

Honig- und wildbienenfördernde landwirtschaftliche Bewirtschaftung im Kanton Aargau

**Schlussbericht wissenschaftliche Begleitung
und Wirkungsmonitoring**



Projekt nach Art. 77a und b LWG „Nachhaltige Nutzung natürlicher
Ressourcen“ des Bundesamtes für Landwirtschaft

Aarau, 2. Juli 2025

Bearbeitung

Bea Vonlanthen
Agrofutura AG
Stahlrain 4
5200 Brugg
Tel. direkt 056 500 10 66
E-Mail: vonlanthen@agrofutura.ch

Michel Fischler
Büro für Umwelt & Landwirtschaft
Goldauerstrasse 60
8006 Zürich
Tel. 076 582 56 08
E-Mail: fischler@michelfischler.ch

Matthias Albrecht
Agroscope
Reckenholzstrasse 191
8046 Zürich
E-Mail: matthias.albrecht@agroscope.admin.ch

Anina Knauer
Agroscope
Reckenholzstrasse 191
8046 Zürich
E-Mail: anina.knauer@agroscope.admin.ch

Ingrid Jahrl
FiBL
Ackerstrasse 113
5070 Frick
E-Mail: ingrid.jahrl@fibl.org

Christoph Sandrock
FiBL
Ackerstrasse 113
5070 Frick
E-Mail: christoph.sandrock@fibl.org

Projekt Trägerschaft

Verband Aargauischer Bienenzüchter-
vereine (Andreas König)
www.bienen-ag.ch
Bauernverband Aargau
(Ralf Bucher)
www.bvaargau.ch

Kontakt:
Andreas König
Präsident Verband Aargauer Bienen-
züchtervereine
5000 Aarau
Tel: 079 426 83 40
E-Mail: praesident@bienen-ag.ch

Quelle Bilder Titelseite:

Rechtes Bild: <https://pixabay.com/de/photos/biene-insekt-nektar-honigbiene-18192/>
Linkes Bild: <https://pixabay.com/de/photos/wildbiene-sandbiene-8-millimeter-1337061/>

Inhaltsverzeichnis

1	Wirkungsmonitoring im Ressourcenprojekt Bienenfreundliche Landwirtschaft im Kt. AG.....	4
1.1	Wirkungsziele.....	5
1.2	Lernziele	13
1.3	Beurteilung der Massnahmen.....	40
2	Fazit.....	55
Anhänge.....		57
	Anhang 1: Programm Informationsanlass 31. August 2022	57
	Anhang 2: Wildbienenspezifische Massnahme, Ergebnisse	58
	Anhang 3: Bewertung der Auswirkungen verschiedener Anbaumethoden auf Wildbienen	74
	Anhang 4: Reben mit offenem Boden für bodennistenden Bienen.....	76
	Anhang 5: Bewertung der Anreicherung von Buntbrachen mit zusätzlichen bienenfreundlichen Pflanzenarten	79
	Anhang 6: Literaturverzeichnis zu Wirkungsziel 2.....	80
	Anhang 7: Kleeblüte im intensiven und mittelintensiven Grünland in der blütenarmen Zeit: Nutzen für Honigbienen.....	81
	Anhang 8: Was motiviert Landwirt/-innen zur Umsetzung von Massnahmen zur Förderung von Honig- und Wildbienen?	91
	Anhang 9: Literaturverzeichnis zu den Einzelmassnahmen EM10, EM14, EM17	93

1 Wirkungsmonitoring im Ressourcenprojekt Bienenfreundliche Landwirtschaft im Kt. AG

Das Ressourcenprojekt Bienenfreundliche Landwirtschaft im Kanton Aargau hat das Ziel, neue Massnahmen zur Förderung der Honig- und Wildbienen in der Landwirtschaft zu testen. Die Laufzeit des Projekts ist von 2017 bis 2025. 2017 bis 2022 haben Landwirt/-innen die Neuerungen im Feld umgesetzt und 2023 bis 2025 dienen zum Abschluss des Projekts.

Ressourcenprojekte sind Lernprojekte. Das heisst im Projekt werden neue Massnahmen umgesetzt, welche bislang noch nicht zur Anwendung gekommen sind. Zu diesen Massnahmen werden Wirkungs- und Lernziele formuliert, welche während des Projekts wissenschaftlich überprüft werden. In Tabelle 1 sind die Neuerungen aufgelistet mit dem entsprechenden Wirkungs- und Lernziel.

In den Kapitel 1.1 und 1.2 sind die Untersuchungen zu den Wirkungszielen und den Lernzielen beschrieben. Im Kapitel 1.3 werden die einzelnen Massnahmen bezüglich Wirkung, Akzeptanz und Wirtschaftlichkeit beurteilt. Mit integriert haben wir pro Massnahme auch die offenen wissenschaftlichen Fragen und die Empfehlung für die Umsetzung. Die Massnahmen sind nach Grundmassnahme (GM) und Einzelmassnahmen (EM) gegliedert, entsprechend der Informationsbroschüre für die Landwirt/-innen.

Massnahme		Wirkungs- / Lernziel
GM1	Kein Schnitt und kein Mulchen bei Bienenflug (>1 Biene/m ²)	Wirkungsziel 2
GM2	Kein Mähauflbereiter auf Biodiversitätsförderflächen	Wirkungsziel 2
GM3	Abdriftmindernde Applikationstechnik PSM	
GM4	Keine Sklerotiniabehandlung von Raps	
GM5	Optimierter PSM-Einsatz bei Hochstämmen	
GM6	Weiterbildungsveranstaltungen für Spritzenführer	
GM7	Minimale Anzahl Kleinstrukturen	
GM8	Austauschveranstaltung für Imker/-innen und Landwirt/-innen	Wirkungsziel 4
EM1	Kleeblüte	Lernziel 1a und b
EM2	PSM-freier ÖLN-Getreidebau	Wirkungsziel 1
EM3	PSM-Einsatz Obstanlagen optimieren	
EM4	Artenreiche Rebflächen mit offenem Boden	Wirkungsziel 1
EM5	Anlage von Sandhaufen	Lernziel 2
EM6	Anlage mehrjähriger Blühflächen	
EM7	Höheres Blütenangebot bei Hochstamm-Obstgärten	
EM8	Brachen mit Ackersenf und Kreuzblütlern	Wirkungsziel 1
EM9	Wildbienenspezifische Massnahmen	
EM10	Hohe Dichte an Kleinstrukturen	
EM11	Umstellung auf Siegelimkerei	
Ziele, die nicht einzelne Neuerungen, sondern die Auswirkungen der Gesamtheit der Neuerungen betreffen:		Wirkungsziel 3 Lernziel 3 und 4

1.1 Wirkungsziele

1.1.1 Wirkungsziel 1: Die Abundanz und Vielfalt von Wildbienen auf Projektbetrieben nehmen um mindestens 10% zu.

Im Rahmen des Projektes war es nicht möglich, verschiedene Massnahmen und/oder verschiedene Flächen pro Betrieb zu untersuchen. Stattdessen wurde nach wissenschaftlichen Standards ausgewählte Stellvertreterflächen für einzelne Massnahmen mit Kontrollflächen ohne Massnahmen verglichen, um potenzielle Unterschiede allenfalls in die Fläche bzw. auf Einzelbetriebe zu extrapolieren. Die Schwierigkeit, eine knappe oder klare Beantwortung des Wirkungsziels zu geben erschliesst sich aus den diversen und teils inkongruenten Trends der in Tabelle 3 dargestellten Einzelmassnahmen. Aufgrund der spezifischen Versuchsdesigns können, je nach Massnahme, bisweilen allgemeine qualitative Trends zur Verbesserung der Wildbienenfauna identifiziert werden. Dies betrifft jedoch nur einzelne Massnahmen, während bei anderen keine Unterschiede gefunden wurden, oder sich in aufeinanderfolgenden Untersuchungsjahren unterschiedliche Effekte fanden. Allgemeine Quantifizierungen über verschiedene Massnahmen oder unterschiedliche Betriebe hinweg sind somit kaum möglich. Nur die wenigsten Einzelmassnahmen vermochten die Artenvielfalt zu erhöhen. Um deren Effekte auf Betriebsebene zu nutzen, wären diese Massnahmen im Rahmen von Massnahmenpaketen zu priorisieren, um messbare Effekte zu erzielen. Demgegenüber stehen mehrere Massnahmen, die die Abundanz vorhandener Arten erhöhen konnten, wobei hier die Ergebnisse über verschiedene Flächen oder Untersuchungsjahre jedoch nicht immer konsistent waren. Das deutet auf komplexe Zusammenhänge hin, die eine Verallgemeinerung auf Betriebsebene erschweren und bestenfalls Trends aufzeigen, aber keine Quantifizierungen ermöglichen.

Untersucht wurden dazu folgende massnahmenspezifischen Wirkungsziele:

Tab. 3: Übersicht über die Wirkungsziele der einzelnen untersuchten Massnahmen

	Wirkungsziel	Befund	Begründung für Abweichung (Überschreiten, Unterschreiten der Ziele)
1.0	Die Abundanz und Vielfalt von Wildbienen auf Projektbetrieben nehmen um mindestens 10% zu.	Die konkrete Hypothese konnte aufgrund der nicht passender Versuchsanordnung nicht überprüft werden.	Das Versuchsdesign gemäss Konzept vom 22.12.16 über die Wirkungskontrolle und wissenschaftliche Begleitung 2017-2024 fokussiert auf vergleichende Untersuchungen von Parzellen mit und ohne umgesetzte Massnahmen (ÖLN-Getreidebau ohne PSM-Einsatz, Rebflächen mit offenem Boden, Bundbrachen mit erweitertem Blütenangebot, vgl. 1.1-1.3). Es erlaubt bisweilen Aussagen zur relativen Wirkung von Einzelmassnahme auf Parzellenebene, jedoch erlaubt es keine Aussagen auf Betriebsebene.
1.1	Auf Flächen von ÖLN-Betrieben mit Getreidebau ohne PSM-Einsatz kommen mehr Wildbienen und mehr verschiedenen Wildbienenarten vor als auf Flächen mit PSM-Einsatz.	Es wurden 45 % mehr Individuen in biologisch und etwa 30 % mehr Individuen in ÖLN-Feldern ohne PSM als in konventionell (ÖLN mit PSM) bewirtschafteten Flächen nachgewiesen. Die Unterschiede waren aber aufgrund der Variabilität der lokalen Faktoren und Landschaftsqualität nicht signifikant. Anzahl Individuen: • ÖLN mit PSM: 44.3 ± 6.01; • ÖLN ohne PSM: 57.1 ± 7.26 Artenzahl: • ÖLN mit PSM: 12.5 ± 0.77; • ÖLN ohne PSM: 13.4 ± 0.88).	Die positiven Effekte konnten indirekt aufgezeigt werden: Felder, die gemäss ÖLN-Richtlinien, aber ohne PSM, bewirtschaftet wurden sowie biologisch bewirtschaftete Flächen wiesen eine signifikant höhere Deckung und Artenvielfalt der Ackerbegleitflora auf. Diese beiden Faktoren korrelieren positiv mit der Wildbiendichte und -vielfalt und sind bekannt als förderlich für die Bienenpopulationen. Der Einsatz von (problematischen) Pflanzenschutzmitteln ist ein Schlüs-

	Wirkungsziel	Befund	Begründung für Abweichung (Überschreiten, Unterschreiten der Ziele)
			selfaktor, der durch subletale und letale Effekte das Überleben der Wildbienenpopulationen wesentlich beeinflusst. Neben lokalen Faktoren wie ein erhöhtes Blütenangebot der Ackerbegleitflora und die tiefere Bestandesdichte des Getreides (Mikroklima), wurde die Wildbienenhäufigkeit auch durch angrenzenden BFF (Buntbrachen, ext. Wiesen) und blühende Kulturen (Raps, Sonnenblumen) beeinflusst. Solche Umgebungsfaktoren können Verfahreseffekte (mit/ohne PSM) überdecken bzw. kleinräumig kompensieren. Idealerweise bräuchte es Standorte in standardisierten Landschaften und/oder mehr Wiederholungen in der Landschaft. Dies war aber aufgrund der beschränkten Anzahl Flächen durch die Anmeldungen der LandwirtInnen nicht möglich.
1.2	Auf Rebflächen mit hoher Artenvielfalt und offenem Boden kommen mehr Wildbienen und mehr verschiedene Wildbienenarten vor als auf Flächen ohne offenen Boden.	Eine Zunahme an Wildbienen und Wildbienenarten auf Flächen mit zusätzlich geöffnetem Boden konnte nicht festgestellt werden. Der Anteil bodennistender Wildbienen in den Massnahmen- und Kontrollparzellen war vergleichbar.	Da in den Rebbergen bereits viel offener Boden vorhanden ist, gehen wir davon aus, dass der zusätzlich offene Boden (Projektmassnahme) deswegen keine zusätzliche Wirkung auf die bodennistenden Wildbienen hat. Ergänzende Untersuchungen deuten darauf hin, dass in Rebbergen andere Standortfaktoren die Lebensraumqualität massgeblich beeinflussen. Einerseits gibt es je nach Standort schon beträchtliches Angebot an offenem Boden (inkl. Böschungen, eher trocken-mässig eutrophe Verhältnisse in den Fahrgassen), andererseits wird die Wildbienenfauna stark durch andere Gegebenheiten beeinflusst wie das Vorhandensein von blütenreichen Fahrgassen, Böschungen, Trockenmauern und schonender Fahrgassenbewirtschaftung (altern. Schnitt oder Rollofaca-Einsatz/Rollen statt Mulchen). Nach unsere Einschätzung zeigten sich zudem praktische Schwierigkeiten: In einigen Fällen wurden die Flächen rasch wieder überwachsen und ein längerfristiges Offenhalten über Monate oder gar Jahre hinweg ist – abhängig von der Wüchsigkeit der Standorte – kaum praktikabel.

	Wirkungsziel	Befund	Begründung für Abweichung (Überschreiten, Unterschreiten der Ziele)
1.3	Auf Buntbrachen mit zusätzlichen Pflanzenarten (für Wildbienen attraktiv, inklusive Nahrungsspezialisten) kommen mehr Wildbienen und mehr verschiedene Wildbienenarten vor als auf Brachen ohne zusätzlichen Pflanzenarten.	Zusätzliche, für Wildbienen wertvolle Pflanzenarten, können die Wildbienen-diversität in Buntbrachen fördern, sofern sie in ausreichender Dichte vorkommen. Dies konnte in der zweijährigen Feldstudie jedoch nicht bestätigt werden. Die Anzahl an Arten und Individuen von Wildbienen war in Brachen mit und ohne Zusatz über beide Untersuchungs-jahren hinweg vergleichbar. Betrachtet man jedoch nur das zweite Standjahr, war ein signifikant positiver Effekt auf die Individuenanzahl zu verzeichnen	Jede Brache hatte eine spezifische Pflanzenartengemeinschaft, die auch durch die Vorgeschichte (Kultur, autochthone Ackerflora) und den Boden beeinflusst wurde. Dadurch können sich Brachen mit zusätzlichem Blühangebot an unterschiedlichen Standorten stark unterscheiden. Der Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Standjahr zeigt auf, dass eine differenzierte Betrachtung entlang der dynamischen Sukzession Sinn macht (einjährige lösen mehrjährige Blütenpflanzen ab). Aufgrund der zweijährigen Studie können deshalb nur limitierte Aussagen gemacht werden.
1.4	Auf Flächen mit wildbienenspezifischen Massnahmen (Artenschutz) kommen mehr Wildbienen und mehr verschiedene Wildbienenarten vor als auf Flächen ohne Wildbienenspezifische Massnahme.	Die wildbienenspezifische Massnahme hatte eine positive Wirkung auf die Wildbienen, es wurde aber keine Quantifizierung der Wirkung gemacht.	Für die Umsetzungs- und Wirkungskontrolle war laut Konzept 'Wildbienenspezifische Massnahme' vom 13.11.2018 ein dreistufiges System vorgesehen. 1. Beratung durch Experten und Wahl der Massnahme 2. Zwischenbeurteilung zur Umsetzung der Massnahme 3. Wirkungsnachweis der umgesetzten Massnahme Die spezifischen Nistplätze, die abgestimmt auf die spezifischen lokal vorkommenden Wildbienenarten angelegt wurden, wurden grösstenteils angenommen. Das heisst, die Massnahmen hatten eine positive Wirkung auf die Wildbienen. Der massgeschneiderte Artenschutz mit Fachberatung hat sich bewährt.
1.5	In Gebieten mit hoher Projektbeteiligung kommen mehr Wildbienen und mehr verschiedene Wildbienenarten vor als auf Flächen mit geringer Projektbeteiligung. Hypothese 5 wird nur überprüft werden, wenn das Projektbeteiligungsmuster resp. die räumliche Verteilung von Projektbetrieben und Massnahmen eine entsprechende Versuchsanlage erlauben	Diese generell interessante Arbeitshypothese kann nicht geprüft werden, da keine gesamtbetrieblichen Erhebungen durchgeführt wurden.	Die räumliche Verteilung der Projektbetriebe und Massnahmen haben die Prüfung dieser Hypothese nicht erlaubt. Die Beteiligung der Projektbetriebe basierte auf freiwilliger und selbstständiger Anmeldung. Die Massnahmen waren somit räumlich nicht optimal verteilt und in der Landschaft platziert.

1.1.2 Wirkungsziel 2: Geringere Bienenmortalität bei der Mahd und beim Mulchen durch Optimierung des Schnittzeitpunkts und der Schnitttechnik.

Dieses Wirkungsziel wurde nicht empirisch wissenschaftlich untersucht im Rahmen der Wirkungskontrolle. Im Folgenden wird jedoch eine kurze Übersicht über die Fachliteratur zu diesem Thema gegeben, aufgrund derer einige generelle Erwartungen zu Effekten abgeleitet werden können.

Wissenschaftliche Literatur zu den direkten Effekten auf die Mortalität von Insekten, und im Besonderen von Bienen, von verschiedenen Schnitt- und Aufbereitungstechniken bei der Mahd ist nur spärlich vorhanden. In einer Übersichtsstudie von Humbert et al. (2009) zeigt sich jedoch trotz unterschiedlicher verwendeter Methodik bei den gefundenen Studien und untersuchten Insektengruppen ein relativ konsistentes Bild: Am schonendsten für Insekten ist das Mähen mit Balkenmähergeräten und modernen Doppelmessermähwerken, bei denen zwischen den verglichenen Schnitt-Techniken jeweils die niedrigste Insektenmortalität gefunden wurde, gefolgt von Mähern mit Rotationsmähwerken (z. B. mit Scheiben- bzw. Trommelmähwerken) ohne Aufbereiter (durchschnittlich 1.5 mal höhere Mortalität verglichen mit Balkenmähergeräten), wobei dann bei der Mahd mit Mähwerken mit Aufbereitern deutlich höhere Mortalitätsraten gefunden wurden, und die höchsten Mortalitätsraten wurden schliesslich beim Mähen mit Mulchgeräten gefunden (Humbert et al. 2009). Die meisten dieser Studien untersuchten die Mortalität von Grashüpfern, nicht diejenige von Bienen, aber die Ergebnisse sind über verschiedene Insektengruppen hinweg ähnlich zu erwarten (Humbert et al. 2009). Zum Beispiel stieg die Mortalität von Grashüpfern von 9% beim Mähen mit Balkenmähern (Doppelmessermähwerk) auf 21% beim Mähen mit Geräten mit Rotationsmähwerken ohne Aufbereiter, bzw. auf 34% beim Mähen mit Einsatz eines Mähaufbereiters (Oppermann et al., 2000, 2007). Insbesondere der Einsatz von Mähaufbereitern kann zu massiv erhöhter direkter Insektenmortalität führen (Hecker et al. 2022), mit beispielsweise fast 70% Mortalität von Raupen (Humbert et al. 2010).

Auch auf Honigbienen kann sich der Einsatz von Mähaufbereitern stark negativ auswirken. Die direkte Mortalität von Honigbienen betrug zwischen 35% und 62%, wenn Kleewiesen und andere Wiesen mit einem Aufbereiter gemäht wurden, im Vergleich zu ca. 5% ohne Mähaufbereiter (Frick & Fluri 2001). Neue Resultate aus dem Ressourcenprojekt «Agriculture et pollinisateurs» deuten ebenfalls darauf hin, dass ein Verzicht auf Mähaufbereiter im Sommer im Zusammenspiel mit späterer Mahd und dem Stehenlassen von blütenreichen Graslandstreifen positive Effekte auf die Volksentwicklung von Honigbienenenvölkern hat (Hernandez et al. 2023). Noch unveröffentlichte Daten weisen zudem darauf hin, dass sich ein Verzicht auf Mähaufbereiter im Sommer auch positiv auf die Zahl von Wildbienen in Grünland-dominierten Agrarlandschaften auswirkt (Pettman et al., in prep.).

Um Bienen bei der Mahd möglichst zu schonen, empfiehlt sich deshalb der Einsatz von Messerbalken und insbesondere der Verzicht auf Mähaufbereiter, ganz besonders beim Mähen von Biodiversitätsförderflächen und weiteren blütenreichen Wiesen, in denen Bienen zum Zeitpunkt des Mähens erwartet werden können (vgl. Broschüre «Schlaumähen»; www.schlaumaehen.ch). Wir empfehlen auf die Aufbereiter, wenn immer möglich zu verzichten und nur einzusetzen bei weniger als einer Biene pro m² auf der zu mähenden Fläche und bei mehr als zwei Bienen pro m² kein rotierendes Mähwerk und keinen Aufbereiter zu benutzen. Sogenannte Blüteninseln in Landschaften mit geringem Blühangebot ziehen nektarsuchende Insekten aus einem grossen Einzugsgebiet an und sind somit besonders schonend zu ernten. Wann immer möglich sollte zudem das Ende der Blütezeit der wichtigsten Blütenpflanzen abgewartet werden (z. B. Klee- oder Löwenzahn-Blüte) vor dem Mähen, und idealerweise sollte frühmorgens vor dem Bienenflug gemäht werden, was auch eine maximale Ausnutzung des Trocknungsvermögens eines Schönwettertages ermöglicht.

Das Literaturverzeichnis befindet sich im Anhang 6.

1.1.3 Wirkungsziel 3: Die Gesundheit der Honigbienen sowie die Honigproduktion entwickeln sich aufgrund der in der Landwirtschaft und bei den ImkerInnen umgesetzten Massnahmen positiv. Die Honigproduktion bei den am Projekt beteiligten ImkerInnen steigt um durchschnittlich 20% pro Volk. Die Völkerverluste sowie die Fälle von Sauerbrut bei ImkerInnen, die sich am Projekt beteiligen, nehmen um je mindestens 5% ab.

Zur Überprüfung dieses Wirkungsziels wurde eine Umfrage ausgearbeitet. Die Antworten von Siegelimker aus dem Kanton Aargau mit 'Bienenfreundliche Landwirtschaft' wurden mit den Antworten von Siegelimker aus dem Kanton Solothurn ohne 'Bienenfreundliche Landwirtschaft' verglichen (mittels Umfragebogen 2021). Der Kanton Solothurn wurde ausgewählt, weil die Landschaft und die Landwirtschaft ähnlich sind.

Die Auswertung der Umfragen erfolgte durch den Verband Aargauischer Bienenzüchtervereine. Ergänzt wurden die Daten aus der Umfrage mit Daten von BienenSchweiz (Honigerträge) und von den kantonalen Veterinärämtern (Krankheiten), um so ggf. deren Aussagekraft zu validieren. Die Daten zu den meldepflichtigen Krankheiten bei Bienen, werden seit 2020 über <https://www.infosm.blv.admin.ch/evaluation/pest> erfasst und können entsprechend abgerufen werden. Die Daten von 2017-2019 haben uns die Ämter direkt mitgeteilt.

a) *Liefern die Bienen aus dem Aargau 20% mehr Honig als der Durchschnitt der restlichen Schweiz im Durchschnitt der Jahre 2014 bis 2016?*

Alle am Projekt beteiligten Imker/-innen füllten zwischen 2019 und 2022 jährlich einen Fragebogen aus. Bezogen auf diese Umfrage-Daten (Abb. 1) sind die Honigerträge pro Volk, abgesehen vom generell wenig ertragreichen Jahr 2021, im Kanton Solothurn immer signifikant höher als im Aargau (Abb. 1). Über die 4 Untersuchungsjahre gemittelt, war der Ertrag pro Volk und Jahr im Kanton Solothurn sogar 40% höher als im Aargau (11.8 vs. 16.5 kg).

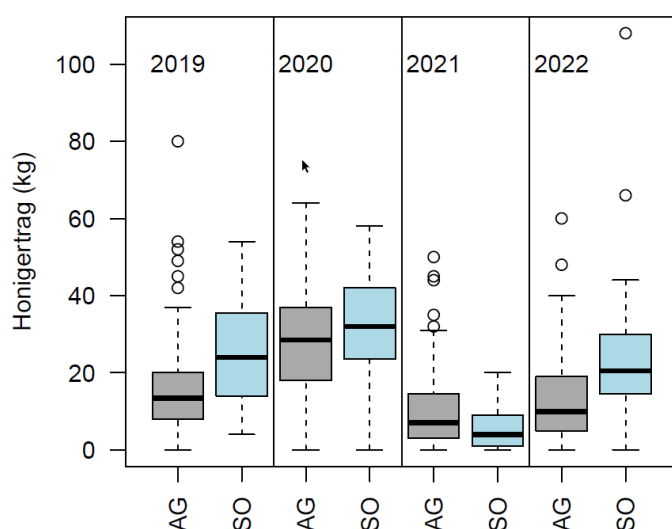


Abb. 1. Honigerträge pro Volk (kg) der sich an der Umfrage beteiligenden Imker der Kantone AG und SO zwischen 2019-2022. Im Schnitt flossen 130 Rückmeldungen pro Jahr in die Auswertung ein, wobei die Zahl aus dem Kanton SO vergleichsweise stets deutlich kleiner war.

Die zum Vergleich herangezogenen, schweizweiten Datenerhebungen von BienenSchweiz von 2018 bis 2022 zeichnen jedoch ein anderes Bild. Auch wenn uns aus Datenschutzgründen keine Imkerbezogenen Daten zur Verfügung gestellt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass den Jahresmittelwerten (Abb. 2) eine grössere und ausgeglichene Stichprobe an Imkereien beider Kantone zugrunde liegt. Anders als die Projektumfrage zeigen diese Daten, dass der Aargauer Honigertrag pro Volk im Vergleich zum Nachbarkanton Solothurn (mit ähnlicher Topografie) grösser ist.

Über den Zeitraum 2018-2022 gemittelt wurden im Aargau und Solothurn je 20.6 kg bzw. 17.7 kg pro Volk und Jahr geerntet. Das ergibt einen Mehrertrag von 21% im Kanton Aargau (Abb. 2). Unter der Prämisse, dass die (länger) blühenden Kleewiesen eher die Menge des Sommerhonigs als die des Frühjahrshonig (in der Regel wird dieser bis Anfang Juni geerntet) beeinflussen, kann man noch zwischen diesen differenzieren. Bezogen auf den Kanton Solothurn deutet ein um 27% höherer Frühjahrsertrag verglichen mit einer um 17% höheren Sommerernte im Aargau jedoch eher darauf hin, dass ein beträchtlicher Teil des Unterschieds auf Massentrachten im Frühjahr zurückzuführen sein dürfte.

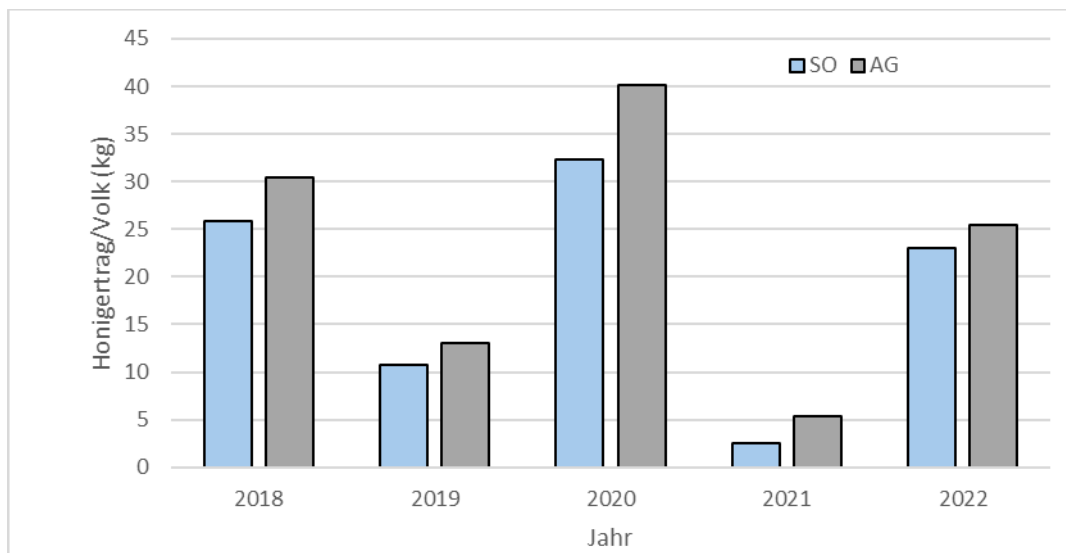


Abb. 2: Honigerträge pro Volk (kg) gemäss BienenSchweiz in den Kantonen AG und SO zwischen 2019-2022.

Die Diskrepanz zwischen den selbst erhobenen und statistisch auswertbaren Umfragen und der vergleichenden Umfrage von BienenSchweiz, welche mangels Rohdaten nicht statistisch ausgewertet werden konnten, erschwert eine abschliessende Beurteilung. Auf Basis der vermutlich belastbareren Daten von BienenSchweiz kann das Wirkungsziel für den Projektzeitraum als erfüllt betrachtet werden. Honigerträge sind generell jedoch von vielen Faktoren abhängig, schwanken kleinräumig oder je nach Jahr und vor allem auch je nach Betriebsweise.

b) Die Gesundheit von Bienenvölkern an Bienenständen der Imker/-innen, die sich am Projekt beteiligen, nimmt zu. Die Völkerverluste in Projektimkereien nehmen im Durchschnitt von 2022-2024 verglichen mit dem Durchschnitt 2017-2019 um 20% ab. Die Fälle von Sauerbrut nehmen in der gleichen Zeitperiode um 5% ab.

Die Verlustraten einzelner Imkereien in den Kantonen Aargau und Solothurn wurden im Rahmen des Projektes mittels Umfragen zwischen 2019 und 2022 erhoben (Abb. 3). Die Gesamtverluste über beide Kantone schwanken über die Jahre erwartungsgemäss. Die durchschnittlichen relativen Verluste pro Imkerei sind über die Jahre im Aargau (20%) jedoch grundsätzlich höher als im Solothurn (11%). Aufgrund der grossen Streuung der Verlustraten über die befragten Imkereien war dieser Unterschied jedoch nur im ersten Untersuchungsjahr (2019) signifikant ($P = 0.014$), danach nicht mehr ($P \geq 0.073$) (2020-2022). Interessanterweise nimmt die Effektgrösse der statistischen Vergleiche zwischen den beiden Kantonen über die Jahre zunehmend ab. Auch wenn die durchschnittliche Verlustrate im Aargau zum Ende des Projekts numerisch immer noch etwas höher war, so hat sich der für die kantonsübergreifenden, jahresbedingten Schwankungen korrigierte relative Unterschied zwischen den Kantonen zwischen 2019 und 2022 um über 40% verringert. Da die Verluste im Kanton Solothurn über die Zeit quasi unverändert blieben, könnten die Massnahmen dazu beigetragen

haben, die Verluste der beiden Kantone zu nivellieren. Eventuell wurde der höheren Bienenvölkerdichte im Kanton Aargau (1.5 Völker mehr pro Quadratkilometer zwischen 2019-2022) durch die Massnahmen mit einer besseren Nahrungsversorgung Rechnung getragen.

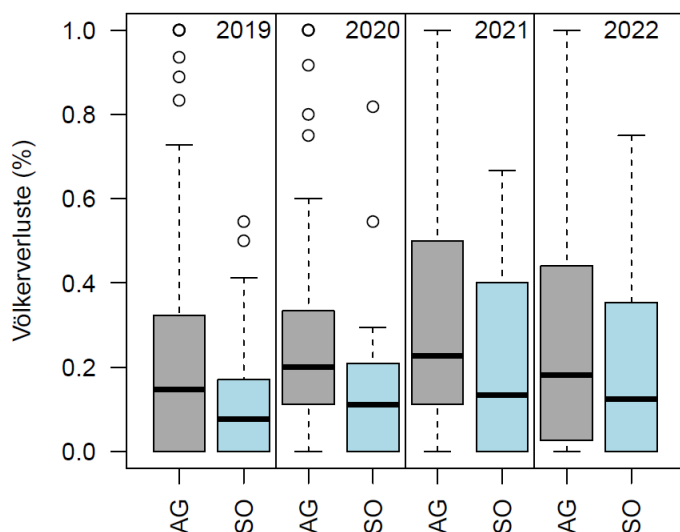


Abb.3. Proportionale Völkerverluste einzelner im Rahmen des Projekts befragter Imkereien (pro Bienenstand) im Kanton AG (grau) und entsprechender Vergleichsimkereien im Kanton SO (blau) in den Jahren 2019-2022. Im Schnitt flossen 130 Rückmeldungen pro Jahr in die Auswertung ein, wobei die Zahl aus dem Kanton SO vergleichsweise stets deutlich kleiner war.

Die Fälle meldepflichtiger Seuchen (Amerikanische Faulbrut und Sauerbrut) wurden aus der Datenbank des BLV bezogen und in den beiden Kantonen Aargau und Solothurn jeweils innerhalb der Perioden 2009-2014 (vor dem Projekt) und 2017-2022 (innerhalb des Projekts) verglichen. Für diese beide Perioden wurde der Prozentsatz betroffener Völker pro Kanton aus den in den Einzeljahren gemeldeten Fällen beider Kantone bestimmt. Im Zeitraum vor dem Projekt war der Befallsgrad im Kanton Solothurn mit 4.5 Promille deutlich höher als der im Kanton Aargau mit 3 Promille). In beiden Kantonen sanken diese Werte im Projektzeitraum deutlich auf 1.0 (SO) bzw. 0.3 Promille (AG). Ähnlich wie vor dem Projektzeitraum liegt der Anteil an Seuchenfällen auch aktuell noch über dem im Aargau. Betrachtet man jedoch die relativen Rückgänge, so ist festzustellen, dass die Befallsrate im Kanton Solothurn heute um 80% gesunken ist, während sie im Aargau sogar auf 90% sank. Bezogen auf den Zeitraum unmittelbar vor Projektbeginn und den topografisch vergleichbaren Nachbarkanton Solothurn ist der Rückgang meldepflichtiger Seuchen (v.a. Sauerbrut) im Kanton Aargau mit einem um 10% steileren relativer Rückgang sogar deutlich besser als erwartet.

c) Brauchen die Bienen im Aargau mehr oder weniger Futter für den Winter (Überwinterung)?

In der Umfrage im Rahmen des Projekts wurden sowohl im Kanton Aargau als auch im Kanton Solothurn die Futtermengen erhoben, die in den befragten Imkereien vor der Einwinterung zu ggf. noch vorhandenen Honigvorräten auf den Brutwaben verabreicht wurden. Im Aargau betrug die Futtermenge in den Jahren 2019-2022 14 kg/Volk und im Solothurn 15 kg/Volk. Ein um 1 kg/Volk geringere Futtermenge entspricht immerhin 7% und macht bei über 10'000 Völkern im Kanton Aargau in Summe sicher etwas aus. Die Erklärung, ob tatsächlich weniger gefüttert wird, weil die Massnahme für eine gewisse Zwischentracht in der Fläche sorgt, die den Völkern eine messbar üppigere Bevorratung am Ende des Sommers vor der Einfütterung erlaubt, bleibt jedoch spekulativ, da verbliebene Honigvorräte nach dem Abernten in der Umfrage nicht abgefragt wurden. Allenfalls benötigen die Völker im Kanton Aargau aufgrund der tendenziell geringeren Höhenlage weniger Vorräte brauchen, um über den Winter zu kommen.

Die am Projekt selbst beteiligten Imker/-innen konnten zwar keine höheren Honigerträge aufweisen als eine Vergleichsgruppe, allerdings deuten von BienenSchweiz erhobene Daten darauf hin, dass Bienenvölker im Kanton Aargau durchaus um 20% höhere Erträge als solche im Kanton Solothurn erbringen. Zumindest scheint sich ein möglicherweise durch die Massnahmen geschaffenes zusätzliches Nahrungsangebot positiv auf den Rückgang meldepflichtiger Seuchen und allgemeine Völkerverluste auszuwirken, sowie auch die Winterfuttermenge minim zu senken. Diese Interpretation erfolgt jedoch unter Vorbehalt vieler in ihrer Fülle kaum zu überprüfender Faktoren.

1.1.4 Wirkungsziel 4: Das gegenseitige Verständnis von Imker/-innen und Landwirt/-innen steigt. Die nicht-landwirtschaftliche Bevölkerung wird über das Projekt 'Bienenfreundliche Landwirtschaft im Kt. AG' informiert.

Das gegenseitige Verständnis von Imker/-innen und Landwirt/-innen war Bestandteil der sozialwissenschaftlichen Untersuchungen. Mehr als 70% der Landwirt/-innen sind der Meinung, dass Imker/-innen ein grosses Verständnis für die landwirtschaftliche Praxis haben. Die Mehrheit der Landwirt/-innen (78%) verstehen die Erwartungen von Imker/-innen an die landwirtschaftliche Praxis ("stimme voll und ganz zu" und "stimme eher zu").

Das Bienenprojekt hat aus Sicht der Landwirt/-innen zum gegenseitigen Verständnis beigetragen. Jeweils etwas über 50% der Landwirt/-innen gaben an, dass das Projekt dabei geholfen hat sowohl die Bedürfnisse der Imker/-innen besser zu verstehen, als auch das Verständnis von Imker/-innen für die landwirtschaftliche Praxis zu verbessern ("stimme voll und ganz zu" und "stimme eher zu"). Etwa 30% bewerteten diese Aspekte mit "Teils/teils".

Im Rahmen des Bienenprojekts gab es verschiedene Möglichkeiten des Austauschs und der Interaktionen zwischen Landwirt/-innen und Imker/-innen. Zentraler Bestandteil waren die Austauschtreffen im Rahmen der Grundmassnahmen. Landwirt/-innen in den Interviews als auch im Rahmen der Umfrage berichteten von konstruktiven Treffen zwischen Landwirt/-innen und Imker/-innen. Einige Landwirt/-innen äusserten den Wunsch nach einem vermehrten Austausch mit Imker/-innen zu bienenfördernden Massnahmen. Aktuell kommt es bei 21% der Landwirt/-innen zu einem regelmässigen Austausch mit Imker/-innen zum Thema landwirtschaftliche Massnahmen zur Förderung von Bienen. Der Grossteil der Landwirt/-innen bespricht Massnahmen "hin und wieder" oder hat schon "ein bis zweimal" mit Imker/-innen darüber gesprochen (60%). Über 80% haben zumindest teilweise aufgrund eines Gesprächs mit Imker/-innen die landwirtschaftliche Praxis angepasst. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass ein besseres gegenseitiges Verständnis sowie das Wissen über die jeweiligen Bedürfnisse und Herausforderungen entscheidend zur Bereitschaft beitragen, Massnahmen zur Förderung von Bienen umzusetzen.

Die nicht-landwirtschaftliche Bevölkerung wurde über verschiedene Kanäle über das Projekt informiert. Allerdings wurden keine Umfragen durchgeführt, um zu prüfen, ob diese Informationen tatsächlich angekommen sind. Daher kann dazu keine Aussage getroffen werden.

1.2 Lernziele

1.2.1 Lernziel: Kleeblüte in intensivem und mittelintensivem Grünland in der blütenarmen Zeit, Wirkung auf a) Honigbienen und b) Hummeln

Nach der Frühlingstracht und dem Schnitt der extensiv bewirtschafteten Wiesen Mitte Juni sinkt das Nahrungsangebot für Bienen im Schweizer Mittelland während der Sommermonate stark ab. Die Massnahme «Kleeblüte in intensivem und mittelintensivem Grünland in der blütenarmen Zeit» zielt darauf ab, durch ein einmalig verlängertes Schnittintervall von 6 statt der üblichen ca. 5 Wochen, während dieser Trachtlücke für Honigbienen und gewisse Wildbienenarten (v.a. Hummeln), eine ergiebige Nahrungsquelle bereitzustellen. Da Weiss- und Rotklee nach dem Schnitt wieder relativ schnell zum Blühen kommen und Weisskleeblüten gerne von Honigbienen besucht werden und Rotkleeblüten v.a. von vielen Hummelarten, hat diese Massnahme das Potenzial sowohl Honigbienen als auch Hummeln zu fördern. Ein reiches und kontinuierliches Nahrungsangebot ist zentral für die Erhaltung gesunder Honigbienen- und Hummelvölker, da diese staatenbildenden Arten eine lange Aktivitätsperiode haben, in der sie auch genügend Nahrung für die Aufzucht von Jungköniginnen und Drohnen sammeln müssen. Nebst einem direkten Einfluss verfügen Bienen, welchen ein ausreichendes und geeignetes Nahrungsangebot zur Verfügung steht, auch über eine erhöhte Resilienz gegenüber weiteren Stressfaktoren wie z. B. Parasiten (Tritschler et al., 2017).

Folgende Lernfragen standen im Fokus der Untersuchungen:

1. *Wir wissen, wie die Massnahme «Kleeblüte in intensivem und mittelintensivem Grünland» von den Landwirt/-innen in der Praxis am effektivsten und effizientesten umgesetzt werden kann.*
2. *Wir wissen, ab welchem Flächenanteil in der Landschaft die Massnahme «Kleeblüte in intensivem und mittelintensivem Grünland in der blütenarmen Zeit» wirkungsvoll die Volksentwicklung und Gesundheit von Honigbienen und Hummeln fördern kann.*
3. *Wir wissen, wie die Massnahme umgesetzt werden kann, damit sie hilft den negativen Einfluss von Krankheiten auf die Bienengesundheit zu reduzieren.*

1. *Wir wissen, wie die Massnahme «Kleeblüte in intensivem und mittelintensivem Grünland» von den Landwirt/-innen in der Praxis am effektivsten und effizientesten umgesetzt werden kann, um **Hummeln und Honigbienen zu fördern**.*

Methode

Der wissenschaftliche Versuch zur Beantwortung dieser Lernfrage wurde im Jahr 2022 durchgeführt. Es wurden 10 Standorte mit möglichst viel Massnahmenflächen (Kleewiese im intensiven und mittelintensiven Grünland während der blütenarmen Zeit) im Radius von 500 m gewählt und mit 10 Kontrollstandorten ohne Massnahmenflächen verglichen. Dazu wurden alle 70 Landwirt/-innen, welche die Kleemassnahme angemeldet hatten, angeschrieben und die Koordinaten der Massnahmenflächen erfragt. Insgesamt konnten so 196 Parzellen von 54 Landwirt/-innen, auf denen die Massnahme umgesetzt wurde, ermittelt werden.

An jedem der Standorte wurden zu Beginn der Kleeblüte (15.06.2022) drei standardisierte Erdhummelvölker *Bombus terrestris* (mit jeweils 80 Arbeiterinnen) in einer Massnahmenfläche oder intensiv genutzten Kontrollwiese aufgestellt. Die Völker verblieben während der stärksten Trachtlücke von ca. 7 Wochen an den Standorten und wurden in der Mitte der Versuchszeit beurteilt. Dabei wurden alle Völker gewogen und auf das Vorhandensein von Jungköniginnen und Drohnen überprüft. Am

Ende der Versuchszeit (Anfang August) wurde die Zahl der produzierten Jungköniginnen gezählt. Gleichermassen wurden an insgesamt 10 Standorten vier Honigbienen-Jungvölker gleicher Stärke aufgestellt (01.06.2022) und bis Mitte August alle 3 Wochen beurteilt (Details siehe Anhang 7).

Um die Qualität und Relevanz von Rot- und Weissklee zur Förderung von Erdhummeln zu beurteilen, wurden im Jahr 2021 zudem auf 30 Wiesen mit Kleeblüten Transekte begangen und alle Blütenbesuche von Hummeln auf Rot- und Weisskleeblüten aufgenommen (120 Transekte insgesamt, je 20 m).

Im Radius von 500 m um die Hummelkolonie- bzw. Honigbienen-Standorte wurden alle Wiesen mit Kleeblüten kartiert und in jeder der Flächen das Blühangebot von Rot- und Weissklee aufgenommen. Für alle Parzellen mit Kleeblüten wurde zweimal die Flächendeckung mit Blütenköpfen der beiden Arten (Rot- und Weissklee) geschätzt.

Resultate Hummeln

Rotklee machte ca. einen Drittel des gesamten Klee-Blühangebotes aus, wurde aber von mehr Hummelarten besucht als Weissklee (Tabelle 4). Die Erdhummel besuchte beide Kleearten, zeigte jedoch eine klare Präferenz für den Rotklee. Einerseits wurden doppelt so viele Besuche auf Rotkleeblüten beobachtet im Vergleich zu Weissklee (Tabelle 4), andererseits machte Rotklee einen wesentlich grösseren Anteil am gesammelten Pollen aus. Bis zu 70% (Mittelwert bei 9%) des von den Erdhummeln gesammelten Pollens bestand aus Rotkleepollen, wohingegen bei Weissklee der Maximalwert mit 20% (Mittelwert bei 2%) wesentlich tiefer lag.

Tab. 4: Anzahl Bienen pro Hummelart, welche auf Rot- und Weisskleeblüten beobachtet wurden.

Hummelart	Rotklee	Weissklee
<i>Bombus terrestris</i>	18	9
<i>Bombus lapidarius</i>	4	11
<i>Bombus pascuorum</i>	15	0
<i>Bombus hortorum</i>	13	0

Die Umsetzung der Massnahme mit einem einmalig verlängerten Schnittintervall von 6 Wochen zwischen dem 15. Mai und dem 15. August vermochte weder das Blühangebot von Weiss- noch jenes von Rotklee signifikant zu erhöhen. Dieses Ergebnis war unabhängig vom Wiesentyp (intensives Dauergrünland oder Kunstwiese) und vom Zeitpunkt der Messung (zweite Juni- oder zweite Juli-hälfte) (Abb. 4, alle P-Werte > 0.2). Die stärkste Tendenz zu einem erhöhten Blühangebot durch die Massnahme zeigt sich bei Rotklee in Kunstwiesen gegen Ende Juli (Abb. 4).

Die Hummelvölker zeigten keine veränderte Entwicklung, wenn sie sich in Landschaften mit Klee-Massnahmen befanden im Vergleich zu Landschaften, in denen keine Massnahmenflächen lagen. Weder das Gewicht der Völker ($P = 0.66$) noch die Anzahl der Jungköniginnen ($P = 0.91$) wurden positiv beeinflusst.

Resultate Honigbienen

Honigbienenenvölker an den Massnahmestandorten entwickelten sich unerwarteterweise signifikant schlechter als solche, die zweieinhalb Monate an Kontrollstandorten standen, sowohl betreffend dem Brutumfang ($P < 0.01$) als auch der Population adulter Bienen ($P = 0.03$), beide Versuchsgruppen wiesen jedoch vergleichbare Vorräte an Honig ($P = 0.65$) und Pollen ($P = 0.39$) auf und sammelten über alle Messzeitpunkte auch vergleichbare Pollenmengen ($P = 0.37$). Der Varroabefall unterschied sich nicht zwischen den Gruppen ($P = 0.24$), Krankheitssymptome wurden zu keinem Zeit-

punkt festgestellt und die Verlustraten von 5% in der Kontrollgruppe vs. 16% in der Massnahmengruppe unterschieden sich statistisch nicht signifikant ($P = 0.34$) und unauffällig im Vergleich zum Schweizer Durchschnitt während des gleichen Zeitraumes. Die Versorgung und das Überleben der beiden Gruppen war insgesamt vergleichbar, die Massnahme konnte jedoch nicht zu einer besseren Volksentwicklung und höheren Produktivität der Honigbienenstöcke beitragen. Weiterführende methodische Aspekte, sowie sämtliche zeitlichen Dynamiken und detaillierten Gruppenvergleiche innerhalb der unterschiedlichen Erhebungszeitpunkte zu Beginn und während der Studie, sowie vor und nach der Einwinterung der Honigbienenstöcke an einem gemeinsamen separaten Standort sind Anhang 7 zu entnehmen.

Schlussfolgerung zur Lernfrage

Die Umsetzung der Massnahme «Kleewiese im intensiven und mittelintensiven Grünland während der blütenarmen Zeit» vermochte bei einer Umsetzung gemäss den spezifischen Vorgaben für die Massnahme im Projekt das Blühangebot mit Klee während der Zeitspanne mit hoher Nahrungsknappheit von Mitte Juni bis Ende Juli nicht signifikant zu erhöhen. Dies mag einerseits an einem allgemein geringen Klee-Anteil in gewissen Wiesen liegen und andererseits durch einen ungünstigen Schnittzeitpunkt verschärft worden sein: Viele Massnahmenflächen wurden gleichzeitig mit den extensiv genutzten Wiesen rund um den 15. Juni geschnitten und konnten dann folglich genau in der Zeit der grössten Trachtlücke (Lücke an Blütenangebot) nach dem Schnitt der extensiv genutzten Wiesen keine Nahrung für Bienen bieten, sondern erreichten erst wieder gegen Ende der Trachtlücke (Ende Juli) ein für die Bienen relevantes Blühangebot. Im Folgenden werden somit mögliche Anpassungen der Umsetzung beschrieben, welche zu einer Erhöhung des Nahrungsangebotes während der Trachtlücke und einer wirksamen Förderung von Hummeln und anderen kleebesuchenden Bienenarten beitragen könnten.

Ein verlängertes Schnittintervall von mindestens 6 Wochen hat insbesondere ein grosses Potential das Rotkleeangebot zu erhöhen. Rotklee beginnt ca. 5 Wochen nach Schnitt wieder mit der Blüte, wohingegen dies bei Weissklee bereits nach 2 bis 3 Wochen der Fall ist (Manuel Schneider, Gruppe Futterbau, persönliche Kommunikation). Zudem erwies sich Rotklee zumindest für Hummeln als die wesentlich wertvollere Nahrungspflanze; sie erhielt doppelt so viele Besuche von der Erdhummel *Bombus terrestris* im Vergleich zu Weissklee und auch die anderen beobachteten Hummelarten bevorzugten mehrheitlich Rotklee. Somit macht die Umsetzung der Massnahme vorrangig auf Flächen mit hohem Rotkleeanteil Sinn (siehe auch Abb. 4b) und auf Flächen mit insgesamt hoher Kleedichte. Dies traf insbesondere auf Kunstwiesen zu (Abb. 4), weniger auf (intensives) Dauergrünland. Jedoch kann unabhängig vom Gesamtkleeanteil der Anteil an Rotklee in Kunstwiesen je nach Saadmischung stark variieren. Deshalb sollte die Massnahme einerseits auf Kunstwiesen und andererseits auf Saadmischungen mit einem Mindestanteil an Rotklee beschränkt werden. Beispielsweise macht der Rotklee in der zweijährigen Mischung UFA 230 60% des gesamten Kleeanteils aus (Weissklee 40%), wohingegen er in der dreijährigen Mischung UFA 330 nur 33% ausmacht. Da Honigbienen stärker von Weissklee als von Rotklee profitieren und die Förderung der Blüte des letzteren die des ersteren auch nicht negativ zu beeinflussen scheint (Abb. 4), wäre die beschriebene Anpassung für Honigbienen sehr wahrscheinlich nicht nachteilig, so dass der Fokus auf die Förderung von Hummeln durch Rotkleeblüten berechtigt scheint.

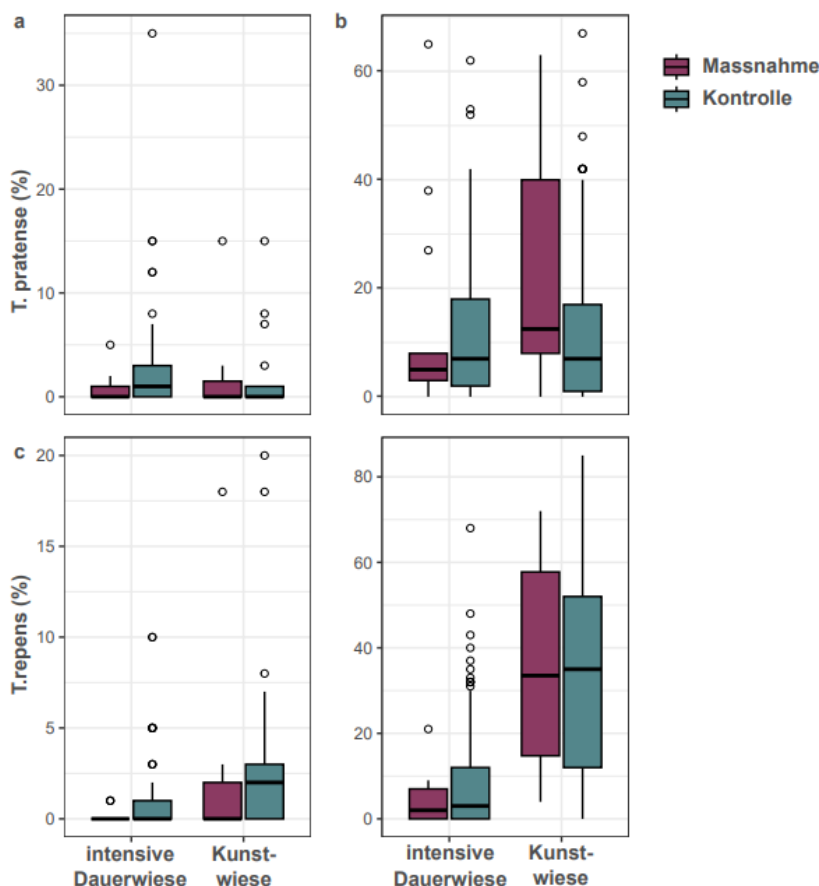


Abb. 4: Deckung mit Rot- und Weissklee in Massnahmen- und Kontrollparzellen. a) Rotklee Ende Juni. b) Rotklee Ende Juli. c) Weissklee Ende Juni. d) Weissklee Ende Juli. Frisch geschnittene Wiesen ohne Blühan- gebot wurden ausgeschlossen.

Diverse Anpassungen beim Schnitt würden die Wirksamkeit der Massnahme zur Bienenförderung zusätzlich steigern. Um die Blüte besser mit der effektiven Nahrungsknappheit zu synchronisieren, sollte der Schnitt auf keinen Fall um den 15. Juni erfolgen, sondern bereits ca. Mitte Mai. Zudem wäre ein verlängertes Schnittintervall von 7 Wochen empfehlenswert, um die Effektivität der Massnahme durch eine verlängerte Rotkleeblüte zu erhöhen (was Hummeln vergleichsweise stärker fördern könnte) wie auch ein zweimaliges Schnittintervall von 7 Wochen (anstatt nur eins) während des Zeitraumes von Mitte Mai bis Mitte August. Auch das versetzte Mähen von Teilflächen oder das Stehenlassen von Streifen wie es im Ressourcen-Projekt «Agriculture et pollinisateurs (Agripoll)»¹ umgesetzt wurde, könnte den Nahrungsverlust durch die Mahd vermindern. Wie wirksam diese Massnahme zur Förderung von Wild- und Honigbienen tatsächlich ist, wurde jedoch noch nicht abschliessend untersucht. Jedoch wurde im Agripoll-Projekt eine negative Wirkung der Mahd mit Mähaufbereitern, u.a. von Kleewiesen, auf die Anzahl an Honigbienen und Wildbienen im Frühsommer gefunden (Hernandez et al. 2023, Pettman et al., in prep., Janine Schwarz, persönliche Kommunikation). Deshalb sollte beim Mähen von blühenden Kleewiesen auf den Einsatz von Mähaufbereitern verzichtet werden und nicht während des Bienenflugs gemäht werden, sondern frühmorgens während der Dämmerung, da Bienen während der Sommermonate abends oft fliegen, bis es dunkel ist. Die Auswirkungen dieser Anpassungen bei der Massnahmenumsetzung auf die Wirksamkeit zur

¹ Vgl. <https://www.prometerre.ch/prestations/projets-et-acquisitions-de-references/agriculture-et-pollinisateurs>

Bienenförderung, sowie der Einfluss eines verlängerten Schnittintervalls auf die Futterqualität, sollten in zukünftigen Studien evaluiert werden.

2. *Wir wissen, ab welchem Flächenanteil in der Landschaft die Massnahme wirkungsvoll den Reproduktionserfolg, die Volksentwicklung und die Gesundheit von **Hummeln** fördern kann.*

Methode

Für den Versuch im Jahr 2021 wurden 30 Standorte in Landschaften mit variablem Anteil an Kleewiesen (von 2.4 bis 29.5 ha) in einem Radius von 500 m ausgesucht. An jedem der Standorte wurden zu Beginn der Trachtlücke (15.06.2021) drei standardisierte Erdhummelvölker (mit jeweils 80 Arbeiterinnen) in einer Massnahmenfläche aufgestellt.

Die Völker verblieben während ca. 7 Wochen an den Standorten und wurden während dieser Zeitspanne zweimal gewogen. Die erste Beurteilung fand nach zwei bis drei Wochen statt; die zweite Beurteilung nach fünf bis sechs Wochen. Am Ende der Versuchszeit (Anfang August) wurde die Zahl der produzierten Jungköniginnen ausgezählt.

Im Radius von 500 m um die Hummelkolonie-Standorte wurden zweimal während der Versuchszeit alle Wiesen mit Kleeblüten kartiert und in jeder der Flächen das Blühangebot von Rot- und Weissklee aufgenommen. Dazu wurden in jeder Wiese drei repräsentative Quadratmeter ausgelegt und die Anzahl der Blütenköpfe beider Kleearten darin gezählt. Die kartierten Flächen wurden anschliessend in ArcGIS Pro digitalisiert und zudem der Flächenanteil an semi-natürlichen Habitaten (SNH) (primär Wald und extensiv genutzte Wiesen) und anderen potenziell relevanten Nahrungsquellen (bienenattraktive Kulturen wie Sonnenblumen) erhoben.

Resultate

Das Blühangebot von Rot- und Weissklee stieg mit zunehmender Gesamtfläche an Kleewiesen in der Landschaft an ($r = 0.80$, $t = 6.95$, $P < 0.001$). Sowohl das Blühangebot als auch der Flächenanteil der Kleewiesen in der Landschaft wirkten sich positiv auf die Anzahl der produzierten Jungköniginnen aus (GL(M)M, Blühangebot: 0.57 ± 0.23 , $\lambda = 6.50$, $P = 0.011$; Flächenanteil: 0.71 ± 0.20 , $\lambda = 11.2$, $P < 0.001$) (Abb. 5). Ebenso hatte der Flächenanteil an Sonnenblumen einen positiven Effekt (0.48 ± 0.17 , $\lambda = 7.29$, $P = 0.007$), wohingegen der Anteil semi-natürlicher Habitate einen negativen Einfluss hatte (-0.34 ± 0.16 , $\lambda = 4.35$, $P < 0.037$) und somit bestätigten, dass Wald und extensive Wiesen in dieser Jahreszeit keine gute Nahrungshabitate darstellen. Das Gewicht der Völker während der Versuchszeit wurde weder von der Kleewiesenfläche in der Landschaft noch von den sonstigen untersuchten Einflussvariablen beeinflusst.

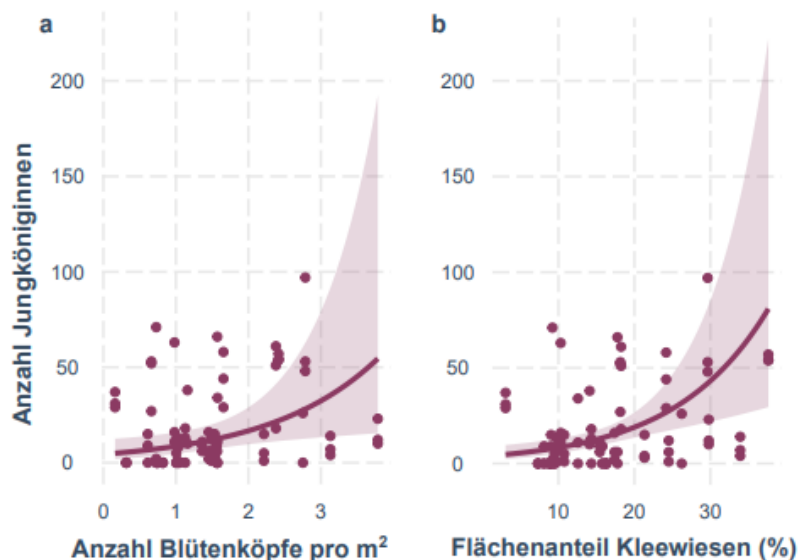


Abb. 5: Zusammenhang zwischen dem Kleenahrungsangebot und der Anzahl produzierter Jungköniginnen. a) Flächenanteil an Kleewiesen in der Landschaft (auf ca. 80 ha). b) Durchschnittlicher Anzahl Blütenköpfe pro Quadratmeter.

Schlussfolgerung zur Lernfrage

Bei der gegenwärtigen Umsetzung der Massnahme konnten die Hummelvölker ab einem Kleewiesen-Flächenanteil von mindestens 20% erfolgreich Jungköniginnen grossziehen. Dieser Flächenanteil ist somit für eine sinnvolle Umsetzung der Massnahme empfehlenswert. Eine massgebliche Erhöhung des Blühangebotes in den Massnahmenflächen durch die vorgeschlagenen Umsetzungsanpassungen zur Steigerung der Effektivität der Massnahme könnte diesen Schwellenwert zudem leicht absenken. Da Kunstwiesen, im Gegensatz zu Buntbrachen oder extensiv genutzten Wiesen und weiteren Biodiversitätsförderflächen, jedoch nur relativ wenigen Wildbienenarten, hauptsächlich Hummelarten, bei der Nahrungssuche besucht werden (siehe Bericht zu Lernfrage 1.2.3), ist ihre Wirkung zur generellen Förderung der Biodiversität (z. B. Pflanzen, verschiedene Insektengruppen, Vögel, Säugetiere usw.) sehr limitiert. Somit kann die Massnahme nicht als gleichwertig zu Buntbrachen, Nützlingsstreifen, extensiv genutzten Wiesen u.a. Biodiversitätsförderflächen betrachtet werden und sollte nicht in Konflikt mit der Umsetzung solcher BFF auf Ackerland gelangen.

2. Wir wissen, ab welchem Flächenanteil in der Landschaft die Massnahme «Kleeblüte in intensivem und mittelintensivem Grünland in der blütenarmen Zeit» wirkungsvoll die Volksentwicklung und Gesundheit von **Honigbienen** fördern kann.

Die Daten der im Anhang 7 detailliert beschriebenen Honigbienen-Studie waren so nicht zu erwarten. Da unwahrscheinlich erschien, dass Kleewiesen, auf denen die Massnahme umgesetzt wurde, direkte nachteilige Effekte haben könnten, wurde die kumulative Brutmenge, also die insgesamt an den Feldstandorten zwischen 1. Juni und 15. August produzierte Anzahl neuer Bienen, mit einer Reihe von Landschaftsparametern im Umfeld der Bienenstände assoziiert. Unabhängig von den Versuchsgruppen wurde tatsächlich ein negativer Trend zwischen dem Brutumsatz einzelner Bienenstöcke und dem Anteil von Kleewiesen innerhalb eines 500 m Radius gefunden ($P = 0.07$). Erweitert man den Radius um die Versuchsstandorte auf einen Kilometer und betrachtet den Anteil des (nicht weiter differenzierbares) Grünlandes, so erklärt dessen Zunahme signifikant die Abnahme des Brutumsatzes ($P = 0.03$). Dazu passt, dass der Anteil an Kleewiesen (im 500 m Radius) stark mit dem Grünlandanteil (im 1 km Radius) korreliert ($P < 0.01$). Im Schnitt betrug der Anteil Kleewiesen im 500 m Radius bei den Kontrollstandorten 11%, bei den Massnahme Standorten 36%, der von Grünland betrug im 1 km Radius 9% bzw. 29%. Zudem spielte weder der Anteil der Waldfläche

in einem 1 km Radius ($P = 0.93$) noch (gemäss Kataster) die Anzahl anderer sich in diesem Radius befindlicher Bienenvölker ($P = 0.96$) eine Rolle. Insofern zeigen die Daten (siehe Anhang 7) im Wesentlichen, dass das Trachtangebot für Honigbienen in weitläufigem Grünland offenbar gering ist. Da der Flugradius eines Honigbienenvolkes im Sommer ohne weiteres 3 km oder sogar mehr betragen kann, können Honigbienen im Gegensatz zu Wildbienen, inklusive vielen Hummelarten mit vergleichsweise begrenztem Flugradius, jedoch auch weiter entfernte Trachtquellen ansteuern, wenn ihnen diese quantitativ und/oder qualitativ lohnenswerter erscheinen. Die auf Volksebene gefundenen Muster (siehe Anhang 7) widerspiegeln somit vermutlich diversen Landschaftsprofilen entsprechende Ressourcenallokationen. Konkrete Landnutzungsprofile wurden im Rahmen dieses Projektes jedoch nicht erhoben.

Schlussfolgerung zur Lernfrage

Da verlängerte Schnittintervalle das Blühangebot des für die Honigbienen attraktiven Weissklees nicht erhöhen konnte, erscheint eine konkrete Angabe zur Flächenanteilen der Massnahme für Honigbienen nicht sinnvoll. Welches die für Honigbienen tatsächlich interessanten Landschaften sind, oder inwiefern die Volksentwicklung noch nachteiliger beeinflusst wird, wenn der Kleewiesenanteil im Grünland proportional reduziert würde, kann nicht beantwortet werden.

3. *Wir wissen, wie die Massnahme umgesetzt werden kann, damit sie hilft, den negativen Einfluss von Krankheiten auf die Gesundheit von **Hummeln** zu reduzieren.*

Während beider Versuchsjahre wurden in der zweiten Hälfte der Versuchszeit jeweils fünf Arbeiterinnen pro Volk abgefangen und anschliessend auf die Parasitierung mit *Crithidia bombi* untersucht. Der Darmparasit *C. bombi* ist eine verbreitete Krankheit bei Hummeln und kann das Volkswachstum und die Fertilität der Königin negativ beeinflussen (Brown et al., 2003; Goulson et al., 2018; Yourth et al., 2008), jedoch kann der Befall durch bestimmte Nahrungspflanzen wie z. B. Sonnenblumen gesenkt werden (LoCascio et al., 2019). Mit der durchgeführten Quantifizierung des Befalls durch diesen Parasiten sollte untersucht werden, ob sich ein gutes Kleenahrungsangebot positiv auf die Resistenz und Resilienz der Völker gegenüber dem *C. bombi* auswirkt, und somit die Hummelgesundheit fördern kann. Dazu wurde der Darm der abgefangenen Arbeiterinnen isoliert und seziiert und anschliessend die Parasitierung mit *C. bombi* unter dem Lichtmikroskop erhoben. Da jedoch im Jahr 2021 nur 3 der 90 untersuchten Völker und im Jahr 2022 nur 5 der 60 untersuchten Völker mit *C. bombi* infiziert waren, konnte der Einfluss des Kleeangebots auf den Parasitierungsverlauf leider nicht beurteilt werden.

3. *Wir wissen, wie die Massnahme umgesetzt werden kann, damit sie hilft, den negativen Einfluss von Krankheiten auf die Gesundheit von **Honigbienen** zu reduzieren.*

Bei keinem der Honigbienenvölker wurden meldepflichtige Krankheiten festgestellt und an keinem der Standorte gab es Anzeichen für anderweitig problematische Erkrankungen. Auch der Varroa-befall war dank entsprechender Massnahmen (gemäss Bienengesundheitsdienst) während des ganzen Versuchs unkritisch. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass der geringere Brutumfang und die kleineren Arbeiterinnenpopulationen an den Massnahmestandorten nicht in Zusammenhang mit Krankheiten stehen (siehe Anhang 7), sondern, wie oben dargestellt, das Ergebnis einer gewissen Ressourcenallokation durch aufwendigere Nahrungsbeschaffung und vergleichsweise höhere Flugbienenverluste sind. Der direkte Standortvergleich erlaubte somit keine Beurteilung, was jedoch erfreulich bei allgemein guter Bienengesundheit ist. Die insgesamt vergleichsweise stark verbesserte Situation der Bienengesundheit über die letzten, das Projekt einschliessenden Jahre (etwa in Bezug auf den Kanton Solothurn), lässt jedoch den Schluss zu, dass die Massnahmen ihren Beitrag hierzu geleistet haben könnten. Da die in der endgültigen Empfehlung vorgeschlagenen Änderungen bei der Massnahmenumsetzung höchstwahrscheinlich indifferent für Honigbienen sein dürften (aber etwa Hummeln noch grösseren Nutzen bringen sollten), ist nicht davon auszugehen, dass sich am positiven Gesundheitstrend der Honigbienen im Kanton Aargau etwas ändert.

1.2.2 Lernziel: Anlage von Sandhaufen zur Förderung von bodennistenden Wildbienen: Synthese Praxiswissen und Leitfaden

Der grösste Teil der nestbauenden (nicht parasitisch lebenden) Wildbienenarten bauen ihre Nester im Boden, bevorzugt an Stellen mit offenem Boden oder geringer Vegetationsdeckung (Albrecht et al. 2023). Etwa ein Drittel der bodennistenden Wildbienenarten scheinen sandigen Boden zu bevorzugen (Cane 2003; Zurbuchen & Müller 2012). Das Ziel der Massnahme «Anlage von Sandhaufen» ist, solchen bodennistenden Wildbienen durch die Anlage von Sandhaufen auf den Betrieben geeignete Nistlebensräume zur Verfügung zu stellen und ihre Populationen dadurch zu fördern.

Folgende Teillernfragen standen im Fokus der Untersuchungen:

1. *Wir wissen, wie Sandhaufen angelegt und gepflegt werden müssen, damit sie effektiv bodennistende Wildbienen fördern.*
2. *Wir wissen, wie sich ihre Effektivität über die Jahre nach der Anlage entwickelt.*
3. *Wir kennen die Faktoren, welche entscheidend für die Wirksamkeit der Massnahme sind und wie sie durch geeignete Anlage und Bewirtschaftung optimiert werden kann.*
4. *Landwirt/-innen steht ein Praxisleitfaden zur Verfügung zur Anlage und Pflege von Sandhaufen.*

Methode

Zur Beantwortung dieser Lernfragen im Rahmen der Wirkungskontrolle des Projekts hat Agroscope in diesem Modul das Potential von Sandhaufen zur Förderung von bodennistenden Wildbienen auf 16 Betrieben, welche diese im Rahmen der Massnahme «Anlage von Sandhaufen» umgesetzt haben, beurteilt. Die Wirkung der Massnahme und praxisrelevante mögliche Einflussfaktoren für die Wirksamkeit und Qualität der Sandhaufen als Nistlebensräume für bodennistende Wildbienen wurden für insgesamt 32 Sandhaufen (2 pro Betrieb) in den ersten zwei Jahren nach ihrer Anlage untersucht, sowie bei 12 dieser Sandhaufen nochmals nach fünf Jahren nach der Anlage.

Auf jedem Betrieb wurden je zwei Sandhaufen untersucht, von denen einer mit dem Pressluft-stampfer verdichtet wurde, der andere Sandhaufen wurde unverdichtet belassen. In den ersten beiden Jahren nach der Anlage der Sandhaufen wurde (i) die Besiedlung durch bodennistende Wildbienen während den Monaten April bis Juni (jeweils eine Beprobung pro Monat) erhoben und die Anzahl der angelegten Nester quantifiziert (Ullmann 2020; Tschanz et al. 2023), (ii) Bodenproben zur Bestimmung der Dichte und der Bodentextur (Anteil Sand, Schluff und Ton) entnommen (Tschanz et al. 2023), sowie (iii) die Vegetationsdeckung in Quadratflächen (0.5 m x 0.5 m) um die angelegten Nester und an Stellen der Sandhaufen ohne Nester geschätzt. Zur Einschätzung der Wirksamkeit der Massnahme im Vergleich zu Kontrollflächen ohne Sandhaufen wurde die Zahl der Nester auf den Sandhaufen mit jener in nahegelegenen Wiesenflächen gleicher Grösse verglichen. Wiesenflächen wurden als Kontrollflächen ausgesucht, weil fast alle Sandhaufen auf Wiesenflächen angelegt wurden. Zudem wurde 5 Jahre nach der Etablierung für 12 dieser untersuchten Sandhaufen die Zahl der Nester erneut gezählt (einmalig im April), um die mittelfristige Entwicklung von Einflussfaktoren wie der Vegetationsbedeckung und von der Besiedlung der Sandhaufen durch Wildbienen, abschätzen zu können.

Resultate

Sandhaufen, die an flachen und nicht beschatteten Lagen mit südlicher oder östlicher Exposition angelegt wurden, wiesen mehr Nester auf als solche, die an nördlich exponierten Stellen angelegt wurden. Die Zahl der gebauten Nester war zwei Jahre nach der Anlage der Sandhaufen höher als nach einem Jahr (Abb. 6). In den Kontrollflächen in Wiesen wurden hingegen keine Nester bodennistender Wildbienen gefunden. Die Besiedlungswahrscheinlichkeit der Sandhaufen nahm im ersten Versuchsjahr mit dem Sandanteil der Bodentextur zu (GLMM: $\lambda = 12.2$, $P < 0.001$) (Abb. 7). Es

konnte zudem beobachtet werden, dass gewaschener Sand (ohne gewisse Anteile an Bodenmaterial mit noch feinerer Körnung (Schluff, Ton)) nicht gut von den Bienen angenommen wurde. Zudem stieg die Besiedlung unabhängig des Versuchsjahres mit dem Deckungsgrad offener Bodenfläche (ohne Vegetation) (GLMM: $\lambda = 52.1$, $P < 0.001$) (Abb. 7) und tendierte durch eine mechanische Komprimierung der Sandhaufen erhöht zu werden (GLMM: $\lambda = 3.3$, $P = 0.071$) (Abb. 7).

Nebst diesen lokalen Faktoren wurde die Besiedlung der Sandhaufen auch durch die umgebende Landschaft im Radius von 250 m beeinflusst. Das Vorkommen von Blühelementen im Ackerland (Buntbrachen, Rotationsbrachen oder Blühstreifen) wirkten sich unabhängig des Versuchsjahres positiv auf die Besiedlungswahrscheinlichkeit aus (GLMM: $\lambda = 4.9$, $P = 0.027$), wohingegen ein grosser Flächenanteil extensiv genutzter Wiesen nur im ersten Jahr die Besiedlungswahrscheinlichkeit erhöhte (GLMM: $\lambda = 10.6$, $P < 0.001$), aber im zweiten Jahr keinen Einfluss mehr hatten. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass in extensiv genutzten Wiesen bereits genügend Nistmöglichkeiten für Wildbienen vorhanden waren und diese somit weniger stark profitierten von den Sandhaufen in Landschaften mit einem hohen Flächenanteil extensiver Wiesen (Abb. 8).

Fünf Jahre nach der Anlage der Sandhaufen konnte insgesamt nur noch an 6 der 12 untersuchten Standorte Bienenester gefunden werden (42 Nester), wohingegen nach dem ersten Jahr 10 der 12 Standorte Bienenester beherbergten (97 Nester) (GLM: $\lambda = 3.1$, $P = 0.078$) (Abb. 9). Viele der Sandhaufen waren nach fünf Jahren stark überwachsen und hatten sich auffällig abgetragen, beziehungsweise ausgeflacht (Abb. 10).

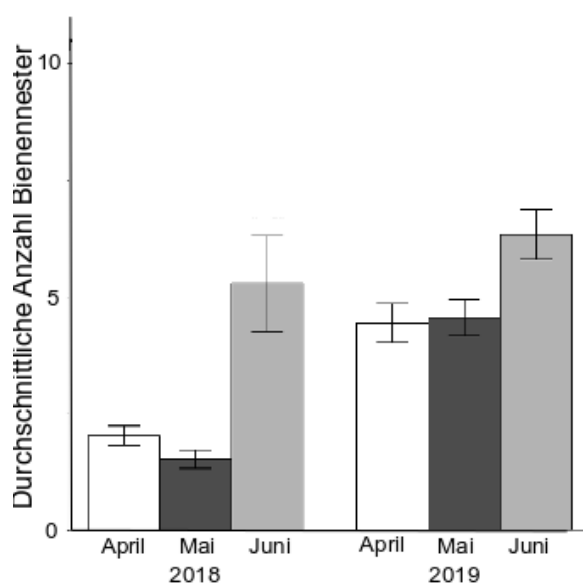


Abb. 6: Durchschnittliche Anzahl Bienenester in den Monaten April, Mai und Juni ein Jahr nach der Anlage der Sandhaufen (2018) und zwei Jahre nach der Anlage (2019).

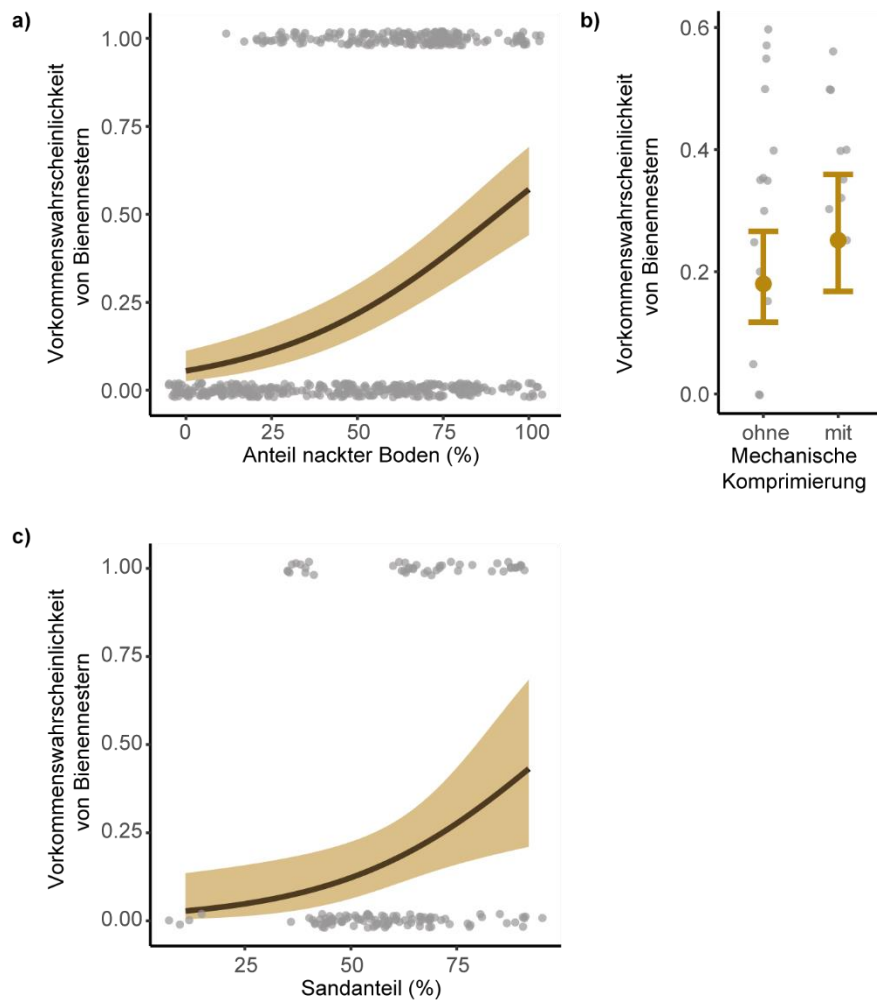


Abb. 7: Wahrscheinlichkeit der Besiedlung der Sandhaufen in Abhängigkeit lokaler Faktoren. a) Prozentualer Anteil mit offenem Boden (ohne Vegetationsdeckung). b) Mechanische Komprimierung. c) Prozentualer Sandanteil.

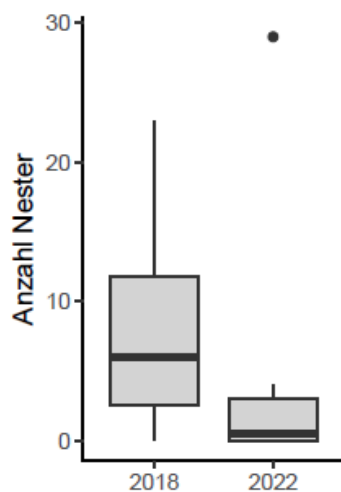


Abb. 8: Anzahl Nester auf 12 Sandhaufen im April 2018 und 2022.

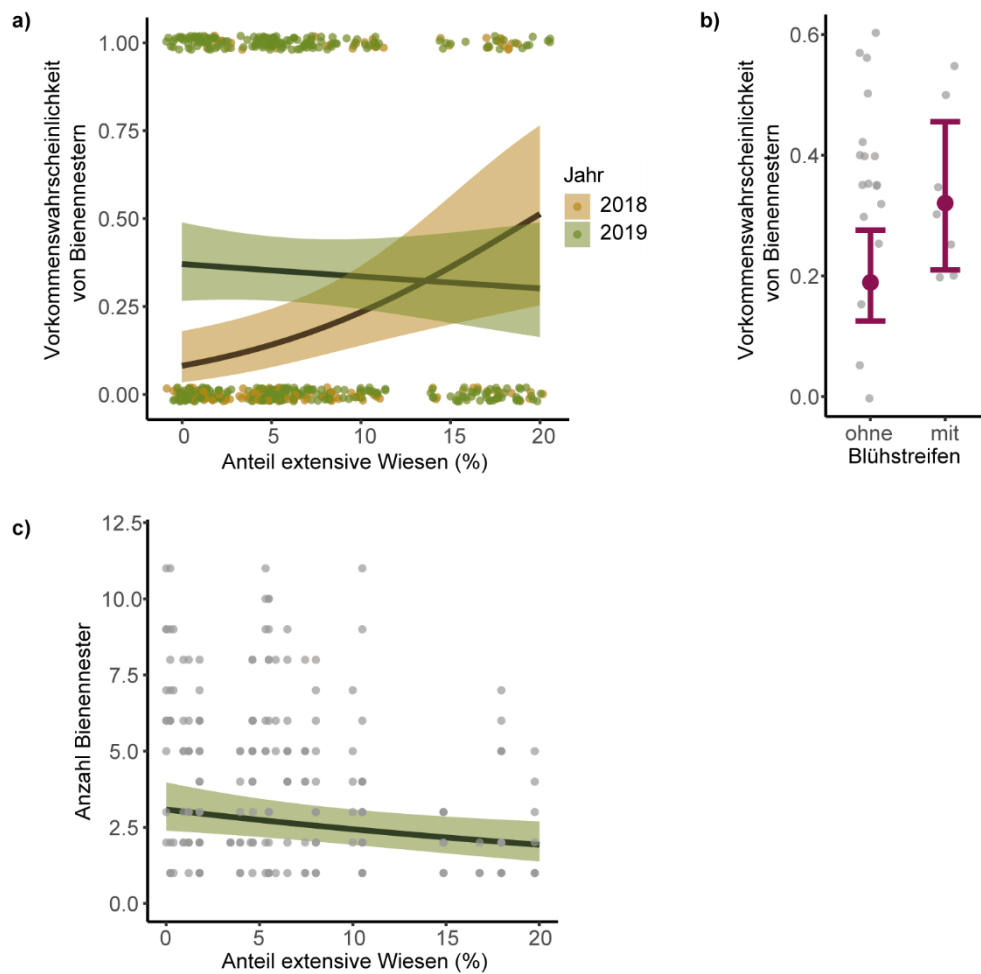


Abb. 9: Einfluss der Landschaft im Radius von 250 m auf die Besiedlung der Sandhaufen. a) Vorkommenswahrscheinlichkeit von Bienennestern in Abhängigkeit des Anteils mit extensiv genutzten Wiesen und b) in Landschaften mit und ohne Blühelemente im Ackerland. c) Anzahl Bienennester in Abhängigkeit des Anteils extensiv genutzter Wiesen.



Abb. 10: Sandhaufen aus dem Projekt bienenfreundliche Landwirtschaft im Kanton Aargau. a) und b) ein Jahr nach der Anlage der Sandhaufen (2018). c) und d) fünf Jahre nach der Anlage der Haufen (2022)

Allgemeine Schlussfolgerung

Wir kommen zu dem Schluss, dass die Anlage von Sandhaufen grundsätzlich eine wirksame Massnahme zur Förderung bodennistender Wildbienen in Agrarlandschaften ist. Die Sandhaufen wurden von bodennistenden Bienen erfolgreich als Nisthabitat angenommen und können somit insbesondere in Landschaften, welche wenig natürliches Nisthabitat bereitstellt (z.B. intensives Ackerbaugelände, intensiv genutztes Dauergrünland oder feuchte extensiv genutzte Wiesen; siehe auch Lernziel 1.2.3), einen wertvollen Beitrag zur Förderung bodennistender Bienen leisten. Da im Rahmen dieser Wirkungskontrolle keine Artbestimmung der nistenden Bienen durchgeführt wurde, sind zurzeit keine Schlussfolgerungen bezüglich des Nutzens zur Förderung von gefährdeten Rote-Liste Arten oder von besonders wichtigen Bestäubern von landwirtschaftlichen Kulturen möglich.

Schlussfolgerungen zu den Lernfragen

1. *Wir wissen wie Sand- und Erdhaufen angelegt und gepflegt werden müssen damit sie effektiv bodennistende Wildbienen fördern.*
2. *Wir kennen die Faktoren, welche entscheidend für die Wirksamkeit der Massnahme sind und wie sie durch geeignete Anlage und Bewirtschaftung optimiert werden kann.*

Um eine hohe Besiedlung zu erreichen, sollten die Sandhaufen ausschliesslich an sonnigen, und wenn möglich an südexponierten oder flachen Stellen positioniert werden, in deren direkter Umgebung beziehungsweise innerhalb weniger hundert Meter ein reichhaltiges Blühangebot (z. B. in Biodiversitätsförderflächen wie Brachen und Blühstreifen oder extensiv genutzte Wiesen) vorkommt. Der geringere positive Effekt der Sandhaufen in Landschaften mit viel extensiv genutzter Wiesen während des zweiten Jahres deutet zudem darauf hin, dass in solchen Landschaften das Angebot an Nisthabitat weniger limitierend ist für Wildbienen (Albrecht et al. 2023) und einige Arten, welche üblicherweise in den extensiven Wiesen nisten, auch die Sandhaufen nutzen (siehe auch Lernziel 1.2.3). Sandhaufen in der Nähe von Blühelementen im Ackerbaugelände stellen hingegen einen besonderen Mehrwert dar, da erste Untersuchungen darauf hinweisen, dass solche Blühelemente (z. B. Buntbrachen) nicht sehr wertvolle Nisthabitate für bodennistende Wildbienen darstellen (Stöckli 2021; siehe auch Lernfrage 1.2.3).

Unsere Ergebnisse zeigen zwar, dass eine mechanische Verdichtung der Sandhaufen die Besiedlung durch bodennistende Wildbienen erhöhen kann, jedoch für eine gute Wirkung primär das verwendete Material und das geringe Überwachsen der Sandhaufen durch Vegetation deren Effektivität massgeblich beeinflussen. Für die Anlage der Sandhaufen sollte deshalb möglichst Material mit einem hohen Anteil an feinem und ungewaschenem Sand ohne Kiesanteile verwendet werden. Da die Bienen auf freien Boden angewiesen sind, sollte die Spontanflora und das Moos auf den Haufen regelmässig entfernt werden. Damit die Bienen nicht beim Nisten gestört werden und die Bienenester weder durch Werkzeug noch durch das Entfernen tiefreichender Wurzeln beschädigt werden, sollte das Unkraut in einem möglichst jungen Stadium vorsichtig von Hand entfernt werden. Insbesondere die Vegetationsruhe bietet sich für die Pflege der Sandhaufen an, da die Bienen dann nicht beim Nisten gestört werden können.

3. *Wir wissen, wie sich ihre Effektivität über die Jahre nach der Anlage entwickelt.*

Sandhaufen werden bereits im ersten Jahr nach ihrer Anlage durch bodennistende Wildbienen besiedelt. Die Anzahl Nester nimmt im Folgejahr jedoch nochmals markant zu. Im fünften Jahr nachdem die Sandhaufen angelegt wurden, waren jedoch bei wesentlich weniger Nester vorhanden. Diese Daten deuten darauf hin, dass die Haufen nach spätestens fünf Jahren ersetzt werden sollten. Im besten Falle indem neben den abgenutzten Haufen neue angelegt werden, um noch vorhandene Nester nicht zu zerstören. Möglicherweise könnte die Nutzungsdauer der Sandhaufen durch einen optimalen Unterhalt verlängert werden. Eine Auswertung des Unterhalts und dessen Auswirkungen auf

die Wirksamkeit der Massnahme waren im Projekt jedoch nicht vorgesehen. Die vorläufigen Resultate deuten jedoch darauf hin, dass Unterhalt der Sandhaufen wichtig ist, um die Wirksamkeit zu optimieren.

4. Landwirt/-innen steht ein Praxisleitfaden zur Verfügung zur Anlage und Pflege von Sand- und Erdhaufen.

Der Leitfaden wurde aufgrund der Erkenntnisse aus der Wirkungskontrolle des Projektes und weiteren Erkenntnissen aus der existierenden Literatur und Erfahrungen aus anderen Projekten erstellt. Er wird demnächst von Agroscope als Merkblatt publiziert.

1.2.3 Lernziel: Untersuchung der Effekte von Massnahmen, einzeln und zusammen, auf die Populationsentwicklung von Wildbienen auf der Landschaftsebene

Die Massnahme «Buntbrache mit erweitertem Blütenangebot» bietet vielen Wildbienenarten wertvolle Nahrungsressourcen während der Sommermonate. Für die praktische Umsetzung und Optimierung der Wirksamkeit von Massnahmen zur Wildbienenförderung ist es darüber hinaus zentral zu wissen, inwiefern eine Kombination mit anderen Massnahmen in der Landschaft zur Wirksamkeitssteigerung beitragen kann. Positive Wechselwirkungen können einerseits durch eine Komplementarität der Nahrungsqualität durch unterschiedliche Blütenpflanzenarten oder eine zeitliche Komplementarität der Blütezeit erreicht werden (Eckerter et al., 2022; Maurer et al., 2022; Sutter et al., 2017; von Königslöw et al., 2022). Andererseits könnten Massnahmen auch als Nisthabitate dienen und sich somit in ihrer Funktion als Nist- und Nahrungshabitat ergänzen (Williams & Kremen, 2007). Durch solche Komplementaritäten könnten sich Massnahmen in ihrer positiven Wirkung auf Wildbienen gegenseitig verstärken.

Wildbienen tragen nebst Honigbienen massgeblich zur Bestäubung von bestäubungsabhängigen Kulturen wie z. B. Ackerbohnen bei (Garibaldi et al., 2013; Kleijn et al., 2015) und sind somit für die Landwirtschaft von grossem Interesse, um Erträge in bestäuberabhängigen Kulturen zu sichern (Sutter et al., 2018). Um die Bestäubungsleistung in Kulturflächen zu erhöhen, ist eine Förderung von Wildbienenpopulationen auf Landschaftsebene essenziell. Ziel dieses Teilprojekts war somit die Einzelwirkung von mehrjährigen Massnahmen zur Förderung von Wildbienenpopulationen sowie deren Wechselwirkung auf die Wildbienenabundanz und -diversität zu untersuchen. Dazu wurden nebst den Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot extensiv genutzte Wiesen als wichtige mehrjährige Biodiversitätsförderfläche ausgewählt. Diese bieten ein potenzielles Nisthabitat für boden-nistende Wildbienenarten (Albrecht et al., 2023) und stellen ausserdem ein für Bienen wichtiges Nahrungsangebot bereit. Durch den Schnitt der extensiven Wiesen Mitte Juni entsteht jedoch in den Agrarlandschaften des Schweizer Mittellandes während der Sommermonate eine Nahrungsknappheit. In dieser könnten Buntbrachen, welche viele spätblühende Pflanzenarten enthalten, eine wertvolle komplementäre Nahrungsressource darstellen und so durch eine räumliche Kombination innerhalb von Landschaften besonders effektiv zur Förderung von Wildbienenpopulationen und der Wildbienenendiversität beitragen.

Folgende Lernfragen standen im Fokus der Untersuchungen:

1. *Wir wissen, welche der häufig umgesetzten Massnahmen und Kombinationen von Massnahmen Populationen von Wildbienen in Agrarlandschaften längerfristig fördern können.*
2. *Wir wissen, in welchem Ausmass die häufig umgesetzten Massnahmen effektiv zur Verbesserung des Nahrungsangebots, bzw. der Nistmöglichkeiten beitragen, und wie die Kombination von Massnahmen möglichst wirkungsvoll Blüh- und Nistangebot fördern können.*
3. *Wir können konkrete Praxisempfehlungen machen zur Kombination von Massnahmen zur Bienenförderung und deren räumlichen Anordnung in der Landschaft.*
4. *Wir können Praxisempfehlungen machen, in welchen Landschaften bzw. wo auf dem Betrieb (entsprechend der vorhanden Landnutzung und Ausstattung der Landschaft) welche Massnahmen besonders wirkungsvoll sind, um Populationen von Wildbienen möglichst wirkungsvoll zu fördern.*
5. *Wir haben ein verbessertes Verständnis der relativen Eignung verschiedener Fördermassnahmen im Vergleich zueinander und können konkrete Empfehlungen machen welche Massnahmen sich zur Förderung von verschiedenen Gruppen von Wildbienen besser eignen als andere.*

Methode

Standortauswahl und Landschaftsbeurteilung

Mittels einer kürzlich entwickelten Methode (Kleijn et al., 2018) kann untersucht werden, wie sich die lokalen Massnahmen auf die Populationen verschiedener Wildbienenarten (inklusive Hummeln) auf der Landschaftsebene auswirken. Dadurch wird ersichtlich, ob die Massnahmen nur lokal (innerhalb der Massnahme) die Bienendiversität und -abundanz erhöhen, oder aber auch Kulturlächen davon profitieren. Es werden dazu in sämtlichen relevanten Habitaten einer Landschaft (z. B. Massnahmen, Kulturlächen etc.) die Blütenbesuche einzelner Bienenarten erhoben und die Nester bodennistender Bienen quantifiziert. Diese Erhebung ermöglichen eine Beurteilung der Flächen als Nahrungs- und Nisthabitate.

Es wurden 14 Landschaften mit einer Buntbrache mit erweitertem Blütenangebot im Zentrum und 14 Landschaften ohne solche Brachen untersucht. In beiden Behandlungsgruppen wiesen die Landschaften einen vergleichbaren Gradienten eines zunehmenden Flächenanteils an extensiv genutzten Wiesen zwischen 0 und ca. 15% auf. Um einen längerfristigen Einfluss auf die Wildbienenpopulationen untersuchen zu können, wurden ausschliesslich Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot gewählt, die seit mindestens 4 Jahren bestanden. Bei der Behandlung ohne Brache wurde ein zufällig ausgewähltes Ackerfeld als Landschaftszentrum gewählt. Um jedes dieser zentralen Untersuchungsfelder wurde eine Pufferzone von 150 m und 300 m (gemessen vom Rand des zentralen Feldes) markiert, als Grundlage für die Untersuchungen der räumlichen Anordnung und Wirkung auf Landschaftsebene (siehe detaillierte Beschreibung Methodik unten).

Innerhalb jeder Pufferzone wurden in den folgenden für Bienen relevanten Lebensräumen begutachtet: extensiv genutzte Wiesen, intensiv genutzte Wiesen (Dauergrünland oder Kunstwiesen), Buntbrachen, Blühstreifen und blühende, bienenattraktive Ackerkulturen (Sonnenblumen und Ackerbohnen). Einerseits wurden die Erhebungen im intensiv bewirtschafteten Grünland, den Ackerkulturen und den Blühstreifen zur Vorhersage der Wirksamkeit ausserhalb der Massnahmeflächen benötigt, zum anderen dienten die intensiven Wiesen als Kontrollfläche zur Evaluation der Massnahmenqualität als Nahrungs- und Nisthabitate. Es fanden zwei Erhebungsrunden statt; eine vor dem Schnitt der extensiven Wiesen am 15. Juni, und eine danach (Anfang Juli). Alle Parzellen in der Landschaft wurden begutachtet und das Blühangebot aufgenommen (Blüten vorhanden: ja oder nein). Innerhalb jedes Lebensraums wurden zudem mehrere Transekte platziert und die blütenbesuchenden Bienen, die Nester bodennistender Arten sowie das Blühangebot der Nahrungspflanzen aufgenommen

(siehe unten für genauere Beschreibung der Methodik). Die kartierten Flächen wurden anschliessend in ArcGIS Pro digitalisiert und zudem die Landschaftszusammensetzung in einem Radius von 1 km erhoben.

Ursprünglich war in diesem Teilprojekt geplant, die interaktive Wirkung einer Kombination der beiden Massnahmen «Buntbrache mit erweitertem Blütenangebot» und «Anlage von Sandhaufen» zur Förderung von Nistmöglichkeiten für bodennistenden Wildbienen zu untersuchen. Aufgrund der räumlichen Verteilung der beiden Massnahmen im Kanton Aargau war dies jedoch nicht möglich. Deshalb erhoben wir stattdessen die Wirkung der Sandhaufen zur Förderung von bodennistenden Wildbienen in Wechselwirkung mit extensiv genutzten Wiesen und Blühelementen im Ackerland (siehe 1.2.2 Anlage von Sandhaufen zur Förderung von bodennistenden Wildbienen).

Erhebung der blütenbesuchenden Bienen

Um die Wildbienenabundanz und Artenvielfalt in den einzelnen Habitaten zu erheben sowie die besuchten Blütenpflanzen aufzunehmen, wurden während der beiden Standort-Begutachtungen Transekte in Flächen mit bienenattraktiven Blüten begangen. Bei Habitaten mit heterogener Blütendeckung (Wiesen, Bracheflächen usw.) wurden 8 Transektbegehungen pro Lebensraum durchgeführt - 4 in der inneren Pufferzone (0 bis 150 m) und 4 in der äusseren Pufferzone (150 bis 300 m). Bei Lebensräumen mit homogener Blütendeckung (Ackerflächen wie Sonnenblumen) wurden 4 Transektbegehungen pro Lebensraum durchgeführt - 2 in der inneren Pufferzone (0 bis 150 m) und 2 in der äusseren Pufferzone (150 bis 300 m).

Pro Habitat und Pufferzone wurden die Transekte nach dem Zufallsprinzip auf die verfügbaren Parzellen verteilt (z. B. 3 in einer grösseren und 1 in einer kleineren Parzelle). Innerhalb der Parzellen wurden die Transekte an einer für den Lebensraum repräsentativen Stellen platziert. Die Transekt-Untersuchungsflächen hatten eine Länge von 40 m und eine Breite von 2 m und wurden in 4.5 Minuten in gleichmässigem Tempo abgegangen. Für jeden Transekt wurden die Startkoordinaten sowie die Tageszeit, die Temperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und UV-Strahlung notiert. Während dieser Transektbegehungen wurde jede Biene auf einer Blüte sowie die entsprechende Pflanzenart erfasst. Alle im Feld nicht auf Artniveau identifizierbaren Bienen wurden mit einem Kescher gefangen und später gepinnt und taxonomisch bestimmt. Insgesamt wurden 534 Transekte begangen sowie 2'693 Blütenbesuche durch Wildbienen und 542 durch Honigbienen dokumentiert.

Erhebung der Nester bodennistender Wildbienen

Die Anzahl der Nester bodenbrütender Wildbienen wurde in extensiven Wiesen und in Buntbrachen erhoben, zudem dienten intensive Wiesen als Kontrollflächen. Innerhalb jedes begangenen Transekts in diesen Lebensräumen wurde ein Quadratmeter an einer Stelle mit hohem Anteil an offener Bodenfläche (nicht mit Vegetation bedeckter Boden gilt als guter Standorte für Bodennester; Antoine & Forrest, 2021; Harmon-Threatt, 2020; Tschanz et al., 2023) und ein Quadratmeter an einer Stelle mit niedriger Deckung platziert. Innerhalb jedes Quadratmeters wurden alle Bienenester gemäss Tschanz et al. (2023) gezählt und die durchschnittliche Deckung mit offener Bodenfläche geschätzt.

Blütenangebot und -vielfalt

Zur Schätzung der Blütenbedeckung jeder beprobten Fläche wurde ein Quadratmeter innerhalb jedes der Transekte (an einer repräsentativen Stelle) angelegt und für alle blühenden, entomophilen Pflanzen wurden die Blüten (resp. Blütenköpfe) gezählt. Zusätzlich wurde für jede Pflanzenart die prozentuale Deckung mit Blüten auf der gesamten Transektfläche geschätzt.

Resultate

Qualität von Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot und extensiv genutzten Wiesen als Lebensraum für Wildbienen

Die Häufigkeit und Artenvielfalt der Wildbienen war im Juni sowohl in den extensiven Wiesen als auch in den Buntbrachen höher als in intensiv genutzten Wiesen (Abb. 11a-b), wohingegen die Werte der extensiv genutzten Wiesen nach dem Schnitt auf dem Niveau von intensiven Wiesen zu liegen kamen. Dieses Muster widerspiegelt die Entwicklung des Blütenangebots und der Blütendiversität: 79% der extensiv genutzten Wiesen offerierten vor dem Schnitt Mitte Juni ein Blühangebot, wohingegen nach ungefähr drei bis vier Wochen ohne Blüten 61% wieder zur Blüte im Juli kamen. Das Blühangebot der extensiv genutzten Wiesen war nach deren Schnitt dann stark vermindert im Vergleich zu den anderen beiden Lebensräumen, jedoch bei nach wie vor hoher Diversität (Abb. 11c-d). Buntbrachen mit erweitertem Blühangebot offerierten hingegen während der ganzen Versuchsperiode Blüten und stellten Anfang Juni, vor dem Schnitt der extensiv genutzten Wiesen, bereits ein vergleichbares Blühangebot bereit, wie die extensiv genutzten Wiesen (Abb. 11c), jedoch mit einer geringeren Blütendiversität (Abb. 11d). Intensiv genutzte Wiesen hatten durchgehend einen hohen Anteil von Flächen ohne Blühangebot mit 57% im Juni und 52% im Juli. Das Blühangebot in blühenden Wiesen war zwar teilweise hoch, jedoch mit geringer Artenvielfalt (Abb. 11c und d). Die extensiv genutzten Wiesen erwiesen sich zudem über den gesamten untersuchten Zeitraum als bestes Nisthabitat (Abb. 1e) und hatten mehr nackten Boden als die anderen beiden Lebensräume (Abb. 11f).

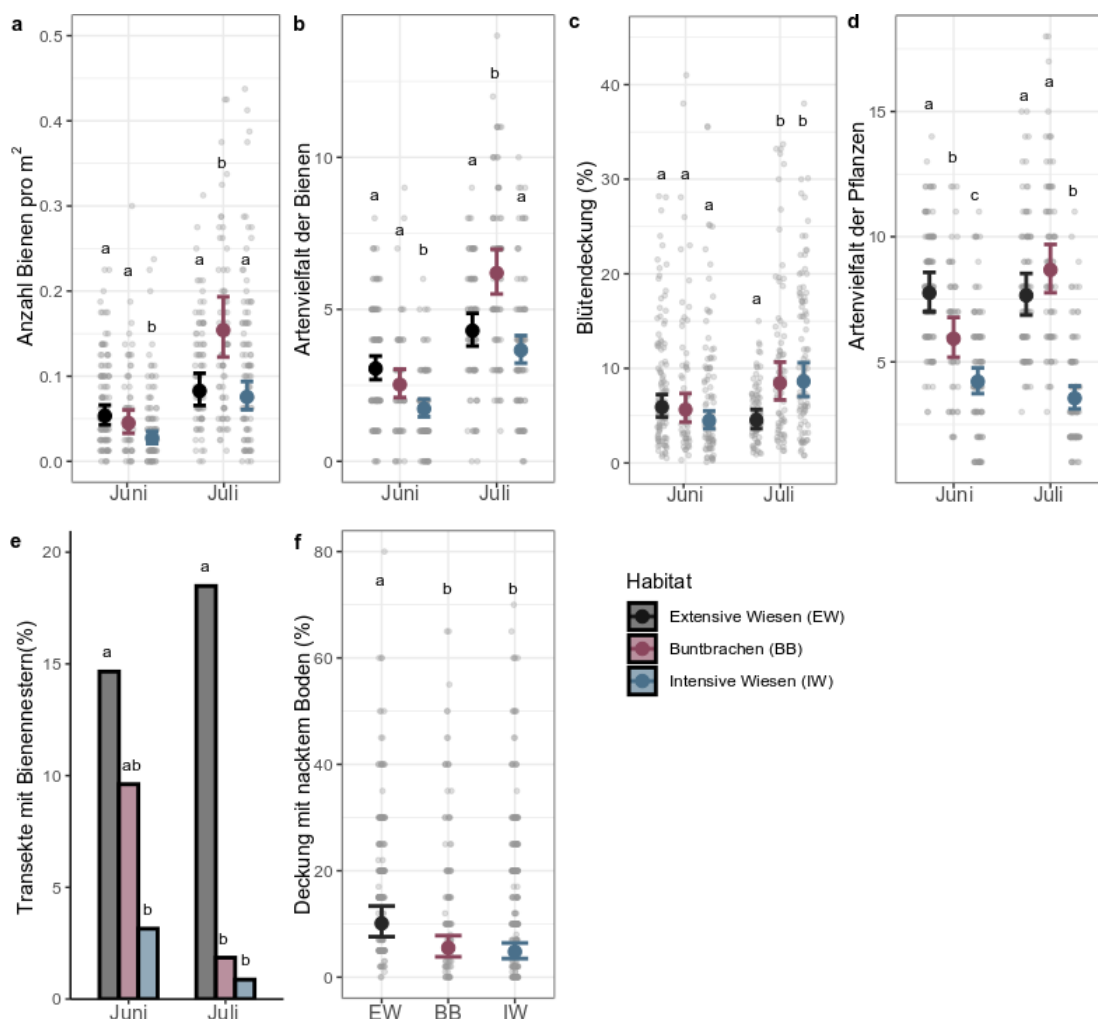


Abb. 11: Qualität von extensiven Wiesen, Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot und intensiven Wiesen als Lebensräume für Wildbienen. a) Anzahl Wildbienen, b) Artenzahl der Wildbienen, c) Blütenangebot, d) Blütendiversität, e) Häufigkeit von Nestern von bodennistenden Wildbienen, f) Anteil offene Bodenfläche.

Wechselwirkung zwischen den beiden Fördermassnahmen

Die Einbettung von Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot in Agrarlandschaften mit einem hohen Anteil extensiv genutzter Wiesen förderte die Häufigkeit von Wildbienen synergistisch, d.h. es gab eine positive Interaktion zwischen den beiden Massnahme-Typen, welche über die Summe der Wirkung der Einzelmassnahmen hinausging ($F = 5.0$, $P = 0.035$) (Abb. 12a). Während bei einem 15% Flächenanteil von extensiv genutzten Wiesen die Anlage einer Buntbrache mit erweitertem Blütenangebot die Anzahl Wildbienen um 140% (Faktor 2.4) erhöhte, hatten sie in Landschaften ohne extensive Wiesen keinen positiven Effekt auf die Anzahl Wildbienen der gesamten Landschaft (Bienen insgesamt in allen beprobten wichtigen offenen Bienen-Lebensraumtypen zusammen). Bei der Artenvielfalt wurde jedoch eine antagonistische Interaktion gefunden, sprich bei einem hohen Flächenanteil extensiv genutzter Wiesen in der Landschaft vermochten die Buntbrachen weniger zusätzliche Arten in die Landschaft (über alle Lebensräume hinweg) beizutragen ($\lambda = 6.60$, $P = 0.010$) (Abb. 12b). In Landschaften ohne extensiv genutzte Wiesen hingegen nahm die Artenvielfalt um 250% zu, wenn eine Buntbrache mit erweitertem Blütenangebot angelegt wurde in der Landschaft (Faktor 3.5).

Ähnliche Zusammenhänge wurden auch für wichtige Bestäuberarten von Kulturpflanzen nachgewiesen, welche die Artgemeinschaften in den Agrarlandschaften dominierten und den grössten Anteil der Bienen umfassten. Ihre Abundanz wurde ebenfalls durch eine synergistische Interaktion zwischen Buntbrachen und dem Anteil extensiv genutzter Wiesen gefördert ($F = 9.2$, $P = 0.006$) (Abb. 13a). Die Artenvielfalt nahm hingegen additiv zu, sprich sowohl Buntbrachen als auch der Flächenanteil extensiv genutzter Wiesen wirkten sich positiv auf die Artenvielfalt aus in der Landschaft aus, ohne sich gegenseitig in ihrer Wirksamkeit zu beeinflussen (Buntbrachen: $\lambda = 12.9$, $P < 0.001$; extensive Wiesen = 8.4, $p = 0.004$) (Abb. 13b). Die Anzahl Roter-Liste Arten hingegen wurde nur durch die Gesamtfläche der beiden Biodiversitätsförderflächen (Buntbrachen mit erweitertem Blühangebot und extensive Wiesen zusammen) im Radius von 1 km positiv beeinflusst ($\lambda = 12.5$, $P = 0.002$), die Massnahmen innerhalb der Landschaft mit einem Radius von 300 m hatten hingegen keinen Einfluss.

Die Analyse der funktionellen Zusammensetzung der Bienengemeinschaften (unter Berücksichtigung der Körpergrösse, der Lektie (Grad der Spezialisierung auf gewisse Blütenpflanzentaxa), des Nistortes (unterirdisch im Boden oder oberirdisch in Hohlräumen) und der Sozialität (solitär oder sozial lebend) zeigte zudem, dass Landschaften mit Buntbrachen kleinere und mehr oligolektische (auf gewissen Pollenpflanzen spezialisierte) Wildbienenarten beherbergen. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Buntbrachen mit erweitertem Blühangebot auch für spezialisierte Arten ein wichtiges Pollenangebot bereitstellen können und insbesondere auch für kleine Arten wichtig sind. Diese können wegen ihres geringen Flugradius während der Trachtlücke nicht in andere Landschaften ausweichen für die Nahrungssuche und sind deshalb auf ein kontinuierliches Nahrungsangebot innerhalb der Landschaften angewiesen. In Landschaften mit einem hohen Anteil von extensiv genutzten Wiesen hingegen waren die Gemeinschaften ausgeglichener und weniger spezialisiert hinsichtlich der funktionellen Merkmale der Arten, als dies in Landschaften mit wenig extensiv genutzten Wiesen der Fall war. Extensiv genutzte Wiesen scheinen somit diverse Selektionsdrücke, die in Agrarlandschaften auf Bienen wirken, abpuffern zu können.

Die Landschaften profitierten nicht nur gesamthaft von der synergistischen positiven Interaktion zwischen den beiden untersuchten Fördermassnahmen auf die Anzahl Wildbienen, sondern vielmehr konnte diese Wechselwirkung auch unabhängig des beprobten Lebensraums innerhalb von Transektflächen, einschliesslich jener in ackerbaulichen Kulturen, gefunden werden (LMM, $\lambda = 4.89$, $P = 0.027$). Dieses Ergebnis zeigt auf, dass auch bestäubungsabhängige Kulturen von den Massnahmen und insbesondere ihrer Kombination in den Landschaften profitieren können. Ausserdem war dieses Ergebnis nicht abhängig von der Distanz zur Buntbrache mit erweitertem Blütenangebot (zwei

Pufferzonen von 0 bis 150 m und von 150 bis 300 m), vielmehr schien die ganze Landschaft bis zu einer Distanz von 300 m von der Buntbrache von der Massnahmenkombination zu profitieren.

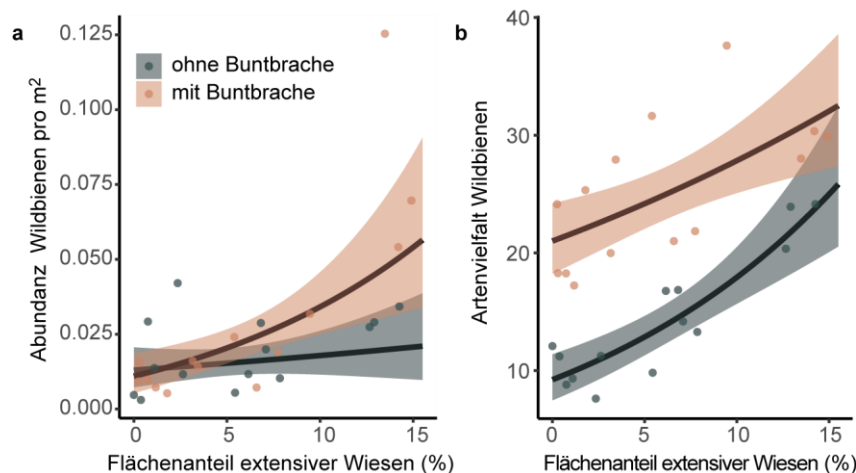


Abb. 12: Interaktion zwischen dem Vorhandensein von Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot und dem Flächenanteil an extensiv genutzten Wiesen in Agrarlandschaften auf Wildbienen. a) Anzahl Wildbienen, b) Artenzahl Wildbienen.

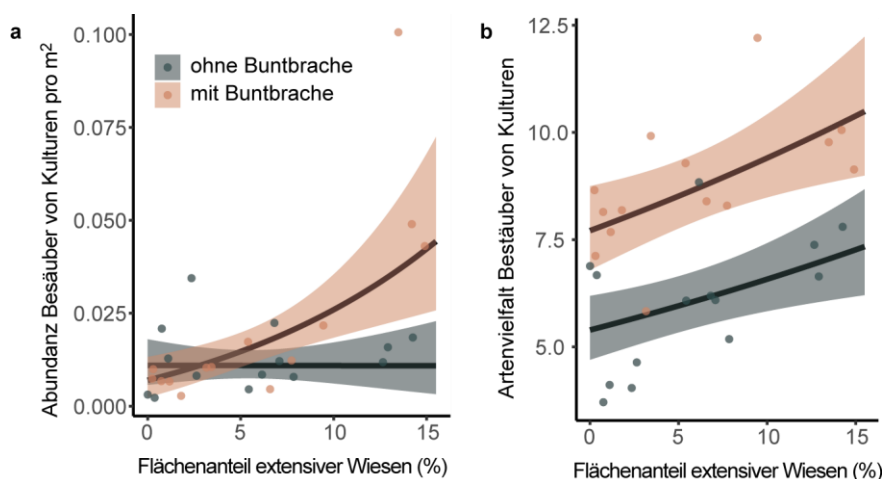


Abb. 13: Interaktion zwischen dem Vorhandensein von Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot und dem Flächenanteil an extensiv genutzten Wiesen in Agrarlandschaften auf Wildbienenarten, welche als wichtige Bestäuber von Kulturpflanzen beschrieben wurden (Kleijn et al., 2015). a) Anzahl Wildbienen, b) Artenzahl Wildbienen.

Blütenbesuche durch Honig- und Wildbienen in den Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot
 Die im Projekt angelegten Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot zeichneten sich durch die Ergänzung mit fünf Pflanzenarten aus, welche für Wildbienen besonders wertvoll sind. Sie fördern spezialisierte Arten und werden auch von diversen Generalisten besucht. Dabei erwies sich während des untersuchten Zeitraums insbesondere das gemeine Leinkraut als wertvoll (Tabelle 5). Diese Pflanzenart wurde von einer sehr grossen Zahl von Wildbienen besucht, wovon zwei Arten ausschliesslich auf dieser Pflanze gefunden wurden (*Hylaeus hyalinatus* und *Hylaeus paulus*). Eine weitere Bienenart (*Lasioglossum minutissimum*) wurde ausschliesslich auf dem Silber-Leinkraut entdeckt. Zwei Pflanzenarten, welche im Zusatz vorhanden waren (Saat-Leindotter und Acker-Glockenblume), konnten während des Untersuchungszeitraums nicht blühend nachgewiesen werden. Möglicherweise konnten sich diese Arten schlecht etablieren in der Pflanzengemeinschaft über einen

Zeitraum von mehr als 4 Jahren. Beim Saat-Leindotter war möglicherweise auch die Blütezeit bereits vorbei während des Untersuchungszeitraums (Blüte üblich Mai-Juni).

Schlussfolgerungen zu den Lernfragen

1. *Wir wissen, welche der häufig umgesetzten Massnahmen und Kombinationen von Massnahmen Populationen von Wildbienen in Agrarlandschaften längerfristig fördern können.*
2. *Wir wissen, in welchem Ausmass die häufig umgesetzten Massnahmen effektiv zur Verbesserung des Nahrungsangebots, bzw. der Nistmöglichkeiten beitragen, und wie die Kombination von Massnahmen möglichst wirkungsvoll Blüh- und Nistangebot fördern können.*
3. *Wir können konkrete Praxisempfehlungen machen zur Kombination von Massnahmen zur Bienenförderung und deren räumlichen Anordnung in der Landschaft.*
4. *Wir können Praxisempfehlungen machen, in welchen Landschaften bzw. wo auf dem Betrieb (entsprechend der vorhandenen Landnutzung und Ausstattung der Landschaft) welche Massnahmen besonders wirkungsvoll sind, um Populationen von Wildbienen möglichst wirkungsvoll zu fördern.*

Die Massnahme Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot hatte ein komplementäres Blühangebot zu den extensiv genutzten Wiesen; nach dem Schnitt der extensiv genutzten Wiesen Mitte Juni erreichten die Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot den Höhepunkt der Blütezeit im Juli und vermochten so während der Trachtlücke im Schweizer Mittelland eine wichtige Nahrungsquelle bereitzustellen. Zudem ergänzten sich die Massnahmen auch hinsichtlich ihrer Qualität als Nisthabitate für bodennistende Wildbienen; insbesondere die extensiv genutzten Wiesen hatten einen hohen Anteil an offener Bodenfläche bzw. eine geringe Vegetationsdichte und wurde von vielen Wildbienen zum Nisten genutzt.

Durch diese funktionelle und zeitliche Komplementarität der Massnahmen können durch die Kombination der beiden Massnahmen synergistische positive Wirkungen auf die Anzahl Wildbienen in den beiden Lebensräumen, sowie darüber hinaus auf der Landschaftsebene erreicht werden. Durch die räumliche Kombination der Massnahmen innerhalb von wenigen hundert Metern (weniger als 300 m Abstand) vermochten sie die Häufigkeit der Bienen auf der Landschaftsebene über die individuelle Wirkung der Einzelmassnahmen hinaus anzuheben. Bei einem geringen Anteil extensiv genutzter Wiesen in der Landschaft zeigten Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot eine schwächere positive Wirkung auf die Abundanz der Wildbienen, als sie dies bei einem hohen Anteil extensiv genutzter Wiesen erwirkten. Dabei profitierten die Flächen in der Agrarlandschaft insgesamt; der Anstieg fand nicht nur innerhalb der Fördermassnahme-Flächen selbst statt, sondern konnte sich auch in die umliegenden Lebensräume (z. B. Ackerkulturen) hinein positiv auswirken. Somit ist auch eine vorteilhafte Wirkung durch diese Massnahmenkombination auf die Bestäubungsleistung in bestäubungsabhängigen landwirtschaftlichen Kulturen zu erwarten (Sutter et al., 2018).

Im Gegensatz zur Anzahl Wildbienen vermochten die Buntbrachen mit erweitertem Blütenangebot die Artenvielfalt in den Agrarlandschaften bei einem hohen Anteil extensiv genutzter Wiesen nur geringfügig zusätzlich zu erhöhen. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die beiden Massnahmen einen ähnlichen Artenpool von Wildbienen beherbergen und dass diese Bienenarten von dem verlängerten Blühangebot bei einer Kombination der Massnahmen profitieren und grössere Populationen aufbauen können (Kleijn et al., 2018).

Eine Kombination der Massnahme «Buntbrache mit erweitertem Blütenangebot» mit extensiv genutzten Wiesen innerhalb von Agrarlandschaften des Schweizer Mittellandes ist somit klar empfehlenswert, da sich dadurch die Wirksamkeit der Einzelmassnahmen zur Förderung von Wildbienen erhöhen lässt ohne zusätzlichen Flächenbedarf an Biodiversitätsförderflächen.

Die Untersuchungen zu den Sandhaufen (siehe Lernziel 1.2.2.) zeigten zudem, dass die Wirksamkeit der Sandhaufe gesteigert werden kann, wenn sie in der Nähe von Blühelementen im Ackerbaugebiet angelegt werden. Da Wildbienen selten in Buntbrachen nisten im Vergleich zu extensiven Wiesen, ist vermutlich insbesondere im Ackerland das Angebot an Nisthabitat für bodennistende Arten limitiert. Bodennistende Wildbienen bevorzugen im Allgemeinen freien Boden an sonnigen und trockenen Stellen wohingegen sich in Buntbrachen über die Jahre oft eine Schicht an totem organischem ansammelt und der Boden durch die hohe Vegetation beschattet wird. Aufgrund der Ergebnisse kann empfohlen werden, die Sandhaufen in der Nähe (< 200 m) von Flächen mit grossem Blühangebot anzulegen, insbesondere nahe Buntbrachen, Rotationsbrachen oder Blühstreifen (siehe 1.2.2 Anlage von Sandhaufen zur Förderung von bodennistenden Wildbienen).

Insgesamt deuten die Ergebnisse der wissenschaftlichen und des Wirkungsmonitorings darauf hin, dass sich unterschiedlichen Wildbienen-Fördermassnahmen gegenseitig ergänzen können. Insbesondere bei einer Kombination von Massnahmen mit unterschiedlicher Zusammensetzung der Blütenpflanzen (z.B. mehrjährige Blühstreifen vs. Buntbrachen), zeitlich komplementärer Blühzeit (z.B. Frühling vs. Sommer) oder unterschiedlichem Ressourcenangebot (Nisthabitat vs. Nahrungsangebot) können synergistische Wechselwirkungen erwartet werden.

Tab. 5: Blütenbesuche durch Wildbienen und Honigbienen auf den unterschiedlichen Pflanzenarten der Buntbrachen-Grundmischung und des im Projekt getesteten Zusatzes von weiteren fünf Pflanzenarten der Massnahme «Buntbrache mit erweitertem Blütenangebot».

Pflanzenart	Blüten- besuche	Bienen- arten	Blüten- deckung	Attraktivität (Besuche/ Blütendeckung)
Ergänzung				
<i>Linaria vulgaris</i>	187	17	71	2.6
<i>Potentilla argentea</i>	6	4	3	1.8
<i>Sinapis arvensis</i>	13	6	7	1.9
Grundmischung				
<i>Achillea millefolium</i>	1	1	12	0.1
<i>Anchusa arvensis</i>	5	4	0	25.0
<i>Anthemis tinctoria</i>	9	4	29	0.3
<i>Centaurea jacea</i>	66	14	77	0.9
<i>Cichorium intybus</i>	23	9	23	1.0
<i>Daucus carota</i>	7	4	66	0.1
<i>Dipsacus fullonum</i>	100	15	6	16.9
<i>Echium vulgare</i>	111	15	27	4.1
<i>Hypericum perforatum</i>	70	12	39	1.8
<i>Leucanthemum vulgare</i>	7	3	132	0.1
<i>Cichorium intybus</i>	23	9	23	1.0
<i>Malva moschata</i>	6	3	10	0.6
<i>Malva sylvestris</i>	46	12	44	1.1
<i>Melilotus albus</i>	37	15	68	0.5
<i>Onobrychis viciifolia</i>	3	3	1	3.0
<i>Origanum vulgare</i>	84	20	84	1.0
<i>Papaver rhoeas</i>	2	2	6	0.3
<i>Silene noctiflora</i>	1	1	0	10.0
<i>Silene pratensis</i>	2	2	27	0.1
<i>Tanacetum vulgare</i>	11	6	4	2.9
Spontanflora				
<i>Cirsium arvense</i>	10	5	5	2.1
<i>Cirsium oleraceum</i>	3	2	0	30.0
<i>Cirsium vulgare</i>	39	10	6	7.0
<i>Clinopodium vulgare</i>	3	2	0	15.0
<i>Epilobium hirsutum</i>	2	2	0	5.0
<i>Epilobium parviflorum</i>	9	3	15	0.6
<i>Epilobium tetragonum</i>	29	6	17	1.7
<i>Geranium palustre</i>	3	2	2	2.0
<i>Melilotus officinalis</i>	2	2	0	20.0
<i>Melissa officinalis</i>	1	1	0	10.0
<i>Mentha aquatica</i>	1	1	10	0.1
<i>Picris hieracioides</i>	5	3	1	10.0
<i>Potentilla reptans</i>	15	8	13	1.2
<i>Scrophularia nodosa</i>	11	7	1	18.3
<i>Stachys sylvatica</i>	6	3	3	2.2
<i>Valeriana officinalis</i>	2	1	8	0.2
<i>Vicia sepium</i>	5	2	1	8.3

5. *Wir haben ein verbessertes Verständnis der relativen Eignung verschiedener Fördermassnahmen im Vergleich zueinander und können konkrete Empfehlungen machen, welche Massnahmen sich für die Förderung von verschiedenen Gruppen von Wildbienen besser eignen als andere.*

Die Untersuchungen zu einer Kombination von Buntbrachen und extensiven Wiesen innerhalb von Agrarlandschaften zeigten, dass Buntbrachen insbesondere kleine und spezialisierte Bienen erfolgreich fördern konnten, wohingegen extensive Wiesen ein wichtiges Nisthabitat für bodennistende Wildbienen darstellen. Zudem förderten beide Massnahmen Wildbienenarten, die wichtige Bestäuber von Kulturen sind. Im Durchschnitt (unabhängig des Anteils an extensiv genutzten Wiesen in der Landschaft) konnten das Vorkommen einer Buntbrache in der Landschaft deren Abundanz verdoppeln (Faktor 1.98). Ein Flächenanteil an extensiven Wiesen von 15% vermehrte die Abundanz wichtiger Bestäuberarten gar zu verdreifachen (Faktor 2.96) im Vergleich zu Landschaften ohne extensiv genutzte Wiesen. Bei einem Flächenanteil von 5% konnte die Abundanz um 43% gesteigert werden (Faktor 1.43), bei 10% Flächenanteil kam es zu einer Verdoppelung (Faktor 2.05).

1.2.4 Lernziel: Untersuchung der Akzeptanz und des Optimierungspotentials der Massnahmen zur Honig- und Wildbienenförderung aus Sicht der Landwirt/-innen

Schlussfolgerungen zu den Lernfragen

1. *Wir kennen die Bereitschaft der Landwirt/-innen bezüglich einer Fortsetzung der Massnahmen zur Förderung von Honig- und Wildbienen und der dafür notwendigen Rahmenbedingungen.*

Die Mehrheit der am Bienenprojekt und an der Umfrage beteiligten Landwirt/-innen setzt die Massnahmen zur Förderung von Honig- und Wildbienen weiterhin um. Allerdings wird nicht bei allen Massnahmen der bisherige Pflegeaufwand beibehalten. Dies betrifft insbesondere Massnahmen wie Kleinstrukturen oder Sandhaufen, die von den Landwirt/-innen beispielsweise aufgrund von Unkrautentzug als arbeitsintensiv wahrgenommen wurden. Deshalb ist unsicher, ob die beabsichtigte ökologische Wirkung langfristig erreicht wird.

Die Umfrageergebnisse legen nahe, dass mehrere Faktoren die Umsetzung und Fortführung von Massnahmen beeinflussen. Besonders wichtig sind die Integrierbarkeit der Massnahmen in den Betriebsablauf, die Freude an der Umsetzung der Massnahmen sowie der erkennbare ökologische Nutzen. Die finanzielle Abgeltung wird etwas weniger stark gewichtet.

Ein wichtiger Faktor ist die Möglichkeit, Massnahmen in bestehende Programme zu integrieren. Die teilweise Integration von Massnahmen in das kantonale Vernetzungsprojekt "Labiola" oder in bundesweite Programme entspricht dem geäusserten Wunsch der Landwirt/-innen, bürokratischen Mehraufwand zu reduzieren und den Überblick über Bewirtschaftungsauflagen zu wahren. Dies fördert die langfristige Umsetzung und steigert die Akzeptanz der Massnahmen.

Darüber hinaus setzen Landwirt/-innen bienenfördernde Massnahmen auch im Rahmen anderer Programme und im Rahmen ihres bestehenden Bewirtschaftungsprogramms (ÖLN, Bio, IP-SUISSE usw.) um. Dies deutet darauf hin, dass sie auf umfangreiche Erfahrungswerte zurückgreifen können, insbesondere hinsichtlich der Integrierbarkeit von Massnahmen in den Betriebsablauf und des dafür erforderlichen Arbeitsaufwands. Beide Aspekte wurden von den Landwirt/-innen als ausschlaggebend für die Auswahl und Umsetzung einer Massnahme genannt.

Sobald die Integrierbarkeit einer Massnahme in den Betriebsablauf gegeben ist und deren Sinnhaftigkeit von den Landwirt/-innen hoch bewertet wird, werden die Massnahmen in der Regel weitergeführt. Die Auswahl der Massnahmen erfolgte dabei häufig mit Blick auf deren langfristige Umsetzung. Insbesondere Massnahmen wie etwa Ast- oder Steinhaufen wurden so angelegt, dass sie dauerhaft bestehen bleiben. Die bereits gesammelten Erfahrungen wirken sich zudem auf die Wahrnehmung des mit den Massnahmen verbundenen Risikos aus. Ein höherer Erfahrungsstand verringert das

wahrgenommene Risiko des Nichtgelingens und fördert somit die Bereitschaft der Umsetzung bienenfördernder Massnahmen.

Gleichzeitig wird deutlich, dass Landwirt/-innen mehr Flexibilität und Unabhängigkeit in der Bewirtschaftung anstreben. Eine Fortführung mit reduziertem Pflegeaufwand kann jedoch die Frage aufwerfen, ob die Massnahme weiterhin die gewünschte Förderung von Bienen gewährleistet und ihren ökologischen Nutzen beibehält.

2. Wir wissen, welche Anreize und Barrieren darüber entschieden haben, welche Massnahmen die Landwirt/-innen umgesetzt haben, und welche sie auch in Zukunft über das Projekt hinaus bereit sind, umzusetzen

Die Umfrage zeigt, dass für Landwirt/-innen im Bienenprojekt und für alle übrigen Landwirt/-innen im Kanton Aargau, die Möglichkeit landwirtschaftliche Produktion mit Bienen-/Biodiversitätsförderung zu verbinden von Bedeutung ist. Die erwähnte Integrierbarkeit in den Betriebsablauf wurde als der wichtigste Grund für die (zukünftige) Auswahl von Massnahmen genannt, da sie einen entscheidenden Anreiz bietet und gleichzeitig potenzielle Barrieren minimiert. Ein geringer zusätzlicher Arbeitsaufwand ist für Landwirt/-innen, welche am Bienenprojekt nicht mitgemacht haben, ebenfalls sehr wichtig, da ein hoher Aufwand oft als Barriere wahrgenommen wird. Die hohe Bedeutung, die Landwirt/-innen der Freude an der Umsetzung und dem ökologischen Nutzen der Massnahmen beimessen, unterstreicht die Wichtigkeit der Förderung der Erkennbarkeit des ökologischen Nutzens durch die Landwirt/-innen selbst. Sichtbare Erfolge dienen nicht nur als Anreiz zur Teilnahme, sondern helfen auch, bestehende Barrieren abzubauen, indem sie die Motivation steigern und die langfristige Akzeptanz solcher Massnahmen fördern.

Die finanzielle Entschädigung wird von den Teilnehmenden am Projekt etwas höher bewertet als von den übrigen Landwirt/-innen im Kanton Aargau. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass finanzielle Anreize oft mit zusätzlichem bürokratischem Aufwand und Kontrollen verbunden sind, die als wesentliche Barrieren empfunden werden. Diese Aspekte gelten wiederum als wichtige Gründe für die Nichtteilnahme vieler Landwirt/-innen im Kanton. Besonders die Gruppe der Nichtteilnehmenden äusserte Unmut über Anreizsysteme, die Kontrollmechanismen, mehr Bürokratie sowie einen Verlust an Autonomie und Flexibilität mit sich bringen. Der von Landwirt/-innen häufiger genannte "Programmüberdruß" verdeutlicht die Notwendigkeit einer guten Abstimmung und Vereinheitlichung von Förderprogrammen. Ergänzend könnten digitale Tools, die idealerweise mit GIS verbunden sind, zur Unterstützung der Bewirtschaftung beitragen, indem sie den Landwirt/-innen einen klaren Überblick darüber geben, welche Flächen mit welchen Bewirtschaftungsmassnahmen und -auflagen einhergehen, und gleichzeitig den wahrgenommenen bürokratischen Aufwand reduzieren.

Die Einhaltung und Erfüllung von Auflagen stellt für Landwirt/-innen eine Barriere dar, da diese ihrer Wahrnehmung nach nicht immer mit der landwirtschaftlichen Praxis (z.B. Schnittzeitpunkt) vereinbar sind. Dies verringert die Teilnahme an freiwilligen Projekten. Eine zielorientierte Biodiversitätsförderung, die stärker auf die Bedürfnisse und Arbeitsabläufe der landwirtschaftlichen Praxis abgestimmt ist, könnte solche Hürden abbauen und die Bereitschaft zur Teilnahme steigern.

Insgesamt wird deutlich, dass die Kombination aus ökologischem Nutzen und einer praktikablen Umsetzung im Betriebsalltag zentrale Anreize für die Fortführung von Massnahmen darstellen. Insbesondere die Erkennbarkeit des ökologischen Nutzens bleibt ein Schlüsselaspekt, der nicht nur die Freude an der Umsetzung steigert, sondern auch die Bereitschaft zur langfristigen Integration und Fortführung bienenfördernder Massnahmen erhöht. Zudem wird die Umsetzung von Massnahmen in der Nachbarschaft oder Region als bedeutender Einflussfaktor wahrgenommen, da das Vorbild anderer Landwirt/-innen das Vertrauen in die Wirksamkeit der Massnahmen stärkt und zur Nachahmung motiviert.

3. Wir wissen, wie die Beratung das Verständnis und die Motivation von Landwirt/-innen zur Bienenförderung steigern kann.

Das Bienenprojekt hat, laut eigenen Angaben, bei rund Dreiviertel der teilnehmenden Landwirt/-innen das Bewusstsein für landwirtschaftliche Praktiken und deren Auswirkungen auf Bienen erhöht, wobei die überwiegende Mehrheit sich gut über mögliche bienenfreundliche Massnahmen informiert fühlt. Dennoch wünschen sich über 60% mehr fachliche Unterstützung und Beratung und möchten mehr über den ökologischen Nutzen der Massnahmen sowie über die Auswirkungen der derzeitigen landwirtschaftlichen Praxis auf Bienen erfahren. Über die Hälfte der Landwirt/-innen möchten den ökologischen Nutzen der Massnahmen selbst überprüfen können. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit, die Erkennbarkeit des ökologischen Nutzens zu fördern und gleichzeitig Möglichkeiten zur eigenständigen Überprüfung durch Tools und Wissensvermittlung bereitzustellen und zu unterstützen.

Bei den übrigen Landwirt/-innen im Kanton Aargau geben rund die Hälfte an, über das nötige Wissen zur Bienenförderung zu verfügen, während sich 40% mehr Informationen darüber wünschen, wie Bienen durch die landwirtschaftliche Praxis beeinflusst werden. In Anbetracht der Gründe für die Umsetzung von Massnahmen ergibt sich ein möglicher Ansatzpunkt für mehr Information und Beratung hinsichtlich der Integrierbarkeit in den Betriebsablauf und dem wahrgenommenen Arbeitsaufwand für die Umsetzung von Massnahmen. Eine transparente Kommunikation über den durchschnittlichen Arbeitsaufwand und die notwendigen Arbeitsschritte könnte dazu beitragen, die Umsetzung und Weiterführung von bienenfreundlichen Massnahmen zu fördern. Dies ist vor allem für grössere Betriebe und Landwirt/-innen mit wenigen Jahren der Betriebsführung relevant. Zunehmendes Wissen über ökologische Zusammenhänge und dem ökologischen Nutzen fördert umgekehrt auch die Integration in den Betriebsablauf. Dies würde Landwirt/-innen zudem dabei unterstützen, den Nutzen der Massnahmen selbst beurteilen zu können und die Massnahmen entsprechend den Gegebenheiten am Betrieb anzupassen.

Die überwiegende Mehrheit der Landwirt/-innen hat Kontakt zu Imker/-innen, und die am Projekt teilnehmenden Landwirt/-innen gaben an, dass sie sich zumindest teilweise mit anderen Landwirt/-innen über bienenfördernde Massnahmen austauschen. Der Aufbau eines Netzwerks sowohl unter Landwirt/-innen (insbesondere zu Wildbienen) als auch zwischen Landwirt/-innen und Imker/-innen könnte das gegenseitige Verständnis, die Unterstützung und den Austausch zur praktischen Umsetzung von Massnahmen verbessern.

4. Wir können eine Kosten-Nutzen-Abschätzung von Massnahmen aus Sicht der Landwirt/-innen für verschiedene Massnahmen machen.

Während die finanzielle Entschädigung für Grundmassnahmen überwiegend als kostendeckend angesehen wurde, wurden Einzelmassnahmen wie die Anlage und Pflege von Kleinstrukturen sowie Sand- und Erdhaufen oft als finanziell unzureichend betrachtet. Auch bei der Kleeblüte, den Brachen und den Blühstreifen waren ein erheblicher Anteil der Landwirt/-innen der Meinung, dass der jeweilige erhaltene Betrag die entstandenen Kosten für Anlage und Pflege nicht gedeckt hat. Insgesamt befürwortet etwas über die Hälfte der Landwirt/-innen im Bienenprojekt eine finanzielle Abgeltung, die sich an ökologischen Zielen orientiert.

Ein Grund für Landwirt/-innen am Bienenprojekt nicht mitzumachen, waren die finanziellen Beiträge, welche als zu gering angesehen wurden. Wie erwähnt, wurden bis auf wenige Ausnahmen die Massnahmen als kostendeckend beurteilt. Dies sollte in der Kommunikation der Projektergebnisse gemeinsam mit dem ökologischen Nutzen der Massnahmen berücksichtigt werden.

5. Alle interessierte Landwirt/-innen, Imker/-innen und weitere Stakeholder wissen, wie sie in der Praxis Massnahmen fachgerecht umsetzen können, um Honig- und Wildbienen in der Landwirtschaft zu fördern

Für jede einzelne Massnahme wurde eine Gesamtbeurteilung erstellt. In diese Gesamtbeurteilung fliessen der ökologische Nutzen, die Wirtschaftlichkeit, die Akzeptanz bei den Landwirt/-innen und

Anpassungsempfehlungen ein. Für Interessierte werden diese Informationen in geeigneter Form auf www.agripedia.ch zur Verfügung gestellt.

1.2.5 Ergänzung: Beurteilung des Potentials eines optimierten PSM-Einsatzes bei Obstbäumen

Diese Massnahme wurde im Rahmen des Ressourcenprojekts nicht empirisch auf ihre Wirkung untersucht. Die Beurteilung erfolgt auf der Basis von zwei wissenschaftlichen Studien, welche im Rahmen eines anderen Projekts in Niederstamm-Apfelanlagen durchgeführt wurden und deren Ergebnisse allgemeine Rückschlüsse auf die Wirkung von Pflanzenschutzmittelanwendungen im Obstbau auf Bienen zulassen (Knauer et al., 2024; Nicholson et al., 2024).

Die Auswirkungen von PSM auf Wildbienen wurde für zwei Wildbienenarten erhoben – die gehörnte Mauerbiene (*Osmia cornuta*) und die Erdhummel (*Bombus terrestris*). Die gehörnte Mauerbiene zählt zu den solitär nistenden Bienen, welche ihre Nester in Hohlräumen anlegen, die Erdhummeln sind hingegen staatenbildend und leben in Völkern mit einer Königin und Arbeiterinnen. Beide Wildbienenarten sind wichtige Bestäuber von Apfel und anderen Obstbäumen und sind auch bei Temperaturen unterhalb des Temperaturminimums von Honigbienen aktiv. Sie tragen somit massgeblich zur Absicherung der Bestäubungsleistung während Kaltwetterperioden bei (Sutter et al., 2021). Die Untersuchungen zur Erdhummel wurden im Jahr 2019 in 8 Niederstammanlagen gemacht (im Rahmen eines grösseren Projektes über 128 Standorte in ganz Europa), jene zur gehörnten Mauerbiene im Jahr 2020 in 20 Niederstammanlagen. An jedem der untersuchten Standorte wurden im Frühling vor der Apfelblüte entweder drei Hummelvölker platziert oder Populationen von 100 Mauerbienenweibchen etabliert (als Kokon in Bienenhotels). Während der Blühperiode wurde dann der Fortpflanzungserfolg der Erdhummelvölker und nistenden Mauerbienenweibchen dokumentiert.

Protokolle zu den Pflanzenschutzmittelanwendungen kurz vor (drei Wochen) und während der Apfelblüte wurden von den Landwirt/-innen zur Verfügung gestellt. Anhand dieser Daten wurden für jede Anlage die Gesamtrisikos des umgesetzten Pflanzenschutzes mit folgender Formel berechnet:

$$\text{Gefahrenquotient GQ} = \sum_{n=1}^N \frac{\text{Applikationsrate (kg Wirkstoff pro ha)}}{\text{LD}_{50}}$$

LD₅₀ (Dosis bei der 50% der Bienen sterben) ist ein Mass für die Toxizität eines Wirkstoffes, welcher bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln standardmässig an Honigbienen erhoben wird und im Allgemeinen auch repräsentativ für Wildbienen ist (Arena & Sgolastra, 2014). Der berechnete Gefahrenquotient GQ einzelner Applikationen nimmt somit mit steigenden Applikationsmengen und Toxizität des Wirkstoffes zu. Der Gesamtwert einer Anlage bildet sich als Summe aller einzelnen Applikationen.

Diese Formel stützt sich auf aktuelle Forschungsergebnisse, welche aufzeigen, dass Bienen einer Vielzahl von unterschiedlichen PSM ausgesetzt sind und dass primär die Toxizität dieses «Cocktails» für die negativen Auswirkungen auf Bienen verantwortlich ist (Nicholson et al., 2024). Da sich auch Fungizide negativ auf Bienen auswirken können (Rondeau & Raine, 2022; Straw & Brown, 2021; Tamburini et al., 2021), werden bei der Berechnung des GQ alle Arten von PSM berücksichtigt (Insektizide und Fungizide). Für Bienen stark toxische Mittel wie gewisse Insektizide fallen aber wesentlich stärker ins Gewicht, wohingegen Fungizide üblicherweise grössere LD₅₀-Werte aufweisen (also weniger toxisch sind) und somit den gesamten GQ einer Obstanlage weniger stark beeinflussen. Allerdings kann eine Anlage mit einer Vielzahl von Fungizidanwendungen einen ähnlichen GQ-Wert erreichen als eine Anlage mit einer Insektizidanwendung.

Ergänzend zu den Aufnahmen der PSM-Anwendungen wurde aus den untersuchten Hummelnestern auch Proben des gesammelten Pollenbrotes entnommen, um diesen auf Rückstände von chemisch-synthetischen Wirkstoffen zu untersuchen (natürliche Wirkstoffe wie Schwefel wurden nicht gemessen).

Sowohl der Fortpflanzungserfolg der Erdhummeln ($p < 0.001$) als auch jener der Mauerbienen ($p = 0.032$) nahm mit steigendem GQ Wert der Obstanlagen ab (Fig. 14). Die Erdhummeln konnten in Obstanlagen mit GQ-Höchstwerten 84% weniger Jungköniginnen produzieren als in Anlagen ohne Anwendungen von PSM. Bei den Mauerbienen konnte ein Rückgang der lokalen Populationen von 55% gemessen werden an Standorten mit GQ-Höchstwerten. Ausserdem spielte bei den Mauerbienen auch noch die Parasitierungsrate eine wichtige Rolle. Insbesondere in Landschaften mit viel Wald nahm die Parasitierung der Brut zu und führte zu erhöhten Mortalitätsraten bei den Larven ($p < 0.001$).

Bei näherer Betrachtung der GQ-Werte von Einzelanwendungen zeigte sich, dass im Jahr 2019 insbesondere Insektizidanwendungen mit den Wirkstoffen Thiamethoxam und Chlorpyrifos-methyl (Tabelle 6) stark zur Gefährdung von Bienen in den Anlagen beitrugen. Beide Wirkstoffe wurden in der Zwischenzeit aufgrund von Umweltbedenken und wegen der hohen Toxizität für Bienen verboten. Jedoch erreichten auch Fungizide mit dem Wirkstoff Kaliumhydrogencarbonat und Insektizide mit den beiden Wirkstoffen Spinetoram und Indoxacarb relativ hohe Werte. Von diesen ist in der Zwischenzeit Indoxacarb verboten und die Verwendung von Spinetoram soll ab Juli 2026 ebenfalls verboten werden.

Die chemischen Analysen der aus den Erdhummelnestern entnommenen Pollenproben konnten Rückstände sämtlicher angewendeten chemisch-synthetischen Mittel nachweisen. Im Median betrugen die Rückstände einzelner Wirkstoffe 39 $\mu\text{g/kg}$. Einen besonders hohen Wert erreichte Indoxacarb mit 2900 $\mu\text{g/kg}$, obwohl es zwei Tage vor der Apfelblüte angewendet wurde (nur eine Anwendung insgesamt). Auch Chlorpyrifos-methyl konnte mit 60 $\mu\text{g/kg}$ nachgewiesen werden, obwohl es in keiner der Anlagen direkt in die Blüten gespritzt wurde, sondern durchschnittlich 13.5 Tage vor der Blüte angewendet wurde. Diese Daten belegen eindrücklich, dass auch Mittel, welche im Knospenstadium angewendet werden, zu einer Exposition von blütenbesuchenden Insekten über Pollen und Nektar führen können.

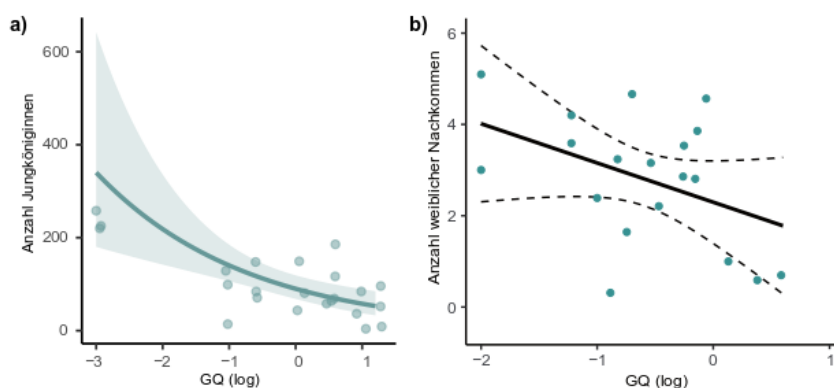


Abb. 14: Einfluss des Gefahrenquotienten von Pflanzenschutzmittelanwendungen auf den Reproduktionserfolg von Wildbienen. a) Anzahl produzierter Jungköniginnen bei Erdhummeln (*Bombus terrestris*), b) Anzahl Nachkommen bei Mauerbienen (*Osmia cornuta*).

Tabelle 6: Gefahr für Bienen einzelner Wirkstoffe, welche kurz vor und während der Apfelblüte 2019 in insgesamt 8 Niederstammanlagen angewendet wurden. Es sind die 10 Wirkstoffe mit den höchsten GQ aufgelistet.

Wirkstoff	Wirkungsweise	Klasse	Wirkstoffgruppe	GQ
Thiamethoxam	systemisch	Insektizid	Neonicotinoide	16.00
Chlorpyrifos-methyl	kontakt	Insektizid	Organophosphate	3.57
Kaliumhydrogencarbonat	kontakt	Fungizid	Anorganische Verbindungen	0.71
Spinetoram	systemisch	Insektizid	Spinosyme	0.36
Indoxacarb	kontakt	Insektizid	Oxadiazine	0.35
Schwefelkalk	kontakt	Fungizid	Anorganische Verbindungen	0.08
Kupferoxychlorid	kontakt	Fungizid	Anorganische Verbindungen	0.08
Fosetyl-aluminium	systemisch	Fungizid	Organophosphate	0.04
Schwefel	kontakt	Fungizid	Anorganische Verbindungen	0.03
Aluminiumsulphat	kontakt	Fungizid	Anorganische Verbindungen	0.03
Lambda-cyhalothrin	kontakt	Insektizid	Pyrethroide	0.02

Im Jahr 2020 wurden keine Insektizide mit dem Wirkstoff Thiamethoxam mehr angewendet, weshalb Insektizidanwendungen mit dem Wirkstoff Chlorpyrifos-methyl die höchsten GQ-Werte erreichten. Vergleichbare Werte mit dem Vorjahr wurden auch im Jahr 2020 durch Mittel mit Spinetoram erzielt. Zusätzlich kamen Pyrethrine zum Einsatz und trugen ebenfalls zu hohen Gefahrenwerten der Obstanlagen für Bienen bei (Tabelle 7). Auch Einzelanwendungen von diversen Fungiziden erreichten relativ hohe Werte, welche sich somit insbesondere bei häufiger Anwendungsfrequenz negativ auf Bienen auswirken könnten (Tabelle 7).

Insgesamt nahmen die GQ-Werte der Obstanlagen von einem Durchschnittswert von 2.4 im Jahr 2019 auf 0.6 im Jahr 2020 ab. Diese Abnahme ist vermutlich massgeblich auf das Verbot der Neonicotinoide und die damit einhergehende Sensibilisierung zu den Umweltgefahren von PSM zurückzuführen. Doch trotz dieser Verbesserung zeigten sich auch im Jahr 2020 negative Auswirkungen von PSM auf Bienen in Anlagen mit hohen GQ-Werten. Interessanterweise zeigte sich auch kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten von Bio- und ÖLN-Betrieben ($p = 0.892$), da diverse im biologischen Anbau zugelassenen PSM relativ hohe GQ-Werte für Bienen erreichten. Dazu gehören beispielsweise Pyrethrine, Kaliumhydrogencarbonat und schwefelhaltige Wirkstoffe.

Spinosad wurde zwar in keinem der beiden Versuchsjahre in den untersuchten Obstanlagen appliziert, ist aber als relativ gefährlich für Bienen einzustufen. Dieser Wirkstoffe weist vergleichbare LD₅₀-Werte (ähnliche Toxizität für Bienen) und ähnliche Aufwandmengen wie Pyrethrine auf. Beide Wirkstoffe sind nach wie vor für eine Anwendung in blühende Apfelmulturen zugelassen. Acetamiprid hingegen, ein immer noch zugelassenes chemisch-synthetisches Neonicotinoid, erreichte in beiden Jahren relativ geringe, durchschnittliche GQ-Werte von 0.004 und 0.003, obwohl es direkt in die Blüten gespritzt wurde.

Tabelle 7: Gefahr für Bienen einzelner Wirkstoffe, welche kurz vor und während der Apfelblüte 2020 in insgesamt 20 Niederstammanlagen angewendet wurden. Es sind die 10 Wirkstoffe mit den höchsten GQ aufgelistet.

Wirkstoff	Wirkungsweise	Klasse	Wirkstoffgruppe	GQ
Chlorpyrifos-methyl	kontakt	Insektizid	Organophosphate	3.014
Pyrethrine	kontakt	Insektizid	Pyrethroide	0.615
Spinetoram	systemisch	Insektizid	Spinosyme	0.571
Kaliumhydrogencarbonat	kontakt	Fungizid	Anorganische Verbindungen	0.288
Schwefelkalk	kontakt	Fungizid	Anorganische Verbindungen	0.082
Pirimicarb	systemisch	Insektizid	Carbamate	0.079
Schwefel	kontakt	Fungizid	Anorganische Verbindungen	0.053
Kupferoxychlorid	kontakt	Fungizid	Anorganische Verbindungen	0.030
Fosetyl-aluminium	systemisch	Fungizid	Organophosphate	0.029
Dithianon	kontakt	Fungizid	Quinone	0.022

Insgesamt zeigen die Ergebnisse auf, dass PSM-Anwendungen im Obstbau eine erhebliche Gefahrenquelle für blütenbesuchende Insekten wie Bienen und andere Bestäuber darstellen und einen lokalen Populationsrückgang bedingen können. Da auch bei einer PSM-Anwendung ausserhalb des Bienenfluges das Risiko für eine Exposition von Bienen über Nektar und Pollen der behandelten Blüten besteht, empfiehlt es sich zur Sicherung einer langfristig nachhaltigen Bestäubungsleistung von Obstbäumen, möglichst auf PSM-Applikationen kurz vor (2 Wochen) und während der Blüte zu verzichten. Dies gilt sowohl für Insektizide wie auch Fungizide, da auch diese bienentoxisch wirken können. Sofern dennoch während der Blüte appliziert werden muss, sollten die Applikation möglichst gegen Ende der Blüte und bei/nach Sonnenuntergang, ausserhalb des Bienenfluges, durchgeführt werden.

Eine konsequente Schädlingsüberwachung und Einhaltung von Schadschwellen (Egger et al., 2024) sowie die Verwendung von Vorhersage-Tools wie RIMpro, Agrometeo und Sopra, helfen zudem die Zahl der Applikationen und Umweltrisiken beim Pflanzenschutz zu senken und die Effizienz der Behandlungen zu steigern. Solche Entscheidungshilfen sind somit klar empfehlenswert.

Das Literaturverzeichnis befindet sich im Anhang 11.

1.3 Beurteilung der Massnahmen

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Aspekte für jede Massnahmen einzeln beschreiben. Die Gesamtbeurteilung der Akzeptanz basiert auf den in der Umfrage erhobenen Angaben der am Projekt teilnehmenden Landwirt/-innen. Dabei wurden die Schwierigkeiten bei der Umsetzung, die finanzielle Einschätzung der Massnahmen sowie die Bereitschaft zur Weiterführung der Massnahmen berücksichtigt. Die jeweiligen Prozentzahlen flossen in die Bewertung ein, um eine Gesamtbewertung zu ermöglichen.

1.3.1 Grundmassnahmen

GM1: Keine Mahd und kein Mulchen bei Bienenflug	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Die Massnahme wurde im Rahmen der Wirkungskontrolle nicht in der Praxis untersucht, es wurde jedoch eine Literaturrecherche durchgeführt, welche Mortalitätsraten bis zu 62% bei Mahd während des Bienenfluges dokumentierte. Aufgrund der existierenden Literatur kann deshalb eine sehr gute Wirkung zur Reduktion der direkten Mortalität von Honig- und Wildbienen erwartet werden.

Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	Die Massnahme war Bestandteil der Grundmassnahmen. Diese wurden von der Mehrheit der teilnehmenden Landwirt/-innen in der Umfrage als <i>kostendeckend</i> beurteilt ² .
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Gute Akzeptanz. Von den Grundmassnahmen war diese jene, bei der die meisten Schwierigkeiten in der Umsetzung genannt wurden (25%). Die Hauptprobleme bestanden vor allem in der Beurteilung des Bienenflugs sowie in der Berücksichtigung desselben bei fehlender zeitlicher Flexibilität, verursacht durch hohe Arbeitsbelastung und/oder kurze Schönwetterperioden, in denen das Zeitfenster für die Mahd sehr begrenzt ist, besonders für Nebenerwerbsbetriebe. Die Massnahme wird von 67% der Landwirt/-innen weitergeführt, während 26% sie nicht mit dem bisherigen Aufwand fortsetzen werden.
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Es braucht Parameter/ ein Tool für Landwirt/-innen zur Beurteilung des Bienenflugs.

GM2: Kein Mähauflbereiter auf Biodiversitätsförderflächen	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Massnahme wurde in der Praxis nicht untersucht im Rahmen der Wirkungskontrolle. Aufgrund der existierenden Literatur und ersten Resultaten aus dem Ressourcenprojekt «Agriculture et pollinisation» kann eine positive Wirkung dieser Massnahme zur Reduktion der direkten Mortalität von Honig- und Wildbienen erwartet werden. Andere Studien konnten zudem eine Reduktion der Mortalität um bis zu 90% dokumentieren bei einem Verzicht auf Mähauflbereiter.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	Die Massnahme war Bestandteil der Grundmassnahmen. Diese wurden von der Mehrheit der teilnehmenden Landwirt/-innen in der Umfrage als <i>kostendeckend</i> beurteilt.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Sehr gute Akzeptanz. Von den Grundmassnahmen war diese jene, bei der die wenigsten Schwierigkeiten in der Umsetzung genannt wurden (5%). Ein erwähnter Aspekt war die Notwendigkeit eines zusätzlichen Durchgangs mit dem Zetter aufgrund witterungsbedingter Umstände. Diese Massnahme wird von 92% der Landwirt/-innen weitergeführt. Auf Qualitätsstufe II-Flächen gilt ein bundesweites Verbot.

² 400 Fr./ha für Betrieb bis 4.99 ha LN: Betrag ist kostendeckend (n=1), Weiss nicht / kann ich nicht beurteilen (n=1)

750 Fr./ha für Betrieb zwischen 5.00 bis 14.99 ha LN: Betrag ist kostendeckend (n=17), Betrag ist nicht kostendeckend (n=5), Weiss nicht / kann ich nicht beurteilen (n=3)

1100 Fr./ha für Betrieb über 15.00 ha LN: Betrag ist höher als kostendeckend (n=1), Betrag ist kostendeckend (n=64), Betrag ist nicht kostendeckend (n=25), Weiss nicht / kann ich nicht beurteilen (n=11)

GM3: Abdriftmindernde Applikationstechnik für PSM	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Die abdriftmindernde Technik verringert die Abdrift und somit Eintrag auf Nicht-Ziel-Flächen und vermindert den Kontakt auf Nicht-Ziel-Organismen.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	Die Massnahme war Bestandteil der Grundmassnahmen. Diese wurden von der Mehrheit der teilnehmenden Landwirt/-innen in der Umfrage als <i>kostendeckend</i> beurteilt.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Sehr gute Akzeptanz. 10% der Landwirt/-innen, die diese Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Welche Schwierigkeiten konkret wurde nicht spezifiziert. Diese Massnahme wird von 92% der Landwirt/-innen weitergeführt.

GM4: Verzicht auf Sklerotiniabehandlung beim Raps	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Reduzierter Einsatz von PSM (insbesondere in die Vollblüte) und verminderte Emissionen in die Umwelt. Dadurch auch reduzierter Kontakt mit Nicht-Ziel-Organismen.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	Die Massnahme war Bestandteil der Grundmassnahmen. Diese wurden von der Mehrheit der teilnehmenden Landwirt/-innen in der Umfrage als <i>kostendeckend</i> beurteilt.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Gute bis sehr gute Akzeptanz. 15% der Landwirt/-innen, die diese Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Es gab nur eine konkrete Angabe: Ertragseinbruch, die Umsetzung selbst verlief jedoch ohne Probleme. 76% der Landwirt/-innen setzen die Massnahme fort, 15% waren unentschlossen, ob sie die Massnahme weiterführen werden.
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Vorbeugende Massnahmen umsetzen: Anbaupause von drei Jahren einhalten, Sortenwahl, hohe Saatkichten vermeiden. ³

GM5: Optimierter PSM-Einsatz bei Hochstamm - Feldobstbäumen	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Agroscope führte unabhängig des vorliegenden Projektes im Jahr 2021 Untersuchungen zum Risiko von Pflanzenschutzanwendungen für Wildbienen in 20 Niederstamm-Apfelanlagen durch. Diese hat gezeigt, dass Pflanzenschutzapplikationen und insbesondere die Anwendung von Insektiziden kurz vor und während der Blütezeit einen Rückgang der lokalen Mauerbienen-Populationen von bis zu 55% bedingen können (Knauer et al., 2024). Ähnliche Ergebnisse konnten auch in einer europaweiten Studie an 108 Standorten (u.a. Schweiz) festgestellt werden mit bis zu 45% Abnahme in der Volksentwicklung von Hummeln durch PSM-Anwendungen während der Blüte von Apfel und Raps (Nicholson et al., 2024). So-

³ <https://www.strickhof.ch/publikationen/merkblatt-raps/>

	mit kann ein Verzicht auf Pflanzenschutzmittel während der Blütezeit von bienenattraktiven Kulturen einen wichtigen Beitrag zur Bienenförderung leisten.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	Die Massnahme war Bestandteil der Grundmassnahmen. Diese wurden von der Mehrheit der teilnehmenden Landwirt/-innen in der Umfrage als <i>kostendeckend</i> beurteilt.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Gute bis sehr gute Akzeptanz. 14% der Landwirt/-innen, die diese Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Genannte Schwierigkeiten waren, das fehlende Wissen über den Einsatz alternativer Mittel zur Schädlingsbekämpfung sowie die Herausforderung, die Massnahme umzusetzen und gleichzeitig einwandfreies Obst zu ernten. Auch der richtige Spritzzeitpunkt bei ungünstigen Witterungsbedingungen während der Blütezeit wurde als Problem genannt. 79% der Landwirt/-innen setzen die Massnahme fort, 16% waren unentschlossen, ob sie die Massnahme weiterführen werden.
Offene Fragen:	Gibt es neue Alternativen gegen verschiedene Schädlinge?
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Möglichst keine Applikationen kurz vor und während der Blüte. Dies gilt sowohl für Insektizide wie auch Fungizide, da auch diese bienentoxisch wirken können. Sofern dennoch während der Blüte appliziert werden muss, sollten die Applikation möglichst gegen Ende der Blüte und bei Sonnenuntergang ausserhalb des Bienenfluges durchgeführt werden.

GM6: Weiterbildung zu abdriftmindernder Applikation von PSM	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Damit die Wirkung der Technik voll ausgeschöpft wird, müssen die Landwirt/-innen dafür geschult werden.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	Die Massnahme war Bestandteil der Grundmassnahmen. Diese wurden von der Mehrheit der teilnehmenden Landwirt/-innen in der Umfrage als <i>kostendeckend</i> beurteilt.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Gute ⁴ Akzeptanz. 8% der Landwirt/-innen, die diese Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Es wurde erwähnt, dass die Inhalte der Weiterbildung bereits bekannt waren und dass sie mit einem hohen Zeitaufwand verbunden war. Wenngleich diese eine sehr projektspezifische Massnahme war, so gaben doch 39% der Landwirt/-innen an, eine solche Weiterbildung auch in Zukunft wahrzunehmen.

⁴ Unter Berücksichtigung, dass diese Massnahmen projektspezifisch waren und in dieser Form nicht über die Laufzeit des Projekts hinaus weitergeführt werden

GM7: Minimale Anzahl Kleinstruktur	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Kleinstrukturen, wenn sie gut angelegt werden und genügend gross sind, haben sie eine allg. positive Wirkung auf die Biodiversität. Sei es als Versteck, Nisthabitat, Überwinterungsort, Nahrungsangebot, der Nutzen ist vielfältig.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	Die Massnahme war Bestandteil der Grundmassnahmen. Diese wurden von der Mehrheit der teilnehmenden Landwirt/-innen in der Umfrage als <i>kostendeckend</i> beurteilt.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Gute bis sehr gute Akzeptanz. 9% der Landwirt/-innen, die diese Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Schwierigkeiten verursachten der hohe Pflegeaufwand, bedingt durch das häufige Auffüllen von Asthaufen, sowie die Schwierigkeit, geeignete Orte zu finden, ohne die Betriebsabläufe und Nutzungen zu stark einzuschränken. 67% der Landwirt/-innen setzen die Massnahme fort, 25% werden sie mit reduziertem Aufwand weiterführen.
Offene Fragen:	Wie müssen verschiedene Typen von Kleinstrukturen angelegt werden, um eine positive Wirkung auf die Wildbienen zu haben?
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Bessere Kommunikation der ökologischen Sinnhaftigkeit der Massnahme, sodass Notwendigkeit gesehen wird, die Massnahme im bisherigen Pflegeaufwand fortzusetzen. Erkennbarkeit des ökologischen Nutzens fördern.

GM8: Austausch von ImkerInnen und Landwirt/-innen	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Das gegenseitige Verständnis fördert die Rücksichtnahme auf die Bedürfnisse der Honigbienen (Tracht, Einsatz von PSM).
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	Die Massnahme war Bestandteil der Grundmassnahmen. Diese wurden von der Mehrheit der teilnehmenden Landwirt/-innen in der Umfrage als <i>kostendeckend</i> beurteilt.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Gute Akzeptanz. 16% der Landwirt/-innen, die diese Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Genannte Schwierigkeiten waren Terminprobleme aufgrund der Vielzahl obligatorischer Kurse und Weiterbildungen, zu grosse Gruppen, die fehlende Einbeziehung der Landwirt/-innen, eine zu konfrontative Atmosphäre, sowie die Integration der Treffen in den Pflanzenschutzmittelabend. In den offenen Textfeldern der Umfrage und auch in den qualitativen Interviews haben Landwirt/-innen auch von sehr positiven Veranstaltungen berichtet. Diese zeichneten sich durch eine konstruktive Atmosphäre aus, die einen sehr guten Austausch zwischen Landwirt/-innen und Imker/-innen ermöglichte. Insbesondere trugen diese Veranstaltungen zu einem gegenseitigen Verständnis und einem gesteigerten Bewusstsein bei, was die Anliegen der Imker/-innen und die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Praxis auf Bienen betrifft.

	Wenngleich diese eine sehr projektspezifische Massnahme war, so gaben doch 37% der Landwirt/-innen an, einen solchen Austausch auch in Zukunft wahrzunehmen.
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Veranstaltungen sollten durch eine sorgfältige Organisation und Moderation unterstützt werden, die eine Diskussionsatmosphäre schafft, in der es Landwirt/-innen und Imker/-innen gleichermassen ermöglicht wird sich konstruktiv auszutauschen.

1.3.2 Einzelmassnahmen

EM9: Kleeblüten in intensivem und mittelintensivem Grünland in der blütenarmen Zeit	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Potential auf gute Wirkung bei Anpassungen gemäss Bericht zur Beibehaltung der Wirkung. Ein hohes Kleeangebot und insbesondere Rotkleeangebot in ackerbaulich geprägten Landschaften (unabhängig der Massnahme) wirkte sich positiv auf die Reproduktion der Hummelvölker während der Trachtlücke aus. Somit hat eine Massnahme zur Erhöhung der Rotkleeblüten ab Mitte Juni Potential, Hummeln erfolgreich zu fördern. Das verlängerte zeitlich frei wählbare Schnittintervall während den Sommermonaten (Massnahme) zeigt momentan jedoch ausschliesslich eine nicht signifikante Tendenz, das Rotkleeangebot Ende Juli zu erhöhen, und hat somit keine positive Wirkung auf die Volksentwicklung und Fortpflanzung von Hummelvölkern während der Trachtlücke (am ausgeprägtesten Mitte Juni). In überwiegend durch Grünland geprägten Landschaften hat die Massnahme keine messbar positive Wirkung auf Honigbienen.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	56% der Landwirt/-innen sehen den Betrag von 130 Fr./ha als <i>kostendeckend</i> an, während 30% den Betrag als <i>nicht kostendeckend</i> bewerten.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Weniger gute Akzeptanz. 17% der Landwirt/-innen, die die Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Zu den genannten Problemen zählten die witterungsbedingte Herausforderung, die vorgeschriebenen 6 Wochen einzuhalten, was oft zu Ertrags- und Qualitätseinbussen, wie beispielsweise zu überaltertem Futter, führte. 38% der Landwirt/-innen führen die Massnahme weiter, während 41% sie mit reduziertem Aufwand fortsetzen, d.h. der Zeitraum von 6 Wochen, in dem keine Mahd erfolgt, nicht mehr so strikt eingehalten wird wie zuvor.
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Ursachen für die geringe Wirksamkeit der Massnahme können einerseits ein geringer Klee-Anteil in gewissen Wiesen und andererseits ein ungünstiger Schnittzeitpunkt sein. Viele Massnahmenflächen wurden gleichzeitig mit den extensiv genutzten Wiesen rund um den 15. Juni geschnitten und konnten dann folglich genau in der Zeit der grössten Trachtlücke nach dem Schnitt der extensiv genutzten Wiesen keine Nahrung für Bienen bieten. Durch folgende Anpassungen könnte die Wirksamkeit auf ein sinnvolles Mass angehoben werden:

	• Die Massnahme hat v.a. ein Potential das Rotkleeangebot zu erhöhen, während bei Weissklee eine positive Wirkung auf das Blühangebot eher unwahrscheinlich ist (da Weissklee bereits 2-3 Wochen nach Schnitt wieder blüht). Das für Honigbienen interessantere Blühangebot von Weissklee hat im Rahmen der Massnahme keinen messbaren Nutzen für die Volksentwicklung gebracht, sodass hier eine Anpassungsempfehlung zugunsten von Hummeln vermutlich auch keinen Nachteil für Honigbienen verursacht. Rotklee erwies sich als die wesentlich wertvollere Nahrungspflanze für Hummeln; sie erhielt wesentlich mehr Besuche von Hummeln im Vergleich zu Weissklee. Somit macht die Umsetzung der Massnahme vorrangig auf Flächen mit hohem Rotkleeanteil Sinn. Hohe Kleeanteile werden insbesondere in Kunstwiesen gefunden, jedoch kann der Anteil an Rotklee je nach Saatmischung stark variieren. Deshalb sollte die Massnahme auf Kunstwiesen und Mischungen mit einem Mindestanteil an Rotklee beschränkt werden. Beispielsweise macht der Rotklee in der zweijährigen Mischung UFA 230 60% des gesamten Kleeanteils aus (Weissklee 40%), wohingegen er in der dreijährigen Mischung UFA 330 nur 33% ausmacht. • Um die Blüte besser mit der effektiven Nahrungsknappheit zu synchronisieren, sollte der Schnitt auf keinen Fall um den 15. Juni erfolgen, sondern bereits Anfang bis Mitte Mai. • Ein Schnittintervall von 7 Wochen könnte die Effektivität der Massnahme durch eine verlängerte Rotkleeblüte stark erhöhen. • Das versetzte Mähen von Teilflächen oder das Stehenlassen von Streifen wie es im Ressourcen-Projekt «Agriculture et pollinisateurs (Agripoll)» umgesetzt wurde, könnte den Nahrungsverlust durch die Mahd vermindern. • Verzicht auf die Verwendung von Mähaufbereitern. • Keine Mahd während des Bienenflugs, sondern frühmorgens während der Dämmerung, da Bienen während der Sommermonate abends oft fliegen, bis es dunkel ist. Bessere Kommunikation der ökologischen Sinnhaftigkeit der Massnahme, dass die Notwendigkeit gesehen wird, die Massnahme im bisherigen Pflegeaufwand fortzusetzen. Erkennbarkeit des ökologischen Nutzens fördern.
--	---

EM10: ÖLN-Getreidebau ohne PSM	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Gute bis sehr gute Wirkung. Zwar wurden statistisch keine signifikanten Unterschiede in Individuen- und Artenzahlen zwischen den Anbausysteme (ÖLN, ÖLN ohne PSM, Bio) gefunden. Jedoch gab es einen indirekten Zusammenhang zwischen Anzahl Wildbienenindividuen und -arten und der Massnahme: die Anzahl Wildbienenindividuen hing von der Begleitpflanzendeckung ab (Anzahl Individuen stieg mit steigender Begleitpflanzendeckung) und die Anzahl Wildbienenarten hing von der Anzahl Kräuterarten (Anzahl Arten stieg mit höherer Anzahl an Kräuterarten). Wiederum hängen die Begleitpflanzendeckung und Anzahl Kräuterarten vom Anbausystem ab: extensive Anbausysteme (ÖLN ohne PSM und Bio) hatten höhere Begleitpflanzendeckung und höhere Anzahl an Kräuterarten im Vergleich zu ÖLN. Dies liegt offenbar am Verzicht auf Herbizide und der tieferen Getreidedichte (erhöhte Lichtverhältnisse, welche die Begleitpflanzen begünstigen).

	<u>Fazit:</u> eine extensivere Bewirtschaftung von Produktionsflächen ohne Pestizideinsatz trägt dazu bei, die Wildbienen positiv zu beeinflussen. Dies liegt massgeblich an der höheren Begleitpflanzen-deckung und der höheren Anzahl an Kräuterarten. Aus der Literatur ist bekannt, dass Pestizide negative Auswirkungen auf Bienen haben (Belsky et al., 2020, Rundlöf et al., 2015) und die gemeinsame Applikation von Fungiziden und Insektiziden schädliche synergistische Effekte haben können (Rondeau et al., 2022). Biologisch bewirtschaftete Flächen beinhalten mehr zweikeimblättrige Pflanzen (Kräuter) als konventionelle Getreidefläche (Batáry et al., 2013) und eine Reduzierung der Pflanzenschutzmittel wirkt sich positiv auf die Abundanz und Artenvielfalt der Bienen aus (Bretagnolle and Gaba, 2015, Holzschuh et al., 2007). Für Honigbiene lässt eine üppigere und diversere Ackerbegleitflora wohl keine imkerlichen Massentrachten für eine höhere Honigproduktion versprechen (evtl. abgesehen von der Kornblume). Sogenannte «Läppertrachten» sind besonders in der Trachtlucke im Früh- und Hochsommer jedoch sehr wertvoll und beeinflussen im Zuge eines gesicherten und ernährungsphysiologisch wertvollen (weil diversen) Pollenangebots die Gesundheit von lokalen Honigbienenenvölkern wahrscheinlich positiv. Dies wurde jedoch nicht explizit untersucht.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	51% der Landwirt/-innen bewerten den Betrag von 500 Fr./ha als <i>kostendeckend</i> , 22% finden ihn nicht ausreichend, und 10% schätzen ihn als <i>höher als kostendeckend</i> ein.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Gute bis sehr gute Akzeptanz. 10% der Landwirt/-innen, welche die Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Eine genannte Schwierigkeit war die herbizidlose Behandlung von Parzellen mit Ackerfuchsschwanz. 80% der Landwirt/-innen, welche diese Massnahme umgesetzt haben, setzen diese fort.
Stand der Informationen über diese Massnahme:	Aufgrund zweier Untersuchungsjahre kann man die Massnahme nur bedingt beurteilen (sehr enge Datenbasis). Die Ergebnisse waren vielversprechend und deuten auf insgesamt positive Effekte hin. Weitere Untersuchungsjahre und zahlreichere Standorte sind jedoch nötig, um die Massnahme umfassend beurteilen zu können.
Offene Fragen:	ÖLN ohne PSM-Flächen waren wegen weniger vorhandenen Erfahrungen bezüglich Begleitflora unterschiedlich erfolgreich. Um vertiefte Schlussfolgerungen über den Effekt von ÖLN-Getreide ohne PSM auf die Begleitflora zu ziehen, braucht es weitere Untersuchungsjahre in grossflächigeren Räumen, um herauszufinden, welche systemspezifische Bewirtschaftungsfaktoren und insbesondere herbizidlose Unkrautregulierungsmethoden die Begleitflora im Feld beeinflussen (nicht zwingend/nicht dringend).
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Die Implementierung von nicht-chemischer Unkrautregulierung ist eine Grundlage für eine erfolgreiche Umsetzung der Massnahme. Striegeln oder Hacken werden als Unkrautregulation empfohlen (positive Wirkung auf Ackerbegleitflora und Samenbank). Anbau von Getreide in weiter Reihe.

EM11: Optimierter PSM Einsatz in Obstanlagen	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Agroscope führte unabhängig des vorliegenden Projektes im Jahr 2021 Untersuchungen zum Risiko von Pflanzenschutzanwendungen für Wildbienen in 20 Niederstamm-Apfelanlagen durch. Diese habe gezeigt, dass Pflanzenschutzapplikationen und insbesondere die Anwendung von Insektiziden kurz vor und während der Blütezeit einen Rückgang der lokalen Mauerbienen-Populationen von bis zu 55% bedingen können (Knauer et al., 2024). Somit kann ein Verzicht auf Pflanzenschutzmittel während der Blütezeit von bienenattraktiven Kulturen einen wichtigen Beitrag zur Bienenförderung leisten.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	58% der Landwirt/-innen erachten den Betrag von 1200 Fr./ha als <i>kostendeckend</i> , 5% finden ihn nicht ausreichend, und 5% stufen ihn als <i>höher als kostendeckend</i> ein.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Gute Akzeptanz. 15% der Landwirt/-innen, welche die Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an, wie z.B. fehlendes Wissen darüber welche Mittel eingesetzt werden dürfen. Von den insgesamt 20 Landwirt/-innen welche diese Massnahme umgesetzt haben, führen 60% die Massnahme weiter, 15% planen, sie mit geringerem Aufwand fortzusetzen, 20% sind noch unentschieden.
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Möglichst keine Applikationen kurz vor und während der Blüte. Dies gilt sowohl für Insektizide wie auch Fungizide, da auch diese bienentoxisch wirken können. Sofern dennoch während der Blüte appliziert werden muss, sollten die Applikation möglichst gegen Ende der Blüte und bei Sonnenuntergang ausserhalb des Bienenfluges durchgeführt werden.

EM 12: Mehrjährige Blühstreifen/ Blühflächen	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Mehrjährige Blühstreifen haben wie Buntbrachen im Sommer das grösste Blühangebot, jedoch eine andere Zusammensetzung der Pflanzenarten. Die beiden Massnahmen fördern deshalb zum Teil unterschiedliche Bienenarten. Eine Kombination von Buntbrachen und mehrjährigen Blühstreifen in der gleichen Landschaft ist somit empfehlenswert, um möglichst viele Arten fördern zu können. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass sich die Ergebnisse zur positiven Wechselwirkung von Buntbrachen und extensiv bewirtschafteten Wiesen auch auf eine Kombination von mehrjährigen Blühstreifen und Buntbrachen übertragen lässt (siehe unten bei EM 14).
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	Für 41% der Landwirt/-innen war der Betrag von 500 Fr./ha <i>nicht kostendeckend</i> , für 34% der Landwirt/-innen deckte er die Kosten.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Weniger gute bis gute Akzeptanz. 24% der Landwirt/-innen, die die Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Genannte Probleme waren das Fehlen geeigneter Samenmischungen für schwere, teils nasse Lehmböden, zudem Probleme mit Mäusen, Schnecken und das Überwuchern durch Problemunkräuter und Gras.

	76% der Landwirt/-innen setzen die Massnahme fort, 7% werden dies mit reduziertem Aufwand tun, 10% werden sie nicht weiterführen.
--	---

EM13: Kontinuierliches Blütenangebot in der Nähe von QS2 Hochstamm- Obstgärten	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Hochstamm - Obstgärten sind wichtige Nahrungsquellen für Wildbienen. Ist die Zeitspanne des Blütenangebots in der Umgebung länger, macht dies den Lebensraum für Wildbienen wertvoller.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	61% der Landwirt/-innen bewerten den Betrag von 500 Fr./ha als <i>kostendeckend</i> , 19% stufen ihn als nicht ausreichend ein.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Gute Akzeptanz. 25% der Landwirt/-innen, die die Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Zu den genannten Problemen zählten die Schwierigkeit, passende Nachbarparzellen zu finden, Trockenheit sowie der erhebliche Aufwand, für die Bereitstellung einer kontinuierlichen Blütenvielfalt. 56% der Landwirt/-innen führen die Massnahme weiter, während 22% sie mit weniger Aufwand fortsetzen, 16% sind noch unentschieden.

EM 14: Brachen mit höherem Blütenangebot für Wildbienen	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Gute bis sehr gute Wirkung. In der Vergleichsstudie Brachen mit und ohne erweitertem Blütenangebot gab es erst im 2. Erhebungsjahr mehr Wildbienenindividuen, aber nicht mehr Arten. Dies lag vermutlich daran, dass von den fünf zusätzlichen Arten nur zwei Arten (<i>Sinapis arvensis</i> und <i>Linaria vulgaris</i>) zahlreich/mässig vorkamen bis zum zweiten Standjahr der Brachen. Im 4. Standjahr hingegen war insbesondere <i>Linaria vulgaris</i> und teilweise auch <i>Potentilla argentea</i> und <i>Sinapis arvensis</i> gut etabliert. Alle drei Pflanzenarten waren im Sommer (Juni/Juli) in den untersuchten Buntbrachen mit erweitertem Blühangebot häufig besucht. <i>Linaria vulgaris</i> war sogar die am häufigsten besuchte Art und erwies sich während des untersuchten Zeitraums als wertvoll. Diese Pflanzenart war für viele Wildbienenarten attraktiv, wovon zwei Arten ausschliesslich auf dieser Pflanze gefunden wurden (<i>Hylaeus hyalinatus</i> und <i>Hylaeus paulus</i>). Eine weitere Bienenart (<i>Lasioglossum minutissimum</i>) wurde ausschliesslich auf <i>Potentilla argentea</i> entdeckt. Dass im 2. Standjahr dennoch keine erhöhte Artenvielfalt in den Brachen mit erweitertem Blühangebot festgestellt werden konnte, kann möglicherweise auf die Heterogenität der Brachen zwischen den Standorten (nicht alle Pflanzenarten etablieren sich an allen Standorten) sowie auf Unterschiede in der Umgebung zurückzuführen sein. Die Umgebung der Buntbrachen beeinflusste deren Wirkung: Die Anzahl Wildbienenindividuen stieg in den untersuchten Buntbrachen mit steigendem Anteil an semi-natürlichen Habitaten (extensives Grasland, Wald, Gehölze, Hecken und blühende Brachen) in einem 500 m Radius um die Buntbrachen an. Deswegen ist der

	grösste Nutzen der Massnahme in einer Umgebung mit hohen Anteilen an semi-natürlichen Habitaten in näherer Umgebung zu erwarten, bzw. sollten alternativ ebensolche zusätzlich langfristig gefördert werden, um den Nutzen der Massnahme zu steigern. Die positive Wirkung der Massnahme kann erheblich gesteigert werden, wenn sie mit extensiv genutzten Wiesen im Umkreis von 300 m kombiniert wird. Die beiden Massnahmen zeigen eine zeitliche Komplementarität von Blüthenahrungsressourcen, zudem bieten die extensiven Wiesen gute Nistmöglichkeiten für bodennistende Wildbienen. <u>Fazit:</u> Ungestörte semi-natürliche Habitats wie Buntbrachen sind wertvolle Elemente für die Förderung von verschiedenen Wildbienen und anderen Tierarten (Maurer et al., 2022, Pfiffner et al., 2018). Sie bieten sowohl Nahrung-, Unterschlupf- wie Nistmöglichkeiten (Pfiffner et al., 2000, Pfiffner et al., 2004). Eine diversere Mischung an Zusatzpflanzen könnte möglicherweise weitere Arten fördern und somit neben der Abundanz auch die Artenvielfalt der Wildbienen erhöhen. Ausserdem ist davon auszugehen, dass Buntbrachen auch positive Effekte auf eine ausgeglichene Pollenversorgung von Honigbienen-völkern haben, vor allem in Trachtlücken, bzw. wenn die Artenauswahl ein saisonübergreifendes Blühangebot sicherstellen kann.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	53% der Landwirt/-innen erachten den Betrag von 500 Fr./ha als <i>kostendeckend</i> , 34% finden ihn nicht ausreichend
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Weniger gute bis gute Akzeptanz. 22% der Landwirt/-innen, die die Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Genannte Probleme waren hauptsächlich Verunkrautung und Probleme mit Mäusen und Schnecken. Diese Probleme beziehen sich auf die Buntbrachen im Allgemeinen und nicht auf die Zusatzarten. 50% der Landwirt/-innen führen diese Massnahme weiter, 28% setzen sie mit reduziertem Aufwand fort, 13% sind noch unentschieden.
Offene Fragen:	• Wie können die Etablierung und Persistenz der zusätzlichen Arten verbessert werden, wären allenfalls standortspezifische (Boden, Feuchte etc.) Empfehlungen angepasster Saatzmischungen sinnvoll? • Welche Pflanzenarten sind besonders wertvoll für wichtige Gruppen von Wildbienen wie gefährdete (z. B. Rote-Liste Arten) und spezialisierte Arten, besonders wichtige Bestäuber von landwirtschaftlichen Kulturen etc.? • Welche zusätzlichen Pflanzenarten würden mehr Wildbienenarten anlocken? Allenfalls weitere Zusatzpflanzen zur Förderung von Wildbienen, alternative Arten zu den Arten, die sich kaum etabliert haben (z. B. früher blühende Arten, Arten die wertvoll sind für gefährdete Wildbienenarten bzw. für wichtige Bestäuber von landwirtschaftlichen Kulturen). • Gibt es positive Wechselwirkungen mit anderen Massnahmen resp. BFF nebst den extensiv genutzten Wiesen?
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Eine angepasste Pflege im ersten Jahr ist für eine gute Etablierung und Entwicklung der Buntbrache entscheidend (Unkrautkur, gute

	Anbautechnik, Säuberungsschnitt). Dabei kann sich der Pflegeaufwand durch eine sorgfältige Standortwahl reduzieren. Eine einmalige Bodenbearbeitung im Herbst im 2. Jahr zeigt positive Effekte auf die Qualität von Brachen (Uehlinger et al., 2005). Erst nach 6-8 Jahren wird nachgesät, früher nur wenn wenig abgesamt hat. Auch wenn <i>Sinapis arvensis</i> für Wildbienen eine wertvolle Art ist, kann sie in einigen Brachen schnell dominant werden und mit den grossen Blättern die Entwicklung von anderen Pflanzenarten behindern. Möglicherweise hängt die Dominanz auch mit der Pflege der Brache zusammen (z.B. in Abhängigkeit eines Schnittes), dieser Einfluss konnte jedoch im Rahmen der Erhebungen nicht untersucht werden. Das gemeine Leinkraut (<i>Linaria vulgaris</i>) und das Silberfingerkraut (<i>Potentilla argentea</i>) stellen eine wertvolle Ergänzung der Massnahme dar. Buntbrachen sollen unbedingt mehrjährig angelegt werden, so dass deren Wirkung sich nachhaltig entfalten kann.
--	--

EM15: Wildbienenspezifische Massnahme

Ökologische Wirkung der Massnahme:	Sehr gute Wirkung. Die Wirksamkeit der Massnahme wurde anhand der umgesetzten Massnahme mit dem Wildbienenspezialisten überprüft. Die Massnahmen waren je nach Bedürfnissen der noch vorkommenden spezialisierten Arten und wurden sehr gut von Wildbienen angenommen.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme ⁵ :	Bei der wildbienenspezifischen Massnahme wurden die Beiträge je nach umgesetzter Massnahme festgelegt und mit den Landwirt/-innen diskutiert.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Hoch Bei der einzelbetrieblichen Beratung der Betriebe wurden die Landwirt/-innen über die Vorkommnisse der spezifischen Arten sensibilisiert und über die Bedürfnisse der Arten informiert. Unsicherheiten entstanden teilweise, weil es sehr einmalige auf den Hof zugeschnittene und spezifische Massnahmen waren. Eine Beratungsperson stand ihnen für solche Fragen zur Verfügung. Das Interesse und die Akzeptanz der Massnahmen waren sehr hoch.

EM16: Besonders viele Kleinstrukturen

Ökologische Wirkung der Massnahme:	Kleinstrukturen, wenn sie gut angelegt werden (richtiges Material, idealer Standort, Mindestmass einhalten usw.), haben sie eine allg. positive Wirkung auf die Biodiversität. Sei es als Versteck, Nisthabitat, Überwinterungsort, Nahrungsangebot, der Nutzen ist vielfältig.
------------------------------------	---

⁵ Da wildbienenspezifischen Massnahmen in enger Abstimmung mit den Landwirt/-innen umgesetzt wurden, basiert die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz auf den Erfahrungen aus der einzelbetrieblichen Beratung und nicht auf den Ergebnissen der Umfrage. Die Auswahl und Umsetzung dieser Massnahmen erfolgte individuell und betriebsspezifisch in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Landwirt/-innen.

Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	67% der Landwirt/-innen empfinden den Betrag von 15 Fr. pro Struktur als <i>nicht kostendeckend</i> , während 26% ihn als <i>kostendeckend</i> einstufen.
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Weniger gute bis gute Akzeptanz. 15% der Landwirt/-innen, die die Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Vor allem der wahrgenommene hohe Aufwand für Anlage und Pflege, um ein Überwachsen durch Brennesseln und Brombeeren zu verhindern verursachte Probleme, ebenso wie die Standortwahl, die eine einfache oder maschinelle Pflege ermöglicht. Zudem gab es Probleme durch Passanten, wie die Demontage der Kleinstrukturen. 59% der Landwirt/-innen führen die Massnahme weiter, während 29% sie mit reduziertem Aufwand fortsetzen.
Offene Fragen:	Wie müssen verschiedene Typen von Kleinstrukturen angelegt werden, um eine positive Wirkung auf die Wildbienen zu haben.
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Bessere Kommunikation der ökologischen Sinnhaftigkeit der Massnahme, sodass Notwendigkeit gesehen wird, die Massnahme im bisherigen Pflegeaufwand fortzusetzen. Erkennbarkeit des ökologischen Nutzens fördern. Ideale Standorte und Mindestmass definieren.

EM17: Rebflächen mit natürlicher Artenvielfalt mit offenem Boden

Ökologische Wirkung der Massnahme:	Weniger gute zusätzliche Wirkung. Rebberge sind bereits sehr kleinstrukturierte und heterogene Lebensräume. In fast allen Rebbergen wird routinemässig der Boden in jeder zweiten Rebzeile geöffnet. Wir gehen davon aus, dass der offene Boden (Projektmassnahme) deswegen keine zusätzliche Wirkung auf die bodennistenden Wildbienen hat. Hingegen wurde ein Zusammenhang zwischen der Anzahl Wildbienenindividuen und dem Eindringwiderstand in den obersten 10 cm des Bodens gefunden (Anzahl Wildbienenindividuen stieg mit abnehmender Eindringwiderstand an). Dies legt nahe, dass Wildbienenweibchen, um ihr Nest zu graben weiche Böden bevorzugen, die weniger Zeit und Kraft beanspruchen. Auch wurde ein Zusammenhang zwischen Wildbienenindividuen und Menge an Blüten in der bodendeckenden Begleitflora gefunden: Je mehr Blüten, desto mehr Wildbienenindividuen. Für die Anzahl Arten konnte kein Zusammenhang gefunden werden. Das Blütenangebot war vermutlich zu wenig divers, um zusätzliche Arten anzulocken. <u>Fazit:</u> Eine alternierende oberflächliche Bodenbearbeitungsmethode (jede zweite Fahrgasse offen) stellt genügend ungestörte Bodenstellen (vgl. Nistmöglichkeiten) für die Wildbienen von einer Saison zur anderen zur Verfügung. Ergänzend mit einem reichhaltigen Blütenangebot (vgl. Nahrung) werden die Wildbienen in den Reben gefördert (Kratschmer et al., 2019). Wildbienenarten könnten durch gezielte Pflanzenarten zusätzlich angelockt werden. Zum Beispiel, mit der Verwendung von Sommer-blühenden Deckfrüchten (Kratschmer et al., 2021, Wilson et al., 2018). Nicht zu vergessen sind die Gehölze (Wald, Hecken, Rosen-Gebüsche) und die Vernetzung
------------------------------------	--

	der Habitats, die auch eine wichtige Rolle für bodennistende Bienen spielen (Uzman et al., 2020).
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	Von den 8 Landwirt/-innen welche die Umfrage ausgefüllt haben und diese Massnahme umgesetzt hatten, bewerteten 75% den Betrag von 250 Fr./ha als <i>kostendeckend</i> .
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Weniger gute Akzeptanz. Von den 8 Landwirt/-innen welche die Umfrage ausgefüllt haben und diese Massnahme umgesetzt hatten, werden 3 die Massnahme fortsetzen, 2 setzen sie mit weniger Aufwand fort und 2 werden sie nicht weiterführen, 1 Landwirt/-in war unentschlossen. 38% der Landwirt/-innen, die die Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Genannte Probleme waren: die Verunkrautung durch Hirse und Winden, das schnelle Zuwachsen des geöffneten Bodens, wodurch beim erneuten Öffnen genistete Insekten zerstört werden, sowie der offene Boden, der je nach Witterung kontraproduktiv sein kann und zusätzlichen Arbeitsaufwand verursacht.
Offene Fragen:	Welche Pflanzenarten könnte man in den Reben ansäen, die zusätzlichen Wildbienenarten anlocken würden? (nicht zwingend, nicht dringend).
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Auf die Alternierung der Bodenöffnung achten: eine geöffnete Stelle sollte nicht jedes Jahr geöffnet werden. Ansonsten werden die Bodennistenden Bienen und deren Nachwuchs beim jährlichen Öffnen geschädigt. Ebenfalls die Durchfahrt in den Fahrgasse minimieren: so schont man die Bodenstruktur (verringerte Bodenverdichtung) und verbessert den Eindringwiderstand. Geöffnete Fläche sollen regelmässig von Hand gejätet werden. Ansonsten wird die Fläche wieder schnell von der Vegetation zugeeckt. Blütenangebot erhöhen (z. B. Mit dem Anlegen mehrjährigen Blühstreifen am Rand).

EM18: Sandhaufen anlegen	
Ökologische Wirkung der Massnahme:	Gute Wirkung. Das Ziel Nistlebensraum für bodennistende Wildbienen auf dem Betrieb zu schaffen, wird grundsätzlich erreicht. Besonders gut werden Sandhaufen in sonniger Lage und mit einem hohen Anteil an ungewaschenem, feinem Sand (hoher Sandanteil mit zusätzlich vorhandenem feinkörnigem Material (Schluff/Ton) und tiefer Vegetationsbedeckung besiedelt. Die Massnahme zeigt zudem eine grössere Wirkung, wenn sie in der Nähe von Flächen mit hohem Blühangebot angelegt wird, insbesondere sinnvoll ist die Anlage nahe Buntbrachen, Rotationsbrachen oder Blühstreifen in von Ackerbau geprägten Agrarlandschaften.
Wirtschaftlichkeit der Massnahme:	62% der Landwirt/-innen stufen den Betrag von 1200 Fr./ha als <i>nicht kostendeckend</i> ein, 27% bewerten ihn als <i>kostendeckend</i> .
Akzeptanz bei den Landwirt/-innen:	Schlechte Akzeptanz.

	Diese Massnahme war jene die von den Einzelmassnahmen die meisten Schwierigkeiten verursachte, 48% der Landwirt/-innen, die die Massnahme umgesetzt haben, gaben Schwierigkeiten in der Umsetzung an. Von den sehr zahlreich genannten Problemen wurde am häufigsten die Verunkrautung mit etwa Gras, Dornen oder Brombeeren genannt und der damit verbundene wahrgenommene hohe Arbeitsaufwand zur Freihaltung der Sand- und Erdhaufen. Ausserdem wurden das Abschwemmen von Sand und das Umgraben und Verteilen der Sandhaufen durch Füchse und Hunde genannt. Die Unsicherheit über den ökologischen Nutzen wurde ebenfalls erwähnt. Die quantitative Umfrage zeigte, 21% der Landwirt/-innen setzen die Massnahme fort, 46% tun dies mit reduziertem Aufwand, 23% werden sie nicht weiterführen.
Offene Fragen:	• Wie wirkt sich das regelmässige Entfernen der Vegetation auf die Entwicklung der Nistlebensraumqualität für bodennistende Wildbienen über einen längeren Zeitraum (mehrere Jahre) aus? • Wie lange ist die Massnahmen wirkungsvoll und sollen Sandhaufen bei guter Pflege abgegolten werden? Wie kann verhindert werden, dass der Regen den Sandhaufen abträgt? • Welche Wildbienenarten werden durch die Anlage von Sandhaufen gefördert? Können auch gefährdete Arten oder Arten, die wichtige Bestäuber von landwirtschaftlichen Kulturen sind, wirksam gefördert werden? • Wie gross sollen Sandhaufen sein, damit ihre Wirkung optimal ist? Wie viele Sandhaufen auf einem Betrieb sollten angelegt werden damit ein signifikanter Beitrag zur Förderung von bodennistenden Wildbienen geleistet werden kann? • Wie steht es bezüglich Kosten-Nutzen Effizienz der Massnahme Sandhaufen zur Förderung von Nistlebensräumen von bodennistenden Wildbienen im Vergleich zu anderen Massnahmen (existierende BFF, Offenhaltung Bodenfläche in verschiedenen Lebensraumtypen wie Wiesen ohne Aufschüttung etc.)?
Anpassungsempfehlungen für die Umsetzung:	Anlegen von Sandhaufen gemäss Empfehlung des Praxisleitfadens und/oder entsprechender Beratung. Bessere Kommunikation der ökologischen Sinnhaftigkeit der Massnahme, sodass Notwendigkeit gesehen wird, die Massnahme im bisherigen Pflegeaufwand fortzusetzen. Erkennbarkeit des ökologischen Nutzens fördern.

2 Fazit

Für verschiedene im Projekt umgesetzte Massnahmen konnte eine positive Wirkung auf Wildbienen nachgewiesen werden, weshalb sie zur Weiterführung empfohlen werden können. Buntbrachen mit erweitertem Blühangebot erwiesen sich als wichtige Nahrungsquelle während der Sommermonate und trugen erfolgreich zur Stärkung von Wildbienenpopulationen in der Agrarlandschaft bei. Besonders kleinere und spezialisierte Arten konnten sich in Landschaften mit Buntbrachen mit erweitertem Blühangebot deutlich besser etablieren. Auch bedeutende Bestäuber von Kulturpflanzen profitierten erheblich vom Blühangebot dieser Brachen. Die positive Wirkung der Buntbrachen mit erweitertem Blühangebot liess sich zudem erheblich steigern, wenn sie mit extensiv genutzten Wiesen im Umkreis von 300 m kombiniert wurden. Diese beiden Massnahmen ergänzen sich zeitlich in ihrem Angebot an Blütenressourcen und unterscheiden sich ausserdem in ihrer Eignung als Nisthabitat.

Auch das erhöhte Angebot an Kleeblüten im intensiven und mittelintensiven Grünland während blütenarmer Zeiträume zeigte grosses Potential zur Förderung bestimmter Wildbienenarten wie Erdhummeln. Im Vergleich zu den Buntbrachen kann diese Massnahme jedoch auch in ihrer aktuellen Form weniger Bienenarten fördern. Ausserdem konnte das Blühangebot in der bisherigen Umsetzung noch nicht zureichend erhöht werden im Vergleich zu Kontrollflächen und der Zeitpunkt der Blüte war schlecht mit der Trachtlücke synchronisiert. Daher wurden für die Weiterführung der Massnahme als Typ-16-Massnahme im Kanton Aargau einige Anpassungen vorgenommen, welche im Bericht zur Beibehaltung der Wirkung beschrieben werden. Zudem ist zu vermerken, dass diese Massnahme nur relativ wenige Wildbienenarten, darunter einige Hummelarten, positiv beeinflussen kann und kaum zur Förderung eines breiten Biodiversitätsspektrums geeignet ist. Des Weiteren konnte der konkrete Feldversuch keinen positiven Effekt der Massnahme auf Honigbienen zeigen. Da den empirisch erhobenen Daten kantonsweit positive Langzeit-Trends entgegenstehen, ist durchaus davon auszugehen, dass die Massnahme vor allem im für Honigbienen nur wenig attraktiven Grünland einen Beitrag zur Förderung der Volksentwicklung leisten kann, bzw. punktuell der Konkurrenz mit generalistischen Wildbienen entgegenwirken kann. In diesem Sinne beinhalten die Anpassungsempfehlungen Komponenten, die erwartungsgemäss keinen Nachteil für Honigbienen ergeben sollten.

Die Anlage von Sandhaufen erwies sich als erfolgreiche Massnahme, um bodennistenden Wildbienen auf landwirtschaftlichen Betrieben einen geeignetes Nisthabitat zu bieten. Allerdings war die Akzeptanz bei den Landwirt/-innen aufgrund des hohen Pflegeaufwands und der Unsicherheiten bezüglich des ökologischen Nutzens relativ gering. Der Nutzen konnte jedoch durch die Wahl eines sonnigen Standorts und die Verwendung von feinkörnigem, ungewaschenem Sand massgeblich erhöht werden. Die Wirkung der Massnahme ist zudem grösser, wenn Sandhaufen in der Nähe von Flächen mit hohem Blühangebot angelegt werden – besonders sinnvoll ist dies in der Nähe von Buntbrachen, Rotationsbrachen oder Blühstreifen in von Ackerbau geprägten Landschaften.

Der Getreideanbau ohne Pestizideinsatz bewirkt bei gleichzeitig geringerer Halmdichte und unabhängig von der Getreidesorte eine höhere Begleitpflanzendeckung und eine höhere Anzahl an Kräutergarten, wodurch die Abundanz und Artenvielfalt von Wildbienen positiv beeinflusst werden. Diese Massnahme ist daher sinnvoll, zu klären bliebe jedoch der Effekt der mechanischen Unkrautregulierung.

Der zusätzliche geöffnete Boden in den Rebbergen hat keine zusätzliche positive Auswirkung auf bodennistende Wildbienen, da die gängige Praxis, bei jeder zweiten Fahrgasse eine alternierende oberflächliche Bodenbearbeitung vorzunehmen genügend ungestörte Bodenstellen und damit Nistmöglichkeiten für bodenbrütende Wildbienen zur Verfügung stellt. Der Zusammenhang zwischen Eindringwiderstand in Bodenprofile und der Abundanz bodennistender Wildbienen deutet darauf hin, dass dieser Befund durch die praxisübliche Form der Bodenbearbeitung positiv beeinflusst wird.

Ergänzend könnte die Artenvielfalt von Wildbienen in den Reben mit einem reichhaltigen Blütenangebot gefördert oder angelockt werden. Zum Beispiel, mit der Verwendung von Sommer-blühenden Deckfrüchten, die auf kleineren Bereichen des geöffneten Bodens ausgebracht werden. Inwiefern eine solche Wildbienenförderung in einer vergleichsweise pflanzenschutzintensiven Kultur doch eher kontraproduktiv ausfallen könnte, sollte in Zukunft genauer untersucht werden.

Die sozialwissenschaftliche Untersuchung zeigt, dass die langfristige Umsetzung bienenfördernder Massnahmen durch eine Kombination aus ökologischem Nutzen und praktikabler Integration in den landwirtschaftlichen Betriebsalltag gefördert wird. Die Freude an der Umsetzung, die Wahrnehmung des ökologischen Nutzens sowie die Möglichkeit, Massnahmen in bestehende Programme zu integrieren, sind zentrale Faktoren für die Akzeptanz und Fortführung der Massnahmen. Herausforderungen wie wahrgenommener hoher Pflegeaufwand, bürokratische Hürden und unzureichende finanzielle Anreize beeinflussen jedoch die Teilnahmebereitschaft negativ. Da finanzielle Entschädigungen häufig mit Kontrollmechanismen und bürokratischem Aufwand assoziiert werden, wäre eine stärkere Orientierung an ökologischen Zielen, dem ökologischen Nutzen und der Sinnhaftigkeit der Massnahmen eine Möglichkeit, die Motivation zur Umsetzung bienenfördernder Massnahmen zu erhöhen.

Das Projekt hat das Bewusstsein für die Bedeutung bienenfreundlicher Praktiken bei den teilnehmenden Landwirt/-innen gestärkt. Dennoch besteht weiterhin ein grosser Bedarf an fachlicher Unterstützung, gezielter Beratung und einer verbesserten Kommunikation über den ökologischen Nutzen und die Arbeitsanforderungen der Massnahmen. Ergänzend könnten digitale Tools, zur Unterstützung der Bewirtschaftung beitragen, indem sie den Landwirt/-innen einen klaren Überblick darüber geben, welche Flächen mit welchen Bewirtschaftungsmassnahmen und -auflagen einhergehen, und gleichzeitig den wahrgenommenen bürokratischen Aufwand reduzieren. Der Aufbau eines Netzwerks sowohl unter Landwirt*innen (insbesondere zu Wildbienen) als auch zwischen Landwirt/-innen und Imker/-innen könnte das gegenseitige Verständnis, die Unterstützung und den Austausch zur praktischen Umsetzung von Massnahmen weiter verbessern.

Anhänge

Anhang 1: Programm Informationsanlass 31. August 2022



Informationsanlass - Bienenfreundliche Landwirtschaft im Kanton AG

Anlass: Die Zwischenergebnisse werden vorgestellt, es wird erläutert, wie es im Projekt weitergeht und die Trägerschaft bedankt sich bei den ImkerInnen und LandwirtInnen für ihre Teilnahme am Projekt.

Wann: 31. August 2022

Zeit: ab 19:00 Eintreffen der Teilnehmenden – Ende 22:30 Uhr; 20:00 bis 21:05: offizieller Teil

Zeitlicher Ablauf:

19:00 bis 20:00: Apéro

20:00:	Begrüssung	(BVA, Ralf Bucher&Christoph Hagebuch)
20:10:	Grusswort	(RR Markus Dieth)
20:15:	Überblick/ Stand Projekt	(Agrofutura, Bea Vonlanthen)
20:25:	Zwischenergebnisse Forschung	(Agroscope, Matthias Albrecht)
20:50:	Wie weiter	(Agrofutura, Bea Vonlanthen)
21:00:	Abschluss	(VABV, Andreas König)

Ab 21:05: Kaffee und Kuchen

Anmeldung:

Offen für LandwirtInnen, ImkerInnen, VertreterInnen Kanton und Bund, Forschende, BVA und VABV, weitere Interessierte.

Zur Förderung des Austausches werden die LandwirtInnen und ImkerInnen unterschiedlich mit einem Sticker gekennzeichnet, damit ersichtlich wird, wer ImkerIn und wer LandwirtIn ist.

Lokalität:

Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg in Gränichen

Pressecorner:

Presse wird durch Bauernverband eingeladen. RednerInnen stellen sich nach dem offiziellen Teil für Interviews zur Verfügung. Nach der Veranstaltung wird ein Communiqué verschickt.

Aarau, August 2022



Anhang 2: Wildbienenspezifische Massnahme, Ergebnisse

Bericht Wildbienenspezifische Massnahme

1 Ausgangslage

Im Ressourcenprojekt „Bienenfreundliche Landwirtschaft“ des Kantons AG stehen neben den Honigbienen die Wildbienen im Zentrum. Wildbienen lassen sich, was die Nutzung der Pflanzenarten als Pollen- und Nektarquelle angeht, in spezialisierte und hochspezialisierte Arten (47%) und in unspezialisierte Arten (40%) einteilen. Von 13% der Arten ist der Spezialisierungsgrad nicht bekannt. Spezialisierte und hochspezialisierte Arten sind mit 64-70% der Arten viel gefährdeter als unspezialisierte Arten (52%) (Zurbuchen und Müller, 2012). Um diese Spezialisten zu fördern haben wir die 'Wildbienenspezifische Massnahme' umgesetzt.

Das Lernziel dieser Massnahme war, ob das Vorgehen zur Sicherung und Förderung von lokal spezialisierten noch vorkommenden Wildbienenarten auf Landwirtschaftsbetrieben in dieser Form wirkungsvoll ist. Dabei wird Wissen generiert ob diese Vorgehensweise auf andere Regionen der Schweiz übertragbar ist und welche Mittel und Grundlagen dafür benötigt werden, siehe 'Konzept Wildbienenspezifische Massnahme' (Anhang 1).

2 Vorgehen:

Bei der Strukturdatenerhebung konnten die Betriebe ihr Interesse an der Umsetzung einer Wildbienenspezifischen Massnahme anmelden. Zwölf dieser Betriebe wurden ausgesucht und in den Jahren 2017 bis 2020 beraten. Bei der Auswahl haben wir geschaut, dass wir ein breites Spektrum von Betrieben abdecken (gross/ klein, BIO/ ÖLN, verschiedene Regionen des Kantons, Gemüsebetrieb/ Obstbetriebe/ Ackerbaubetriebe).

Bei den ersten zwei Beratungen haben wir festgestellt, dass wir eine Zusammenstellung brauchen von seltenen Bienenarten, die in der Gemeinde noch vorkommen mit Illustrationen, damit sich die LandwirtInnen diese Arten in ihrem Lebensraum vorstellen können. Angefügt haben wir auch eine Tabelle mit den benötigten Ressourcen (Nahrungsquellen und Niststrukturen) dieser Wildbienenarten. Die Wichtigkeit jeder Ressource wurde bewertet, in dem zu jeder Ressource notiert wurde, wie viele der seltenen Arten von der jeweiligen Ressource profitieren können (siehe Abbildung 1 und Anhang 2).

Benötigte Ressourcen	Massnahmen	Anzahl profitierende seltene Arten
<i>Blüten als Nahrungsquelle</i>		
Schmetterlingsblütler	Einsaat/Förderung von folgenden besonders geeigneten Arten: Hornklee, Hufeisenklee, Rotklee, Saat-Esparsette, Zaunwicke	8
Wiesensalbei	Einsaat/Förderung von Wiesensalbei	1
Spät blühende Wiesenpflanzen	(Teil)Schnitt blütenreicher Wiesen auf relativ nährstoffarmen Böden nicht vor Anfang bis Mitte Juli	2

Abbildung 1: Auszug aus der Zusammenstellung von benötigten Nahrungsquellen von seltenen Wildbienenarten

Diese Zusammenstellung wurde eine Woche vor dem Treffen der LandwirtIn zugestellt. Er wurde gebeten, die Unterlagen vor dem Treffen anzuschauen und zu überlegen, wo es möglich wäre, einige dieser Massnahmen auf seinem Betrieb umzusetzen.

Vor dem Beratungstermin erfolgte eine Flurbegehung auf den ökologisch interessanten Flächen des Betriebs (Dr. Andreas Müller und Dr. Beatrix Vonlanthen oder Michel Fischler). Beim Beratungstermin wurden dann der LandwirtIn die wichtigsten Wildbienenarten vorgestellt und konkrete Massnahmen vorgeschlagen. Besonders hervorgehoben wurden die Aspekte, auf die bei der Umsetzung speziell zu achten sind, damit die Qualität der Massnahmen stimmt. Über die besprochenen Massnahmen wurde eine Vereinbarung entworfen und von der LandwirtIn und von der Träger-schaft Bienenprojekt Kt. AG unterzeichnet.

In den letzten zwei Projektjahren (2021 und 2022) wurden die LandwirtInnen nochmals aufgesucht. Gemeinsam wurden die Qualität und Umsetzbarkeit der Massnahme besprochen. Der Wildbienenexperte konnte gleich eine Rückmeldung geben, ob und je nach Situation von welcher Wildbienenart die Massnahmen angenommen wurden. Bei mangelhafter Umsetzung wurde die LandwirtIn nochmals auf die wichtigsten Aspekte hingewiesen, so hat er/sie die Möglichkeit die Qualität der Massnahme zu erhöhen. Über die Umsetzung der Massnahmen wurde eine Fotodokumentation geführt.

3 Beratung und Massnahmen

Mit den 13 ausgewählten Betrieben wurde die Umsetzung von insgesamt 50 Massnahmen vereinbart. Davon wurden 13 Massnahmen zur Erhöhung des Blütenangebots umgesetzt und 37 Massnahmen zur Förderung des Nistangebotes. Nistangebote wurden 16 für Bodennister angelegt, 9 für Markstengelnister und 11 für Hohlraumnister und eine für Streuenister. Den LandwirtInnen wurde die Umsetzung der Massnahme finanziell vergütet. Das Saatgut wurde ihnen zur Verfügung gestellt.

4 Umsetzung der Massnahmen

4.1 Betriebe

Von den 13 beratenen Betrieben wurde mit 11 Betrieben die Vereinbarung bis zum Projektende geführt. Ein Betrieb hat zwei Massnahmen umgesetzt, konnte aber mit den Jahren die Zeit für die sorgfältige Pflege der einen Massnahme (Königskerzen) nicht aufbringen, und die andere Massnahme (Wiesenbrachen) wurde in das Vernetzungsprojekt Labiola integriert (Gemüsebetrieb). Ein anderer Betrieb hat die zwei vereinbarten Massnahmen (Totholzstapel für Käferfrassgängenister) auch nach mehrmaligem Ermahnen nicht wie besprochen umgesetzt (Obstbaubetrieb), deswegen wurde mit diesem Betrieb die Vereinbarung aufgelöst.

4.2 Massnahmen zur Erhöhung des Blütenangebots

4.2.1 Ackersenf



Abbildung 2: Ackersenf

Ackersenf ist die Pflanzenart, die von einem breiten Spektrum von Generalisten und Spezialisten als Nahrungsquelle benutzt werden kann (Abbildung 2). Die Ansaat von Ackersenf wurde von 4 Betrieben unterschiedlich umgesetzt. Zwei Betriebe haben dies in die Fruchtfolge ihrer Kräuter integriert. Ein dritter Betrieb hat den Ackersenf in den Feldlerchenfenstern im Getreide eingesät und der letzte Betrieb hat den Ackersenf anstelle eines 'Nützlingsblühstreifens für Bestäuber' auf der offenen Ackerfläche angesät. Beim letzten Betrieb fand während der Vereinbarung ein Generationenwechsel statt. Den Hofnachfolger konnten wir nicht von der Weiterführung dieser Massnahme überzeugen, er fand, es gäbe bereits Mischungen zur Förderung von Bestäubern im Ackergebiet und hat nicht verstanden, warum eine Monokultur Ackersenf für Wildbienen förderlicher sei als eine vielfältige Brache- oder Nützlingsblühstreifenmischung.

Der Ackersenf ist in den verschiedenen Jahren sehr unterschiedlich aufgelaufen. Die Idee war auch, den Ackersenf vor dem letzten Abblühen zu schneiden damit er nochmals zur Blüte kommt. Dies hat leider nicht immer funktioniert.

Die Ansaat von Ackersenf ist eine einfach umsetzbare Massnahme und könnte breiter umgesetzt werden. Interessant wäre die Ansaat von Ackersenf auf Rest- oder Randflächen auf landwirtschaftlichen Betrieben. Ausserdem wird empfohlen, Ackersenf in die Bestäubermischung der Einjährigen resp. Mehrjährigen Blühstreifen zu integrieren.

4.2.2 Rotklee

Rotklee ist eine der besten Nahrungspflanzen für seltene Hummelarten wie die Grashummel oder Sandhummel. Mit einem Betrieb wurde vereinbart, auch im mittelintensiven Grünland bei jedem Schnitt 10% stehen zu lassen (analog Rückzugsstreifen), damit der Rotklee zur Blüte kommt. Die Umsetzung der Massnahme konnte zur Zeit des zweiten Besuchs nicht beurteilt werden, weil da der erste Schnitt noch nicht erfolgt war.

Rückzugsstreifen auf mittelintensivem Grünland, damit der Klee zum Blühen kommt, ist eine sehr einfach umsetzbare Massnahme. Eine breitere Umsetzung dieser Massnahme wäre denkbar.

Im Projekt wurde die Massnahme 'Kleeblüte im intensiven und mittelintensivem Grünland' umgesetzt. Bei dieser Massnahme wird die Kleeblüte in der Trachtlücke gefördert. Die Wirkung dieser Massnahme wird höher eingeschätzt als die Massnahme 'Rotklee'.

4.2.3 Zusatz von speziellen Arten bei bestehenden oder neu angelegten Wiesen

Glockenblumen, Esparsetten, Wittwenblumen und Hornklee sind für verschiedene Wildbienenarten sehr wertvolle Futterpflanzen. Zu bestehenden Mischungen oder zu einer bestehenden lückigen Wiese wurden diese Arten zusätzlich eingebracht.

Das Auflaufen dieser Arten wurde beobachtet. Die eingebrachten Arten sind bereits in den bestehenden Mischungen vorhanden. Für die lokale Förderung spezifischer Arten kann sich der Zusatz von speziellen Nahrungspflanzen lohnen.

4.2.4 Stellen mit lückiger Ruderalvegetation

An einer sandigen Böschung wurden Ruderalarten eingesät und an einem anderen Standort wurde eine neue Ruderalstelle geschaffen und angesät. Die Ruderalarten konnten sich über die Jahre nicht etablieren, resp. die Ruderalstelle wurde mit den Jahren überwachsen.

Die Etablierung von Ruderalarten resp. die Schaffung der Unterhalt von Ruderalflächen ist sehr zeitaufwändig und anspruchsvoll. Die Auswahl des Standorts (sonnig und nährstoffarm) ist ein sehr wichtiger Aspekt.

4.2.5 Pflanzung spezifischer Arten

Für die Zaunrüben-Sandbiene und für die Weissdorn-Sandbiene wurden bei einem Landwirt Zaunrüben resp. bei einem anderen Landwirt Weissdorn gepflanzt. Die Zaunrüben sind leider trotz sorgfältiger Pflege schlecht aufgelaufen. Das Problem hierfür war der Standort. Zaunrüben brauchen sonnige und nährstoffreiche Standorte, das war in diesem Fall nicht gegeben. Der Weissdorn hat sich in der Hecke gut etabliert.

Zur Förderung von selten spezialisierten Arten ist das zusätzliche Pflanzen von Nahrungspflanzen eine einfach umzusetzende Massnahme. Allerdings ist auch hier der Standort ein wichtiger Aspekt für das gute Gedeihen dieser Arten.

4.3 Massnahmen zur Erhöhung des Nistangebots

4.3.1 Bodennister

Rund 50% der Wildbienenarten nisten in offenem Boden. Unterschiedliche Arten bevorzugen unterschiedliche Bodenneigungen, Substrate und Anteile offenen Bodens, deshalb kann die Umsetzung sehr unterschiedlich erfolgen. Zur Förderung von Bodennister haben wir insgesamt 16 Massnahmen umgesetzt, sie lassen sich in drei Gruppen einteilen.

Flach oder schwach geneigte besonnte Bodenstellen

Am meisten umgesetzt wurde das maschinelle Öffnen des Bodens an gut befahrbaren Stellen (Abbildung 3). Die Weissfleckige Wollbiene ist z.B. eine Art, die in flachen oder schwach geneigten Boden nistet. Dabei wurde im ersten Jahr der Umsetzung auf einer Länge von ca. 15m eine Maschinenbreite mit einem Grubber oder Fräser die Grasnarbe zerstört. In den darauffolgenden Winter wurde jeweils nur noch auf einem Drittel des Streifens der Boden bearbeitet und damit wieder geöffnet. Damit gibt es einen Streifen, der in drei Teilbereiche unterteilt ist und auf jedem Bereich hat es unterschiedliche Anteile offenen Bodens. Bei zwei Bereichen wird über zwei Jahre hinweg der Oberboden nicht gestört und nur geschnitten. Dies sind ideale Nistplätze für bodennistende Wildbienen, die flache oder schwach geneigte besonnte Bodenstellen brauchen.

Die Umsetzung der Massnahme ist mehrstufig, den LandwirtInnen muss die Massnahme sehr gut erklärt werden. Im Projekt hat dies relativ gut geklappt. Ein wichtiger Aspekt dieser Massnahme ist, dass die Streifen auf mageren und besonnten Böden angelegt werden, an einem Standort mit wenig Neophytendruck und nur wenigen Beikräutern wie Hirse, Spitzwegerich oder Löwenzahn, damit der Boden nicht zu schnell zuwächst. Die maschinelle Öffnung der Fläche soll jeweils sehr früh im Jahr (bis Ende März) erfolgen. Der Vorteil dieser Massnahme ist, dass diese maschinell erfolgt ohne Handarbeit und damit breit umgesetzt werden kann. Ausserdem können viele Vogelarten, die auf dem Boden Insekten sammeln von diesen offenen Böden mitgefördert werden.



Abbildung 3: Offene Bodenstelle am Waldrand

Steilwände 1

Zwei Betriebe haben ihre mageren Böschungen für die bodennistende Wildbienen gejätet. Die Böschungen waren so mager, sie mussten nicht jährlich gejätet werden und wurden von Wildbienen gut angenommen (Abbildung 4). Der Vorteil dieser steilen Böschungen ist die Sonneneinstrahlung und die kleinen Mikroformationen von steileren und flacheren Bereichen, die bei den flachen oder wenig geneigten Böden, die maschinell bearbeitet werden, nicht aufzufinden sind.

Boden von Hand zu öffnen ist sehr aufwändig. Ausserdem sind solche magere steile Bodenstellen nicht auf vielen Betrieben anzutreffen. Das heisst, die Massnahme ist nur an sehr spezifischen Standorten und Betrieben umsetzbar.



Abbildung 4: Steile Böschung mit offener Vegetation

Steilwände 2



Abbildung 5: Abgestochene Steilwand für Bodennister

Eine andere Form zur Bearbeitung und der Schaffung von offenen Bodenstellen ist das Abstechen von Grasnarben. Mit einem abgestochenen Boden von ca. 50 cm Höhe kann man bereits geeignete Nisthabitate für Bodennister anlegen (Abbildung 5).

Sandige Bodenstellen

Ein Betrieb hatte eine sehr sandige Bodenstelle von einem ehemaligen Reitplatz, der wieder in die LN integriert wurde. Mit ihm wurde die Vereinbarung getroffen, diese sandige Bodenstelle jeweils jährlich zu einem Drittel offen zu halten. Diese Arbeit war Handarbeit und damit sehr aufwändig, sie hat sich allerdings gelohnt, Gänge von den seltenen Efeusandbienen und der Bärtigen Sandbiene konnten beobachtet werden (Abbildung 6).

Das Schaffen von offenen sandigen Bodenstellen ist eine Massnahme für Situationen, die nicht häufig auf Betrieben vorzufinden sind. Die Offenhaltung dieser sandigen Bodenstellen ist sehr aufwändig, lohnt sich allerdings, wenn seltene Wildbienenarten die sandigen Stellen finden und nisten.



Abbildung 6: Sandige Bodenstelle mit einem Nest der Efeusandbiene

4.3.2 Hohlraumnister

19% der Wildbienenarten bauen ihre Nester in Hohlräume wie beispielsweise Käferfrassgänge in Holz, Erd- oder Mauerspalt, Schneckenhäuser und Mauselöcher. 12 Massnahmen wurden im Rahmen der Wildbienenspezifischen Massnahme für Hohlraumnister umgesetzt. Sie lassen sich in zwei Gruppen aufteilen:

Käferfrassgänge

Im natürlichen Lebensraum nutzen Wildbienenarten ehemalige Käferfrassgänge in Totholz resp. in absterbendem Holz um ihre Nistzellen anzulegen. Diese Käferfrassgänge in Totholz wurde unterschiedlich imitiert, wichtig ist, dass diese Gänge von der Rindenseite und nicht von der Stimmseite gebohrt werden.

Wenige Betriebe haben dies umgesetzt, indem sie tote stehende Bäume angebohrt haben und andere haben diese Käferfrassgänge mit 'angebohrten Totholzstapel' imitiert (Abbildung 7). Dabei wurden ca. 1m lange Holzstämmen aufeinandergeschichtet und angebohrt. Unterschiedliche Arten nutzen unterschiedliche Durchmesser von Löchern. Das Verhältnis der unterschiedlichen Bohrlöcherdurchmesser sollte folgendes sein:

25% einen Durchmesser von 3-5 mm

50% einen Durchmesser von 6-8 mm

25% einen Durchmesser von 9-10 mm



Abbildung 7: Totholzstapel

Diese angebohrten Totholzstapel wurden sehr gut umgesetzt. Die meisten Betriebe haben eher zu grosse und zu wenig Löcher gebohrt. Aber die bestehenden Löcher wurden von Wildbienen besetzt.

Diese Totholzstapel ist eine einfach umzusetzende und kontrollierbare Massnahme. Die Wirkung ist für die LandwirtInnen auch leicht überprüfbar. Eine breitere Umsetzung dieser Totholzstapel wäre denkbar.

4.3.3 Markstengelnister

Markstengelnister (3 % der Wildbienenarten) sind Wildbienenarten, die sich meist bei Bruchstellen der Pflanzenstengel Zugang zum Mark verschaffen. Zuerst wird das Mark aus dem Stengel entfernt und dann werden die Nistzellen eingerichtet. Zur Förderung der Markstengelnister haben wir 9 Massnahmen umgesetzt. Sie lassen sich in zwei Gruppen (Königskerzen und Brombeerstengel) einteilen:

Königskerzen

Tote stehende Königskerzenstengel sind wichtige Elemente für Wildbienen. Die Wildbienen bauen ihre Nester im dritten Standjahr der Königskerze in die Stengel und die Jungbienen fliegen dann in der darauffolgenden Vegetationsperiode wieder aus. Das heisst, damit die Königskerzenstengel den Wildbienen von Nutzen sind, müssen die Königskerzen vier Jahre lang stehen bleiben (1. Jahr Rosette, 2. Jahr blühend und fruchtende Pflanze, 3. Jahr Wildbienen bauen Nistzellen in die Stengel und im 4. Jahr fliegen die Jungbienen wieder aus). Die Massnahme wurde auf fünf Betrieben umgesetzt. Vier davon haben die Königskerzen an geeigneten Standorten ausgesät und sollten diese dann vier Jahre lang stehen lassen. Leider sind die Königskerzen entweder nicht gut aufgelaufen, wurden vom Angestellten gejätet oder wurden wegen Unkrautdruck vorzeitig abgeschnitten. Nur bei einem Betrieb standen die Königskerzen mind. 4 Jahre lang mit einem typischen Nesteingang einer Dreizahnstengelbiene (Abbildung 8).



Abbildung 8: Stehende Königskerzen

Die Massnahme ist sehr spezifisch und nur auf Betrieben umsetzbar, die gute Artenkenntnisse besitzen und die sich nicht an den toten stehenden Stengel stören. Der Standort muss sehr nährstoffarm sein, dass dieser 4 Jahre lang nicht gemäht werden muss. Eine breite Umsetzung ist kaum möglich.

Brombeerstengel 1

Brombeerstengel sind auch geeignete Stengel für Markstengelnister (Abbildung 9). Brombeerstengel wurden zu einer Länge von ca. 50 cm Länge zugeschnitten und jeweils fünf Stengel zusammen zu einem Bündel gebunden und senkrecht aufgehängt. Die Stengel sollten etappenweise erneuert werden. Die Brombeerstengel wurden sehr gut angenommen (auf einem Betrieb zu 100%). Im Projekt haben wir gelernt, dass auch Himbeerstengel geeignet sind.



Abbildung 9: Aufgehängte Brombeerbündel mit einem Stengel im Loch einer Wildbiene

Die Massnahme ist einfach umzusetzen und zu kontrollieren und wäre daher eine geeignete und einfache Massnahme für die breitere Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben. Zu definieren wäre die Anzahl Stengel resp. Bündel, die jährlich vorhanden sein sollten.

Brombeerstengel 2

Eine weitere Massnahme die Marknister mit Brombeerstengel zu fördern ist im Brombeergestrüpp selber. Das heisst, überhängende Brombeerranken sollen jährlich im Winter gekappt werden. In diesen aufgeschnittenen Brombeerstengeln können die Wildbienen dann das Mark ausnagen und ihre Nistzellen anlegen. Mit diesen Brombeergestrüpp schafft man damit einen wichtigen Nistplatz für Markstengelnister und erhält eine wichtige Nahrungsquelle für viele Wildbienenarten. Die Ausdehnung der Brombeeren muss allerdings klar definiert werden.

Die Massnahme ist einfach umzusetzen. Sie wird für Betriebe empfohlen, die bereit sind, den Brombeeren Raum zu lassen und sie gleichzeitig im Zaum zu halten.

4.3.4 Brachenister

Hummeln leben wie Honigbienen in Völkern und legen ihre Nester gerne an der Erdoberfläche in der Bodenstreu an. Eine Massnahme, um dies zu imitieren, ist eine Wiesenbrache, dh. einen Streifen in einer Wiese, der über zwei Jahre nicht geschnitten wird.

Im Rahmen der wildbienenspezifischen Massnahme wurde mit einem Betrieb eine Wiesenbrache vereinbart. Das Vernetzungsprojekt Labiola Biodiversität im Kt. AG anerkennt Wiesenbrachen als Vernetzungsmassnahme, deshalb wurde diese Massnahme dann in den Labiola Vertrag integriert und via wildbienenspezifische Vereinbarung nicht nochmals vergütet.

Die Massnahme funktioniert sehr gut. Ist aber nur in Wiesen zu empfehlen, deren Pflanzenbestand sich durch diese Wiesenbrache nicht verschlechtert. Ist die Wiese angemeldet beim Bund als

extensiv genutzte Wiese, ist die Bundesvorgabe, dass diese jährlich mind. einmal geschnitten wird. Deswegen sollte zuerst abgeklärt werden, wo eine solche Wiesenbrache möglich ist (im Kt. AG bis 5- 10% einer Wiese).

5 Erfahrung aus Sicht der Beratung

Bei den Beratungen auf den Betrieben wurden sehr unterschiedliche Situationen angetroffen. Einige LandwirtInnen waren sehr gut vorbereitet und haben selber Vorschläge unterbreitet, wo sie welche Massnahme umsetzen möchten, waren sehr interessiert und haben den Besuch von einem Spezialisten sehr geschätzt. Ein Betrieb wiederum nahm sich kaum Zeit für ein Gespräch und zeigte kaum Bereitschaft, den Sinn der Massnahmen zu verstehen. Er kommunizierte danach, dass er es damals nicht verstanden hat, dass es wichtig gewesen wäre, sich dafür Zeit zu nehmen und bereute es, den Besuch zu wenig ernst genommen zu haben. Das heisst, es sollte vorneweg abgeklärt werden, ob die Betriebe diese Beratung wirklich wollen und offen sind dafür und ob die Bereitschaft da ist, diese Massnahmen zu verstehen und falls ja, sollte ihnen ans Herz gelegt werden, sich dafür auch wirklich Zeit zu nehmen.

Die Vorgehensweise mit dem Versand von Informationen im Vorfeld und der einzelbetrieblichen Beratung, bei der spezifisch auf die Bedürfnisse einer LandwirtIn eingegangen werden kann, wird als sehr nachhaltig eingestuft. Das Potential ist allerdings noch nicht voll ausgeschöpft. Ideal wäre, die Beratungsperson/en könnten die landwirtschaftliche Nutzfläche der Betriebe vorher eigenständig anschauen und der LandwirtIn dann Vorschläge unterbreiten, wo welche Massnahmen ideal umzusetzen wären. Damit könnten sich die Beratungspersonen Massnahmen besser überlegen und überall vorschlagen und nicht nur an diesen Standorten, an denen sie die LandwirtIn hinführt.

Auch wenn sich die LandwirtInnen zu Beginn weg mit der Umsetzung der Massnahme befassen, tauchen dann bei der Umsetzung Fragen auf. Deswegen ist zu empfehlen, 2-4 Jahre nach der Beratung mit den LandwirtInnen nochmals Kontakt aufzunehmen, um die Umsetzung zu besprechen. Bei diesem Gespräch können Details berichtigt und damit die Qualität der Massnahme verbessert werden.

6 Fazit

Die Wildbienenspezifischen Massnahmen auf landwirtschaftlichen Betrieben zur Sicherung und Förderung von seltenen und spezialisierten Arten ist möglich und hat eine positive Wirkung auf diese Wildbienenarten. Die Vorgehensweise kann übertragen werden auf andere Regionen in der Schweiz. Unsere Empfehlung ist, den Fokus auf Regionen zu legen, in denen seltene und spezialisierte Arten bekannt sind und bei denen das lokale Aussterben verhindert werden soll.

Wichtige Grundlagen für die Umsetzung von Wildbienenspezifische Massnahmen ist die Kenntnis über das Vorkommen der seltenen Wildbienen in der Region, Kenntnis über deren Nahrungspflanzen und Nistmöglichkeiten und Betriebe, die bereit sind, solche Massnahmen umzusetzen.

Voraussetzungen für einen Betrieb ist die Bereitschaft spezielle Massnahmen umzusetzen, um eine seltene Art zu fördern und zu erhalten. Wichtig ist, dass die beratenen LandwirtInnen

verstehen und den Sinn dahinter erkennen, warum sie eine Massnahme umsetzen und welche Aspekte dabei wichtig sind, damit die Massnahme korrekt umgesetzt wird. Ausserdem ist die Arbeit auf einem Betrieb bereits sehr vielfältig und arbeitsintensiv. Mit der Vereinbarung solcher spezifischer Massnahmen auf dem Betrieb verpflichtet sich eine Landwirtin für eine weitere spezielle Aufgabe, die im Arbeitsalltag nicht vergessen werden darf. Die Massnahmen unterscheiden sich in der Pflegeintensität und Wirksamkeit. Nicht jede Massnahme passt auf jeden Betrieb, dies sollte bei der Beratung unbedingt berücksichtigt werden.

Die Kosten der Beratung und Umsetzung der Wildbienenspezifischen Massnahme sind relativ hoch. Die einzelbetriebliche Beratung auf den Betrieben mit dem Verfassen der Vereinbarungen für jeden einzelnen Betrieb ist sehr zeitintensiv (ca. 1 - 2 AT pro Betrieb) und ist dementsprechend mit Kosten verbunden. Die einzelbetriebliche Beratung wird allerdings auch sehr geschätzt und als nachhaltig eingestuft.

Wildbienen sind Sympathieträger und Sinnbild für eine gesunde Umwelt. Wird die Vielfalt der Wildbienen gefördert, wird ein vielfältiges Blütenangebot und eine kleinstrukturierte Kulturlandschaft gefördert. Von diesen Blüten und Strukturen profitieren auch andere Insektengruppen. Durch die Bestäubungsleistung sind die Bienen auch von hoher Wichtigkeit für die Landwirtinnen. Damit sind Wildbienen ideale Brückenbauer zwischen Landwirtinnen und Personen, denen die Förderung der Biodiversität am Herzen liegt.

Literatur:

Zurbuchen A.; Müller A. 2012: Wildbienenschutz- von der Wissenschaft zur Praxis. Zürich, Bristol Stiftung; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 162 S.

7 Anhang

Anhang 1: Konzept 'Wildbienenspezifische Massnahme'

Anhang 2: Zusammenstellung Wildbienenenvorkommen Gemeinde Densbühren

Konzept Wildbienenspezifische Massnahme

Im Ressourcenprojekt „Bienenfreundliche Landwirtschaft“ des Kantons AG stehen neben den Honigbienen die Wildbienen im Zentrum. Wildbienen lassen sich, was die Nutzung der Pflanzenarten als Pollen- und Nektarquelle angeht, in spezialisierte und hochspezialisierte Arten (47% der Arten Mitteleuropas) und in unspezialisierte Arten (40% der Arten Mitteleuropas) einteilen. Spezialisierte und hochspezialisierte Arten sind mit 64-70% der Arten viel gefährdeter als unspezialisierte Arten (52%) (Zurbuchen und Müller, 2012). Um diese beiden Artengruppen zu fördern, braucht es zwei Ansätze:

- a) Allgemeine Massnahmen, die zur Förderung von unspezialisierten Wildbienenarten notwendig sind, wie beispielsweise Anlegen von Sandhaufen, Bunt- und Rotationsbrachen etc.
- b) Spezifische Massnahmen, die zur Förderung von hochspezialisierten und spezialisierten Wildbienenarten (z. B. Abhängigkeit einer Wildbienenart von einer einzigen Trachtpflanzenart) notwendig sind.

Diverse Massnahmen im Bienenprojekt und im Labiola (Vernetzungsprojekt Kt. AG) fördern eher wenig spezialisierte Wildbienenarten. Die spezifischen Massnahmen müssen auf das kleinräumige Vorkommen der hochspezialisierten Wildbienen angepasst werden; diese können nicht durch allgemeine Massnahmen gefördert werden. Das Projekt hat deshalb Massnahme 9 (vgl. Projektunterlagen) vorgesehen: Wildbienenspezifische Massnahmen. Bei dieser Massnahme wird das Wildbienen-vorkommen im Kt. AG zusammengestellt und darauf basierend Massnahmen vorgeschlagen und umgesetzt. In diesem Konzept wird erläutert, wie bei der Umsetzung dieser Massnahme vorgegangen werden soll:

Die ‚Wildbienenspezifische Massnahme‘ wird spezifisch auf jeden Betrieb, der diese Massnahme anmeldet, zugeschnitten. In einem ersten Schritt werden das spezifische Vorkommen von Wildbienenarten und deren Bedürfnisse (Nahrung, Nistmöglichkeit und kurze Distanzen zwischen den beiden Ressourcen), die Struktur des Betriebs und die Bereitschaft des Betriebsleiters bestimmte Massnahmen umzusetzen, erhoben. Die Massnahmen werden vom Wildbienenspezialisten Dr. Andreas Müller vom Büro Natur Umwelt Wissen im Rahmen einer betriebsspezifischen Beratung vorgeschlagen und mit dem Landwirten besprochen. In einem zweiten Schritt werden die geplanten Massnahmen in einer Vereinbarung (Trägerschaft – Landwirt) festgehalten und müssen bis und mit 2022 auf dem Betrieb umgesetzt werden.

Im Rahmen der ‚Wildbienenspezifischen Massnahme‘ sollen 12 Projekte auf 12 Betrieben umgesetzt werden. Damit die Massnahmen möglichst lange erbracht und für eine möglichst lange Zeitspanne finanziert und begleitet werden können, werden die Projekte in den Jahren 2017 -2019 umgesetzt.

Die Beiträge für diese Massnahmen dürfen jährlich nicht höher als 500Fr/ Massnahme betragen. Die Vereinbarungen müssen dem BLW nicht vorgelegt werden.

Beitrag zum Projektziel:

Biodiversität: Auf 12 Betrieben werden punktuell spezifische Massnahmen zur Sicherung und Förderung von seltenen, lokal noch vorkommenden wildlebenden Wildbienenarten (Rote Liste stark gefährdet oder gefährdet) in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet getroffen. Dieser Beitrag wird auf lokaler Ebene geleistet.

Beitrag zum Lernziel:

Aus dieser ‚Wildbienenspezifischen Massnahme‘ kann gelernt werden, ob dieses Vorgehen zur Sicherung und Förderung von lokal spezialisierten noch vorkommenden Wildbienenarten auf Landwirtschaftsbetrieben in dieser Form wirkungsvoll ist. Dabei wird Wissen generiert ob diese Vorgehensweise auf andere Regionen der Schweiz übertragbar ist und welche Mittel und Grundlagen dafür benötigt werden.

Zeitplan:

Frühling: Landwirte melden ihr Interesse an der Umsetzung einer ‚Wildbienenspezifischen Massnahme‘ auf Ihrem Betrieb.

Frühling bis Herbst: Dr. Andreas Müller stellt die Rote Liste Wildbienenarten und deren Bedürfnisse, die in dieser biogeografischen Region vorkommen, zusammen (bildliches Dokument, siehe Anhang). Die Informationen nimmt er aus der vorhandenen Datenbanken (CSCF) Stand 1. März 2018. Diese Zusammenstellung wird eine Woche vor dem Beratungstermin dem Landwirt zur Vorbereitung geschickt.

Vor dem Beratungstermin erfolgt eine Flurbegehung auf den ökologisch interessanten Flächen des Betriebs (Dr. Andreas Müller und Beatrix Vonlanthen oder Michel Fischler). Beim Beratungstermin werden dann dem Landwirt die wichtigsten Wildbienenarten, die in der biogeografischen Region vorkommen, vorgestellt und konkrete Massnahmen vorgeschlagen. Ausserdem berät der Spezialist, auf was bei der Umsetzung speziell zu achten ist, damit die Qualität der Massnahme stimmt. Über die besprochenen Massnahmen wird eine Vereinbarung entworfen und vom Landwirt und von der Trägerschaft Bienenprojekt Kt. AG unterzeichnet.

Umsetzungs- und Wirkungskontrolle:

Für die Umsetzungs- und Wirkungskontrolle dieser ‚Wildbienenspezifischen Massnahme‘ ist ein dreistufiges System vorgesehen:

1. Stufe: Beratung durch Experten und Wahl der Massnahmen

Durch die Zusammenstellung über die Vorkommnisse der Wildbienenarten pro biogeografischen Region im Kt. Aargau und durch die betriebsspezifische Beratung durch den Wildbienenexperten wird sichergestellt, dass nur Massnahmen getroffen werden, die lokal vorkommende Wildbienenarten auch fördert. Der Wildbienenspezialist kann ausserdem im Gespräch mit dem Landwirt auf kleine aber sehr wichtige Aspekte der Massnahmen hinweisen, dass diese im Sinne der Wildbienen auch gut umgesetzt werden und die Qualität der Massnahme stimmt.

2. Stufe: Zwischenbeurteilung der Umsetzung der Massnahmen

Aus der Erfahrung von der gesamtbetrieblichen Beratung zur Biodiversitätsförderung im Kt. AG bringt eine Zwischenbeurteilung der umgesetzten Massnahmen einen grossen Mehrwert für die Biodiversität. Ist die Massnahme mangelhaft umgesetzt, kann der Landwirt nochmals auf die wichtigen Aspekte bei der Umsetzung hingewiesen werden und der Landwirt hat die Möglichkeit die Qualität der Massnahme zu erhöhen, damit die Massnahme von Bienen auch genutzt werden kann. Ausserdem kann der Wildbienenexperte dem Landwirten eine Rückmeldung von gesichteten Wildbienen oder Spuren von Wildbienen geben, was für die Landwirte sehr motivierend ist.

3. Wirkungsnachweis der umgesetzten Massnahmen

Die Umsetzung eines Wirkungsnachweises für die Wildbienenspezifischen Massnahme wurde an einem Workshop mit dem FIBL und dem Agroscope besprochen. Das Fazit aus diesem Workshop war:

- Die richtige Wahl der Massnahmen und die einwandfreie Umsetzung der Massnahmen garantieren die gewünschte Wirkung, dh. Stufe 1 und 2 garantieren bereits eine hohe Qualität der Massnahmen.
- Bei der Umsetzungskontrolle soll eine einfache Beurteilung durchgeführt werden, ob die Massnahmen von Wildbienen angenommen wurden oder nicht (nicht wissenschaftlich und nicht artspezifische Aufnahmen)
- Die Anzahl Wiederholungen der umgesetzten Massnahmen ist zu gering um wissenschaftlich stichhaltige Aussagen zu machen.
- Priorität des Wirkungsmonitorings im Projekt soll bei der Wildbienenenvielfalt liegen und nicht bei einzelnen Zielarten
- Bei der Umsetzungskontrolle (Stufe 2) sollen die Landwirte dahingehend beraten werden wie eine möglichst nachhaltige und langfristige Wirkung für die Wildbienen zu erzielt werden kann.

Dieses Fazit werden wir befolgen und im Rahmen der Wildbienenspezifischen Massnahme keine wissenschaftlichen Untersuchungen durchführen.

Mit dieser Vorgehensweise für die Umsetzung der ‚Wildbienenspezifischen Massnahme, gekoppelt mit der dreistufigen Umsetzungs- und Wirkungskontrolle kann dieses Ressourcenprojekt einen grossen Beitrag zur Sicherung und Förderung von lokal vorkommenden gefährdeten Wildbienenarten leisten. Sind diese Massnahmen einmal angelegt und die Landwirte von der Wirkung der Massnahme überzeugt, sind sie bereit, die Massnahme auch nach Projektende weiter zu erbringen.

Literatur:

Zurbuchen A.; Müller A. 2012: Wildbienenschutz- von der Wissenschaft zur Praxis. Zürich, Bristol Stiftung; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 162 S.

Wildbienen-Förderung in der Gemeinde Densbüren

Auf Gemeindegebiet von Densbüren und Umgebung kommen aktuell mindestens 14 seltene Wildbienenarten vor:

- Weissdorn-Sandbiene (*Andrena bucephala*)
- Dichtpunktierte Körbchen-sandbiene (*A. combinata*)
- Fingerkraut-Zwergsandbiene (*Andrena falsifica*)
- Pippau-Sandbiene (*Andrena fulvago*)
- Knautien-Sandbiene (*Andrena hattorfiana*)
- Grosse Harzbiene (*Anthidium byssinum*)
- Weissfleckige Wollbiene (*Anthidium punctatum*)
- Wald-Pelzbiene (*Anthophora furcata*)
- Runzelwangige Schmalbiene (*Lasioglossum puncticolle*)
- Dreizahn-Schmalbiene (*Lasioglossum tricolor*)
- Langobarden-Furchenbiene (*Halictus langobardicus*)
- Filzzahn-Blattschneiderbiene (*Megachile pilidens*)
- Rothaarige Schneckenhausbiene (*Osmia rufohirta*)
- Schencks Blutbiene (*Sphecodes schenckii*)



Die Knautien-Sandbiene sammelt den Pollen nur auf Witwenblumen.



Die Fingerkraut-Zwergsandbiene bevorzugt das Frühlings-Fingerkraut als Pollen- und Nektarquelle.



Die Pippau-Sandbiene fliegt erst im Juni und Juli und ist deshalb auf spät geschnittene blütenreiche Wiesen angewiesen.



Weibchen der Wald-Pelzbiene verlässt sein selbst genagtes Nest in einem weissfaulen Baumstubben



Geöffnete Brutzelle einer Blattschneiderbiene, die in einem Käferfrassgang in einem toten Stamm angelegt wurde.



In markhaltigen Pflanzenstängeln nistende Arten benötigen Flächen, die nur alle drei bis vier Jahre gemäht werden (im Bild ein Nest der Wald-Pelzbiene).



Die Weissdorn-Sandbiene nistet in versäumten Bereichen von Wald- und Heckenrändern und sammelt Pollen sehr gerne auf Weissdorn.



Bereits kleine offene und lückig bewachsene Bodenstellen dienen bodennistenden Wildbienen als wichtige Nistplätze.



Diese rund 50cm hohe Abbruchkante ist Nistplatz der seltenen Runzelwangigen Schmalbiene.

Die wichtigsten **Ressourcen**, welche diese seltenen Wildbienenarten zum Überleben benötigen, sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Mit den aufgeführten **Massnahmen** können diese seltenen sowie viele weitere Wildbienenarten wirksam gefördert werden.

Benötigte Ressourcen	Massnahmen	Anzahl profitierende seltene Arten
Blüten als Nahrungsquelle		
Acker-Witwenblume	Einsaat/Förderung von Witwenblumen (<i>Knautia arvensis</i>) an geeigneten Stellen	1
Strauchige Rosengewächse (v.a. Weissdorn)	Anpflanzung/Förderung von Weissdorn (<i>Crataegus</i>) und anderen strauchigen Rosengewächsen in Hecken und an Waldrändern	1
Fingerkraut	Einsaat/Förderung des Frühlings-Fingerkrautes (<i>Potentilla neumanniana</i>) an mageren Stellen	1
Schmetterlingsblütler	Einsaat/Förderung von folgenden besonders geeigneten Arten: Hornklee (<i>Lotus corniculatus</i>), Hufeisenklee (<i>Hippocrepis comosa</i>), Rotklee (<i>Trifolium pratense</i>), Saat-Espartette (<i>Onbrychis viciifolia</i>), Wicken (<i>Vicia</i>)	4
Spät blühende Wiesenpflanzen	(Teil)Schnitt blütenreicher Wiesen auf relativ nährstoffarmen Böden nicht vor Anfang bis Mitte Juli	1
Kontinuierliches Angebot an Blüten vom Frühling bis Spätsommer	Zeitlich versetztes Mähen von Böschungen, Wiesen, Wegrändern etc.	4
Kleinstrukturen als Nistplätze		
Offene und gut besonnte Bodenstellen in horizontal bis schwach geneigten Böden	i) Erhaltung bzw. Neuschaffung von offenen Bodenstellen z.B. durch oberflächliches Abschürfen der Vegetation auf einigen Quadratmetern Fläche an Böschungen, Wegrändern u.ä. ii) Schaffung von lückig bewachsenen Ruderalstellen auf gut abtrocknenden, steinigen und eher nährstoffarmen Böden	8
Steilwände	Erhaltung bzw. Neuschaffung von stark geneigten bis vertikalen, vegetationslosen Abbruchkanten, Steilwänden etc., die mindestens einen halben Meter hoch sind	1
Mehrfährige Stängelstrukturen in gut besonnener Lage	i) Erhaltung/Förderung von Dornestrüppen mit alten Ranken ii) Aussaat von Königskerzen (<i>Verbascum</i>) auf lückig bewachsenen Böden, die nicht allzu nährstoffarm sind, und darauffolgender Verzicht der Mahd während mindestens drei Jahren	1
Ungemähte Altgras-/Brache-streifen	Abschnitte von Böschungen, Wegrändern und Waldsäumen u.ä. etappenweise nur alle zwei bis drei Jahre mähen	1
Totholz in gut besonnener Lage	i) Schonung/Auslegen von dicken, gut abgetrockneten und mit Bohrlöchern/Käferfrassgängen versehenen Totholzstämmen, -stubben u.ä. an gut besonnten Stellen ii) Schonung/Auslegen von dicken morschen Totholzstrukturen, die im Anfangsstadium der Weissfäule sind, an gut besonnten Stellen	2

Anhang 3: Bewertung der Auswirkungen verschiedener Anbaumethoden auf Wildbienen

Ziel und Methode

Um die Auswirkungen verschiedener Anbaumethoden (Konventionell, Ökologischer Leistungsnachweis ÖLN ohne Pestizide und biologischer Ackerbau) auf die Artenvielfalt von Wildbienen zu bewerten, wurden die Wildbienenpopulationen mit Trio-Panschalen und Kescherfängen entlang eines Transekts analysiert. Die Trio-Panschalen wurden viermal pro Jahr für etwa 30 Stunden ausgebracht. In denselben Zeiträumen wurden entlang eines 40 m langen Transekts für 15 Minuten Kescherfänge durchgeführt. Die Ackerbegleitflora wurde zweimal pro Jahr erfasst. Pro Feld wurde in vier Quadraten je 1 m² die Bodendeckung (%) von allen Begleitpflanzen aufgenommen und die Pflanzen auf deren Art bestimmt. Dies ergab folgende Begleitparameter: a) Bodendeckung (%) von Begleitpflanzen und Anzahl Arten; b) Bodendeckung (%) von Kräutern und Anzahl Arten; c) Bodendeckung (%) von blühenden Kräutern. Zudem wurde die Bestandsdichte des Getreides (Anzahl Halme / m²) pro Feld in vier 1 m² Quadraten erhoben. Bei der Auswahl der Standorte wurde darauf geachtet, dass die Paare (Konventionell und ÖLN ohne Pestizide) oder Trios (Konventionell, ÖLN ohne Pestizide und biologischer Ackerbau) von ähnlichen Landschaften umgeben waren. Die Felduntersuchungen wurden auf 43 Flächen (21 im Jahr 2017 und 22 im Jahr 2020) in vier Regionen des Kantons Aargau durchgeführt. Es wurden Regionen mit folgenden Gemeinden ausgewählt: (i) Möhlin, Zeiningen, Zuzgen und Hellikon, (ii) Herznach, Densbüren und Thalheim, (iii) Wil und (iv) Baldingen, Lengnau, Endingen und Würenlingen.

Wichtigste Ergebnisse

Die Kräuterdeckung unterscheidet sich je nach Anbaumethode

In den beiden Untersuchungsjahren wurden unterschiedlich bewirtschaftete Wintergetreideflächen im Hinblick auf ihre Begleitpflanzen und die damit verbundene Wildbienenfauna untersucht. Die Deckung der Begleitpflanzen ($\chi^2_{2,30} = 172.090$, $P < 0.001$), die Deckung der Kräuter ($\chi^2_{2,30} = 112.460$, $P < 0.001$), die Anzahl der Pflanzenarten ($\chi^2_{2,22} = 23.037$, $P < 0.001$) und die Anzahl der Kräuterarten ($\chi^2_{2,22} = 19.276$, $P < 0.001$) unterschieden sich zwischen den Bewirtschaftungsformen (Tab. 1). Die Getreidehalmdichte unterschied sich auch zwischen den Anbaumethoden ($\chi^2_{2,20} = 8.878$, $P = 0.012$), sie war in den ÖLN-Flächen ohne Pestizide und in den Bio-Anbauflächen signifikant niedriger als in den konventionellen Flächen. Die Getreidesorte hatte keinen Einfluss auf die Getreidehalmdichte ($\chi^2_{2,20} = 1.214$, $P = 0.545$).

Tab. 1 Mittelwerte $\pm$ Standardfehler der Begleitpflanzenparameter und der Getreidedichte (Anzahl Halme / m²) in Getreidefeldern mit verschiedenen Anbausystemen: Konventionell, ÖLN ohne PSM und biologisch (Bio). Unterschiedliche Buchstaben innerhalb eines Parameters zeigen signifikante Unterschiede ($P < 0.05$) zwischen den Anbausystemen.

Parameter	Anbausystem		
	Konventionell	ÖLN ohne PSM	Bio
Begleitpflanzen			
Begleitpflanzendeckung (%)	2.4 $\pm$ 1.12 (A)	12.9 $\pm$ 3.9 (B)	12.1 $\pm$ 2.11 (B)
Kräuterdeckung (%)	1.7 $\pm$ 1.05 (A)	9.6 $\pm$ 3.36 (B)	8 $\pm$ 2.07 (B)
Anzahl Pflanzenarten	4.9 $\pm$ 1.02 (A)	10.4 $\pm$ 1.42 (B)	15 $\pm$ 1.91 (B)
Anzahl Kräuterarten	4 $\pm$ 0.96 (A)	8.8 $\pm$ 1.22 (B)	12.1 $\pm$ 1.83 (B)
Getreidehalmdichte	568.9 $\pm$ 29.65 (A)	462.6 $\pm$ 35.6 (B)	469.7 $\pm$ 25.89 (B)

Die Häufigkeit von den Wildbienen hing von den Begleitpflanzen und Kräuterdeckung ab

Insgesamt wurden über die beiden Untersuchungsjahre 2,341 Wildbienenindividuen und 64 Arten nachgewiesen. Die Anbaumethode konnte die Anzahl der Wildbienenindividuen und -arten nicht erklären (Tab. 2). Die Anzahl der Wildbienenindividuen wurde am besten durch die Bodendeckung der Begleitpflanzen erklärt (Abb. 1) und war grösser, wenn ein Feld eine höhere Dichte an Begleitpflanzen aufwies ($\chi^2_{1.31} = 6.741$, $P < 0.01$). Die Anzahl der Wildbienenarten korrelierte positiv mit der Anzahl der Kräuterarten (Abb. 1, $\chi^2_{1.23} = 4.805$, $P = 0.028$).

Tab. 2 Mittlere Anzahl $\pm$ Standardfehler der Wildbienenindividuen und -arten in den drei Anbausystemen konventionell, ÖLN ohne PSM und biologisch (Bio).

Wildbienen	Anbausystem		
	Konventionell	ÖLN ohne PSM	Bio
Anzahl Individuen	44.3 $\pm$ 6.01	57.1 $\pm$ 7.26	63.6 $\pm$ 6.42
Anzahl Arten	12.5 $\pm$ 0.77	13.4 $\pm$ 0.88	13.8 $\pm$ 0.74

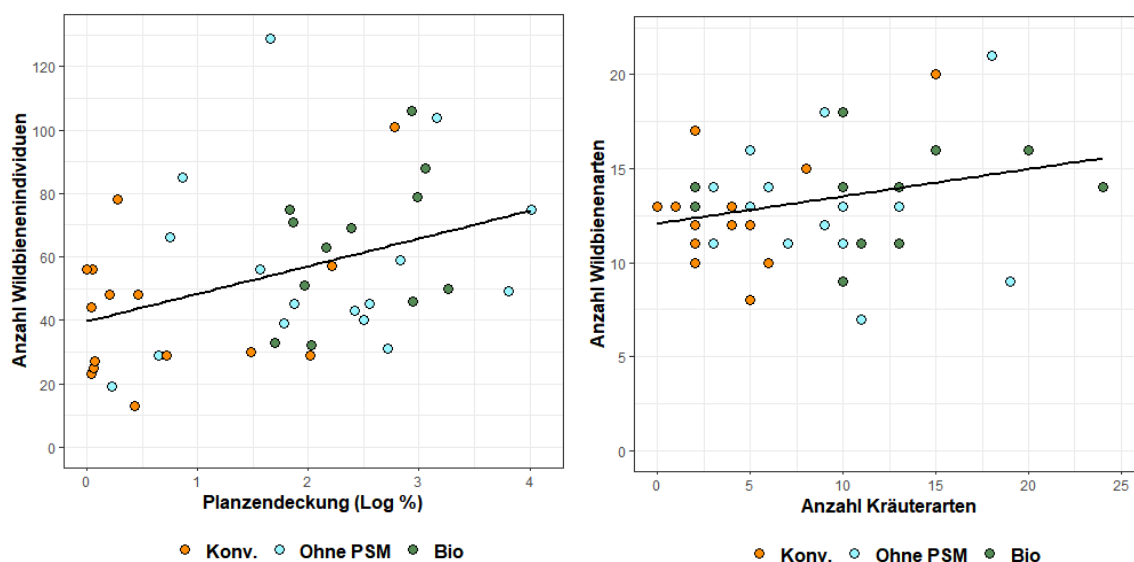


Abb. 1 Anzahl Wildbienenindividuen in Zusammenhang mit der Bodendeckung der Begleitpflanzen ($\chi^2_{1.31} = 6.741$, $P < 0.01$) und mit der Anzahl Kräuterarten in verschiedenen Anbausystemen: konventionell, ÖLN ohne PSM und biologisch (Bio). Die Begleitpflanzendeckung wurde mit dem natürlichen Logarithmus transformiert, um eine bessere Modellierung zu erzielen.

Empfehlungen

Die Wildbienenpopulationen im Getreideanbau können durch die Begleitpflanzen und einen höheren Anteil an Kräuterarten gefördert werden. Der positive Einfluss der Anzahl der Kräuterarten auf die Anzahl der Wildbienenarten lässt sich wahrscheinlich durch eine höhere Verfügbarkeit von Nektar- und Pollenquellen erklären.

Anhang 4: Reben mit offenem Boden für bodennistenden Bienen

Ziel und Methode

Ziel dieser Studie war die Schaffung von offenen Bodenflächen in den Reben, um Nistmöglichkeiten für bodennistende Wildbienenarten zu fördern. Um die Auswirkungen offener Bodenflächen auf die Artenvielfalt und die Abundanz von Wildbienen zu bewerten, analysierten wir die Wildbienenpopulationen mit Trio-Panschalen und den Median des Eindringwiderstands des Bodens in den obersten 10 cm als Indikator für die Eignung des Bodens zum Nisten. Die Fallen wurden von Ende April bis Mitte August an fünf Terminen für jeweils drei Tage bei stabilen Wetterbedingungen für etwa 30 Stunden aufgestellt. Die gefangenen Wildbienen wurden bis auf Artniveau bestimmt und in bodennistende oder oberirdisch-nistende Arten eingeteilt. Dazu wurde die Begleitvegetation in den Reben erfasst. Die Erfassung der Vegetationsbedeckung erfolgte gleichzeitig mit dem Fang der Wildbienen an fünf Terminen. Dabei wurde pro Untersuchungsstandort in vier Quadraten je 1 m² die prozentuale Blütendeckung aufgenommen. Zusätzlich wurden zweimal in der Saison im Juni und August die Kräuterpflanzen bis auf das Artniveau bestimmt. Sieben Weinberge mit der Massnahme "Reben mit offenem Boden" wurden ausgewählt. Für jeden dieser Weinberge wurde ein Weinberg ohne zusätzlichen geöffneten Boden in unmittelbarer Nähe als Kontrollfläche definiert. Die geöffneten Bodenflächen befanden sich alle am Rande des Weinbergs, meist in der Wendezone der Landmaschinen und in einem Abstand von 100-500 m zur Kontrollfläche.

Wichtigste Ergebnisse

Insgesamt wurden in den Jahren 2021 und 2022, 57 bzw. 39 Wildbienenarten aus 6 bzw. 4 Familien nachgewiesen. Im Jahr 2021 waren etwa 82% der Wildbienenarten und 96% der Individuen bodennistende Bienen, und im Jahr 2022 waren etwa 90% der Arten und 99% der Individuen bodennistende Bienen (Abb. 2).

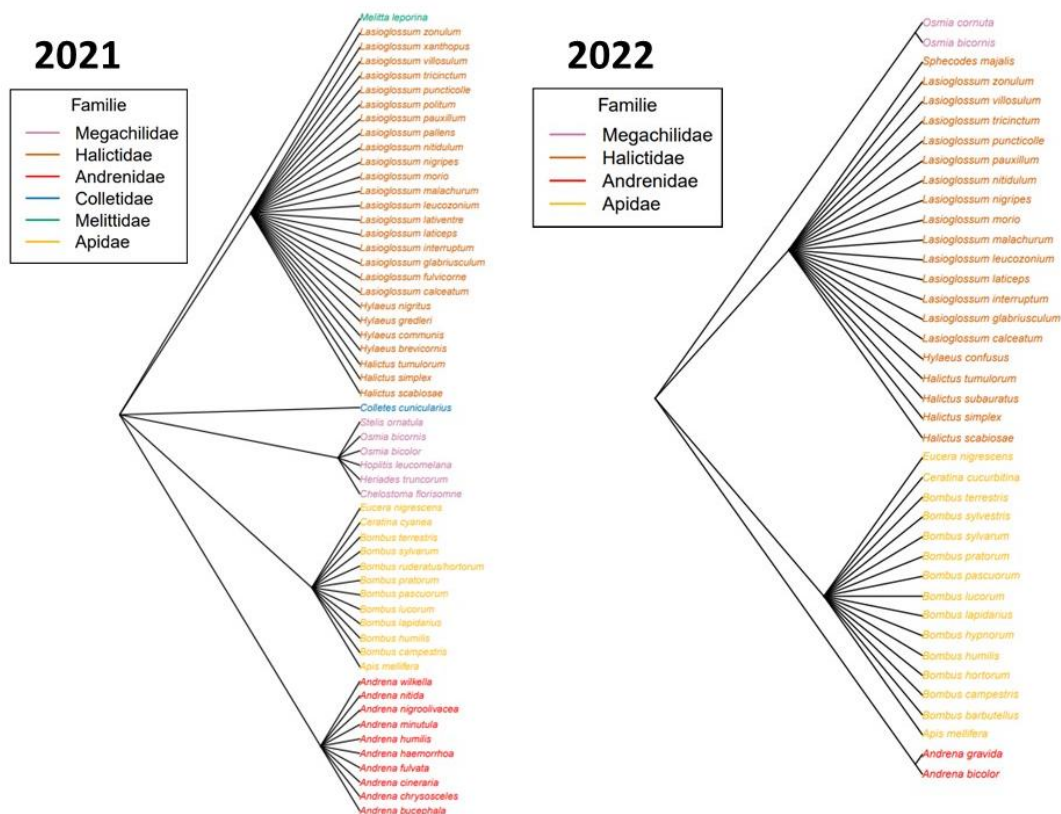


Abb. 2 Dendrogramme zur Illustration der Wildbienenarten die in den Jahren 2021 und 2022 in den 14 untersuchten Weinbergen erfasst wurden.

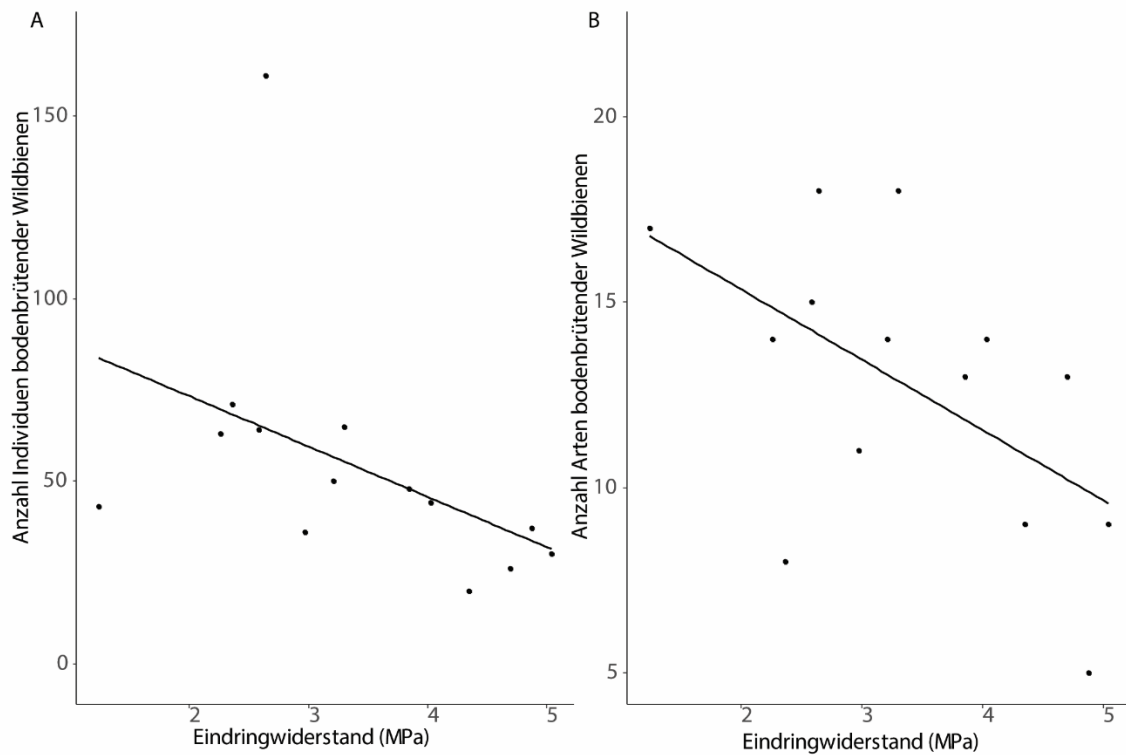
Die Daten aus dem Jahr 2021 deuten darauf hin, dass je mehr Kraft die bodennistenden Wildbienenindividuen aufwenden mussten, um in den Boden einzudringen (Eindringwiderstand), desto weniger Individuen waren in den Reben vorhanden. Die Anzahl der bodennistender Wildbienenindividuen korrelierte im 2021 negativ mit dem Eindringwiderstand (MPa) in den obersten 10 cm des Bodens (Abb. 3, GLMM, $\chi^2 = 9,2999$, $df = 1$, $P = 0,002292$), hatte aber keinen Einfluss auf die Anzahl der Arten (Abb. 3, LME, $F = 4,4547$, $df = 1$, $P = 0,05851$). Die Individuenzahl korrelierte positiv mit der Blüten- (GLMM, $\chi^2 = 15,6209$, $df = 1$, $P \leq 0,001$) und Kräuterdeckung (GLMM, $\chi^2 = 4,9413$, $df = 1$, $P = 0,02622$). Im Jahr 2022 wurden weder die Anzahl der Individuen (Abb. 3, GLMM, $\chi^2 = 1,7461$, $df = 1$, $P = 0,1864$) noch die Anzahl der Arten ((b): LME, $F = 0,0290$, $df = 1$, $P = 0,8678$) der bodennistenden Wildbienen von dem Eindringwiderstand (MPa) in den obersten 10 cm sowie von den Blüten- und Kräuterdeckungen beeinflusst.

Empfehlungen

Unsere Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen der Bodenstruktur - möglicherweise als Ergebnis der Bodenbearbeitung - und bodennistenden Wildbienen deuten darauf hin, dass eine schonende, oberflächliche Bodenbearbeitung die Nistmöglichkeiten für verschiedene Wildbienenarten in Weinbergen positiv beeinflussen kann, auch wenn die Ergebnisse von Jahr zu Jahr variieren können.

Während offene Bodenoberflächen Nistplätze fördern können, können Blumenreservoirs die Anzahl blühender Arten potenziell erhöhen und Nahrungsquellen für Wildbienen bieten.

2021



2022

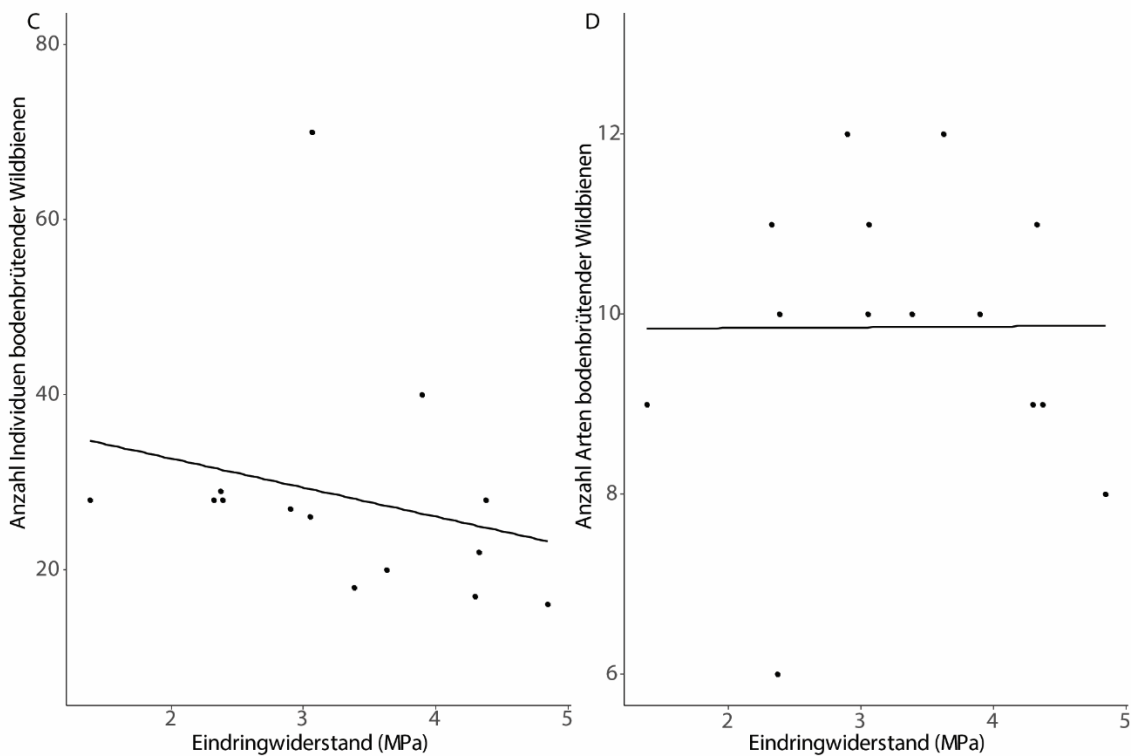


Abb. 3 Anzahl der bodennistenden Wildbienen-Individuen ((A): GLMM, $\chi^2 = 9,2999$, $df = 1$, $P = 0,002292$) und -Arten ((B): LME, $F = 4,4547$, $df = 1$, $P = 0,05851$) in Abhängigkeit vom Eindringwiderstand (MPa) in den obersten 10 cm des Bodens in den Reben in 2021. Anzahl der bodennistenden Wildbienen-Individuen ((C): GLMM, $\chi^2 = 1,7461$, $df = 1$, $P = 0,1864$) und -Arten ((D): LME, $F = 0,0290$, $df = 1$, $P = 0,8678$) in Abhängigkeit vom Eindringwiderstand (MPa) in den obersten 10 cm des Bodens in den Reben in 2022.

Anhang 5: Bewertung der Anreicherung von Buntbrachen mit zusätzlichen bienenfreundlichen Pflanzenarten

Ziel und Methode

Um zu untersuchen, ob die Anpflanzung zusätzlicher bienenfreundlicher Pflanzenarten in Buntbrachen die Anzahl und Vielfalt von Wildbienen beeinflusst, haben wir die Wildbienenpopulationen mit Kescherfängen entlang eines Transekts geschätzt. Die Wildbienenpopulationen wurden von Mai bis September 2018 und 2019 untersucht. Die zusätzlichen bienenfreundlichen Pflanzenarten waren: Leindotter (*Camelina sativa*), Acker-Glockenblume (*Campanula rapunculoides*), Gemeines Leinkraut (*Linaria vulgaris*), Silber-Fingerkraut (*Potentilla argentea*) und Ackersenf (*Sinapis arvensis*). Die Bodendeckung der spontan wachsenden und der angesäten Pflanzenarten wurde zu drei Zeitpunkten während der Saison geschätzt. Drei Parzellen von 2 m × 2 m mit einem Mindestabstand von 1 m zu den Buntbrachenrändern (3 m im Falle breiter Buntbrache) wurden verwendet. Die Untersuchungen wurden auf fünf Buntbrachen ohne und auf fünf Buntbrachen auf denen zusätzlich bienenfreundliche Pflanzenarten gesät wurden, durchgeführt. Die Versuche wurden in fünf Teilregionen des Kantons Aargau durchgeführt, in den folgenden Gemeinden: Möhlin, Hellikon, Wölflinswil, Zeihen und Wil.

Wichtigste Ergebnisse

Die Anzahl der Wildbienenindividuen ($t_{2.8} = 0.543$, $P = 0.589$) und die Artenzahl ($t_{2.8} = 0.484$, $P = 0.630$) in den Buntbrachen mit zusätzlichen bienenfreundlichen Pflanzenarten oder ohne Zusatzpflanzen waren ähnlich, wenn man die Ergebnisse der beiden Erhebungsjahre 2018 und 2019 betrachtet. Interessanterweise stieg die Zahl der Wildbienenindividuen mit zunehmendem Anteil an semi-natürliche Habitat (Extensive Wiesen, Wald, Gehölze, Hecken und Buntbrachen im Umkreis von 500 m um das Zielgebiet ($z_{1.4} = 2,305$, $P = 0,021$; Abb. 4)).

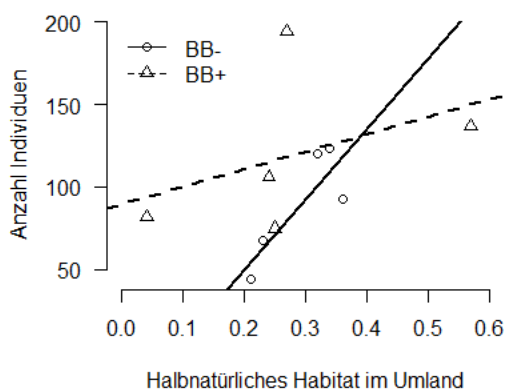


Abb. 4 Anzahl der Wildbienenindividuen in n = 10 Buntbrachen mit (BB+, gestrichelte Linie und Dreiecke) oder ohne (BB-, durchgezogene Linie und Kreise) zusätzliche bienenfreundliche Pflanzenarten im Jahr 2019.

Empfehlungen

Eine vielfältigere Mischung von Zusatzpflanzen könnte potenziell andere Bienenarten anlocken und so die Artenvielfalt und die Abundanz der Wildbienen erhöhen. Die positiven Auswirkungen der Zusatzpflanzen in den Buntbrachen werden jedoch möglicherweise erst im zweiten oder dritten Jahr nach der Aussaat deutlich. Von den fünf zusätzlichen Pflanzenarten, die in dieser Studie verwendet wurden, waren die untersuchten Flächen weitgehend vom Ackersenf *S. arvensis* dominiert, was darauf hindeutet, dass die Konkurrenzfähigkeit der Pflanzen ein wichtiger Aspekt ist, der bei der Einführung von Zusatzarten in Buntbrachenmischungen berücksichtigt werden soll.

Anhang 6: Literaturverzeichnis zu Wirkungsziel 2

- Frick, R., Fluri, P., 2001. Bienenverluste beim Mähen mit Rotationsmähwerken. *Agrarforschung* 8, 196–201.
- Hecker, L. P., Wätzold, F., Yang, X., & Birkhofer, K. (2022). Squeeze it or leave it? An ecological-economic assessment of the impact of mower conditioners on arthropod populations in grassland. *Journal of Insect Conservation*, 26, 463-475.
- Hernandez, J., Varennes, Y. D., Aebi, A., Dietemann, V., & Kretzschmar, A. (2023). Agroecological measures in meadows promote honey bee colony development and winter survival. *Ecosphere*, 14, e4396.
- Humbert, J. Y., Ghazoul, J., & Walter, T. (2009). Meadow harvesting techniques and their impacts on field fauna. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 130, 1-8.
- Humbert, J. Y., Ghazoul, J., Sauter, G. J., & Walter, T. (2010). Impact of different meadow mowing techniques on field invertebrates. *Journal of Applied Entomology*, 134, 592-599.
- Oppermann, R., Handwerk, J., Holsten, M., Krismann, A., 2000. Naturverträgliche Mähtechnik für das Feuchtgrünland. In: Voruntersuchung für das E & E - Vorhaben, ILN Singen, Bonn
- Oppermann, R., 2007. Auswirkungen landwirtschaftlicher Mähgeräte auf Amphibien. In: Laufer, H., Fritz, K., Sowig, P. (Eds.), Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart, pp. 102–108.

Anhang 7: Kleeblüte im intensiven und mittelintensiven Grünland in der blütenarmen Zeit: Nutzen für Honigbienen

Fragestellung und Methode

In einem Feldversuch wurde eruiert, welche Effekte eine einmalig während der Sommerperiode für 6 Wochen nicht gemähte Wiese mit Kleeanteilen im Vergleich zu konventionell gemähten Kleewiesen auf die Entwicklung von Honigbienenvölkern hat. Hierfür wurden keine trachtfähigen Wirtschaftsvölkern verwendet, da diese eventuell zu resilient wären, um sensitive Effekte zu messen. Ausserdem bestehen bei Wirtschaftsvölkern Einflussmöglichkeiten vorheriger Entwicklungseffekte (Auswinterungsunterschiede, Königinnenherkunft etc.), sowie ein höheres Risiko, dass während der Saison in Schwarmstimmung auftritt, was die Aussagekraft erheblich beeinflusst. Um vergleichbare Voraussetzungen zu schaffen, wurden daher für den Versuch Ende April 2022 nach gleichem Schema Jungvölker gebildet (je eine Futterwabe, Pollenwabe, Leerwabe und Brutwabe mit überwiegend verdeckelter, schlupfreier Brut, plus den von je einer Brutwabe zugefügten Ammenbienen). Diese wurden mit schlupfreifen Königinnenzellen versehen auf einem Stand ausserhalb des Flugradius der Spendervölker aufgestellt. Aufgefüllt wurden die Bienenkästen mit Mittelwänden, sodass alle Völker später nach Bedarf bauen und wachsen konnten. Die Versuchsköniginnen waren allesamt Geschwistertöchter einer instrumentell besamten Zuchtmutter (*Apis mellifera carnica*, die im Kanton Aargau häufigste Unterart), um den maternalen genetischen Hintergrund so weit wie möglich zu kontrollieren. Sie wurden alle auf dem gleichen Bienenstand frei begattet, wodurch davon auszugehen ist, dass eine hinreichende genetische Diversität aller Völker durch eine Vielzahl verschiedener aber insgesamt vergleichbarer Patrilinearitäten gegeben war. Die Königinnen einer ausreichenden Anzahl Jungvölker gingen rasch in Eilage. Nach dem Auslaufen der ursprünglich von den Spendervölkern stammenden Brut und vor der Verdeckelung der ersten eigenen Brut der jungen Königinnen wurden alle Ableger mit Oxalsäure gegen Varroa behandelt. Dies sollte Chancen erhöhen, dass sie später ohne weitere Behandlung bis Mitte August im Feld bleiben können (von den Versuchsvölkern sollte kein Honig geerntet werden). Ende Mai 2022, als die erste eigene Brut der Versuchsköniginnen zu schlüpfen begann und die meisten der ursprünglichen Ablegerbienen (von verschiedenen Spendervölkern) im Abgehen begriffen waren, wurden alle Jungvölker erstmalig der Liebefelder Völkerschätzung unterzogen (Delaplane et al., 2013, Imdorf et al., 1987). Basierend darauf wurden insgesamt 10 Gruppen à 4 Jungvölker gebildet, die im Schnitt gleich stark waren. Anfang Juni wurden diese Völkergruppen dann zufällig an 10 Standorten im Aargau verteilt: Tegerfelden, Will, Frick, Wittnau, Ueken, Asp, Erlinsbach, Suhr, Staffelbach und Stetten. Solch grosse Distanzen waren einerseits nötig, da der Flugradius einzelner Völker mehrere Kilometer betragen kann und innerhalb des Versuchs die Regionen bei grösstmöglicher geografischer Abdeckung des Kantons klar abgetrennt sein sollten. Zudem war es vergleichsweise schwierig im Kanton Aargau überhaupt Regionen zu finden, in denen die Dichte von privaten Honigbienenvölkern möglichst unter 30 Völkern pro beliebig in Frage kommenden 500m-Radius lag, sowie möglichst kein anderer Bienenstand näher als 200m lag, was ebenfalls unerwünschte Interaktionen mit den Versuchsvölkern hätte hervorrufen können. Von den 10 ausgewählten Standorten lagen je die Hälfte an einer Wiese, auf der die Kleeblütenmassnahme umgesetzt wurde, bzw. an einer konventionell bewirtschafteten Kleewiese. Nach der Aufstellung der Völker Anfang Juni 2022 wurden sie an allen Standorten drei Mal bis Mitte August alle drei Wochen mit der Liebefelder Schätzmethode bonitiert (alle Standorte jeweils innerhalb von 36 Stunden). Dabei wurde die Anzahl der Arbeiterinnen, der Brutumfang (Eier, Larven und Puppen) sowie die Vorräte (Honig und Pollen) beurteilt. Mitte August wurden alle Völker auf einen zentralen Überwinterungsstandort zusammengezogen und dort randomisiert aufgestellt. Sie wurden dann sowohl Mitte Oktober 2022 vor der Überwinterung (nach einer kontinuierlichen Fütterung und zweimaliger Varroabehandlung mit Ameisensäure im August und September), sowie danach Ende März 2023 (nach einer weiteren Winterbehandlung gegen Varroa mit Oxalsäure im Dezember) bonitiert.

Während der Aufstellung an den einzelnen Feldstandorten wurde ausserdem im Abstand von 2-3 Wochen an jedem Volk gleichzeitig und über 2 Tage eine Pollenfalle aktiviert, um Rückschlüsse auf die Pollenversorgung anstellen zu können. In diesem Zusammenhang wurden auch Kartierungen der Umgebung innerhalb eines 500 m Radius vorgenommen, sowie der Klee-Deckungsgrad auf den relevanten Wiesen erhoben. Zudem wurden die Anteile von extensivem Grünland und Waldflächen, sowie die Honigbienenendichte privater Imker in einem ein-Kilometer Radius erfasst.

Zudem wurden alle Völker während des gesamten Versuchszeitraums in regelmässigen Abständen mittels einer Totenfallzählung auf ameisengeschütztem Bodenschieber auf deren Varroabefall kontrolliert.

Resultate

Von den 40 im Frühsommer an den Versuchsstandorten aufgestellten Jungvölkern wurden 39 auf den Überwinterungsstandort gebracht, nur ein Volk (Klee-Massnahme/Frick) musste noch im Feld aufgelöst werden (die Königin wurde drohenbrütig). Obwohl alle Jungvölker zu Versuchsbeginn eher restriktiv gefüttert wurden, damit sie neben einer relativ geringen Volksstärke auch eher geringe Vorräte aufwiesen (die man jederzeit bei Bedarf hätte ergänzen können, um Schaden abzuwenden), wiesen fast alle Jungvölker an allen Standorten die erwartete Wachstumsdynamik auf. Das legt grundsätzlich nahe, dass es den Honigbienen im Aargau nirgends schlecht geht.

Statistische Modelle, die die Gruppe, also Kontroll- bzw. Massnahme sowie die zeitliche Staffelung enthielten wurden formuliert, um die Daten über alle Standorte zu analysieren (Interaktionseffekte zwischen den Gruppen und den Zeitpunkten wurden für keine Variable detektiert). Die Volksstärke, also die Population adulter Bienen (Abb. 1a) war an Kleemassnahme Standorten signifikant kleiner ($p=0.034$). Nach anfänglich gleicher Volksstärke ($p=0.871$), wuchsen die Völker an den Kontroll-Standorten vergleichsweise stärker bis Ende Juni ($p=0.049$), wohingegen die Völker der Massnahme Standorte bis im Juli auf tendenziell schwächerem Niveau stagnierten ($p=0.067$) und erst im August ($p=0.179$) an den Versuchsstandorten bzw. im Oktober am gemeinsamen Überwinterungsstandort ($p=0.177$) vergleichbar aufholten. Bemerkenswerterweise waren die Völker, die die Saison an den Massnahme Standorten verbrachten, bei der Auswinterung im darauffolgenden Frühjahr jedoch wiederum signifikant schwächer ($p=0.045$).

Der Effekt der Massnahme auf die Dynamik des Brutumfangs über die Zeit (Abb. 1b) war nachteilig ($p=0.005$). Die Bruttätigkeit an den Massnahme Standorten war nach anfänglich vergleichbaren Voraussetzungen ($p=0.512$) zu allen drei Messzeitpunkten im Feld signifikant reduziert ($p=0.003 - 0.011$), was sich nach der Zusammenführung auf dem Überwinterungsstandort im Oktober und bei jahreszeitlich bedingt generell sinkendem Brutumsatz relativierte ($p=0.445$). Im folgenden Frühjahr war die Bruttätigkeit bei den Völkern, die die vorherige Saison an Kontroll-Standorten verbrachten, jedoch signifikant höher ($p=0.043$) (Abb. 1b), was auf besser genährte Winterbienen hindeuten könnte.

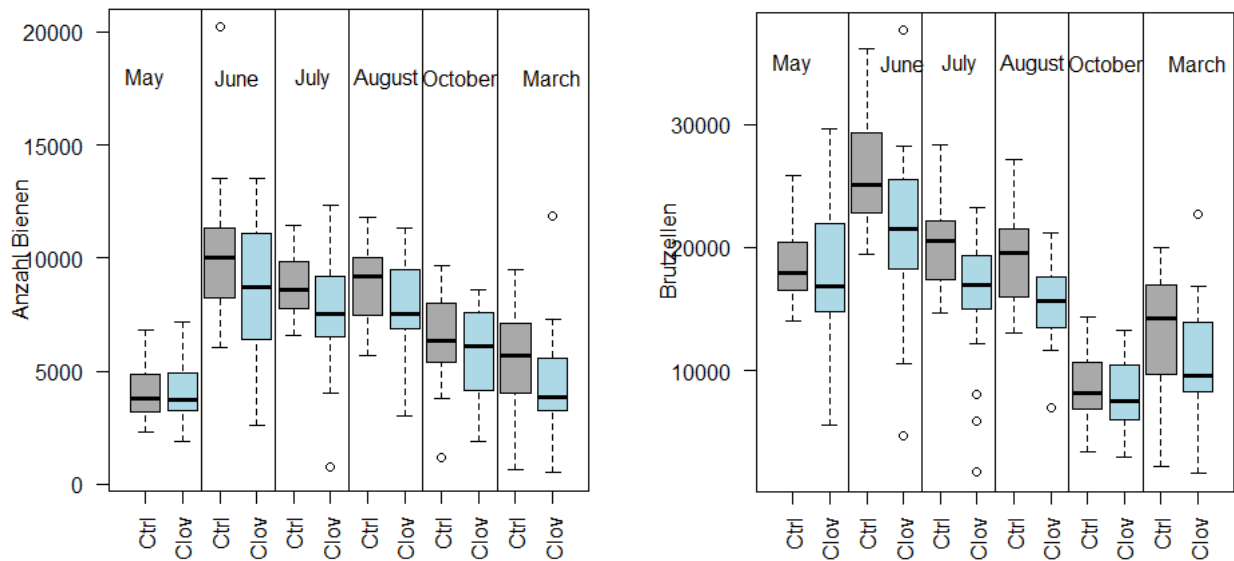


Abb. 1 Zeitliche Dynamik (Mai 2022 bis März 2023) der a) Populationen adulter Bienen und b) des Brutumfangs der Versuchsbienenvölker (Kontrolle: grau (Ctrl); Massnahme: blau (Clov)). Ende Mai befanden sich alle Völker noch an einem gemeinsamen Standort (Zeitpunkt der Gruppenzuteilung, unmittelbar vor Versuchsstart), von Anfang Juni bis Mitte August standen sie an den 10 Versuchsstandorten (5 pro Massnahme und Kontrolle mit jeweils 4 Bienenvölkern pro Standort) und danach bis zum folgenden März an einem gemeinsamen Überwinterungsstandort.

An allen Standorten wuchsen die anfangs bescheidenen Honigvorräte der Versuchsvölker an, so dass Futterknappheit im Wesentlichen ausgeschlossen werden kann (Abb. 2a), es wurde kein Massnahmeeffekt gefunden ($p=0.651$). Unterschiede zwischen den Gruppen bestanden zu keinem einzelnen Zeitpunkt ($p>0.392$). Bezogen auf die fortschreitende Saison und die wachsende Volksstärke mussten jedoch die meisten Völker Anfang August leicht zugefüttert werden (max. 2 Liter Zuckersirup pro Volk). Beide Gruppen erhielten in Summe die gleiche Menge Zuckersirup (mit Fokus auf die jeweils bedürftigsten Standorte und Völker), der August-Vergleich ist daher von imkerlichen Massnahmen beeinflusst, genauso wie der Oktober-Vergleich, bei dem die Versuchsvölker am Überwinterungsstandort bereits weitestgehend aufgefüttert waren (Abb. 2a). Diese Daten zeigen, dass beide Gruppen vor dem Winter prinzipiell gleich und ausreichend bevorratet wurden, und dass kein Volk im folgenden Frühjahr Hunger litt.

Die Pollenbevorratung in den Völkern kann zwischen Juni und August 2022 als Standort- bzw. Gruppen-spezifisch angesehen werden, während alle Völker vor und nach der Saison am gleichen Standort verbrachten (Abb. 2b). Für die Pollenvorräte wurde kein Gruppenunterschied gefunden, weder insgesamt ($p=0.391$) noch zu irgendeinem einzelnen Messzeitpunkt ($p=0.104 - 0.801$) (Fig. 6). Die Pollenversorgung der Völker war also insgesamt vergleichbar und der leicht abnehmende Trend an den Massnahme Standorten ist wohl eher die Konsequenz schwächer werdenden Brutumfangs als deren Ursache, da entsprechende Rückkopplungen innerhalb der Bienenstöcke komplex sind und Pollen im Vergleich zu Honig nicht exzessiv eingelagert wird. Die aussergewöhnlich hohe Pollenbevorratung beider Gruppen bei der Auswinterung wiederum spricht für die gute Auswahl des Überwinterungsstandortes (vor allem sehr viele Weiden), und sollte grundsätzlich eine gute Frühjahrsentwicklung erlaubt haben (Abb. 2b). Der deutliche Unterschied zu allen Zeitpunkten des Vorjahres widerspiegelt aber auch die extreme Trockenheit des Sommers 2022, der vermutlich zu einer insgesamt eher kritischen Pollenversorgung geführt hat.

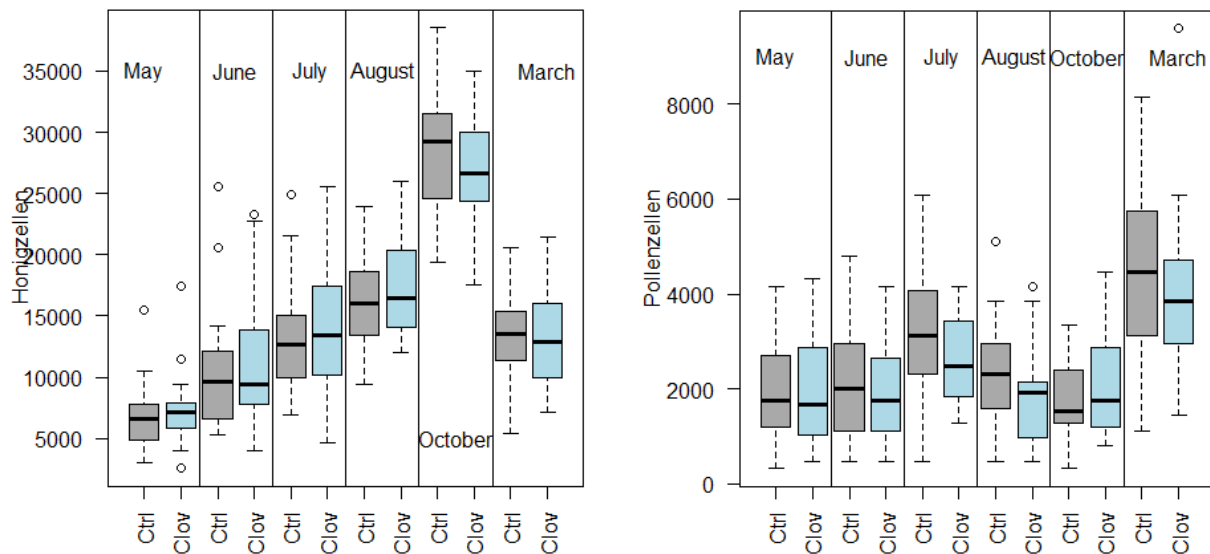


Abb. 2 Zeitliche Dynamik der Honig- und Pollenvorräte in den Versuchsbienenvölkern (Kontrolle: grau; Massnahme: blau). Ende Mai befanden sich alle Völker noch an einem gemeinsamen Standort (Zeitpunkt der Gruppeneinteilung, unmittelbar vor Versuchsstart), von Anfang Juni bis Mitte August standen sie an den 10 Versuchsstandorten (5 je Gruppe mit jeweils 4 Bienenvölkern) und danach wieder an einem gemeinsamen Überwinterungsstandort. Kurz vor der August-Bonitur wurden die meisten Völker beider Gruppen leicht mit Zuckersirup zugefüttert, vor der Oktober-Bonitur fand eine vollständige Auffütterung vor dem Winter statt.

Auch wenn Rotklee in der Literatur bisweilen als passable Nektar- und Pollentracht für Honigbienen aufgeführt wird, ist er im Vergleich zu Weissklee von geringerem Nutzen und wird bei gleichzeitiger Blüte sogar verschmäht, weil Nektar und Pollen beim Weissklee für Honigbienen deutlich leichter erreichbar sind. Da er im Vergleich zu Rotklee jedoch konkurrenzschwächer ist, verwundert es nicht, dass die Deckung von Weissklee auf den an den Standorten untersuchten (intensiven) Dauerpflanzen geringer als die von Rotklee war, unabhängig davon ob Massnahmen umgesetzt wurden oder nicht (Abb. 3). Weiterhin hatte die Umsetzung der Massnahme auf Kunstpflanzen keinen positiven Effekt auf die Weissklee Deckung, was vor allem daran liegen dürfte, dass Weissklee bereits wenige Wochen nach dem Schnitt wieder blüht und die Massnahme somit der Rotkleeblüte wesentlich förderlicher ist.

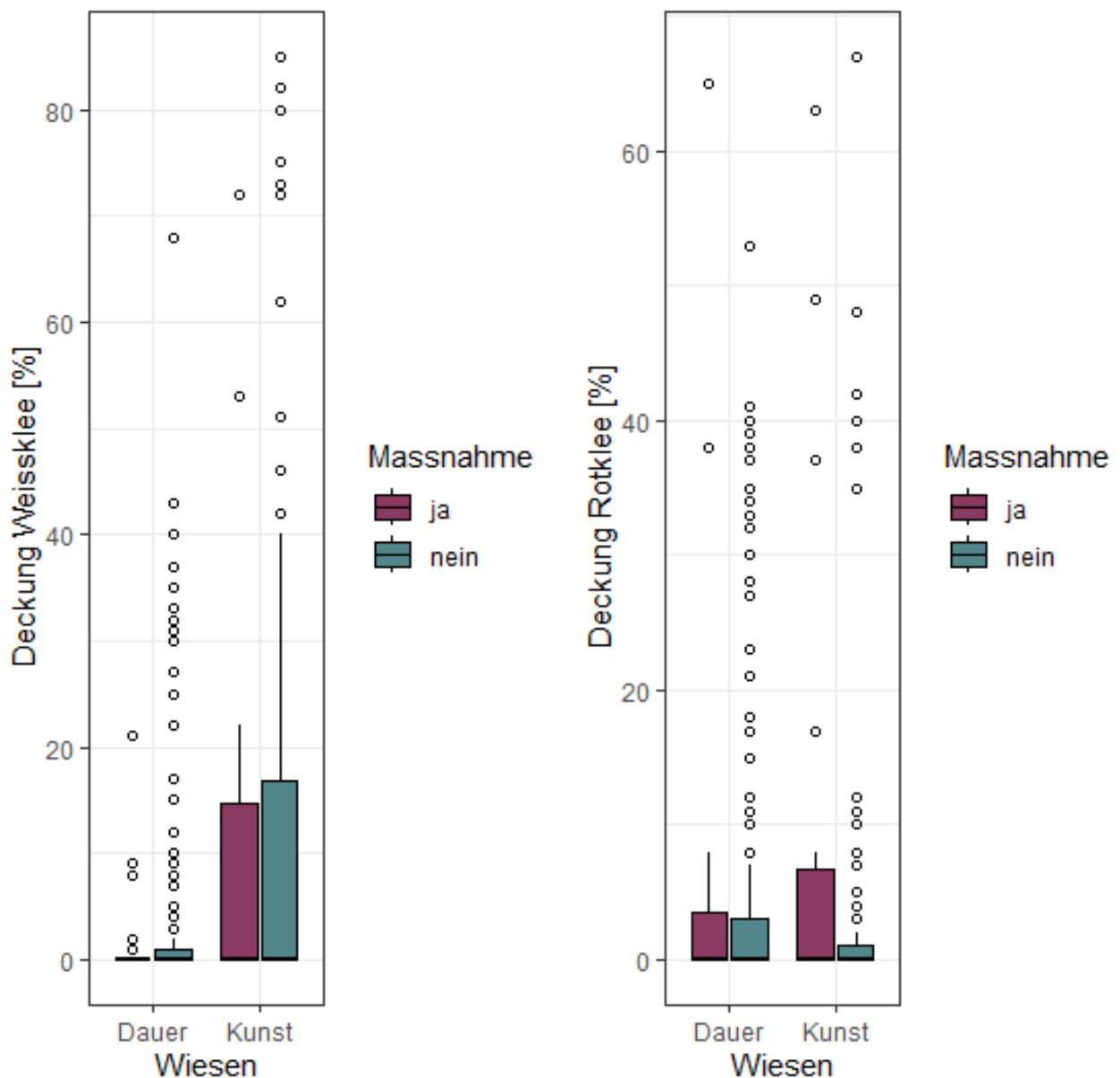


Abb. 3 Die Deckung von Weissklee (links) und Rotklee (rechts) auf (intensiven) Dauerwiesen bzw. Kunstwiesen mit (rot) und ohne (grün) Massnahme-Umsetzung über die Monate Juni und Juli an den 10 Honigbienen Versuchsstandorten.

Die Polleneinträge pro Volk und Tag, die mittels Pollenfallen zu drei Messzeitpunkten gleichzeitig an allen Standorten (je über 48 Stunden) erhoben wurden, zeigten, dass zu keinem Zeitpunkt Unterschiede zwischen den Gruppen bestanden (Abb. 4), was im Einklang mit dem in den Völkern beurteilten Pollenvorräten steht. Wenig erstaunlich fielen die Polleneinträge später im Juli und im August bei fortschreitender Trockenheit im 2022 zunehmend eher niedrig aus. Eine oberflächlich vorgenommene Beurteilung der Farben der geernteten Pollen (gemäss Farbschemata) deuteten darauf hin, dass insgesamt über alle Standorte nur mässig auf Kleepollen gesammelt wurde und stattdessen, bezogen auf die Kartierungen im 500 m Umfeld, vielfach auch erhebliche grössere Distanzen zurückgelegt wurden, um allenfalls besonders ergiebige oder qualitativ hochwertige Pollenquellen zu erreichen.

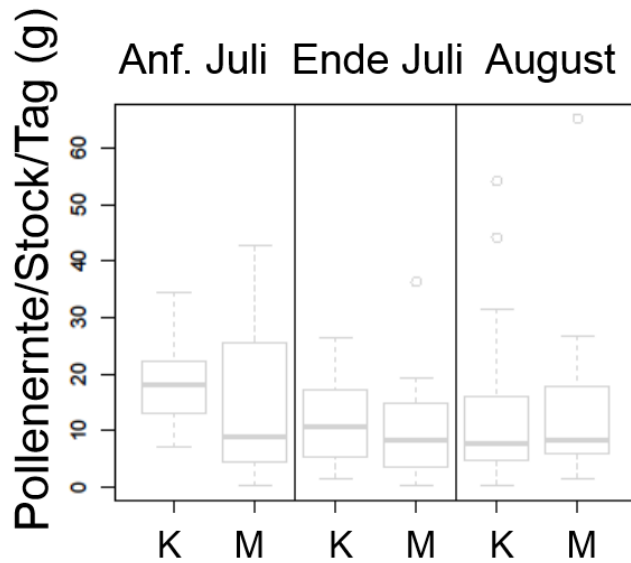


Abb. 4 Mittels Pollenfallen gemessene Polleneinträge innerhalb von 48 Stunden zu drei verschiedenen Zeitpunkten (Anfang Juli, Ende Juli und Anfang August) in den Versuchsbienenvölkern (Kontrolle: K; Massnahme: M). Zu allen drei Zeitpunkten befanden sich die Völker an den 10 Versuchsstandorten (5 je Gruppe mit jeweils 4 Bienenvölkern).

Der zu verschiedenen Zeitpunkten anhand für wenige Tage eingeschobener Unterlagen gemessene Varroabefall (natürlicher Totenfall) ergab keinen Zusammenhang mit den Versuchsgruppen ($p=0.24$). Lediglich eine Messung im Juli ergab einen nicht signifikanten Trend für einen höheren Varroabefall an den Kontrollstandorten (0.3 Milben mehr pro Volk/Tag), was im Zuge der dort seit Juni erhöhten Brutaktivität jedoch nicht verwundert. Aufgrund der Oxalsäurebehandlung gleich vor Beginn der Feldstudie war die Milbenbelastung insgesamt gering. Der Durchschnittswert im August kurz vor dem Abtransport an den Überwinterungsstandort (wo eine gemeinsame Behandlung erfolgte) betrug 3 Milben pro Volk/Tag. Damit lagen selbst die Maximalwerte einzelner Völker mit 6-8 Milben pro Tag unter der vom Bienengesundheitsdienst als kritisch bewerteten Schwelle.

Von den 39 an einem gemeinsamen Standort eingewinterten Völkern überlebten 35, was einer gesamt durchschnittlichen Verlustrate von 10.3% entspricht. Bezogen auf die ursprünglichen Gruppen ergab sich für die Kontrollvölker eine Wintersterblichkeit von 5% (1 von 20 Völkern), wohingegen die der Massnahmengruppe bei 15.8% lag (3 von 19 Völkern). Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant ($p=0.342$). Insgesamt sind die Verluste beider Gruppen niedriger bzw. vergleichbar mit dem Mittel von 16.6% für Schweizer Tieflagen über den Winter 22/23 (Schweizerische Bienenzeitung 06/23)

Aufgrund der unerwarteten Ergebnisse wurde abschliessend noch der Einfluss weitläufigerer Landschaftsparameter untersucht. Zunächst wurde geschaut, ob unabhängig der Gruppenzugehörigkeit (Kontrolle vs. Massnahme) der Einzelstandorte ein Effekt, von dem sich in einem 500m Radius befindlichen Flächenanteil an Kleewiesen auf die kumulative Brutmenge der Versuchsvölker an den verschiedenen Feldstandorten ausging (dies war möglich, weil alle Erhebungen in einem Abstand 21 Tagen (± 1 Tag) gemacht wurden, was dem Brutzyklus der Honigbiene entspricht und eine Kumulation erlaubt). Unter Berücksichtigung der anfangs individuell variablen Brutmengen gab es einen unerwarteten Trend ($p>0.068$): je höher der Anteil an Kleewiesen im 500m Radius um die Versuchsstandorte, desto geringer die kumulative Brutmenge in den 2.5 Monaten im Feld (Abb. 5a).

Bei genauerer Betrachtung wird erschein direkter ein kausaler Zusammenhang jedoch fraglich. Stattdessen wird klar, dass der Anteil an Kleewiesen gemäss Kartierung innerhalb eines 500m Radius signifikant mit dem Grünlandanteil im weitläufigeren 1km Radius korreliert ($R=0.92$; $p<0.001$). Im Schnitt betrug der Anteil Kleewiesen im 500m Radius bei den Kontrollstandorten 11%, bei den Massnahme Standorten 36%. Der jeweilige Anteil Grünland im 1km Radius betrug 9 bzw. 29%. Steigender Flächenanteile von Grünland in einem 1km Radius um die Versuchsstandorte reduzierten die kumulative Brutleistung der Versuchsbienenvölker hoch signifikant ($p=0.03$) (Abb. 5b).

Im Vergleich dazu war der Effekt Waldflächen im 1km Radius indifferent ($p>0.93$) (Abb. 6a) oder der Anteil Brachflächen ($p>0.497$; nicht gezeigt), ebenso wenig wie die Anzahl der dort zusätzlich vorhandenen Bienenvölker von anderen Imkern ($p>0.956$) (Abb. 6b).

Insofern deuten die Resultate wahrscheinlich nicht primär auf ursächlich negative Effekte der Massnahme im Speziellen bzw. von Kleewiesen im Allgemeinen hin, sondern eher auf weitläufige Zusammenhänge auf Landschaftsebene und den Umstand, dass bewirtschaftetes Grünland, vermutlich insbesondere in trockenen Sommern, für Honigbienen nur sehr eingeschränkt attraktiv ist. Evtl. mussten Sammelbienen vergleichsweise weit fliegen, um andere Trachtpflanzen zu erreichen, die für Versuchsvölkern an Standorten mit weniger Grünland im unmittelbaren Flugradius leichter erreichbar waren, bzw. einen geringeren Ressourcenkonflikt auf Volksebene verursachten. Insofern widerspiegelt der konkrete Feldversuch aller Wahrscheinlichkeit die geringe Attraktivität von Grünland für Honigbienen im Sommer, aber nicht, ob das Grünland im Aargau mit einem geringeren Anteil an Kleewiesen (mit oder ohne Massnahme) unter Umständen sogar noch nachteiligere Effekte gehabt hätte.

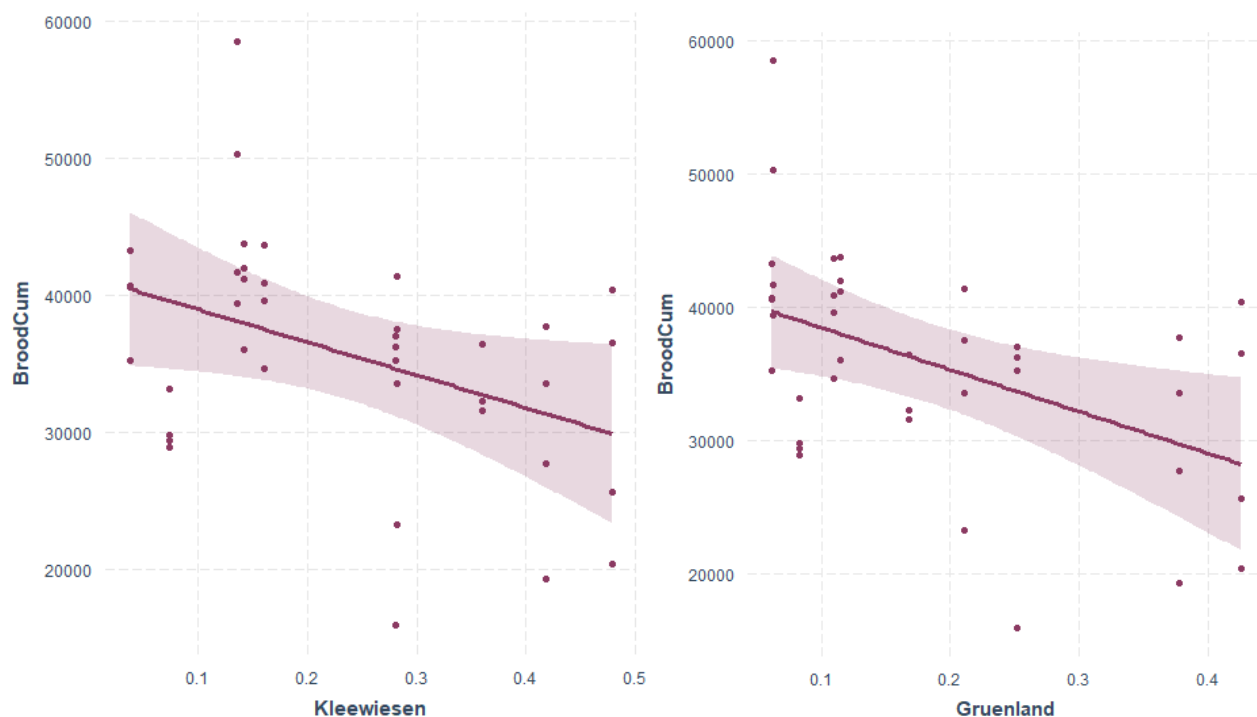


Abb. 5 Die kumulative Menge Bienenbrut (Y-Achse (BroodCum) abhängig von a) dem Anteil Kleewiesen im 500m Radius, sowie b) dem Anteil von Grünland im 1km Radius (jeweils X-Achse).

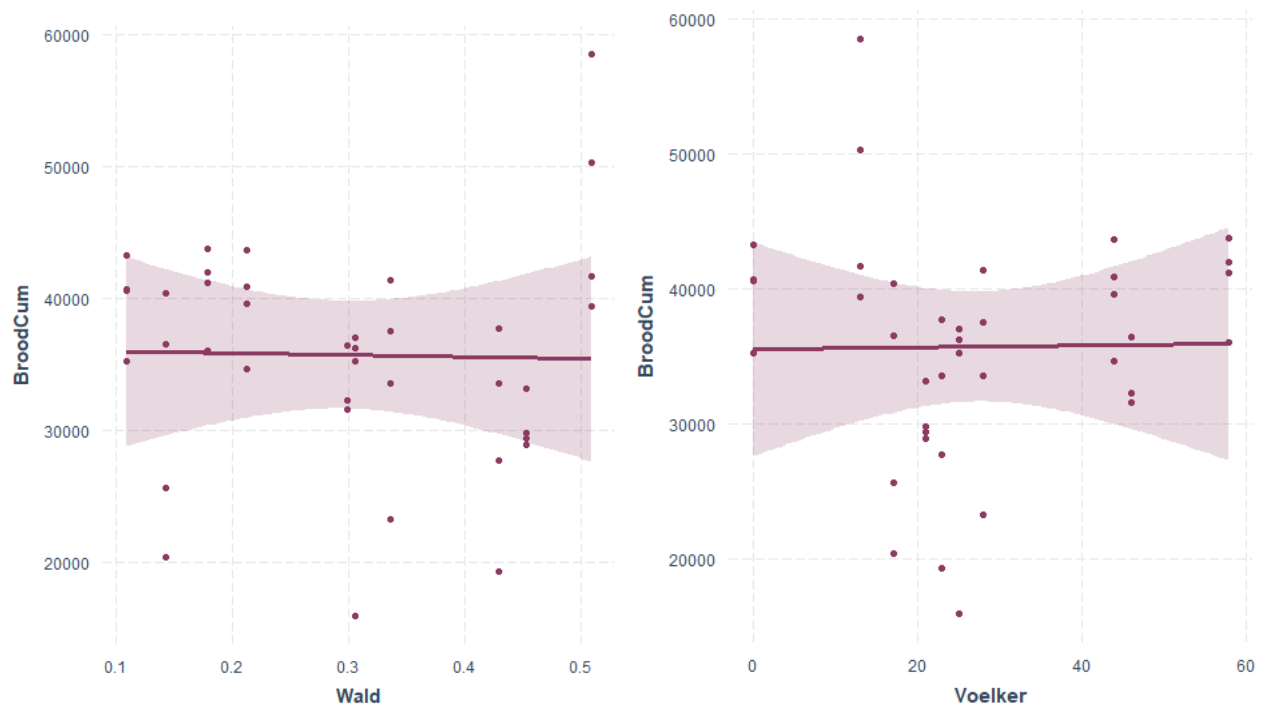


Abb. 6 Die kumulative Menge Bienenbrut (Y-Achse (BroodCum) abhängig a) vom Anteil des in einem 1km Radius vorhandenen Anteil an Wald und b) der Anzahl privat gepflegter Bienenvölker (jeweils X-Achse).

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die vorliegende Studie deutet darauf hin, dass es den Honigbienen im Kanton Aargau grundsätzlich gut geht, ihnen die Kleewiesen-Massnahme in der untersuchten Umsetzungsform jedoch keinen direkt messbaren zusätzlichen Nutzen bringt. Tatsächlich sind die vorgefundenen nachteiligen Effekte auf die Völkerentwicklung (Anzahl Bienen und Brutumfang) an den Massnahme-Standorten im Vergleich zu den Standorten an konventionell bewirtschafteten Kleewiesen unerwartet. Da es wenig plausibel erscheint, dass der unmittelbar am Bienenstand länger stehende Klee per se schädlich für die Bienen wäre, dürften weitläufigere Landschaftsprofile beim vergleichsweise grossen Flugradius von Honigbienen eine enorme Rolle spielen. Im Vergleich zu den um zwei Drittel geringeren Kleeflächenanteil im 500m Radius der Kontrollstandorte, in dem durchwegs keine Massnahme-Fläche vorkam, erscheint der Unterschied, den die Massnahme in Landschaften mit hohem Kleewiesenanteil bewirken könnte, wenig relevant. Dies ist jedoch im Kontext zu betrachten: die Betrachtung der Landnutzungsprofile ergab, dass die Kleemassnahme offenbar häufig im weitläufigen mittelintensiven Grünland angemeldet wird, bevorzugt sogar auf eher schwierig zu bewirtschaftenden Flächen, wo häufigere Schnitte möglicherweise wenig rentabel oder aufwendig sind. Tendenziell waren das: extreme Landschaften mit landwirtschaftlich eher ungünstigen Standorten, z. B. in Bezug auf geringere Bodenfeuchte bzw. -fruchtbarkeit. Dass die Landwirt/-innen solche mehrjährigen Flächen, die ohnehin weniger produktiv sind, bereitwilliger länger stehen lassen und als Massnahmenfläche anmelden, ist in gewisser Weise nachvollziehbar, aber wenig hilfreich zur Förderung der Honigbienen. Insbesondere wenn der für Honigbienen hoch attraktive, aber in mehrjährigen mittelintensiv genutzten Flächen eher konkurrenzschwache Weissklee im zweiten und dritten Jahr bestenfalls noch punktuell vorkommt (wie durch die routinemässigen Begehungen vielfach bestätigt). Wie zahlreiche Studien belegen, ist (extensiv) genutztes Grünland für Honigbienen nahezu uninteressant, wenn hier nicht entsprechende Kräuter und Stauden zum Blühen kommen, oder attraktivere Massentrachten in Flugdistanz liegen. In einem extremen Hitzesommer wie 2022 könnten sich genau solche unterschiedlichen Unterschiede im Mikroklima oder Landschaftsprofil noch deutlicher bemerkbar gemacht haben als in regenreicheren und kühleren Jahren. Konkret hatte die Mehrheit der Massnahme-Flächen nach anhaltender Trockenheit ihren Grünlandcharakter quasi vollständig eingebüsst. Im Gegensatz dazu war der Weisskleeanteil in den meisten in eher kürzeren Abständen gemähten Kontrollflächen trotz allem oft höher und zudem bei tendenziell besserer Bodenfruchtbarkeit auf Rotationsflächen meist attraktiver für die Bienen. Teilweise wurden solche Flächen auch gestaffelt reihenweise gemäht, sodass quasi permanent auf- und abblühender Klee vorhanden war (die Völker an einem Kontroll-Standort, auf dem diese Mähpraxis an einer sehr grossen Fläche durchgehend umgesetzt wurde, waren zu allen Zeitpunkten unter den stärksten und brutfreudigsten im ganzen Versuch). Da Waldflächen keinen Einfluss auf die Brutkurven zu haben schienen, bleiben an den Kontrollstandorten neben tendenziell intensiven Grünlandanteilen nur Siedlungsbereiche und landwirtschaftliche Kulturen als potentiell förderliche Faktoren übrig, wobei deren Anteile abgesehen von Brachen nicht erhoben wurden. Da im Hochsommer nur bestimmte Sonderkulturen für Honigbienen attraktiv sind, wären Siedlungsbereiche mit Gärten in erreichbarer Distanz sicher förderlich. Aufgrund vergleichbarer Pollen- und Honigvorräten beider Honigbienenversuchsgruppen ist zu vermuten, dass die sich in Grünland befindlichen Bienen an Massnahme Standorten schlicht weitere Distanzen fliegen mussten, um ihren Bedarf zu decken. Auch wenn dies grundsätzlich die Bevorratung gesichert haben dürfte, führt ein höhere Sammelaktivität unmittelbar zu reduziertem Brutgeschäft und einem unweigerlich höheren Verlust an Flugbienen, welcher wiederum eine verfrühte Rekrutierung von Jungbienen zu Flugbienen nach sich zieht. Eine solche Verschiebung von Ressourcennutzungskaskaden könnte als demographische Erklärung zu den beobachteten Effekten auf die Brut und dann auf die Bienenpopulationen dienen. Insofern tritt der evtl. vorhandene Nutzen der Massnahme in grundsätzlich für Honigbienen wenig ergiebigen Habitaten in den Hintergrund, lässt aber die Frage offen, ob es den Bienen ohne diese konkreten Massnahmen vergleichsweise nicht noch schlechter gegangen wäre. Konkret könnten die Massnahmen mehr als nur Tropfen auf den heissen Stein und in der Fläche durchaus von Bedeutung sein. Der bereits erwähnte extrem-Sommer 2022

mag aber auch wenig repräsentativ gewesen sein, sodass eine spätere Wiederholung (mit allenfalls angepassten Standortkriterien und/oder Praktiken, s.u.) für eine abschliessende Bewertung zu erwägen wäre. Gestützt würde ein grundsätzlicher Nutzen von Kleewiesen (inklusive Massnahme) von den Trends zum Gesundheitsstatus und der Nahrungsversorgung auf kantonaler Ebene.

Eine pragmatisch umsetzbare Empfehlung zur nutzensteigernden Umsetzung der Kleeblüten-Massnahme könnte daher wie folgt lauten: als Kleewiesen-Massnahme sollten zukünftig nur Rotationsflächen (max. 2-jährige Nutzung) mit einem Mindestanteil an Klee-Einsaaten, inklusive einem signifikanten Weisskleeanteil, eingegeben werden können. Damit liesse sich das Risiko verringern, dass zu viele Dauergrünflächen als Massnahme eingegeben werden, die nur einen geringen Anteil von unter solchen Nutzungsbedingungen vergleichsweise konkurrenzschwachen Kleearten aufweisen. Da im mittelintensiven Grünland ohnehin kaum nennenswerte Weisskleeanteile vorgefunden wurden ist nicht zu erwarten, dass sich dadurch die Nahrungssituation von Honigbienenvölkern im mittelintensiven/extensiven Grünland noch weiter verschärft, hier sollten dann andere Massnahmen in Erwägung gezogen werden. Da vor allem Weissklee interessant für Honigbienen ist, weniger Rotklee, und ersterer bereits nach wenigen Wochen wieder zur Blüte kommt, wären zwei 6-wöchige Mähpausen u.U. sinnvoller als eine 8-wöchige. Zumal der Sommer 2022 zeigte, dass mangels Niederschlags in gewissen Perioden längere Pausen in Zukunft ohnehin durchaus gehäuft auftreten können. Bei zwei vorgeschriebenen Zeiträumen wäre auch eher gewährleistet, dass generell (z.B. Mitte Juni) und witterungsbedingt kritische Periode im Vergleich zum konventionell gemähten Umfeld tatsächlich eine Pufferfunktion sowohl für Wild- und Honigbienen erfüllen können.

Die Empfehlung für eine zweimalige 6-wöchige Mähpause zwischen Mitte Mai und Mitte August ausschliesslich auf explizit mit einem Mindestanteil an Klee eingesäten Rotationsflächen, welche nur 1-2 Jahre in der Rotation als Grünland genutzt werden, basiert jedoch ausschliesslich auf praktischen Eindrücken während einer einzigen Saison. Die Frage ob und inwiefern man mehrheitlich mittelintensiv/extensiv genutztes Grünland während des Sommers für Honigbienen aufwerten könnte, sollte weiter untersucht werden.

Literatur

- Delaplane, K. S., Dag, A., Danka, R. G., Freitas, B. M., Garibaldi, L. A., Goodwin, R. M., & Hormaza, J. I. (2013). Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1–28. <https://doi.org/10.3896/IBRA/1.52.1.03>
- Imdorf, A., Buehlmann, G., Gerig, L., Kilchenmann, V., & Wille, H. (1987). Überprüfung der Schätzmethode zur Ermittlung der Brutfläche und der Anzahl Arbeiterinnen in freifliegenden Bienenstöcken. *Apidologie*, 18(2), 137–146. <https://doi.org/10.1051/apido:19870204>

Anhang 8: Was motiviert Landwirt/-innen zur Umsetzung von Massnahmen zur Förderung von Honig- und Wildbienen?

Ziel und Methode

Im Modul 4 erfolgt eine Analyse zur Akzeptanz und dem Optimierungspotential von Massnahmen zur Honig- und Wildbienenförderung aus der Sicht von Landwirt/-innen. In diesem Modul wurden 13 Interviews mit Landwirt/-innen geführt, welche am Projekt teilgenommen haben. Mit dem Ziel eine breite Palette an Einstellungen und Erfahrungen zu den umgesetzten Massnahmen zu erhalten, wurden die Landwirt/-innen anhand der Kombination zweier Kriterien ausgewählt: der Anzahl der am Betrieb umgesetzten Einzelmassnahmen und dem Aufwand für die Anlage und/oder Pflege der Massnahmen. Es wurden Gespräche mit Landwirt/-innen geführt, welche im Rahmen des Projekts eine Einzelmassnahme mit eher geringerem Pflegeaufwand ausgewählt haben (z. B. Kleeblüte), bis hin zu mehreren Einzelmassnahmen mit mittel- bis hohem Arbeitsaufwand (z. B. Sandhaufen, wildbienenspezifische Massnahmen, Kleinstrukturen). Mit dem Ziel die gewonnen Erkenntnisse in einen breiten Kontext einzubetten, wurden fünf weitere Interviews mit Landwirt/-innen geführt, welche nicht am Projekt teilnehmen. Drei dieser Landwirt/-innen nahmen nicht am Bienenprojekt aber am Labiola Projekt des Kantons teil. Zwei der Landwirt/-innen nahmen weder am Bienenprojekt noch am Labiola Projekt teil.

Zentrale Ergebnisse

Die Auswertung der qualitativen Interviews zeigte, Massnahmen zur Förderung von Honig- und Wildbienen haben bei Landwirt/-innen hohe Akzeptanz. Massnahmen welche speziell auf die Förderung von Bienen abzielen bewerten alle interviewten Landwirt/-innen, auch jene welche am Projekt nicht teilnehmen, als sehr sinnvoll. Für Landwirt/-innen ist es wichtig durch die Umsetzung von Massnahmen auf ihrem Betrieb zur Förderung von Bienen beizutragen. Durch gezielte Massnahmen für Bienen wird Biodiversitätsförderung für Landwirt/-innen konkret und greifbar.

Die finanzielle Abgeltung ist ein wichtiger Anreiz für die Umsetzung von Massnahmen und auch für eine mögliche Weiterführung der Massnahmen, insbesondere im bisherigen Pflegeaufwand. Der finanzielle Anreiz ist jedoch nicht der einzige entscheidende Faktor. Vielmehr wird die Auswahl und Umsetzung beeinflusst durch Faktoren wie der Identität und Innovationsfreude als Landwirt/in, den persönlichen, betrieblichen und vor allem wahrgenommenen ökologischen Nutzen der Massnahmen. Des Weiteren beeinflussen die bereits gemachten Erfahrungen in der Umsetzung von agrarökologischen Massnahmen und das mit den Massnahmen verbundene wahrgenommene Risiko.

Ein wesentlicher weiterer Faktor, der sich in den Interviews zeigte, ist die wahrgenommene Integration der Massnahme(n) in den Betriebsablauf. Positive Erfahrungen mit bestehenden Massnahmen erhöhen das Vertrauen in die Umsetzung und geben Sicherheit, die Massnahmen weiterhin gut umzusetzen. Gut in den Betriebsablauf integrierte Massnahmen werden eher als selbstverständlich angesehen.

Die interviewten Landwirt/-innen zeigten ein hohes Mass an sozialer Verantwortung gegenüber der Gesellschaft und künftigen Generationen. Während die Interviews unterschiedliche Ansichten über die Verantwortung für die Förderung der biologischen Vielfalt im Allgemeinen ergaben, wurde eine hohe Verantwortung der Landwirt/-innen für die Förderung und den Schutz von Bienen deutlich. Der ökologische Nutzen, die Sinnhaftigkeit einer Massnahme ist für Landwirt/-innen von grosser Bedeutung aber nicht immer erkennbar. Dies gilt insbesondere für Massnahmen zur Förderung von Wildbienen. Wildbienen stossen auf grosses Interesse bei allen interviewten Landwirt/-innen.

Fazit

Den interviewten Landwirt/-innen ist die 'korrekte' und 'gute' Umsetzung der Massnahmen wichtig. Landwirt/-innen erhoffen sich dafür die bestmögliche Unterstützung durch die Politik. Eine Zusammenführung und Koordination von verschiedenen agrarökologischen Programmen, die den Verwaltungsaufwand vereinfachen und den Landwirt/-innen eine langfristige Planung ermöglichen, wurden in den Interviews vielfach begrüsst. Auch wurde der Wunsch nach einem Wirkungsmonitoring in Verbindung mit Beratungsgesprächen als Impulsgeber mehrfach geäussert, mit dem Ziel die Wirkung der Massnahmen erkennbar zu machen.

Die erfolgte Analyse der qualitativen Interviews gibt erste Anhaltspunkte zur Förderung, Akzeptanz und Umsetzbarkeit der Massnahmen. Diese werden anhand der weiterführenden quantitativen Umfrage überprüft und ergänzt. In der quantitativen Umfrage liegt der Fokus u.a. auf dem Zusammenhang von Betriebsausrichtung und Auswahl der Massnahmen und der Kosten-Nutzen-Analyse.

Anhang 9: Literaturverzeichnis zu den Einzelmassnahmen EM10, EM14, EM17

- Albrecht, M., Bossart, S., Tschanz, P., Keller, T., & Sutter, L. (2023). Grassland extensification enhances nest densities of ground-nesting wild bees. *Journal of Applied Ecology*, 60(12), 2550-2560.
- Batáry, P., Sutcliffe, L., Dormann, C.F., Tscharntke, T., 2013. Organic Farming Favours Insect-Pollinated over Non-Insect Pollinated Forbs in Meadows and Wheat Fields. *PLOS ONE* 8, e54818.
- Bretagnolle, Vincent, and Sabrina Gaba. "Weeds for bees? A review." *Agronomy for Sustainable Development* 35 (2015): 891-909.
- Belsky, Joseph, and Neelendra K. Joshi. "Effects of fungicide and herbicide chemical exposure on Apis and non-Apis bees in agricultural landscape." *Frontiers in Environmental Science* 8 (2020): 81.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D., & Tscharntke, T. (2007). Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology*, 44(1), 41-49.
- Imdorf, Anton, et al. "A test of the method of estimation of brood areas and number of worker bees in free-flying colonies". *Apidologie* 18 (1987): 137-146.
- Kleijn, D., Winfree, R., Bartomeus, I., Carvalheiro, L. G., Henry, M., Isaacs, R., Klein, A.-M., Kremen, C., M'gonigle, L. K., & Rader, R. (2015). Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature Communications*, 6(1), 7414.
- Knauer, A., Naef, C., & Albrecht, M. (2024). Pesticide hazard, floral resource availability and natural enemies interactively drive the fitness of bee species depending on their crop fidelity. *Science of the Total Environment*, 171058.
- Kratschmer, Sophie, et al. "Response of wild bee diversity, abundance, and functional traits to vineyard inter-row management intensity and landscape diversity across Europe." *Ecology and Evolution* 9.7 (2019): 4103-4115.
- Kratschmer, Sophie, et al. "Enhancing flowering plant functional richness improves wild bee diversity in vineyard inter-rows in different floral kingdoms." *Ecology and Evolution* 11.12 (2021): 7927-7945.
- Maurer, Corina, et al. "Different types of semi-natural habitat are required to sustain diverse wild bee communities across agricultural landscapes." *Journal of Applied Ecology* 59.10 (2022): 2604-2615.
- Nicholson, C. C., Knapp, J., Kiljanek, T., Albrecht, M., Chauzat, M.-P., Costa, C., De la Rúa, P., Klein, A.-M., Mänd, M., & Potts, S. G. (2024). Pesticide use negatively affects bumble bees across European landscapes. *Nature*, 628(8007), 355-358.
- Pfiffner, Lukas, and Henryk Luka. "Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 78.3 (2000): 215-222.
- Pfiffner, Lukas, and Eric Wyss. "Use of sown wildflower strips to enhance natural enemies of agricultural pests." *Ecological engineering for pest management: advances in habitat manipulation for arthropods* (2004): 165-186.
- Pfiffner, Lukas, et al. "Wild bees respond complementarily to 'high-quality' perennial and annual habitats of organic farms in a complex landscape." *Journal of Insect Conservation* 22 (2018): 551-562.
- Rondeau, Sabrina, and Nigel E. Raine. "Fungicides and bees: a review of exposure and risk." *Environment International* (2022): 107311.
- Rundlöf, Maj, et al. "Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees." *Nature* 521.7550 (2015): 77-80.
- Stöckli. «Nesting incidence of ground-nesting bees in Swiss lowland perennial wildflower strips (2021). Master thesis, University of Berne.
- Uehlinger, G., D. Schaffner, and L. Pfiffner. "Verbessern Pflegemassnahmen die Qualität der Brachen?." *Ag-rarForschung* 12.8 (2005): 350-355.
- Uzman, Deniz, et al. "Habitat area and connectivity support cavity-nesting bees in vineyards more than organic management." *Biological Conservation* 242 (2020): 108419.
- Wilson, Houston, et al. "Summer flowering cover crops support wild bees in vineyards." *Environmental Entomology* 47.1 (2018): 63-69.

2.1.1 Anhang 11: Literaturverzeichnis zur Beurteilung des Potentials eines optimierten PSM-Einsatzes bei Obstbäumen

Arena, M., & Sgolastra, F. (2014). A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, 23(3), 324-334.

Egger, B., Kambor, J., Kuster, T., Perren, S., Schönberg, A., Bünter, M., Stutz, C., Debonneville, C., Dubuis, P., Gfeller, A., Kehrli, P., Linder, C., & Naef, A. (2024). Pflanzenschutzempfehlungen für den Erwerbsobstbau. *Agroscope-Transfer*, 514.

Knauer, A., Naef, C., & Albrecht, M. (2024). Pesticide hazard, floral resource availability and natural enemies interactively drive the fitness of bee species depending on their crop fidelity. *Science of the Total Environment*, 171058.

Nicholson, C. C., Knapp, J., Kiljanek, T., Albrecht, M., Chauzat, M.-P., Costa, C., De la Rúa, P., Klein, A.-M., Mänd, M., & Potts, S. G. (2024). Pesticide use negatively affects bumble bees across European landscapes. *Nature*, 628(8007), 355-358.

Rondeau, S., & Raine, N. E. (2022). Fungicides and bees: a review of exposure and risk. *Environment international*, 165, 107311.

Straw, E. A., & Brown, M. J. (2021). Co-formulant in a commercial fungicide product causes lethal and sub-lethal effects in bumble bees. *Scientific Reports*, 11(1), 1-10.

Sutter, L., Ganser, D., Herzog, F., Albrecht, M., Charrière, J.-D., Dietemann, V., Schweizer, S., Kuske, S., Ançay, A., & Steinger, T. (2021). Bestäubung von Kulturpflanzen durch Wild -und Honigbienen in der Schweiz. *Agroscope Science*, 127, 48.

Tamburini, G., Pereira-Peixoto, M.-H., Borth, J., Lotz, S., Wintermantel, D., Allan, M. J., Dean, R., Schwarz, J. M., Knauer, A., & Albrecht, M. (2021). Fungicide and insecticide exposure adversely impacts bumblebees and pollination services under semi-field conditions. *Environment international*, 157, 106813.