



Auswirkungen des Mais-Gemenge-Anbaus auf die Biodiversität

„Diversifizierung des Silo- und Energiemaisanbaus im
konventionellen und ökologischen Landbau“

– Abschlussbericht 2022 –

Auszug zu dem Themenbereich „Einfluss des Mais-Gemenge-
Anbaus auf Entomologie und Agrarökologie“



Landwirtschaftliches
Technologiezentrum
Augustenberg



Baden-Württemberg

Diese Publikation entstand im Rahmen des Kooperationsprojektes „Diversifizierung des Silo- und Energiemaisanbaus im konventionellen und ökologischen Landbau“.

Das Projekt wurde auf Grund eines Beschlusses der baden-württembergischen Landesregierung durch das Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR) durch das Sonderprogramm zu Stärkung der biologischen Vielfalt gefördert.

Gefördert
durch



Zitiervorschlag

Schulz, V., Hüber, C., Müller-Lindenlauf, M., Schumann, C., Stolzenburg, K., Zettl, F., Möller, K. (2023). Auswirkungen des Mais-Gemenge-Anbaus auf die Biodiversität – „Diversifizierung des Silo- und Energiemaisanbaus im konventionellen und ökologischen Landbau“ – Abschlussbericht 2022 – Auszug zu dem Themenbereich „Einfluss des Mais-Gemenge-Anbaus auf Entomologie und Agrarökologie“ Karlsruhe: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg.

Auf Anfrage beim LTZ (poststelle@ltz.bwl.de) kann der ausführliche Abschlussbericht mit einer detaillierteren Beschreibung der Versuche bezogen werden.

Impressum

Herausgeber: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Neßlerstr. 25, 76227 Karlsruhe, Tel.: 0721/9468-0, Fax: 0721/9468-209, E-Mail: poststelle@ltz.bwl.de, www.ltz-augustenberg.de

Bearbeitung: Dr. Vanessa Schulz, Conny Hüber, Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf, Caroline Schumann, Kerstin Stolzenburg, Freya Zettl, Dr. Kurt Möller

Redaktion: Vanessa Schulz, Titelfoto: Felix Schrell,

Layout: Jörg Jenrich

Juni 2023

Auswirkungen des Mais-Gemenge-Anbaus auf die Biodiversität

„Diversifizierung des Silo- und Energiemaisanbaus im
konventionellen und ökologischen Landbau“
– Abschlussbericht 2022 –

Auszug zu dem Themenbereich „Einfluss des Mais-Gemenge-
Anbaus auf Entomologie und Agrarökologie“

Dr. Vanessa Schulz¹, Conny Hüber³, Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf³,
Caroline Schumann^{1,2}, Kerstin Stolzenburg¹, Freya Zettl³, Dr. Kurt Möller¹

Beteiligte Institutionen



Landwirtschaftliches
Technologiezentrum
Augustenberg

¹Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ),
Neßlerstraße 25, 76227 Karlsruhe,
www.ltz-augustenberg.de



²Kompetenzzentrum Ökologischer Landbau Baden-Württemberg (KÖLBW),
Hochburg 1, 79312 Emmendingen,
www.koel-bw.de



³Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU),
Neckarsteige 6-10, 72622 Nürtingen,
www.hfwu.de



⁴Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW),
Atzenberger Weg 99, 88326 Aulendorf,
www.lazbw.landwirtschaft-bw.de

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

„Erhalten, was uns erhält“, unter diesem Motto verpflichtet sich das Land Baden-Württemberg zum Erhalt der biologischen Vielfalt als Lebensgrundlage. Deshalb hat die Landesregierung Ende 2017 auch das „Sonderprogramm zur Stärkung der biologischen Vielfalt“ aufgelegt. Biologische Vielfalt findet auf der Fläche statt, und da die Landwirtschaft der größte Nutzer von Landflächen in Mitteleuropa ist, gilt es Ansätze zu finden, wie Ackerbau und Biodiversitätsschutz besser in Einklang gebracht werden können. Hierbei wird viel diskutiert, inwieweit segregierende Ansätze des Biodiversitätsschutzes (also die Ausweitung von Schutzflächen unter Beibehaltung der bisherigen Bewirtschaftung auf den Restflächen) oder integrierende Ansätze des Biodiversitätsschutzes eher sinnvoll sind, um die verschiedenen Ansprüche der Landwirtschaft und des Biodiversitätsschutzes in Einklang zu bringen.

Gegenwärtig werden über 20 % der Ackerflächen mit Mais bestellt, dies bedeutet, dass erfolgreiche integrierende Maßnahmen des Biodiversitätsschutzes (z. B. durch Anbau von Begleitpflanzen) die Chance bieten, die Situation des Biodiversitätsschutzes auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zu verbessern. Dabei gilt es nicht nur geeignete Mischungspartner für die Kulturpflanze Mais zu finden, sondern auch Wege zu finden, wie Begleitpflanzen mit möglichst geringem Zusatzaufwand (monetär und technisch) angebaut werden können, und zugleich, wie gut sich diese Pflanzen in den übrigen Produktionsprozess (Düngung, Pflanzenschutz) integrieren lassen. Durch geeignete Verfahren gilt es, die Konkurrenz der Begleitpflanze auf den Mais zu minimieren. Außerdem gilt, es die Verwertbarkeit der Biomasse zu sichern. Begleitpflanzen können z. B. Giftstoffe oder verdauungshemmende Verbindungen enthalten, sodass auch Fragen z. B. im Zusammenhang mit der Milchviehfütterung zu beantworten sind. Nicht zuletzt stellen sich auch die Fragen, inwieweit sich Begleitpflanzen überhaupt auf die Biodiversität von Tieren auswirken bzw. wie attraktiv die Begleitvegetation für unsere heimischen Insekten ist.

Stabile Erträge bei maximaler Biodiversitätsförderung und minimalem zusätzlichem Aufwand – das ist das Ziel unserer Forschung. Seit dem Jahr 2018 untersuchen die Außenstellen Rheinstetten-Forchheim und Emmendingen-Hochburg des LTZ Augustenberg in Kooperation mit der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU), dem Landwirtschaftlichen Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) und dem Kompetenzzentrum Ökolandbau Baden-Württemberg (KÖLBW) intensiv Fragen der Erhöhung der Biodiversität im Maisanbau durch einen Misanbau mit verschiedenen Begleitpflanzen. Wesentliche Ergebnisse und Erkenntnisse aus diesen Forschungsvorhaben werden in aufbereiteter Form hiermit der Beratung und der Praxis zur Verfügung gestellt.

Wir danken der Landesregierung von Baden-Württemberg und allen Menschen, die durch ihren Einsatz diese Broschüren ermöglicht haben, für die Finanzierung und für ihr Engagement und wünschen Ihnen, dass Sie aus der Lektüre einige interessante Anregungen für Ihre tägliche Arbeit mitnehmen können. Auch möchten wir denjenigen Landwirten und Landwirtinnen danken, die bereits heute tatkräftig und innovativ an der Erhöhung der Biodiversität in Baden-Württemberg mitwirken.

Herzlichst

Dr. Kurt Möller

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)

Prof. Dr. Maria Müller-Lindenlauf

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU)

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis 6

1 Einleitung 7

 1.1 Versuchsfragen 8

2 Versuchsanlage 8

 2.1 Mais-Bohnen-Gemenge 8

 2.1.1 Versuchsdurchführung 8

 2.2 Blühende Untersaat im Mais 10

 2.2.1 Versuchsdurchführung 10

 2.3 Blühstreifen im Mais 10

 2.3.1 Versuchsdurchführung 10

3 Ergebnisse 12

 3.1 Mais-Bohnen-Gemenge 12

 3.1.1 Wildbienen und Honigbienen 12

 3.1.2 Laufkäfer 15

 3.1.3 Ackerwildkräuter 17

 3.2 Blühende Untersaat im Mais 19

 3.2.1 Wildbienen 19

 3.2.2 Laufkäfer 19

 3.3 Blühstreifen im Mais 20

 3.3.1 Wildbienen 20

 3.3.2 Laufkäfer 20

4 Diskussion 22

 4.1 Mais-Bohnen-Gemenge 22

 4.1.1 Wildbienen und Honigbienen 22

 4.1.2 Laufkäfer 23

 4.2 Blühmischung im Mais 23

 4.2.1 Wildbienen 24

 4.2.2 Laufkäfer 24

5 Zusammenfassung 25

6 Literatur 27

Abbildungen

Abbildung 1:	Wildbiene auf Rotklee..	7
Abbildung 2:	Kescher und Exhauster zum schonenden Einfangen der Wildbienen	9
Abbildung 3:	Lage der Wildbientransekte.	9
Abbildung 5:	Barberfalle zum Fang von Laufkäfern..	9
Abbildung 6:	Schematische Darstellung der Lage der Vegetationsaufnahmen im Acker.	10
Abbildung 7:	Im Frühjahr, bei der Maissaat, zwischen die Reihen ausgesäte Blühmischung.	10
Abbildung 10:	Einfluss des Maisanbausystems auf die Anzahl der Arten von Ackerwildkräutern in Mais-Reinkultur (MM) und Mais-Bohnen-Gemenge (MB)..	18
Abbildung 11:	Einfluss des Maisanbausystems auf die Deckung (%) von Ackerwildkräutern in Mais-Reinkultur (MM) und Mais-Bohnen-Gemenge (MB)..	18
Abbildung 12:	Wildbiene auf Kamillenblüte..	19
Abbildung 13:	Einfluss des Mais-Gemengeanbaus auf das Bienenvorkommen im Praxisversuch Mais mit Blühstreifen.	21
Abbildung 14:	Einfluss des Mais-Gemengeanbaus auf das Laufkäfervorkommen in den Blühstreifenversuchen 2021.	21
Abbildung 15:	Wildbiene auf Färberkamillenblüte.	22
Abbildung 16:	Wildbiene an Borretschblüte.	24
Abbildung 17:	Laufkäfer auf Bohnenblatt..	25

Tabellen

Tabelle 1:	Teilnehmende Betriebe und der Standort der Ackerschläge über die Jahre 2018, 2019 und 2020.	9
Tabelle 2:	Arten- und Masse-Zusammensetzung (%) der beiden Herbstblühmischungen (HBI und HBII) und Frühjahrsblühmischungen (FBI und FBII) in den jeweiligen Versuchsjahren..	12
Tabelle 3:	Häufigkeitsverhältnis aller erfassten Bienenarten in Mais-Reinbau (MM) und Mais-Bohnen-Gemenge (MB) 2019/20 (n=17 Standorte)..	14
Tabelle 4:	Einfluss des Maisanbausystems auf das Bienenvorkommen im konventionellen (5 Standorte/Jahr) und ökologischen (2 Standorte 2019 und 5 Standorte 2020) Anbau im Zentrumstransect..	15
Tabelle 5:	Einfluss des Maisanbausystems auf das Bienenvorkommen im konventionellen (5 Standorte/Jahr) und ökologischen (2 Standorte 2019, 5 Standorte 2020) Anbau im Randstransect..	15
Tabelle 6:	Einfluss des Maisanbausystems auf das Häufigkeitsverhältnis aller erfassten Laufkäferarten in Mais-Reinbau (MM) und Mais-Bohnen-Gemenge (MB) 2019/20 (n=17 Standorte)..	16
Tabelle 7:	Einfluss des Maisanbausystems auf das Laufkäfervorkommen im konventionellen (5 Standorte/Jahr) und ökologischen (2 Standorte 2019 und 5 Standorte 2020) Anbau im Zentrumstransect..	18
Tabelle 8:	Einfluss des Maisanbausystems auf das Laufkäfervorkommen im konventionellen (5 Standorte/Jahr) und ökologischen (2 Standorte 2019 und 5 Standorte 2020) Anbau im Randstransect..	18
Tabelle 9:	Artenreichtum und Aktivitätsdichte des Wildbienen-vorkommen in Mais mit blühenden Untersaaten am Standort Tachenhausen.	20
Tabelle 10:	Artenreichtum und Aktivitätsdichte des Laufkäfervorkommen in Mais mit blühenden Untersaaten am Standort Tachenhausen.	21

Abkürzungsverzeichnis

BM	Blütmischung
FB	Frühjahrsblütmischung
HB	Herbstblütmischung
HfWU	Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen
konv.	konventionell
MB	Mais-Bohnen-Gemenge
MM	Mais-Reinanbau
MW	Mittelwert
öko.	ökologisch
SD	Standardabweichung
TH	Tachenhausen, HfWU Versuchsgut

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden auf die gleichzeitige Verwendung weiblicher und männlicher Sprachformen verzichtet und das generische Maskulinum verwendet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

1 Einleitung

In einem Agrarökosystem umfasst die Biodiversität viele verschiedene Komponenten wie Bestäuber, Prädatoren und Parasiten, Herbivore, Ackerunkräuter, Regenwürmer, sowie die Meso- und Makrofauna im Boden (Altieri, 1999). Im Projekt lag der Schwerpunkt auf der Untersuchung der Insektengruppen der Wildbienen (Überfamilie Apoidea) und der Laufkäfer (Carabidae). Beide reagieren sehr empfindlich auf eine Veränderung ihrer umgebenden Umwelt, benötigen sehr unterschiedliche Habitate und sind in den meisten Landlebensräumen vertreten. Damit stellen Wildbienen und Laufkäfer geeignete Bioindikatoren dar (Trautner, 2017; Westrich, 2018).

Die in Deutschland vorkommenden über 500 Laufkäferarten sind fast ausschließlich Nützlinge und tragen zu einer natürlichen Kontrolle von Schadorganismen bei. Die räuberisch lebenden Arten ernähren sich hierbei von einer großen Anzahl an Schädlingen, wohingegen die pflanzenfressenden Arten einen großen Teil der ausfallenden Unkrautsamen verzehren. Weiterhin stellen die Laufkäfer selbst auch eine wichtige Beute für andere Tiere dar, wie zum Beispiel für das Große Mausohr (*Myotis myotis*). Für diese Fledermausart gelten Laufkäfer, insbesondere große Arten, als bedeutendste Beutetiergruppe. Die Laufkäfer repräsentieren in diesem Versuch die auf der Bodenoberfläche lebenden Organismen. Der geringen Mobilität geschuldet sind Laufkäfer von den örtlichen Standortbedingungen abhängig und benötigen Randstrukturen als Rückzugsräume (Trautner, 2017). Aufgrund der heterogenen Vegetationsstruktur im Mais-Gemengeanbau wird mit einer positiven Entwicklung der Laufkäferfauna in diesen Flächen gerechnet.

Wildbienen ernähren sich ausschließlich von Nektar und Pollen und nehmen eine wichtige Rolle als Bestäuber ein. Dabei nutzen die meisten Wildbienen verschiedene Pflanzen als Nektar- und Pollenquelle, wohingegen manche Arten sich auf einzelne Pflanzenarten oder -familien spezialisiert haben. Von den rund 560 in Deutschland vorkommenden Arten leben die meisten alleine und werden somit als Solitär- oder Einsiedlerbienen bezeichnet. Wildbienen besiedeln die unterschiedlichsten Lebensräume und benötigen ausreichend Nisthabitate.



Abbildung 1: Wildbiene auf Rotklee.

Foto: Freya Zettl/HfWU

So nistet zum Beispiel der Großteil der Wildbienen im Boden. Andere Arten hingegen legen ihre Brutzellen in hohlen Pflanzenstängeln oder Fraßgängen im Holz an. Wildbienen sind sehr mobil und können von ihren Nistplätzen in die umliegenden Äcker zum Nahrungserwerb fliegen, wobei besonders in Hinblick auf den Rückgang der Ackerwildkräuter blütenreiche Feldkulturen zu einer Erweiterung des Nahrungsangebots beitragen. Auf diese Weise können die Blüten der Stangenbohne im Mais-Bohnen-Gemenge sowie das vielfältige Blühangebot in einem Mais-Blühmischung-Gemenge eine durchaus attraktive Pollen- und Nektarquelle darstellen.

Das Ziel dieses Arbeitspakets bestand darin, die Auswirkungen des Mais-Bohnen- und Mais-Blühmischung-Anbaus auf die Biodiversität zu untersuchen. Hierbei lag der Fokus vor allem auf der Artenvielfalt und der Abundanz von Laufkäfern und Wildbienen. Mithilfe unterschiedlicher Methoden zur Insektenerhebung wurden während der Hauptblütezeit des Gemengepartners Laufkäfer und Wildbienen an verschiedenen Standorten in Baden-Württemberg abgefangen.

TABELLE 1: TEILNEHMENDE BETRIEBE UND DER STANDORT DER ACKERSCHLÄGE ÜBER DIE JAHRE 2018, 2019 UND 2020.

Betrieb	Ort	Landkreis	Bewirtschaftung	Jahr		
				2018	2019	2020
1	Oberboihingen	Esslingen	konventionell		x	x
2	Oberboihingen	Esslingen	konventionell			x ¹
3	Wolfschlugen	Esslingen	konventionell		x	x
4	Wolfschlugen	Esslingen	konventionell		x ¹	
5	Beuren-Balzholz	Esslingen	konventionell			x
6	Stetten am Heuchelberg	Heilbronn	konventionell	x		
7	Teningen-Köndringen	Emmendingen	konventionell		x	x
8	Emmendingen-Hochburg	Emmendingen	biologisch	x	x	x
9	Aulendorf	Ravensburg	konventionell	x	x	x
10	Altshausen	Ravensburg	biologisch		x	x
11	Ebersbach-Musbach	Ravensburg	biologisch		x*	x
12	Schlier	Ravensburg	biologisch			x
13	Niederwangen	Ravensburg	biologisch			x
14	Bad Schussenried	Biberach	biologisch		x*	x ¹
15	Ostrach	Sigmaringen	konventionell		x	

* Ausfall aufgrund von Extremwetterereignissen

¹ Nicht auswertbar aufgrund fehlerhafter Ansaat/ geringer Bohndichte

1.1 Versuchsfragen

- Hat der Mais-Stangenbohnen-Gemengeanbau im Vergleich zu Mais als Reinkultur eine positive Auswirkung auf die Biodiversität?
- Gibt es Unterschiede in der Artenvielfalt und Abundanz von Wildbienen und Laufkäfern zwischen ökologisch und konventionell bewirtschafteten Flächen?
- Wie hoch ist der Mehrwert eines Mais-Blühmischung-Gemenges im Vergleich zum Mais-Bohnen-Gemenge und der Mais-Reinkultur für die Insektenvielfalt?

2 Versuchsanlage

2.1 Mais-Bohnen-Gemenge

2.1.1 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Die Erfassung der Wirkungen des Mais-Gemengeanbaus auf die Biodiversität wurde im Jahr 2018 an drei, 2019 an

acht und 2020 an zwölf Standorten durchgeführt, die sich in Baden-Württemberg auf mehrere Landkreise verteilen. In Tabelle 1 wird eine Auflistung der Ackerschläge an den verschiedenen Standorten und dem jeweiligen Jahr der Datenerfassung aufgeführt. Diese verteilen sich auf drei Naturräume in Baden-Württemberg (Schwäbisches Keuper-Lias-Land, Schwarzwald, Voralpines Hügel- und Moorland).

Alle Felder wurden zu einer Hälfte mit Mais-Bohnen-Gemenge und zur anderen Hälfte nur mit Silomais bestellt. Es wurde darauf geachtet, dass sich die Ackerschläge in einer einheitlichen Umgebung befanden, in diesem Fall in einem landwirtschaftlich genutzten Umfeld. Das Angrenzen an Siedlungen, Gewässer und Waldgebiete wurde daher nach Möglichkeit vermieden.

2.1.1.1 Wildbienen

Die Wildbienen wurden durch Transektbegehungen von je 20 min erfasst (= 40 min Erfassungszeit pro Untersuchungskultur und Erfassungsrunde). Pro Kulturtyp (Mais-



Abbildung 2: Kescher (links) und Exhauster (rechts) zum schonenden Einfangen der Wildbienen Foto: Freya Zettl/HfWU



Abbildung 5: Barberfalle zum Fang von Laufkäfern. Foto: Freya Zettl/HfWU

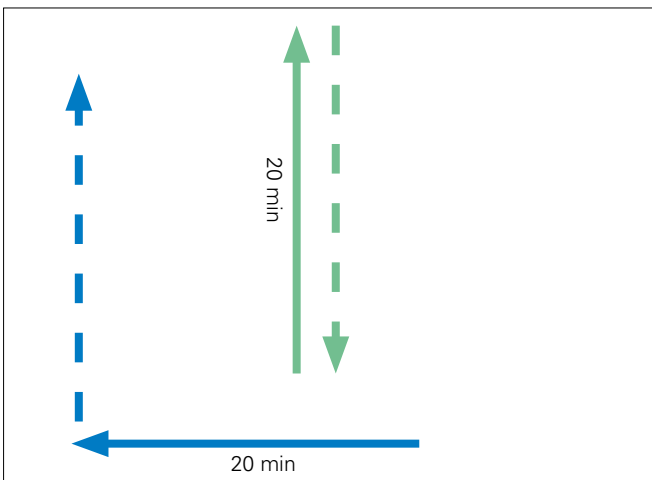


Abbildung 3: Lage der Wildbientransekte. Zur Erfassung der Wildbienen wurden pro Kulturtyp zwei Transektbegehungen von je 20 min vorgenommen, wobei sich ein Transekt am Rand in der ersten Maisreihe und ein Transekt im Zentrum der Fläche (mindestens 10 m Abstand vom Rand) befand.

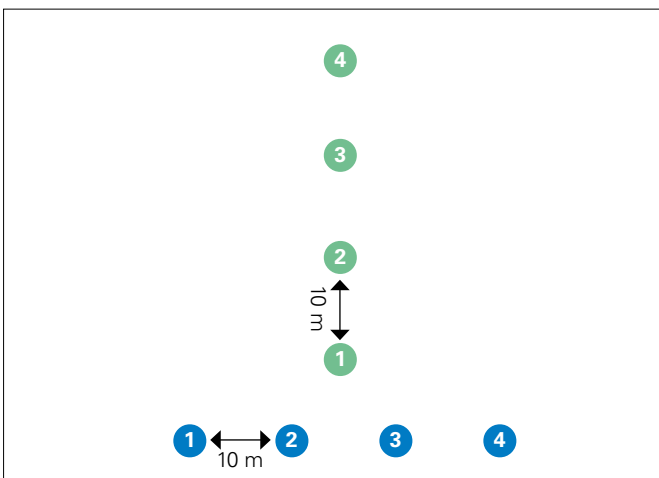


Abbildung 4: Anordnung der Bodenfallen. Zur Erfassung der Laufkäfer wurden pro Kulturtyp 8 Bodenfallen aufgestellt, wobei sich vier am Rand und vier im Zentrum der Fläche (mindestens 10 m Abstand zum Rand) befanden. Der Abstand zwischen den Bodenfallen betrug 10 m.

Stangenbohne oder Mais-Reinkultur) befand sich jeweils ein Transekt am Rand und ein Transekt im Zentrum der Flächen (Abbildung 3). Es wurden je vier Erfassungsrunden pro Jahr und Versuchsstandort durchgeführt. Davon eine Erfassung vor und drei während der Hauptblütezeit der Stangenbohne. Die Wildbienen wurden mit einem Kescher oder mit einem Exhauster (Einsaugen des Insekts) abgefangen (Abbildung 2).

2.1.1.2 Honigbienen

Aufgrund eines deutlichen Aufkommens an Honigbienen im Mais-Bohnen Gemenge wurde neben den Wildbienen die Honigbiene als domestizierte Art miterfasst. Die Honigbienenenerfassungen wurden in die Transektbegehungen integriert.

2.1.1.3 Laufkäfer

Die Laufkäfer wurden mittels Bodenfallen (Barberfallen) erfasst. Auf allen Ackerschlägen wurden 16 Fallen installiert, so dass acht Fallen pro Kulturtyp (Mais-Stangenbohne oder Mais-Reinkultur) zur Verfügung standen. Hierbei wurden jeweils vier Bodenfallen am Rand in der ersten Maisreihe und vier Bodenfallen im Zentrum der Flächen mit einem Abstand von 10 m aufgestellt (Abbildung 4). Die Fallen wurden nach der Installation dreimal in einem Abstand von einer Woche geleert. Die gefangenen Tiere wurden anschließend in Ethanol konserviert und später bestimmt.

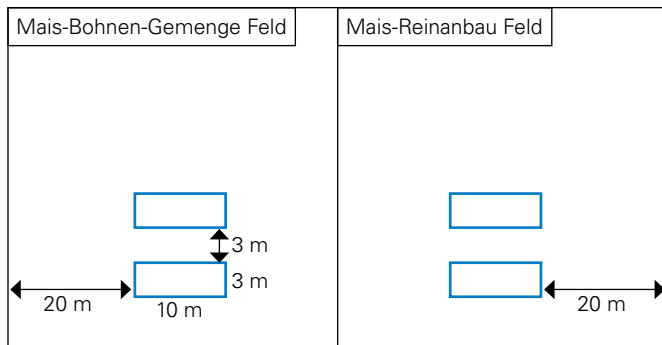


Abbildung 6: Schematische Darstellung der Lage der Vegetationsaufnahmen im Acker.

2.1.1.4 Ackerwildkräuter

Die Vegetation auf den Mais-Bohnen- und Mais-Reinkultur Flächen wurde nur im Jahr 2020 erfasst.

Hierbei wurden auf jeder Ackerfläche zwei Erfassungsrunden mit je vier Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Pro Kulturtyp befand sich dabei eine der Flächen im Randbereich des Ackers (3 m Abstand zum Rand) und eine Fläche im Ackerinneren (Abbildung 6). Die prozentuale Deckung der Ackerwildkräuter wurde auf einer Fläche von 30 m² geschätzt.

2.2 Blühende Untersaat im Mais

2.2.1 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Neben den entomologischen Untersuchungen im Mais-Bohnen-Gemenge wurden in den Jahren 2020 und 2021 Insektenerefassungen in Mais mit blühenden Untersaaten in Tachenhausen durchgeführt.

Im Zeitraum von Ende Mai bis Ende August wurden pro Blühmischung (Tabelle 2) jeweils zwei Erfassungsrunden für Laufkäfer und Wildbienen durchgeführt. Die Erfassung der Herbstblühmischung wurde nur im Jahr 2020 durchgeführt und startete durch den früheren Blühbeginn etwa vier Wochen vor der ersten Erfassung der Frühjahrsblühmischung. Die Parzellen der Blühmischungsanlagen wurden jeweils zur Hälfte einer Herbizidanwendung unterzogen. Diese wurde in den Begehungen nicht berücksichtigt.

Die Erfassungsmethode für die Wildbienen und Laufkäfer entspricht der bereits beschriebenen Methode im Mais-



Abbildung 7: Im Frühjahr, bei der Maissaat, zwischen die Reihen ausgesäte Blühmischung.
Foto: Freya Zettl/HfWU

Bohnen-Gemenge Versuch (Kapitel 2.1). Es wurde jeweils eine Bodenfalle pro Parzelle installiert und mittig platziert, so dass in jedem Parzellenversuch insgesamt zwölf Fallen aufgestellt wurden. Die Erfassungszeit für die Wildbienen bei den Transektbegehungen wurde auf 10 min pro Parzelle angepasst.

2.3 Blühstreifen im Mais

2.3.1 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Das Insektenaufkommen wurde jeweils im Zentrum der Blühstreifen und der Maiskultur von April bis August 2021 mit der bereits beschriebenen Methode (Kapitel 2.1.1.3) dokumentiert. Pro Kultur (Blühstreifen oder Mais) wurden je vier Laufkäferfallen eingegraben und 20-minütige Transektbegehungen durchgeführt. Die Wild- und Honigbienen wurden an vier Terminen und die Laufkäfer an drei Terminen pro Standort erfasst. Bei der Blühmischung handelte es sich um die „mehrjährige Honigpflanzenmischung“ von Rieger-Hofmann (48 Arten) gemischt mit 50 % Senf (*Sinapsis alba*) als Deckfrucht mit einer Saatstärke von 20 kg ha⁻¹ (10 kg Honigpflanzenmischung + 10 kg Senf).

Alle erfassten Tiere wurden auf Artniveau bestimmt. Anschließend wurden die mittlere Artenanzahl, die Aktivität und mittels Shannon-Index die Diversität der Laufkäfer, Wildbienen und Honigbienen im reinen Mais und in den Blühstreifen miteinander verglichen. Der Shannon-Index beschreibt die Vielfalt der betrachteten Daten.

TABELLE 2: ARTEN- UND MASSE-ZUSAMMENSETZUNG (%) DER BEIDEN HERBSTBLÜHMISCHUNGEN (HBI UND HBII) UND FRÜHJAHRBLÜHMISCHUNGEN (FBI UND FBII) IN DEN JEWEILIGEN VERSUCHSJAHREN.

Deutscher Name	Botanischer Name	2020				2021	
		HBI	HBII	FBI	FBII	FBI	FBII
Acker-Glockenblume	<i>Campanula rapunculoides</i>			1	1		
Acker-Hundskamille	<i>Anthemis arvensis</i>			7	7	10	3
Acker-Lichtnelke	<i>Silene noctiflora</i>			1		10	3
Acker-Rettich	<i>Raphanus raphanistrum</i>			3			
Acker-Senf	<i>Sinapis arvensis</i>			10	10	10	3
Ackervergissmeinnicht	<i>Myosotis arvensis</i>		2	3	2		4.5
Ackerwitwenblume	<i>Knautia arvensis</i>			2	3		
Aufrechter Ziest	<i>Stachys recta</i>	1	0.5	1	1		
Beinwell	<i>Symphytum x</i>	0.5					
Borretsch	<i>Borago officinalis</i>			1		5	2
Echte Kamille	<i>Matricaria recutita</i>			7	7	10	2
Echter Baldrian	<i>Valeriana officinalis</i>			1			
Echter Frauenspiegel	<i>Legousia speculum-veneris</i>			1	1		
Sand-Esparsette	<i>Onobrychis arenaria</i>		4				
Saat-Esparsette	<i>Onobrychis viciifolia</i>			3			4.5
Färberkamille	<i>Anthemis tinctoria</i>		0.5				3
Gartenkresse	<i>Lepidium sativum</i>	15	25				
Gelbe Resede	<i>Resedea lutea</i>			3			
Gemeine Braunelle	<i>Prunella vulgaris</i>			2			
Gemeiner Rainkohl	<i>Lapsana communis</i>			2			4.5
Geruchlose Kamille	<i>Tripleurospermum perforatum</i>	1.5	1	7	7	10	3
Gewöhnliche Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i>	2	2	2	5		5
Gewöhnlicher Dost	<i>Origanum vulgare</i>				2		
Gewöhnlicher Wirbeldost	<i>Clinopodium vulgare</i>				1		4.5
Gewöhnliches Bitterkraut	<i>Picris hieracioides s.l.</i>				3		4.5
Gewöhnliches Hirtentäschel	<i>Capsella bursa-pastoris</i>			3			
Gewöhnliches Leimkraut	<i>Silene vulgaris</i>		0.5				
Grassternmiere	<i>Stellaria graminea</i>				1		4.5
Große Braunelle	<i>Prunella vulgaris</i>	1	2				
Hirtentäschel	<i>Capsella bursa-pastoris</i>						4.5
Hopfenklee	<i>Medicago lupulina</i>	10	10	5	6	10	4.5
Hornklee	<i>Lotus corniculatus</i>	10	2		5		4.5
Inkarnatklee	<i>Trifolium incarnatum</i>	10					2
Kleiner Wiesenknopf	<i>Sanguisorba minor</i>	2	6		2		
Kleinköpfiger Pippau	<i>Crepis capillaris</i>			3			4.5
Knäuel-Glockenblume	<i>Campanula glomerata</i>	0.5	0.5				
Koriander	<i>Coriandrum sativum</i>	5	0.5	3	3	10	2
Kornblume	<i>Centaurea cyanus</i>						
Kümmel	<i>Carum carvi</i>	5	0.5	3	4		
Leindotter	<i>Camelina sativa</i>	5	2				4.5
Majoran	<i>Origanum majoranum</i>	1					
Margarite	<i>Leucanthemum vulgare</i>		1		2		4.5
Pyrenäen-Storchschnabel	<i>Geranium pyrenaicum</i>				1		
Raps	<i>Brassica napus</i>				5	10	2
Ringelblume	<i>Calendula officinalis</i>	5	1				4.5
Rote Taubnessel	<i>Lamium purpureum</i>		1	5			
Rotklee	<i>Trifolium pratense</i>		5	7	15	10	2
Sandmohn	<i>Papaver argemone</i>		0.5				
Senf	<i>Sinapis alba</i>	15	25				
Spitzwegerich	<i>Plantago lanceolata</i>	1.5	0.5				4.5
Weg- Malve	<i>Malva neglecta</i>				2		
Weißklee	<i>Trifolium repens</i>	5		15		5	5
Wiesenflockenblume	<i>Centaurea jacea</i>				2		
Wiesenpippau	<i>Crepis biennis</i>		0.5				
Wiesensalbei	<i>Salvia pratensis</i>	0.5	1		2		
Wilde Möhre	<i>Daucus carota</i>	1	0.5				
Wundklee	<i>Anthyllis vulneraria</i>	2	5				
Artenanzahl		22	27	26	26	11	27



Abbildung 8: Blühstreifen die den Maisschlag trennen im Juli (links) und August (rechts).

Fotos: Freya Zettl/HfWU

3 Ergebnisse

3.1 Mais-Bohnen-Gemenge

3.1.1 WILDBIENEN UND HONIGBIENEN

Im Jahr 2018 wurden insgesamt 168 Wildbienenindividuen von 22 Arten und 177 Honigbienen nachgewiesen. Davon kamen 109 Wildbienen im Mais-Bohnen-Gemenge und 59 Wildbienen in der Reinkultur vor. Da nur drei Standorte beprobt wurden und das Versuchsdesign teilweise von den Erfassungen in den Folgejahren abwich, wurden die Daten aus dem ersten Jahr nicht in die statistische Gesamtauswertung einbezogen.

In den Erfassungsjahren 2019 (7 Schläge) und 2020 (10 Schläge) wurden insgesamt 635 Wildbienenindividuen von 50 Arten und 2.049 Honigbienen nachgewiesen. Während der Hauptblütezeit der Bohne waren es 242 Wildbienenindividuen und 1.499 Honigbienen. Es wurden insgesamt 447 (70 %) Wildbienen im Mais-Bohnen-Gemenge und 188 (30 %) Wildbienen im Mais-Reinbau erfasst (Tabelle 3).

Von den 635 Wildbienenindividuen gehörten 273 Individuen (43 %) den Hummeln an. Von allen Wildbienen ist die Bohnenblüte vor allem für die Hummeln, Gattung *Bombus*, attraktiv. Ebenso bietet die Blüte der Bohnen ein attraktives Trachtangebot für Honigbienen, weshalb deutlich mehr Honigbienen im Mais-Bohnen-Gemenge als im reinen Mais zu verzeichnen sind.

Am häufigsten wurden in den Jahren 2019 und 2020 die Wildbienenarten *Bombus terrestris* agg., *Lasioglossum paucillum*, *Bombus pascuorum*, *Andrena flavipes* und *Bombus lapidarius* beobachtet (Tabelle 3).

In Tabelle 4 (Feldmitte) und Tabelle 5 (Feldrand) sind die Unterschiede zwischen den Kulturen und Bewirtschaftungsmethoden in Bezug auf das Bienen-vorkommen (Aktivitätsdichte), die Wildbienen-vielfalt und die Wildbienen-diversität (Shannon Index) während der Bohnenblüte dargestellt. Bei signifikanten Unterschieden zwischen den Erfassungsjahren (2019 und 2020) wurde der Durchschnittswert pro Jahr getrennt ausgewertet.

Der Artenreichtum der Wildbienen war auf den konventionell bewirtschafteten Flächen im Mais-Bohnen-Gemenge signifikant höher als im Mais-Reinbau. Des Weiteren traten im Zentrum der Felder signifikante Unterschiede zwischen der Bewirtschaftungsweise im Mais-Reinbau auf, wobei ein höherer Artenreichtum in den ökologisch bewirtschafteten Flächen zu verzeichnen war (Tabelle 4, Tabelle 5).

Sowohl bei den Hummeln als auch bei den Honigbienen trat im statistischen Model eine Wechselwirkung zwischen Kultur und Jahr auf. So waren im Feldzentrum im Jahr 2020 signifikant mehr Hummeln im Mais-Bohnen-Anbau zu verzeichnen, während hier 2019 keine Unterschiede in der Hummelabundanz auftraten (Tabelle 4).

Die Anzahl an Honigbienen war im Mais-Bohnen-Gemenge im Zentrumstransekt beide Jahre signifikant höher als im

TABELLE 3: HÄUFIGKEITSVERHÄLTNISS ALLER ERFASSTEN BIENENARTEN IN MAIS-REINANBAU (MM) UND MAIS-BOHNEN-GEMENGE (MB) 2019/20 (N=17 STANDORTE).

Art	MM	MB	Gesamtergebnis	(%)
<i>Apis mellifera</i>	327	1722	2049	
<i>Bombus terrestris</i>	11	139	150	23,6
<i>Lasioglossum pauxillum</i>	44	71	115	18,1
<i>Bombus pascuorum</i>	14	48	62	9,8
<i>Andrena flavipes</i>	9	26	35	5,5
<i>Bombus lapidarius</i>	16	18	34	5,4
<i>Halictus tumulorum</i>	3	22	25	3,9
<i>Bombus sylvarum</i>	2	17	19	3,0
<i>Lasioglossum malachurum</i>	4	14	18	2,8
<i>Lasioglossum lativentre</i>	12	6	18	2,8
<i>Lasioglossum calceatum</i>	5	11	16	2,5
<i>Lasioglossum laticeps</i>	8	8	16	2,5
<i>Lasioglossum morio</i>	9	5	14	2,2
<i>Lasioglossum zonulum</i>	6	6	12	1,9
<i>Lasioglossum glabriusculum</i>	3	5	8	1,3
<i>Lasioglossum politum</i>	3	4	7	1,1
<i>Andrena minutula</i>	4	2	6	0,9
<i>Halictus maculatus</i>	5	1	6	0,9
<i>Lasioglossum fulvicorne</i>	5	1	6	0,9
<i>Lasioglossum leucozonium</i>	3	3	6	0,9
<i>Lasioglossum minutissimum</i>	2	3	5	0,8
<i>Colletes hederæ</i>	1	3	4	0,6
<i>Halictus subauratus</i>	2	2	4	0,6
<i>Bombus spec</i>	0	4	4	0,6
<i>Halictus rubicundus</i>	2	1	3	0,5
<i>Hylæus communis</i>	1	2	3	0,5
<i>Lasioglossum villosulum</i>	1	2	3	0,5
<i>Andrena ovatula</i>	0	2	2	0,3
<i>Bombus pratorum</i>	2	0	2	0,3
<i>Colletes daviesanus</i>	2	0	2	0,3
<i>Halictus scabiosæ</i>	0	2	2	0,3
<i>Heriades truncorum</i>	1	1	2	0,3
<i>Hylæus nigrinus</i>	0	2	2	0,3
<i>Lasioglossum monstificum</i>	0	2	2	0,3
<i>Nomada fucata</i>	0	2	2	0,3
<i>Sphecodes crassus</i>	1	1	2	0,3
<i>Sphecodes ephippius</i>	2	0	2	0,3
<i>Sphecodes reticulatus</i>	0	2	2	0,3
<i>Andrena bicolor</i>	0	1	1	0,2
<i>Andrena subopaca</i>	1	0	1	0,2
<i>Bombus hortorum</i>	1	0	1	0,2
<i>Bombus hypnorum</i>	0	1	1	0,2
<i>Colletes similis</i>	0	1	1	0,2
<i>Halictus simplex s. l.</i>	0	1	1	0,2
<i>Hylæus confusus</i>	1	0	1	0,2
<i>Lasioglossum albipes</i>	0	1	1	0,2
<i>Lasioglossum semilucens</i>	1	0	1	0,2
<i>Macropis europæa</i>	0	1	1	0,2
<i>Osmia aurulenta</i>	0	1	1	0,2
<i>Sphecodes hyalinatus</i>	1	0	1	0,2
<i>Sphecodes puncticeps</i>	0	1	1	0,2
<i>Sphecodes scabricollis</i>	0	1	1	0,2
Wildbienenarten	35	42	50	
Wildbienenabundanz	188	447	635	
Abundanz inklusive <i>A.mellifera</i>	515	2169	2684	

TABELLE 4: EINFLUSS DES MAISANBAUSYSTEMS AUF DAS BIENENVORKOMMEN IM KONVENTIONELLEN (5 STANDORTE/JAHR) UND ÖKOLOGISCHEN (2 STANDORTE 2019 UND 5 STANDORTE 2020) ANBAU IM ZENTRUMSTRANSEKT.

Bienen Feldzentrum		MM_öko	MB_öko	MM_konv	MB_konv
Aktivitätsdichte Hummeln ¹ 2019 ²	Median	0,5 a	1,3 a	0,5 a	1,7 a
	SE	0,2	0,6	0,1	0,5
Aktivitätsdichte Hummeln ¹ 2020 ²	Median	0,5 a	2,5 b	0,5 a	7,1 b
	SE	0,1	0,7	0,1	2,0
Aktivitätsdichte solitäre Wildbienen ¹ 2019/20	Median	1,1 a	0,9 a	0,5 a	0,6 a
	SE	0,3	0,2	0,1	0,1
Aktivitätsdichte Honigbienen 2019/20	Median	0,9 a	40,0 b	0,1 a	37,9 b
	SE	0,6	28,7	0,1	20,6
Artenvielfalt ¹ 2019/20	Median	1,3 b	2,6 b	0,6 a	2,6 b
	SE	0,3	0,4	0,1	0,4
Shannon Index 2019/20	Median	0,5 a	0,3 a	0,0 a	0,5 a
	SE	0,1	0,2	0,2	0,1

Gleiche Kleinbuchstaben kennzeichnen nicht-signifikante Unterschiede (Tukey-Test $\alpha \leq 0.05$).

MM = Mais-Reinkultur, MB = Mais-Bohnen Gemenge, öko = ökologische Anbauweise, konv = konventionelle Anbauweise

Median = Summe aus drei während der Bohnenblüte (Juli-September) durchgeführten 20-minütigen Transektbegehungen pro Standort, gemittelt über die Standorte.

¹Werte von 0.5 repräsentieren 0 Individuen, da Nullwerte für die Log-Transformation durch 0.5 ersetzt wurden.

²Bei signifikanten Unterschieden zwischen den Jahren wurden die Ergebnisse pro Jahr separat ausgewertet.

TABELLE 5: EINFLUSS DES MAISANBAUSYSTEMS AUF DAS BIENENVORKOMMEN IM KONVENTIONELLEN (5 STANDORTE/JAHR) UND ÖKOLOGISCHEN (2 STANDORTE 2019, 5 STANDORTE 2020) ANBAU IM RANDTRANSEKT.

Bienen Feldrand		MM_öko	MB_öko	MM_konv	MB_konv
Aktivitätsdichte Hummeln ¹ 2019 ²	Median	0,5 ab	0,8 ab	0,6 a	2,8 b
	SE	0,2	0,4	0,2	0,8
Aktivitätsdichte Hummeln ¹ 2020 ²	Median	0,7 a	1,5 ab	0,6 a	5,8 b
	SE	0,2	0,4	0,2	1,7
Aktivitätsdichte solitäre Wildbienen ¹ 2019/20	Median	2,3 a	1,5 a	0,9 a	0,6 a
	SE	1,0	0,7	0,3	0,2
Aktivitätsdichte Honigbienen 2019 ²	Median	2,7 ab	54,7 ab	1,4 a	57,6 b
	SE	2,4	48,1	1,0	38,6
Aktivitätsdichte Honigbienen 2020 ²	Median	2,3 a	19,6 a	1,9 a	12,9 a
	SE	1,7	13,9	1,3	8,6
Artenvielfalt ¹ 2019/20	Median	2,0 ab	3,2 ab	1,4 a	3,4 b
	SE	0,6	1,0	0,3	0,8
Shannon Index 2019/20	Median	0,6 a	0,6 a	0,6 a	0,7 a
	SE	0,3	0,3	0,2	0,2

Gleiche Kleinbuchstaben kennzeichnen nicht-signifikante Unterschiede (Tukey-Test $\alpha \leq 0.05$).

Median = Summe aus drei während der Bohnenblüte (Juli-September) durchgeführten 20-minütigen Transektbegehungen pro Standort, gemittelt über die Standorte.

MM = Mais-Reinkultur, MB = Mais-Bohnen Gemenge, öko = ökologische Anbauweise, konv = konventionelle Anbauweise

¹Werte von 0.5 repräsentieren 0 Individuen, da Nullwerte für die Log-Transformation durch 0.5 ersetzt wurden.

²Bei signifikanten Unterschieden zwischen den Jahren wurden die Ergebnisse pro Jahr separat ausgewertet.

Mais-Reinanbau (Tabelle 4). An den Feldrändern konnte jedoch nur im Jahr 2019 und nur unter konventioneller Bewirtschaftung ein positiver Effekt der Gemengekultur auf das Honigbienen-vorkommen beobachtet werden (Tabelle 5). Im Mais-Bohnen-Gemenge konnten im Mittel zwischen 13 und 58 Honigbienen und bis zu sieben Hummeln pro Standort und Transekt beobachtet werden. Solitäre Wildbienen wurden nur sehr vereinzelt beobachtet und es konnte kein positiver Effekt des Mais-Bohnen-Gemenges auf die Individuenzahlen nachgewiesen werden (Tabelle 4, Tabelle 5).

3.1.2 LAUFKÄFER

Im Jahr 2018 wurden insgesamt 1.927 Laufkäfer von 30 Arten nachgewiesen. Es wurden 735 Individuen in der Reinkultur und 967 im Gemenge erfasst. Auch hier wurden

die Ergebnisse aus dem ersten Jahr aufgrund der unter Kapitel 3.1.1 aufgeführten Gründe nicht in die statistische Gesamtauswertung mitaufgenommen.

In den Jahren 2019 und 2020 wurden insgesamt 25.520 Laufkäferindividuen von 71 verschiedenen Arten erfasst. Davon 13.302 (52 %) in der Mais-Reinkultur und 12.218 (48 %) im Mais-Bohnen-Gemenge.

Am häufigsten wurden die Laufkäferarten *Pterostichus melanarius*, *Harpalus rufipes* und *Poecilus cupreus* beobachtet (Tabelle 6). Dabei kamen in den ökologisch bewirtschafteten Kulturen die dominanten Arten *Harpalus rufipes* (35 %), *Poecilus cupreus* (27 %) und *Pterostichus melanarius* (18 %) ähnlich häufig vor. Konventionelle Ackerschläge wurden hingegen primär von der Art *Pterostichus melanarius* (72 %) geprägt.

TABELLE 6: EINFLUSS DES MAISANBAUSYSTEMS AUF DAS HÄUFIGKEITSVERHÄLTNISS ALLER ERFASTEN LAUFKÄFERARTEN IN MAIS-REINANBAU (MM) UND MAIS-BOHNEN-GEMENGE (MB) 2019/20 (N=17 STANDORTE).

Art	MM	MB	Gesamt	(%)
<i>Pterostichus melanarius</i>	7191	5908	13099	51,3
<i>Harpalus rufipes</i>	2855	2894	5749	22,5
<i>Poecilus cupreus</i>	1532	1530	3062	12,0
<i>Bembidion quatrifasciatum</i>	401	310	711	2,8
<i>Bembidion lampros</i>	286	285	571	2,2
<i>Anchomenus dorsalis</i>	138	253	391	1,5
<i>Bembidion tetracolum</i>	132	114	246	1,0
<i>Bembidion properans</i>	120	89	209	0,8
<i>Agonum muelleri</i>	85	98	183	0,7
<i>Harpalus affinis</i>	86	92	178	0,7
<i>Calathus fuscipes</i>	60	76	136	0,5
<i>Microlestes minutulus</i>	65	44	109	0,4
<i>Loricera pilicornis</i>	41	67	108	0,4
<i>Clivina fossor</i>	30	43	73	0,3
<i>Carabus auratus</i>	30	33	63	0,2
<i>Trechus quadristriatus</i>	36	27	63	0,2
<i>Anisodactylus signatus</i>	24	35	59	0,2
<i>Carabus cancellatus</i>	9	39	48	0,2
<i>Poecilus versicolor</i>	3	40	43	0,2
<i>Pterostichus anthracinus</i>	25	17	42	0,2
<i>Pterostichus niger</i>	15	27	42	0,2
<i>Dolichus halensis</i>	13	24	37	0,1
<i>Bembidion obtusum</i>	13	23	36	0,1
<i>Anisodactylus binotatus</i>	16	13	29	0,1

Art	MM	MB	Gesamt	(%)
<i>Dyschirius globosus</i>	8	19	27	0,1
<i>Paratachys bistriatus</i>	12	14	26	0,1
<i>Amara similata</i>	6	9	15	0,1
<i>Synuchus vivalis</i>	6	8	14	0,1
<i>Amara aena</i>	2	10	12	0,0
<i>Carabus granulatus</i>	2	10	12	0,0
<i>Pterostichus vernalis</i>	6	6	12	0,0
<i>Bembidion lunulatum</i>	6	3	9	0,0
<i>Amara familiaris</i>	3	5	8	0,0
<i>Chlaenius nitidulus</i>	5	3	8	0,0
<i>Zabrus tenebrioides</i>	1	7	8	0,0
<i>Amara plebeja</i>	3	2	5	0,0
<i>Ophonus azureus</i>	4	1	5	0,0
<i>Trechoblemus micros</i>	3	2	5	0,0
<i>Abax parallelus</i>	3	1	4	0,0
<i>Amara aulica</i>	2	2	4	0,0
<i>Amara ovata</i>	0	4	4	0,0
<i>Cicindela germanica</i>	0	4	4	0,0
<i>Diachromus germanus</i>	1	3	4	0,0
<i>Stomis pumicatus</i>	3	1	4	0,0
<i>Abax parallelepipedus</i>	3	0	3	0,0
<i>Brachinus crepitans</i>	1	2	3	0,0
<i>Harpalus rubripes</i>	0	3	3	0,0
<i>Limodromus assimilis</i>	3	0	3	0,0
<i>Nebria brevicollis</i>	2	1	3	0,0
<i>Acupalpus meridianus</i>	0	2	2	0,0
<i>Agonum sexpunctatum</i>	1	1	2	0,0
<i>Amara lucida</i>	2	0	2	0,0
<i>Dyschirius intermedius</i>	0	2	2	0,0
<i>Harpalus griseus</i>	0	2	2	0,0
<i>Microlestes maurus</i>	0	2	2	0,0
<i>Amara apricaria</i>	1	0	1	0,0
<i>Amara communis</i>	0	1	1	0,0
<i>Amara fusca</i>	1	0	1	0,0
<i>Amara littorea</i>	0	1	1	0,0
<i>Amara lunicollis</i>	1	0	1	0,0
<i>Carabus monilis</i>	0	1	1	0,0
<i>Carabus violaceus</i> spp. <i>purpurascens</i>	0	1	1	0,0
<i>Chlaenius vestitus</i>	0	1	1	0,0
<i>Harpalus distinguendus</i>	0	1	1	0,0
<i>Harpalus tardus</i>	1	0	1	0,0
<i>Notiophilus biguttatus</i>	0	1	1	0,0
<i>Notiophilus palustris</i>	1	0	1	0,0
<i>Ophonus ardosiacus</i>	1	0	1	0,0
<i>Parophonus maculicornis</i>	1	0	1	0,0
<i>Pterostichus longicollis</i>	1	0	1	0,0
<i>Pterostichus nigrita</i>	0	1	1	0,0
Laufkäferarten	56	60	71	
Aktivitätsdichte	13302	12218	25520	

TABELLE 7: EINFLUSS DES MAISANBAUSYSTEMS AUF DAS LAUFKÄFERVORKOMMEN IM KONVENTIONELLEN (5 STANDORTE/JAHR) UND ÖKOLOGISCHEN (2 STANDORTE 2019 UND 5 STANDORTE 2020) ANBAU IM ZENTRUMSTRANSEKT.

Laufkäfer Feldzentrum		MM_öko	MB_öko	MM_konv	MB_konv
Aktivitätsdichte 2019/20	Median	247,0 a	203,7 a	184,9 a	190,8 a
	SE	130,6	107,7	77,4	79,9
Artenvielfalt 2019 ¹	Median	10,2 a	10,2 a	9,3 a	9,6 a
	SE	1,9	1,9	1,1	1,1
Artenvielfalt 2020 ¹	Median	14,9 a	14,8 a	6,3 b	10,1 ab
	SE	1,8	1,8	0,7	1,2
Shannon Index 2019/20	Median	1,5 a	1,6 a	0,9 a	1,1 a
	SE	0,2	0,2	0,2	0,2
Evenness 2019/20 ²	Median	0,6 a	0,7 a	0,4 a	0,5 a
	SE	0,1	0,1	0,1	0,1

Gleiche Kleinbuchstaben kennzeichnen nicht-signifikante Unterschiede (Tukey-Test $\alpha \leq 0.05$).

MM = Mais-Reinkultur, MB = Mais-Bohnen Gemenge, öko = ökologische Anbauweise, konv = konventionelle Anbauweise

Median = Summe aus drei (Juli-September) einwöchigen Fangperioden à vier Bodenfallen pro Standort, gemittelt über die Standorte.

¹Bei signifikanten Unterschieden zwischen den Jahren wurden die Ergebnisse pro Jahr separat ausgewertet.

²Evenness = Ausgewogenheit der Art, das Verhältnis des anteiligen Vorkommens einer Art im Vergleich zu der gesamten Artenanzahl

TABELLE 8: EINFLUSS DES MAISANBAUSYSTEMS AUF DAS LAUFKÄFERVORKOMMEN IM KONVENTIONELLEN (5 STANDORTE/JAHR) UND ÖKOLOGISCHEN (2 STANDORTE 2019 UND 5 STANDORTE 2020) ANBAU IM RANDSTRANSEKT.

Laufkäfer Feldrand		MM_öko	MB_öko	MM_konv	MB_konv
Aktivitätsdichte 2019/20	Median	266.2 a	238.7 a	266.1 a	211.3 a
	SE	93.7	84.0	71.8	57.0
Artenvielfalt 2019/20	Median	13.3 a	14.5 a	12.9 a	13.9 a
	SE	1.2	1.3	0.9	0.9
Shannon Index 2019 ¹	Median	1.6 a	2.1 a	1.3 a	1.5 a
	SE	0.2	0.2	0.2	0.2
Shannon Index 2020 ¹	Median	1.6 a	1.6 a	1.2 a	1.3 a
	SE	0.2	0.2	0.2	0.2

Gleiche Kleinbuchstaben kennzeichnen nicht-signifikante Unterschiede (Tukey-Test $\alpha \leq 0.05$).

MM = Mais-Reinkultur, MB = Mais-Bohnen Gemenge, öko = ökologische Anbauweise, konv = konventionelle Anbauweise

Median = Summe aus drei (Juli-September) einwöchigen Fangperioden à vier Bodenfallen pro Standort, gemittelt über die Standorte.

¹Bei signifikanten Unterschieden zwischen den Jahren wurden die Ergebnisse pro Jahr separat ausgewertet

In Tabelle 7 (Feldzentrum) und Tabelle 8 (Feldrand) sind die Unterschiede zwischen den Kulturen und Bewirtschaftungsmethoden in Bezug auf das Laufkäfervorkommen, die Artenvielfalt, die Diversität (Shannon Index) und das Häufigkeitsverhältnis der unterschiedlichen Arten (Evenness) dargestellt. Bei signifikanten Unterschieden zwischen den Erfassungsjahren (2019 und 2020) wurde der Durchschnittswert pro Jahr angegeben.

Es wurde kein signifikanter Effekt des Mais-Bohnen-Gemenges auf das Laufkäfervorkommen festgestellt. Die Werte für die Artenvielfalt und Shannon-Diversität unterschieden sich teilweise deutlich zwischen den Jahren. Dabei wurde

im Jahr 2020 im Mais-Reinanbau ein signifikant positiver Effekt der ökologischen Anbauweise auf die Laufkäfervielfalt im Feldzentrum nachgewiesen (Tabelle 7). Im Jahr 2019 wurden hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungsformen nachgewiesen.

3.1.3 ACKERWILDKRÄUTER

Im Jahr 2020 wurden in den Vegetationsaufnahmen im Mittel 11 Wildkrautarten im Mais-Reinanbau und 12 Arten im Mais-Bohnen-Gemenge erfasst (Dieterich, 2020). Es lagen keine signifikanten Unterschiede in der Artenzahl zwischen Mais-Bohnen-Gemenge und Mais-Reinanbau vor

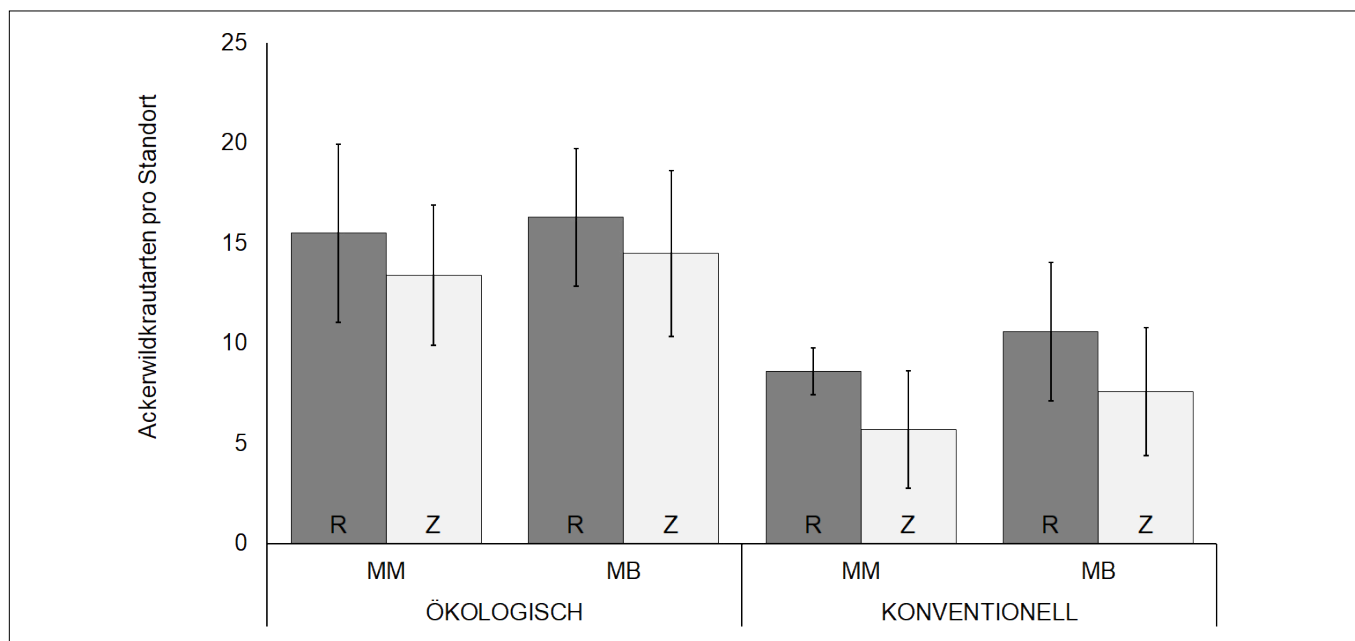


Abbildung 10: Einfluss des Maisbausystems auf die Anzahl der Arten von Ackerwildkräutern in Mais-Reinkultur (MM) und Mais-Bohnen-Gemeinge (MB), im Rand- (R) und Zentrumstranekt (Z). Dargestellt sind jeweils der Mittelwert und die Standardabweichung der erhobenen Daten über die untersuchten Versuchsstandorte im Jahr 2020 ($n = 10$ bzw. 5 Standorte pro Bewirtschaftungsart).

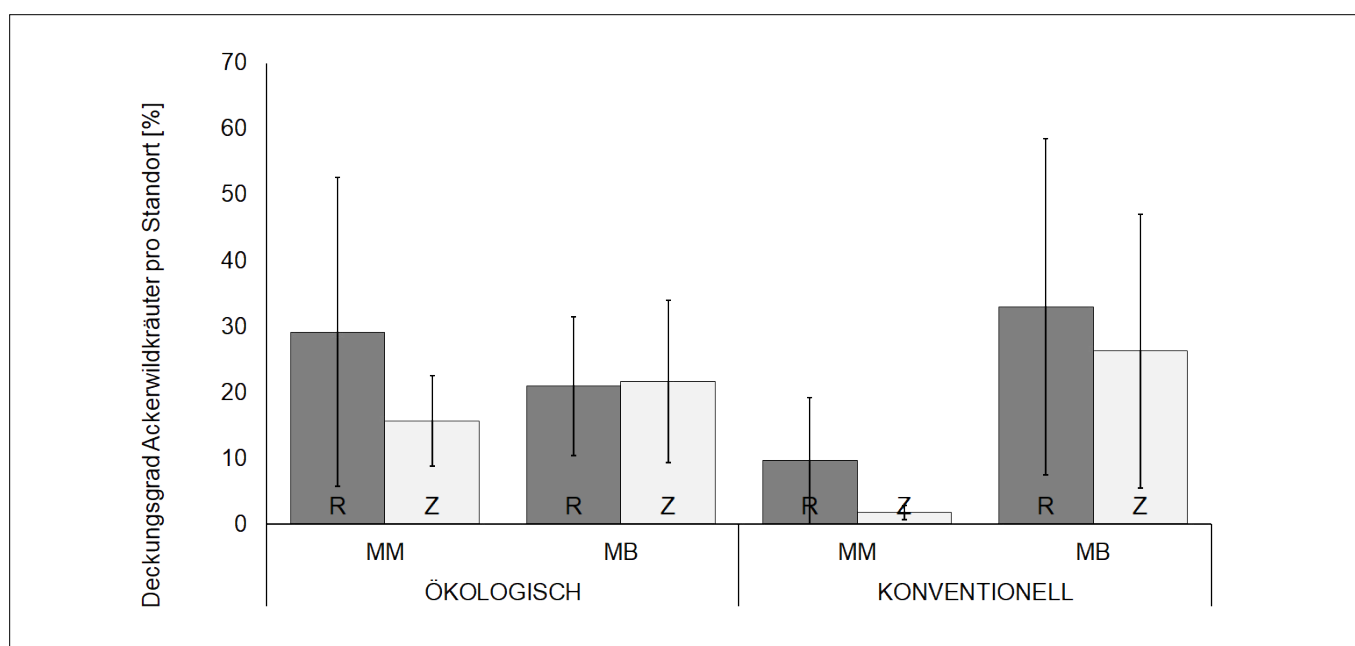


Abbildung 11: Einfluss des Maisbausystems auf die Deckung (%) von Ackerwildkräutern in Mais-Reinkultur (MM) und Mais-Bohnen-Gemeinge (MB), im Rand- (R) und Zentrumstranekt (Z). Dargestellt sind jeweils der Mittelwert und die Standardabweichung der erhobenen Daten über die untersuchten Versuchsstandorte im Jahr 2020 ($n = 10$ bzw. 5 Standorte pro Bewirtschaftungsart).

(Abbildung 10). Es traten jedoch mit im Mittel 12 Arten signifikant mehr Ackerwildkrautarten auf ökologischen als auf konventionellen Flächen (im Mittel 8 Arten) auf.

Die Deckung der Ackerwildkräuter betrug in den Mais-Bohnen Flächen im Mittel 25 % und in den Mais-Reinkultur

Flächen im Mittel 14 %. Auf den konventionell bewirtschafteten Flächen ist die Ackerwildkrautdeckung im Zentrumstranekt im Mais-Bohnen-Gemeinge signifikant höher als im Mais-Reinanbau. Auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen sind keine signifikanten Unterschiede zu verzeichnen (Abbildung 11).

3.2 Blühende Untersaat im Mais

3.2.1 WILDBIENEN

In dem Parzellenversuch der Herbstblühmischung wurden insgesamt 352 Wildbienen von 25 Arten erfasst. Dabei lag die Anzahl an Wildbienen in der Mischung HBI bei 160 und in Mischung HBII bei 192 Individuen. In der Kontrolle wurden keine Wildbienen gefunden.

In der Frühjahrsblühmischung waren es im gleichen Jahr (2020) hingegen nur 107 Wildbienen von insgesamt 10 verschiedenen Arten. Hierbei wurden in der Mischung FBI 56, in Mischung FBII 50 und in der Kontrolle 1 Wildbiene erfasst. Aufgrund eines trockenheitsbedingten geringen Blühangebots wurden in der zweiten Erfassungsrunde nur vereinzelt Wildbienenindividuen in den Frühjahrsblühmischungen vorgefunden.

Im Jahr 2021 wurden insgesamt 890 Honigbienen und 652 Wildbienen von 20 Arten im Parzellenversuch der Frühjahrsblühmischungen erfasst. In der Mischung FBI wurden 540 Honigbienen (61 %) sowie 340 Wildbienen (52 %) von 15 Arten nachgewiesen. In der Mischung FBII waren es 345 Honigbienen (39 %) und 261 Wildbienen (40 %) von 13 Arten. In der Kontrolle wurden 5 Honigbienen (1 %) und 51 Wildbienen (8 %) von 5 Arten primär an Kamille und Vogelknöterich beobachtet.

Tabelle 9 zeigt die mittlere Anzahl an Wildbienenarten bzw. Individuen im Gemenge mit den Herbst- (HB) und



Abbildung 12: Wildbiene auf Kamillenblüte.

Foto: Freya Zettl/HfWU

Frühjahrsblühmischungen (FB) und in den jeweiligen Kontrollparzellen (reiner Mais). Die erfassten Daten dienen lediglich einer ersten Einschätzung.

3.2.2 LAUFKÄFER

In dem Parzellenversuch der Herbstblühmischung wurden insgesamt 347 Laufkäfer von 25 Arten gefunden. Dabei lag die Aktivitätsdichte an Laufkäfern in der Mischung HBI bei 91, in Mischung HBII bei 142 und in der Kontrolle bei 114 Individuen.

In der Frühjahrsblühmischung waren es im gleichen Jahr insgesamt 613 Laufkäfer von 14 Arten. Hierbei wurden in der Mischung FBI 267, in Mischung FBII 209 und in der Kontrolle 137 Laufkäfer gefunden. Im Jahr 2021 wurden insgesamt 739 Laufkäfer von 21 Arten in dem Parzellenversuch der Frühjahrsblühmischung nachgewiesen, davon

TABELLE 9: ARTENREICHTUM UND AKTIVITÄTSDICHTE DES WILDBIENENVORKOMMEN IN MAIS MIT BLÜHENDEN UNTERSAAATEN AM STANDORT TACHENHAUSEN.

Kultur	Mittlerer Artenreichtum	SD	Mittlere Aktivitätsdichte	SD
Kontrolle FB 2020	0.3	0.4	0.3	0.4
FBI 2020	4.5	0.4	14.0	1.5
FBII 2020	3.3	1.1	12.5	2.1
Kontrolle FB 2021	2.5	1.7	12.8	6.6
FBI 2021	7.8	0.8	85.0	12.7
FBII 2021	5.8	1.8	65.3	20.0
Kontrolle HB 2020	0.0	0.0	0.0	0.0
HBI 2020	11.0	1.4	40.0	2.1
HBII 2020	9.0	1.6	48.0	18.6

Dargestellt ist jeweils die Summe aus zwei Erfassungsrounden (10 min/Parzelle) und der Mittelwert über vier Parzellen. HB = Herbstblühmischung, FB = Frühjahrsblühmischung, SD = Standardabweichung

TABELLE 10: ARTENREICHTUM UND AKTIVITÄTSDICHTE DES LAUFKÄFERVORKOMMEN IN MAIS MIT BLÜHENDEN UNTERSAAATEN AM STANDORT TACHENHAUSEN.

Kultur	Mittlerer Artenreichtum	SD	Mittlere Aktivitätsdichte	SD
Kontrolle FB 2020	5.0	1.6	34.3	8.5
FBI 2020	6.3	1.3	66.8	10.0
FBII 2020	5.8	1.8	52.3	12.9
Kontrolle FB 2021	8.3	2.9	47.3	18.0
FBI 2021	9.3	0.8	72.8	10.0
FBII 2021	7.0	0.0	64.8	19.3
Kontrolle HB 2020	6.0	1.9	28.5	10.4
HBI 2020	8.3	1.3	22.8	3.6
HBII 2020	10.8	2.3	35.5	6.8

Dargestellt ist jeweils die Summe aus zwei Erfassungsrunden und der Mittelwert über vier Parzellen.
HB = Herbstblühmischung, FB = Frühjahrsblühmischung, SD = Standardabweichung

291 Individuen in FBI, 259 Individuen in FBII und 189 Individuen in der Kontrolle.

Tabelle 10 zeigt einen Mittelwertvergleich des Artenreichtums und der Aktivitätsdichte der Laufkäfer im reinen Mais (Kontrolle) und im Gemenge mit Herbst- (HB) und Frühjahrsblühmischung (FB). Im Gemenge mit der Frühjahrsblühmischung konnte tendenziell eine Zunahme der Laufkäferaktivität beobachtet werden. Der Effekt war in der weniger deckenden Blühmischungsvariante FBI in beiden Jahren etwas stärker ausgeprägt als in FBII. Die Artenvielfalt unterschied sich in beiden Jahren kaum zwischen den Varianten der Frühjahrsblühmischung und der Kontrolle. Wurden die Blühmischungen bereits im Herbst ausgesät, konnte hingegen eine tendenzielle Zunahme der Artenvielfalt beobachtet werden.

Das insgesamt höhere Laufkäfervorkommen im zweiten Jahr ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die erhöhte Niederschlagsmenge im Jahr 2021 zurückzuführen. Aufgrund der geringen Parzellengröße und der Mobilität der Laufkäfer wird keine statistische Auswertung angewendet. Die erfassten Daten dienen lediglich einer ersten Einschätzung.

3.3 Blühstreifen im Mais

3.3.1 WILDBIENEN

In den Blühstreifenversuchen im Jahr 2021 wurden insgesamt 2.510 Honigbienen und 425 Wildbienen von 43 verschiedenen Arten erfasst. Es wurden in der Summe über alle Versuchsflächen nur eine Wildbiene und zwei

Honigbienen in der Mais-Reinkultur erfasst. Alle übrigen Bienen wurden in den Blühstreifen beobachtet.

In der Summe über die vier Erfassungsrunden (Ende Mai–August) wurden durchschnittlich 502 Honigbienen und 85 Wildbienen von im Mittel 21 Arten pro Standort beobachtet. Die Individuen- und Artenzahlen waren in den Blühstreifen signifikant höher als im reinen Mais (Abbildung 13).

3.3.2 LAUFKÄFER

Insgesamt wurden auf den fünf Praxis schlägen 2.393 Laufkäfer von 54 Arten erfasst. Davon wurden 1.458 Individuen (61 % der Gesamtindividuenzahl) von 48 Arten (89 % der Gesamt-Artenzahl) in den Blühstreifen und 935 Individuen (39 %) von 33 Arten (61 %) im reinen Mais nachgewiesen. Die Artenvielfalt war mit durchschnittlich 23 Arten pro Standort in den Blühstreifen signifikant höher als im reinen Mais mit durchschnittlich 14 Arten. Auch die Laufkäferaktivität war in den Blühstreifen erhöht, allerdings konnte hier kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (Abbildung 14).

Die Laufkäferdiversität war mit einem mittleren Shannon-Index von 2,4 im Blühstreifen signifikant höher als in der Reinkultur, die einen Durchschnittswert von 1,9 vorwies. Die häufigsten Arten im reinen Mais waren *Pterostichus melanarius* (40 %), *Bembidion obtusum* (12 %) und *Harpalus rufipes* (9 %). Der Blühstreifen wurde dominiert von *Harpalus rufipes* (22 %), *Poecilus cupreus* (16 %) und *Pterostichus melanarius* (13 %).

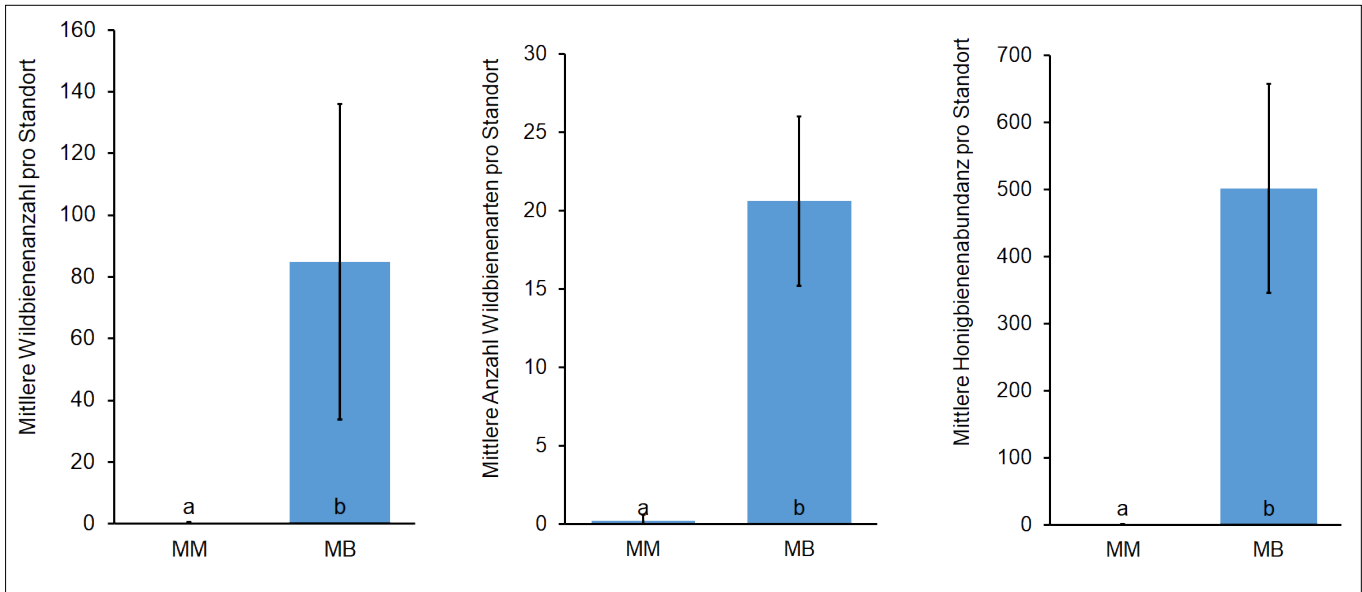


Abbildung 13: Einfluss des Mais-Gemengeanbaus auf das Bienenvorkommen im Praxisversuch Mais mit Blühstreifen. Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung der Wildbienenaktivität (erfasste Individuenzahl pro Standort; links), -artenvielfalt (Mitte) und Honigbienenaktivität (rechts) in reinem Mais (MM) und Blühmischung (MB) über die fünf Versuchsfelder. Einzelwerte pro Standort setzen sich aus der Summe von je vier 20-minütigen Transektbegehungen zwischen Mai und August 2021 zusammen. Gleiche Kleinbuchstaben symbolisieren nicht-signifikante Unterschiede zwischen den Kulturarten (Mann-Whitney U, $\alpha \leq 0,05$).

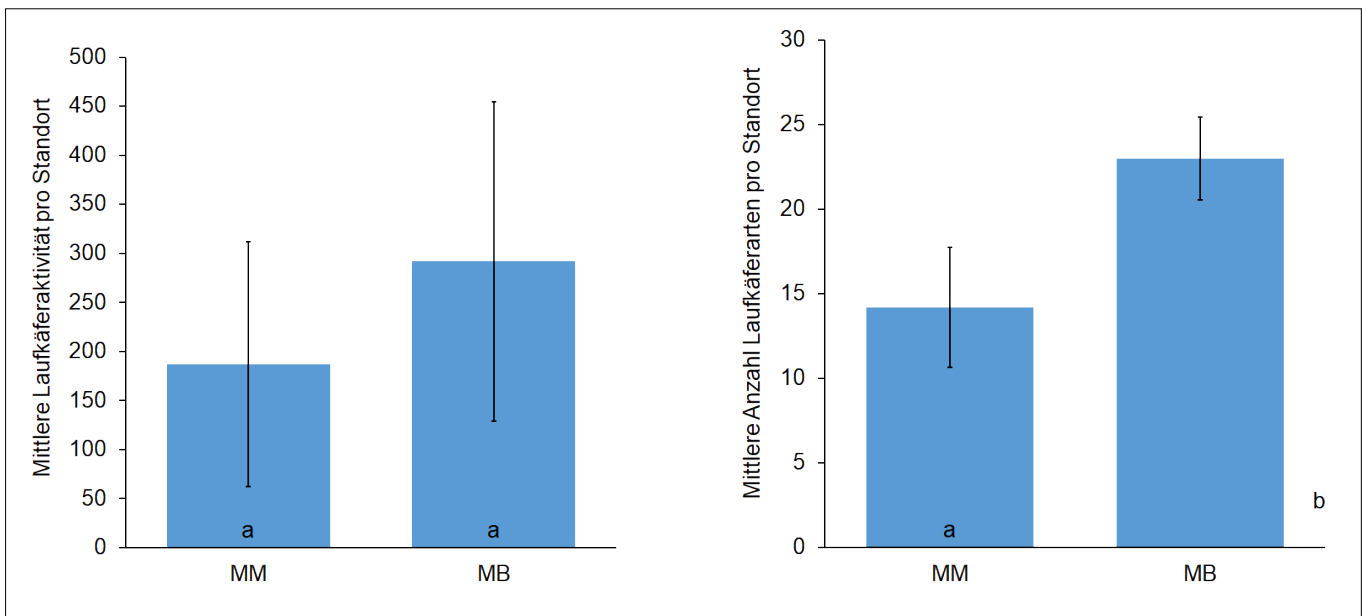


Abbildung 14: Einfluss des Mais-Gemengeanbaus auf das Laufkäfervorkommen in den Blühstreifenversuchen 2021. Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung der Laufkäferaktivität (erfasste Individuen pro Standort; links) und -artenvielfalt (rechts) im reinen Mais (MM) und in der Blühmischung (MB) über die fünf untersuchten Standorte. Einzelwerte setzen sich aus der Summe von drei einwöchigen Erfassungsrunden (mit je vier aktiven Bodenfallen pro Standort) zwischen Mai und August 2021 zusammen. Gleiche Kleinbuchstaben symbolisieren nicht-signifikante Unterschiede zwischen den Kulturen (Tukey-Test, $\alpha \leq 0,05$).

4 Diskussion

4.1 Mais-Bohnen-Gemenge

Bei der Anlage der Praxisflächen wurde teilweise vor dem Mais-Bohnen-Gemenge ein reines Mais-Vorgewende angelegt. In diesen Fällen mussten die Insektenerfassungen im Randtransekt um die Breite des Vorgewendes in das Feldinnere verlegt werden. Dies führte zu einer hohen Variation der Randbedingungen an den verschiedenen Versuchsstandorten. Aufgrund der entsprechend eingeschränkten Aussagekraft der Feldrand-Daten werden im Folgenden nur die Ergebnisse des Feldzentrums diskutiert.

4.1.1 WILDBIENEN UND HONIGBIENEN

Als Bestäuber differenzieren Wildbienen deutlich zwischen einer Bewirtschaftung mit Blühangebot und einer Bewirtschaftung ohne Blühangebot. Die Attraktivität des Blühangebots ist vom Blühzeitraum und der Vielfalt sowie von bestimmten blühenden Pflanzenarten abhängig. Auf Äckern ist das Artenspektrum der Wildbienen im Vergleich zu anderen Lebensräumen begrenzt. Der Lebensraumtyp Acker eignet sich nicht als Fortpflanzungshabitat und wird lediglich zur Nahrungsaufnahme aufgesucht, sofern sich blühende Pflanzen im Bestand befinden.

Unter den Wildbienen profitieren lediglich einige häufig vorkommende Hummelarten von der Stangenbohne. Im Gegensatz zu den meist kleineren, solitär lebenden Wildbienenarten besitzen Hummeln eine verhältnismäßig lange Zunge, die es ihnen ermöglicht, den tiefliegenden Nektar am Grund der Bohnenblüte zu nutzen. Zusätzlich sind sie in der Lage, Nektarraub zu betreiben, indem sie Löcher in den Blütensporn beißen (Goulson et al., 2013). Da im reinen Mais sehr wenige Wildbienen gefunden wurden, hat das Vorkommen von durchschnittlich zwei Hummelarten pro Mais-Bohnenfläche bereits zu einer signifikanten Steigerung der Wildbienenartenvielfalt geführt. Im konventionellen Maisanbau kann dementsprechend ein Mehrwert des Mais-Bohnen-Gemenges für die Hummeln nachgewiesen werden. Im ökologischen Anbau ist ebenfalls eine signifikante Zunahme der Hummelaktivität im Gemengeanbau

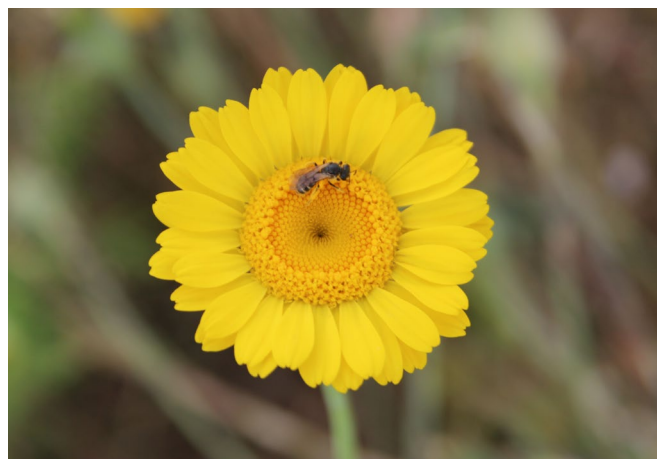


Abbildung 15: Wildbiene auf Färberkamillenblüte.

Foto: Freya Zettl/HfWU

zu verzeichnen. Die Artenvielfalt nimmt hier im Mittel nur um eine Art zu, da auf ökologisch bewirtschafteten Flächen bereits im Mais-Reinanbau aufgrund der Ackerbegleitflora mehr Wildbienen gefunden wurden.

In der reinen Maiskultur stellen blühende Ackerwildkräuter die einzige Nahrungsquelle für Wildbienen dar. Im Gegensatz zur Bohne können Ackerwildkräuter auch für die kleineren, solitären Wildbienen eine attraktive Nektar- und Pollenquelle sein. Die höhere Anzahl an unterschiedlichen Ackerwildkrautarten im ökologischen Anbau kann somit die signifikant erhöhte Wildbienenartenvielfalt im Vergleich zum konventionellen Mais-Reinanbau erklären.

Im konventionellen Mais-Bohnen-Anbau kann zur Beikraut-Bekämpfung lediglich eine Voraufbau-Behandlung durchgeführt werden. Die Untersuchungen der Ackerbegleitflora im Jahr 2020 zeigen, dass die eingeschränkte Herbizidanwendung eine signifikante Zunahme der Wildkrautdeckung zur Folge hatte. Im konventionellen Mais-Bohnen-Anbau wurde, trotz hoher Wildkrautdeckung, keine erhöhte Aktivität solitärer Wildbienen beobachtet. Dies ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die geringere Artenvielfalt der Wildkräuter zurückzuführen.

Der Mais-Bohnen-Anbau kann als eine Art Massentracht bezeichnet werden. Das große Nektarangebot blühender Massentrachten ist vor allem für Honigbienen attraktiv. Dies spiegelt sich in der signifikant höheren Anzahl an Honigbienen im Mais-Bohnen-Gemenge im Vergleich zum Mais-Reinanbau wider. Da die Honigbiene eine do-

mestizierte Art darstellt, kann aus diesem signifikanten Ergebnis keine Aussage zur Biodiversität getroffen werden. Allerdings stellt der Gemengeanbau für Honigbienen eine geeignete Trachtquelle dar, womit dieser für die imkerliche Praxis sehr interessant sein kann.

Zusammenfassend profitieren unter den Wildbienen nur einige häufige Hummelarten von dem Gemenge. Aufgrund ihrer langen Flugzeit sind Hummeln auch im Spätsommer, wenn die Hauptaktivitätsphase vieler kleinerer Wildbienen bereits beendet ist, noch auf ein großflächiges Nahrungsangebot angewiesen. Dementsprechend kann der Mais-Bohnen-Anbau, während eines begrenzten Zeitraumes, eine wichtige Nektar- und Pollenquelle für Hummeln sowie für die domestizierte Honigbiene darstellen. Um Hummeln und andere Bestäuber langfristig zu fördern, bedarf es allerdings auch eines vielfältigen und kontinuierlichen Blühangebots sowie Nistmöglichkeiten (Westphal et al., 2009; Riedinger et al., 2014).

4.1.2 LAUFKÄFER

Die Laufkäferfauna in landwirtschaftlichen Kulturen ist von der Nutzungsform und -intensität abhängig und äußert sich in der Zusammensetzung, der Diversität und dem Abundanzmuster der Artengemeinschaften (Irmeler, 2003; Pfiffner & Luka, 2003). Diejenigen Arten, die im Rahmen dieser Untersuchungen den höchsten prozentualen Anteil ausmachten, waren gleichzeitig auch die in der Literatur häufig auf Äckern gefundenen Arten.

Eine erhöhte Bodenbedeckung im Mais kann Laufkäfern Schutz vor Fressfeinden bieten und durch die Beschattung des Ackerbodens ein günstiges Mikroklima schaffen (Diehl et al., 2012). Die Bohne leistet nur einen verhältnismäßig geringen Beitrag zur Bodenbedeckung. Da die Blattoberfläche im Jugendstadium noch sehr gering ist, wird die Beschattung des Bodens nur für einen kurzen Zeitraum erhöht. Dementsprechend zeigt der Mais-Bohnen-Anbau keinen signifikanten Einfluss auf das Laufkäfervorkommen.

Unter konventioneller Bewirtschaftung wird eine tendenzielle Zunahme der Laufkäferdiversität im Gemenge-Anbau im Vergleich zur Reinkultur beobachtet. Der Unterschied

erreicht allerdings keine statistische Signifikanz. Es ist ebenfalls hervorzuheben, dass im ökologischen Maisanbau, der die höchste Laufkäferdiversität vorweist, keine Unterschiede zwischen Reinkultur und Gemenge zu verzeichnen sind. Es ist davon auszugehen, dass die Zunahme der Laufkäferdiversität im konventionellen Mais-Bohnen-Anbau primär auf die signifikant erhöhte Ackerwildkrautdeckung zurückzuführen ist.

Ackerwildkräuter können eine im Vergleich zur Bohne frühere Bodenbedeckung sowie ein zusätzliches Nahrungsangebot für phytophage (= pflanzenfressende) Laufkäfer darstellen. Dies spiegelt sich auch im Jahr 2020 in der signifikant höheren Laufkäferdiversität im ökologischen im Vergleich zum konventionellen Anbau wider. Der positive Einfluss der ökologischen Anbauweise auf die Biodiversität ist bereits aus der Literatur bekannt (Lichtenberg et al., 2017).

Im Jahr 2019 können, aufgrund der geringen Stichprobengröße, keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bewirtschaftungsformen (ökologisch und konventionell) nachgewiesen werden. Während 2020 je fünf ökologische und fünf konventionelle Flächen miteinander verglichen werden, liegen im Jahr 2019 nur Daten für zwei ökologisch bewirtschaftete Flächen vor. Die getrennte Auswertung der beiden Erfassungsjahre ist notwendig, da eine signifikante Wechselwirkung zwischen der Artenvielfalt und dem Jahr auftritt.

Zusammenfassend ist kein direkter Einfluss des Mais-Bohnen-Gemengeanbaus auf die Laufkäferaktivität, -vielfalt oder -diversität nachweisbar. Im konventionellen Anbau kann die eingeschränkte Herbizidanwendung jedoch eine erhöhte Beikrautdeckung zur Folge haben und somit einen indirekten Beitrag zur Steigerung der Laufkäferdiversität leisten.

4.2 Blütmischung im Mais

Bisher wurde das Wildbienen- und Laufkäfervorkommen in den blühenden Untersaaten nur im Exaktversuch und lediglich an einem Standort untersucht. Der Versuchsaufbau ist auf eine pflanzenbauliche Bewertung des Gemenges

ausgelegt und lässt keine validen Aussagen zum Mehrwert für die Insekten-Diversität zu. Die entomologischen Beobachtungen liefern jedoch eine erste Einschätzung, die als Grundlage für weitere Untersuchungen genutzt werden kann. Auf eine detaillierte Diskussion der Herbst-Untersaat wird aufgrund mangelnder Praxistauglichkeit verzichtet. Die Blühstreifen im Mais wurden bereits auf Praxisschlägen an verschiedenen Standorten untersucht und erlauben somit eine statistische Auswertung.

4.2.1 WILDBIENEN

Die meisten Wildbienenarten sind auf spezielle Pflanzenfamilien bzw. -arten für die Pollen und Nektarversorgung angewiesen (Westrich, 2018). Eine hohe Wildbienenanzahl und -diversität geht dementsprechend mit einem großen und vielfältigen Blütenangebot einher.

Das Blühangebot der Frühjahrsuntersaat wird von einzelnen Pflanzenarten aus den Familien der *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Apiaceae* und *Boraginaceae* dominiert. Dies stellt im Vergleich zum Mais-Bohnen-Gemenge eine verhältnismäßig hohe Blütenvielfalt dar, von der sowohl Hummeln als auch solitäre Wildbienen profitieren. Bedingt durch den späten Blühbeginn kann das Nektar- und Pollenangebot jedoch nicht von Wildbienen genutzt werden, deren Flugzeit auf die Frühjahrsmonate begrenzt ist. Eine weitere Einschränkung der Blütenvielfalt (und entsprechenden Anzahl an geförderten Wildbienenarten) ergibt sich daraus, dass viele Pflanzenarten aufgrund spezifischer Wachstumsansprüche nicht für eine Untersaat geeignet sind.

Die tendenziell erhöhte Attraktivität der Frühjahrsblühmischung I (wenige, konkurrenzstärkere Pflanzenarten mit hoher Blühdichte) lässt sich durch die geringere Verunkrautung und den entsprechend höheren Blühaspekt im Vergleich zu der diverseren Mischung II begründen. Die geringe Wildbienenendichte im Jahr 2020 ist auf ein trockenheitsbedingtes, vorzeitiges Verblühen der Untersaat und ein entsprechend geringes Blühangebot zum Zeitpunkt der zweiten Erfassung zurückzuführen.

Bedingt durch die Herbstsaat steht in den segregativen (= den Maisschlag trennenden) Blühstreifen bereits



Abbildung 16: Wildbiene an Borretschblüte.

Foto: Freya Zettl/HfWU

im April des Folgejahres ein Blühangebot zur Verfügung. Davon profitieren Arten, die bereits im zeitigen Frühjahr aktiv sind. So wurden einige typische Frühjahrsarten wie die graue Sandbiene (*Andrena cineraria*), die zweizellige Sandbiene (*Andrena lagopus*), die Rotfransige Sandbiene (*Andrena haemorrhoa*) und die Frühlings-Seidenbiene (*Colletes cunicularius*) nachgewiesen.

Das großflächige und verhältnismäßig diverse Blühangebot der Frühjahrsuntersaat kann in den Monaten Juni bis August potenziell einen wertvollen Beitrag zum Erhalt des Wildbienenbestands in der Agrarlandschaft leisten. Im Gegensatz zum segregativen Ansatz kann die gesamte Ackerfläche bewirtschaftet und zeitgleich ein flächendeckendes Blühangebot geschaffen werden. Als Nachteile der Untersaaten ist der verhältnismäßig späte Blühbeginn, das fehlende Nist- und Überwinterungsangebot sowie die eingeschränkte Auswahl geeigneter Pflanzenarten zu nennen. Des Weiteren werden die Bienen in der blühenden Untersaat (wie auch im Mais-Bohnen-Gemenge) einem erhöhten Risiko ausgesetzt, direkt oder indirekt mit Herbiziden in Kontakt zu kommen. Je nach Wirkstoffart und -konzentration kann dies die Überlebenswahrscheinlichkeit der Tiere stark reduzieren (Belsky & Joshi, 2020). Aufgrund des unterschiedlichen Versuchsdesigns ist bisher kein direkter Vergleich der Systeme in Bezug zur jeweiligen Biodiversitätswirkung möglich.

4.2.2 LAUFKÄFER

Laufkäfer zählen zu den häufigsten Tieren an der Bodenoberfläche von Äckern. Durch den Verzehr von Unkrautsa-

men, Blattläusen und anderen Schadorganismen erbringen sie wichtige regulative Ökosystemdienstleistungen für die Landwirtschaft. Blümmischungen können einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der Laufkäferdiversität leisten, indem sie ein vielfältiges Nahrungsangebot für samenfressende Arten zur Verfügung stellen. Zusätzlich können sie als Rückzugsräume, und im Falle einer überjährigen Standzeit als Überwinterungshabitat dienen.

In den zweijährigen Untersuchungen der Frühjahrsuntersaaten ist tendenziell eine höhere Fanghäufigkeit (= Aktivitätsdichte) in Parzellen mit Untersaat, im Vergleich zu Parzellen ohne Untersaat, zu verzeichnen. In den Herbstuntersaaten ist keine erhöhte Laufkäferaktivität anhand der erfassten Daten sichtbar. Die reduzierte Fanghäufigkeit lässt sich auf den hohen Raumwiderstand in der Herbstuntersaat zurückführen. Im Vergleich zum unbedeckten Boden in der Kontrolle und der lückigen Vegetation in der Frühjahrsuntersaat schränkt die deckende, bodennahe Vegetation der Herbstuntersaat sowohl die Fortbewegungsgeschwindigkeit als auch den Aktivitätsradius der ansonsten sehr mobilen Laufkäfer stark ein. Das gleiche Muster ist bei einem jeweiligen Vergleich der zwei Blümmischungsvarianten eines Exaktversuches erkennbar. So korreliert jeweils ein vergleichsweise geringer Deckungsgrad der Blümmischung mit einer vergleichsweise hohen Aktivitätsdichte und entsprechend hohen Artenzahl der Laufkäfer (Kapitel 3.2). Insbesondere in der dichten Herbstblümmischung ist somit davon auszugehen, dass die reale Laufkäferabundanz und -vielfalt in den Untersaaten deutlich über der dargestellten Fanghäufigkeit liegt.

Die signifikante Zunahme der Laufkäferartenvielfalt in den überjährigen Blühstreifen ist auf eine deutliche Zunahme herbivorer (= kräuter-, samenfressender) Arten zurückzuführen, die von dem großflächigen und diversen Nahrungsangebot der Blümmischung profitieren (Baulechner et al., 2019). Wie teils bereits unter Kapitel 4.1.2 diskutiert, kann die Blümmischung zusätzlich dazu beitragen, günstige mikroklimatische Bedingungen, Schutz vor Fressfeinden sowie einen Rückzugsraum während der Bodenbearbeitung zu schaffen (Diehl et al., 2012). Vorteile mehrjähriger Blühstreifen gegenüber den Frühjahrsuntersaaten sind die Möglichkeit zur Überwinterung sowie der Erhalt einer



Abbildung 17: Laufkäfer auf Bohnenblatt.

Foto: Freya Zettl/HfWU

heterogenen und ressourcenreichen Vegetationsstruktur, die über einen verhältnismäßig langen Zeitraum unterschiedliche Habitat-Ansprüche erfüllen kann. Insgesamt können sowohl die blühenden Untersaaten als auch die segregierten Blühstreifen einen wichtigen Beitrag zum Erhalt vielfältiger Laufkäferpopulationen in der Agrarlandschaft leisten.

5 Zusammenfassung

Der Mais-Bohnen-Anbau kann während eines begrenzten Zeitraums eine wichtige Nektar- und Pollenquelle für Hummeln und Honigbienen darstellen. Aufgrund ihrer spezifischen Blütenmorphologie kann die Bohne von den meist kleineren, solitären Wildbienen jedoch nicht genutzt werden. Da die Honigbiene eine domestizierte Art darstellt, ist ihr erhöhtes Vorkommen nicht mit einem Mehrwert für die Biodiversität gleichzusetzen. Der Mais-Bohnen-Anbau zeigte des Weiteren keine direkten Auswirkungen auf das Laufkäfervorkommen. Allerdings kann die eingeschränkte Herbizidbehandlung im konventionellen Gemenge-Anbau eine signifikante Steigerung der Beikrautdeckung zur

Folge haben und somit indirekt zu einer Förderung der Laufkäfervielfalt beitragen. Insgesamt kann, in Bezug zur Insektendiversität, lediglich für einige häufige Hummelarten ein direkter Mehrwert des Mais-Bohnen-Gemenges aufgezeigt werden.

Sowohl für Wildbienen als auch für Laufkäfer stellen diverse Blühmischungen ein deutlich attraktiveres Nahrungsangebot dar. Insbesondere spezialisierte Wildbienen sind auf das Vorhandensein geeigneter Nahrungspflanzen angewiesen und können durch ein vielfältiges Blühangebot stärker gefördert werden. Die Kombination verschiedener Pflanzenfamilien und -arten erhöht außerdem die Wahrscheinlichkeit, dass über einen langen Zeitraum ein Blühangebot zur Verfügung steht.

Um die Biodiversitätswirkung des Mais-Gemenge-Anbaus zu erhöhen, wurden verschiedene Ansätze getestet, Mais in Kombination mit blühenden Wildkräutermischungen anzubauen. Die Wildkräuter wurden entweder als blühende Untersaat in den Maisanbau integriert oder in Form von überjährigen Blühstreifen von der Hauptkultur getrennt. Für die Untersaaten wurden verschiedene Saatzeitpunkte (Frühjahr oder Herbst) getestet. Im Exaktversuch erwiesen sich allerdings lediglich die im Frühjahr ausgesäten Mischungen als praxistauglich. Beide Ansätze können tendenziell auch zu einer Reduktion der Erosion beitragen.

Entomologische Untersuchungen des Exaktversuches weisen auf einen tendenziellen Mehrwert des Mais-Gemenges mit Frühjahrsuntersaat für das Insektenvorkommen hin. Von Anfang Juli bis Ende August bietet die Untersaat ein zusätzliches Nahrungsangebot für phytophage Laufkäfer sowie ein vielfältiges Blühangebot, das im Gegensatz zur Bohne auch von solitären Wildbienen genutzt werden kann.

In den überjährigen, segregierten Blühstreifen kann eine signifikante Zunahme der Wildbienen- und Laufkäfervielfalt sowie der Aktivität von Honigbienen, Hummeln und solitären Wildbienen nachgewiesen werden. Trotz des teils späten Blühbeginns (Ende Mai-Juni) profitieren teilweise auch typische Frühjahrsarten von dem Pollen- und Nektarangebot der Blühmischung. Unter den Laufkäfern ist ein Mehrwert für phytophage Arten zu verzeichnen, die sich

bevorzugt von Wildkrautsamen ernähren. Der Blühstreifen kann außerdem als Überwinterungsmöglichkeit, zur räumlichen und zeitlichen Vernetzung von Lebensräumen und als Rückzugsort während der Bodenbearbeitung genutzt werden. Beim Vergleich des Laufkäfervorkommens zwischen Blühmischung und reinem Mais ist zu beachten, dass die Fanghäufigkeit im Fall einer dichten Bodenbedeckung nur eingeschränkt Rückschlüsse auf die tatsächliche Abundanz und Artenvielfalt zulässt. Für zukünftige Untersuchungen kann dementsprechend ein zusätzlicher Vergleich funktionaler Gruppen sinnvoll sein.

6 Literatur

- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. In *Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes* (pp. 19–31). Elsevier.
- Baulechner, D., Diekötter, T., Wolters, V., & Jauker, F. (2019). Converting arable land into flowering fields changes functional and phylogenetic community structure in ground beetles. *Biological Conservation*, 231, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.005>
- Belsky, J., & Joshi, N. K. (2020). Effects of fungicide and herbicide chemical exposure on Apis and non-Apis bees in agricultural landscape. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 81. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00081>
- Diehl, E., Wolters, V., & Birkhofer, K. (2012). Arable weeds in organically managed wheat fields foster carabid beetles by resource- and structure-mediated effects. *Arthropod-Plant Interactions*, 6(1), 75–82. <https://doi.org/10.1007/s11829-011-9153-4>
- Dieterich, D. (2020). Vergleich der Ackerwildkräuter in Mais-Bohnen Gemengen mit Mais Monokulturen in der biologischen und konventionellen Landwirtschaft (unveröffentlichte Bachelor-Arbeit). Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen).
- Goulson, D., Park, K. J., Tinsley, M. C., Bussière, L. F., & Vallejo-Marin, M. (2013). Social learning drives handedness in nectar-robbing bumblebees. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 67(7), 1141–1150.
- Irmeler, U. (2003). The spatial and temporal pattern of carabid beetles on arable fields in northern Germany (Schleswig-Holstein) and their value as ecological indicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98(1–3), 141–151.
- Lichtenberg, E. M., Kennedy, C. M., Kremen, C., Batary, P., Berendse, F., Bommarco, R., Bosque-Pérez, N. A., Carvalheiro, L. G., Snyder, W. E., & Williams, N. M. (2017). A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Global Change Biology*, 23(11), 4946–4957. <https://doi.org/10.1111/gcb.13714>
- Pfiffner, L., & Luka, H. (2003). Effects of low-input farming systems on carabids and epigeal spiders—a paired farm approach. *Basic and Applied Ecology*, 4(2), 117–127.
- Riedinger, V., Renner, M., Rundlöf, M., Steffan-Dewenter, I., & Holzschuh, A. (2014). Early mass-flowering crops mitigate pollinator dilution in late-flowering crops. *Landscape Ecology*, 29(3), 425–435. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9973-y>
- Trautner, J. (2017). *Die Laufkäfer Baden-Württembergs*. Ulmer Verlag.
- Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., & Tscharntke, T. (2009). Mass flowering oilseed rape improves early colony growth but not sexual reproduction of bumblebees. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 187–193. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01580.x>
- Westrich, P. (2018). *Die Wildbienen Deutschlands*. Verlag Eugen Ulmer.

