

WERTVOLL

Ergebnisse der ökologischen Untersuchungen (2022) im Projekt WERTvoll



Text und Bilder: Elisa Lüth



Förderkennzeichen: 033L210A

Juni 2023

Einleitung

Die Stärkung und Stabilisierung von Ökosystemleistungen (ÖSL) in Agrarlandschaften ist ein notwendiger Schritt bei der Etablierung nachhaltiger landwirtschaftlicher Nutzungssysteme und ist essentiell zur Schaffung resilienter Agrarökosysteme (Rehman et al. 2022). Insbesondere in den inzwischen stark ausgeräumten Agrarlandschaften und den vielerorts großflächig trockengelegten bzw. entwässerten Nutzflächen ist es angesichts des voranschreitenden Klimawandels und rasanten Artensterbens von enormer Bedeutung ÖSL wie den Wasserrückhalt, den Schutz vor starker Verdunstung und Erosion sowie die Fruchtbarkeit der Böden zu stärken und langfristig zu sichern.

Innerhalb von Agrarlandschaften stellen Gehölzstrukturen wie Feldhecken, Waldinseln, Gebüsche und auch solitäre Sträucher und Bäume wichtigen Lebensraum und Schutz für viele Artengruppen bereit. Dazu zählen Insekten, Vögel und diverse Säugetiere. Je nach Art, erfüllen die Gehölze verschiedene ökologisch wertvolle Funktionen, die sich gegenseitig ergänzen (Graham et al. 2018). Dazu zählen bspw. Gehölze mit Blütentracht, die Nahrung für blütenbesuchende Insekten bereitstellen, dornige Sträucher, die von vielen Tieren als Rückzugsort oder Nistplatz genutzt werden sowie Gehölze, die im Spätsommer und Herbst Früchte tragen und somit Nahrung für viele Tierarten bereitstellen. Besonders wertvoll sind zudem Gehölze, die eine vielschichtige Altersstruktur besitzen. Das Belassen von abgestorbenen Gehölzen bietet wichtigen Lebensraum für eine Vielzahl von Tieren (Lachat et al. 2013) wie xylobionten Insekten, Fledermäusen oder in Baumhöhlen brütenden Vögeln.

Die Pflanzung von Gehölzen gehört auch aus pflanzenbaulicher Sicht zu einer nachhaltigen Gestaltung von Agrarlandschaften. Die Bodenruhe im Bereich der Gehölze und ihrer Säume fördert im Boden lebende Organismen (Paoletti und Hassal 1999) und hat somit einen positiven Effekt auf die Bodengesundheit. Darüber hinaus haben Feldgehölze aufgrund des Schattenwurfs und ihrer Barrierewirkung auf Wind einen Effekt auf das Mikroklima (Kanzler et al. 2019), wodurch das Risiko für Erosion und starke Verdunstung auf angrenzenden Ackerflächen gesenkt werden kann.

In Deutschland besteht derzeit großes landwirtschaftliches Interesse an der Anlage von Agroforstsystemen, die vielerorts als Pappel- oder Weidenmonokulturen gepflanzt werden. Sie bieten landwirtschaftlichen Betrieben zahlreiche Vorzüge wie die Diversifizierung des Einkommens, eine nachhaltige Rohstoffproduktion und Energieerzeugung sowie positive pflanzenbauliche Effekte (Pecenka et al. 2014, Kanzler et al. 2019). Hinzu kommen weitere finanzielle Anreize durch die Förderung von Agroforstsystemen im Zuge der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) ab 2023 (BMEL 2023). Gegenüber naturnahen Feldhecken, die kulturhistorisch in Mitteleuropa angelegt wurden, um Felder zu begrenzen, vor Wind- und Wildschäden zu schützen und Feuerholz zu gewinnen, ergeben sich bei der Anlage von Agroforstsystemen durch die effizientere Nutzung vor allem ökonomische Vorteile. Diskutiert wird bislang inwiefern sich Agrarholzstreifen hinsichtlich naturschutzfachlicher Aspekte und in Bezug auf ÖSL von traditionellen Heckenpflanzungen unterscheiden.

Eine sowohl aus naturschutzfachlicher als auch aus pflanzenbaulicher Sicht enorm bedeutsame ÖSL ist die natürliche Schädlingsregulierung durch räuberische Insekten. Zu diesen Nützlingen zählen z. B. Laufkäfer (Carabidae), die sich überwiegend im Boden reproduzieren oder dort überwintern (Dornieden 2005). Um die ÖSL, die von ihnen erbracht werden zu fördern, ist es daher besonders wichtig, die Agrarlandschaft und ihre Bewirtschaftung so zu gestalten, dass diese Tiere optimale Lebensbedingungen vorfinden. Dazu zählen auch die Etablierung und der Erhalt einer artenreichen Beikrautflora. Heimische Ackerwildkräuter bieten für zahlreiche nützliche Bewohner der Agrarlandschaften Lebensraum, Nahrung und Schutz und sind daher essentiell für viele ÖSL (Marshall et al. 2003).

Dieser Teil der WERTvollen Feldforschung vergleicht die Effekte von Agroforstsystemen, naturnahen Feldhecken und Wintergetreidekulturen auf die botanische Biodiversität der Nutzflächen, die Reproduktion von Laufkäfern und flugfähigen Insekten im Boden und die natürliche Schädlingsregulierung durch räuberische Arthropoden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse können dabei helfen unsere Agrarlandschaft nachhaltig und zukunftsorientiert zu gestalten.

Methoden

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Gemeinde Thallwitz im Nord-Westen Sachsens. Die Untersuchungen wurden auf Ackerflächen des Wasserguts Canitz und der Agrargenossenschaft Nischwitz durchgeführt.

Versuchsflächen und Versuchsdesigns

Die Effekte der Gehölze auf die Biodiversität und ausgewählte ÖSL wurden durch zwei unterschiedliche Versuchsanlagen untersucht. Dabei standen zwei verschiedene Forschungsfragen im Fokus: Einerseits wurde untersucht, ob und wie sich Agroforststreifen bestehend aus dreireihig gepflanzten Pappeln in ihren Effekten auf Biodiversität und ÖSL von mehrreihigen, naturnahen Feldhecken unterscheiden. Im zweiten Versuchsdesign wurde eine mit Agrarholz (ebenfalls Pappeln) bestellte Ackerfläche mit Winterweizenfeldern verglichen, die jeweils ökologisch oder konventionell bewirtschaftet wurden. Bei den untersuchten Parametern handelte es sich um die Diversität der Beikräuter, der Reproduktion von Arthropoden im Boden und der natürlichen Regulierung von Schadinsekten (Blattläusen).

Vergleich der ÖSL zwischen Agroforststreifen und naturnahen Feldhecken

An einem Agroforststreifen, bestehend aus drei Pappelreihen mit einer mehrjährigen blühenden Untersaat aus Wildkräutern und einer gewachsenen, naturnahen Feldhecke wurden jeweils sechs Transekte zur Feldmitte gezogen. Jedes Transekt bestand aus drei Untersuchungspunkten im Abstand von 1 m, 10 m und 50 m zu den Gehölzstrukturen. Die Transekte befanden sich jeweils auf der westlich gelegenen und daher, während der Vegetationsperiode, stärker besonnten Seite der Gehölze. Auf den angrenzenden Äckern wurde jeweils Winter-Dinkel nach den Anforderungen der ökologischen Landwirtschaft (Bioland-Richtlinien) angebaut.

Vergleich der ÖSL zwischen Agrarholz und ökologisch bzw. konventionell angebautem Wintergetreide

In diesem Versuchsteil wurden die beschriebenen ÖSL zwischen einer Kurzumtriebsplantage aus Pappeln (Agrarholz) und Wintergetreide verglichen. Dazu wurden in ökologisch bewirtschaftetem Agrarholz sowie ökologisch und konventionell angebautem Winterweizen Transekte mit jeweils vier Messpunkten im Abstand von 10 m angelegt. Die Transekte befanden sich in der Mitte der Felder, um Randeffekte zu vermeiden.

An jedem der Messpunkte eines Transekts wurden die oben benannten ÖSL mit folgenden Methoden untersucht:

Untersuchung der Reproduktion von Insekten im Boden mit Hilfe von Emergenzzelten

Mit Hilfe von Emergenzzelten wurde die Individuenzahl und Vielfalt der Laufkäfer und Fluginsekten gemessen, die sich im Boden reproduzieren oder dort überwintern (Abb. 1). Die Emergenzzelte decken eine Fläche von 0,5 x 0,5 m ab und werden seitlich in den Boden eingegraben. Auf diese Weise kann bestimmt werden wie viele Tiere aus der Erde schlüpfen. Die Arten, die sich am Boden bewegen, werden mit Hilfe einer Bodenfalle, in die eine konservierende Flüssigkeit gefüllt wurde, gefangen. Flugfähige Insekten werden dagegen in der sogenannten Kopfdose, die sich an der Spitze der Zelte befindet, aufgefangen. Von Ende März bis Mitte Juli wurden insgesamt vier Fangdurchgänge durchgeführt. Dabei wurden die Bodenfallen und Kopfdosen in regelmäßigen Zeitabständen für jeweils zwei Wochen geöffnet. Die entnommenen Proben wurden anschließend aufbereitet und gekühlt gelagert.



Abbildung 1: Verwendung von Emergenzzelten zur Untersuchung der Reproduktion von Insekten im Boden: a) Versuchsaufbau an einer naturnahen Feldhecke; b) geöffnetes Emergenzzelt; c) Bodenfalle zum Fangen von Insekten an der Bodenoberfläche; d) Kopfdose zum Fangen von Fluginsekten.

Untersuchung der natürlichen Schädlingsregulierung mit Hilfe von Blattlausködern

Die Blattläuse wurden Ende Mai von Vorkommen auf Schwarzem Holunder und im Juni von Sauerampfer entnommen (Abb. 2a). Dabei wurden ganze Pflanzenteile samt den Blattläusen abgeschnitten und in ein Glas mit Wasser gestellt, damit die Tiere bis zur Anfertigung der Karten genügend Nahrung hatten (die Karten wurden etwa 2 Tage später angefertigt). Das gesammelte Material wurde zudem bei etwa 5 Grad kühl gestellt, um den Stoffwechsel der Blattläuse zu verlangsamen und sie so auf den abgeschnittenen Zweigen länger fit zu halten. Bei der Herstellung der Karten werden die Blattläuse mit Leim in gleichmäßigen Abständen auf den Papierkarten fixiert (Abb. 2b). Die Karten wurden direkt nach der Anfertigung im Feld ausgebracht. Durch ein Loch in der Mitte der Karten können sie mit einem Draht an den Pflanzen im Feld aufgehängt werden (Abb. 2c). Die Karten blieben über Nacht bis zum Folgetag (für etwa 16 Stunden) im Feld und wurden anschließend direkt mit einem Mikroskop begutachtet. Die natürliche Schädlingsregulierung ergibt sich aus dem Anteil der Blattläuse, die von den Karten gefressen wurden.

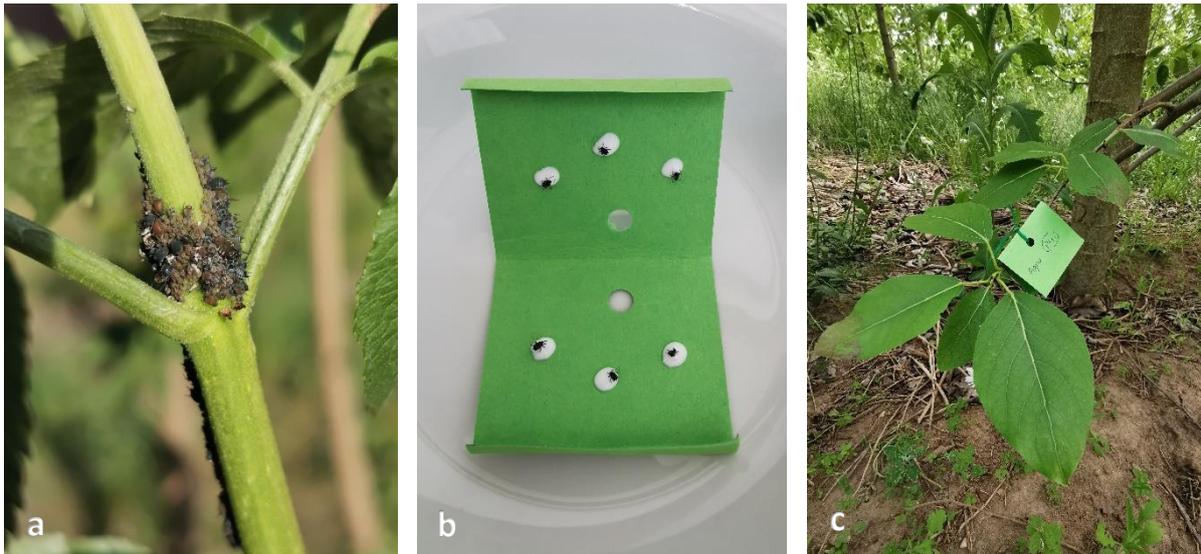


Abbildung 2: Blattlausköder zur Untersuchung der natürlichen Schädlingsregulierung: a) Vorkommen schwarzer Blattläuse an Schwarzem Holunder im Mai; b) frisch angefertigte Blattlausköder kurz vor der Ausbringung; c) Blattlausköder, der an einer Pappel in einer Agrarholzfläche angebracht wurde.

Vegetationsaufnahmen

Auf allen Versuchsflächen wurde während der Vegetationsperiode ab Ende März in einem 4-wöchigen Rhythmus die Vielfalt und Struktur der Vegetation dokumentiert. Dabei wurden auf jeweils einem Quadratmeter an jedem Messpunkt alle vorkommenden Pflanzenarten sowie deren Deckungsgrade aufgenommen. Zudem wurden der Deckungsgrad der angebauten Kultur und die am Boden liegende Streuschicht dokumentiert. Für die Auswertung wurde die während der gesamten Vegetationsperiode dokumentierte Anzahl der Arten pro Messpunkt herangezogen. Zum Vergleich der Beikrautvielfalt zwischen den untersuchten Kulturen bzw. zwischen den verschiedenen Distanzpunkten, wurde die Gesamtanzahl der dokumentierten Pflanzenarten pro Messpunkt und Vegetationsperiode verwendet.

Ergebnisse

Vergleich der ÖSL zwischen Agroforststreifen und naturnahen Feldhecken

Reproduktion von Laufkäfern und Fluginsekten im Boden

Die Untersuchung der Laufkäfer zeigt, dass die erfolgreiche Reproduktion bzw. Überwinterung im Boden mit zunehmender Nähe zu Feldgehölzen ansteigt. Dieser positive Trend ergab sich sowohl für die Individuenzahl (Abb. 3) als auch für die Artenvielfalt der Laufkäfer (Abb. 4). Obwohl es den Anschein hat, dass die Diversität der Laufkäfer an den Feldhecken höher ist als an den Pappelreihen, unterscheiden sich die beiden Wintergetreideflächen in der Gesamtanzahl der Arten nicht voneinander (Fläche mit Feldhecke $n=32$, Fläche mit Pappelpflanzung $n=32$). Demnach ist das Artenvorkommen auf dem Getreideschlag an der naturnahen Feldhecke etwas homogener und somit reicher in Bezug auf die Distanz zum Feldgehölz.

Die Verteilung der Arten auf den Ackerschlägen wies bestimmte Muster hinsichtlich der Habitatpräferenzen der Laufkäferarten auf. So konnten Arten, die typischer Weise in Wäldern (z. B. *Synuchus vivalis*) oder auf Grünlandflächen (z. B. *Panagaeus bipustulatus*) zu finden sind eher in der Nähe der Gehölze nachgewiesen werden, während Arten, die bevorzugt Äcker oder unspezifische Offenlandhabitate besiedelt häufig auch in der Feldmitte gefunden wurden (siehe Anhang).

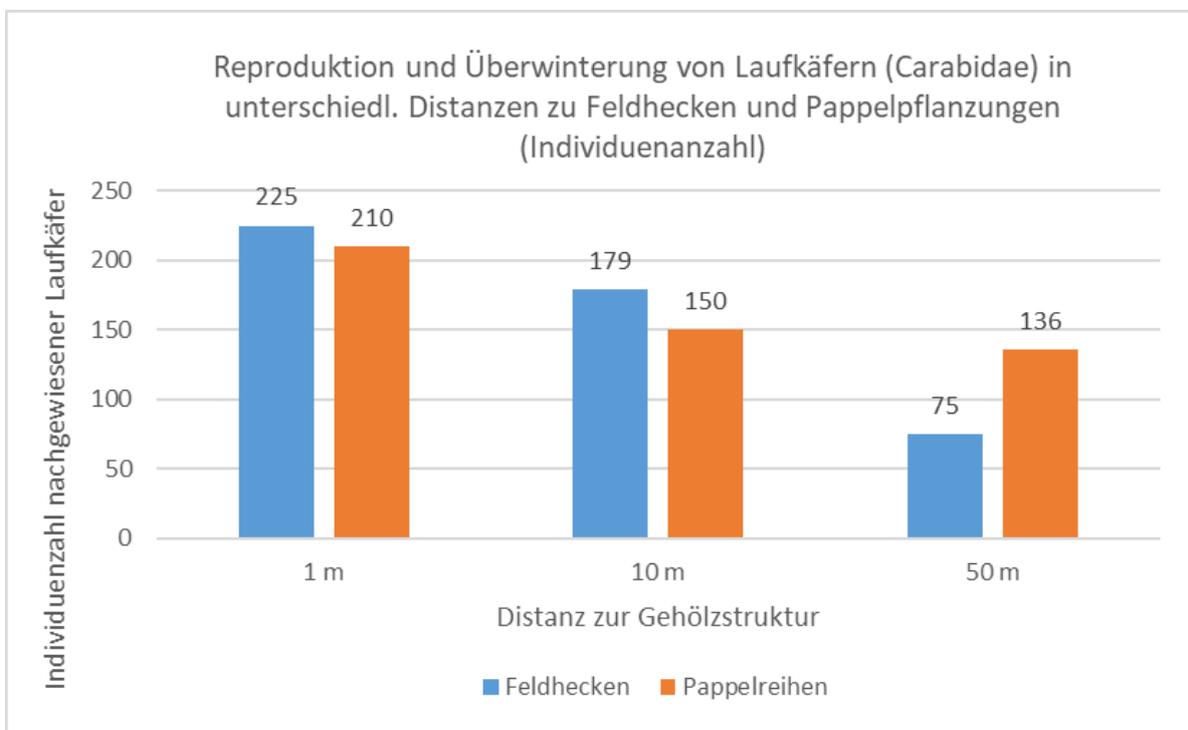


Abbildung 3: Anzahl von Laufkäfern (Individuen), die mittels Emergenzzelten in Winterdinkelfeldern gefangen wurden, die an eine naturnahe Feldhecke bzw. an eine dreireihige Pappelpflanzung (kombiniert mit einem mehrjährigen Blühstreifen) angrenzen. Es wurden vier Fangzeiträume (jeweils zwei Wochen) innerhalb einer Vegetationsperiode ausgewertet. Pro Distanz zu den Gehölzstrukturen wurden sechs Fallen installiert.

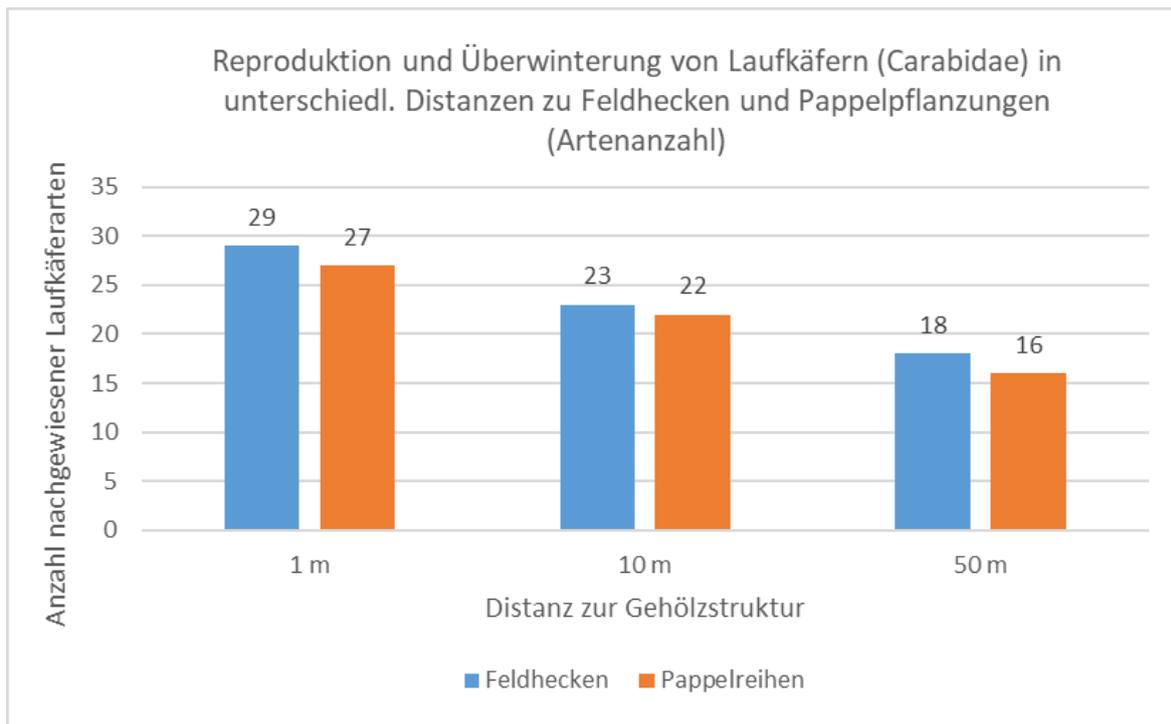


Abbildung 4: Anzahl von Laufkäferarten, die mittels Emergenzzelten in Winterdinkelfeldern gefangen wurden, die an eine naturnahe Feldhecke bzw. an eine dreireihige Pappelpflanzung (kombiniert mit einem mehrjährigen Blühstreifen) angrenzen. Es wurden vier Fangzeiträume (jeweils zwei Wochen) innerhalb einer Vegetationsperiode ausgewertet. Pro Distanz zu den Gehölzstrukturen wurden sechs Fallen installiert.

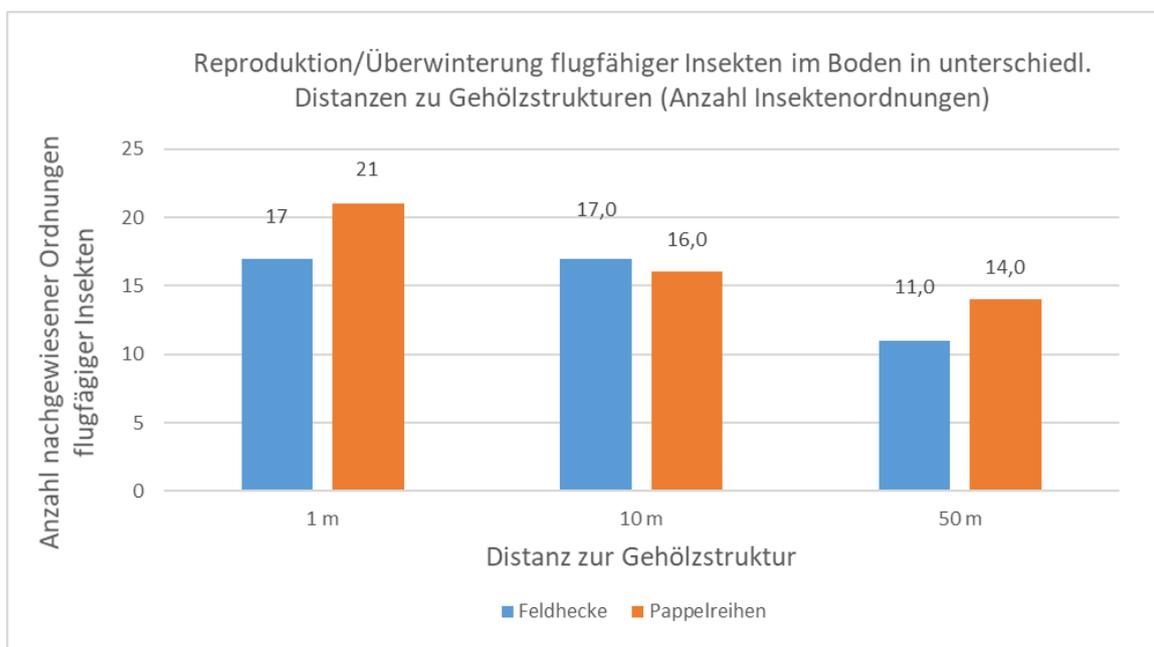


Abbildung 5: Anzahl von Insektenordnungen (Fluginsekten), die mittels Emergenzzelten in Winterweizenfeldern gefangen wurden, die an eine naturnahe Feldhecke bzw. an eine dreireihige Pappelpflanzung (kombiniert mit einem mehrjährigen Blühstreifen) angrenzen. Es wurden vier Fangzeiträume (jeweils zwei Wochen) innerhalb einer Vegetationsperiode ausgewertet. Pro Distanz zu den Gehölzstrukturen wurden sechs Fallen installiert.

Die Bestimmung der Fluginsekten ergab einen Unterschied hinsichtlich der Anzahl der Insektenordnungen zwischen den beiden Gehölztypen (Abb. 5). Aus dem Boden der Ackerfläche, die an die Pappelpflanzung angrenzt, schlüpfen insgesamt 26 verschiedenen Insektenordnungen. Auf dem an die Feldhecke angrenzenden Acker konnten insgesamt 21 Ordnungen nachgewiesen werden. Die Häufigkeitsverteilung über die Fläche zeigt, wie bei den Laufkäfern, dass sich die Nähe der Gehölze positiv auf die Diversität der Insekten auswirkt. Im Gegensatz zu den Zahlen der Laufkäferarten sind die Anzahlen der Fluginsektenordnungen entlang der Pappelpflanzung etwas höher als an der naturnahen Feldhecke. Hinsichtlich der Individuenzahlen der Fluginsekten sind jedoch keine deutlichen Unterschiede in Bezug auf die Gehölzstrukturen oder die Distanzen zu den Strukturen zu erkennen.

Diversität der Beikrautflora

Auf den Getreidefeldern, die an naturnahe Feldhecken angrenzen, wurde in allen Distanzen zu den Gehölzen eine höhere Anzahl von Beikrautarten dokumentiert als auf den Flächen, die an Pappelreihen mit begleitendem, mehrjährigem Blühstreifen angrenzen (Abb. 6). Besonders artenreich war der Bereich der unmittelbar an die Feldhecken angrenzte (1 m Entfernung). Dort wurden während der Saison durchschnittlich 22,8 Pflanzenarten gefunden, während es in weiterer Entfernung zu den Hecken noch etwa 17 Arten waren. An den Pappelreihen waren die Artenzahlen insgesamt geringer und über das angrenzende Getreidefeld gleichmäßiger verteilt. Im Durchschnitt wurden dort 11 bis 13 Beikrautarten dokumentiert. Die dort dokumentierte Diversität der Beikrautflora war demnach niedriger als auf den mit Feldhecken

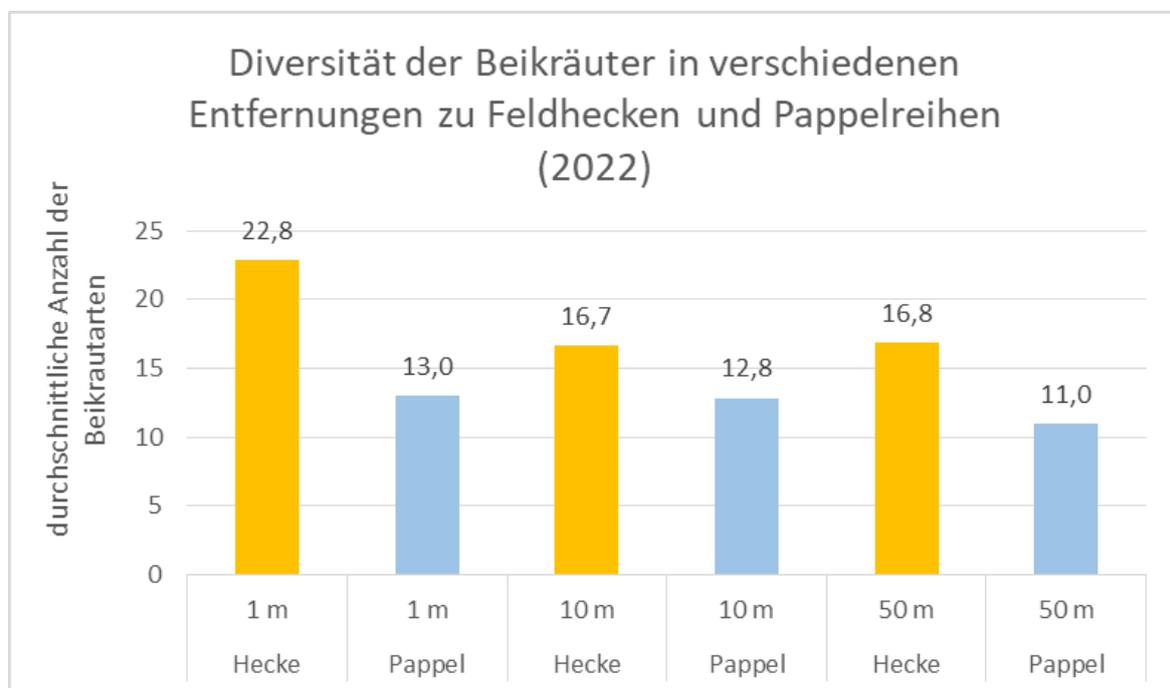


Abbildung 6: Durchschnittliche Anzahl der 2022 dokumentierten Beikrautarten in unterschiedlichen Entfernungen (1 m, 10 m und 50 m) zu einer naturnahen Feldhecke (orange) und einer dreireihigen Pappelreihe mit mehrjährigem Blühstreifen (blau) angrenzen. Bei der auf den Feldern angebaute Kultur handelte es sich um Winterdinkel. Pro Distanz und Gehölztyp wurde die Vegetation an sechs Untersuchungspunkten zu je vier Zeitpunkten dokumentiert.

gesäumten Flächen. Zudem konnte, im Gegensatz zu den an Feldhecken angrenzenden Schlägen, kein deutlicher Unterschied zwischen dem Randbereich der Pappelreihen und der Mitte des Feldes gefunden werden.

Natürliche Schädlingsregulierung

Die Untersuchung der natürlichen Regulierung von Blattläusen ergab unterschiedliche Ergebnisse für die beiden Datenerhebungen im Mai und Juni 2022 (Abb. 7). Im Mai waren die Prädationsraten in den Dinkelfeldern, die an Feldhecken angrenzten in allen Distanzklassen höher als in den Feldern, die an die Pappelreihen angrenzten. Die Fraßraten bewegten sich zu diesem Zeitpunkt zwischen 2,8 und 11,1 %. Im Juni stiegen die Fraßraten allgemein sehr stark an. Zudem wurde im Juni an den Pappelreihen (in 1 m und 10 m Entfernung) eine deutlich höhere natürliche Schädlingsregulierung gemessen als an den natürlichen Feldhecken. Dort stieg der Anteil der gefressenen Blattläuse auf bis zu 90,3 % (Pappelreihen) gegenüber 63,9 % (Feldhecken) an. Auf beiden Flächen zeigen die Daten, dass die natürliche Schädlingsregulierung in der unmittelbaren Nähe der Gehölze am stärksten war. Somit hatten beide Gehölztypen einen starken positiven Effekt auf diese ÖSL.

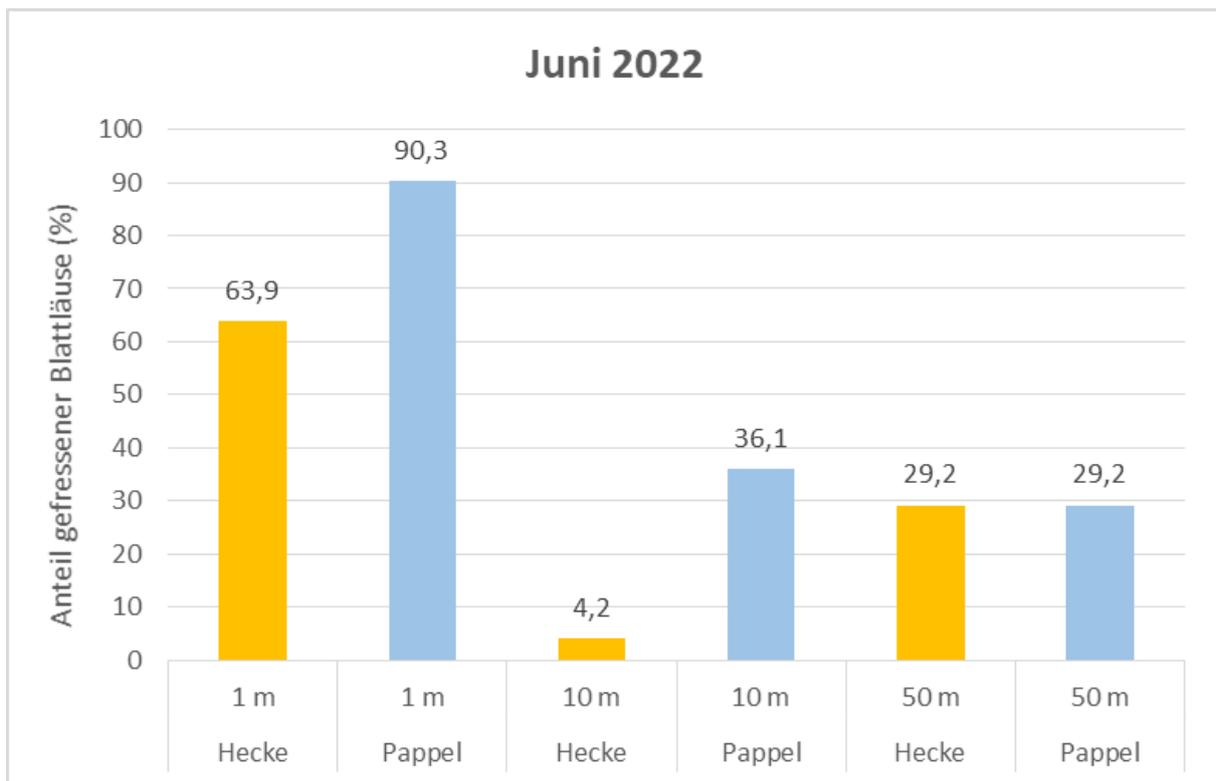
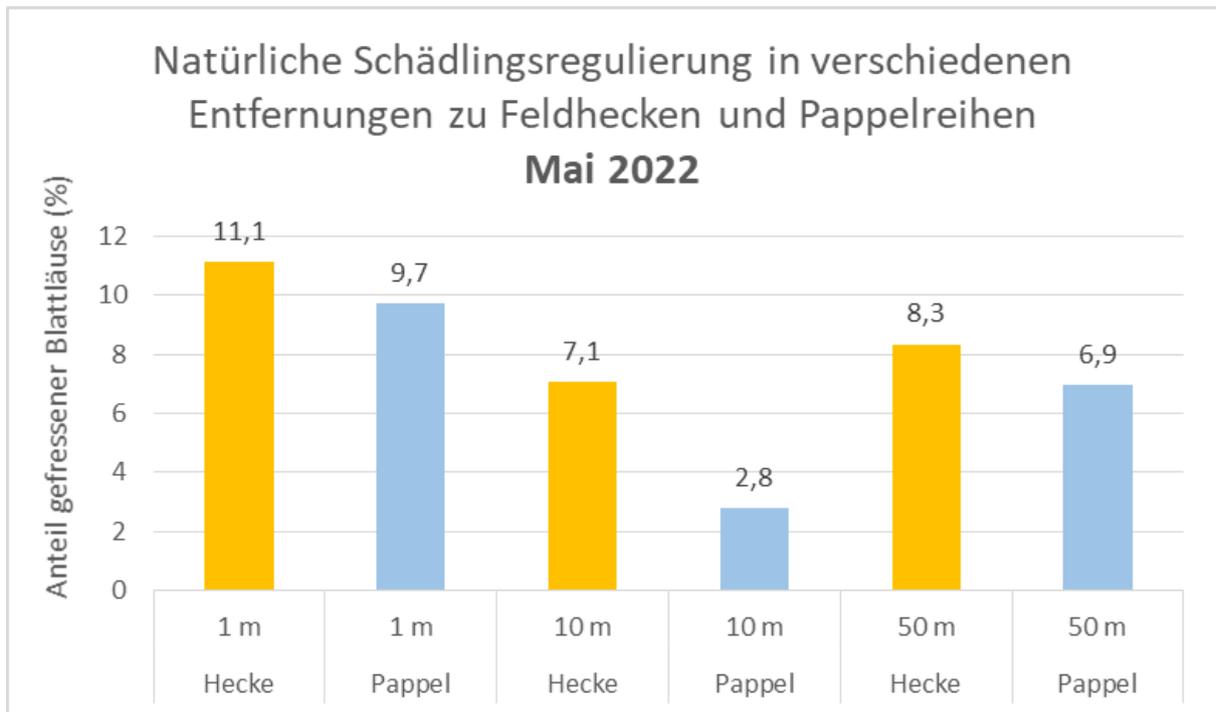


Abbildung 7: Natürliche Regulierung von Blattläusen in Getreidefeldern (Winterdinkel) angrenzend an lineare Gehölzstrukturen (orange: naturnahe, mehrreihige Hecken, blau: dreireihige Pappelpflanzung mit mehrjährigem Blühstreifen). Die Datenaufnahme erfolgte mit Hilfe von Blattlausködern im Mai und im Juni 2022 an jeweils sechs Transekten pro Gehölztyp mit Messpunkten in 1 m, 10 m und 50 m Entfernung zu den Gehölzen.

Vergleich der ÖSL zwischen Agrarholz und ökologisch bzw. konventionell angebautem Wintergetreide

Reproduktion von Laufkäfern und Fluginsekten im Boden

Die Artenvielfalt und Anzahl der Laufkäfer, die sich während der Untersuchung aus dem Boden schlüpfen, unterschied sich deutlich zwischen den untersuchten Kulturen (Abb. 8 und 9). Die höchste Artenvielfalt und Individuenzahl wurde im ökologisch bewirtschafteten Winterweizen mit insgesamt 28 Arten und 251 Individuen nachgewiesen. Innerhalb des konventionell angebauten Winterweizens waren es dagegen nur 8 Individuen verteilt auf sechs Laufkäferarten. Im Vergleich zu den konventionell und ökologisch bewirtschafteten Winterweizenfeldern, liegt die Agrarholzfläche bezüglich der Diversität und Häufigkeit der Laufkäfer, mit 18 verschiedenen Arten und 40 Individuen, im Mittelfeld. Sieben der Arten, die im Agrarholz gefunden wurden, wurden nur dort und nicht in den Winterweizenkulturen nachgewiesen. Dabei handelte es sich um Arten mit verschiedenartigen Habitatpräferenzen (siehe Anhang). Dazu gehören Arten, die bevorzugt Ackerflächen oder andere offene Habitate besiedeln (z. B. *Amara familiaris*), typische Waldarten (z. B. *Notiophilus biguttatus*) und auch um Arten, die gewöhnlicher Weise an feuchteren Standorten zu finden sind (z. B. *Amara ovata* oder *Stomis pumicatus*). Auf dem ökologisch bewirtschafteten Winterweizenfeld kamen 17

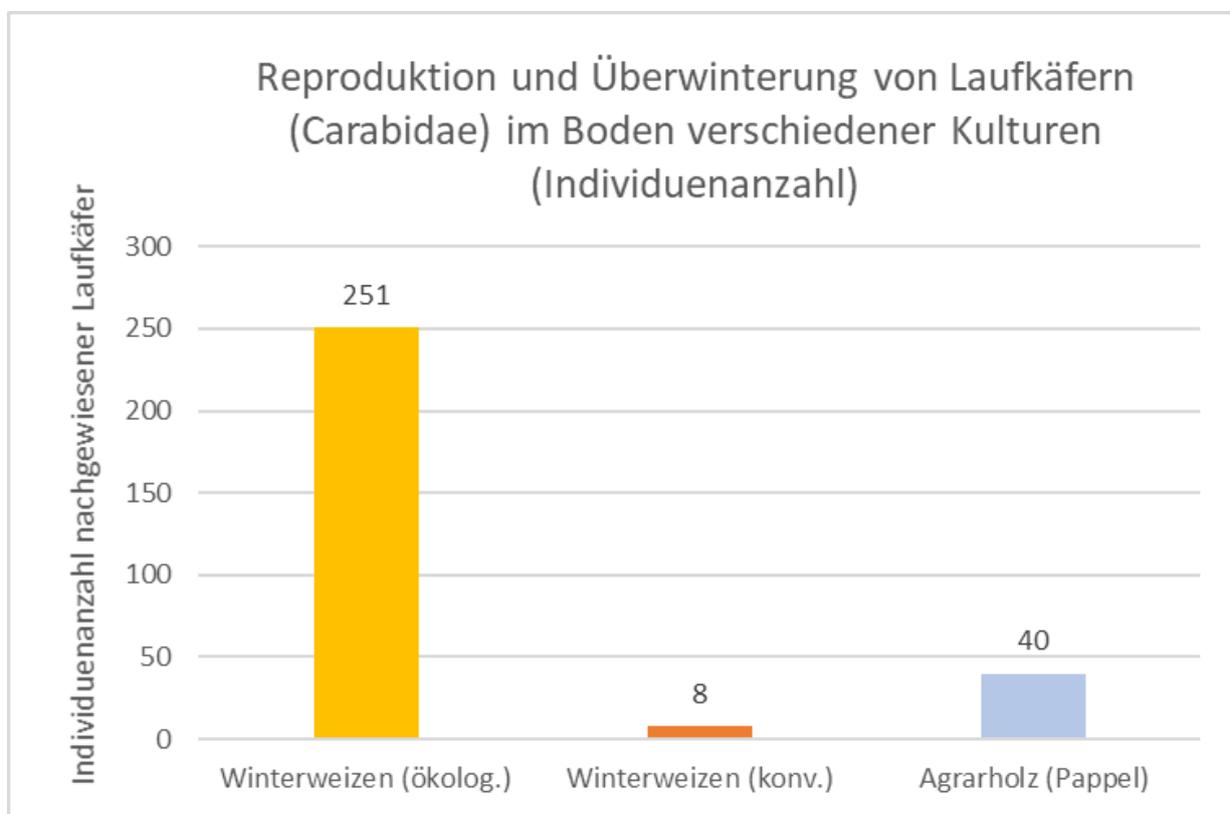


Abbildung 8: Anzahl von Laufkäferindividuen, die mittels Emergenzzelten in ökologisch und konventionell bewirtschafteten Winterweizenfeldern sowie in einer Agrarholzkultur (Pappelpflanzung) gefangen wurden. Es wurden vier Fangzeiträume (jeweils zwei Wochen) innerhalb einer Vegetationsperiode ausgewertet. Pro Kategorie wurden 4 Emergenzzelte im Abstand von 10 m in der Mitte eines Feldes installiert.

Arten vor, die nicht im Agrarholz auftraten und häufig Äcker oder andere offene Habitate besiedeln. Ein großer Teil der Habitatpräferenzen beinhaltet trockene Standorte. Ausnahmen stellen die Art *Poecilus versicolor*, die häufig in Nasswiesen und – weiden gefunden wird und *Harpalus latus* dar, die in der Regel Wälder besiedelt. Alle im konventionell bewirtschafteten Weizen gefundenen Arten traten auch in ökologisch bewirtschafteten Weizen auf und wurden dort überwiegend in höherer Individuenanzahl gefunden.

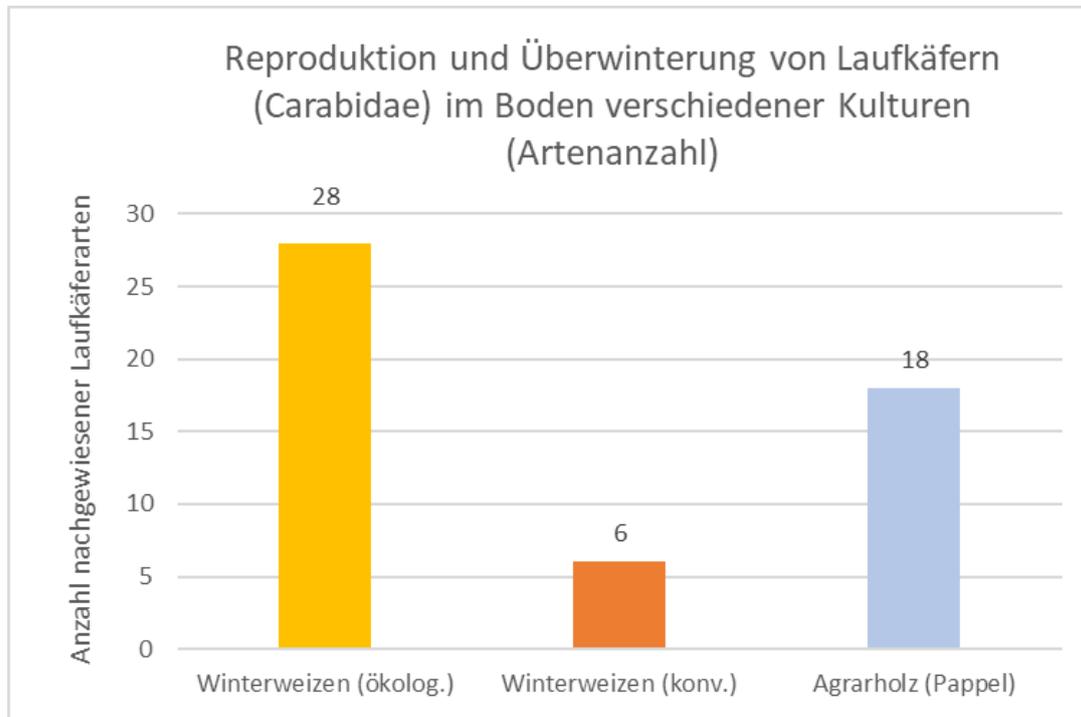


Abbildung 9: Anzahl von Laufkäferarten, die mittels Emergenzzelten in ökologisch und konventionell bewirtschafteten Winterweizenfeldern sowie in einer Agrarholzkultur (Pappelpflanzung) gefangen wurden. Es wurden vier Fangzeiträume (jeweils zwei Wochen) innerhalb einer Vegetationsperiode ausgewertet. Pro Kategorie wurden 4 Emergenzzelte im Abstand von 10 m in der Mitte eines Feldes installiert.

Die Individuenanzahl der flugfähigen Insekten, die während des Untersuchungszeitraums gefangen wurden, waren im ökologisch angebauten Winterweizen am höchsten (Abb. 10; $n = 5689$). Die geringsten Individuenzahlen wurden im konventionell angebauten Winterweizen gefunden ($n = 2714$). Die Agrarholzfläche lag mit 3567 Individuen im Mittelfeld. Hinsichtlich der Anzahl der Insektenordnungen, die während der Untersuchung aus dem Boden unter den Emergenzzelten schlüpften und dort gefangen wurden, war in der Agrarholzfläche am höchsten (Abb. 11). Dort wurden insgesamt 20 verschiedene Ordnungen nachgewiesen; in den beiden Weizenkulturen waren es jeweils 13 Insektenordnungen.

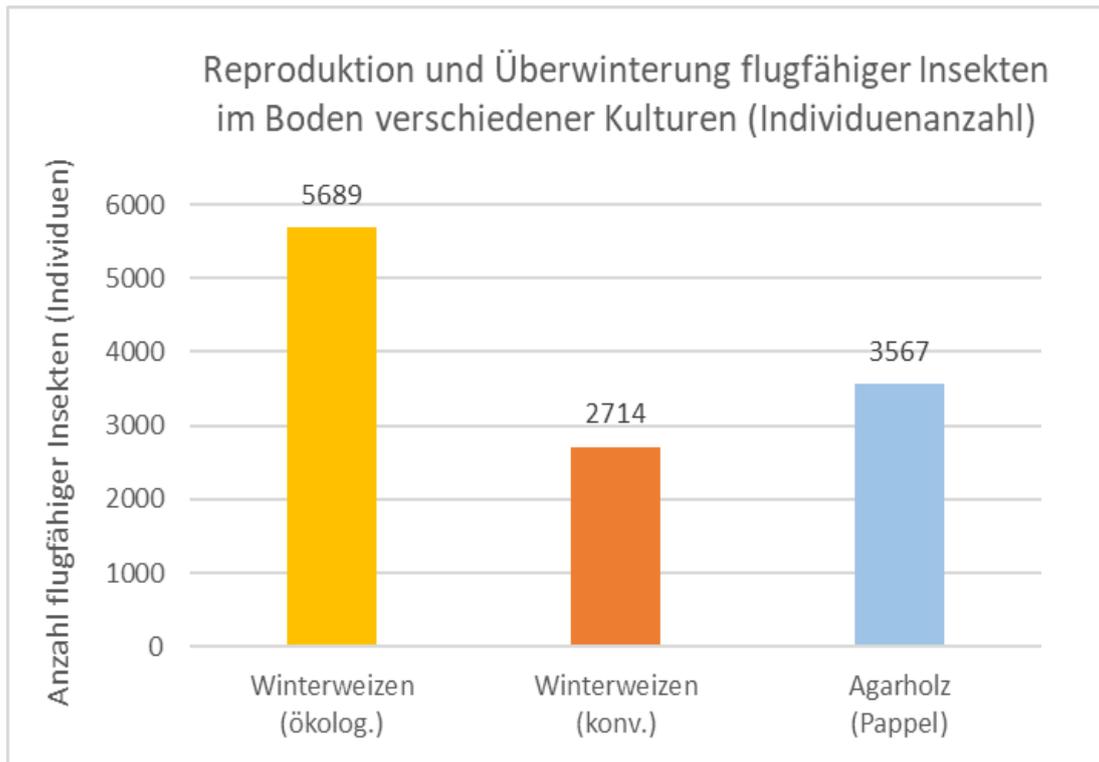


Abbildung 10: Anzahl von Individuen (Fluginsekten), die mittels Emergenzzelten in ökologisch und konventionell bewirtschafteten Winterweizenfeldern sowie in einer Agrarholzkultur (Pappelpflanzung) gefangen wurden. Es wurden vier Fangzeiträume (jeweils zwei Wochen) innerhalb einer Vegetationsperiode ausgewertet. Pro Kategorie wurden 4 Emergenzzelte im Abstand von 10 m in der Mitte eines Feldes installiert.

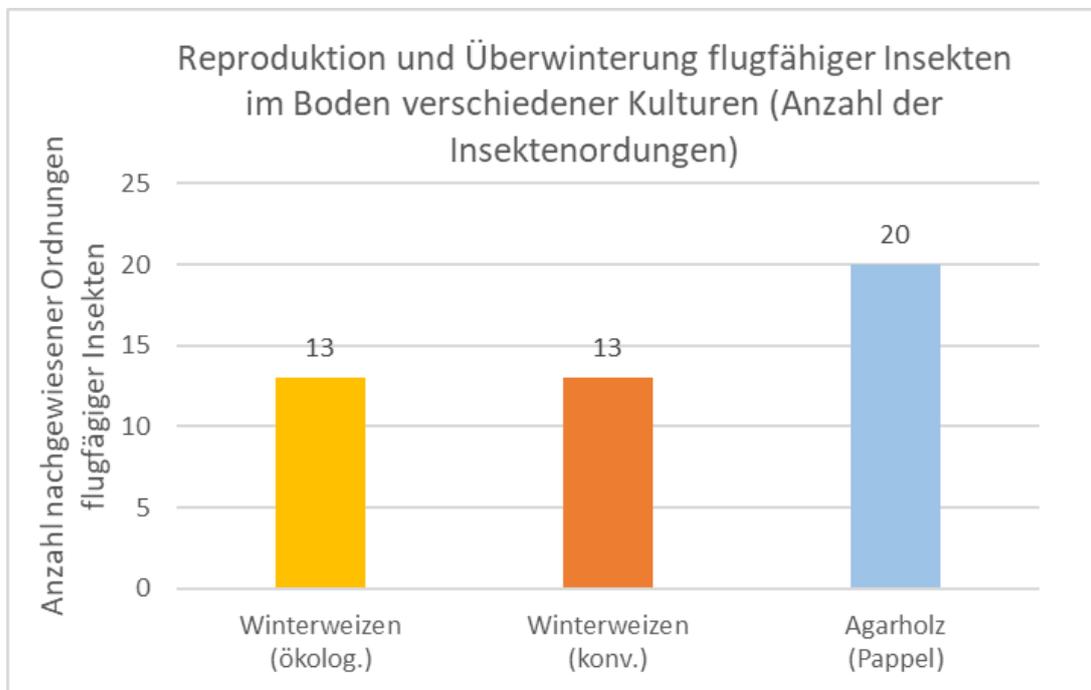


Abbildung 11: Anzahl der Insektenordnungen, die mittels Emergenzzelten in ökologisch und konventionell bewirtschafteten Winterweizenfeldern sowie in einer Agrarholzkultur (Pappelpflanzung) gefangen wurden. Es wurden vier Fangzeiträume (jeweils zwei Wochen) innerhalb einer Vegetationsperiode ausgewertet. Pro Kategorie wurden 4 Emergenzzelte im Abstand von 10 m in der Mitte eines Feldes installiert.

Diversität der Beikrautflora

Die Vielfalt der Beikräuter wies zum Teil starke Unterschiede zwischen den untersuchten Kulturen auf (Abb. 12). Die geringste Pflanzenvielfalt wurde innerhalb des konventionell bewirtschafteten Winterweizens beobachtet. Dort konnten im Durchschnitt nur 0,5 Beikrautarten nachgewiesen werden. Die vielfältigste Beikrautflora wurde im ökologisch bewirtschafteten Weizenfeld gefunden. Pro Untersuchungspunkt wurden dort während der Vegetationsperiode durchschnittlich 12,3 Beikrautarten beobachtet. Die Anzahl der Beikrautarten in der Agrarholzkultur fiel mit 9 Arten pro Untersuchungspunkt etwas geringer aus.

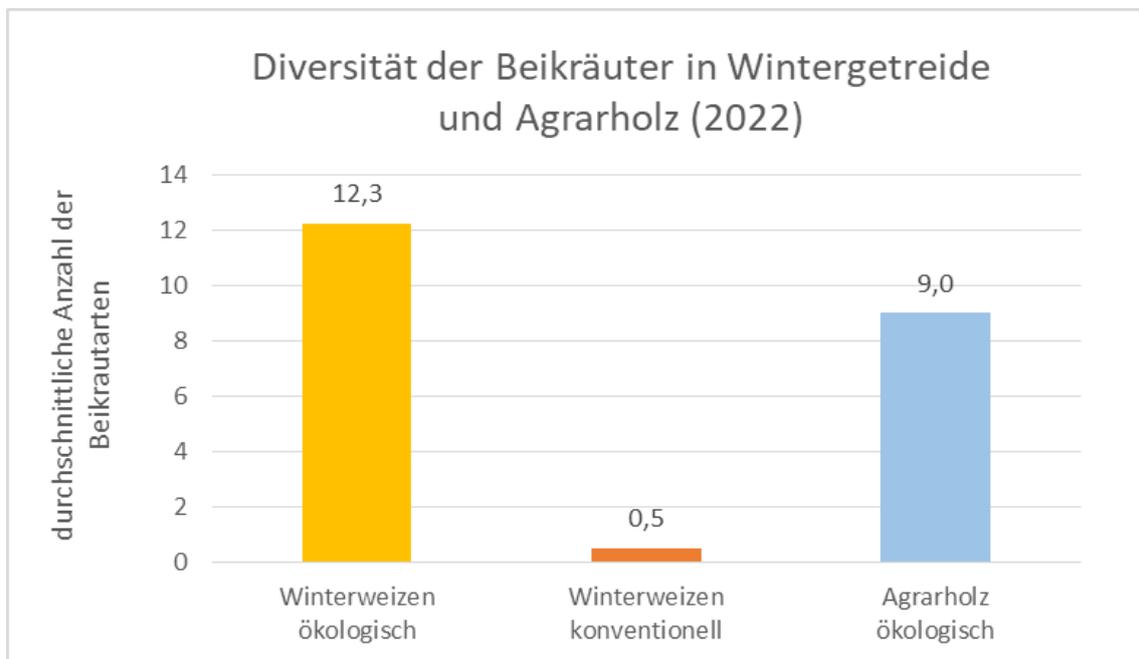


Abbildung 10: Mittlere Anzahl der dokumentierten Beikrautarten in verschiedenen Kulturen (ökologisch und konventionell angebaute Winterweizen sowie eine Agrarholzkultur bestehend aus dreijährigen Pappeln). Angegeben ist die durchschnittliche Anzahl der dokumentierten Arten pro Untersuchungspunkt. Die Datenaufnahme erfolgte an vier Untersuchungspunkten pro Feld an jeweils vier Terminen während der Vegetationssaison.

Natürliche Schädlingsregulierung

In den drei untersuchten Kulturen wurden zudem auch sehr unterschiedliche Ergebnisse bzgl. der natürlichen Schädlingsregulierung gewonnen (Abb. 13). Im ökologisch angebaute Winterweizen wurden im Mai und Juni höhere Fraßraten verzeichnet als in dem konventionell angebaute Winterweizen. Die mit Abstand höchsten Werte der natürlichen Regulierung von Blattläusen wurden jedoch im Agrarholz gemessen. Die Fraßraten waren dort um ein Vielfaches höher als in den Getreidefeldern. Auf den Blattlausködern, die in den Pappeln ausgebracht wurden, konnten zahlreiche Ohrwürmer (Forficulidae) beobachtet werden (Abb. 7). In den Getreidefeldern waren überwiegend Larven von Laufkäfern an den Ködern zu entdecken. In den Ergebnissen ist, genau wie im ersten Versuchsteil, gut zu erkennen, dass die

natürliche Schädlingsregulierung im Juni auf allen Schlägen deutlich ansteigt. Im Agrarholz hatte sich die Fraßrate im Juni gegenüber dem Mai sogar mehr als verdreifacht.

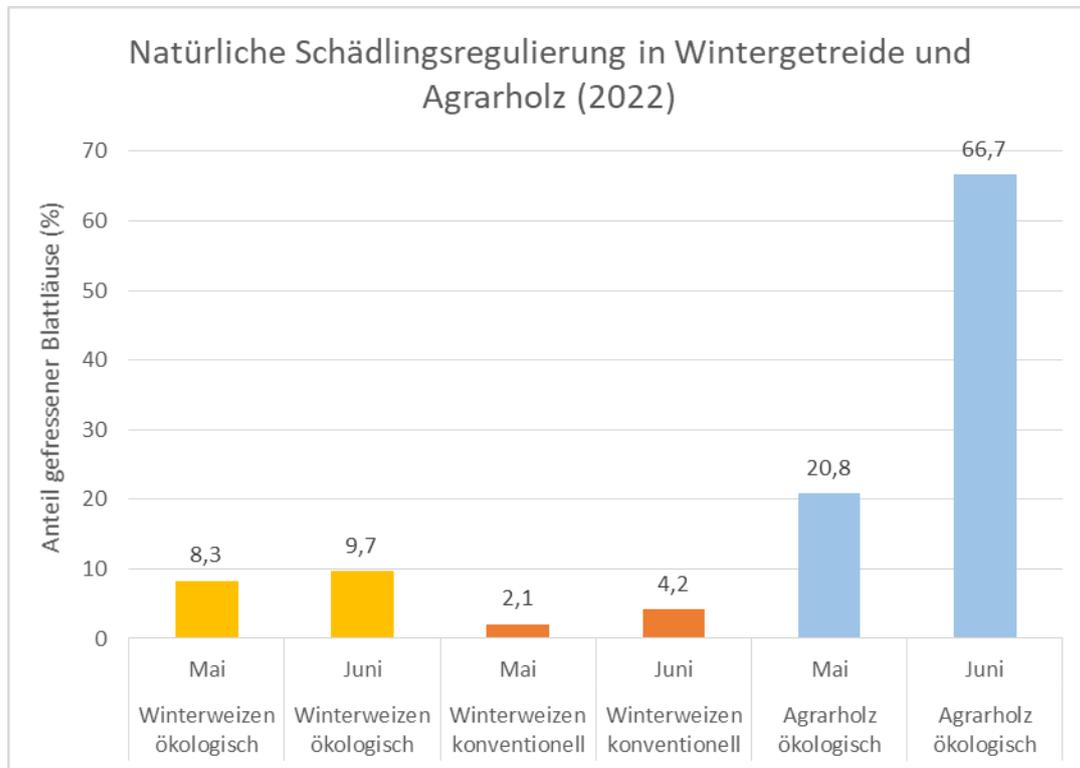


Abbildung 13: Natürliche Regulierung von Blattläusen in unterschiedlichen Kulturen (ökologisch und konventionell angebaute Winterweizen sowie eine Agrarholzkultur bestehend aus dreijährigen Pappeln) Die Datenaufnahme erfolgte mit Hilfe von Blattlausködern im Mai und im Juni 2022 an jeweils vier Untersuchungspunkten pro Feld.



Abbildung 14: Nützlinge, die an den ausgelegten Blattlausködern beobachtet werden konnten: links: Ohrwurm (Forficulidae) an einem Blattlausköder in der Agrarholzkultur; rechts: eine Laufkäferlarve (Carabidae) an einem Blattlausköder im ökologisch bewirtschafteten Getreide.

Diskussion

Vergleich der ÖSL zwischen Agroforststreifen und naturnahen Feldhecken

Die natürliche Bereitstellung von Ökosystemleistungen in Agrarsystemen bildet die Grundlage für die Produktion von Nahrungsmitteln und Rohstoffen innerhalb unserer Kulturlandschaft und ist somit essenziell für unser Leben (Power 2010, Daily 2013). Auch die Biodiversität zählt zu den ÖSL, da durch eine hohe Artenvielfalt innerhalb eines Ökosystems wichtige Vorgänge bzw. Funktionen wie die Reinigung von Wasser, die Bildung fruchtbarer Böden oder die Bestäubung von Pflanzen stabilisiert werden. In dieser Untersuchung wurde u. a. die Vielfalt von Beikräutern auf Feldern verglichen, die an natürliche Feldhecken und an Agroforststreifen (Pappelreihen) angrenzen. Die Ergebnisse zeigen eine deutlich höhere Beikrautdiversität in der Nähe der Feldhecken im Vergleich zu den Pappelreihen, die von einem mehrjährigen Blühstreifen begleitet wurden. Eine hohe Artenvielfalt der Ackerwildkräuter bietet Nahrung und Lebensraum für eine entsprechend diverse Insektengemeinschaft und leistet so einen Beitrag zu den Ökosystemleistungen, die durch sie erbracht werden. Innerhalb der Gehölzreihen und der angrenzenden Säume, können Beikräuter zur Samenreife gelangen. Sie beherbergen daher eine vielfältige Samenbank, von der aus Ackerwildkräuter in die angrenzende Ackerfläche einwandern können. Somit funktionieren sie innerhalb der Agrarlandschaft als Refugien der Biodiversität, wenn angrenzende Flächen umgebrochen werden (Boinot und Alignier 2022). Prinzipiell gilt dies auch für die Pappelpflanzung. Jedoch besteht der untersuchte Pappelstreifen erst seit drei Jahren, genau wie der vor drei Jahren eingesäte Blühstreifen. Daher konnte sich dort vermutlich noch kein stabiles, vielfältiges Samendepot aufbauen, wie es bei den über viele Jahrzehnte gewachsenen Feldhecken gegeben ist. Auch in 50 m Entfernung zu den untersuchten Gehölzen wurde auf den Flächen an den Feldhecken eine höhere Beikrautdiversität gefunden. Ein Aspekt der dabei ebenfalls von Bedeutung ist, ist die Vorkultur, die vor der Einsaat des Wintergetreides auf den Flächen angebaut wurde. Auf den Flächen an der Feldhecke wurde in den zwei Jahren zuvor Luzerne angebaut (ohne Bodenumbruch). Dagegen befanden sich auf dem Feld an den Pappelreihen Buschbohnen, die durch die Bodenbearbeitung im Frühjahr 2021 und die mechanische Beikrautregulierung einen wesentlich geringeren Beikrautaufwuchs hatten. Weil in der Mitte der Felder die Wahrscheinlichkeit für den Eintrag von Wildkrautsamen deutlich geringer ist als am Feldrand (Dutoit et al. 1999), kann die Kulturart daher auch in den folgenden Jahren einen Einfluss auf die Vielfalt der Beikräuter innerhalb der Felder haben.

Eine andere bedeutende ÖSL ist die natürliche Schädlingsregulierung, die bspw. durch räuberische Insekten erbracht wird. Der Vergleich der natürlichen Schädlingsregulierung zwischen naturnahen Feldhecken und Pappelreihen zeigte, dass sowohl nahe der Feldhecken, als auch nahe der Pappelreihen eine stärkere natürliche Regulierung der Schädlinge auftrat, als in der Mitte der angrenzenden Getreidefelder. Der Vergleich beider Gehölztypen ergab zudem saisonale Unterschiede. Während im Mai noch ein stärkerer Effekt der naturnahen

Hecken auf die Prädation der Blattläuse beobachtet werden konnte, holte die Pappelpflanzung im Juni deutlich auf und wies zu dieser Zeit eine höhere Schädlingsregulierung auf als die naturnahen Feldhecken. Die Fraßraten waren im Juni gegenüber dem Mai im Allgemeinen um ein Vielfaches höher. Die höchste Fraßrate betrug über 90 % und wurde in unmittelbarer Nähe der Pappelreihen gemessen (1 m Entfernung).

Bei der Interpretation derartiger Ergebnisse ist es zwingend erforderlich, die Populationsdynamiken der Prädatoren und ihrer Beutetiere zu berücksichtigen. Eine mögliche Erklärung ist, dass die natürliche Schädlingsregulierung in der Nähe der Hecken schon im Frühjahr, wenn die Schädlingspopulation noch klein ist, auf einem vergleichsweise hohen Niveau war und die Anzahl der Schadinsekten dadurch bereits zu einem frühen Zeitpunkt der Populationsentwicklung niedrig gehalten wurde. Wenn aus diesem Grund die Schädlingszahlen in der Nähe der Pappelreihen stärker ansteigen als in der Nähe der Feldhecken, lockt dies im Frühsommer eine größere Anzahl räuberischer Nützlinge an, was zu dem enormen Anstieg der Fraßraten in der Nähe der Pappelreihen im Juni gegenüber dem Mai geführt haben kann. Für eine Blattlausart, die vor allem in Wintergetreide vorkommt (*Metopolophium dirhodum*) wurde bereits nachgewiesen, dass die Populationsgröße der Blattläuse Ende Juni in durchschnittlichen Jahren ihren Höhepunkt aufweist, während sie sich Ende Mai noch auf einem sehr niedrigen Niveau befindet (Daten aus 25-jähriger Beobachtung) (Honek et al. 2018). Dieses Szenario ist jedoch nur eines von vielen, die zu den vorliegenden Ergebnissen geführt haben können. Die Relevanz lokaler Nahrungsnetze, dem Landschaftskontext, der Witterung und vieler weiterer Einflussfaktoren, macht Untersuchungen rund um die Wechselwirkungen zwischen Nützlings- und Schädlingspopulationen zu einem komplexen Forschungsgebiet (Kindleman und Dixon 2010).

Ein bedeutenden Effekt auf die Schädlings- und Nützlingspopulationen hat auch die Überwinterung (Day und Kidd 1998, Honek et al. 2018). An beiden Gehölzstrukturen nehmen die Arten- und Individuenzahlen der im Boden überwinternden Laufkäfer mit zunehmender Distanz zur Gehölzstruktur ab. Somit scheint die Nähe zu den Gehölzen einen positiven Effekt auf die Überwinterung von Laufkäfern zu haben. Insgesamt bewegen sich die Zahlen auf einem ähnlichen Niveau, wodurch diesbezüglich kein deutlicher Unterschied zwischen der Pappelpflanzung und der natürlichen Feldhecke feststellbar ist. Ein wichtiger Aspekt bei der Bewertung der Pappelpflanzung ist mit hoher Wahrscheinlichkeit, dass die Gehölzpflanzung mit der Anlage eines mehrjährigen Blühstreifens kombiniert wurde, der gegenüber dem Wintergetreide ein bevorzugtes Überwinterungshabitat darstellt (Ganser et al. 2019). Als wichtigster Einflussfaktor ist hier jedoch die Bodenbearbeitung zu nennen. Der Winterdinkel, in dem die Untersuchung stattfand, wurde im Herbst gesät. Dabei wurde auch der Boden bearbeitet. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass ein bedeutender Anteil der Laufkäfer, die sich zu diesem Zeitpunkt im Boden befunden haben (entweder als Larve oder als Imago) die Bodenbearbeitung nicht überlebte und die Fläche anschließend von Individuen in der Umgebung wiederbesiedelt wurde. Denn sogar Arten, die eigentlich typische Arten des Offenlands sind oder bevorzugt Ackerflächen besiedeln, zeigen in unseren Ergebnissen eine Abnahme zur Feldmitte (z. B. *Bembidion properans*, *Harpalus tardus* oder *Anchomenus*

dorsalis (siehe Anhang)). Schweizer Studien zeigten, dass die Anzahl der überwinterten Laufkäfer durch das Pflügen des Bodens um 67 % reduziert wird (Ganser et al. 2019). In Gehölzstrukturen bleibt die Diversität und Abundanz von Laufkäfern dagegen im Jahresverlauf stabil (Montgomery et al. 2020). Nach der Bodenbearbeitung dienen sie somit als Quellhabitat für die Wiederbesiedlung der Ackerfläche.

Entlang beider Gehölzstrukturen wurde zudem eine höhere Artenvielfalt der Laufkäfer beobachtet. Arten, wie *Leistus ferrugineus* und *Synuchus vivalis*, sind typischer Weise in Wäldern oder an Waldrändern zu finden (GAC 2009) und konnten ausschließlich direkt an der natürlichen Feldhecke bzw. an der Pappelpflanzung gefunden werden. In der Nähe der Gehölzstrukturen fanden sich zudem Arten wie *Amara similata* oder *Panagaeus bipustulatus*. Diese besiedeln bevorzugt Grünlandstandorte und sind somit nicht an einen regelmäßigen Bodenbruch angepasst. Dauerhaft ungestörte Habitate wie Gehölzstrukturen mit Säumen bieten diesen Arten inmitten der Äcker daher Refugien, in denen sie sich halten können. Das zeigt wie Gehölze die Agrarlandschaft strukturell bereichern und durch die Verbesserung der Habitatvielfalt Raum für eine höhere Biodiversität schaffen. Der gleiche Trend ergab sich auch für die Anzahl der Ordnungen flugfähiger Insekten, die diese Strukturen ebenfalls für die Überwinterung nutzen. Demnach wird deutlich, wie essentiell ungestörte Bereiche innerhalb der Agrarlandschaft für das Überleben vieler Insekten sind. Hinsichtlich der Individuenzahlen der Fluginsekten sind im Gegensatz zu den Laufkäfern keine deutlichen Unterschiede in Bezug auf die Gehölzstrukturen oder die Distanzen zu den Strukturen zu erkennen. Der Grund dafür kann zum einen die höhere Mobilität der flugfähigen Insekten sein, durch die sie nach Störungsereignissen wie der Bodenbearbeitung die Flächen schnell wiederbesiedeln können, auch wenn diese in weiterer Entfernung zu den Quellhabitaten liegen.

Vergleich der ÖSL zwischen Agrarholz und ökologisch bzw. konventionell angebautem Wintergetreide

Gegenüber dem konventionell angebauten Wintergetreide, wies das Agrarholz eine deutlich höhere Beikrautdiversität auf. Durch den Verzicht auf synthetische Pflanzenschutzmittel, insbesondere Herbizide, können Beikräuter aufkommen und wachsen. Im Vergleich zu dem ökologisch angebauten Winterweizen ist die Vielfalt der dokumentierten Beikrautarten in der Agrarholzkultur jedoch geringer. Die Gründe dafür liegen mit hoher Wahrscheinlichkeit in dem Laub, das nach wenigen Jahren zu einer relativ großflächigen Bodenbedeckung führt und in Kombination mit dem Schattenwurf der Gehölze das Aufkommen von Kräutern und Gräsern deutlich einschränkt. Die Pflanzung von Gehölzen in Agrarlandschaften schafft inmitten der sonst offenen Anbauflächen einen Lebensraum mit neuen Habitateigenschaften. Die Laubschicht, die sich nach wenigen Jahren am Boden bildet, ist zwar ungeeignet, um dort schützenswerte Ackerwildkrautarten zu erhalten, jedoch bildet sie einen speziellen Lebensraum für daran angepasste Tierarten, zu denen viele Nützlinge zählen (Uetz 1979) und wird im Lauf der Zeit zu Humus zersetzt, der den Boden fruchtbarer macht und die Wasserspeicherkapazität des Bodens verbessert (Pettit 2004).

Dass die Agrarholzfläche innerhalb der sonst offenen Agrarflächen eine Struktur darstellt, die geeignete Habitateigenschaften für viele räuberische Nützlinge bietet, spiegelt sich in der deutlich höheren natürlichen Regulierung von Blattläusen gegenüber den Getreideflächen wider. Insbesondere Ohrwürmer konnten in großer Zahl an den in den Pappeln ausgebrachten Blattlausködern beobachtet werden. Es liegt nahe, dass sie maßgeblich zu den vorliegenden Ergebnissen beigetragen haben. Ohrwürmer reproduzieren sich in Mitteleuropa je nach Witterung zwei- bis dreimal jährlich (Orpet et al. 2019). Als omnivore Insekten, zählen zu ihrem Nahrungsspektrum auch lebende Blattläuse und andere Schadinsekten (Crumb et al. 1941). Ohrwürmer haben daher generell den Status eines Nützlings. In Agroforstsystemen, die zum Anbau von Obst genutzt werden, wie z. B. im Weinbau, treten sie jedoch auch als Schädling auf (Alston und Tebeau 2011). In Agroforstsystemen, in denen die Produktion von Holz zur Energiegewinnung im Fokus steht, sollte dies jedoch nebensächlich sein. Auch in diesem Versuchsteil zeichnen sich die Dynamiken der Nützlings- und Schädlingspopulationen ab. Die Prädationsraten in der Agrarholzkultur stiegen im Juni gegenüber dem Mai um ein Vielfaches an (von 20,8 % auf 66,7 %).

Hinsichtlich der Überwinterung von Laufkäfern im Boden, lag die Agrarholzkultur im Vergleich zu den Getreidekulturen im Mittelfeld. Dieses Bild zeigte sich sowohl in Bezug auf die Anzahl der Individuen, als auch für die Anzahl der Arten. In einer Untersuchung der Überwinterung von Laufkäfern in einem Waldstück im Südwesten Frankreichs wurde herausgefunden, dass Laufkäfer vor allem die Randstrukturen des Waldstücks für die Überwinterung nutzen (Roume et al. 2011). Da die Emergenzzelte für diesen Versuchsteil in der Mitte aller Untersuchungsflächen platziert wurden, kann demnach nicht ausgeschlossen werden, dass eine Untersuchung der Randbereiche ein anderes Ergebnis erzeugen würde.

Anders verhielt es sich bei den im Boden überwinternden Fluginsekten, die in der Agrarholzkultur in der höchsten Vielfalt auftraten. Auch in anderen Studien konnte nachgewiesen werden, dass Agroforstsysteme innerhalb von intensiv genutzten Agrarlandschaften bevorzugte Überwinterungshabitate für viele Insekentaxa darstellen (Boinot et al. 2019). Zudem ist der Effekt von Agroforstsystemen auf die Aktivität und das Vorkommen von räuberischen Insekten von dem jeweiligen Anbauverfahren abhängig. Bei konventioneller Bewirtschaftung können die Gehölze negative Effekte auf die räuberischen Insekten hervorrufen, während sie im ökologischen Landbau eine gesteigerte Aktivität und ein größeres Vorkommen aufweisen (Boinot et al. 2020). Auch dies wird durch die Ergebnisse dieser Untersuchung bestätigt. Zwischen ökologisch und konventionell angebauten Winterweizen unterschied sich die Anzahl der Ordnung flugfähiger Insekten nicht, dagegen war die durchschnittliche Individuenzahl der aus dem Boden kommenden Fluginsekten im ökologisch bewirtschafteten Feld mehr als doppelt so hoch. Es liegt nahe, dass die Ursachen hierfür in der Verwendung von Pestiziden und künstlichen Düngemitteln zu finden sind.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Agrarholz durch seine Habitateigenschaften einen positiven Effekt auf das Vorkommen und die Diversität von Nützlingen haben und die natürliche Schädlingsregulierung auf angrenzenden Feldern stärken kann. In ausgeräumten Agrarlandschaften kann die Pflanzung von Gehölzen zur Energieerzeugung somit einen Beitrag zur Schaffung nachhaltiger Anbausysteme leisten. Wenn die Pflanzung von Agrarholzkulturen innerhalb intensiv genutzter, konventioneller Flächen erfolgt und ökologisch bewirtschaftet wird, hat dies zudem einen positiven Einfluss auf das Vorkommen von Ackerwildkräutern und fördert somit die Biodiversität.

Schlussfolgerungen

In strukturarmen und intensiv genutzten Agrarlandschaften, kann der Anbau schnellwachsender Gehölze zur Rohstoffgewinnung eine gute Methode sein, um nachhaltige Energie zu erzeugen und gleichzeitig die Strukturvielfalt, Biodiversität und ÖSL der Agrarflächen zu erhöhen, insbesondere, wenn die Gehölzpflanzungen in Kombination mit weiteren strukturschaffenden Maßnahmen, wie z. B. der Anlage von Blüh- oder Brachflächen, umgesetzt werden. Agrarflächen, die bereits über eine hohe Strukturvielfalt verfügen und in einer ökologischen Weise bewirtschaftet werden, können durch die Pflanzung von schnellwüchsigen Energiegehölzen naturschutzfachlich nur bedingt aufgewertet werden. Dies zeigt der bspw. Vergleich der Beikrautvielfalt zwischen Agrarholz und ökologisch bewirtschaftetem Weizen.

Somit spielen bei der Planung und naturschutzfachlichen Bewertung von Agroforstsystemen das Anbausystem und der Landschaftskontext entscheidende Rollen. Im Projekt WERTvoll ist die Renaturierung des Tauchnitzgrabens geplant, der aktuell verrohrt unter einem intensiv und konventionell bewirtschafteten Acker verläuft. Das Vorhaben beinhaltet die Renaturierung und Uferbepflanzung mit verschiedenartigen Agroforststreifen. Durch die Schaffung der Gehölzstrukturen samt störungsarmer Uferzonen werden wertvolle Habitate für diverse Tier- und Pflanzenarten geschaffen und die ÖSL auf den benachbarten Agrarflächen gestärkt.

Die gewonnenen Ergebnisse zeigen, dass Agroforstsysteme attraktive Lebensräume und Überwinterungshabitate für nützliche Insekten bieten können. Um nachhaltige Anbausysteme zu schaffen, bieten sie im Kurzumtrieb eine strukturelle Ergänzung zu häufig angebauten Kulturen wie Wintergetreide, Mais oder Raps. An dieser Stelle soll jedoch betont werden, dass sie keinesfalls einen Ersatz für naturnahe Gehölzstrukturen innerhalb von Agrarlandschaften bieten, da diese durch ihre Arten- und Strukturvielfalt sowie ihre Persistenz diverse Habitateigenschaften aufweisen, die durch Agroforstsysteme nicht zu leisten sind. Dazu gehört ein breites Nahrungsangebot durch eine hohe Diversität heimischer Gehölze, die essentiell für viele spezialisierte Insektenarten ist sowie Strukturen zu denen Baumhöhlen, stehendes Totholz oder dornige Sträucher zählen, die Nistplätze und Lebensraum für Vögel, Fledermäuse, Kleinsäuger und viele weitere Artengruppen bieten.

Wie unsere Ergebnisse zeigen, können Pappelpflanzungen einen Beitrag zur Förderung von ÖSL leisten indem sie bspw. nützliche Insekten fördern und so positiv auf die natürliche Schädlingsregulierung wirken. Um diese Trends statistisch sichern und generelle Aussagen für die Gestaltung einer regionalen, nachhaltigen Agrarlandschaft treffen zu können, sollten die Untersuchungen über mehrere Jahre fortgeführt und auf weitere Standorte und Gehölztypen erweitert werden.

Danksagung

Ich danke dem WERTvollen Projekt-Team und den Projektpartnern für die Ermöglichung dieser spannenden Feldforschungsreihe. Ein besonderer Dank geht zudem an das Private Institut für nachhaltige Landbewirtschaftung (INL), das Wassergut in Canitz und die Agrargenossenschaft e. G. Nischwitz für die gute Zusammenarbeit und die Bereitstellung der Untersuchungsflächen und an Dr. Doreen Werner, Jessika Konrad und Dr. Ralph Platen, die durch die Bestimmung der Insektenfänge einen wertvollen und wesentlichen Beitrag zu dieser Feldforschung geleistet haben.

Literatur

- Alston, D. G., & Tebeau, A. 2011. European earwig (*Forficula auricularia*).
- Boinot, S., Fried, G., Storkey, J., Metcalfe, H., Barkaoui, K., Lauri, P. E., & Meziere, D. 2019. Alley cropping agroforestry systems: Reservoirs for weeds or refugia for plant diversity?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 284, 106584.
- Boinot, S., Mézière, D., Poulmarc'h, J., Saintilan, A., Lauri, P. É., & Sarthou, J. P. 2020. Promoting generalist predators of crop pests in alley cropping agroforestry fields: Farming system matters. *Ecological Engineering*, 158, 106041.
- Boinot, S., & Alignier, A. 2022. On the restoration of hedgerow ground vegetation: Local and landscape drivers of plant diversity and weed colonization. *Journal of Environmental Management*, 307, 114530.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). 2022. Informationen der offiziellen Web-Seite des BMEL: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/eu-agrarpolitik-und-foerderung/gap/gap-strategieplan.html#:~:text=Der%20GAP%20Strategieplan%20unterst%C3%BCtzt%20eine,Zukunftsfestigkeit%20der%20l%C3%A4ndlichen%20R%C3%A4ume%20bei.> (besucht am 05.12.2022)
- Crumb, S. E., Bonn, A. E., & Eide, P. M. 1941. The european earwig (No. 766). The Department.
- Daily G. C. 2013. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems 1997*. (pp. 454-464). Yale University Press.

- Day, K. R., & Kidd, N. A. 1998. Green spruce aphid population dynamics: effects of climate, weather and regulation. *The green spruce aphid in western Europe: ecology, status, impacts and prospects for management*, 41-52.
- Dornieden K. (2005) Laufkäfer. NVN/BSH: 1/05, 1-5.
- Dutoit, T., Gerbaud, É., und Ourcival, J. M. .1999. Field boundary effects on soil seed banks and weed vegetation distribution in an arable field without weed control (Vaucluse, France). *Agronomie*, 19(7), 579-590.
- Ganser, D., Knop, E., & Albrecht, M. 2019. Sown wildflower strips as overwintering habitat for arthropods: effective measure or ecological trap?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 275, 123-131.
- Gesellschaft Für Angewandte Carabidologie (GAC). 2009. Lebensraumpräferenzen der Laufkäfer Deutschlands - Wissensbasierter Katalog. *Angewandte Carabidologie, Supplement V*, 1-45.
- Graham, L., Gaulton, R., Gerard, F., & Staley, J. T. 2018. The influence of hedgerow structural condition on wildlife habitat provision in farmed landscapes. *Biological Conservation*, 220, 122-131.
- Honek, A., Martinkova, Z., Saska, P., und Dixon, A. F. 2018. Aphids (Homoptera: Aphididae) on winter wheat: predicting maximum abundance of *Metopolophium dirhodum*. *Journal of Economic Entomology*, 111(4), 1751-1759.
- Kanzler, M., Böhm, C., Mirck, J., Schmitt, D., & Veste, M. 2019. Microclimate effects on evaporation and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield within a temperate agroforestry system. *Agroforestry systems*, 93(5), 1821-1841.
- Kindlmann, P., und Dixon, A. F. 2010. Modelling population dynamics of aphids and their natural enemies. *Aphid biodiversity under environmental change*, 1-20.
- Lachat, T., Bouget, C., Bütler, R., und Müller, J. 2013. Deadwood: quantitative and qualitative requirements for the conservation of saproxylic biodiversity. *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity*, 92.
- Marshall E. J. P., Brown V. K., Boatman N. D., Lutman P. J., Squire G. R., Ward L. K. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *European Weed Research Society Weed Research* 43, 77–89.
- Montgomery, I., Caruso, T., & Reid, N. 2020. Hedgerows as ecosystems: service delivery, management, and restoration. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51, 81-102.
- Orpet, R. J., Crowder, D. W., & Jones, V. P. 2019. Biology and management of European earwig in orchards and vineyards. *Journal of Integrated Pest Management*, 10(1), 21.
- Paoletti, M. G., & Hassall, M. 1999. Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), 157-165.
- Pecenka, R., Ehlert, D., und Lenz, H. 2014. Efficient harvest lines for short rotation coppices (SRC) in agriculture and agroforestry. *Agronomy Research*, 12(1), 151-160.

- Pettit, R. E. 2004. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. *CTI Research*, 10, 1-7.
- Power A. G. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Phil. Trans. R. Soc. B* 365, 2959–2971.
- Rehman, A., Farooq, M., Lee, D. J., & Siddique, K. H. 2022. Sustainable agricultural practices for food security and ecosystem services. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-20.
- Roume, A., Ouin, A., Raison, L., & Deconchat, M. 2011. Abundance and species richness of overwintering ground beetles (Coleoptera: Carabidae) are higher in the edge than in the centre of a woodlot. *European Journal of Entomology*, 108(4), 615-622.
- Theves, F., und Zebitz, C. P. W. 2012. Biodiversity of carabid beetles (Carabidae) in field hedgerows-alternative approaches. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie*, 18, 173-176.
- Uetz, G. W. 1979. The influence of variation in litter habitats on spider communities. *Oecologia*, 40(1), 29-42.

Anhang

Artenlisten und Individuenzahlen der Laufkäferfänge

Art	Distanz zur Feldhecke			Distanz zur Pappelpflanzung			Habitatpräferenz (nach GAC 2009)
	1 m	10 m	50 m	1 m	10 m	50 m	
<i>Acupalpus meridianus</i>				1	1		tonige, lehmige und schluffige Ufer
<i>Amara aenea</i>	16	6	5			1	offene, trockene Habitate
<i>Amara apricaria</i>				8	9	6	Kulturhabitate
<i>Amara bifrons</i>				1			Sandtrockenrasen
<i>Amara consularis</i>				1			Ackerflächen
<i>Amara familiaris</i>	2	2	1	3	4		Ackerflächen
<i>Amara similata</i>	11	7		1			mäßig trockene Weiden
<i>Anchomenus dorsalis</i>	28	20	13	60	31	27	Ackerflächen
<i>Asaphidion flavipes</i>		1					sandige Ufer
<i>Badister bullatus</i>		1					ohne (erkennbare) Habitatpräferenz
<i>Bembidion lampros</i>	4		2	1	2		Ackerflächen
<i>Bembidion properans</i>	12	9	1	11	5	2	Ackerflächen
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	1			1			Rohböden
<i>Brachinus explodens</i>	20	31	9	20	14	19	Kalktrockenrasen
<i>Calathus ambiguus</i>		8	2	1	1	2	Sandtrockenrasen
<i>Calathus cinctus</i>	10	8	6	6	7	5	Sandtrockenrasen
<i>Calathus fuscipes</i>	13	15	3	3	8	6	ohne (erkennbare) Habitatpräferenz
<i>Demetrias atricapillus</i>	1		2	4	1		Röhrichte
<i>Dolichus halensis</i>				1			Ackerflächen
<i>Harpalus affinis</i>	18	14	11	10	10	7	offene Habitate
<i>Harpalus distinguendus</i>	31	10	8	2	6	3	Sandtrockenrasen
<i>Harpalus luteicornis</i>	1						Ackerflächen
<i>Harpalus pumilus</i>	3						offene, trockene Habitate
<i>Harpalus rubripes</i>	4			2			offene, trockene Habitate
<i>Harpalus rufipes</i>	8	25	4	11	13	10	Ackerflächen
<i>Harpalus signaticornis</i>		1					Kulturhabitate
<i>Harpalus tardus</i>	4	2		32	9	6	offene Habitate
<i>Leistus ferrugineus</i>	1						Vorwälder inkl. Lichtungen und Waldränder
<i>Loricera pilicornis</i>				2	3	2	offene Habitate
<i>Microlestes minutulus</i>	2			1	1		Kulturhabitate

<i>Nebria brevicollis</i>	2	1		3	4		ohne (erkennbare) Habitatpräferenz
<i>Panagaeus bipustulatus</i>	1						mäßig trockene Weiden
<i>Poecilus cupreus</i>	17	10	5	14	10	11	Ackerflächen
<i>Poecilus lepidus</i>	10	4		1	1	6	Sandtrockenrasen
<i>Poecilus versicolor</i>	1		1			5	Nasswiesen und -weiden
<i>Pterostichus melanarius</i>		1			5	8	Ackerflächen
<i>Syntomus foveatus</i>	2	1		2	1		offene, trockene Habitate
<i>Synuchus vivalis</i>				2			Wälder
<i>Trechus quadristriatus</i>	2	2	2	5	4	10	Ackerflächen

Art	Winterweizen (ökolog.)	Winterweizen (konv.)	Agrarholz (Pappel)	Habitatpräferenz (nach GAC 2009)
<i>Amara aenea</i>	11			offene, trockene Habitate
<i>Amara apricaria</i>	1			Kulturhabitate
<i>Amara aulica</i>	2			Ackerflächen
<i>Amara bifrons</i>	1		1	Sandtrockenrasen
<i>Amara familiaris</i>			1	Ackerflächen
<i>Amara lucida</i>			1	Ackerflächen
<i>Amara ovata</i>			2	Nasse Hochstaudenfluren
<i>Amara similata</i>	1			mäßig trockene Weiden
<i>Anchomenus dorsalis</i>	25	1	3	Ackerflächen
<i>Bembidion lampros</i>	1	1	1	Ackerflächen
<i>Bembidion properans</i>	7			Ackerflächen
<i>Brachinus explodens</i>	7			Kalktrockenrasen
<i>Calathus ambiguus</i>	5		1	Sandtrockenrasen
<i>Calathus cinctus</i>	18	1	3	Sandtrockenrasen
<i>Calathus fuscipes</i>	8		3	ohne (erkennbare) Habitatpräferenz
<i>Calathus melanocephalus</i>			1	offene, trockene Habitate
<i>Demetrias atricapillus</i>	3	1		Röhrichte
<i>Harpalus affinis</i>	57		3	offene Habitate
<i>Harpalus distinguendus</i>	2			Sandtrockenrasen
<i>Harpalus latus</i>	1			Wälder
<i>Harpalus rubripes</i>	38			offene, trockene Habitate
<i>Harpalus rufipes</i>	11		1	Ackerflächen
<i>Harpalus signaticornis</i>	8			Kulturhabitate
<i>Harpalus tardus</i>	5		2	offene Habitate
<i>Microlestes minutulus</i>	2			Kulturhabitate
<i>Nebria brevicollis</i>	9		5	ohne (erkennbare) Habitatpräferenz
<i>Notiophilus aestuans</i>	2			Ackerflächen
<i>Notiophilus biguttatus</i>			1	Wälder
<i>Poecilus cupreus</i>	8	2		Ackerflächen

<i>Poecilus lepidus</i>	7			Sandtrockenrasen
<i>Poecilus versicolor</i>	2			Nasswiesen und -weiden
<i>Pterostichus melanarius</i>			2	Ackerflächen
<i>Stomis pumicatus</i>			1	Nasswiesen und -weiden
<i>Syntomus foveatus</i>	6			offene, trockene Habitate
<i>Trechus quadristriatus</i>	3	2	8	Ackerflächen