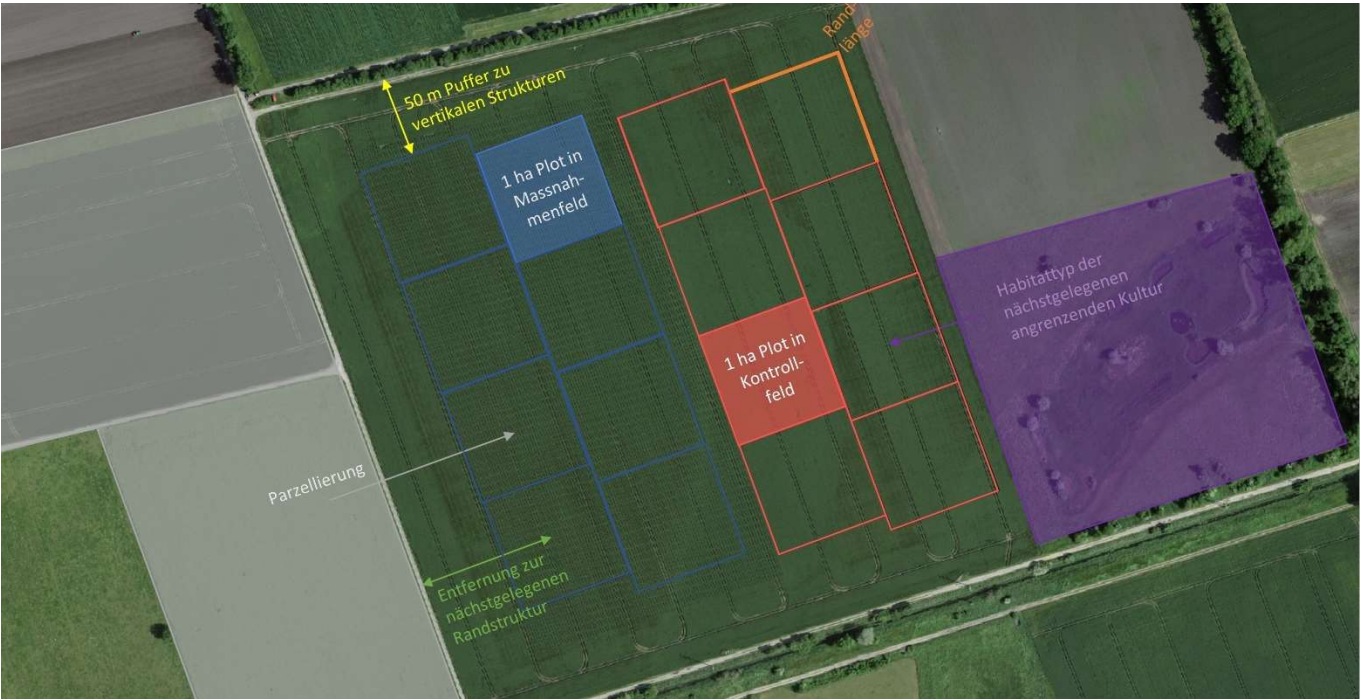


Abb. S3. Beispielhafte Darstellung der räumlichen Anordnung der 1 ha großen Plots und der erhobenen Landschaftsdaten (ein Beispiel pro Landschaftsvariable, Zuordnungen durch Pfeile impliziert). Die "Parzellierung" wurde für jeden Plot definiert, je nachdem, ob überwiegend große (> 2 ha) oder kleine Parzellen (< 2 ha) in unmittelbarer Nähe des jeweiligen Plots lagen. Die "Entfernung zur nächstgelegenen Randstruktur" und die "Randlänge" wurden auf den nächsten Meter genau gemessen. Der «Habitattyp der nächstgelegenen angrenzenden Kultur» wurde gemäß Tabelle S1 kategorisiert.

Tabelle S1. Detaillierte Informationen über die Kategorien der Habitattypen im Rahmen des Landschaftskontexts.

Kategorien von Habitattypen	einzelne Habitattypen pro Kategorie	Wuchsform (Höhe und Dichte)
Wintergetreide (ausser Gerste)	Winterweizen, Winterdinkel	ab Juni hoch und dicht
Frühjahrskulturen	Sonnenblume, Mais	bis Ende Juni lückig
Grünland	Kunstwiese, extensive Wiese	abhängig vom Mähzyklus
Gerste und Raps	Wintergerste, Raps	von Beginn der Brutzeit an dicht
Gemüse	Kartoffel, Zuckerrübe, Salat, Karotte	niedrig und lückig

Statistische Auswertung zum Untersaatmuster im Mais (Ökologische Untersuchungen, Funktionelle Biodiversität)

Es wurde ein gepaarter Ansatz für die Datenanalyse mittels GLMM (generalisierte lineare gemischte Modelle) unter Nutzung der Statistiksoftware R genutzt. Zielvariablen waren die Aktivitätsdichte bzw. der Artenreichtum der Laufkäfergesellschaften und die Zersetzungsrates der Teebeutel. Erklärende Variablen waren treatment type (Massnahmenfeld Untersaatbereich / Massnahmenfeld Zwischenbereich / Kontrollfeld; Referenzlevel = Kontrollfeld). Bei den Analysen zu den Laufkäfergesellschaften, wo über mehrere Jahre und Monate hinweg Daten gesammelt wurden, waren das Datum und Jahr der Probenahme zusätzliche erklärende Variablen, ebenso wie die Interaktion zwischen treatment type und Datum. Als random effects wurden Feld- und Feldpaar-IDs verwendet.

Statistische Auswertung zum Untersaatmuster im Mais (Agronomische Untersuchungen)

Es wurde ein gepaarter Ansatz für die Datenanalyse mittels GLMM (generalisierte lineare gemischte Modelle) unter Nutzung der Statistiksoftware R genutzt. Zielvariable war der Ertrag der ganzen Pflanzen. Erklärende Variablen waren treatment type (Massnahmenfeld Untersaatbereich / Massnahmenfeld Zwischenbereich = Kontrolle) und das Erhebungsjahr bzw. der Bedeckungsgrad mit Vegetation und das Erhebungsjahr. Zusätzlich wurde analysiert, ob es in den Untersaatbereichen ausschlaggebend für die Erträge ist, ob der Bedeckungsgrad mit Vegetation aus Untersaat oder Unkraut besteht (Zielvariable = Ertrag der ganzen Pflanze in Untersaatbereichen, erklärende Variablen = Bedeckungsgrad mit Unkraut, Bedeckungsgrad mit Untersaat, sowie die Interaktion zwischen Bedeckungsgrad mit Unkraut und Bedeckungsgrad mit Untersaat, Erhebungsjahr). Als random effects wurden Feld- und Feldpaar-IDs verwendet.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen im Rahmen des Ressourcenprojekts**Publikationen**

Blösch, S., Albrecht, M., Jenny, M., Streit, B., & Knop, E. (2023). Rows make the field: Winter wheat fields with manipulated crop architecture show potential for ecological intensification based on higher natural pest and weed seed control. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 348, 108404.

Blösch, S., Batáry, P., Zellweger-Fischer, J., & Knop, E. (2023). A systematic review on the effectiveness of crop architecture-related in-field measures for promoting ground-breeding farmland birds. *Journal for Nature Conservation*, 126515.

Blösch, S., Jenny M., Zellweger-Fischer, J., & Knop, E. (under review). Restoring habitat quality for Skylarks in winter cereal fields by manipulating the crop architecture. *Conservation Science and Practice*.

Dissertation

Die komplette Dissertation ist als pdf erhältlich bei der Schweizerischen Vogelwarte oder bei der Autorin direkt (bloeschsina@gmail.com).

V50: Saat Untersaat im Vorjahr mit räumlicher Trennung von Gründüngung und Untersaat

Zeitlicher Ablauf

1. Herbst: räumlich getrennte Aussaat von abfrierender Gründüngung und Klee
2. Säuberungsschnitt vor Saat
3. Maissaat
4. Bandspritzung Herbizid (ev. kombiniert mit Saat)

Beurteilung

Ressourcenschutz

- ▶ Bodenschutz: sehr gut
- ▶ Reduktion PSM: gut, da nur Bandspritzung erforderlich

Biodiversitätsförderung

- ▶ Biodiversität: Vorteilhaft für Bodenbrüter, weil Boden früh begrünt wird. Mulchdecke fördert Bodenorganismen/Nützlinge und Bodenaktivität.

Anbaurisiko

- ▶ Noch nicht beurteilbar, weil Massnahme in Versuchsphase.



Vergleich von «Weitsaat Winterweizen (Ressourcenschutzprojekt)» und «Getreide in Weite Reihe (BFF Typ 16, Kt. BE/SO)»

	Weitsaat Winterweizen (RP)	Getreide Weite Reihe (BFF Typ 16)
<i>Ziel</i>	Förderung der Biodiversität (Feldlerche, Insekten usw.) unter Beibehaltung des Ertragsniveaus und Einbezug konservierender Anbausysteme.	Förderung von Feldhasen und Feldlerchen
<i>Getreidearten</i>	Winterweizen	Alle Winter- und Sommergetreide
<i>Vertragsdauer</i>	Keine. Projektlaufzeit bis 2023.	6 Jahre
<i>Mindestfläche</i>	50 a	20 a; Mindestbreite 20 m (Kt. SO)
<i>Flächenaufgaben</i>	Keine	Kt. BE: An Haupt-/Nationalstrassen: • Mind. 50 m Abstand • Saattrichtung parallel zur Strasse Kt. SO: nicht mehr als an einer Seite direkt an einer viel befahrenen Strasse (breiter 4 m)
<i>Ungesäte Reihen</i>	• 1x mind. 37 cm (Landebahn) und 1x mind. 30 cm (Nistbahn) pro 3m Arbeitsbreite. • 12.5 cm RA = 2x2 Scharen = 17 % geschlossen; • 15 cm RA = 1x1 und 1x2 Scharen = 15 % geschlossen. • Zwischen Lande- und Nistbahn eine Weizenreihe	• 40 % geschlossen • Pro Weite Reihe mind. 30 cm ungesät • Verteilung frei wählbar
<i>Saatmenge</i>	Keine Auflagen	Muss mind. 40 % reduziert werden
<i>Unkrautbekämpfung</i>	chemisch: • gemäss DZV mechanisch: • Bis 15. April keine Auflagen. • Ab 15. April sollte keine mech. UKB durchgeführt werden. Ausnahmen in Absprache mit Projektteam.	Variante chemisch: • Gem. DZV Variante mechanisch: • Wintergetreide im Herbst ab 1. Okt. • Zwischen 1. Jan. und 15. Apr. max. 1 UKB • Von Ernte Vorkultur bis Ernte Hauptkultur nur chemische Einzelstockbehandlungen erlaubt
<i>Düngung und Pflanzenschutz</i>	• Keine Auflagen • Extenso nicht Voraussetzung	• Sind an die zu erwartende Ertragsreduktion anzupassen. • Extenso nicht Voraussetzung
<i>Entschädigung</i>	Mehraufwand: bis 150 CHF/ha Saatzgut Zwischenfrucht bei Direktsaat /Untersaat: bis 150 CHF/ha Ertragsausfall (normale Saatmenge): bis 350 CHF/ha	1000 CHF/ha (Vernetzungsbeitrag)
<i>Beratung</i>	Persönliche agronomische Betreuung durch die HAFL	Kantonale Fachstellen oder siehe GELAN: Erhebung > BFF II/ Vernetzung > Dokumente und Hinweise

Abkürzungen: DZV = Direktzahlungsverordnung; RP = Ressourcenprojekt;
BFF = Biodiversitätsförderfläche; RA = Reihenabstand