



Habitatpotentiale im Ackerbereich

Schriftenreihe, Heft 7/2022



Endergebnisse des LfULG-FuE-Projekts:
Habitatpotentiale im Ackerbereich
– Konzipierung und Erprobung
schlagintegrierter Artenschutzmaßnahmen
im LVG Köllitsch –

Charlotte Rapp, Dr. Christoph Muster, Dr. Ingo Brunk, Jörg Gebert

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	9
1 Einleitung	10
1.1 Zielsetzung des FuE-Projekts.....	10
1.1.1 Fragestellung für das 1. Erfassungsjahr 2019.....	11
1.1.2 Fragestellung für das 2. Erfassungsjahr 2020.....	12
2 Material und Methoden	13
2.1 Untersuchungsgebiet.....	13
2.2 Auswahl der Untersuchungsflächen.....	13
2.3 Beprobungsstandorte 2019 und 2020.....	14
2.4 Artenschutzmaßnahmen 2020: Pflanzenbauliche Maßnahmen der Teilflächenextensivierung.....	17
2.4.1 Anlage Maßnahmenflächen.....	18
2.4.1.1 Weite Reihe Aussaat mit pneumatischer und mechanischer Sätechnik.....	18
2.4.1.2 Weite Reihe Aussaat im LVG Köllitsch.....	18
2.4.1.3 Luzerne Untersaat.....	18
2.5 Faunistische und floristische Indikatorengruppen.....	22
2.6 Erfassungsmethodik Laufkäfer und Spinnen.....	23
2.6.1 Determination Laufkäfer- und Spinnen-Arten.....	23
2.6.2 Individuenanzahl, standardisierte Aktivitätsabundanz, Dominanzanteile.....	24
2.6.3 Evaluierung der Lebensraumstabilität.....	24
2.6.4 Ermittlung der Biomassewerte.....	24
2.7 Vegetationsparameter basierte Bewertung der Habitat-Eigenschaften von Pflanzen- beständen.....	25
2.7.1 Floristische Aufnahmen.....	25
2.7.2 Normalisierter, Differenzierter Vegetationsindex (NDVI).....	25
2.8 Statistische Datenauswertung.....	26
3 Ergebnisse	27
3.1 Artenzahlen Spinnen und Laufkäfer, 2019 und 2020.....	27
3.2 Aktivitätsdichten Spinnen und Laufkäfer 2019, 2020.....	27
3.3 Deckungsgrade der Ackerwildkräuter 2019, 2020.....	28
3.4 Gesamtdeckung Vegetation und Vegetationsindex 2019, 2020.....	29
3.5 Normalisierter Differenzierter Vegetationsindex 2020.....	29
3.6 Biomasse Spinnen, Laufkäfer und Gesamtbiomasse 2019, 2020.....	31
3.7 Vegetationsparameter und faunistische Indikatorengruppen.....	32
3.8 Rote Liste Arten Spinnen und Laufkäfer 2019, 2020.....	33
3.9 Schwerpunkthabitate Spinnen und Laufkäfer 2019, 2020.....	35
3.10 Indikatorarten.....	36
3.10.1 Indikatorarten Spinnen.....	36
3.10.2 Indikatorarten Laufkäfer.....	38
3.10.3 Indikatorarten Ackerwildkräuter.....	40
3.11 Ähnlichkeiten der Artengemeinschaften faunistischer und floristischer Indikatorgruppen.....	42
3.12 Permanova Spinnen, Laufkäfer und Ackerwildkräuter 2019, 2020.....	44

4	Zusammenfassung und Diskussion.....	46
4.1	Grenzen der Studie	46
4.2	Biodiversitätsaspekte.....	46
4.3	Pflanzenbauliche Aspekte	50
5	Schlussfolgerung	52
Anhang	53
Anhang 1	Einzelergebnisse 2019	53
Anhang 1.1	Laufkäfer- und Spinnenarten 2019.....	53
Anhang 1.2	Aktivitätsdichten Laufkäfer und Spinnen 2019	54
Anhang 1.3	Ackerwildkräuterarten 2019	55
Anhang 1.4	Gesamtdeckung Vegetation und Wildkräuter 2019	56
Anhang 1.5	Rote Liste Arten Spinnen und Laufkäfer 2019.....	57
Anhang 1.6	Schwerpunktlebensräume von Spinnen und Laufkäfern	58
Anhang 1.7	Biomasse Spinnen, Laufkäfer, Gesamtbiomasse 2019.....	59
Anhang 1.8	Normalisierter Differenzierter Vegetationsindex 2019	60
Anhang 1.9	Vegetationsparameter und faunistische Indikatorengruppen im Erfassungsjahr 2019.....	61
Anhang 1.10	Permanova Spinnen und Laufkäfer 2019.....	63
Anhang 1.11	Kurzfassung zentraler Ergebnisse des 1. Untersuchungsjahrs 2019	64
Anhang 2	Einzelergebnisse 2020	66
Anhang 2.1	Laufkäfer- und Spinnenarten 2020.....	66
Anhang 2.2	Aktivitätsdichten Laufkäfer und Spinnen 2020	67
Anhang 2.3	Ackerwildkräuterarten 2020	68
Anhang 2.4	Gesamtdeckung Vegetation und Wildkräuter 2020	69
Anhang 2.5	Lebensraumstabilität Laufkäfer 2020	71
Anhang 2.6	Biomasse Spinnen, Laufkäfer, Gesamtbiomasse 2020.....	71
Anhang 2.7	Artenliste Spinnen, Laufkäfer und Ackerwildkräuter	73
	Danksagung	98
	Literaturverzeichnis	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bodentextur der Beprobungssandorte des 1. Untersuchungsjahres 2019.....	15
Abbildung 2: Bodentextur und Art der Artenhilfsmaßnahmen der Beprobungsstandorte 2020.....	15
Abbildung 3: Räumliche Lage der Artenhilfsmaßnahmen 2020 in Verbindung mit Brachflächen und Blühstreifen.....	17
Abbildung 4: Konventionell angebauter Winterweizen auf Schlag Goldbreite 3 (lehmig)	19
Abbildung 5: Konventionell angebauter Winterweizen auf Schlag Lämmergrund (tonig)	19
Abbildung 6: Konventionell angebauter Hafer, Schlag Am Flugplatz.(lehmig-sandig)	20
Abbildung 7: Konventionell angebauter Hafer auf Schlag Am Flugplatz (lehmig-tonig).....	20
Abbildung 8: Konventionell angebauter Silomais auf Schlag Braunsühle (lehmig-sandig).	21
Abbildung 9: Ökologisch angebauter Silomais auf Schlag Koppel 6 (lehmig mit vereinzelt Sandlinsen).....	21
Abbildung 10: Ökologisch bewirtschafteter Hafer auf Schlag Koppel 5 (lehmig, durchzogen von Sandlinsen)	22
Abbildung 11: Artenzahlen von Laufkäfern und Spinnen pro Falle, zusammengefasst für die beiden Untersuchungsjahre 2019 und 2020.	27
Abbildung 12: Aktivitätsdichten von Spinnen und Laufkäfern Spinnen pro Falle, zusammengefasst für die beiden Untersuchungsjahre 2019 und 2020.....	28
Abbildung 13: Deckungsgrade der Ackerwildkräuter pro Aufnahmefläche, zusammengefasst für die Erfassungsjahre 2019 und 2020.	28
Abbildung 14: Gesamtdeckung der Vegetation (Kultur + Wildkräuter) [%], zusammengefasst für die Erfassungsjahre 2019 und 2020.	29
Abbildung 15: Normalisierter, Differenzierter Vegetationsindex (NDVI) für das Erfassungsjahr 2020 berechnet für die Maßnahmenfläche sowie den konventionell bewirtschafteten Bereich des Schlags.	30
Abbildung 16: Vegetationsindex NDVI pro Untersuchungsfläche und Kultur, berechnet für das Er- fassungsjahr 2020	30
Abbildung 17: Biomasse der Spinnen und Laufkäfer pro Falle in [g], aggregiert für die Erfassungs- jahre 2019 und 2020.....	31
Abbildung 18: Gesamtbiomasse pro Falle in [g], aggregiert für die Erfassungsjahre 2019 und 2020.....	31
Abbildung 19: Aktivitätsdichten Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit der Gesamtdeckung der Vegetation aggregiert für die Untersuchungsjahre 2019 und 2020.....	32
Abbildung 20: Artenzahlen Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit dem Vegetationsindex NDVI für die Untersuchungsjahre 2019 und 2020	32
Abbildung 21: Aktivitätsdichten der Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit dem Vegetationsindex NDVI für die Untersuchungsjahre 2019 und 2020.....	33
Abbildung 22: Dominanzanteile der Rote-Liste Arten von Spinnen pro Bewirtschaftungsweise zusammengefasst für die Erfassungsjahre 2019 und 2020.....	33
Abbildung 23: Schwerpunkthabitate der beobachteten Spinnen und Laufkäferarten pro Bewirtschafts- methode, zusammengefasst für die Erfassungsjahre 2019 und 2020.	35
Abbildung 24: Ordinale Nichtmetrische Multidimensionale Skalierung (NMDS) der Artenzusammen- setzung der Spinnen (Aktivitätsdichten).	42
Abbildung 25: Ordinale Nichtmetrische Multidimensionale Skalierung (NMDS) der Artenzusammen- setzung der Laufkäfer (Aktivitätsdichten).	43
Abbildung 26: Ordinale Nichtmetrische Multidimensionale Skalierung (NMDS) der Artenzusammen- setzung der Ackerwildkräuter (Deckungsgrade).....	43

Abbildung 27: Anzahl Laufkäfer und Spinnenarten pro Falle je Untersuchungsfläche, dokumentiert im Erfassungsjahr 2019	53
Abbildung 28: Anzahl Individuen Laufkäfer und Spinnen pro Falle je Untersuchungsfläche erfasst im Untersuchungsjahr 2019	53
Abbildung 29: Anzahl Ackerwildkräuterarten je Vegetationsaufnahme je Untersuchungsfläche, dokumentiert im Erfassungsjahr 2019.....	55
Abbildung 30: Gesamtdeckung Vegetation (Kultur + Ackerwildkräuter) und der Deckungsgrad der Ackerwildkräuter in je Vegetationsaufnahme erfasst im 1. Untersuchungsjahr 2019.....	56
Abbildung 31: Dominanzanteile (Individuenanteile) in der Rote Liste Arten von Laufkäfer.....	57
Abbildung 32: Schwerpunktlebensräume der Indikatorengruppen Laufkäfer und Spinnen dokumentiert im Erfassungsjahr 2019.....	58
Abbildung 33: Biomassewerte von Laufkäfern und Spinnen pro Falle je Beprobungsfläche erhoben im Untersuchungsjahr 2019.....	59
Abbildung 34: Gesamtbiomassewerte (Gewicht des gesamten Falleninhalts vor der Trennung in Indikatoren und der Aussortierung des Beifangs) pro Falle dokumentiert im Erfassungsjahr 2019.....	59
Abbildung 35: Der im Erfassungsjahr 2019 aus den Sentinel 2 Satelliten-Rasterdatensätze errechnete Normalisierte Differenzierte Vegetationsindex NDVI aus 6 Aufnahmedaten	60
Abbildung 36: Aktivitätsdichten von Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit dem Deckungsgrad der Ackerwildkräuter im Erfassungsjahr 2019	61
Abbildung 37: Aktivitätsdichten von Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit dem Gesamtdeckungsgrad der Vegetation im Erfassungsjahr 2019	61
Abbildung 38: Aktivitätsdichten Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit dem Vegetationsindex NDVI, im Erfassungsjahr 2019.....	62
Abbildung 39: Anzahl Laufkäfer und Spinnenarten pro Falle je Untersuchungsfläche, dokumentiert im Erfassungsjahr 2020	66
Abbildung 40: Aktivitätsdichten (Individuenzahlen) der Spinnen und Laufkäfer pro Falle je Untersuchungsfläche im Erfassungsjahr 2020	67
Abbildung 41: Anzahl Ackerwildkräuterarten je Vegetationsaufnahme auf pro Untersuchungsfläche, dokumentiert im Erfassungsjahr 2020.....	68
Abbildung 42: Deckungsgrad der Ackerwildkräuter in je Vegetationsaufnahme pro Untersuchungsfläche, dokumentiert im Untersuchungsjahr 2020	69
Abbildung 43: Gesamtdeckung Vegetation (Kultur + Ackerwildkräuter) und der Deckungsgrad der Ackerwildkräuter in je Vegetationsaufnahme erfasst im Untersuchungsjahr 2020.....	70
Abbildung 44: Anteil makropter (geflügelter) Laufkäferindividuen [%], linke Abbildung, Anteil immaturer (Larvalstadium) Laufkäferindividuen.....	71
Abbildung 45: Biomassewerte von Laufkäfern und Spinnen pro Schlag erhoben im Untersuchungsjahr 2020	71
Abbildung 46: Gesamtbiomassewerte (Gewicht des gesamten Falleninhalts) dokumentiert im Erfassungsjahr 2020	72

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Untersuchungsflächen 2019 und 2020	16
Tabelle 2: Leerungsdaten der Bodenfallen in den beiden Erfassungsjahren 2019 und 2020	23
Tabelle 3: Indikatorarten der Spinnen für Maßnahmenflächen, ökologisch sowie konventionell bewirtschaftete Untersuchungsflächen	37
Tabelle 4: Indikatorarten der Laufkäfer für Maßnahmenflächen, ökologisch sowie konventionell bewirtschaftete Untersuchungsflächen	39
Tabelle 5: Indikatorarten Ackerwildkräuter für Maßnahmenflächen, ökologisch sowie konventionell bewirtschaftete Untersuchungsflächen	41
Tabelle 6: Ergebnisse der PERMANOVA-Analyse zur Bewertung der Einflussfaktoren Feldfrucht, Lokalität, Boden (Textur), Untersuchungsjahr, Bewirtschaftungsweise (ökologisch vs. konventionell) auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften der Spinnen	44
Tabelle 7: Ergebnisse der PERMANOVA-Analyse zur Prüfung des Signifikanzniveaus der Testfaktoren Feldfrucht, Lokalität, Boden (Textur), Untersuchungsjahr, Bewirtschaftungsweise (ökologisch vs. konventionell) auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften der Laufkäfer	45
Tabelle 8: Ergebnisse der PERMANOVA-Analyse zur Prüfung des Signifikanzniveaus der Testfaktoren Feldfrucht, Lokalität, Boden (Textur), Untersuchungsjahr, Bewirtschaftungsweise (ökologisch vs. konventionell) auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften der Ackerwildkräuter	45
Tabelle 9: Ergebnisse PERMANOVA-Analyse zum Einfluss der Testfaktoren auf die Zusammensetzung der Laufkäfer Artengemeinschaften, im Erfassungsjahr 2019	63
Tabelle 10: Ergebnisse der PERMANOVA-Analyse zur Bewertung möglicher Einflussfaktoren auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften der Spinnen im Erfassungsjahr 2019.	63
Tabelle 11: Anzahl adulter Individuen der Spinnenarten der Untersuchungsfläche des LVG Köllitsch 2019 und 2020	73
Tabelle 12: Anzahl adulter Individuen der Laufkäferarten der Untersuchungsfläche des LVG Köllitsch 2019 und 2020	81
Tabelle 13: Anzahl adulter Individuen der Laufkäferarten der Untersuchungsfläche des LVG Köllitsch 2019 und 2020	91
Tabelle 14: Deckungsgrade der Ackerwildkräuterarten der Untersuchungsflächen des LVG Köllitsch 2019 und 2020	92

Abkürzungsverzeichnis

BBCH	Beschreibung des morphologischen Entwicklungsstadiums einer Pflanze durch die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie
Konv	konventionell bewirtschaftete Ackerfläche
M20	Artenhilfsmaßnahmen in konventionell bewirtschafteter Ackerfläche
OeM	Maßnahmenfläche in ökologisch bewirtschafteter Ackerfläche
Oeko	ökologisch bewirtschaftete Ackerfläche
xLE19	Landschaftselemente, beprobt im Erfassungsjahr 2019
L/IS	Lehm/lehmiger Sand
IS	lehmiger Sand
LT	toniger Lehm
SI	anlehmiger Sand
Frucht:	HF=Hafer LZ=Luzerne MZ=Mais WW=Winterweizen ZR=Zuckerrübe
Maßnahmen:	wR = weite Reihe wR+LZ = weite Reihe+Luzerne Untersaat Mulch = Luzerne-Frischmulch Düngung.

Zusammenfassung

Produktionsintegrierte Artenhilfsmaßnahmen in Form einer Teilflächenextensivierung haben das Potential, einen essentiellen Beitrag zur Eindämmung des Artenrückgangs in ackerbaulich geprägten Agrarlandschaften zu leisten. Das FuE-Projekt Habitatpotentiale des Referats 62 testete unter anderem die biodiversitätsfördernde Wirkung der Weite Reihe Ausaat im Getreide mit und ohne Untersaaten in Verbindung mit dem Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutz- und Düngemittel auf die Artengemeinschaften von Spinnen-, Laufkäfern sowie Ackerwildkräutern. Die Maßnahmen wurden in konventionellen und ökologischen Anbausystemen getestet. Die Artenhilfsmaßnahmen wurden in Verbindung mit überjährigen Landschaftselementen wie Blühstreifen und Feldhecken angelegt.

Die Ergebnisse der faunistischen Erhebungen zeigten teilweise unterschiedliche Tendenzen auf: Die Arten- und Individuendichten der Spinnen waren in den Maßnahmenflächen auf den konventionell bewirtschafteten Äckern höher als in den nach üblicher Praxis bewirtschafteten Referenzflächen, wohingegen beide Biodiversitätsparameter bei den Laufkäfern auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen erhöht waren. Die Deckungsgrade der Ackerwildkräuter waren in den Maßnahmenflächen ebenfalls höher als im nach üblicher pflanzenbaulicher Praxis bewirtschafteten Bereich des Ackers. Die Maßnahmenflächen wiesen überdies, im Vergleich zu den Referenzflächen, gesteigerte Dominanzanteile gefährdeter Rote-Liste-Arten von Laufkäfern und Spinnen auf. Auch die Gesamtbiomasse, sowie die Biomasse der Spinnen war in den teilflächenextensivierten Bereichen des Schlags höher als in der übrigen Ackerfläche. Darüber hinaus war zu beobachten, dass in den Maßnahmenflächen höhere proportionale Anteile größerer sowie üblicherweise lückige Trockenrasen besiedelnder Laufkäferarten erfasst wurden.

Diese Resultate zeigen, dass die konzipierten Artenhilfsmaßnahmen zur Förderung von Raubarthropoden (insbesondere auch störungsanfälligerer, gefährdeter Rote Liste Arten) sowie Wildkräutern dienen könnten. Dadurch könnte einerseits die funktionelle Biodiversität der Agrarlandschaft gefördert werden und andererseits das Nahrungsangebot für Sekundärkonsumenten, wie beispielsweise die von starkem Artenrückgang betroffenen Brutvögel der Feldflur, erhöht werden. Zusätzlich dazu können die Maßnahmenflächen möglicherweise zur Formation zusätzlicher Komplementärhabitats dienen. Darüber hinaus können die Artenhilfsmaßnahmen, angelegt in Verbindung mit Landschaftselementen, zur Erhöhung des Biotopverbunds in stark homogenisierten Agrarlandschaften beitragen.

Aufgrund des kurzen zweijährigen Forschungszeitraums ist es dringend erforderlich, dass die Ergebnisse zur biodiversitätsfördernden Wirkung der Maßnahmen in Folgeprojekten verifiziert werden.

1 Einleitung

Historisch gesehen hat die kleinteilige landwirtschaftliche Nutzung natürlicher Ökosysteme zur Entwicklung eines Mosaiks aus vielfältigen Lebensräumen und Lebensgemeinschaften auf Wiesen, Weiden und Äckern geführt. Während der letzten 60 bis 70 Jahre jedoch kam es durch die zunehmende Landnutzungsintensivierung, unter der primären Prämisse einer kurzfristigen Steigerung pflanzlicher Erträge, zur Vergrößerung von Ackerschlägen und einer vermehrten Eliminierung von Landschaftselementen.

Die damit einhergehende großflächige Homogenisierung von überwiegend bodentextur- und reliefbedingten Standort- und somit Ertragsunterschieden hat zu drastischen Verlusten an Lebensraumdiversität und -qualität in Acker- und Grünland geführt. Das ist einer der Gründe, warum in den letzten Jahrzehnten ein erheblicher Rückgang der ursprünglich von einer vielfältigen, kleinteiligen landwirtschaftlichen Nutzung abhängigen floristischen und faunistischen Biodiversität zu verzeichnen ist (Benton et al. 2003; Flohre et al. 2011).

Mit der Verabschiedung der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt (BMU, 2007) hat sich Deutschland verpflichtet, den Rückgang der biologischen Vielfalt bis zum Jahr 2020 aufzuhalten. Der landwirtschaftlichen Nutzung kommt vor allem durch ihre große flächenmäßige Ausdehnung in der nicht unmittelbar durch Siedlungen eingenommenen Landschaft, außerhalb der Wälder, eine entscheidende Rolle bei der Erreichung dieses Zieles zu (Hendrickx et al. 2007).

Der Freistaat Sachsen ist in weiten Teilen von einer großräumigen, intensiven ackerbaulichen Nutzung geprägt. Im Jahr 2018 wurden insgesamt 40-60 % der Landfläche landwirtschaftlich genutzt, wobei das Ackerland knapp 80 % der Agrarfläche einnimmt. Die mittlere Schlaggröße liegt bei ca. 7,5 ha (LfULG, 2010). Von 2007 bis 2018 wurden in Sachsen für 1.533 Insektenarten Gefährdungsanalysen nach aktuellen Kriterien durchgeführt, 673 der untersuchten Arten (44 %), darunter viele Bewohner der offenen Agrarlandschaft gelten nach der aktuellen Studie als bereits ausgestorben oder gefährdet (LfULG, 2019). Eine ebenfalls von massiven Verlusten betroffene Artengruppe sind die Ackerwildkräuter. Bereits im Jahr 2003 galten 20 % der für Sachsen ermittelten 112 typischen Ackerwildkrautarten als ausgestorben (Buder & Döring, 2003). In Konsequenz führte der mit dem Artenrückgang einhergehende Zusammenbruch epigäischer Nahrungsnetzwerke in der Agrarlandschaft zu einem drastischen Rückgang an Arthropodenbiomasse und dadurch zu einer erheblichen Reduzierung des Nahrungsangebots für Feldvögel. Laut eines umfassenden, sachsenweiten Monitoring im Jahr 2002 wurden 66 % von 46 charakteristischen Brutvogelarten der Feldflur als sehr stark rückläufig eingestuft (Bauer et al. 2002).

1.1 Zielsetzung des FuE-Projekts

Das LfULG etablierte im Jahr 2019 das FuE-Projekt "Habitatpotentiale" mit der Intention, förderungsfähige Maßnahmen zu entwickeln und zu testen, die zusätzliche Habitat-Strukturen in der meist großflächig ackerbaulich geprägten Agrarlandschaft Sachsens schaffen sollten. Während der zweijährigen Dauer des FuE-Projekts sollten die Maßnahmen auf ihre agrartechnische Umsetzbarkeit sowie ihr biodiversitätsförderndes Potential hin geprüft werden.

Das Wirkungspotential der Maßnahmen sollte anhand der Zusammensetzung der Artengemeinschaften der Indikatorengruppen Spinnen, Laufkäfer und Ackerwildkräuter getestet werden. Über den Einsatz betriebseigener Sätechnik des Sächsischen Lehr- und Versuchsgut in Köllitsch sollten mögliche agrartechnische Herausforderungen bei der Anlage der Maßnahmenfläche evaluiert werden.

Die Aspekte der biodiversitätsfördernden Wirkung sollten nicht ausschließlich vor dem Hintergrund der Förderung der einzelnen Indikatorengruppen gesehen werden, sondern vielmehr vor einem breiteren agrarökologischen Kontext: Eine Erhöhung der Arthropodenbiomasse in den Maßnahmenflächen sollte das Nahrungsangebot für Sekundärkonsumenten quantitativ und qualitativ verbessern, insbesondere auch für die stark vom Artenrückgang betroffenen Brutvögel der Feldflur. Durch die Steigerung der Diversität epigäischer Nahrungsnetzwerke kann die landwirtschaftlich produktionsrelevante funktionelle Biodiversität gleichermaßen gefördert werden, beispielsweise durch Raubarthropoden wie Spinnen und Laufkäfer, welche natürliche Antagonisten von Pflanzenschädlingen sind (Bianchi et al. 2006; Brussaard et al. 2007).

Über die Erhöhung von Artenzahlen und Deckungsgraden der Ackerwildkräuter könnten verschiedene, auch seltenere Bestäubergruppen gefördert werden. Langfristig sollte die Integration der entwickelten Artenschutzmaßnahmen in die ackerbauliche Produktionsfläche den Landwirten eine größere Unabhängigkeit von externen Betriebsmitteln wie Pflanzenschutzmitteln ermöglichen. Ebenso kann die Umsetzung der Maßnahmen langfristig die ökonomische und ökologische Resilienz pflanzlicher Produktionssysteme steigern, insbesondere in Zeiten des Klimawandels (Altieri et al. 1999; Alteri et al. 2015).

Auf Landschaftsebene kann durch eine breite Anwendung der Maßnahmen in der Agrarlandschaft deren Fragmentierung eingedämmt werden. So könnten beispielsweise überjährig bestehende Inselbiotpe (Landschaftselemente) mit einem zeitlich begrenzten Habitat im Ackerbereich verbunden werden, was idealerweise nicht nur zur Diversifizierung von Ackerlebensräumen führt, sondern vielmehr auch zur Schaffung von "Korridor" Habitaten beitragen kann. Dies ist insbesondere von dem Hintergrund des genetischen Austausches von Populationen von großer Bedeutung und somit ebenfalls ein essentielles Werkzeug zur Eindämmung des Artenrückgangs in der Agrarlandschaft (Tscharntke et al. 2012; Blitzer et al. 2012).

1.1.1 Fragestellung für das 1. Erfassungsjahr 2019

Im 1. Untersuchungsjahr 2019 sollten über die Erfassung von Diversitätsparametern der Artengemeinschaften der faunistisch-floristischen Indikatorengruppen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Führt die überwiegend texturbedingte Variabilität von Kulturpflanzenbeständen (architektonische Diversität und Pflanzendichte) zu Unterschieden in der Arten- und Individuenabundanz bzw. den Deckungsgraden der Ackerwildkräuter und den Biomassen der Indikatorengruppen der Spinnen und Laufkäfer?
2. Welchen Einfluss hat die Landnutzungsform (konventionell vs. ökologisch) auf Laufkäfer- und Spinnenzönososen und die Artenzusammensetzung der Ackerwildkräuter?
3. Inwiefern tragen überjährige Landschaftselemente zur Erhöhung der Gesamtdiversität der Agrarlandschaft bei?

Pflanzenbauliche Kriterien für die Konzipierung von Artenhilfsmaßnahmen, basierend auf Ergebnissen des 1. Erfassungsjahrs 2019:

Die Aggregation der Ergebnisse aus dem Erfassungsjahr 2019, nachzulesen in Kapitel A1, die als Voruntersuchungen zu betrachten sind, führten zur Formulierung der grundsätzlichen pflanzenbaulichen Kriterien zur Maßnahmenkonzipierung. Es wurden drei zentrale pflanzenbauliche Aspekte für die Entwicklung der schlagintegrierten Artenhilfsmaßnahmen aus den Erkenntnissen des ersten Erfassungsjahrs abgeleitet und wie folgt zusammengefasst:

- Nutzung einer zusätzlichen Fruchtart mit einer die pflanzenarchitektonische Diversität der Pflanzenbestände erhöhenden Wirkung in Form einer in die Hauptkultur integrierbare Untersaat aus der Pflanzenfamilie der Leguminosen (Prämisse: Trockenheitstoleranz)
- Wahl einer biodiversitätsfördernden Bewirtschaftungsform die in Teilaspekten wie dem Unterlassen von Pflanzenschutz- und mineralischer Düngung den Prinzipien des ökologischen Landbaus entspricht
- Erzeugung variabler Bestandsdichten (über die Aussaatstärke oder Reihenweite, bzw. Düngung regulierbar) innerhalb homogener Pflanzenbeständen zur Förderung von Tiergruppen mit unterschiedlichen mikroklimatischen und strukturellen Habitatansprüchen.

1.1.2 Fragestellung für das 2. Erfassungsjahr 2020

Die während des ersten Erfassungsjahrs (2019) entwickelten Maßnahmen sollten im zweiten Jahr ackerbau-lich umgesetzt und auf ihre Wirksamkeit hin geprüft werden. Im Rahmen der Testung der Artenschutzmaßnahmen sollten folgende Fragen geklärt werden:

1. Kann durch eine gezielte Veränderung der Vegetationsstruktur und des pflanzenbaulichen Managements von Ackerkulturen als Teilflächenextensivierung (partielle Verringerung der Halmdichten, Integration einer zusätzlichen Blattmorphologie, das Unterlassen der Ausbringung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln) die Arten- und Individuenabundanz der Indikatorengruppen sowie die Gesamtbiomasse erhöht werden?
2. Gibt es Unterschiede bei der Wirksamkeit der Artenschutzmaßnahmen in konventionellen bzw. ökologischen Landnutzungssystemen?

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsflächen gehören zum Sächsischen Lehr- und Versuchsgut Köllitsch (LVG) bei Arzberg (51,52691° N, 13,12692° E) in Nordsachsen, gelegen auf einer Höhe von ca. 85 bis 90 m über NN. Alluvialer Auenlehm stellt die dominierende Bodentextur des Untersuchungsgebiets dar. Einstige Verläufe der Elbe sind durch den abrupten teilweise noch zu erkennenden kurvenförmig verlaufenden Wechsel der Textur auszumachen: Im ehemaligen Uferbereich, überwiegend im Zentrum ehemaliger Flussschleifen entstanden Sandlinsen (sandig-lehmige) Bereiche, wogegen in vormaligen Flussbettzonen hohe Tongehalte dominieren. Aus diesen oftmals kleinräumig divergierenden Texturen ergibt sich die stark variierende Bodenzahl, die von rund 50 Punkten auf lehmig-sandigeren Standorten bis auf ungefähr 80 Punkte auf den lehmig-tonigeren Flächen ansteigt.

Die durchschnittliche Niederschlagsmenge betrug im Jahr 2011 ca. 540 mm. Im Jahr 2018 betrug sie dagegen nur 340 mm. Während des Fangzeitraums 2019, der Monate Mai bis Juli fielen insgesamt 100 mm Niederschlag. Die maximale Bodentemperatur, gemessen in 5 cm Höhe betrug während dieses ersten Erfassungszeitraums 31°C. Im zweiten Erfassungsjahr, 2020 wurde von Mai bis Juli eine Gesamtniederschlagsmenge von 94,7 mm erfasst. Die maximale Bodentemperatur, gemessen in 5 cm Bodenhöhe war mit 23,7°C sehr viel geringer als im ersten Erfassungsjahr (Wetter Station Köllitsch WS-KLL, 2019 und 2020).

2.2 Auswahl der Untersuchungsflächen

Die Auswahl der Untersuchungsflächen im Jahr 2019 erfolgte über die Evaluation einer vom LfULG, *Referat 42* digitalisierten kleinräumiger Bodenartenkarte aus der Bodenschätzung, Abbildungen 1 und 2 (Benning, 2019). Zusätzlich wurden Luftbilder, echt- (DRG-DOPs) und infrarot (IR-DOPs) Orthophotos ausgewertet (Geoportal Sachsenatlas, 2015).

Darüber hinaus wurden räumlich verortete Daten zu intra-parzellären Unterschieden der elektrischen Bodenleitfähigkeit [mS/m] evaluiert, generiert unter Verwendung des Bodenscanners EM 38 (Geonics, 2013). Die Messdaten des Bodenscanners ermöglichen die Kartierung kleinräumiger Veränderungen in der Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit innerhalb eines Ackerschlag basierend auf der Variabilität der Bodentextur. Diese Daten (unveröffentlicht) waren von Herrn Pößneck (ehemals LfULG *Referat 72*) für die Untersuchungsflächen FS, FK, KN, GB und KO5 erhoben worden. Überdies lagen für einige Flächen (FS, FK, KN) Daten zur intra-parzellären Variabilität der Relativerträge in Prozent für die Jahre 2003-2005 vor. Darüber hinaus waren die Rasterdatensätze eines, den normalisierten differenzierten Vegetationsindex (NDVI) erfassenden Satelliten, und die daraus erzeugten Orthophotos für die Schläge (FS, FK, KN, GB, GB-MO) verfügbar.

Die EM38 Messungen sowie die NDVI-Orthophotos und Relativerträge lagen als 5 x 5 Meter Rasterdaten vor. Im Gesamtbild ermöglichten diese Informationen im Vorfeld Rückschlüsse auf die intraparzellären Unterschiede des ackerbaulichen Ertragspotentials und damit der Entwicklung der Bestandesdichte der Kulturpflanzen zu ziehen. Grundsätzlich ist hervorzuheben, dass die Sichtung von Bodenkarten, Luftbildern, insbesondere von Falschfarben- und Orthophotos des Normalisierten Differenzierten Vegetationsindex, NDVI (Carlson et al. 1997) eine vergleichsweise schnelle praktikable sowie kostengünstige Möglichkeit darstellt, meist überwiegend texturbedingte Heterogenitäten der pflanzlichen Ertragsfähigkeit in verschiedenen Ackerbereichen zu identifizieren oder zwischen verschiedenen Ackerschlägen zu vergleichen. Allerdings müssen Informationen zur jeweiligen Anbaukultur (Halm- oder Blattfrucht, bzw. Sommerung oder Winterung) vorliegen, um Fehleinschätzungen zu vermeiden (Henik, 2012).

Die Evaluierung von Boden- und Vegetationsdaten (NDVI) ließen Rückschlüsse auf Unterschiede des Ertragspotential und der Bestandesdichte der unterschiedlichen Standorte zu. Auf Ackerschlägen mit extrem unterschiedlichen Bodentexturen ist unabhängig vom Düngungsniveau insbesondere in Trockenjahren eine stark konvergierende Bestandes- und Ertragsentwicklung zu erwarten (Brady & Weil, 2008). Die Bestandesdichte bestimmt den Raumwiderstand und das Mikroklima der Pflanzenbestände und somit die Habitat-eigenschaften für die epigäische Fauna (insbesondere Arthropoden) und die Wuchsbedingungen für die Ackerwildkräuter. Es wurde angenommen, dass die Artengemeinschaften der Indikatorengruppen unterschiedliche Habitat- bzw. Standorteigenschaften präferieren, über die sie wiederum gefördert werden können (Holland et al. 1999). Überdies ist allgemein bekannt, dass die Homogenisierung von Pflanzenbeständen zu einer "Vereinfachung" von Ackerhabitaten führt, wodurch der Artenrückgang begünstigt wird (Benton et al. 2003). Dieser Annahme sollte über die faunistisch-floristische Beprobung von Untersuchungsflächen mit stark divergierender Bodentextur, bebaut mit derselben Kulturart nachgegangen werden.

2.3 Beprobungsstandorte 2019 und 2020

Die Hauptaspekte dieser die Standortbedingungen der Ackerstandorte beschreibenden Informationen wurden mit den Angaben zur Fruchtfolge zusammengeführt, so dass sich für das erste Erfassungsjahr insgesamt neun Untersuchungsstandorte ergaben. Die Bodentextur und die Ackerfrucht waren die ausschlaggebenden Kriterien bei der Auswahl der Untersuchungsflächen: Es sollten Sommerungen und Winterungen in die Beprobungen einbezogen werden. Überdies sollten jeweils zwei Beprobungsstandorte mit der selben Ackerfrucht bebaut sein, jedoch eine gegensätzliche Bodentextur enthalten.

Dadurch sollten texturbedingte Unterschiede der Bestandesdichten in Relation zur Veränderung der Biodiversitätsparameter der Indikatorengruppen dokumentiert werden können. Zusätzlich dazu sollte dieser Zusammenhang sowohl in konventionellen als auch ökologischen Landnutzungssystemen evaluiert werden. Im Jahr 2019 wurden neben den Ackerflächen auch zwei Landschaftselemente verschiedener Ausprägung beprobt, die sich in räumlicher Nähe zu den Untersuchungsflächen auf den Äckern befanden: Das Hecken-element (LEF) an der nördlichen Schlaggrenzen des Schlags "Am Flugplatz", nahe der Beprobungsstandorte FK und FS, bestehend aus einer Rosaceen dominierten Strauch- und einer hauptsächlich aus Obergräsern zusammengesetzten Krautschicht. Daneben wurde ein nahe des Öko-Ackers Koppel 6 (KO6) gelegener Dammabschnitt faunistisch beprobt, der als artenreiche magere FFH - Flachlandmähwiese eingestuft wurde.

Im Beprobungsjahr 2019 zeigte er jedoch aufgrund der Trockenheit und der gleichzeitigen intensiven Beweidung während der Erfassungszeit kaum Aufwuchs. Ziel der parallelen Beprobung dieser hinsichtlich der Nutzung konstatierenden Standorte war es, die Arten- und Individuendichte sowie die Zusammensetzung der Biozöosen von sehr kurzfristig gleichförmigen Ackerhabitaten mit jenen weniger gestörter überjähriger Lebensräume gegenüberzustellen. Im Jahr 2020 wurden bis auf zwei Ausnahmen (KN und GB) die selben Ackerschläge beprobt. Im zweiten Untersuchungsjahr erfolgten keine erneuten floristisch-faunistischen Aufnahmen in den Landschaftselementen. Statt der beiden Schläge KN und GB wurden 2020 aufgrund des Fruchtwechsels die direkt östlich bzw. westlich angrenzenden Schläge mit korrespondierender Bodentextur Bmü (SI) und GB-Mo (L/IS) beprobt, Vergleich Abbildung 1 und Abbildung 2.

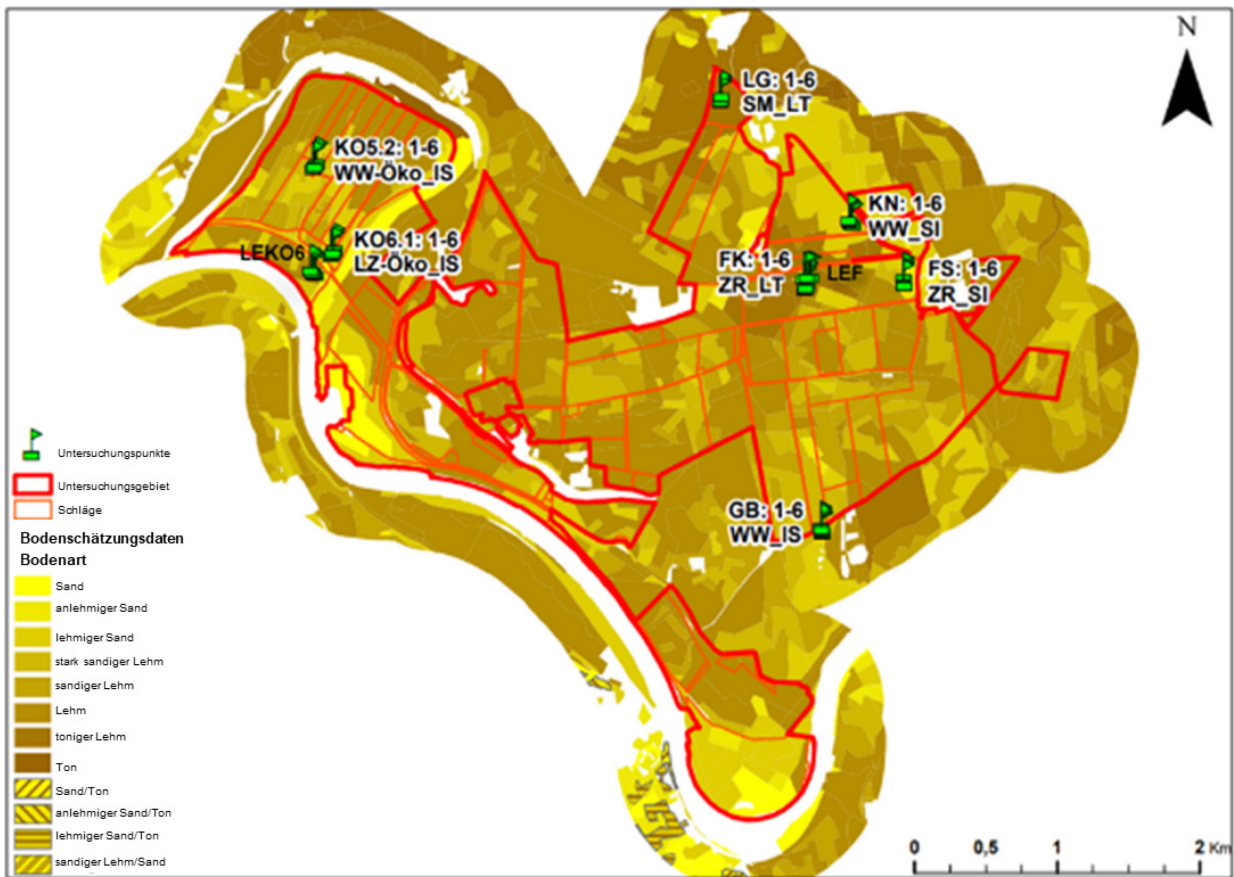


Abbildung 1: Bodentextur der Beprobungssandorte des 1. Untersuchungsjahres 2019

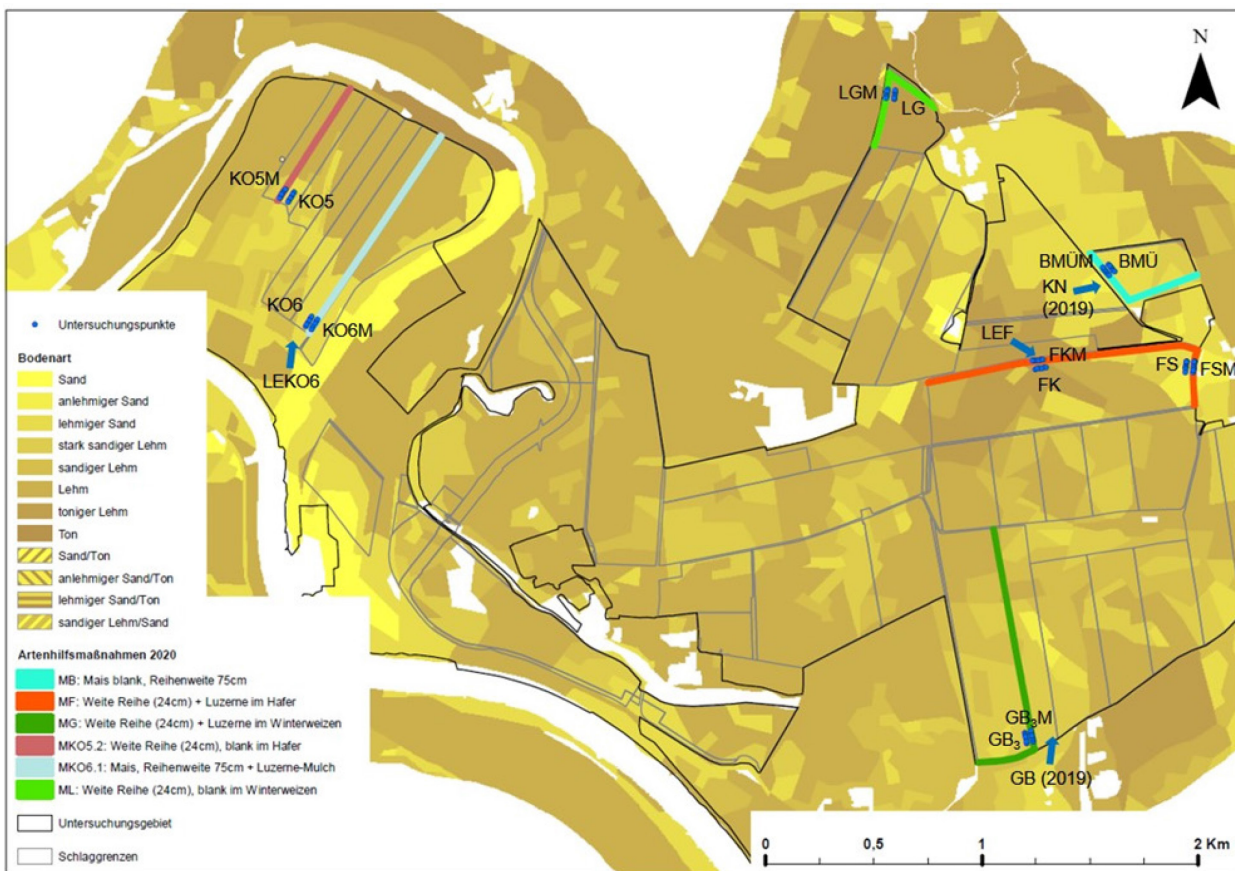


Abbildung 2: Bodentextur und Art der Artenhilfsmaßnahmen der Beprobungsstandorte 2020

Tabelle 1: Übersicht der Untersuchungsflächen 2019 und 2020

Kürzel	Bezeichnung	°E	°N	Bodenart	Frucht	BW-Typ	Maßnahme
Referenzflächen 2019							
FK	Flugplatz Kiebitzfenster	13,1445	51,511	LT	ZR	Konv	
FS	Flugplatz Spitze	13,1547	51,512	SI	ZR	Konv	
GB-Mo	Goldbreite-Monoschwarzacker	13,1468	51,4965	L/IS	WW	Konv	
KN	Kaucklitz Neu	13,149	51,515	SI	WW	Konv	
LG	Lämmergrund	13,1352	51,523	LT	MZ	Konv	
KO5	Koppel 5.2	13,095	51,518	L/IS	WW	Öko	
KO6	Koppel 6.1	13,097	51,513	L/IS	LZ	Öko	
Referenzflächen 2020							
FK	Flugplatz Kiebitzfenster	13,1445	51,511	LT	HF	Konv	
FS	Flugplatz Spitze	13,1547	51,512	SI	HF	Konv	
GB3	Goldbreite 3 (≙GB-Mo 2019)	13,1453	51,4961	L/IS	WW	Konv	
BMÜ	Braunsmühle (≙KN 2019)	13,1495	51,516	IS	MZ	Konv	
LG	Lämmergrund	13,1352	51,523	LT	WW	Konv	
KO5	Koppel 5.2	13,095	51,518	L/IS	HF	Öko	
KO6	Koppel 6.1	13,097	51,513	L/IS	MZ	Öko	
Maßnahmenflächen 2020							
FKM	Flugplatz Kiebitzfenster	13,1445	51,512	LT	HF	KonvM	wR+LZ
FSM	Flugplatz Spitze	13,155	51,512	SI	HF	KonvM	wR
GB3M	Goldbreite (≙GB-Mo 2019)	13,1457	51,496	L/IS	WW	KonvM	wR+LZ
BMÜM	Braunsmühle (≙KN 2019)	13,149	51,516	IS	MZ	KonvM	ohne PSM
LGM	Lämmergrund	13,1349	51,523	LT	WW	KonvM	wR
KO5M	Koppel 5.2	13,095	51,518	L/IS	HF	ÖkoM	wR
KO6M	Koppel 6.1	13,0966	51,5129	L/IS	MZ	ÖkoM	LZ-Mulch
Landschaftselemente 2019							
LEF	Landschaftselement Flugplatz	13,144	51,512	LT		Hecke, Rosaceen dominiert	
LEKO6	LE Koppel "Steindamm"	13,095	51,512	L/IS		Deich, magere Flachland mähwiese	

Boden: L/IS=Lehm/lehmgiger Sand, IS=lehmgiger Sand, LT=toniger Lehm, SI=anlehmgiger Sand

Frucht: HF=Hafer, LZ=Luzerne, MZ=Mais, WW=Winterweizen, ZR=Zuckerrübe

Maßnahmen: wR=weite Reihe, wR+LZ=weite Reihe+Luzerne Untersaat, Mulch=Luzerne-Frischmulch Düngung.

Auf allen Maßnahmenflächen wurden nach der Aussaat keine PSM und Düngemittel ausgebracht

2.4 Artenschutzmaßnahmen 2020: Pflanzenbauliche Maßnahmen der Teilflächenextensivierung

Aus den aus dem Jahr 2019 hervorgegangenen Beobachtungen wurden folgende Artenschutzmaßnahmen in Form einer 9 m breiten Teilflächenextensivierung entlang der Schlagränder konzipiert, Abbildung 3:

- Weite Reihe (24 cm Reihenabstand) in Hafer und Winterweizen, gedrillt mit der Hälfte der kulturüblichen Aussaatmenge, d.h. mit jeweils 200 Körner/m². Beim Winterweizen wurde von der für eine Spätsaat üblichen Aussaatstärke von (360–450 Körnern/m²) und beim Hafer von der in Köllitsch üblichen höheren Aussaatstärke von 420 Körner/m² (statt der gemeinhin üblichen 320 Körner/m²) ausgegangen.
- Luzerne Untersaat (Aussaatstärke: 15kg/ha) in der Weiten Reihe im Hafer und Winterweizen
- Keine Bodenbearbeitung, kein Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln nach der Aussaat der Hauptfrucht und Untersaat
- Ausbringung von Luzerne-Mulch Öko-Silomais
- Maßnahmenflächen lagen jeweils randlich an ein Landschaftselement (Heckenelement, Blühstreifen, Dauergrünland) angrenzend

Die Maßnahmen in der selben Kultur wurden auf jeweils zwei unterschiedlichen Ackerschlägen mit kontrastierender Bodentextur getestet (Abbildung 2)

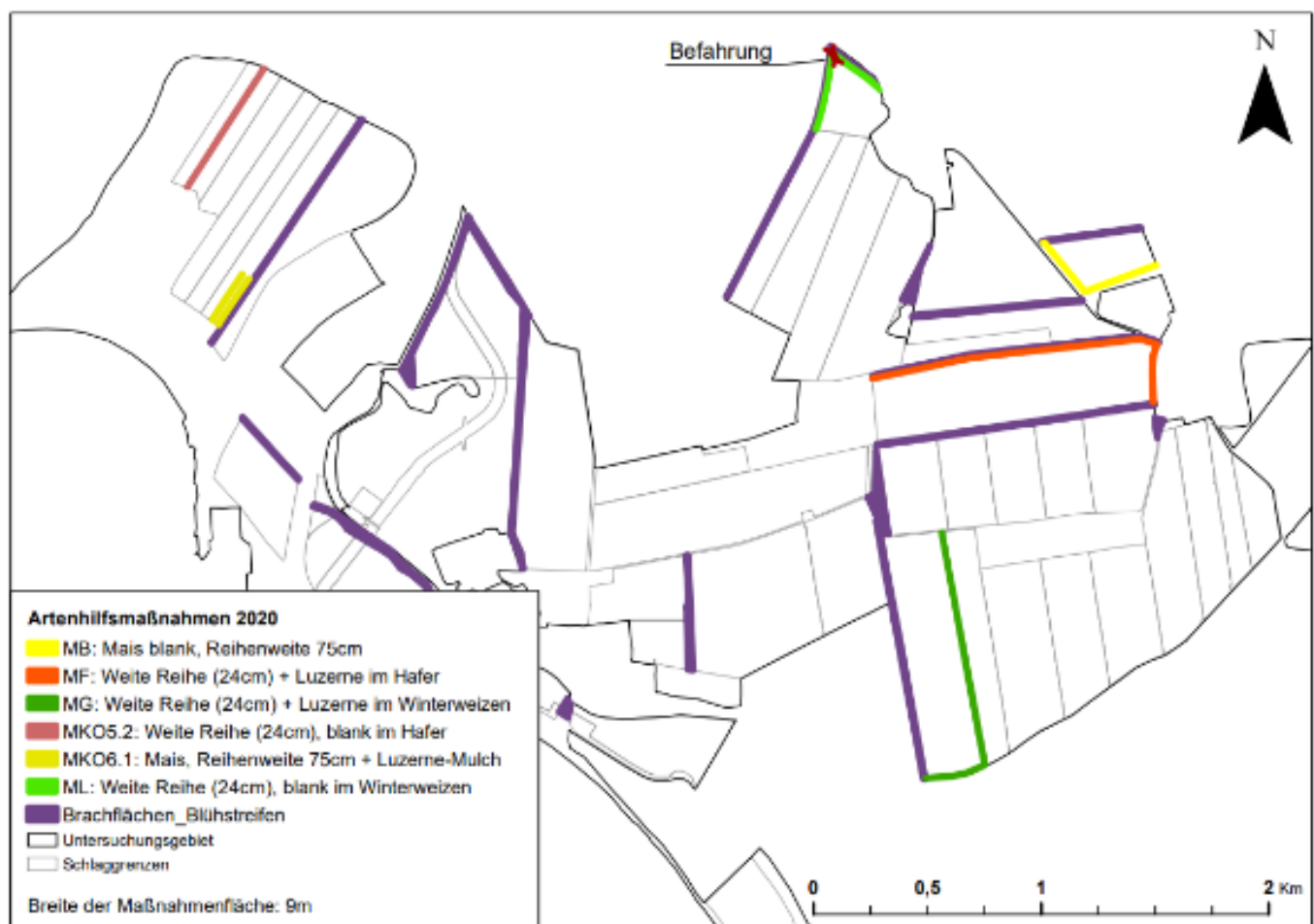


Abbildung 3: Räumliche Lage der Artenhilfsmaßnahmen 2020 in Verbindung mit Brachflächen und Blühstreifen

2.4.1 Anlage Maßnahmenflächen

2.4.1.1 Weite Reihe Aussaat mit pneumatischer und mechanischer Sätechnik

Der "einfache" Saatzeilenabstand im Getreide ist von der auf dem Markt verfügbaren Sätechnik vorgegeben. Die Abstände zwischen den einzelnen Särohren variieren bei handelsüblicher Sätechnik zwischen 12 - 15 cm. Zur Durchführung der Weite Reihe Aussaat ist daher das Verschließen einzelner Särohre notwendig: Die Aussaat in doppeltem Zeilenabstand erfordert das Verschließen jedes zweiten und bei dreifachem Zeilenabstand entsprechend jedes zweiten und dritten Särohres. Bei mechanischer Sätechnik wird das Saatgut hingegen über mit Zahnrädern verbundene Dosieraggregate auf die einzelnen Särohre verteilt. Bei dieser Sätechnik kann jedes einzelne Särohr separat, mit einem maschinenintegrierten Schieber, einfach und sicher verschlossen werden. Aus diesem Grund ist auch ältere mechanische Sätechnik für die Weite Reihe Aussaat ohne zusätzliche technische Aufrüstung sehr gut geeignet. Bei pneumatischen Sämaschinen wird das Saatgut durch Unter- bzw. Überdruck aus dem Sätank auf die Säschräuche verteilt. Auch ältere pneumatische Sätechnik kann ohne größeren Aufwand für die Weite Reihe Aussaat aufgerüstet werden. Aufgrund des hohen Druck der sich in pneumatischen Sämaschinen aufbaut ist es jedoch nicht ausreichend die Säschräuche mit Textilien zu verstopfen. Um einen dauerhaften Verschluss der Säschräuche sicherzustellen müssen im Verteilerkopf Kunststoff- oder auch Metallklötze fest verschraubt werden, welche die Öffnungen der Säschräuche fest verschließen. Es gibt aber auch bereits pneumatische Sätechnik mit einer im Verteilerkopf integrierten separaten Teilabschaltung von Säschräuchen.

2.4.1.2 Weite Reihe Aussaat im LVG Köllitsch

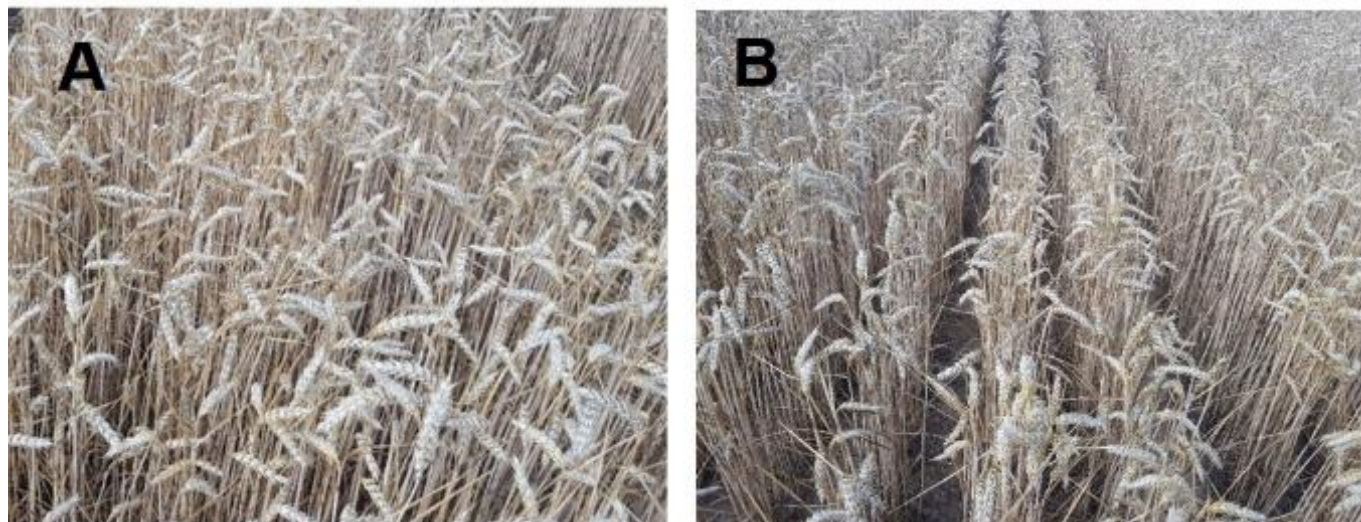
Die Anlage der Weite Reihe Maßnahmenfläche im Winterweizen erfolgte im LVG Köllitsch mit ungefähr 280-300 Körnern/m² statt wie im Maßnahmenplan vereinbart mit 200 Körnern/m². Die Normalsaat im übrigen Bereich des Schlags erfolgte mit 450 Körnern/m². Bei der Aussaat kam die pneumatische Aufsattelsämaschine *Kverneland Accord D.A.* zum Einsatz. Das Aussaatergebnis war aufgrund technischer Komplikationen nicht optimal: Die Säschräuche dieser pneumatischen Sämaschine konnten nicht ausreichend verschlossen werden, da das provisorische eingebrachte Verschlussmaterial durch den Luftdruck herausgerissen wurde, was zur Folge hatte, dass stellenweise mit der üblichen Aussaatstärke bzw. in normaler Zeilenweite (12 cm) gedrillt wurde. Darüber hinaus wurden im Bereich der Anschlussstellen zur "letzten" Saatzeile einer Saatzeile (Arbeitsbreite der *Kverneland-Sämaschine* entspricht 3m), aufgrund der fehlenden AB-Linie (Linie zwischen zwei vom Anwender gesetzten GPS Punkten für die folgende Spurführung), stellenweise Zeilenabstände von bis zu 40 cm Breite generiert.

Im Hafer verlief die Weite Reihe Aussaat aufgrund der Nutzung neuer Sätechnik ohne technische Komplikationen. Es wurde, wie vereinbart, die Hälfte der im LVG Köllitsch als kulturüblich geltende Aussaatstärke ausgebracht: 200 statt der 420 Körnern/m². Im Hafer kam die Sämaschine *Lempken Compactsolitaire* zum Einsatz. Sie verfügt über eine in den Verteilerkopf integrierte separate Teilabschaltung der Säschräuche.

2.4.1.3 Luzerne Untersaat

Die Ausbringung der Luzerne-Untersaat in Hafer und Winterweizen wurde ebenfalls mit der Sätechnik von *Lempken* durchgeführt. Diese Sätechnik eignete sich durch ihre Ausstattung mit Doppelscheibenscharen und nachlaufender Tiefenführungsrolle offensichtlich optimal für eine Aussaat kleinsamiger Kulturen unter bodenwasserdefizitären Bedingungen, da sie eine sehr gute Rückverdichtung generiert, d.h. dem Saatgut einen ausreichenden Bodenkontakt und so einen Zugang auch zu geringen Wasserreserven verschafft. Auch aufgrund der hohen Saatgutkosten kann an dieser Stelle nur die Empfehlung ausgesprochen werden, statt der üblichen Ausbringung mit dem Schneckenkorntreuer mit anschließendem Striegelgang, Sätechnik mit Doppelscheibenscharen und Rückverdichtungsrolle einzusetzen.

Um den Feldaufgang zu erhöhen betrug die Aussaatstärke 15 kg/ha auf den tiefgründigeren, schweren Standorten und 20 kg/ha auf den leichteren Böden. Der Saattermin der Luzerne in Hafer und Winterweizen war der 08. April 2020, d.h. drei Wochen nach der Aussaat des Hafers und beim Winterweizen im BBCH-Stadium 30/31. Im Winterweizen starb die Luzerne im BBCH-Stadium 10/11, wahrscheinlich aufgrund der hohen Konkurrenzsituation mit der Hauptkultur ab. Zum Aussattermin der Luzerne verfügte der Winterweizen vermutlich bereits über ein gut ausgebildetes Wurzelsystem und war durch die Wetterbedingungen bereits in *einem rasch fortschreitenden Bestockungsprozess*. *Im Hafer wurde die Luzerne drei Wochen nach der Aussaat des Hafers gedrillt und lies sich in dieser Kultur optimal etablieren.*



Fotos: Charlotte Rapp

Abbildung 4: Konventionell angebauter Winterweizen auf Schlag Goldbreite 3 (lehmmige Textur)

A) GB3 in Normalsaat mit 12 cm Reihenabstand

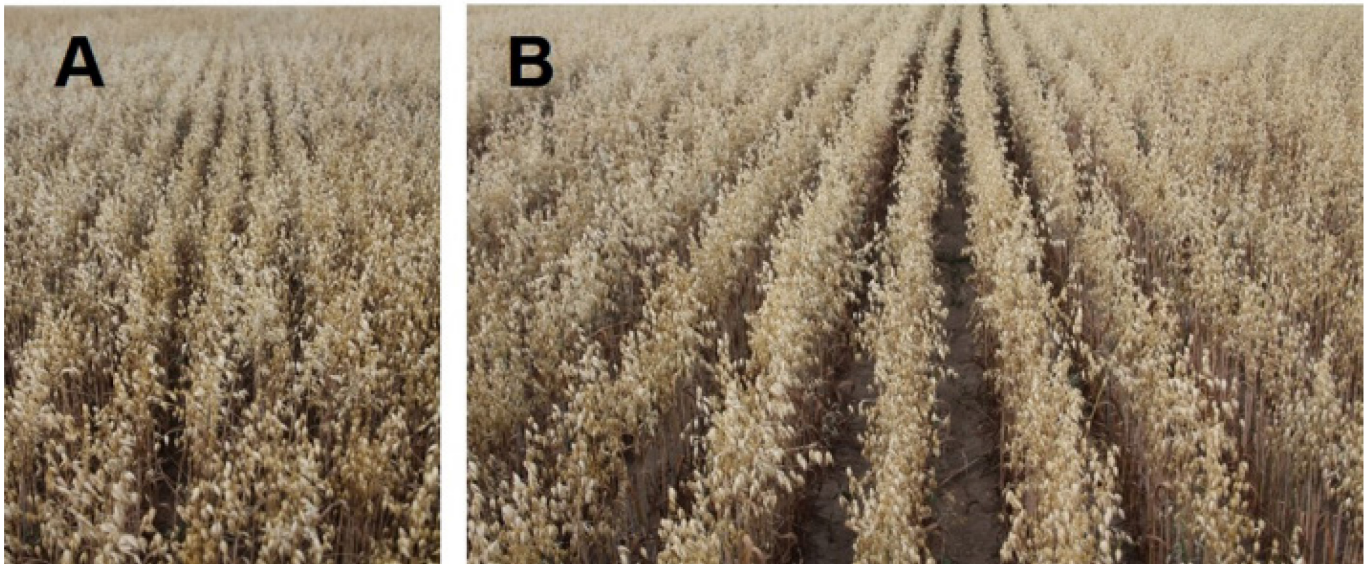
B) Maßnahmenfläche GBM, Weite Reihe bzw. variierende Reihenabstände (12, 24, 36 cm) aufgrund technischer Komplikationen. Die Luzerne Untersaat war in BBCH 10/11, Mitte Ende Mai bereits vertrocknet



Fotos: Charlotte Rapp

Abbildung 5: Konventionell angebauter Winterweizen auf Schlag Lämmergrund (toniger Standort) A) LG, Normalsaat

B) Maßnahmenfläche LGM, Weite Reihe mit variierende Reihenabstände (12, 24, 36 cm) aufgrund technischer Komplikationen. C) Mehrjähriger Blühstreifen am östlichen Schlagrand, parallel zur Maßnahmenfläche verlaufend

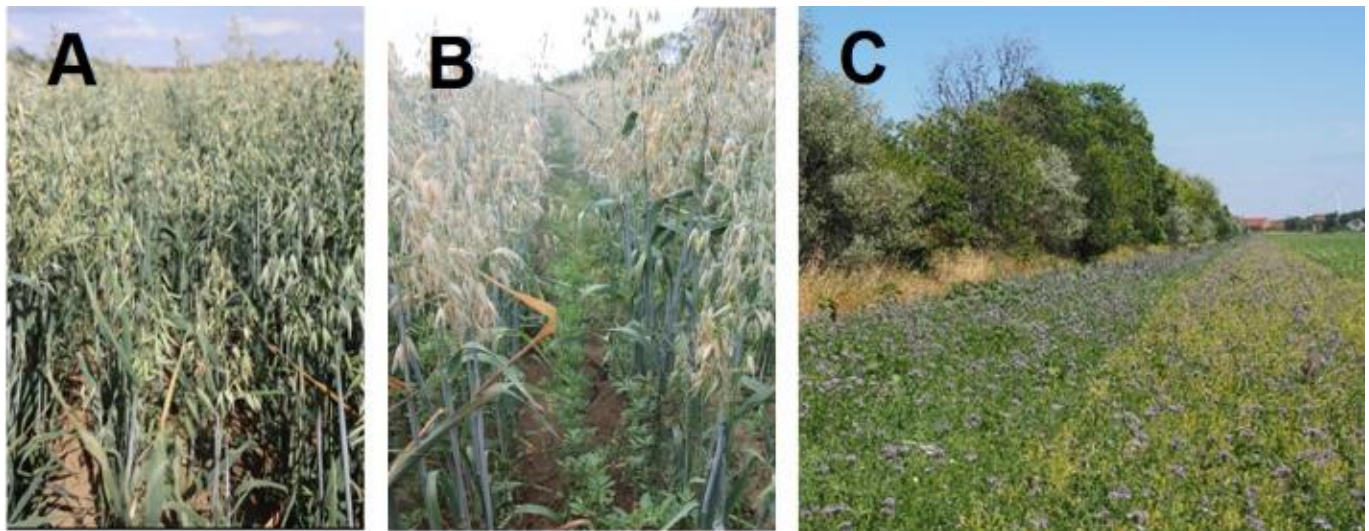


Fotos: Charlotte Rapp

Abbildung 6: Konventionell angebauter Hafer, Schlag Am Flugplatz. Der Beprobungsstandort FS befindet sich auf dem lehmig-sandigen Bereich des 30 ha großen Schlags.

A) FS, Normalsaat (12 cm Reihenabstand)

B) Maßnahmenfläche FSM -Weite Reihe mit konstant 24 cm Reihenabstand. Die Luzerne Untersaat ließ sich offenbar aufgrund geringer Wasserhaltekapazität des Bodens nicht etablieren



Fotos: Charlotte Rapp

Abbildung 7: Konventionell angebauter Hafer auf Schlag Am Flugplatz, lehmig-toniger Bereich des Schlags.

A) FK, Normalsaat.

B) Maßnahmenfläche FKM -Weite Reihe mit konstant 24 cm Reihenabstand im Hafer mit Luzerne Untersaat (lichter Bestand im 1. Standjahr). Texturbedingte Unterschiede der Bestandsentwicklung werden deutlich, Vergleich Abreifestadium des Hafers auf den Standorten FS und FK.

C) Blühstreifen nördlichen Schlaggrenze, parallel zur Maßnahmenfläche FKM verlaufend



Fotos: Charlotte Rapp

Abbildung 8: Konventionell angebauter Silomais auf Schlag Braunsmühle, lehmig-sandiger Standort.

A) Bmü, Mais mit Pflanzenschutz- und Düngemittelapplikation.

B) Maßnahmenfläche BmüM ohne Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemittel. Nitrophile Ackerwildkräuter erreichen große Wuchshöhen



Fotos Charlotte Rapp

Abbildung 9: Ökologisch angebauter Silomais auf Schlag Koppel 6, lehmiger Standort mit vereinzelt Sandlinsen.

A) KO6, Mais ohne organische Düngung. Aufnahme vor dem Hacken

B) KO6M, Applikation von Luzerne Frischmulch Düngung (85kg N/ha), Lignin haltige Stängel gut erkennbar



Fotos Charlotte Rapp

Abbildung 10: Ökologisch bewirtschafteter Hafer auf *Schlag Koppel 5*, lehmiger Standort durchzogen von Sandlinsen

A) KO5, Normalsaat.

B) KO5M, Weite Reihe ohne Untersaat, kein Striegeln nach der Aussaat. Ackerwildkrautflora in der Abreifephase des Hafers bereits abgestorben

2.5 Faunistische und floristische Indikatorengruppen

Das Wirkungspotential der Maßnahmen wurde über die Evaluation der Vielfalt und Artenzusammensetzung sowie der damit assoziierten ökologischen Parameter der Indikatorengruppen Laufkäfer, Spinnen und Ackerwildkräuter bewertet. Durch ihre Koevolution mit der landwirtschaftlichen Nutzung weisen sie eine hohe Abhängigkeit, Anpassungsfähigkeit aber auch Sensitivität gegenüber der hauptsächlich von Landnutzungsintensität bedingten Habitat-Veränderungen auf. In Kombination liefern die Indikatorenwerte der Ackerbiozönosen auch wertvolle Informationen über prävalente biotische und vor allem abiotische Einflussgrößen (Irmeler, 2003; Perner & Malt 2003).

Diverse Studien, u.a. von Basedow et al. (1976), Szél et al. (2005) und Ottermanns (2012) zeigen, dass mit zunehmender Landnutzungsintensivierung, insbesondere durch die vermehrte Ausbringung chemisch-synthetischer Biozide während der letzten Jahrzehnte, sowohl die Arten- als auch Individuendichten von Laufkäfern und Spinnen in Ackerlebensräumen drastisch zurück gegangen sind. Darüber hinaus hat der gesteigerte Einsatz mineralischer Düngemittel mit kurzfristig hoher Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen auch auf texturbedingt ertragsschwächeren Bereichen der Schläge zu einer Homogenisierung und Erhöhung der Halmdichten in Pflanzenbestände geführt. Dies hat aufgrund des erhöhten Raumwiderstandes auf der Bodenoberfläche überwiegend negative Effekte auf Großlaufkäferarten (*Carabus*, *Calosoma*) gezeigt (Pffner & Luka, 2003). Überdies ist in dichten Kulturpflanzenbeständen ein massiver Rückgang der Ackerwildkrautarten lichter und nährstoffärmerer Standorte zu verzeichnen, von denen bereits viele auf den Roten Listen geführt werden müssen (Gehards et al. 2013).

2.6 Erfassungsmethodik Laufkäfer und Spinnen

Das Beprobungslayout entsprach der von Schuch et al. (2020) konzipierten, standardisierten Richtlinien des Insektenmonitorings. Es bestand aus jeweils einer Fallenreihe pro Untersuchungsfläche mit je 6 Bodenfallen, die im Abstand von 10 m zueinander sowie 20 m Entfernung zum Ackerrand aufgestellt wurden. Im zweiten Erfassungsjahr 2020 wurden pro Ackerfläche jeweils zwei Sechser-Reihen parallel platziert; in der Artenhilfsmaßnahme und korrespondierend in der konventionell bewirtschafteten Ackerfläche.

Grundsätzlich wurde mit den von Barber (1931) entworfenen Bodenfallen gearbeitet. Der in diesem Projekt verwendete Fallentyp wurde von Malt & Perner (2002) entwickelt und zur Erfassung von Spinnen eingesetzt. Als Tötungs- und Konservierungsflüssigkeit dienten jeweils ca. 80 ml Renner-Lösung pro Falle (Renner et al. 1980), die aus 40 % Ethanol, 20 % Glycerin, 10 % Essigsäure und 30 % Wasser zusammengesetzt ist.

Von Anfang Mai bis Anfang Juli, bzw. im zweiten Untersuchungsjahr 2020 bis Ende Juli wurden die Fallen im 14 tägigen Turnus geleert. Daraus ergaben sich insgesamt 6 bzw. 7 Leerungsdaten (Tabelle 2). Während der Erfassungsperioden im Jahr 2019 und 2020 wurden insgesamt 912 Proben analysiert.

Tabelle 2: Leerungsdaten der Bodenfallen in den beiden Erfassungsjahren 2019 und 2020

Anzahl Leerungen	Kalenderwoche	Leerungsdaten 2019	Leerungsdaten 2020
1	19	10.05.2019	07.05.2020
2	21	24.05.2019	21.05.2020
3	23	06.06.2019	04.06.2020
4	25	20.06.2019	18.06.2020
5	27	04.07.2019	02.07.2020
6	29	20.07.2019	16.07.2020
7	31		20.- 30.07.2020 je nach Erntedatum

2.6.1 Determination Laufkäfer- und Spinnen-Arten

Die Identifikation der Laufkäferarten wurde im Erfassungsjahr 2019 von Herrn Jörg Gebert und im Jahr 2020 von Ingo Brunk übernommen. Die Bestimmung erfolgte mittels Müller-Motzfeld (2004), die Nomenklatur folgt Löbl (2017). Die Angaben und die Definitionen der Roten-Liste Arten wurden nach Gebert (2009) und Schmidt et al. (2017) verwendet. Bei schwierig zu unterscheidenden Arten wurden Genitalpräparationen vorgenommen.

Die Bestimmung der Spinnen-Arten führte Dr. Christoph Muster durch, unter Verwendung folgender Fachliteratur: Heimer & Nentwig (1991), Nentwig et al. (2020) sowie Roberts (1985, 1987 und 1998). Die Nomenklatur und Familienzuordnung richtet sich nach BLICK et al. (2016). Die Zuordnung von Schwerpunkt-Habitaten der Spinnenarten erfolgte nach Platen et al. (1999).

Von leicht verwechselbaren oder faunistisch bedeutsamen Arten wurden einzelne Belegexemplare präpariert und in die Belegsammlungen von Artspezialisten eingeordnet. Sie stehen zur nachträglichen Überprüfung durch externe Spezialisten auf Anfrage zur Verfügung.

2.6.2 Individuenanzahl, standardisierte Aktivitätsabundanz, Dominanzanteile

In einigen Fällen wurden Bodenfallen durch Vögel oder Wildtiere verunreinigt oder zerstört. Zur Generierung einer Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden die Individuenzahlen standardisiert.

Beschädigte oder zerstörte Fallen wurden als Ausfälle gewertet. Bei verunreinigten Fallen wurde im Zuge der Standardisierung der erfassten Individuenzahlen die Anzahl der Fangtage reduziert. Die standardisierte Individuenabundanz (sAD) wurde wie folgt berechnet: $sAD = (A \cdot N) / n_i$, Anzahl Individuen multipliziert mit der Anzahl der Fangtage (14) dividiert durch die tatsächliche Anzahl der Fangtage, die je nach "Gestörtheitsgrad" der Probe oder bei komplettem Ausfall (0) entsprechend reduziert wurde. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass die standardisierten Werte in der Größenordnung der Originaldaten liegen und somit gut vorstellbar sind.

Die Dominanzanteile der Rote-Liste Arten und Schwerpunkthabitate stellen die standardisierten Individuenanteile einer Art in Prozent dar. Die Individuenzahl entspricht der Aktivitätsabundanz, die als Anzahl von Individuen, die sich in einer bestimmten Zeit über eine definierte Fläche bewegen, beschrieben wird. Sie bildet die lokomotorische Aktivität der Individuen ab.

2.6.3 Evaluierung der Lebensraumstabilität

Das Bewertungskriterium zur Einschätzung des Besiedlungspotentials von Spinnen und Laufkäfern setzt sich aus dem Fortbewegungsvermögen (der Flügelausbildung) bei Laufkäfern und der Ausbreitungsstrategie bei Spinnen zusammen. Bei Laufkäfern gibt es geflügelte (brachypter), ungeflügelte (hypopte), sowie dimorphe Laufkäferarten (Anlage zur Flügelausbildung vorhanden aber Ausbildung der Flügel nicht erfolgt). Darüber hinaus sind je nach Kontinuität der Standortbedingungen verschiedene Ausprägungen innerhalb der Individuen einer Art zu beobachten. Zusätzlich dazu gilt die Maturität, d.h. der Entwicklungsgrad der Laufkäfer, d.h. der prozentuale Anteil von Laufkäfern im Larvalstadium als Hinweis für die Ungestörtheit eines Lebensraums. Je höher der prozentuale Anteil von Laufkäferlarven, desto stabiler der Lebensraum. Bei den Spinnen wird die Lebensraumstabilität über das Ausbreitungspotential der jeweils vorherrschenden Arten definiert. Zu den Pionierarten mit hohem Ausbreitungs- und Besiedlungspotential gehören beispielsweise viele agrobionte Zwerg- und Baldachinspinnen, die sich über sogenanntes „Ballooning“, d.h. Fadenflug verbreiten (Weymann et al. 2002). Hinsichtlich ihres Ausbreitungspotentials wurden die Spinnenarten in Anlehnung an das Kriterium "originality of habitat" in Buchar & Růžicka (2002) in drei Kategorien eingeteilt: Klimax-Arten, Generalisten und Pionierarten.

2.6.4 Ermittlung der Biomassewerte

Im Labor wurde das Fangmaterial mit Wasser und Ethanol 70 % gereinigt und anschließend in ein Teesieb zum Abtropfen gegeben. Nach dem vollständigen Abfließen der Flüssigkeit aus dem Fangmaterial wurde zunächst das Abtropfgewicht der Gesamtbiomasse bestimmt. Danach wurde der gewogene Falleninhalte in eine große Petri-Schale mit Ethanol 70 % überführt und unter Zuhilfenahme eines Binokulars wurden Spinnen und Laufkäfer in zwei separate ebenfalls mit Ethanol gefüllte Petri-Schalen überführt. Mit der selben Vorgehensweise wie bei der Gesamtbiomasse wurde das Abtropfgewicht von Spinnen und Laufkäfer getrennt ermittelt. Die Wiegeungen erfolgten mit der Präzisionswaage (Precisa 310 M/S) mit einer Mindestkapazität von 0,001g.

2.7 Vegetationsparameter basierte Bewertung der Habitat-Eigenschaften von Pflanzenbeständen

Zur Charakterisierung der Habitateigenschaften wurde neben der Schätzung der Deckungsgrade der Kulturpflanzen und der Ackerwildkräuter der Normalisierte Differenzierte Vegetationsindex (NDVI) berechnet. Die Dichte der Pflanzenbestände, abbildbar über die drei genannten Parameter bestimmt das Mikroklima (Beleuchtungsgrad, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Verdunstungsgrad) sowie den Raumwiderstand eines Pflanzenbestands. Der Raumwiderstand beeinflusst vor allem bei größeren epigäisch lebenden bodenlaufenden Tiergruppen maßgeblich den zur Fortbewegung und zum Beutefang benötigten Energiebedarf (Kuschka, 2004). Darüberhinaus begünstigt er über das vorherrschende Mikroklima das Vorkommen xero-heliophiler oder schattenliebender hygrophiler Arten. Die textur- und/oder nutzungsbedingte Vegetationsdichte kann längerfristig auch die Größenverteilung der Artenzusammensetzung bestimmen (Pékar et al. 2012).

2.7.1 Floristische Aufnahmen

Die floristischen Aufnahmen wurden in Transekten mit 1m²-Aufnahmefläche durchgeführt, die in einem seitlichen Abstand (Richtung Feldmitte) von 0,5 m zu den Barberfallen platziert wurden. Innerhalb der Beprobungstranekte wurden die Ackerwildkrautarten dokumentiert sowie die Deckungsgrade der Segetalarten, Kulturpflanzen und wenn vorhanden der Streuschicht nach der Londo-Skala geschätzt (Dierschke, 1994). Zur Bestimmung der Segetalarten wurden der Rothmaler (Jäger, 2016) sowie die Oberndorfer Exkursionsflora (Oberdorfer, 2001) verwendet.

2.7.2 Normalisierter, Differenzierter Vegetationsindex (NDVI)

Der Normalisierte Differenzierte Vegetationsindex (NDVI) kann einen realen, dimensionslosen Zahlenwert von -1 bis 1 annehmen. Er wird aus räumlich verorteten multispektralen Rasterdatensätzen, dem roten, infraroten, blauen grünen Band berechnet, der Absorptions- und der Reflektionsgrad der unterschiedlichen Farbbänder werden dabei zueinander ins Verhältnis gesetzt. Eine gesunde Pflanze mit hoher photosynthetischer Aktivität und hohem Chlorophyllgehalt absorbiert einen höheren Anteil des photosynthetisch aktiven roten Spektralbereichs, pflanzliche Zellstrukturkomponenten dagegen mehr Licht aus dem Nahen Infrarot (NIR) Bereich (Carlson, 1997). Studien zeigen, dass der NDVI signifikante Korrelationen mit der Biomasse, dem Deckungsgrad der Vegetation (Blattflächenindex, BFI) sowie den Chlorophyllgehalten von Pflanzenbeständen zeigt. Hohe Indexwerte stehen für dichte, vitale Pflanzenbestände, niedrige Werte dagegen bilden eine spärliche wachsende oder eine aufgrund von Wasser- oder Nährstoffdefiziten gestresste Vegetation ab (Erasmí, 2002; Zillmann, 2004; Carlson, 1997). Folglich kann der NDVI zur Dokumentation schlaginterner Heterogenität der Pflanzengesundheit, Ertragsfähigkeit und Bestandesdichte verwendet werden. Häufig werden diese Differenzen von kleinräumigen bodentexturbedingten Unterschieden der Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit determiniert. Die Unterschiede sind je nach Kulturart unterschiedlich stark, weswegen die Daten kulturspezifisch betrachtet und ausgewertet werden müssen (Römisch, 2009; Henik, 2012).

Im Jahr 2019 wurden zur Ermittlung des NDVI der Untersuchungsflächen frei verfügbare Sentinel-2 Satellitenbilder mit der Auflösung von 10 x 10m genutzt. Über die multispektralen Rasterdaten (verfügbare Bänder rot, grün, blau) wurde mittels eines Bildanalyseprogramms (Funktion NDVI von ArcMap) ein Infrarotband gelegt und auf diese Weise das für die NDVI Berechnungen benötigte Bildmaterial generiert (ArcGis-ESRI, 2012). Der NDVI für den Erfassungszeitraum 2019 wurde für jeweils zwei Daten zu Beginn und Ende der Monate Mai bis Juli errechnet. Aufgrund der geringen Auflösung der Sentinel 2 Bilddaten wurden während des Erfassungszeitraums 2020 Drohnenbefliegungen mittels eines mit einer 4-Band Multispektralkamera ausgestatteten Multikopters durchgeführt. Dadurch war die Generierung von hochauflösenden Bilddaten (Raster 1 x 1 m)

möglich. In den Winterungen wurden aufgrund des früheren Erntetermins 3 Befliegungen, in den Sommerungen 5 Befliegungen durchgeführt. Infolge eines verzögerten Genehmigungsprozesses für die Befliegung der im Vogelschutzgebiet gelegenen ökologisch bewirtschafteten Untersuchungsflächen (KO5, KO5M, KO6, KO6M) konnten dort nur 2 Befliegungen durchgeführt werden. Mithilfe eines geo-spatialen, statistischen Analysewerkzeugs (Funktion Zonale Statistik, Werkzeug Spatial Analyst) wurden pro Untersuchungsfläche und Aufnahmezeiten die Durchschnitts- sowie die Minimal- und Maximalwerte des NDVI errechnet (ArcGis-Esri, 2014).

2.8 Statistische Datenauswertung

Die Unterschiede der Artenzahlen und Individuenabundanz/Deckungsgraden der Indikatorengruppen zwischen den unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen (konventionell, ökologisch, Maßnahmenflächen) und den Landschaftselementen wurden über den nichtparametrischen Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test mittels des Statistik Programm R ermittelt (Version Ri386 4.03, Cran.R-Project. Org, 2020). Das Signifikanzniveau wurde über die Bonferroni-Holm-Korrektur adjustiert.

Die Signifikanz möglicher Einflussfaktoren auf die Struktur von Laufkäfer und Spinnen Artengemeinschaften der Ackerflächen wurden über eine multivariate Analyse (PERMANOVA) ermittelt (Anderson et al. 2011). Es wurde der Einfluss von Bewirtschaftungsform, Frucht und Boden sowie eines möglichen Randeffekts (nur 2019, Fallnummer 1 bis 6 als kategorische Variable) sowie des Untersuchungsjahrs auf die Matrix der standardisierten Abundanzen von Laufkäfern und Spinnen sowie der Deckungsgrade der Ackerwildkräuter getestet. Die PERMANOVA wurde mit der Funktion `adonis2` in `Vegan 2.5-6` mit dem Statistik Programm R berechnet (Oksanen et al. 2019). Es wurde das marginale Modell gewählt, weil dort Effekte und Signifikanzen nicht von der Reihenfolge der Eingabe der Testvariablen abhängig sind. Die Durchführung einer Ordination mittels Nichtmetrischer Multidimensionale Skalierung (NMDS) diente zur Darstellung von Ähnlichkeiten der Artengemeinschaften der Indikatorengruppen. Die NMDS stellt Objekte eines mehrdimensionalen Raumes in einer zweidimensionalen Ebene gemäß ihrer Distanzen dar. Die NMDS wurde mit der Hellinger-transformierten Matrix der standardisierten Abundanzen mit dem Bray-Curtis Unähnlichkeitsmaß berechnet. Die Analyse erfolgte mit dem R-Paket "vegan" (Oksanen et al. 2019)

Es erfolgte eine Indikatorarten-Analyse nach De Cáceres & Legendre (2009) für alle Indikatorengruppen (Laufkäfer, Spinnen, Ackerwildkräuter).

Es wurden drei Standortgruppen unterschieden:

- 1) konventionell bewirtschaftete Referenzflächen
- 2) Maßnahmenflächen auf konventionellen Äckern
- 3) ökologisch bewirtschaftete Schläge (inkl. ökologische Maßnahmenflächen).

Die Kombination von Standortgruppen wurde erlaubt (De Cáceres et al. 2010). Die Indikatorartenanalyse wurde anhand der Matrix der standardisierten Abundanzen der Einzelfallen mit der Funktion `multipatt` im R-Paket "indicspecies" (De Cáceres et al. 2020) durchgeführt. Der Indikatorwert einer Art entspricht der Wurzel des Produkts aus relativer Abundanz in einer Standortgruppe im Vergleich zur Gesamtprobe und Frequenz innerhalb der Standortgruppe. Er kann Werte zwischen 1 (höchster Indikatorwert) und 0 annehmen. Die Signifikanz wurde mit 999 Monte-Carlo-Permutationen getestet.

3 Ergebnisse

Die Aggregation der Erfassungsdaten von 2019 und 2020 der konventionell (Konv) und ökologisch (Oeko) bewirtschafteten Untersuchungsflächen sowie der Maßnahmenflächen (M20) und der Landschaftselemente (xLE19) ergab ein klares Bild über managementbedingte Unterschiede der Arten- und Individuenabundanzen der Indikatorengruppen.

3.1 Artenzahlen Spinnen und Laufkäfer, 2019 und 2020

Im Median waren die Artenzahlen von Laufkäfern und Spinnen der konventionellen Untersuchungsflächen (Konv) mit 11 bzw. 10 Arten pro Falle am geringsten. Im Vergleich dazu waren die Artenzahlen der Laufkäfer in den Maßnahmenflächen um ca. 27 %, die der Spinnen um 45 % höher. Bei den Laufkäfern wiesen die ökologisch bewirtschafteten Flächen im Median die selben Artenzahlen wie die Maßnahmenflächen auf, im Hinblick auf die Spinnen waren sie im Median um 20 % niedriger. Die Landschaftselemente (xLE19) zeigten im Median die zweithöchsten Artenzahlen der Spinnen und zweitniedrigsten Artenzahlen der Laufkäfer.

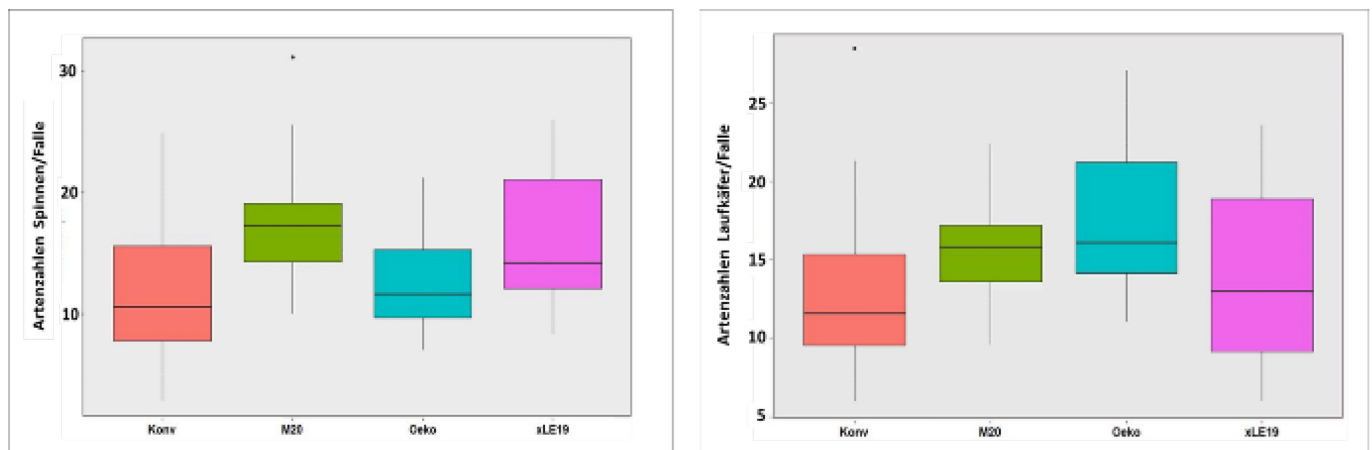


Abbildung 11: Artenzahlen von Laufkäfern und Spinnen pro Falle, zusammengefasst für die beiden Untersuchungsjahre 2019 und 2020. Konv=konventionelle, M20=Maßnahmenflächen 2020, Oeko=ökologische Bewirtschaftung, xLE19 2019 probierte Landschaftselemente

3.2 Aktivitätsdichten Spinnen und Laufkäfer 2019, 2020

Im Hinblick auf die Aktivitätsdichten ergaben sich bei Spinnen und Laufkäfern unterschiedliche Muster: Bei den Laufkäfern konnten zwischen den konventionell bewirtschafteten Untersuchungs- und den Maßnahmenflächen kaum Differenzen ermittelt werden. Die höchsten Aktivitätsdichten der Laufkäfer wurden auf den Öko-Schlägen erfasst. Sie waren doppelt so hoch wie die Aktivitätsdichten in den Maßnahmenflächen 2020 und konventionell bewirtschafteten Flächen und dreimal so hoch wie in den Landschaftselementen. Die Individuenzahlen der Spinnen wiesen höhere Spannweiten als die der Laufkäfer auf. Die Maßnahmenflächen und die ökologisch bewirtschafteten Untersuchungsflächen zeigten die höchsten Aktivitätsdichten der Spinnen, sie waren im Median doppelt so hoch wie die der konventionell bewirtschafteten Äcker (Konv). Die Aktivitätsdichten der Landschaftselemente (xLE19) waren im Median vergleichbar hoch, die Maximalwerte jedoch 30 % geringer.

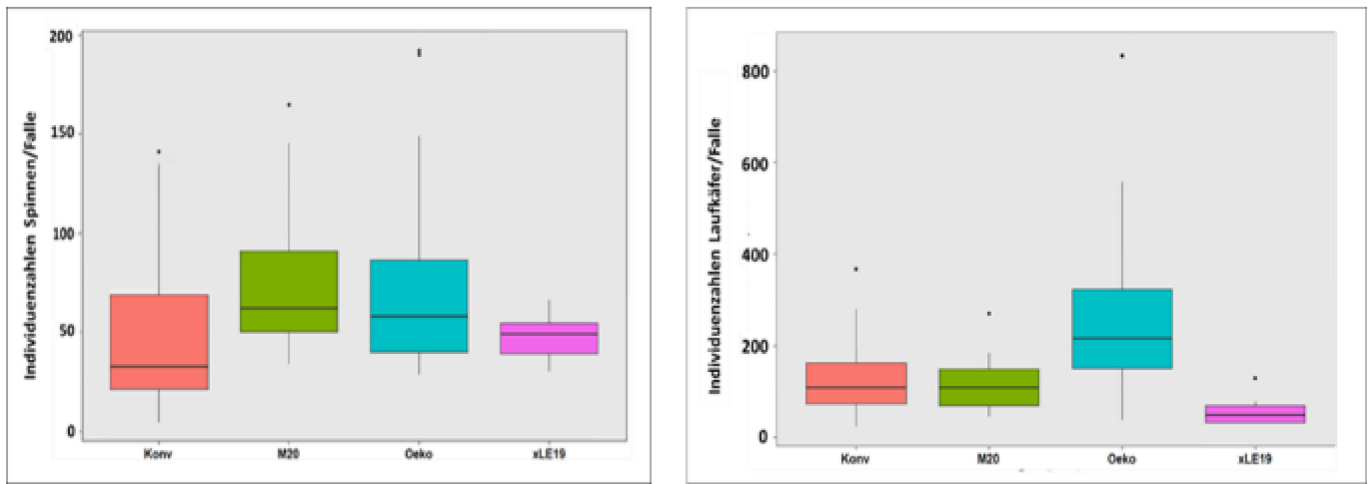


Abbildung 12: Aktivitätsdichten von Spinnen und Laufkäfern Spinnen pro Falle, zusammengefasst für die beiden Untersuchungsjahre 2019 und 2020. Konv=konventionelle, Oeko=ökologische Bewirtschaftung, M20=Maßnahmenflächen 2020, xLE19, 2019 beprobte Landschaftselemente

3.3 Deckungsgrade der Ackerwildkräuter 2019, 2020

Die Deckungsgrade der Ackerwildkräuter waren in den Maßnahmenflächen im Maximum doppelt so hoch wie in den konventionell bewirtschafteten Flächen, die Mediane beider Bewirtschaftungsformen unterschieden sich jedoch kaum voneinander. Die Deckungsgrade der ökologisch bewirtschafteten Flächen ähnelten im Maximum denen der Maßnahmenflächen, waren aber im Median um das Dreifache höher. Die Landschaftselemente xLE19 wurden lediglich als vergleichbar naturnahe Referenzflächen mit abgebildet.

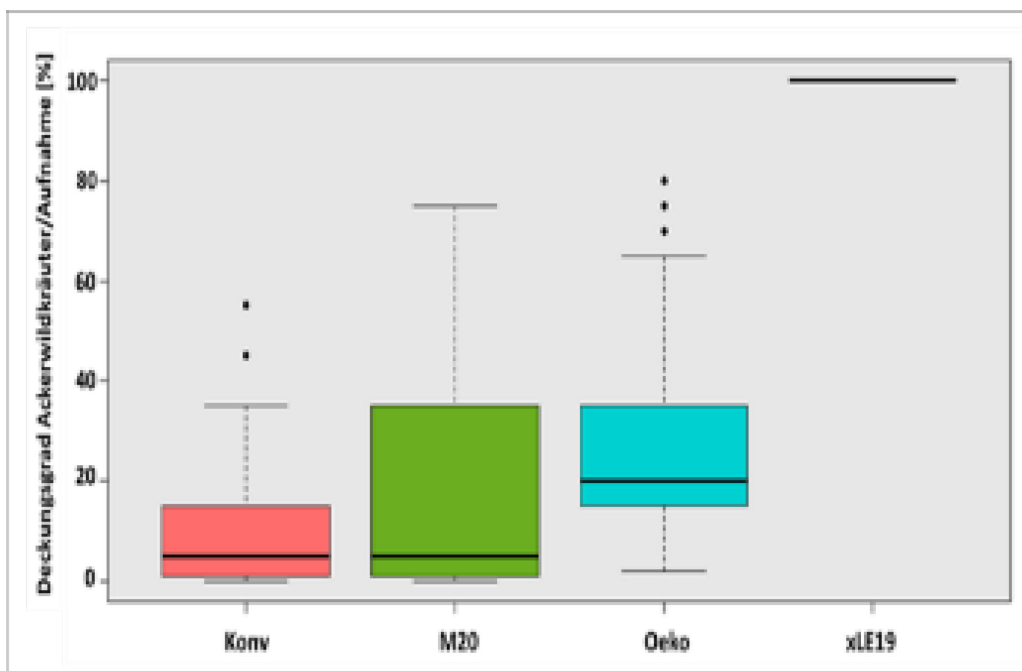


Abbildung 13: Deckungsgrade der Ackerwildkräuter pro Aufnahmefläche, zusammengefasst für die Erfassungsjahre 2019 und 2020. Konv=konventionelle, Oeko=ökologische Bewirtschaftung, M20=Maßnahmenflächen 2020, xLE19=2019 beprobte Landschaftselement

3.4 Gesamtdeckung Vegetation und Vegetationsindex 2019, 2020

Der Gesamtdeckungsdeckungsgrad der Vegetation (Kulturpflanze + Ackerwildkräuter) bzw. Deckungsgrad der Landschaftselemente (xLE19) wies im Median kaum Differenzen auf. Die konventionell bewirtschafteten Flächen zeigten die höchsten (20-95 %), die Maßnahmenflächen die niedrigsten (65-85 %) Deckung. Die Oeko-Flächen nahmen mit Deckungsgraden von 60-95 % eine intermediäre Position ein.

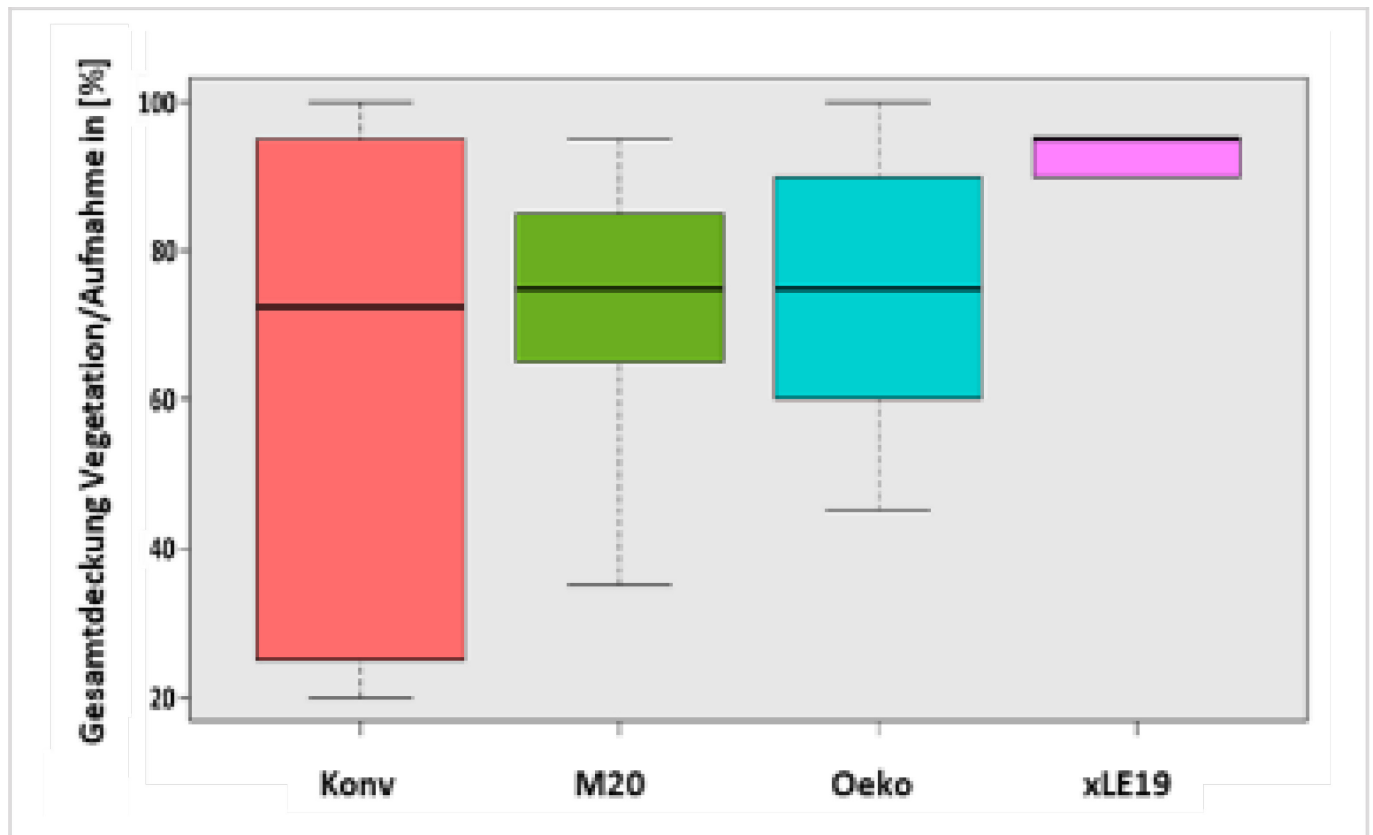


Abbildung 14: Gesamtdeckung der Vegetation (Kultur + Wildkräuter) [%], zusammengefasst für die Erfassungsjahre 2019 und 2020. Konv=konventionelle, Oeko=ökologische Bewirtschaftung, M20=Maßnahmenflächen 2020, xLE19, 2019 beprobte Landschaftselemente

3.5 Normalisierter Differenzierter Vegetationsindex 2020

Im Median waren die Unterschiede zwischen Maßnahmenfläche und konventionell bewirtschaftetem Bereich der Schläge sehr gering. Die Maßnahmenflächen zeigten leicht höhere Indexwerte (0,2 Einheiten). Die konventionell bewirtschafteten-Flächen wiesen jedoch höhere Spannweiten der Indexwerte 0,6 bis 0,8 im oberen Quartil auf.

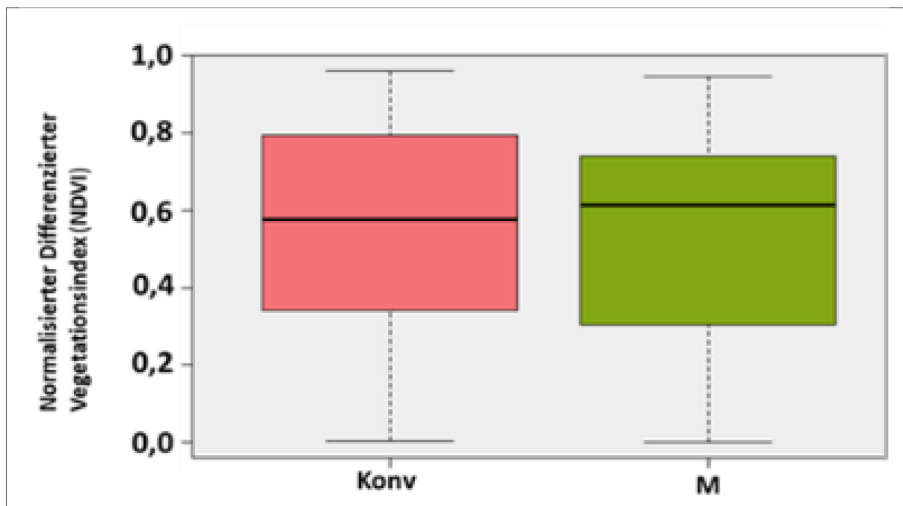


Abbildung 15: Normalisierter, Differenzierter Vegetationsindex (NDVI) für das Erfassungsjahr 2020 berechnet für die Maßnahmenfläche sowie den konventionell bewirtschafteten Bereich des Schlags. Konv=konventionell bewirtschaftete Flächen M=Maßnahmenflächen

Die kultur- bzw. maßnahmenbezogenen Abbildung der Indexwerte lässt detailliertere Rückschlüsse auf Unterschiede zwischen Maßnahmenfläche und konventionell bewirtschafteten Bereich des Ackers zu. Die NDVI Werte der Maßnahmenfläche im Hafer mit Luzerne Untersaat (FKM) war geringfügig höher in der Maßnahmenfläche (FSM) Weite Reihe ohne Untersaat (0,02-0,03 Indexwerte).

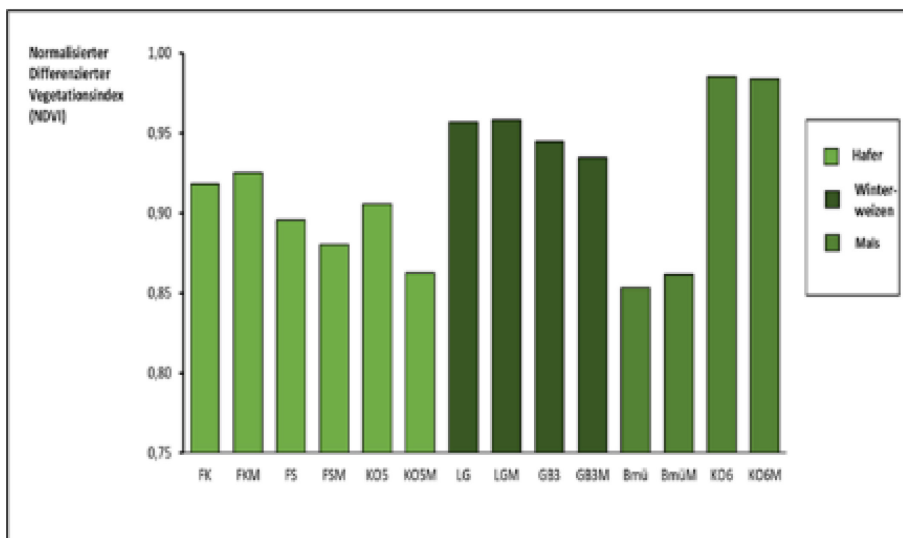


Abbildung 16: Vegetationsindex NDVI pro Untersuchungsfläche und Kultur, berechnet für das Erfassungsjahr 2020

Die größten Unterschiede zwischen Maßnahmenfläche und Referenzfläche waren in der Weiten Reihe im Öko-Hafer (KO5M) zu erkennen (0,5 Indexwerte). Die Indexwerte im Öko-Mais (KO6) erreichten doppelt so hohe Werte wie im konventionellen Mais (Bmü). Die Maßnahmenfläche im konventionellen Mais (BmüM) weist höhere NDVI Werte auf als die übrige Ackerfläche (Bmü), was mit dem höheren Gesamtdeckungsgrad (Kultur+Wildkräuter) zu begründen ist.

3.6 Biomasse Spinnen, Laufkäfer und Gesamtbiomasse 2019, 2020

Die Biomasse der Spinnen war in den Maßnahmenflächen geringfügig höher als auf den übrigen Untersuchungsflächen, in den Konv.-Flächen dagegen wurden die niedrigsten Werte gemessen. Bei den Laufkäfern wiesen die Oeko-Flächen im Median bis zu 5-fach höhere Biomasse-Werte auf als die übrigen Untersuchungsflächen.

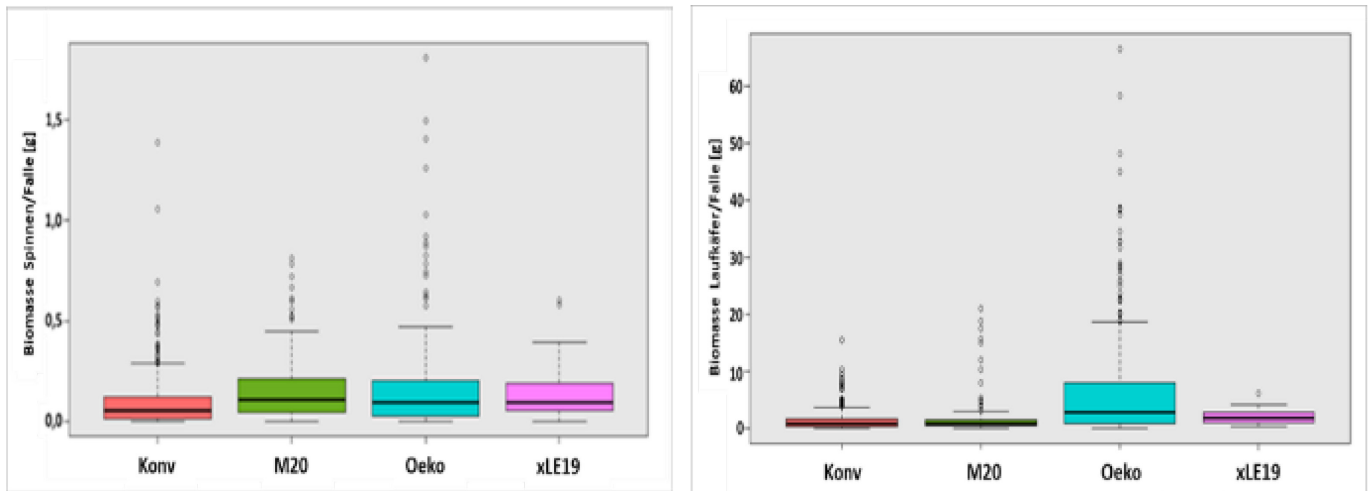


Abbildung 17: Biomasse der Spinnen und Laufkäfer pro Falle in [g], aggregiert für die Erfassungsjahre 2019 und 2020. Konv=konventionelle, Oeko=ökologische Bewirtschaftung, M20=Maßnahmenflächen 2020, xLE19, 2019 beprobte Landschaftselemente

Die Verteilung der Gesamtbiomassewerte folgte weitestgehend jener der Laufkäfer. Im Median zeigten die Ökoflächen im Vergleich zur Maßnahmen- und konventionell bewirtschafteten Ackerflächen um das Vierfache höhere Gesamtbiomassewerte.

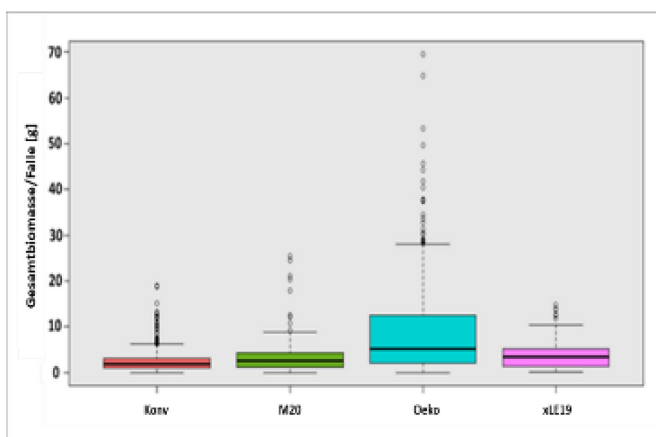


Abbildung 18: Gesamtbiomasse pro Falle in [g], aggregiert für die Erfassungsjahre 2019 und 2020. Konv=konventionelle, Oeko=ökologische Bewirtschaftung, M20=Maßnahmenflächen 2020, xLE19, 2019 beprobte Landschaftselemente

3.7 Vegetationsparameter und faunistische Indikatorengruppen

Der Anstieg der Gesamtdeckung der Vegetation (Kulturpflanze + Ackerwildkräuter) und der Aktivitätsdichten der Spinnen zeigte eine mittlere ($R^2=0,24$), hochsignifikante Korrelation ($p<0,001$). Die Aktivitätsdichten der Laufkäfer in Verbindung mit der Gesamtdeckung ergab kein eindeutiges Bild bzw. waren beide Parameter nicht signifikant miteinander korreliert ($R^2=0,009$; $p=0,141$).

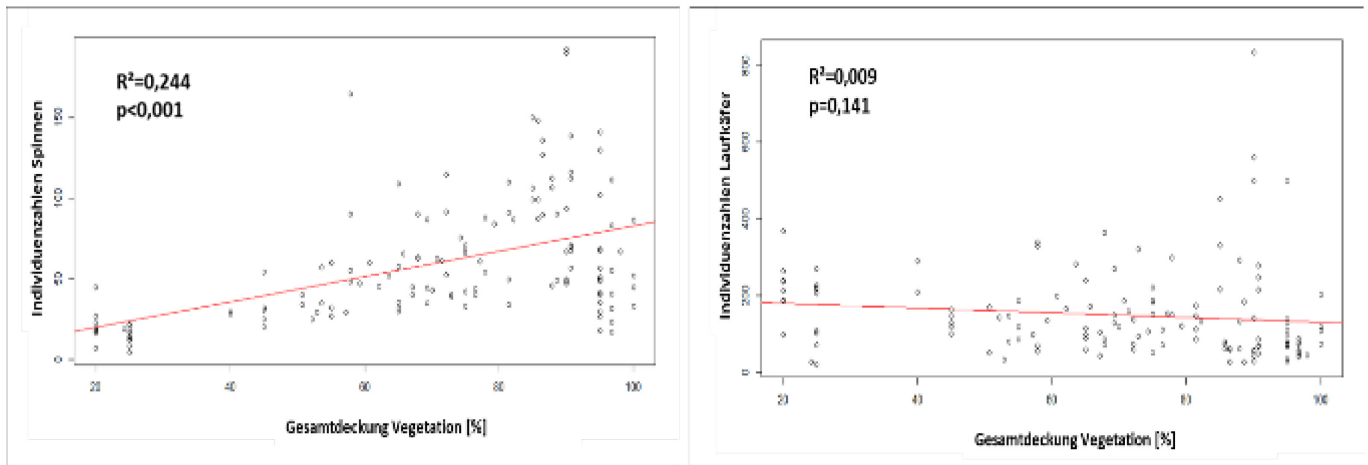


Abbildung 19: Aktivitätsdichten Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit der Gesamtdeckung der Vegetation aggregiert für die Untersuchungsjahre 2019 und 2020

Zwischen der Erhöhung der NDVI-Werte und dem Anstieg der Artenzahlen der Spinnen konnte mit $R^2=0,2$ und $p<0,001$ ein hochsignifikanter, mittlerer Zusammenhang errechnet werden. Dagegen schienen sich verändernde NDVI-Werte keinen signifikanten Einfluss ($R^2=0,002$, $p=0,25$) auf die Artenzahlen der Laufkäfer zu haben.

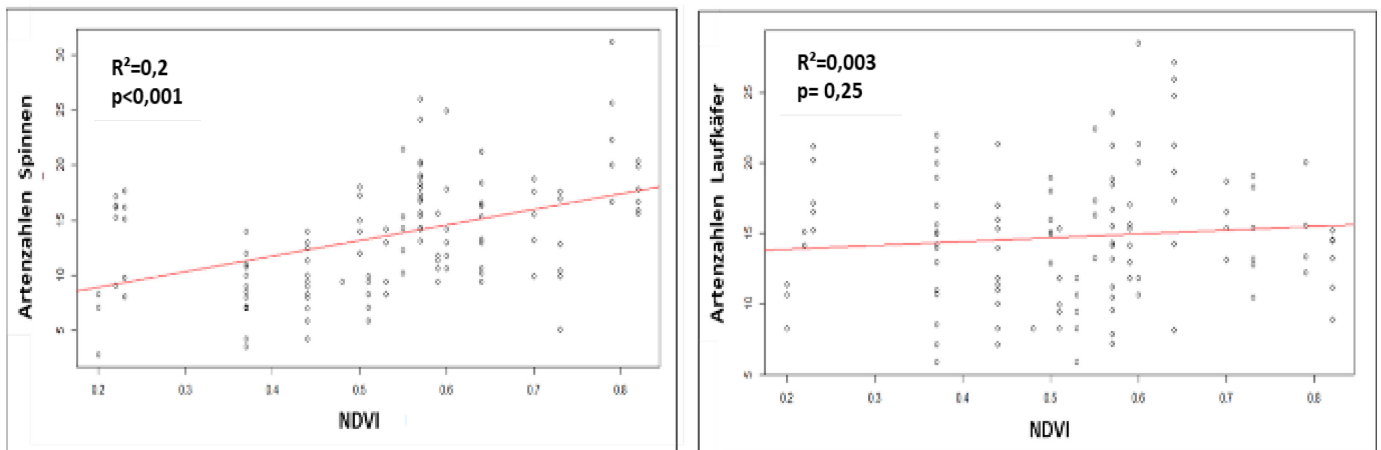


Abbildung 20: Artenzahlen Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit dem Vegetationsindex NDVI für die Untersuchungsjahre 2019 und 2020

Die Korrelation zwischen dem Anstieg der NDVI-Werte und den Aktivitätsdichten der Spinnen kann als schwach ($R^2=0,12$) jedoch hochsignifikant ($p<0,001$) eingestuft werden. Mit $R^2=0,06$ und $p=0,002$ wurde eine signifikant negative Korrelation des Anstiegs des NDVI und der Aktivitätsdichte der Laufkäfer ermittelt.

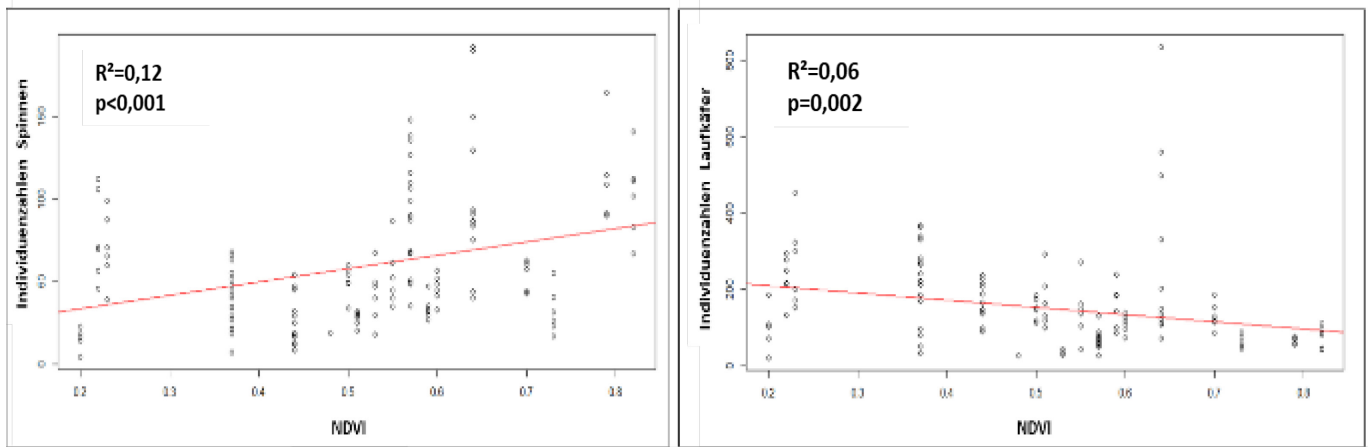


Abbildung 21: Aktivitätsdichten der Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit dem Vegetationsindex NDVI für die Untersuchungsjahre 2019 und 2020

3.8 Rote Liste Arten Spinnen und Laufkäfer 2019, 2020

Von den insgesamt erfassten 96 Spinnen- und 75 Laufkäferarten stehen 19 bzw. 13 Arten auf der Roten Liste Deutschlands (RL-D). Die Dominanzanteile seltener bzw. gefährdeter Arten waren auf den Maßnahmenflächen höher als auf den übrigen Beprobungsflächen (siehe Abbildung 22).

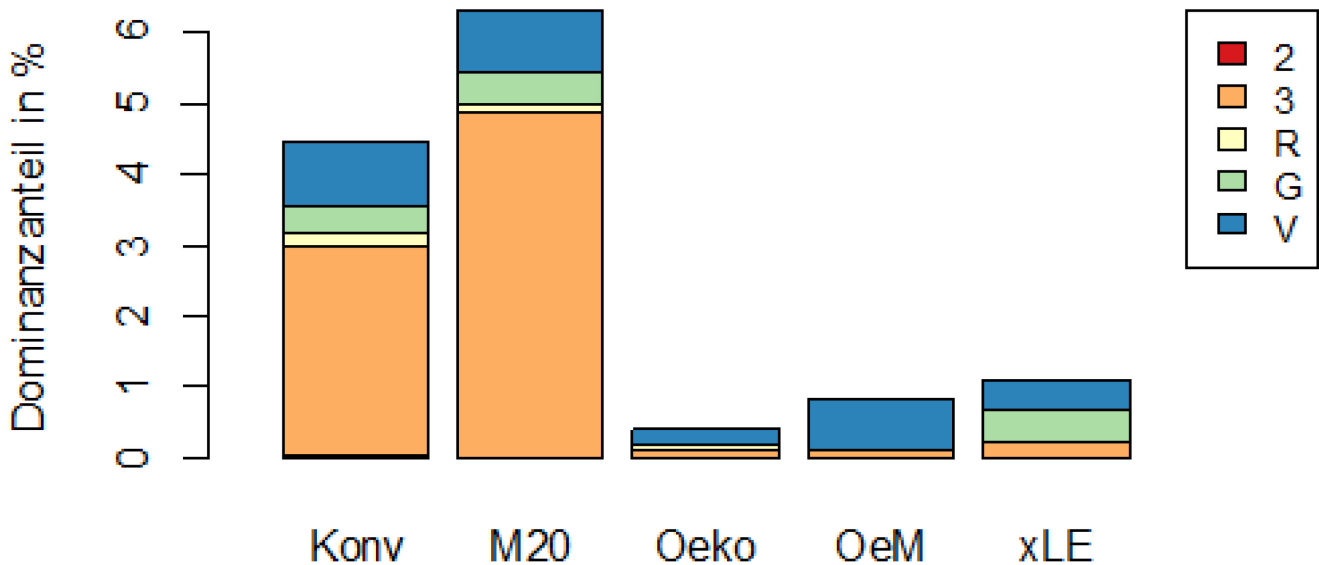


Abbildung 22: Dominanzanteile der Rote-Liste Arten von Spinnen pro Bewirtschaftungsweise zusammengefasst für die Erfassungsjahre 2019 und 2020, Konventionell bewirtschaftete Schläge (Konv), Maßnahmenfläche in konventioneller Fläche (M20), ökologisch bewirtschaftete Schläge (Oeko), Maßnahmenfläche im ökologisch bewirtschafteten Schlag (OeM), 2019 erfasstes Landschaftselement (xLE)

Als faunistische Besonderheiten sind unter den Plattbauchspinnen der Kleine Nachtjäger *Haplodrassus minor* (RL-D.: 3) und der Gestreifte Nachtjäger *Haplodrassus dalmatensis* (RL-D.: V) sowie unter den Zwergspinnen das Januszierköpfchen *Walckenaeria capito* (RL-D.: G) zu erwähnen. *Haplodrassus minor* wurde in Deutschland bisher nur in einem begrenzten Gebiet nachgewiesen und gilt als selten (Blick et al. 2016). Aus Sachsen sind bisher nur zwei Nachweise bekannt geworden (beide nach 2000), u. a. vom LVG Köllitsch (Gharadjedaghi et al. 2011). Bei der vorliegenden Untersuchung wurde der Kleine Nachtjäger mit insgesamt 171 Individuen auf allen untersuchten Äckern nachgewiesen. Diese Art profitiert besonders von den umgesetzten Artenhilfsmaßnahmen auf den konventionellen Schlägen (vgl. Abschnitt Indikatorarten Spinnen). Auch *Haplodrassus dalmatensis* war in hoher Frequenz auf den meisten Äckern vertreten (insgesamt 48 Individuen), allerdings nicht signifikant mit Maßnahmenflächen assoziiert. Das Schwerpunkthabitat stellen Sandtrocken- und Halbtrockenrasen dar (Platen et al. 1999). *Walckenaeria capito* besiedelt vegetationsarme Standorte unterschiedlichster Ausprägung und wird auch regelmäßig im Kulturland nachgewiesen. Bei der aktuellen Untersuchung wurde sie an den Standorten FK, FKM und LGM erfasst. Schließlich wurde mit der Küsten-Mooskugelspinne *Robertus heydemanni* (RL-D.: R) eine der am seltensten nachgewiesenen Spinnenarten Deutschlands im LVG Köllitsch erfasst (Erstnachweis für Sachsen). Die wenigen bekannten Fundorte in Deutschland beschränken sich auf küstennahe Bereiche NW-Deutschlands (AraGes 2020), aus anderen europäischen Ländern sind jedoch schon Nachweise von Äckern im Binnenland erbracht worden. Bei der aktuellen Untersuchung wurden insgesamt acht Exemplare erfasst (det. C. Muster, vid. I. Weiss), fünf davon am Standort Lämmergrund (LG). Interessanterweise kamen dort auch weitere als halophil geltende Spinnenarten vor (*Silometopus reussi*, *Argenna subnigra*).

Zu den faunistisch bedeutsamen Arten im Bereich der Laufkäfer gehören die in Sachsen als ausgestorben geltenden Arten, die Dammläufer-Art *Nebria salina* (RL SN 0) und die Grabkäferart *Pterostichus macer* (RL SN 0), wovon 70 % aller erfassten Individuen aus der Maßnahmenfläche im Winterweizen stammen. Beide Arten wurden aber mittlerweile (seit der Publikation der hier zu Grunde liegenden Roten Liste) in Sachsen wiedergefunden. Eine weitere Art, die auf der Roten Liste noch nicht geführt ist, ist *Pedius longicollis*, aber ebenfalls vor wenigen Jahren erstmals im Gebiet nachgewiesen wurde. Eine weitere hervorzuhebende Rote-Liste Art ist der Großlaufkäfer *Calosoma maderae* (RL-D.: V), von der 60 % aller Individuen in den Maßnahmenflächen der Sommerungen (überwiegend in den konventionell bewirtschafteten Äckern) erfasst wurden. Der Großlaufkäfer *Calosoma maderae* gehört zu den Besonderheiten unserer Fauna mit Schwerpunkt der Verbreitung in Ostdeutschland und hier besonders auf Äckern (Lupine, Rüben) und in der Bergbaufolgelandschaft auf zum Teil sehr armen Böden mit Steppencharakter und lückigen Ruderalfluren. Die Puppenräuber, zu denen die Art zählt, ernähren sich carnivor, in der Literatur werden vor allem Schmetterlingsraupen als Beute genannt (Nüssler & Grämer 1966).

3.9 Schwerpunkthabitate Spinnen und Laufkäfer 2019, 2020

Abbildung 17 wird dargestellt, wie sich die Bewirtschaftungsform (konventionell vs. ökologisch, jeweils mit oder ohne Artenhilfsmaßnahmen) auf das Vorkommen von Arten unterschiedlicher Habitatansprüche auswirkt. Erwartungsgemäß dominieren bei Spinnen ebenso bei den Laufkäfern die Arten, die ihren Verbreitungsschwerpunkt im Acker haben.

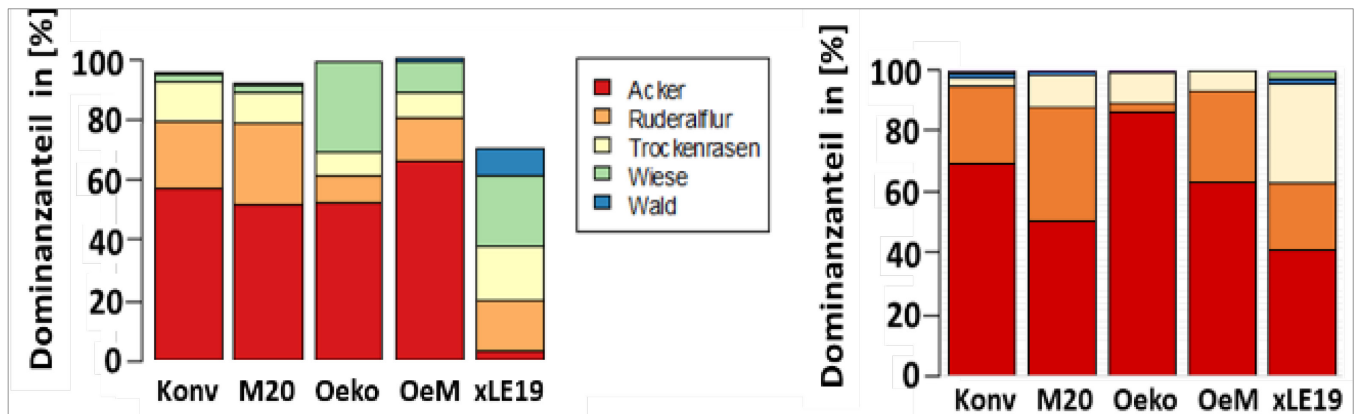


Abbildung 23: Schwerpunkthabitate der beobachteten Spinnen (links) und Laufkäferarten (rechts) pro Bewirtschaftungsmethode, zusammengefasst für die Erfassungsjahre 2019 und 2020. Konventionell bewirtschaftete Schläge (Konv), Maßnahmenfläche in konventioneller Fläche (M20), ökologisch bewirtschaftete Schläge (Oeko), Maßnahmenfläche im ökologisch bewirtschafteten Schlag (OeM), 2019 erfasstes Landschaftselement (xLE19)

Bei den Spinnen wiesen die konventionellen Äcker (Konv) sowie die Maßnahmenfläche auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen (M20) die höchsten Dominanzanteile an Ackerarten auf (ca. 60 %). Zu dieser Gruppe gehören einerseits die agrobionten Aeronauten unter den Zwerg- und Baldachinspinnen, welche mit dem „Ballooning“ über einen effektiven Kolonisierungsmechanismus verfügen, andererseits wenige Arten spezialisierter Wolfspinnen (vor allem der *Acker-Laufwolf Pardosa agrestis*), bei denen sich die Jungtiere wahrscheinlich ebenfalls über Fadenflug ausbreiten. Hinsichtlich des Dominanzanteils von Ackerarten zeigen sich weder Unterschiede zwischen konventionell und ökologisch bewirtschafteten Flächen noch signifikante Auswirkungen der Artenhilfsmaßnahmen. Die ökologisch bewirtschafteten Schläge weisen jedoch deutlich höhere Individuenanteile von Grünlandarten auf (LRT 4 und 5 bei Platen et al. 1999). Vor allem der *Wiesen-Laufwolf Pardosa palustris*, wohl die häufigste Spinnenart des mesophilen Grünlandes, erreicht auf den Schlägen KO5 und KO6 hohe Dominanzanteile. Demgegenüber ist auf den konventionell bewirtschafteten Schlägen (inkl. deren Maßnahmenflächen) ein höherer Anteil von Arten mit Schwerpunkt vorkommen in Ruderalfluren und Ackerbrachen festzustellen. Die beiden Arten, die dies maßgeblich bedingen, der *Feld-Nachtwolf Trochosa ruricola* (Lycosidae) und das Gewöhnliche *Winkelweberchen Tenuiphantes tenuis* (Linyphiidae), können jedoch auch als typische Ackerarten gelten. An allen Standorten erreichen auch Arten mit Verbreitungsschwerpunkt in Sandtrockenrasen nennenswerte Dominanzanteile. Die häufigste derartig eingestufte Art ist die *Anspruchslose Krabbenspinnen Xysticus kochi* (Thomisidae). Der deutsche Name weist schon auf die weite ökologische Amplitude dieser Art hin.

Auch bei Lebensgemeinschaften der Laufkäfer waren die meisten Arten dem Schwerpunkthabitat Acker zuzuordnen. Mit 70 bzw. 90 % wurden die höchsten Dominanzanteile der Ackerarten auf den konventionell und ökologisch bewirtschafteten Flächen erfasst. Typische Ackerflächen besiedelnde Arten sind der Kupferfarbene Buntgräbbläufer, *Poecilus cupreus* und der Metallische Schnellläufer *Harpalus affinis*. Im Erfassungsjahr 2020 war der Kupferfarbene Buntgräbbläufer mit insgesamt 889 Individuen die häufigste, überwiegend auf den konventionell bewirtschafteten Schlägen des LVG Köllitsch, dokumentierte Ackerart. Sie erreichte die höchsten Individuenzahlen auf den beiden konventionell bewirtschafteten Winterweizenflächen. Die höchsten Individuenzahlen des Metallischen Schnellläufers, der mit insgesamt 506 Individuen die zweithäufigste Ackerart darstellt, wurden im konventionell bewirtschafteten Mais und Hafer festgestellt.

Die Dominanzanteile der Ackerhabitate besiedelnden Laufkäfer war in den Maßnahmenflächen (sowohl der konventionell als auch der ökologisch bewirtschafteten Äcker) geringer, als in den nach üblicher Praxis bewirtschafteten Referenzflächen. Gleichzeitig war eine Zunahme des Dominanzanteils der Ruderalflächenbesiedler in den Maßnahmenflächen der konventionell bewirtschafteten Äcker um 20 % und in den Öko-Schlägen um 25 % zu verzeichnen. Auf den ökologisch bewirtschafteten Maßnahmenflächen und in der Maßnahmenfläche im konventionell bewirtschafteten Mais erreichte die samenfressende, trockene, sandige Standorte bevorzugende Ruderalart, der *Behaarte Schnellläufer Harpalus rufipes* die höchsten Individuenzahlen. Der *Behaarte Schnellläufer* war im Untersuchungsjahr 2020 mit 3629 Individuen die insgesamt am häufigsten erfasste Art. Die zweithäufigste Art mit insgesamt 2603 Individuen war die xerophile Ruderalstandorte präferierende Art *Microlestis minutulus*. Die höchsten Artenzahlen erreichte sie im konventionellen Hafer und Mais auf sandiger Textur.

Eine im Hinblick auf die Evaluation des Wirkungspotentials der Artenhilfsmaßnahmen zentrale Beobachtung stellt die Zunahme der Offenland und Trockenrasen besiedelnden Arten bei abnehmender Nutzungsintensität dar. Diese zeigten die höchsten Dominanzanteile in den 2019 mitbeprobten Landschaftselementen (40 %), gefolgt von den Maßnahmenflächen in den konventionell bewirtschafteten Schlägen und den ökologisch bewirtschafteten Äckern mit jeweils 20% sowie den Maßnahmenflächen der Öko-Schläge mit 5 % Dominanzanteilen. Die beiden häufigsten Trockenrasen besiedelnden Arten sind der *Große Kahnläufer Calathus fuscipes* mit 834 Individuen, wovon 64% in den Maßnahmenflächen der Öko-Schläge und sowie einer Maßnahmenfläche im Winterweizen erfasst wurden und der *Kleine Bombardierkäfer, Brachinus ex-plo-dens* mit insgesamt 206 erfassten Individuen, wovon 86% in den Maßnahmenflächen im Mais und Winterweizen auftraten.

3.10 Indikatorarten

Die Indikatorenanalyse nach De Cáceres & Legendre (2009) diente zur Identifikation von Zeigerarten für die unterschiedlicher Bewirtschaftungsweise auf den untersuchten Äckern. Es wurden drei Kategorien unterschieden: konventionell bewirtschaftete Äcker, Maßnahmenflächen (reduzierter Reihenabstand, keine chemisch-synthetische Pflanzenschutz (PSM)- und Düngemittel (DM) und ökologisch bewirtschaftete Flächen (keine PSM, DM, vermehrt mechanische Bodenbearbeitung).

3.10.1 Indikatorarten Spinnen

Die Indikatorenanalyse für die Spinnen identifizierte insgesamt 14 Zeigerarten. Es konnte keine einzige Spinnenart bestimmt werden, die als Indikatorart für die konventionell bewirtschafteten Äcker genutzt könnte. Daraus kann geschlossen werden, dass alle beobachteten agrobionten Spinnenarten im Untersuchungsgebiet auch extensiv genutzte Ackerhabitate besiedeln.

Tabelle 3: Indikatorarten der Spinnen für Maßnahmenflächen, ökologisch sowie konventionell bewirtschaftete Untersuchungsflächen

	A	B	IndVal	p	
Maßnahmenflächen					
Haplodrassus minor	0,7111	0,6667	0,689	0,001	***
Trachyzelotes pedestris	0,7240	0,6333	0,677	0,001	***
Phrurolithus festivus	0,9069	0,2667	0,492	0,001	***
Zodarion rubidum	0,7985	0,3000	0,489	0,001	***
Drassyllus praeficus	0,7637	0,3000	0,479	0,001	***
Walckenaeria capito	0,6771	0,2000	0,368	0,016	*
Diplostyla concolor	1,0000	0,1000	0,316	0,021	*
Walckenaeria dysderoides	0,8694	0,1000	0,295	0,014	*
Ökologische Schläge					
Pardosa palustris	0,9057	0,8611	0,883	0,001	***
Konventionelle Referenz- + Maßnahmenflächen					
Trochosa ruricola	0,8958	0,5222	0,684	0,007	**
Ökologische Schläge+ konventionelle Maßnahmenflächen					
Xerolycosa miniata	0,9451	0,6515	0,785	0,001	***
Drassyllus pusillus	0,8816	0,5303	0,684	0,001	***
Pardosa prativaga	0,7839	0,3333	0,511	0,037	*
Alopecosa cuneata	0,9628	0,1667	0,401	0,010	**

Der Indikatorwert einer Art entspricht der Wurzel des Produkts aus relativer Abundanz in einer Standortgruppe im Vergleich zur Gesamtprobe und Frequenz innerhalb der Standortgruppe. Er kann Werte zwischen 1 (höchster Indikatorwert) und 0 annehmen.

Spalte A: Spezifität (Mittel der Prognosequalität) der Indikatorart, Spalte B: Typ-Treue (Mittel der Prognoseeignung) der Indikatorart, Signifikanz-Kodierung: 0,001= *** hochsignifikante, 0,01= ** signifikant, 0,05= * schwache Signifikanz

Hervorzuheben ist, dass acht Spinnenarten als Zeiger für die extensiv bewirtschafteten Maßnahmenflächen der konventionellen Schläge identifiziert werden konnten. Vier dieser Arten werden in den Roten Listen Deutschlands oder Sachsen geführt. Es ist essentiell zu erwähnen, dass ein überproportionaler Anteil der den Maßnahmenflächen zuzuordnenden Zeigerarten auf die als weniger ausbreitungsstark geltenden *Plattbauchspinnen* (*Gnaphosidae*) entfällt. Unter den Indikatorarten der Maßnahmenflächen finden sich auch Vertreter seltenerer Spinnenfamilien, wie *Phrurolithus festivus*, ein Vertreter der *Ameisensackspinnen* (*Phrurolithidae*) und *Zodarion rubidum* eine Art der *Ameisenjäger* (*Zodariidae*). Die Indikatorarten der Maßnahmenfläche zeigen, dass extensiv genutzte Kleinflächen in der intensiv genutzten Agrarlandschaft definitiv zur Erhöhung der Gesamtdiversität und der damit verbundenen funktionalen Aspekte beitragen, sowohl auf Artniveau als auch auf höherer taxonomischer Ebene. Für die ökologisch bewirtschafteten Äcker konnte bei den Spinnen nur eine Indikatorart ermittelt werden. Die Wolfsspinne *Pardosa palustris* gilt allgemein als eine typische Kennart des mesophilen Grünlands. Diese Art weist laut einer Studie von Ottermanns et al. (2010) eine hohe Pestizidsensibilität auf. Zu berücksichtigen ist aber auch, dass in der vorliegenden Studie die ökologischen Äcker von Dauergrünland umgeben waren und somit Randeffekte eine maßgebliche Rolle spielen könnten.

3.10.2 Indikatorarten Laufkäfer

Die für die konventionellen Äcker ermittelte Indikatorart *Syntomus foveatus* ist eine sehr häufig vorkommende Pionierart mit sehr geringer Lebensraumspezifizierung, die unter anderem auch intensiv genutzte Ackerlebensräume besiedelt. Interessanterweise sind drei der vier als Indikatorarten für die Maßnahmenflächen identifizierten Arten (*Microlestes maurus*, *Ophonus puncticeps*, *Harpalus serripes*), dem *Schwerpunkthabitat xerophiler lückiger Ruderal- und Brachflächenstandorte mit hohem Rohbodenanteil* zu zuordnen. Nach Untersuchungen Kielhorns (2004) zur Besiedelungsökologie von Bergbaulogelandschaften nimmt insbesondere die Indikatorart *Harpalus serripes* bei fortschreitender Sukzession drastisch ab. Von den Indikatorarten für die Kombination ökologische Schläge und konventionelle Maßnahmenflächen ist der *Kleine Bombardierkäfer* *Brachinus explodens* (RL D: V) von naturschutzfachlicher Relevanz. Er wurde in sehr hohen Individuenzahlen (191 von 206 Individuen) in den Maßnahmenflächen erfasst. Der *Kleine Bombardierkäfer* ist eine wärmeliebende Art, welche die lückigeren Vegetationsbeständen der Trockenrasenfluren bevorzugt. Eine weitere für die konventionellen Maßnahmenflächen und Öko-Äcker bestimmte Indikatorart ist der *Kahnläufer* *Calathus fuscipes*, er präferiert ebenfalls Trockenrasenlebensräume (Barndt et al. 1991) Diese Beobachtungen deuteten darauf hin, dass über die Maßnahme Weite Reihe im Getreide und den damit verbundenen veränderten mikroklimatischen Verhältnissen (stärkere Belichtung, höhere Temperaturen, geringerer Raumwiderstand) zusätzliche Habitate für seltenere xerophile, lückige Ruderalflächen und Trockenrasen besiedelnde Arten geschaffen werden können.

Die Ökoflächen wiesen die höchsten Artenzahlen und Aktivitätsdichten auf, dennoch sind ausnahmslos alle den ökologisch bewirtschafteten Flächen zugewiesenen Indikatorenarten der Laufkäfer als überaus anspruchslos und ubiquitär einzustufen.

Im Gegensatz dazu stellen alle Indikatorarten für die Kombination aus konventionellen Flächen und Maßnahmenflächen seltene oder gefährdete Laufkäferarten dar. In diesem Zusammenhang sind insbesondere die Arten *Nebria salina* (RL-SN: 0), *Calosoma maderae* (RL-D: V.) und *Pterostichus macer* (RL-D:V) zu erwähnen. Es ist hervorzuheben, dass die Aktivitätsdichten des Großlaufkäfers *Calosoma maderae* in den Maßnahmenflächen insgesamt mehr als doppelt so hoch war. Gleichermaßen waren die Individuenzahlen der zu den größeren Laufkäfern zählende Grabkäferart *Pterostichus macer* in der Maßnahmenfläche um das 3-fache höher als in der konventionell bewirtschafteten Vergleichsfläche. Diese Beobachtung könnte darauf hinweisen, dass über die Teilflächenextensivierung (Weite Reihe, Unterlassen von PSM + mineralischen DM), in intensiv genutzten Ackerflächen auch naturschutzfachlich relevante, größere Laufkäferarten begünstigt werden. Über die Integration der Maßnahmenfläche könnten somit auch funktional relevante Arten gefördert werden. Beispielsweise ist der Goldpunktpuppenräuber ein effektiver Gegenspieler von *Lepidopteren* Schädlingen (Kreuter, 2007).

Tabelle 4: Indikatorarten der Laufkäfer für Maßnahmenflächen, ökologisch sowie konventionell bewirtschaftete Untersuchungsflächen

	A	B	IndVal	p	
Konventionelle Äcker					
<i>Syntomus foveatus</i>	1,0000	0,0833	0,289	0,044	*
Maßnahmenflächen					
<i>Microlestes maurus</i>	0,8849	0,2333	0,454	0,001	***
<i>Harpalus serripes</i>	0,7336	0,2667	0,442	0,004	**
<i>Tachyura parvula</i>	0,7384	0,1333	0,314	0,041	*
<i>Ophonus puncticeps</i>	0,8529	0,1000	0,292	0,034	*
Ökologische Schläge					
<i>Poecilus lepidus lepidus</i>	0,94827	0,87222	0,960	0,001	***
<i>Amara aenea</i>	0,91408	0,83333	0,873	0,001	***
<i>Bembidion lampros</i>	0,73443	0,72222	0,728	0,001	***
<i>Zabrus tenebrioides</i>	0,74406	0,55556	0,643	0,001	***
<i>Bembidion properans</i>	0,76475	0,50000	0,618	0,001	***
<i>Amara familiaris</i>	0,85076	0,44444	0,615	0,001	***
<i>Amara similata</i>	0,99348	0,27778	0,525	0,001	***
<i>Amara bifrons</i>	0,81734	0,19444	0,399	0,002	**
<i>Poecilus versicolor</i>	0,91055	0,13889	0,356	0,007	**
<i>Amara communis</i>	1,00000	0,08333	0,289	0,037	*
Konventionelle Referenz- + Maßnahmenflächen					
<i>Trechus quadristriatus</i>	0,8945	0,4778	0,654	0,006	**
<i>Nebria brevicollis</i>	0,9527	0,3778	0,600	0,002	**
<i>Nebria salina</i>	0,9080	0,3222	0,541	0,030	*
<i>Calosoma maderae</i>	0,9256	0,2667	0,497	0,016	*
<i>Ophonus azureus</i>	1,0000	0,1778	0,422	0,014	*
<i>Pterostichus macer</i>	1,0000	0,1788	0,422	0,024	*
Ökologische Schläge + konventionelle Maßnahmenflächen					
<i>Calathus fuscipes</i>	0,9452	0,8485	0,896	0,001	***
<i>Calathus ambiguus</i>	0,9339	0,6212	0,762	0,001	***
<i>Brachinus explodens</i>	0,9650	0,5455	0,726	0,001	***
<i>Harpalus griseus</i>	0,8672	0,3333	0,538	0,005	**
<i>Harpalus tardus</i>	0,8753	0,2879	0,502	0,012	*
<i>Calathus cinctus</i>	0,8963	0,2273	0,451	0,008	**
<i>Harpalus rubripes</i>	0,8684	0,2121	0,429	0,010	**

Der Indikatorwert einer Art entspricht der Wurzel des Produkts aus relativer Abundanz in einer Standortgruppe im Vergleich zur Gesamtprobe und Frequenz innerhalb der Standortgruppe. Er kann Werte zwischen 1 (höchster Indikatorwert) und 0 annehmen.

Spalte A: Spezifität (Mittel der Prognosequalität) der Indikatorart, Spalte B: Typ-Treue (Mittel der Prognoseeignung) der Indikatorart, Signifikanz-Kodierung: 0,001= *** hochsignifikante, 0,01= ** signifikant, 0,05= * schwache Signifikanz

3.10.3 Indikatorarten Ackerwildkräuter

Die Indikatoranalyse der Wildkräuter identifiziert für die Maßnahmenflächen, überwiegend Arten die nicht der Ackerbegleitflora, sondern eher Randstrukturen der Äcker wie Blühstreifen (*Sinapis ssp.*, *Malva moschata*) oder nitrophilen Heckensäumen (*Galium aparine agg.*) zuzuordnen sind. Die Indikatorarten der ökologisch bewirtschafteten Schläge sind überwiegend Vertreter stickstoffliebender Hackfrucht- und Ruderalgesellschaften (*Galeopsis tetrahit*, *Fallopia convolvulus*, *Senecio vulgaris*, *Anchusa arvensis*, *Silene noctiflora*) sowie einiger möglicherweise ebenfalls aus den Randbereichen eingewanderten Grünlandarten (*Veronica ssp.*, *Capsella bursa-pastoris*), jedoch keine Rote-Listen Arten. Das Vorkommen von Indikatorarten verschiedener Pflanzengesellschaften impliziert jedoch, dass auf den Ökoflächen tendenziell eine größere Heterogenität von Ackerlebensräumen gegeben ist (Roschewitz et al. 2005).

Das Ackerstiefmütterchen *Viola arvensis* ist die einzige Indikatorart, die laut Analyse die Lebensraumbedingungen in konventionellen Äckern und Maßnahmenflächen repräsentiert. Vor allem im konventionellen Mais vor der Herbizidausbringung sowie in der Weiten Reihe im Hafer auf den lehmig-sandigen Standorten erreichte dieses niedrigwüchsige Ackerwildkraut Deckungsgrade von bis zu 3%. Die Indikatorarten der konventionellen Maßnahmenflächen und ökologischen Schläge, *Lamium amplexicaule* und *Lamium purpureum*, waren in hohen Deckungsgraden, stellenweise bis zu 12,5%, in der Weiten Reihe im Hafer und Winterweizen zu finden. In den dichten Winterweizen- und Haferbeständen der Öko-Äcker kamen sie eher vereinzelt vor (<1-5% Deckungsgrad). Höhere Deckungsgrade scheinen sich also eher in der Weiten Reihe im Getreide ausbilden zu können. Der Gemeine Erdrauch *Fumaria officinalis* wurde als Indikatorart der ökologisch bewirtschafteten Äcker und konventionellen Maßnahmenflächen identifiziert. Im Öko-Mais, in der Maßnahmenfläche im konventionellen Mais vor der Herbizidausbringung sowie in der Maßnahmenfläche im Hafer mit lückiger Luzerne-Untersaat erreichte er zum Teil hohe Deckungsgrade von bis zu 3%. Die niedriger wüchsigen Arten (10 bis max. 20 cm Höhe) *Viola arvensis*, *Lamium amplexicaule*, *Lamium purpureum* und *Fumaria officinalis* sind ausgeprägte Pionierbesiedler und Kulturfolger. Ihr Schwerpunkthabitat sind lückige Acker- bzw. Ruderalflächen auf nährstoff- und basenreichen Böden. In den Maßnahmenflächen erreichten diese Arten bis zu 10 % höhere Deckungsgrade (*Lamium ssp.*) als in den dichten Beständen der konventionellen Referenzflächen. Nach der Blüte der frühblühender Rosaceen Sträucher stellen diese Ackerwildkräuter von Anfang/Mitte Mai bis Ende Juni/Anfang Juli einen quantitativ bedeutsamen Blühaspekt für verschiedene Bestäubergruppen dar. Durch die Integration der Maßnahme Weite Reihe in die dichten intensiv-konventionell bewirtschafteten Bestände, v.a. der Sommerungen, können diese Arten gezielt gefördert werden.

Die Gemeine Hühnerhise (*Echinochloa crus-galli*) sowie der Zurückgebogene Amaranth (*Amaranthus retroflexus*) als Indikatorarten der ökologischen Schläge und konventionellen Maßnahmenflächen sind ebenfalls starke Stickstoffzeiger, überdies klimawandelbedingt konkurrenzstarke Neophyten. Sie wurden vermehrt im Öko-Mais sowie in den Maßnahmenflächen im konventionellen Mais erfasst. Im Öko-Mais erreichten sie vor dem Hacken Deckungsgrade von bis zu 7 %. Für samenfressende Laufkäfer wie z.B. *Amara ssp.* stellen sie potentiell eine wertvolle Nahrungsgrundlage dar. An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass die Teilflächenextensivierung im Mais (ohne PSM, DM) dazu führte, dass die Wildkräuter den Mais im Höhenwachstum überholten. Auf nährstoffreichen Böden sind diese Arten so konkurrenzstark, dass sie die Etablierung niedrigwüchsiger Wildkräuterarten verhindern und somit möglicher Weise die Entwicklung einer artenreichen Ackerbegleitflora unterbinden können. Hier stellt sich auch die Frage nach den Erfolgsaussichten von Initialansaatn kräuterreicher Mischungen in der Weiten Reihe im Getreide bei einer artenarmen, von nitrophilen, konkurrenzstarken Wildkräutern dominierten Diasporenbank. Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass die überwiegend aus ubiquitären, nitrophilen Arten bestehende Ackerbegleitflora, die in den konventionellen Flächen und in den Maßnahmen- oder Ökoflächen gleichermaßen vertreten ist, zwar keine floristischen Besonderheiten zu bieten hat, dennoch aber einen quantitativ wertvollen Blühaspekt von niedrigwüchsigen

Arten wie z.B. *Lamium ssp.*, *Viola arvensis*, *Fumaria officinalis* bietet. Die Maßnahmen- und Ökoflächen zeigten höhere Deckungsgrade dieser Arten, somit stellen diese beiden Bewirtschaftungsweisen eine Möglichkeit zur Förderung dieser Arten dar. Nichtsdestotrotz ist herauszustellen, dass die jahrzehntelange mineralische Düngung in kulturüblicher Mengen nach guter fachlicher Praxis zu einer Nährstoffanreicherung in den Böden geführt hat, die offenbar nicht über eine einjährig unterlassene Düngergabe reduziert werden kann, vor allem auf lehmig-tonigen Böden mit hoher Nährstoffspeicherkapazität.

Tabelle 5: Indikatorarten Ackerwildkräuter für Maßnahmenflächen, ökologisch sowie konventionell bewirtschaftete Untersuchungsflächen

	A	B	IndVal	p	
Maßnahmenflächen					
<i>Sinapis ssp.</i>	0,9814	0,4444	0,660	0,001	***
<i>Malva moschata</i>	1,0000	0,2593	0,509	0,001	***
<i>Galium aparine agg.</i>	0,6409	0,2222	0,377	0,019	*
Ökologische Schläge					
<i>Fallopia convolvulus</i>	0,82539	0,63889	0,726	0,001	***
<i>Matricaria chamomilla</i>	0,96774	0,41667	0,635	0,001	***
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0,90884	0,36111	0,573	0,001	***
<i>Cirsium arvense</i>	0,67694	0,25	0,411	0,015	*
<i>Anchusa arvensis</i>	1	0,16667	0,408	0,002	**
<i>Silene noctiflora</i>	1	0,11111	0,333	0,014	*
<i>Veronica triphyllos</i>	1	0,11111	0,333	0,01	**
<i>Veronica persica</i>	0,81818	0,11111	0,302	0,049	*
<i>Galeopsis tetrahit</i>	1	0,08333	0,289	0,038	*
<i>Senecio vulgaris</i>	1	0,08333	0,289	0,044	*
Konventionelle Referenz- + Maßnahmenflächen					
<i>Viola arvensis</i>	0,9278	0,3026	0,53	0,009	**
Konventionelle Referenzflächen + Ökologische Schläge					
<i>Lamium amplexicaule</i>	0,9301	0,5294	0,702	0,002	**
<i>Lamium purpureum</i>	0,9600	0,3882	0,611	0,002	**
Ökologische Schläge + konventionelle Maßnahmenflächen					
<i>Fumaria officinalis</i>	0,9020	0,3968	0,598	0,002	**
<i>Thlaspi arvense</i>	0,9507	0,3333	0,563	0,001	***
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,8686	0,2698	0,484	0,040	*
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0,9580	0,2222	0,461	0,005	**

Der Indikatorwert einer Art entspricht der Wurzel des Produkts aus relativer Abundanz in einer Standortgruppe im Vergleich zur Gesamtprobe und Frequenz innerhalb der Standortgruppe. Er kann Werte zwischen 1 (höchster Indikatorwert) und 0 annehmen. Spalte A: Spezifität (Mittel der Prognosequalität) der Indikatorart, Spalte B: Typ-Treue (Mittel der Prognoseeignung) der Indikatorart, Signifikanz-Kodierung: 0,001= *** hochsignifikante, 0,01= ** signifikant, 0,05= * schwache Signifikanz

3.11 Ähnlichkeiten der Artengemeinschaften faunistischer und floristischer Indikatorgruppen

Die Ordinale Nichtmetrische Multidimensionale Skalierung (NMDS) der Untersuchungsstandorte anhand der Vorkommen von Laufkäfern und Spinnen aus den Erfassungsjahren 2019 und 2020 zeigte einen klar ersichtlichen Einfluss der Bewirtschaftungsmethoden.

Im Hinblick auf die Indikatorengruppe der Spinnen zeigt sich entlang der Achse 1 (NMDS 1) ein deutlicher Gradient zwischen konventionell und ökologisch bewirtschafteten Äckern. Die Maßnahmenflächen hingegen nehmen eine intermediäre Position ein.

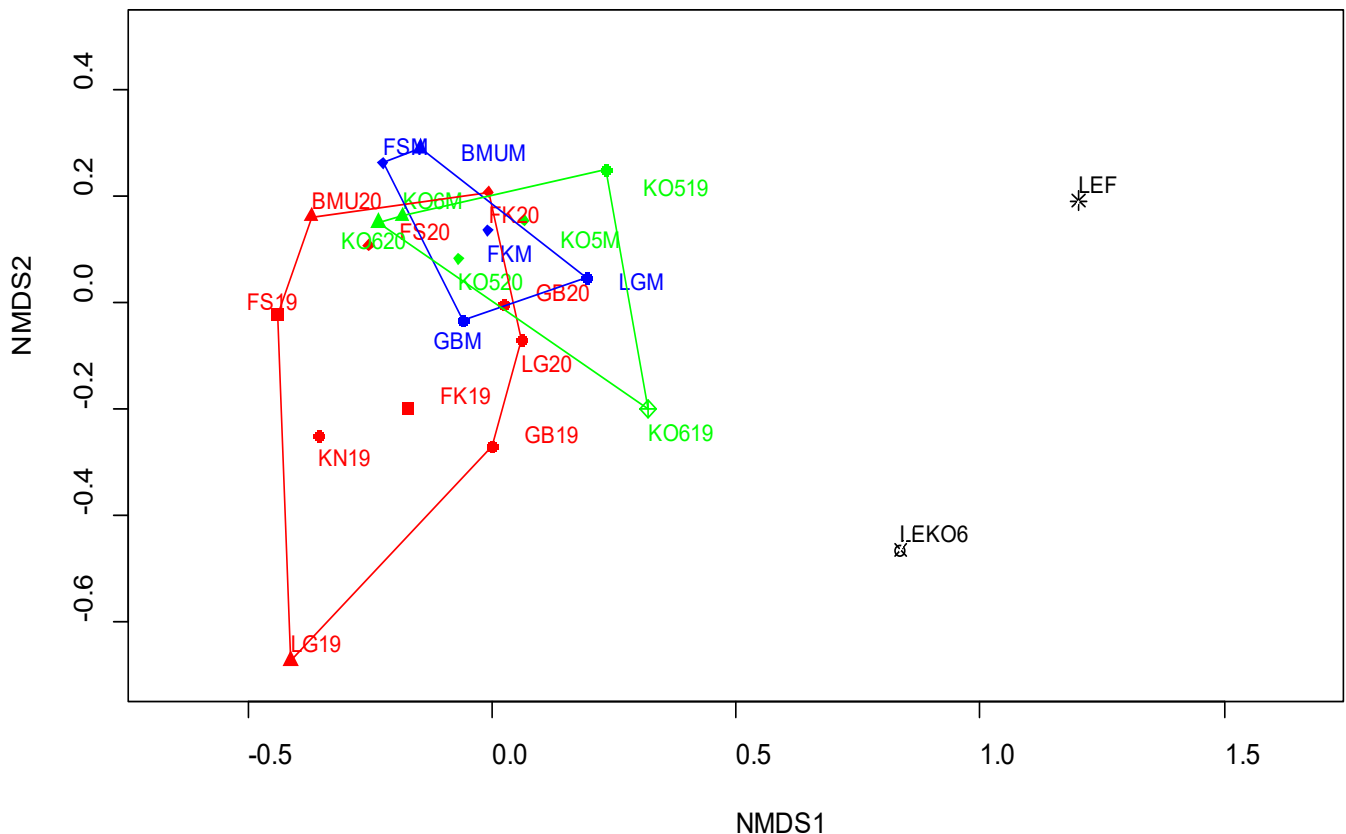


Abbildung 24: Ordinale Nichtmetrische Multidimensionale Skalierung (NMDS) der Artenzusammensetzung der Spinnen (Aktivitätsdichten). Einfärbung der dargestellten Vektoren nach Bewirtschaftungsmethoden: Konventionell (rot), ökologisch (grün) und Maßnahme (blau), 2019 beprobte Landschaftselemente (schwarze Symbolisierung). Stress-Wert: 0,138= moderate Übereinstimmung der Monotonie der Lagebeziehungen im Ordinationsraum mit der ursprünglich berechneten Distanzmatrix

Die von den Ackerflächen klar separierte Position der Landschaftselemente LEKO6 und LEF ist deutlich erkennbar. Vor allem die Artengemeinschaft der Feldhecke LEF unterscheidet sich stark von jener ackerbaulich genutzter Lebensräume. Dennoch weisen die Landschaftselemente eine größere Ähnlichkeit mit den ökologisch bewirtschafteten Flächen als mit den konventionellen Äckern auf, insbesondere der Grünlandstandort LEKO6. Die NMDS-Achse 2 verdeutlicht vor allem Unterschiede zwischen den Untersuchungsjahren. Ein deutlicher Einfluss der Feldfrucht ist im Ordinationsdiagramm nicht zu erkennen.

Die NDMS anhand der Artengemeinschaften der Laufkäfer unterscheidet sich in einigen Aspekten deutlich: Die Öko-Flächen sind von den konventionellen Äckern und Maßnahmenflächen separiert (NMDS 1). Die Maßnah-

menflächen überschneiden sich dagegen sehr stark mit jenen der konventionellen Bewirtschaftung. Die Laufkäfer-Artengemeinschaften der Landschaftselemente sind erneut klar distinkt von denen der beprobten Ackerflächen. Jedoch wird durch die kurze Distanz zu den Ökoflächen eine größere Ähnlichkeit der Artengemeinschaften sowohl von LEF als auch von LEKO6 mit ökologisch bewirtschafteten Äckern impliziert.

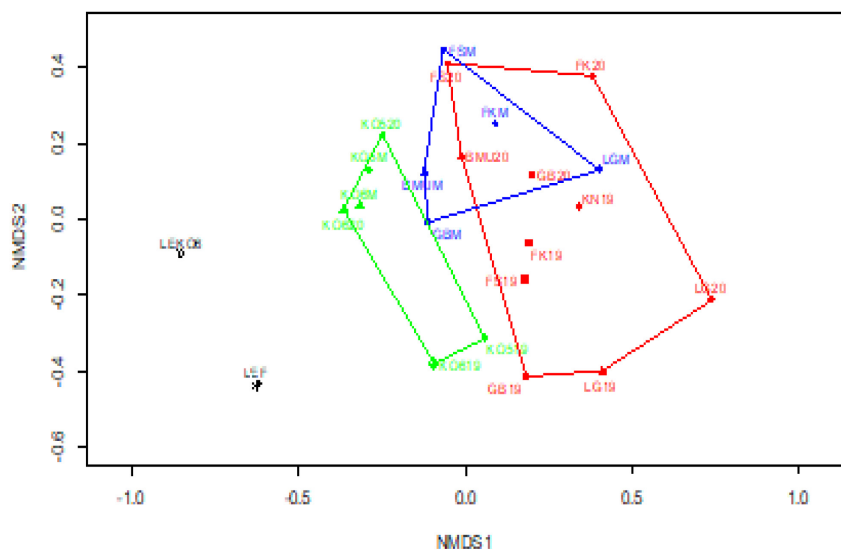


Abbildung 25: Ordinale Nichtmetrische Multidimensionale Skalierung (NMDS) der Artenzusammensetzung der Laufkäfer (Aktivitätsdichten). Einfärbung der dargestellten Vektoren nach Bewirtschaftungsmethoden: Konventionell (rot), ökologisch (grün) und Maßnahme (blau), 2019 beprobte Landschaftselemente (schwarze Symbolisierung). Stress-Wert: 0,138= moderate Übereinstimmung der Monotonie der Lagebeziehungen im Ordinationsraum mit der ursprünglich berechneten Distanzmatrix

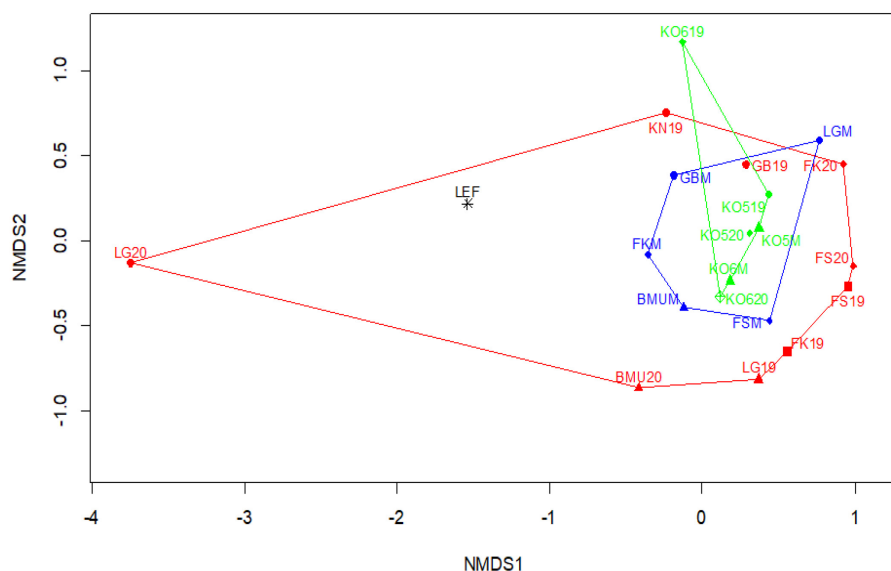


Abbildung 26: Ordinale Nichtmetrische Multidimensionale Skalierung (NMDS) der Artenzusammensetzung der Ackerwildkräuter (Deckungsgrade). Einfärbung der dargestellten Vektoren nach Bewirtschaftungsmethoden: Konventionell (rot), ökologisch (grün) und Maßnahme (blau), 2019 beprobte Landschaftselemente (schwarze Symbolisierung). Stress-Wert: 0,138= moderate Übereinstimmung der Monotonie der Lagebeziehungen im Ordinationsraum mit der ursprünglich berechneten Distanzmatrix

Die NMDS der Ackerwildkräuter macht in erster Linie die Andersartigkeit der konventionell bewirtschafteten Winterweizenflächen Lämmergrund (LG) deutlich. Die räumliche Separation der Fläche spiegelt die Tatsache wider, dass in diesem dichten (der guten Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit des lehmig-tonigen Bodens geschuldet), frühzeitig herbizidbehandelten Getreidebestand zum Zeitpunkt der Vegetationsaufnahme nur eine Wildkrautart erfasst werden konnte. Bis auf diese beiden Ausnahmen weist die NMDS der Ackerwildkräuter keine eindeutigen Gradienten zwischen konventionellen, ökologisch bewirtschafteten und Maßnahmenflächen auf.

3.12 Permanova Spinnen, Laufkäfer und Ackerwildkräuter 2019, 2020

Die permutative, multivariate Varianzanalyse (PERMANOVA) identifizierte die Testparameter Feldfrucht, Lokalität, Boden sowie das Untersuchungs-jahr als hochsignifikante Einflussfaktoren auf die Artengemeinschaften der Indikatorengruppe Spinnen. Mit $R^2=0,106$ kristallisierte sich die Feldfrucht als stärkster Einflussfaktor heraus, gefolgt von der geographischen Lokalität ($R^2=0,072$), welche die Unterschiedlichkeit der natürlichen und landschaftlichen Standortbedingungen innerhalb des Untersuchungsraumes widerspiegelt. Die Bodenart scheint den drittgrößten Effekt ($R^2=0,027$) auf die Artengemeinschaften der Spinnen zu haben. Der Einfluss der Bewirtschaftungsweise zeigte im Vergleich zu den übrigen Testfaktoren mit $p=0,006$ das niedrigste Signifikanzniveau. Im Rahmen dieser zweijährigen Studien konnte nicht geklärt werden, in welchem Ausmaß die natürlichen Populationschwankungen der Indikatorengruppen die o.g. Ergebnisse beeinflussten.

Tabelle 6: Ergebnisse der PERMANOVA-Analyse zur Bewertung der Einflussfaktoren Feldfrucht, Lokalität, Boden (Textur), Untersuchungs-jahr, Bewirtschaftungsweise (ökologisch vs. konventionell) auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften der Spinnen

Faktor	Df	SS	R^2	F	p	
Feldfrucht	4	2,0083	0,10600	6,8447	0,001	***
Lokalität	3	1,3727	0,07245	6,2380	0,001	***
Boden	1	0,5107	0,02696	6,9621	0,001	***
Untersuchungs-jahr	1	0,3658	0,01931	4,9867	0,001	***
Bewirtschaftungsweise	2	0,3121	0,01647	2,1274	0,006	**
Residuen	111	8,1420	0,42975			
Total	125	18,9456				

Df= Degrees of Freedom, SS= Sum of Squares, MS= Mean Squares, p= Probability Value, R^2 = Korrelationskoeffizient, Signifikanz-Kodierung: 0,001= *** hochsignifikante, 0,01= ** signifikant, 0,05= * schwache Korrelation

Für die Artengemeinschaften der Laufkäfer konnten mit $p<0,001$ alle getesteten Einflussfaktoren als hochsignifikant eingestuft werden (Tabelle 4). Wie bei den Spinnen zeigte die Feldfrucht den stärksten Effekt ($R^2=0,089$) auf die Laufkäferzönosen, gefolgt von der geographischen Lokalität der Untersuchungsstandorte ($R^2=0,061$). Der drittgrößte Korrelationskoeffizient $R^2=0,032$, ermittelt für den Effekt des Untersuchungs-jahrs deutet möglicherweise auf den entscheidenden Einfluss natürlicher Schwankungen der Laufkäferpopulationen innerhalb des 2-jährigen Erfassungszeitraums hin. Im Gegensatz zu den Spinnen wurde im Vergleich zur Bodentextur ($R^2=0,023$) ein höherer Einfluss der Bewirtschaftungsweise ($R^2=0,026$) auf die Artengemeinschaften der Laufkäfer ermittelt.

Tabelle 7: Ergebnisse der PERMANOVA-Analyse zur Prüfung des Signifikanzniveaus der Testfaktoren Feldfrucht, Lokalität, Boden (Textur), Untersuchungsjahr, Bewirtschaftungsweise (ökologisch vs. konventionell) auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften der Laufkäfer

Faktor	Df	SS	R ²	F	p	
Feldfrucht	4	1,66647	0,08857	6,2854	0,001	***
Lokalität	3	1,1542	0,06141	5,8104	0,001	***
Boden	1	0,4336	0,02307	6,5479	0,001	***
Untersuchungsjahr	1	0,5947	0,03164	8,9813	0,001	***
Bewirtschaftungsweise	2	0,4952	0,02634	3,7391	0,001	***
Residuen	111	7,3497	0,39104			
Total	125	18,9456				

Df= Degrees of Freedom, SS= Sum of Squares, MS= Mean Squares, p= Probability Value, R²= Korrelationskoeffizient, Signifikanz-Kodierung: 0,001= *** hochsignifikante, 0,01= ** signifikant, 0,05= * schwache Korrelation

Die PERMANOVA der Ackerwildkräuter-Aufnahmen ergab mit p=0,001 ebenfalls einen hochsignifikanten Einfluss aller Testfaktoren (Tabelle 7). Die Feldfrucht zeigte mit R²=0,13 gefolgt von der geographischen Lokalität (R²=0,1) den größten Effekt (mittleres Korrelationsniveau) auf die Zusammensetzung der Wildkrautflora. Die Bewirtschaftungsweise stellte mit R²=0,04 (geringes bis mittleres Korrelationsniveau) die drittstärkste Einflussgröße dar. Die Bodentextur und das Untersuchungsjahr zeigten mit R²=0,02 und 0,016 einen sehr geringen Effekt auf die Artengemeinschaften der Ackerwildkräuter. Der geringe Einfluss der Bodentextur deutet möglicherweise auf den ubiquitären Charakter der erfassten Ackerwildkräuter hin.

Tabelle 8: Ergebnisse der PERMANOVA-Analyse zur Prüfung des Signifikanzniveaus der Testfaktoren Feldfrucht, Lokalität, Boden (Textur), Untersuchungsjahr, Bewirtschaftungsweise (ökologisch vs. konventionell) auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften der Ackerwildkräuter

Faktor	Df	SS	R ²	F	p	
Feldfrucht	4	4,832	0,12867	9,6856	0,001	***
Lokalität	3	3,795	0,10106	10,1435	0,001	***
Boden	1	0,740	0,01972	5,9369	0,001	***
Untersuchungsjahr	1	0,602	0,01604	4,8284	0,001	***
Bewirtschaftungsweise	2	1,368	0,03644	5,4862	0,001	***
Residuen	97	12,097	0,32215			
Total	125	18,9456				

Df= Degrees of Freedom, SS= Sum of Squares, MS= Mean Squares, p= Probability Value, R²= Korrelationskoeffizient, Signifikanz-Kodierung: 0,001= *** hochsignifikante, 0,01= ** signifikant, 0,05= * schwache Korrelation

4 Zusammenfassung und Diskussion

4.1 Grenzen der Studie

Das zweijährige FuE-Projekt "Habitatpotentiale im Ackerbereich" hatte zum Ziel die biodiversitätsfördernde Wirkung der Weiten Reihe in Winter- und Sommergetreide mit und ohne Untersaat sowie eine Teilflächenextensivierung im Silomais anhand der Indikatorengruppen Spinnen, Laufkäfer und Ackerwildkräuter zu testen.

An dieser Stelle ist zu hervorzuheben, dass aufgrund der Fülle an äußeren Einflussfaktoren und Kompromissen, die hinsichtlich des Beprobungslayouts und der Versuchsanlage als gegeben akzeptiert werden mussten, die hier vorliegenden Ergebnisse lediglich als Tendenzen betrachtet werden dürfen. Beispielsweise konnte der Effekt der Luzerne Untersaat nicht hinreichend getestet werden, da sie aufgrund der Frühjahrs-trockenheit bzw. dem bereits fortgeschrittenen Bestockungsgrad des Winterweizens bei der Aussaat auf zwei weiteren Versuchsflächen nicht etabliert werden konnte. Dadurch konnte die biodiversitätsfördernde Wirkung der Luzerne als Untersaat nicht in einer hinreichenden Anzahl von Wiederholungen getestet werden. Überdies ließ sich die Weite Reihe Aussaat im Winterweizen technisch nicht einwandfrei umsetzen, was dazu führte, dass der Reihenabstand von 24 cm nicht konstant eingehalten werden konnte. Zusätzlich dazu kann es durch den landschaftlichen Kontext zu einem gewissen Bias der Ergebnisse gekommen sein. Dies ist vor allem im Hinblick auf die ökologisch bewirtschafteten Flächen relevant, die geklustert im SPA "Alte Elbe Kathewitz" lagen, eingebettet in einen elbnahen Grünlandstandort.

Es ist darüber hinaus eine allgemein hin bekannte Tatsache, dass Biodiversitätsforschung einen mindestens 3 bis 5-jährigen Forschungszeitraum erfordert, um verifizierbare Ergebnisse liefern zu können. Dies ist notwendig, da sowohl die faunistischen als auch die floristischen Indikatoren natürlichen Populationschwankungen unterliegen, die ihrerseits stark von den vorherrschenden klimatischen Bedingungen beeinflusst werden. Zudem sollten die Maßnahmen über mindestens zwei Entwicklungszyklen der faunistischen Indikatorengruppen getestet werden. Beispielsweise haben fast alle einheimischen Spinnen einen ein- oder zweijährigen Entwicklungszyklus. Oftmals sind die frühen Jugendstadien die sensibelsten Phasen in der Individualentwicklung. Auswirkungen auf die *in situ* reproduzierenden Populationen sind demnach frühestens nach einem Jahr zu erwarten. Auch bei den Laufkäfern ist eine mehrmonatige Entwicklung der Normalfall, mit einer Überwinterung als Larve oder als Imago.

4.2 Biodiversitätsaspekte

Ungeachtet der Einschränkungen dieser Studie konnte das zweijährige Forschungsprojekt wertvolle Tendenzen aufzeigen, welche in Folgeprojekten aufgegriffen und dringend verifiziert werden sollten. Im Folgenden sollen die wichtigsten Ergebnisse zur biodiversitätsfördernden Wirkung der Maßnahmen auf die einzelnen Indikatorengruppen zusammengefasst werden.

Die Artenzahlen und die Individuenabundanzen der Spinnen waren in den Maßnahmenflächen im Durchschnitt um ein Drittel höher als im nach üblicher pflanzenbaulicher Praxis bewirtschafteten Bereich der Schläge. Die Laufkäfer wiesen im Mittel 30 % höhere Arten- und Individuenzahlen auf den ökologisch bewirtschafteten Schlägen auf, sowohl im Vergleich zur Maßnahme als auch zu den nach üblicher Praxis bewirtschafteten Referenzflächen. Die Artenzahl der Ackerwildkräuter war in den Maßnahmenflächen im Durchschnitt um 20 % höher als im konventionell bewirtschafteten Bereich des Ackers. Die Deckungsgrade der Ackerwildkräuter waren bei den Maßnahmenflächen der Sommerungen im Mittel um 40 % höher.

Mit einem Anstieg der Vegetationsparameter (Gesamtdeckungsgrad=Kultur+Ackerwildkräuter und Indexwerte des NDVI) konnte ein geringfügiger Anstieg der Artenzahlen und der Aktivitätsdichten der Spinnen beobachtet werden. Der Zusammenhang zwischen den Vegetationsparametern, Gesamtdeckung und NDVI sowie der Aktivitätsdichte der Spinnen, zeigte eine moderate ($R^2=0,12$ und $R^2=0,24$) signifikante Korrelation ($p<0,001$). Für den Anstieg der Artenzahlen der Spinnen und der NDVI-Werte konnte ebenfalls mit $R^2=0,2$ und $p<0,001$ ein starker, signifikanter Zusammenhang ermittelt werden. Dies deutet daraufhin, dass die Indikatorengruppe der Spinnen möglicherweise durch Bestände mit einer höheren Vielfalt an Vegetationsstrukturen gefördert werden können. Eine Studie von Rypstra et al. (1999) untermauert diesen Rückschluss.

Die Verteilung der Biomassewerte der Spinnen folgte weitestgehend jener der Aktivitätsdichten. Die Biomassewerte der Spinnen waren in den Maßnahmenflächen im Median um das 4-fache höher als in den zugehörigen Referenzflächen. Auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen waren die Laufkäferbiomassen im Median um das 2,5-fache höher als auf den konventionellen Äckern (Maßnahmenfläche + Referenzfläche). Die Abstufung der Gesamtbiomassewerte zwischen den Bewirtschaftungsvarianten entsprach größtenteils jener der Laufkäfer. Sie war auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen über 60 % höher als auf den konventionellen Flächen (Maßnahmenfläche + Referenzfläche), auf den Maßnahmenflächen der konventionellen Äcker im Vergleich zu den Referenzflächen im Median um 35 % höher.

In den Maßnahmenflächen wurden höhere Dominanzanteile von Rote-Liste Arten erfasst als in den Referenzflächen. Zu den wichtigsten Rote-Liste Arten der Spinnen gehören der Kleine Nachtjäger, *Haplodrassus minor* (RL-D: 3) und das Januszierköpfchen, *Walckenaeria capito* (RL-D: G). Der Kleine Nachtjäger wurde unter anderem auf dem Öko-Schlag, Koppel 6 (elbnahes Grünland) und in der Maßnahmenfläche im Hafer mit Luzerne-Untersaat erfasst. Dies könnte darauf hindeuten, dass das über die Untersaat generierte feuchtkühlere Mikroklima zur Schaffung eines Komplementär-Habitats in der Ackerfläche geführt hat. Zu den wichtigsten Vertretern der im LVG Köllitsch erfassten Rote-Liste Laufkäfern gehören die Dammläufer-Art *Nebria salina* (RL SN 0), 70 % aller Funde wurden in der Maßnahmenfläche im Lämmergrund gemacht, und die Großlaufkäferart *Calosoma maderae* (RL-D.: V), 60 % der Funde stammen aus den Maßnahmenflächen der konventionell bewirtschafteten Sommerungen.

Die Indikatorenartenanalyse der Laufkäfer identifiziert für die Maßnahmenflächen der konventionellen Schläge hauptsächlich extensive, lückige Ruderal- und Wildkrautstandorte besiedelnde xerophile Arten, wie *Brachinus expodens* (RL-D.:V), *Ophonus azureus* und die Großlaufkäferart *Calosoma maderae* die bei fortgeschrittener Sukzession stark abnehmen oder gänzlich verschwinden (Pfiffner & Luka, 2003; Brunk, 2020). Diese Beobachtungen deuten darauf hin, dass über diese Teilflächenextensivierung, d. h. die Maßnahme Weite Reihe im Getreide, xerophile Laufkäferarten, v.a. auch Großlaufkäferarten gezielt gefördert werden können. Ebenso kann aus diesen Erkenntnissen abgeleitet werden, dass über die Integration dieser Artenhilfsmaßnahmen insgesamt das antagonistische Potential innerhalb der konventionell bewirtschafteten Schläge systematisch gefördert werden kann. Die meisten Laufkäfer ernähren sich überwiegend omnivor polyphag und es gibt nur wenige ausschließlich phytophage Arten. Ihr Jagdverhalten ist nicht bedarfs- sondern „zufallsorientiert (superfluous killing)“ und damit stellen sie effektive natürliche Gegenspieler von Pflanzenschädlingen dar (Lang & Gsödl 2003). Der Goldpunkt-Puppenräuber *Calosoma maderae* beispielsweise ist ein natürlicher Gegenspieler von Lepidopteren-Larven, er kann am Tag das 3,5-fache seines eigenen Körpergewichts fressen. Überdies verfügt er einen sehr hohen Mobilitätsradius und kann über 50 m am Tag zurücklegen (Dornieden, 2005; Kreuter, 2010). Im Hinblick auf Veränderungen der Do-

minanzanteile der Schwerpunkthabitate der Laufkäferzönosen ist zu erwähnen, dass in den konventionellen sowie den ökologischen Maßnahmenflächen die xerophilen, den Trockenrasenlebensräumen zuzordnenden Arten um 20 - 25 % gegenüber den nach üblicher Praxis bewirtschafteten Referenzflächen zunahm. Offensichtlich liessen sich in den Maßnahmenflächen Habitatstrukturen schaffen, welche unter anderem für xerophile, Trockenrasenbedingungen präferierende (darunter auch seltene, gefährdete) Laufkäferarten günstig sind.

Auch hinsichtlich der Lebensraumstabilität zeigte der Effekt der Maßnahmen erste Wirkungen: Der prozentuale Anteil der von Spinnenarten mit geringerem Ausbreitungspotential, der bodenlaufenden Plattbauch- und Wolfsspinnen war in den Maßnahmenflächen höher als in den Referenzflächen. Dieser Wechsel in der Artenzusammensetzung deutet darauf hin, dass die Teilflächenextensivierungsmaßnahmen tatsächlich ein störungsfreieres Habitat für epigäisch lebende Spinnenzönosen und gefährdete Spinnenarten darstellt. Zur Evaluierung der Lebensraumstabilität für die Indikatorengruppe der Laufkäfer wird Flügelausbildung und Maturität der Einzelindividuen betrachtet. Die ökologisch bewirtschafteten Flächen wiesen signifikant höhere prozentuale Anteile immaturer (25 %), d.h. Laufkäfer im Larvalstadium und ungeflügelter (bzw. dimorpher) Individuen auf als die konventionell bewirtschafteten Flächen. Ungeflügelte Tiere besitzen in Störmomenten eine geringere Fähigkeit diesen Störungen auszuweichen. Gleichermassen weisen Laufkäfer im Larvalstadium allein durch ihr weniger gut ausgebildetes Exoskelett eine sehr viel höhere Sensibilität gegenüber pflanzenbaulichen Maßnahmen (mechanisch wie chemisch) auf. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass auf den ökologische bewirtschafteten Untersuchungsflächen stabilere Umwelt- und Lebensverhältnisse herrschen. Dies ist jedoch stark von Kultur und Bewirtschaftungsweise abhängig und kann nicht generalisiert auf alle Ökoflächen übertragen werden. Ähnliche Muster im Hinblick auf Entwicklungszyklen und Morphologie wurden meist ausschließlich in späteren Sukzessionsstadien der Vegetation beobachtet.

Die auf den Maßnahmenflächen im Jahr 2020 beobachteten qualitativen und quantitativen Zuwächse der Artengemeinschaften der Spinnen sind ausschließlich durch Immigration aus benachbarten Habitaten (und ggf. die geringere Mortalität im Vergleich zu Referenzflächen) zu erklären. Sie sind somit in besonderem Maße vom landschaftlichen Kontext abhängig, d.h. von Quell-(Source)-Habitaten in der Umgebung. In diesem Zusammenhang spielen die Landschaftselemente eine wichtige Rolle. Es ist hinreichend bekannt, dass Habitatvielfalt innerhalb und im Umkreis von Ackerflächen die Diversität und Abundanz der Spinnengemeinschaften erhöht (Sunderland & Samu 2000). Das konnte mit der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden. Besonders in der untersuchten Feldhecke (LEF) wurde eine hohe Artenzahl festgestellt. Darunter fanden sich auch viele exklusive Arten, die auf den Äckern nicht vorkamen.

Im Hinblick auf die Ackerwildkräuter ist anzumerken, dass nur eine Rote Liste Art erfasst werden konnte. *Myosurus minimus* (Kleine Mäuseschwänzchen) (RL-D.:3) konnte nur randlich von KO5 beobachtet werden. Dieses Ergebnis ist wahrscheinlich der artenarmen Diasporenbank, charakteristisch für nährstoffreiche, herbizidbehandelte Ackerflächen geschuldet. Dennoch ist hervorzuheben, dass ubiquitäre Ackerwildkrautarten wie *Lamium amplexicaule* (Stängelumfassende Taubnessel) und *Lamium purpureum* (Rote Taubnessel) sowie *Fallopia convolvulus* (Windknöterich) und *Polygonum aviculare* (Vogelknöterich) oder *Viola arvensis* (Ackerstiefmütterchen) und *Fumaria officinalis* (Erdrauch) einen quantitativ sehr wertvollen Blüh- aspekt im Zeitraum von Mitte Mai- bis Ende Juni - Anfang Juli darstellen. Die ersten vier genannten Arten haben in den Maßnahmenflächen hohe Deckungsgrade erreicht.

Aufgrund der Tatsache, dass die Luzerne im zweiten Standjahr ganz klar eine biodiversitätsfördernde Wirkung gezeigt hat, sollten Untersaat als günstiger Bestandteil einer Teilflächenextensivierung betrachtet werden. Durch den Gemengeanbau bilden sich meist lückige Bestände aus, die laut den vorliegenden Ergebnissen die gleichzeitige Etablierung einer Wildkrautflora ermöglichen. Die Untersaat sollte, wenn möglich als überjähriges Element bis zur Aussaat der Folgefrucht (Hauptfrucht) in der Ackerfläche bestehen bleiben. Auch im Hinblick auf die Förderung und den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit ist diese von essentieller Bedeutung.

Die Maßnahmenfläche sollte eine Mindestbreite von 9m haben. Laut einer Studie von Fluhr-Meyer & Adelman (2020) reduziert sich die Aufwandmenge der abgedrifteten Pflanzenschutzmittel erst ab 5m Abstand zur konventionell bewirtschafteten Ackerfläche um ca. 60 %. Bei einer Breite von 9 m wäre also zumindest ca. die Hälfte des Maßnahmestreifen nur geringen Pflanzenschutzmengen ausgesetzt. Um die Abdrift möglichst gering zu halten, sollten die Vorgaben guter fachlicher Praxis strikt eingehalten werden, d.h. die Pflanzenschutzmittel nicht bei Windgeschwindigkeiten von über 3 m/s ausgebracht werden und die Fahrtgeschwindigkeit nicht über 8 km/h betragen (Koch, et al. 2002). Auch bei der Ausbringung von Mineraldüngern sollte nicht bei Windgeschwindigkeiten von über 5 m/sec. erfolgen, da ansonsten auch bei Teilabschaltung des Streuers die Gefahr besteht, dass die ersten drei bis vier Meter einer angrenzenden, nicht zu düngenden Maßnahmenfläche mit „abgedeckt“ werden (eigene Beobachtung).

Die Langfristigkeit der Teilflächenextensivierung ist als entscheidender Faktor im Hinblick auf die Nachhaltigkeit der Wirksamkeit der Artenhilfsmaßnahmen anzusehen. Um eine hohe Wirksamkeit und Nachhaltigkeit zu erreichen, muss die Maßnahme in Verbindung mit einem Landschaftselement am Schlagrand zu platziert werden. So kann die Maßnahmenfläche schnell besiedelt werden, aber bei Störungen auch rasch ein Rückzug von Individuen erfolgen. Die biodiversitätsfördernde Wirkung der konzipierten Artenhilfsmaßnahmen kann durch eine Kombination der Maßnahmenfläche mit überjährigen Strukturen wie beispielsweise Feldhecken oder mehrjährigen Blühstreifen erhöht werden. Dadurch wird eine zeitliche und räumliche Habitat-Diversifizierung erreicht, was zu biodiversitätsfördernden Effekten führt (Hendrickx et al. 2007). Gleichzeitig kommt eine Maßnahmenkombination insgesamt einer Verbesserung der Habitat-Vernetzung der Agrarökosysteme zu gute (Benton et al. 2003).

Daraus lässt sich tendenziell ableiten, dass die konzipierten Maßnahmen zur Teilflächenextensivierung bereits im ersten Jahr zur Erhöhung der Biomasse von Spinnen und Laufkäfern sowie der Gesamtbiomasse beitragen können. Darüber hinaus zeigt dieses Ergebnis, dass sich die ökologische Bewirtschaftungsweise ebenfalls sehr positiv auf die Erhöhung der Arthropodenbiomasse auswirkt. Sowohl eine Teilflächenextensivierung der konventionellen Schläge als auch die untersuchte Variante des ökologischen Landbaus zeigen daher ein hohes Potential zur Erhöhung des Nahrungsangebots für Sekundärkonsumenten wie beispielsweise der stark vom Rückgang bedrohten Brutvögel der Feldflur. Insbesondere kleiner Tiere, wie beispielsweise Spinnen, stellen gerade zur Zeit der Jungvogelaufzucht eine essentielle Nahrungsquelle für Feldvögel dar (Boatman et al. 2004). Die Ergebnisse spiegeln das vorhandene Entwicklungspotential von Ackerhabitaten für epigäische Arten wider und zeigen, dass auch in einer über Jahrzehnte intensiv genutzten Agrarlandschaft – wie dem LVG Köllitsch – Reste der ursprünglichen biologischen Vielfalt unserer Kulturlandschaft erhalten geblieben sind, die bei entsprechender Umgestaltung der Landwirtschaft gefördert und entwickelt werden können.

4.3 Pflanzenbauliche Aspekte

Aus pflanzenbaulicher Sicht gibt es einige wichtige Aspekte zu bedenken, welche die Akzeptanz, die technische Umsetzung sowie die Erfolgskontrolle der Maßnahme betreffen:

1. Für eine erfolgreiche Weite Reihe Aussaat im Getreide sollten am besten mechanische Drillmaschinen verwendet werden, da sich bei dieser Technik die Särohre einzeln mechanisch verschließen lassen. Sollte mechanische Sätechnik in einem Betrieb nicht vorhanden sein, muss der Verschluss der der Säschräuche bei pneumatischen Drillen im Verteilerkopf umgesetzt werden. Falls diese technische Umrüstung nicht durch den Betriebsleiter erfolgen kann, ist dies ohne größeren Aufwand durch einen Agrartechniker möglich. Es ist wichtig zu erwähnen, dass nicht mit jeder Sätechnik ein doppelter Reihenabstand von 24 cm erreicht werden kann. Es gibt auch Sätechnik mit Abständen von 12,5 oder 15 cm zwischen den einzelnen Särohren. In solchen Fällen ist auch ein Reihenabstand von 25 bzw. 30 cm als akzeptabel zu betrachten. Die Erfolgskontrolle der Weiten Reihe ist vergleichbar einfach, da lediglich der Abstand zwischen den einzelnen Saatreihen gemessen werden muss. Um die Getreidebestände lichter zu halten sollte nur die Hälfte der kulturüblichen Körner pro m² ausgebracht werden. Es liegen Ergebnisse aus Studien im ökologischen Landbau vor, die belegen, dass die Backqualität von in Weite Reihe gesättem Weizen aufgrund der gesteigerten Proteingehalte erhöht werden kann (Stroh-Löhmpcke et al. 2007). Somit könnten mögliche quantitative Ertragsunterschiede zwischen Normsaat und Weite Reihe durch insgesamt höheren Erlös (pro kg / Qualitätszuschlag) ausgeglichen werden.
2. Die Aussaat der Untersaat muss mit oder nur wenige Tage nach Aussaat der Hauptfrucht erfolgen, um eine Konkurrenzsituation zwischen Untersaat und Hauptkultur zu verhindern und so eine erfolgreiche Etablierung der Untersaat zu ermöglichen. Die Untersaat sollte mit der Sämaschine, nicht mit Schneckenkomsteuer und Striegel, ausgebracht werden um einen optimalen Bodenkontakt durch eine gleichmäßige Rückverdichtung zu gewährleisten und somit den Feldaufgang des oft kleinsamigen Saatguts zu erhöhen.
3. Die Auswahl der Maßnahmenart sollte anhand bodentexturbedingter Unterschiede in Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit der Böden erfolgen. Beispielsweise ist es schwierig, eine Maßnahme Weite Reihe mit Untersaat auf Böden mit primär sandiger Textur zu etablieren. Auf diesen Standorten wäre die Weite Reihe ohne Untersaat theoretisch besser geeignet. Denkbar wäre es jedoch auch, bei der Arten- und Sortenwahl auf mehr Trockenheitstoleranz zu achten.
4. Die Aussaatstärke der Untersaat sollte nicht oder höchstens geringfügig reduziert werden, um auch bei geringen Niederschlagsmengen überhaupt eine Etablierung zu ermöglichen. Die Auswahl der Artenzusammensetzung der Untersaat muss standortangepasst sein.
5. Die Lage der Maßnahmenfläche ist so zu wählen, dass sie nicht in einem Bereich des Schrages liegt, der für einen hohen Beikräuterdruck mit "Problemwildkräutern" bekannt ist. Grundsätzlich sollte auch die Möglichkeit einer ein- oder zweimaligen mechanischen Bodenbearbeitung in Erwägung gezogen werden, um zu verhindern, dass nach Beendigung der Maßnahme erhöhte Konzentrationen von Herbiziden ausgebracht werden müssen, welche den biodiversitätsfördernden Effekt zunichtemachen würde. Darüber hinaus muss mitbedacht werden, dass für den Landwirt bei stark mit "Problemwildkräutern" (Winde, Kamille, Labkraut) besiedelten Maßnahmenflächen potentiell Schäden an der Erntetechnik bzw. zusätzliche Arbeitsstunden bei der Ernte sich ergeben können. Je nach Stärke des Beikräuterdrucks kann es auch zu größeren Ernteverlusten kommen.

6. Hinsichtlich des Bodenschutzes wirft die Maßnahme Weite Reihe in der Variante ohne Untersaat Konfliktpunkte auf. Oftmals entsteht in der Weiten Reihe im Getreide eine aufgrund der Konkurrenzsituation mit der Kultur oder auch durch Herbizidabdrift bedingt nur eine eher kurzlebige, lückige Ackerbegleitflora. In einigen Fällen, vor allem in niederschlagsarmen Jahren wird der Bereich zwischen den Reihen möglicherweise nicht mit Ackerwildkräutern besiedelt. Dieser offene, unbewachsene Boden ist, gerade nach langen Trockenperioden, Wind- und Wassererosion schutzlos ausgeliefert. Schon über einen vergleichbar kurzen Zeitraum von 3-5 Jahren hat dies ggf. drastisch negative Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit, da es zu rapiden Humusabbau kommt. Vor dem Hintergrund der uns bevorstehenden, wahrscheinlich von Trockenheit geprägten Jahre ist diese Maßnahme auch auf kleineren Ackerabschnitten pflanzenbaulich nicht zu verantworten.
7. Die Verteilung der NDVI Werte zeigt eine signifikante moderate Korrelation ($R^2=0,035$ $p<0,001$) mit den Gesamtdeckungsgraden (Kulturpflanze + Ackerwildkräuter). Die NDVI-Werte der Maßnahmenflächen sind im Vergleich zur jeweiligen Referenzfläche mit Ausnahme des Hafers mit Luzerne Untersaat nur geringfügig niedriger. Die textur- und landschaftskontext bedingten mikroklimatischen Unterschiede scheinen den Effekt unterschiedlicher Bewirtschaftungsweisen auf die NDVI-Werte größtenteils zu überlagern. Dies wird beispielsweise anhand der niedrigeren NDVI-Werte des Hafers auf einem lehmig-sandigen Bereich des Schlags im Vergleich zum Hafer auf einem Ackerabschnitt mit lehmiger Textur ersichtlich. Gleichermaßen ist die Differenz der NDVI-Werte des Öko-Silomais auf lehmigem Boden in Relation zu den NDVI-Werten des konventionellen Silomais auf einem sandigen Standort auffällig geringer. Hier spielt offenbar ebenfalls der landschaftliche Kontext eine große Rolle. Die Nähe zur Elbe verschafft den Öko-Flächen über die Taubildung eine zusätzliche Wasserressource. Auf den genannten Standorten ist ebenfalls durch die texturbedingte höhere Wasserspeicherkapazität die Nährstoffverfügbarkeit und somit Pflanzenvitalität höher. Dies ist ein Faktor, der ebenfalls zur Erhöhung der NDVI-Werte beiträgt. Hier wird deutlich, wie wichtig alle pflanzenbaulichen Maßnahmen sind, die durch einen konstant bewachsenen Boden das Wasser in der Landschaft halten, vor allem in Zeiten des Klimawandels. Die Erhebung und Evaluierung des NDVI stellt eine wertvolle Möglichkeit dar erste Abschätzungen möglicher Ertragsreduktionen als Konsequenz der Teilflächenextensivierung durchführen zu können. Insgesamt scheinen die Ertragsdifferenzen jedoch, aufgrund des erhöhten Bestockungsgrads des Getreides in der Weiten Reihe sehr gering zu sein. Um die Ertragsunterschiede tatsächlich quantifizieren zu können, ist ein Vergleich mit Ertragsdaten angeraten.

5 Schlussfolgerung

Die Weite Reihe mit oder ohne eine Untersaat bei Verzicht auf die Ausbringung von mineralischer Düngung und chemisch-synthetischen Pflanzenpflanzenschutzmitteln ist ein sinnvoller Baustein eines vielfältigen Repertoires unterschiedlicher Maßnahmen zu Teilflächenextensivierung. Diese These wurde durch die vorliegenden Ergebnisse über die Zunahme der Arten- und Individuenzahlen sowie die Biomassen und Deckungsgrade der Indikatorengruppen bestätigt. Die vermehrte Generierung von Arthropodenbiomasse in den Maßnahmenflächen ist für agrarökosystemare Nahrungsnetzwerke von erheblicher Bedeutung: somit können die Maßnahmen insgesamt zur Förderung der Biodiversität in der Agrarlandschaft beitragen.

Dies ist vor allem im Zusammenhang der Förderung funktioneller Biodiversität von großer Bedeutung. Zusammenfassend ist zu sagen, dass durch diese vergleichbar einfache Variante der Teilflächenextensivierung Refugien in der Ackerfläche selbst geschaffen werden, die, wie diese Studie tendenziell belegt, das Potential aufweisen, auch die am stärksten vom Artenrückgang betroffene, sensible Rote-Liste Ackerfauna gezielt zu fördern.

Die Gestaltung der Maßnahmen muss den standörtlichen Gegebenheiten (abiotischen Faktoren und landschaftliche Einbettung) angepasst sein, damit ihr biodiversitätsförderndes Potential für den Artenschutz effektiv genutzt werden kann. Über die Verbindung der Maßnahmenflächen mit überjährig bestehenden Landschaftselementen kann ein wertvoller Beitrag zur Biotopvernetzung geleistet werden. Eine Maßnahmenbreite von 9 m sollte keinesfalls unterschritten werden, um zumindest in Teilbereichen der Maßnahmenflächen die negativen Effekte abgedrifteter Pflanzenschutzmittel möglichst gering zu halten (Fluhr-Meyer & Adelman 2020).

Der Ökolandbau ist vermutlich keine per se biodiversitätsfördernde Landbaumethode, auch dort sind Maßnahmen der Teilflächenextensivierung wichtig, um den Rückgang epigäischer Raubarthropoden zu unterbinden (Birkhofer et al, 2014). Dies ist vor allem im Hinblick der Förderung natürlicher Antagonisten von Pflanzenschädlingen zu beachten.

Ohne die Entwicklung einer Wildkrautflora zwischen den Reihen ist die Weite Reihe ohne Untersaaten vor allem auf sehr leichten oder schweren Standorten aus Bodenschutzgründen als fragwürdig zu betrachten. Eine in reduzierter Aussaatstärke gedrillte Untersaat ermöglicht die Etablierung einer Ackerwildkrautflora. Vor allem Leguminosen scheinen ein essentiell biodiversitätsförderndes Element der Gemengepartner von Untersaaten darzustellen (Cass et al. 2014). Grundsätzlich sollte in Folgeprojekten spezifischer geprüft werden, welche Form der Maßnahme sich für welchen Bodentextur und landschaftlichen Kontext eignet. Im Getreide lässt sich die Weite Reihe Aussaat technisch ohne größere Probleme umsetzen. Die erfolgreiche Etablierung einer Untersaat benötigt dagegen etwas mehr pflanzenbauliches Fachwissen, insbesondere in niederschlagsärmeren Gebieten. Dort kommt es bei der Untersaat vor allem auf die Auswahl geeigneter Sätechnik sowie trockenheitsangepasster Arten und Sorten an. Die Aufnahme dieser schlagintegrierten Maßnahmen zur Teilflächenextensivierung in den Katalog der geförderten Agrarumweltmaßnahmen könnte aber dazu führen, dass sich auch konventionelle Landwirte über finanzielle Anreize mit dem pflanzenbaulich anspruchsvolleren Mischkulturenanbau beschäftigen, der längerfristig zur Erhöhung vieler produktionsrelevanter Ökosystemdienstleistungen führen dürfte (Altieri, 1999).

Darüberhinaus könnte über entsprechende Bildungsangebote das Konzept eines produktions- und artenschutzrelevanten "landsharings" mehr in das Bewusstsein von Landwirten und politischen Entscheidungsträgern gelenkt werden. Es ist von essentieller Bedeutung zu vermitteln, dass Artenschutzmaßnahmen in Ackerflächen nicht nur dazu beitragen speziellen Artenschutz zu betreiben, sondern vielmehr, dass dringlicher Handlungsbedarf für die Umsetzung dieser Maßnahmen besteht, um die Funktionsfähigkeit von Agrarökosystem, die unsere Lebensgrundlage darstellen auch in Zukunft zu erhalten.

Anhang

Anhang 1 Einzelergebnisse 2019

Anhang 1.1 Laufkäfer- und Spinnenarten 2019

Im Bereich der Ackerkulturen waren die höchsten Artenzahlen von Laufkäfern und Spinnen in der Luzerne KO6 zu verzeichnen, mit einem Maximum von 14 bzw. 18 Arten (Abbildung 6). Des Weiteren zeigten der ökologisch bewirtschaftete Winterweizen (KO5) sowie der konventionell bewirtschaftete Winterweizen (GB-MO) mit 8 bzw. 14 Arten im Maximum vergleichsweise hohe Artenzahlen. Damit waren die Artenzahlen auf den Ökoflächen (KO5, KO6) sowie im konventionellen Winterweizen GB-MO im Maximum um ca. 30 % höher als auf den übrigen konventionell bewirtschafteten Ackerschlägen.

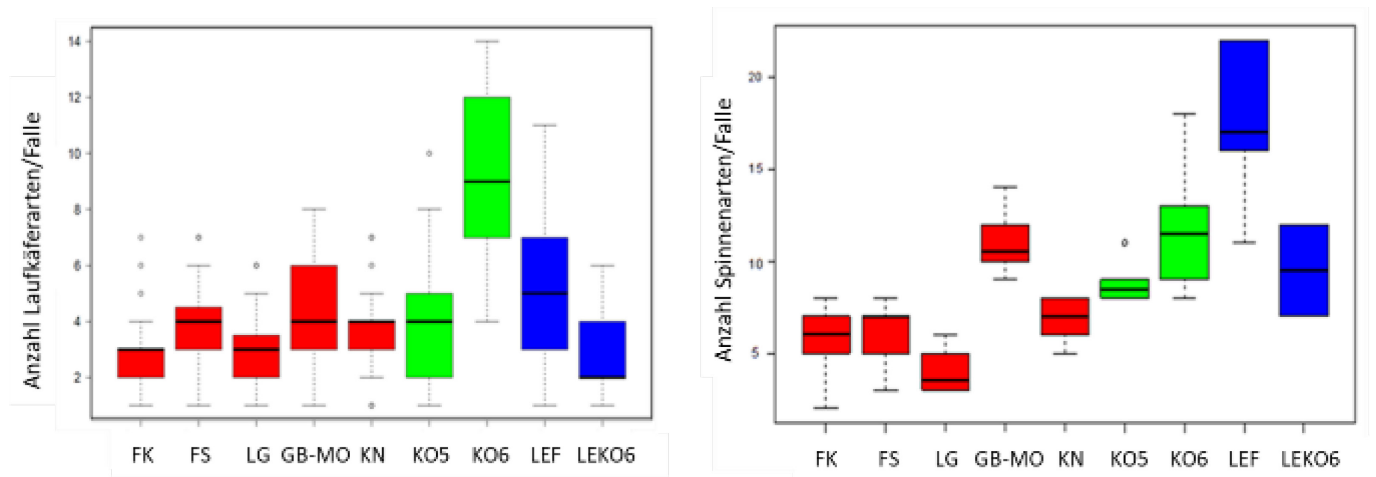


Abbildung 27: Anzahl Laufkäfer und Spinnenarten pro Falle je Untersuchungsfläche, dokumentiert im Erfassungsjahr 2019

Überdies wiesen im Hinblick auf die Artenabundanz der Spinnen die Landschaftselemente LEF und LEKO6 mit 22 bzw. mit 13 Arten im Maximum im Vergleich zum Großteil der konventionell bewirtschafteten Ackerschläge sehr hohe Artenzahlen auf.

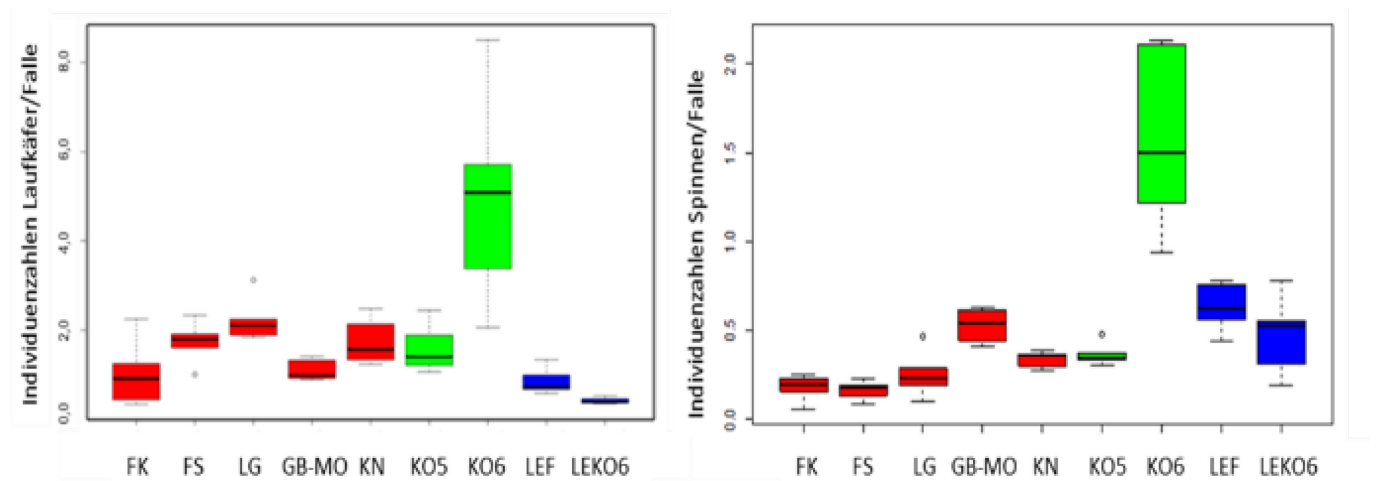


Abbildung 28: Anzahl Individuen Laufkäfer und Spinnen pro Falle je Untersuchungsfläche erfasst im Untersuchungsjahr 2019

Anhang 1.2 Aktivitätsdichten Laufkäfer und Spinnen 2019

Die höchsten standardisierten Aktivitätsdichten von Laufkäfern und Spinnen waren in der Luzerne (Koppel 6) zu verzeichnen, sie waren im Vergleich zu den übrigen Untersuchungsflächen um das bis zu 3-fache (Spinnen) und im Bereich der Laufkäfer um das bis zu 4-fache höher. Ähnlich wie bei den Artenzahlen wurden im Bereich der Spinnen höhere Aktivitätsdichten im konventionellen Winterweizen GB-MO auf lehmiger Textur sowie den Landschaftselementen LEF und LEKO6 erfasst. Alle drei Beprobungsflächen wiesen hohe Gesamtdeckungsgrade der Vegetation auf.

Dagegen wurden im lückigen, konventionell bewirtschafteten Winterweizen ermittelt und im Öko-Winterweizen (KO5), ebenso wie in Sommerungen mit langsamer Jugendentwicklung (FS, LG) im Mittel um 15 % höhere Aktivitätsdichten der Laufkäfer dokumentiert.

Anhang 1.3 Ackerwildkräuterarten 2019

Die höchsten Artenzahlen der Ackerwildkräuter wurden im ökologisch bewirtschafteten Winterweizen ermittelt und zum Erfassungszeitpunkt Mitte Mai in der Jugendentwicklung befindlichen lückigen stehenden Zuckerrübenkultur (FK) sowie im Mais (LG) im 4 - 6 Blattstadium auf toniger Textur.

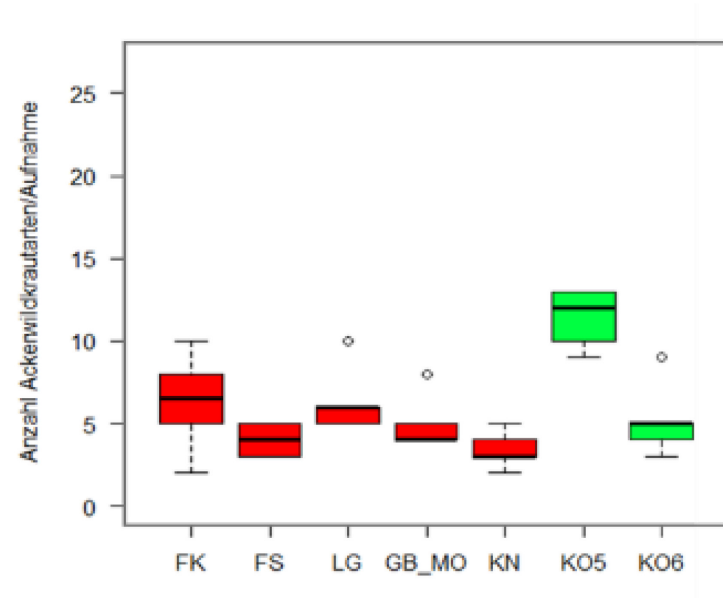


Abbildung 29: Anzahl Ackerwildkräuterarten je Vegetationsaufnahme je Untersuchungsfläche, dokumentiert im Erfassungsjahr 2019

Anhang 1.4 Gesamtdeckung Vegetation und Wildkräuter 2019

Die Öko-Luzerne (KO6) auf lehmig bis lehmig-sandiger Textur wies um das 4-fache höhere Deckungsgrade von Ackerwildkräutern auf. Der Öko-Winterweizen zeigte die höchsten Artenzahlen, jedoch vergleichsweise niedrige Deckungsgrade der Ackerwildkräuter. Der konventionelle Winterweizen (GB-MO) und Mais (LG) jeweils auf Standorten auf lehmigen, bzw. lehmig-tonigen Böden mit texturbedingtem erhöhten Wasserhaltevermögen zeigten die höchsten Deckungsgrade im Bereich der konventionellen Schläge.

Die höchste Gesamtdeckung wurde im konventionellen Winterweizen (GB-MO) und in der Öko-Luzerne (KO6) erfasst. Dass die Landschaftselemente (LEF) und (LEKO6) die höchsten Deckungsgrade der Wildkräuter aufwiesen muss an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden. Im ökologisch (KO5) und konventionell (KN) bewirtschaftete Winterweizen wurden ebenfalls hohe Gesamtdeckungsgrade der Vegetation (Kultur + Ackerwildkräuter) erfasst, wobei KN, lückige Bestandesdichte der Kulturpflanze, jedoch aber vergleichsweise hohe Deckungsgrade der Ackerwildkräuter aufwies. Die niedrigsten Gesamtdeckungsgrade wurden in den in der Jugendentwicklung befindlichen Sommerungen (FK, FS und LG) dokumentiert.

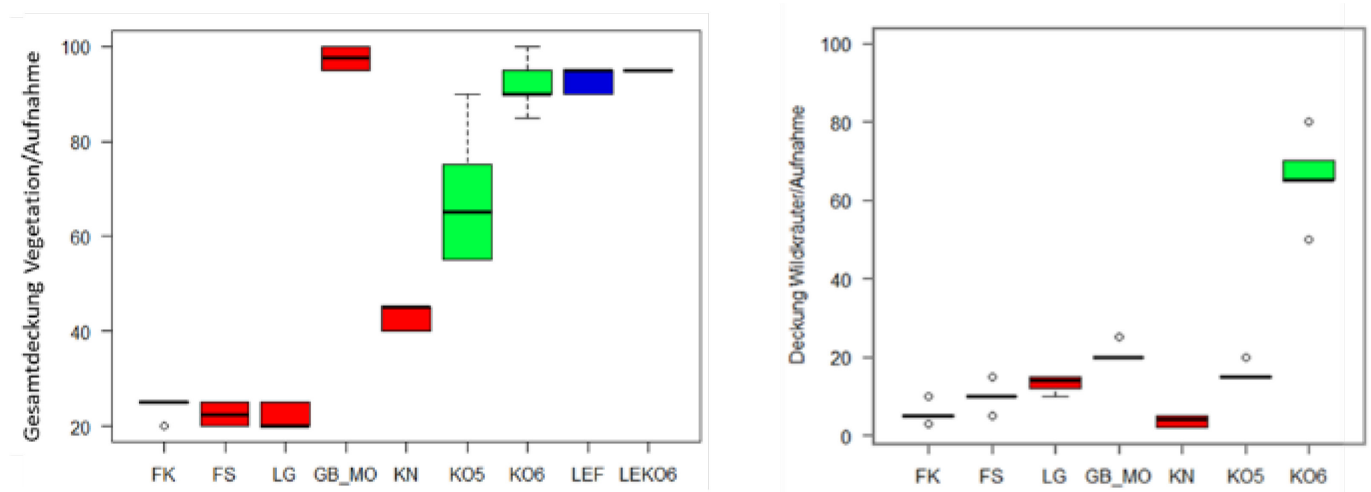


Abbildung 30: Gesamtdeckung Vegetation (Kultur + Ackerwildkräuter) und der Deckungsgrad der Ackerwildkräuter in [%] je Vegetationsaufnahme erfasst im 1. Untersuchungsjahr 2019

Anhang 1.5 Rote Liste Arten Spinnen und Laufkäfer 2019

Die höchsten Dominanzanteile der Rote Liste Arten, gefährdeter (RL-D.: 3) oder stark gefährdeter (RL-D.: 2) Arten der Laufkäfer (linke Abbildung) wurden in der Zuckerrübe (FK, FS) und im konventionell bewirtschafteten

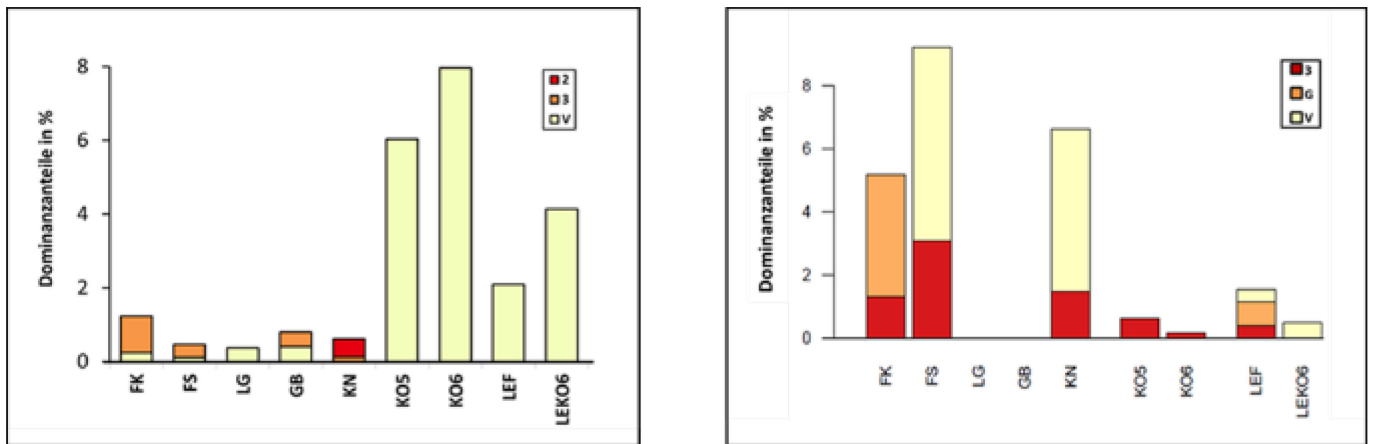


Abbildung 31: Dominanzanteile (Individuenanteile) in [%] der Rote Liste Arten von Laufkäfer, linke Abbildung und Spinnen, rechte Abbildung identifiziert im Erfassungsjahr 2019

Winterweizen (KN, GB) erfasst. Die ökologisch bewirtschafteten Äcker (KO5, KO6) beherbergten bis zu 8 % Arten der Vorwarnstufe. Im Bereich der Spinnen wurden bis zu 3 % stark gefährdete Arten in den Untersuchungsflächen des Zuckerrübenschlags (FK,FS) erfasst. Auch das nördlich daran angrenzenden Landschaftselement, die Feldhecke LEF wies gefährdete und stark gefährdeter Arten auf. Der konventionell bewirtschaftete Winterweizen (KN) zeigte ebenfalls hohe Dominanzanteile der stark gefährdeten Spezies, sowie von Arten der Vorwarnliste. In diesem Schlag wurden im Vergleich zur Bestandsdichte der Kultur, hohe prozentuale Anteile von Ackerwildkräutern dokumentiert.

Anhang 1.6 Schwerpunktlebensräume von Spinnen und Laufkäfern

Bis zu 90 % der Laukäfer- und 80 % der nachgewiesenen Spinnenarten sind typische Ackerbesiedler. In den Sommerungen (FK, FS) sowie im lückig stehenden Winterweizen auf sandiger Textur (KN) wurden die höchsten Dominanzanteile der Trockenrasen bzw. Sandäcker besiedelnden Laufkäferarten nachgewiesen. Die Landschaftselemente und die Luzerne im zweiten Standjahr zeigten die höchsten Dominanzanteile von Laufkäferarten der Ruderalflur.

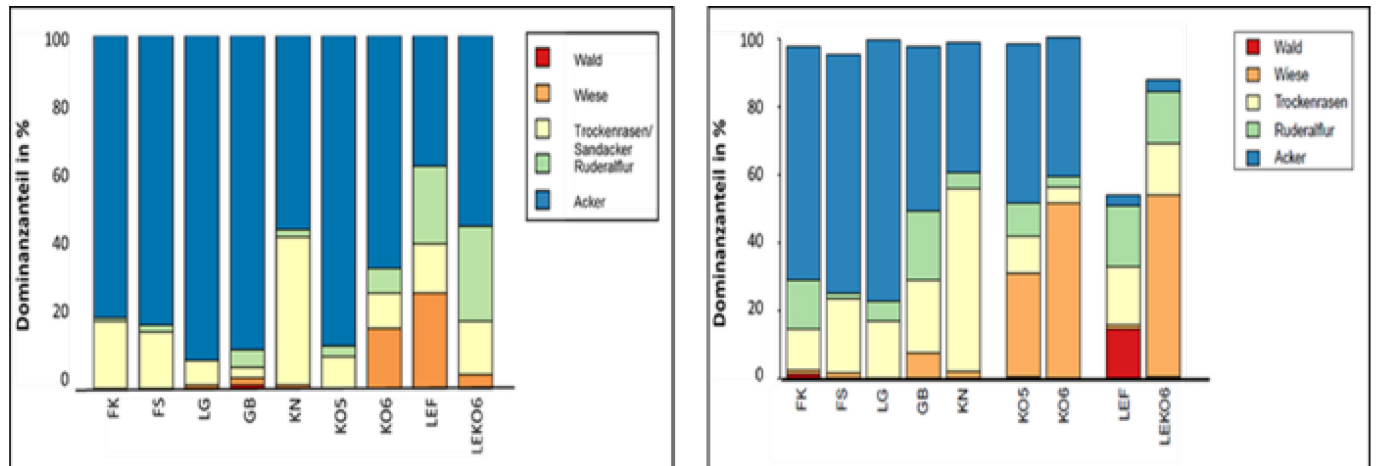


Abbildung 32: Schwerpunktlebensräume der Indikatorengruppen Laufkäfer und Spinnen dokumentiert im Erfassungsjahr 2019

Hinsichtlich der Schwerpunkthabitate der erfassten Spinnenarten heben sich insgesamt die Öko-Koppeln und Landschaftselemente deutlich von den übrigen Beprobungsflächen ab. Sie wiesen bis zu 60 % Grünlandarten auf. Ausschließlich im Heckenelement LEF wurden, mit einem Dominanzanteil von knapp 20 % auch typischerweise überwiegend Waldhabitate besiedelnde Arten erfasst. Die Darstellung der Schwerpunktlebensräume der Spinnen summiert nicht auf 100 % auf, da ein geringer Dominanzanteil der Arten nicht den dargestellten Lebensraumkategorien zuzordnen ist.

Anhang 1.7 Biomasse Spinnen, Laufkäfer, Gesamtbiomasse 2019

Das Muster der Verteilung der Biomassewerte von Laufkäfern und Spinnen zeichnet ein ähnliches Bild wie die Verteilung der Aktivitätsdichten der beiden Indikatorengruppen. Bei den Laufkäfern sind die Biomassewerte in der Luzerne (KO6) und im Öko-Winterweizen (KO5) im Maximum 3 - 4 mal höher als auf den übrigen beprobten Flächen. Ebenso war in den Sommerungen (FK, FS, LG) die Biomasse der Laufkäfer etwas höher als im Winterweizen. Die Biomassewerte der Spinnen dagegen waren erneut höher in der Luzerne und in den Kulturen bzw. den Landschaftselementen mit den höchsten Gesamtdeckungsgraden der Pflanzenbestände den Öko-Schlägen (KO5 und KO6) sowie im Landschaftselement LEKO6 wurden im Maximum die höchsten Biomassewerte erfasst. Sie war um das zu 3 bis 6-fache höher als auf den übrigen Untersuchungsflächen.

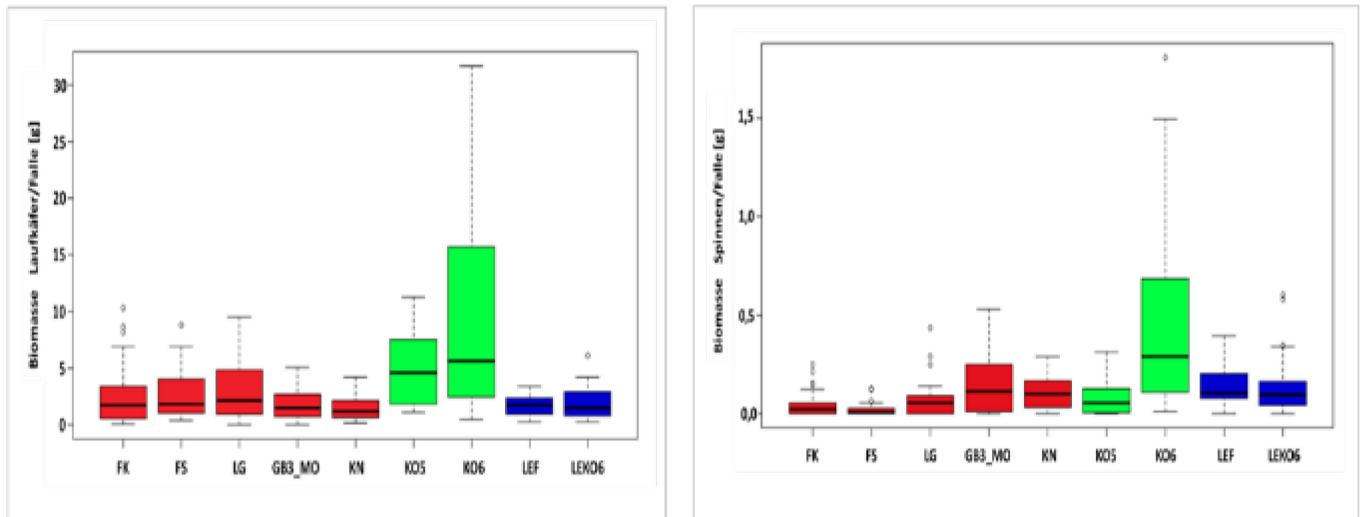


Abbildung 33: Biomassewerte von Laufkäfern und Spinnen pro Falle je Beprobungsfläche erhoben im Untersuchungsjahr 2019

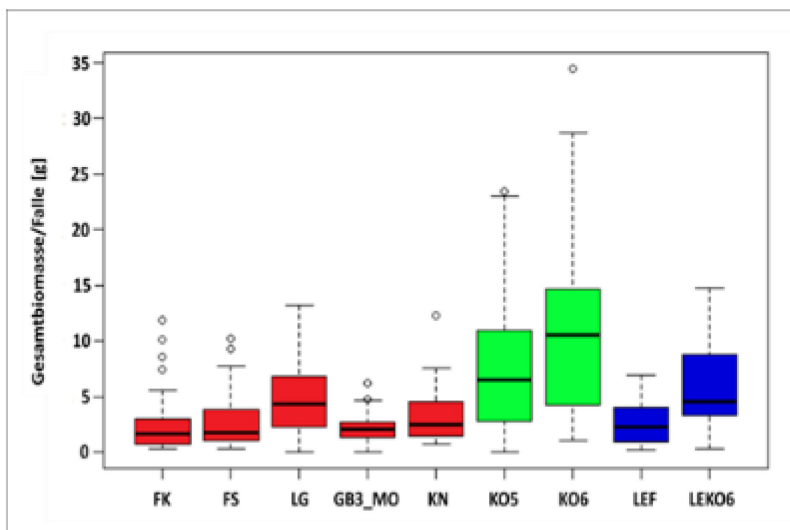


Abbildung 34: Gesamtbiomassewerte (Gewicht des gesamten Falleninhalts vor der Trennung in Indikatoren und der Aussortierung des Beifangs) pro Falle dokumentiert im Erfassungsjahr 2019

Anhang 1.8 Normalisierter Differenzierter Vegetationsindex 2019

Die Sommerungen FK, FS, LG wiesen mit Werten von 0,33 und 0,43 im Median die niedrigsten Vegetationsindexe auf. Die Winterrungen, v.a. der konventionelle (GB-MO) und der Öko-Winterweizen (KO5) auf Lehm bzw. lehmigen Sand sowie die Luzerne im zweiten. Standjahr wiesen die höchsten Werte mit 0,6 - 0,65 auf. Die höchsten Werte und Spannweiten des NDVI wurden auf den Öko-Koppeln erfasst.

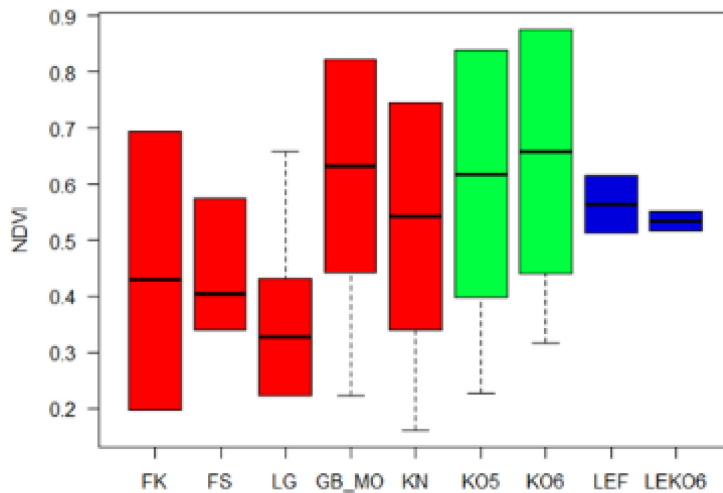


Abbildung 35: Der im Erfassungsjahr 2019 aus den Sentinel 2 Satelliten-Rasterdatensätze (1 Pixel=10 x 10 m) errechnete Normalisierte Differenzierte Vegetationsindex NDVI aus 6 Aufnahmedaten

Anhang 1.9 Vegetationsparameter und faunistische Indikatorengruppen im Erfassungsjahr 2019

Im Erfassungsjahr 2019 war ein gleichzeitiger Anstieg von Ackerwildkräutern und Individuenzahlen der Spinnen zu verzeichnen. Für diesen Zusammenhang ergab sich mit $R^2=0,13$ und $p<0,001$ eine hochsignifikante, mittel starke Korrelation. Die Individuenzahlen der Laufkäfer dagegen zeigten dagegen nur eine sehr schwache, gering signifikante Korrelation ($R^2=0,013$, $p=0,03$) mit den Deckungsgraden der Ackerwildkräuter.

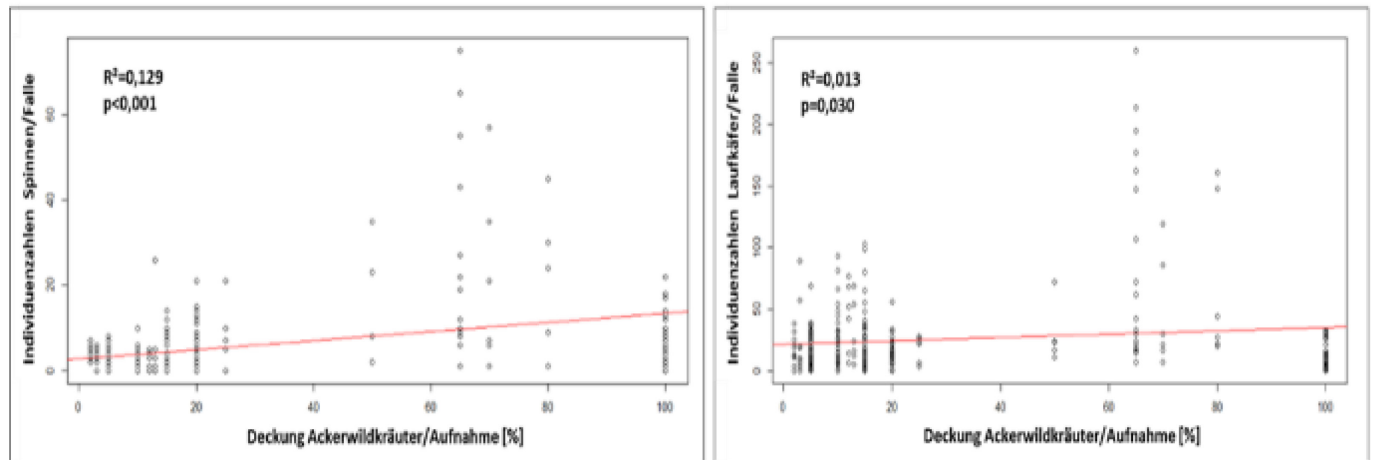


Abbildung 36: Aktivitätsdichten von Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit dem Deckungsgrad der Ackerwildkräuter im Erfassungsjahr 2019

Ebenso, konnte mit der Steigerung der prozentualen Gesamtdeckung (Kulturpflanze + Wildkräuter) ein Anstieg der Aktivitätsdichten der Spinnen beobachtet werden. Dieser Zusammenhang wies eine mittlere, hochsignifikante Korrelation ($R^2=0,125$ und $p<0,001$) auf.

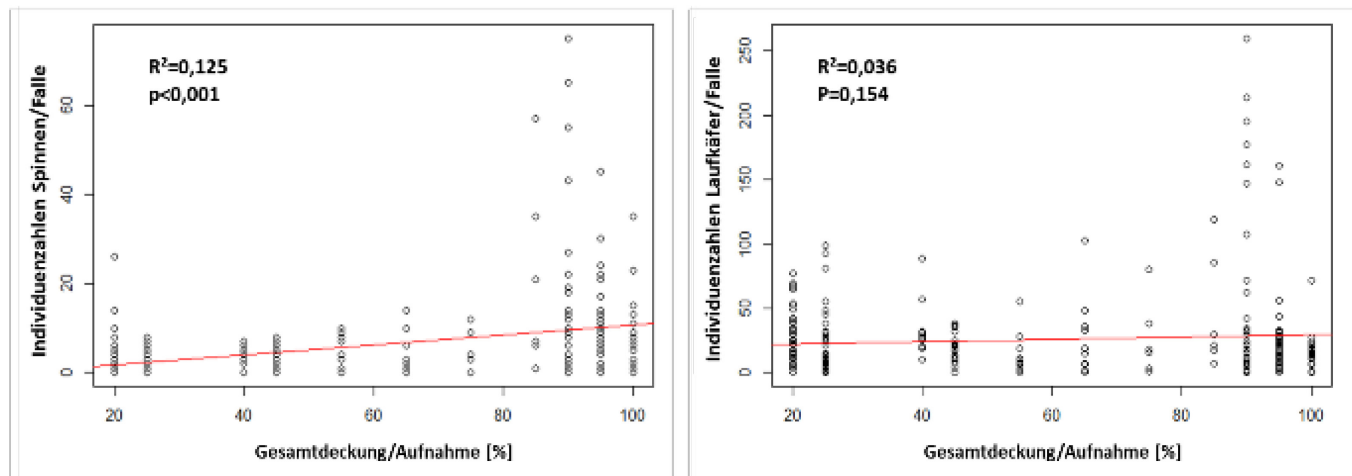


Abbildung 37: Aktivitätsdichten von Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit dem Gesamtdeckungsgrad der Vegetation im Erfassungsjahr 2019

Auch in diesem Fall zeigte Verteilung der Aktivitätsdichten der Laufkäfer kein eindeutiges Muster. Die Korrelation zwischen dem Gesamtdeckungsgrad der Vegetation und der Aktivitätsdichte der Laufkäfer war nicht signifikant ($R^2=0,036$, $p=0,154$). Ein mit den Deckungsgraden der Ackerwildkräuter und der Gesamtdeckung korrespondierendes Bild ergab sich für den Zusammenhang zwischen den Individuenzahlen der Spinnen und dem Vegetationsindex NDVI.

Mit einer Erhöhung des NDVI war ein Anstieg der Individuenzahlen der Spinnen zu beobachten. Für diesen Zusammenhang wurde eine hochsignifikante, geringe Korrelation errechnet ($R^2= 0,1068$; $p < 0,001$). Die Korrelation zwischen NDVI und den Individuenzahlen der Laufkäfer war ebenfalls sehr gering ($R^2=0,07325$; $p < 0,001$).

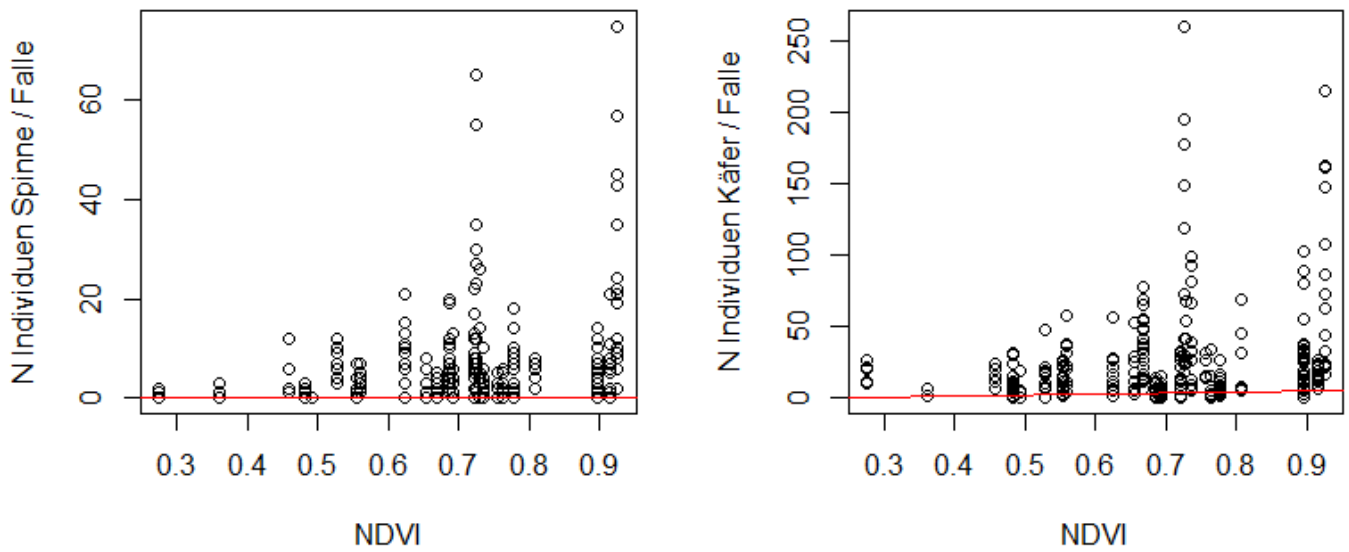


Abbildung 38: Aktivitätsdichten Spinnen und Laufkäfer in Verbindung mit dem Vegetationsindex NDVI, im Erfassungsjahr 2019

Anhang 1.10 Permanova Spinnen und Laufkäfer 2019

Über die permutative, multivariate Varianzanalyse PERMANOVA zur Bewertung des Einflusses standort- und managementspezifischer Faktoren auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften von Spinnen und Laufkäfern im Untersuchungsjahr 2019 konnten drei signifikante bzw. hochsignifikante Einflussfaktoren ermittelt werden: Die Bewirtschaftungsform (konventionell versus ökologisch), die Fruchtart (indirekt die Bestandesdichte und -architektur) und der Boden (Textur variierend von lehmig-sandig bis lehmig-tonig). Die Korrelationskoeffizienten von $R^2=0,17$ und $0,18$ indizierten einen starken Zusammenhang zwischen der Feldfrucht der Artengemeinschaften von Spinnen und Laufkäfern. Der Einfluss der Bodenart und der Bewirtschaftungsform auf die Laufkäferzönosen ist mit $R^2= 0,021$ und $0,018$ als schwach einzustufen.

Tabelle 9: Ergebnisse PERMANOVA-Analyse zum Einfluss der Testfaktoren auf die Zusammensetzung der Laufkäfer Artengemeinschaften, im Erfassungsjahr 2019.

Faktor	Df	SS	MS	F Model	R ²	P	
Bewirtschaftungsform	1	1,835	1,8352	6,6609	0,01778	0,001	***
Feldfrucht	4	17,935	4,4836	16,2739	0,17380	0,001	***
Bodenart	2	2,162	1,0809	3,9231	0,02095	0,001	
Residual	246	67,776	0,2755		0,65681		***
Total	299	103,198			1,0000		

Df= Degrees of Freedom, SS= Sum of Squares, MS= Mean Squares, p= Probability Value, R^2 = Korrelationskoeffizient, Signifikanz-Kodierung: 0,001= *** hochsignifikante, 0,01= ** signifikant, 0,05= * schwache Korrelation

Im Gegensatz dazu schien vor allem die Bewirtschaftungsform mit $R^2=0,28$ eine starke Auswirkung auf die Artengemeinschaften der Spinnen zu haben. Ebenso hat die Bodenart einen stärkeren Effekt auf die Spinnenzönosen als auf die Artengemeinschaften der Laufkäfer und ist mit $R^2=0,16$ als moderat einzustufen (Vergleich Tabelle 1 und Tabelle 2).

Tabelle 10: Ergebnisse der PERMANOVA-Analyse zur Bewertung möglicher Einflussfaktoren auf die Zusammensetzung der Artengemeinschaften der Spinnen im Erfassungsjahr 2019.

Faktor	Df	SS	MS	F Model	R ²	p	
Bewirtschaftungsform	1	1,6031	1,6031	17,2173	0,218	0,001	***
Feldfrucht	3	1,3500	0,4500	4,8331	0,1836	0,001	***
Randeffekt	5	0,4112	0,0823	0,8833	0,0559	0,683	
Bodenart	2	1,1953	0,5977	6,4191	0,1626	0,001	***
Residual	30	2,7932	0,0931		0,3799		
Total	41	7,3528			1,0000		

Df= Degrees of Freedom, SS= Sum of Squares, MS= Mean Squares, p= Probability Value, R^2 = Korrelationskoeffizient, Signifikanz-Kodierung: 0,001= *** hochsignifikante, 0,01= ** signifikant, 0,05= * schwache Korrelation

Anhang 1.11 Kurzfassung zentraler Ergebnisse des 1. Untersuchungsjahrs 2019

Aus den Ergebnissen des 1. Erfassungsjahrs 2019 konnte tendenziell abgeleitet werden, dass sowohl die Bestandesdichte als auch die Variabilität der Blattmorphologien (höhere Artenzahlen Ackerwildkräuter, bzw. Luzerne im zweiten Standjahr) einen Einfluss auf das Vorkommen der Indikatorengruppen Laufkäfer und Spinnen hat.

Einige Studien, die die Zusammensetzung von Laufkäfer- und Spinnenzönosen in Agrarökosystemen dokumentierten fanden, dass mit einer Zunahme der strukturellen Variabilität von Kulturpflanzenbeständen sowohl die Aktivitätsdichte als auch die Artendichte zunahm (Thomas et al. 2006; Roubah et al. 2004). Aus den Ergebnissen des ersten Erfassungsjahrs 2019 konnte tendenziell abgeleitet werden, dass sowohl die Bestandesdichte als auch die Variabilität der Blattmorphologien (höhere Artenzahlen Ackerwildkräuter, bzw. Luzerne im 2. Standjahr) einen Einfluss auf das Vorkommen der Indikatorengruppen Laufkäfer und Spinnen hat.

Positiv signifikante Korrelation konnten für die Spinnen identifiziert werden: Es zeigte sich, dass die Individuenabundanz der Spinnen in dichteren Pflanzenbeständen bis zu einem Gesamtdeckungsgrad von 90 % der Pflanzenbestände (Kulturpflanzen + Wildkräuter) um das 3-fache ($R^2=0,125$; $p<0,001$) Anstieg. Pflanzenbestände mit höheren Deckungsgraden der Ackerwildkräuter von bis zu 40 % wiesen im Mittel um bis zu 50 % höhere Individuenzahlen ($R^2=0,13$; $p<0,001$) der Spinnen auf. In Studien von Rypstra et al. (1999) und Sunderland & Samu (2000) konnte aufgezeigt werden, dass diese Spinnen über eine zunehmende Vielfalt an architektonischen Merkmalen von Pflanzenbeständen gefördert werden können, sowohl durch die Erhöhung der Arten- und Individuen Abundanz der Beutetiere als auch durch das vermehrte Vorhandensein von Konstruktionsmöglichkeiten für Fangnetze.

Für die Laufkäfer zeichnete sich im Hinblick auf die Dichte der Pflanzenbestände ein partiell gegenläufiges Muster ab. Für die Zusammenhänge zwischen faunistischen (Aktivitätsdichte) und floristischen Parametern (Gesamtdeckungsgrad, Deckungsgrad Ackerwildkräuter, NDVI) konnten für Laufkäfer ausschließlich geringe, nicht oder nur schwach signifikante, teilweise negative Korrelationen errechnet werden. Mit $R^2=0,036$ und $p=0,135$ konnte keine Abhängigkeit der Individuenzahl der Laufkäfer vom Gesamtdeckungsgrad der Pflanzenbestände aufgezeigt werden. Ebenso für den Zusammenhang zwischen der pflanzenmorphologischen Diversität (Deckungsgrad Ackerwildkräuter) der Pflanzenbestände und den Individuenzahlen konnte nur eine schwache Korrelation ($R^2=0,013$ und $p=0,03$) bestimmt werden.

Für die Laufkäfer- und Spinnenartenzahlen ergab sich ein weniger eindeutiges Muster. Jedoch zeigte sich im Bereich der Laufkäferarten Auffälligkeit. Die Großlaufkäferart *Calosoma maderae*, eine ursprünglich "Steppenböden" (Gebert, 2019) und in der Agrarlandschaft lückige Ruderalfluren bevorzugende Rote-Liste Art wurde ausschließlich in Sommerkulturen mit geringen Gesamtdeckungsgraden (60 %) erfasst. Auf diesen Standorten war der Anteil der xerophilen Arten um bis zu 20 % höher. Die Ökologen Pfiffner & Luka (2003) beobachteten ebenfalls, dass omnivore Großlaufkäfer, vor allem *Carabus sp.* vermehrt in lückigeren Beständen vorkamen. Dies könnte darauf zurück zu führen sein, dass der geringere Raumwiderstand einen energieeffizienteren Beutefang sowie die Migration zwischen verschiedenen Habitaten ermöglicht (Roubah et al. 2004). Zusätzlich dazu führten die Autoren an, dass in Kulturpflanzenbeständen mit homogen hohen Halm-dichten, die Artenabundanz der Laufkäfer aufgrund der Absenz xerophiler Arten geringer sein könnte (Pfiffner & Luka, 2003).

Auf den ökologisch bewirtschafteten Flächen wurden, insbesondere in der Luzerne im Vergleich zu den konventionellen Ackerflächen im Mittel 30 % bis 40 % höhere Arten- und Individuenabundanzen bzw.

Deckungsgrade der Indikatorengruppen Spinnen, Laufkäfer und Ackerwildkräuter erfasst. Auch die Biomassewerte (Laufkäfer- und Gesamtbiomasse) waren auf den Ökoflächen und in der Luzerne zehnmal höher als im Vergleich zu den konventionell bewirtschafteten Untersuchungsflächen. Die Rahmen der Studie auf den Ökoflächen dokumentierten, 30-40 % höheren Artenzahlen, entsprechen in den in der Metastudie von Bengtson et al. (2005) angegebenen Unterschieden des Biodiversitätsstatus von ökologischen im Vergleich zu konventionellen Landnutzungssystemen. Die Ursache hierfür wurde mit der vermehrten Ausbringung und Akkumulation inerte biotoxischer Pflanzenschutzmittel begründet sowie mit der gesteigerten Ausbringung von Mineraldüngern und der dadurch begünstigten Homogenisierung von Pflanzenbeständen und dem damit einhergehenden Verlust von Ackerhabitaten.

Die Integration von Leguminosen, wie z.B. Luzerne in die Fruchtfolge führt zu einer durch ihre von üblichen Ackerkulturen abweichende Bestandesarchitektur und ihre überjährige Nutzung als Rein- oder Mischkultur, z.B. als Untersaat zu einer räumlichen und zeitlichen Diversifizierung von Ackerhabitaten. Über die symbiotische Stickstofffixierung der Leguminosen werden trophische Netzwerke im Boden als auch auf der Bodenoberfläche unterstützt. Die biodiversitätsfördernde Wirkung von Leguminosen auf epigäisch lebende Raubarthropoden wie beispielsweise Laufkäfer wurde von Cass et al. 2014 dokumentiert; sie hebt in diesem Zusammenhang das Potential der Leguminosen zur Förderung natürlicher Gegenspieler von Pflanzenschädlingen hervor. Die Aspekte der Mehrjährigkeit, divergierender Blattmorphologie der Luzerne sowie ihre biodiversitätsfördernde Wirkung auf das Bodenleben könnten auch im Falle der vorliegenden Studie zur Erhöhung von Diversitäts- und Abundanzparametern der Indikatorengruppen geführt haben.

Das ausschließlich im Jahr 2019 beprobte Heckenelement verläuft entlang der nördlichen Schlaggrenze eines fast 30 Hektar großen konventionell bewirtschafteten Ackers. Am Übergang zum Schlaginneren befindet sich ein 6 Meter breiter, mehrjähriger Blühstreifen. Im Mittel wies dieses Landschaftselement bis zu 4-fach höhere Artenzahlen der Spinnen auf, sowie eine höhere Dominanzanteile seltener oder gefährdeter Spinnenarten. Dieses Ergebnis ist womöglich auf die hohe strukturelle Diversität (vielfältige Vegetationszonierung, hoher Artenreichtum der Kraut- und Strauchschicht) dieses Landschaftselements zurück zu führen. Darüber hinaus kann die Hypothese aufgestellt werden, dass möglicherweise eine Kombination aus zwei randlich gelegenen überjährigen, überwiegend "störungsfreien" Habitatstrukturen im Übergangsbereich zum intensiv bewirtschafteten Schlaginneren zu positive synergistischen und komplementären Wirkungspotentialen von Artenschutzmaßnahmen führen kann. Zahlreiche Studien (Bengtson et al. 2003; Batáry et al. 2012; Kremen & Merenlender, 2018) der letzten Jahrzehnte beschäftigten sich mit der Bedeutung und Habitatqualität von Landschaftselementen in ackerbaulich geprägten Agrarlandschaften. In diesem Zusammenhang wurde vor allem die Lebensraumdiversität von Heckenelementen hervorgehoben. Sie bieten nicht nur eine Vielzahl von ökologischen Nischen, sondern überdies eine überjährige "Störungsfreiheit". Sie stellen einerseits wichtige Prognationshabitate, andererseits stellen sie durch ihre räumliche Dimension wichtige Korridor- und Trittstein- und Inselhabitate für viele Tiergruppen dar.

Anhang 2 Einzelergebnisse 2020

Anhang 2.1 Laufkäfer- und Spinnenarten 2020

Die Artenzahlen der Spinnen waren in Maßnahmenflächen signifikant (Wilcoxon-Test, $p < 0.001$) höher (ein Drittel im Median) als in den konventionellen und ökologischen Vergleichsschlägen. Kein Unterschied bestand zwischen den Artenzahlen der Spinnen zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung.

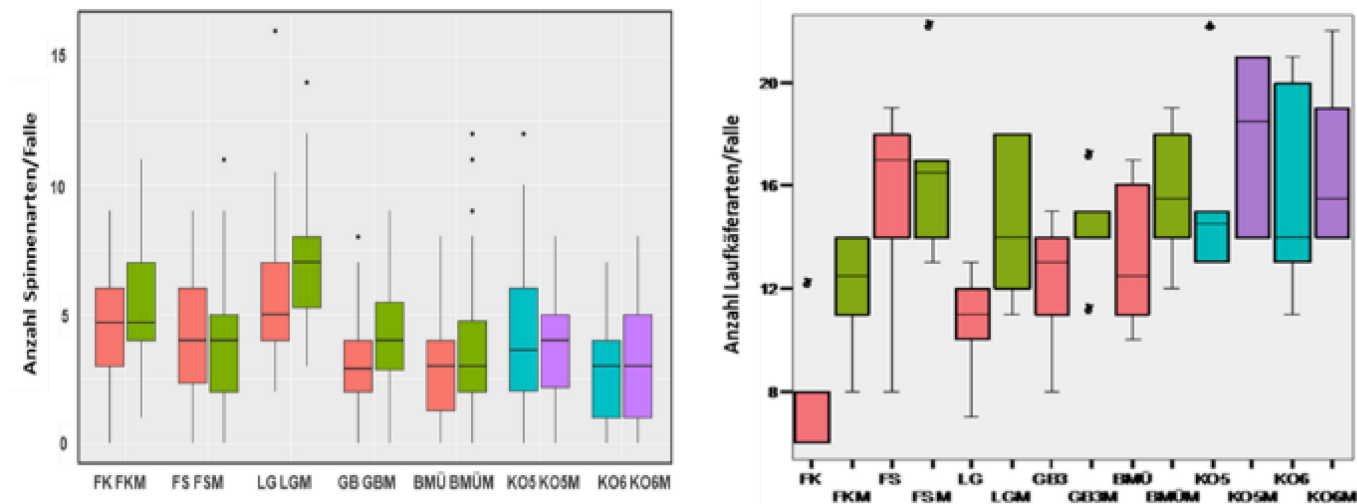


Abbildung 39: Anzahl Laufkäfer und Spinnenarten pro Falle je Untersuchungsfläche, dokumentiert im Erfassungsjahr 2020

Die Anzahl der Laufkäferarten war in den Ökoflächen signifikant (Wilcoxon Test $p = 0,003$) höher, bis zu 50 % im Median als in den konventionellen Beprobungsflächen (Maßnahmen- + Referenzflächen). Insgesamt wurden in den Maßnahmenflächen im konventionellem Mais und Hafer (+Luzerne Untersaat) im Vergleich zu den übrigen konventionell bewirtschafteten Äckern (Maßnahmenfläche + Referenzfläche) im Median 20 - 50 % höhere Artenzahlen der Laufkäfer erfasst.

Anhang 2.2 Aktivitätsdichten Laufkäfer und Spinnen 2020

Die Aktivitätsdichte der Spinnen war in den Maßnahmen- und den ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen signifikant (Wilcoxon-Test, $p < 0.001$) höher (33 % im Median) als in konventionell bewirtschafteten Schlägen.

Die Aktivitätsdichten der Laufkäfer waren in konventionellem Mais und Hafer auf den tonigen Standorten, sowie im Öko-Hafer (Maßnahmen- + konventionelle Vergleichsfläche) waren im Median 30 bzw. 50 % höher als auf den übrigen Beprobungsflächen.

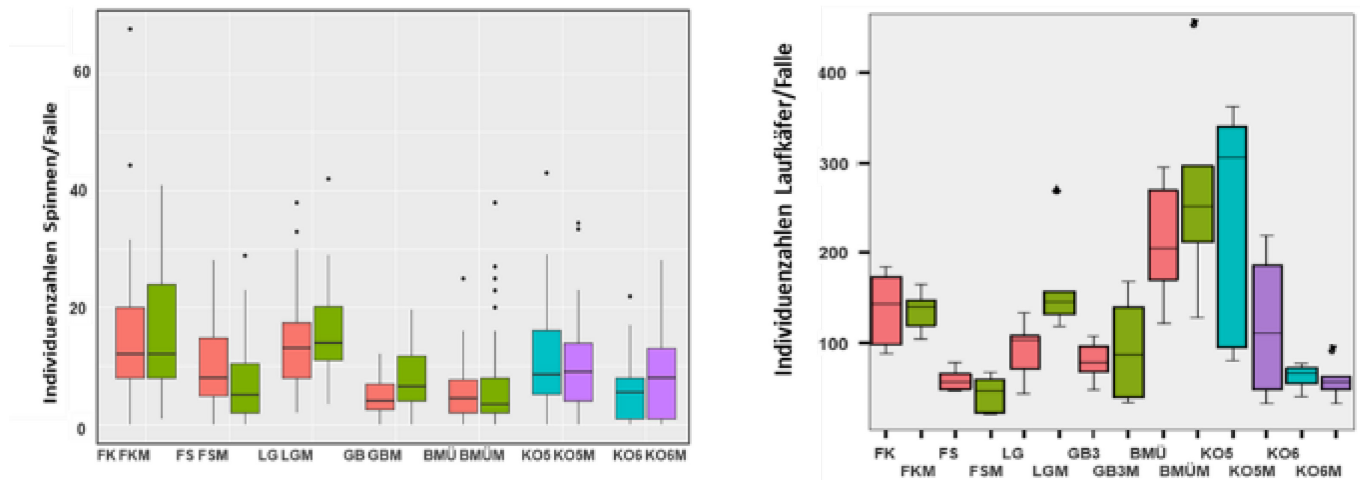


Abbildung 40: Aktivitätsdichten (Individuenzahlen) der Spinnen und Laufkäfer pro Falle je Untersuchungsfläche im Erfassungsjahr 2020

Anhang 2.3 Ackerwildkräuterarten 2020

Die Öko- und Maßnahmenflächen wiesen signifikant (Wilcoxon-Test, $p < 0.001$) höhere Artenzahlen auf als die konventionell bewirtschafteten Vergleichsflächen. Im Öko-Mais und der Maßnahmenfläche im konventionellen Mais waren die Artenzahlen im Median bis um das 4-fache höher.

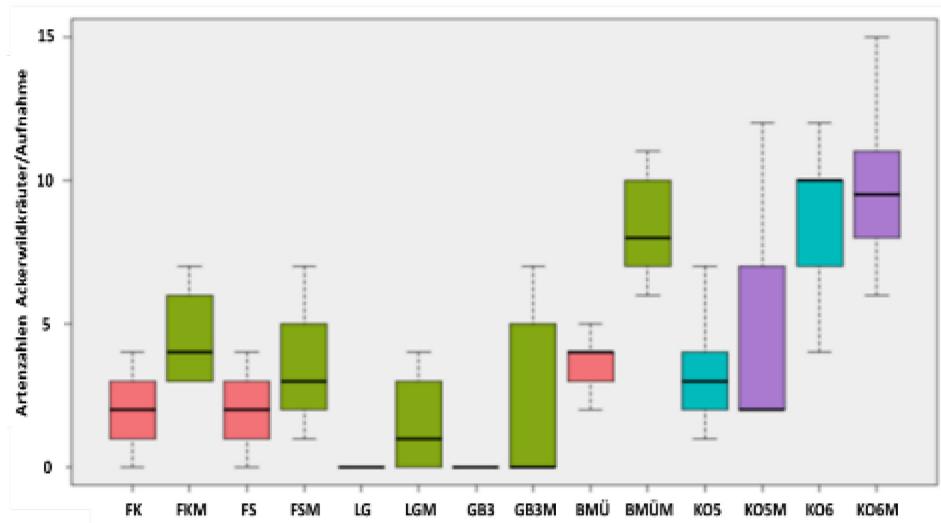
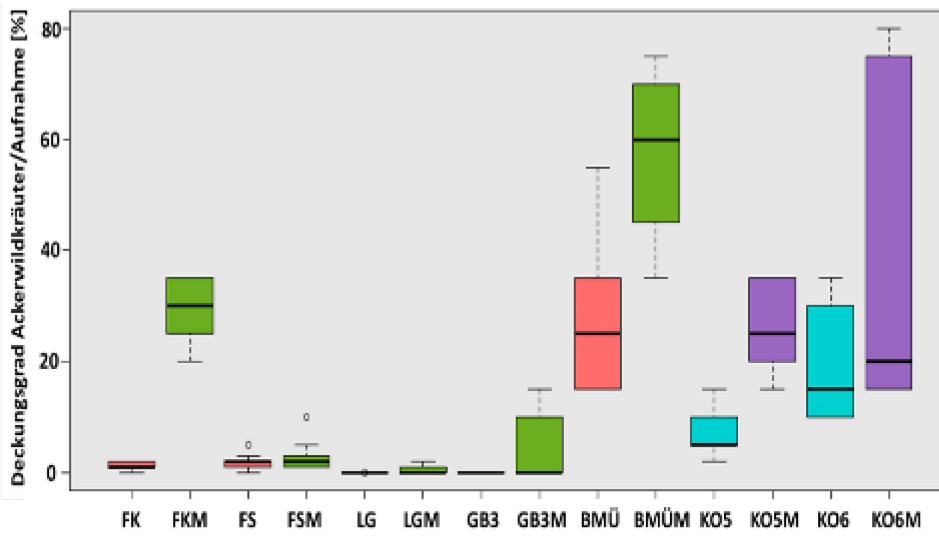


Abbildung 41: Anzahl Ackerwildkräuterarten je Vegetationsaufnahme auf pro Untersuchungsfläche, dokumentiert im Erfassungsjahr 2020

Die Artenzahl in den Maßnahmenflächen im konventionellem Hafer mit lichter Luzerne Untersaat (mit einem mittleren Deckungsgrad von 20 %) war im Median doppelt so hoch wie in den konventionell bewirtschafteten Vergleichsflächen.

Anhang 2.4 Gesamtdeckung Vegetation und Wildkräuter 2020

Deckungsgrade der Ackerwildkräuter von 65 % wurden in der in Maßnahmenfläche (BmüM) erfasst. Mit einem Mittel von 25 - 35 % wiesen die Maßnahmenfläche mit Luzerne-Untersaat im Hafer (FKM), der konventionell bewirtschaftete Mais sowie die Maßnahmenfläche im Öko-Hafer (KO5M) die höchsten mittleren Deckungsgrade auf.



Die höchsten mittleren

Abbildung 42: Deckungsgrad der Ackerwildkräuter in [%] je Vegetationsaufnahme pro Untersuchungsfläche, dokumentiert im Untersuchungsjahr 2020

Im Mittel wurden in den Winterungen die höchsten Gesamtdeckungsgrade (95 %) von Kultur und Ackerwildkräutern in den konventionell bewirtschafteten Untersuchungsflächen im Winterweizen (LG, GB) erfasst. Die Maßnahmenfläche im Hafer mit Luzerne Untersaat (FKM) sowie die konventionelle Referenzfläche (FK) wiesen mit rund 90 % im Durchschnitt die zweithöchsten Deckungsgrade der Gesamtvegetation auf. Der ökologisch (KO6), ebenso der konventionell (Bmü) bewirtschaftete Silomais zeigten zum Erfassungszeitpunkt im Mai im Mittel die niedrigsten Gesamtdeckungsgrade von 58 %. Beide Flächen zeigten im Vergleich dazu hohe Deckungsgrade der Ackerwildkräuter von bis zu 30 %. Dies verdeutlicht, dass es zum Erfassungszeitpunkt im Mai zu einer starken Wachstumskonkurrenz zwischen den Ackerwildkräutern und dem Mais in der Jugendentwicklung kam. Dies führte dazu, dass die Ackerwildkräuter den Mais in der Maßnahmenfläche BmüM, in der im Gegensatz zur ökologisch bewirtschafteten Maßnahmenfläche im Öko-Mais (KO6), keine mechanische Beikrautregulierung erfolgte, ubiquitäre, nitrophile Beikräuter, wie beispielsweise Melde und Kamille den Mais im Höhenwachstum überholte.

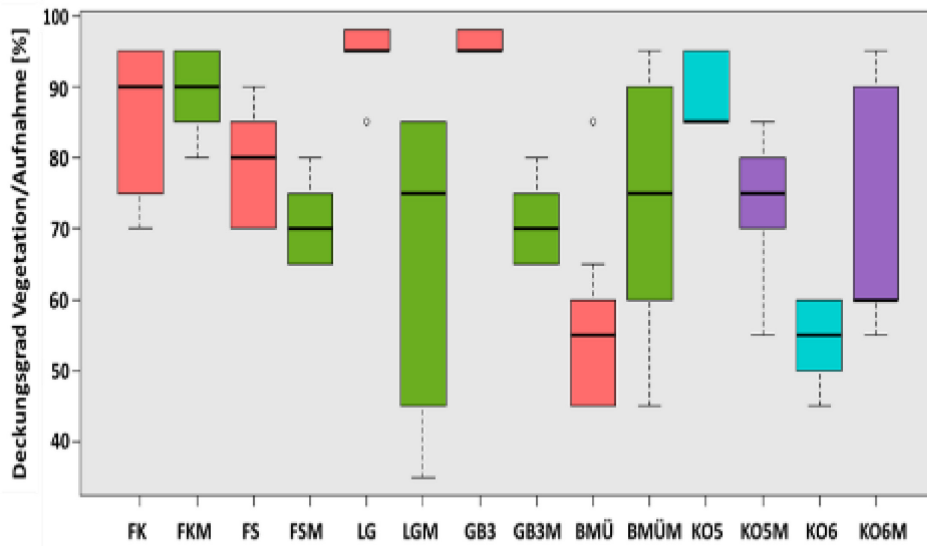


Abbildung 43: Gesamtdeckung Vegetation (Kultur + Ackerwildkräuter) und der Deckungsgrad der Ackerwildkräuter in [%] je Vegetationsaufnahme erfasst im Untersuchungsjahr 2020

Anhang 2.5 Lebensraumstabilität Laufkäfer 2020

Ein signifikant (Wilcoxon-Test, $p < 0,001$) höherer Anteil (35 %) immaturer Laufkäfer, bzw. prozentualer Anteil an Individuen im Larvalstadium wurden auf den Ökofläche (KO5, KO5M, KO6, KO6M) erfasst.

Der Anteil brachypter (ungeflügelter) Laufkäferindividuen war ebenfalls auf den Ökoflächen signifikant (Wilcoxon-Test $p < 0,001$), 25 % höher als auf den konventionell bewirtschafteten Untersuchungsflächen.

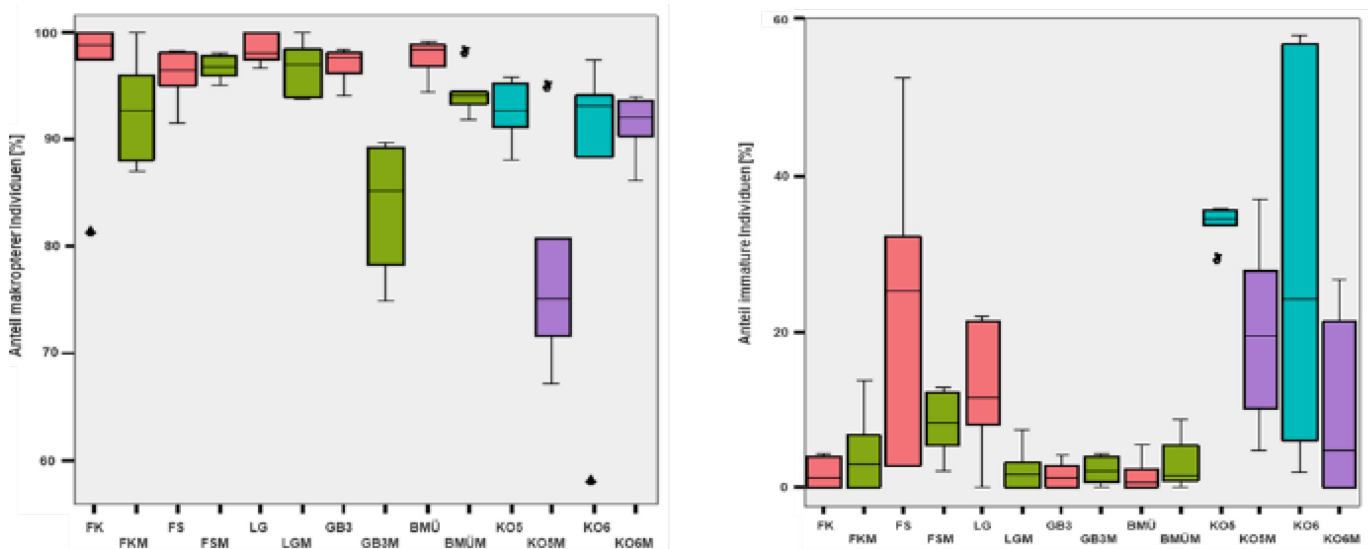


Abbildung 44: Anteil makroptere (geflügelte) Laufkäferindividuen [%], linke Abbildung, Anteil immaturre (Larvalstadium) Laufkäferindividuen [%]

Anhang 2.6 Biomasse Spinnen, Laufkäfer, Gesamtbiomasse 2020

Die Biomassewerte der Spinnen waren mit Ausnahme der Maßnahmenfläche im konventionell bewirtschafteten Hafer ohne Untersaat um bis zu 0,05 -0,1g höher als in den konventionell bewirtschafteten Referenzflächen.

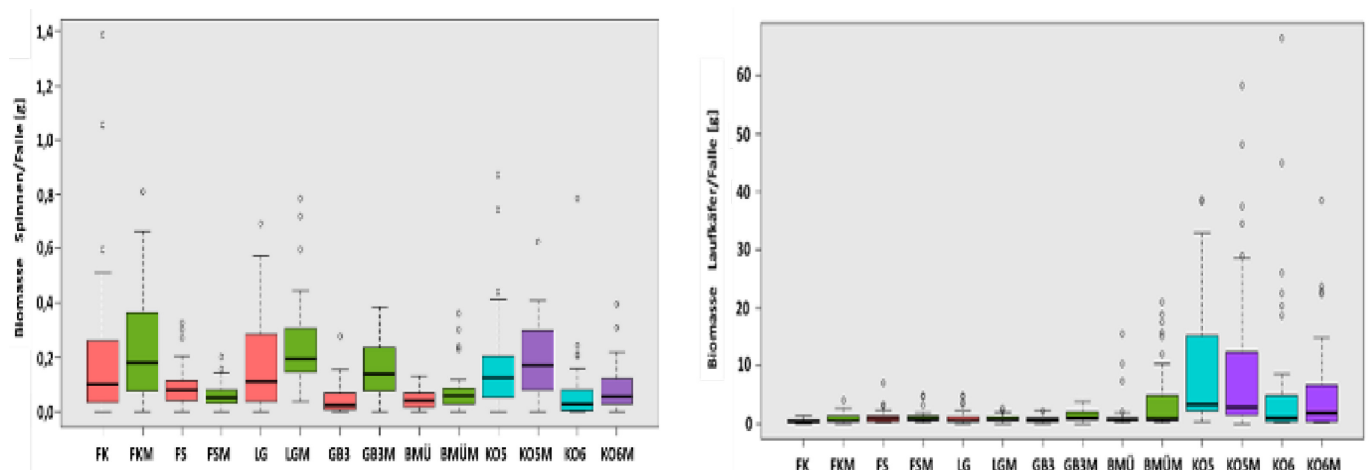


Abbildung 45: Biomassewerte von Laufkäfern und Spinnen pro Schlag erhoben im Untersuchungs-jahr 2020

Insgesamt waren die Biomassewerte der Spinnen in den Maßnahmenflächen im Median im Durchschnitt um das 4-fache höher als in den Referenzflächen. Die geringsten Biomassewerte wurden im Öko-Mais (KO6) sowie in der Maßnahmenfläche im Öko-Mais mit einem Gewicht von 0,01g im Median erfasst.

Die höchsten Biomassewerte der Laufkäfer wurden im Öko-Hafer und Öko-Mais (Maßnahmenfläche + Referenzfläche) ermittelt, sowie in der Maßnahmenfläche im konventionell bewirtschafteten Mais (BmüM) mit 4 - 5 g im Mittel nachgewiesen. In der Maßnahmenfläche im Hafer mit Luzerne Untersaat (FKM) sowie in der Maßnahmenfläche im konventionellen Winterweizen (GBM) waren die Biomassewerte der Laufkäfer leicht erhöht. Insgesamt jedoch war die Laufkäferbiomasse auf den Öko-Flächen um 2,5-fache höher als auf den konventionellen Flächen (Maßnahmenfläche + Referenzfläche). Die Verteilung der Gesamtbio-massewerte folgte weitestgehend jener der Laufkäfer. Der Öko-Hafer (KO5, KO5M) und der Öko Mais (KO6, KO6M) wiesen die höchsten Gesamtbiomassewerte auf, wobei sich Maßnahmenfläche und Referenzfläche im Mittel kaum voneinander unterschieden.

Die Maßnahmenfläche im Mais (BmüM) und im Winterweizen (GB3M) zeigten mit 5g und 8g die höchsten Gesamtbiomassewerte im Bereich der konventionell bewirtschafteten Ackerkulturen. Es ist hervorzuheben, dass die Gesamtbio-masse in den Maßnahmenflächen der konventionell bewirtschafteten Äcker im Mittel um 35 % höher war als in den Referenzflächen. Die Maßnahmenfläche und Referenzfläche der ökologisch bewirtschafteten Äcker unterschieden sich im Median nicht oder nur geringfügig. Grundsätzlich wiesen die ökologisch bewirtschafteten Flächen im Vergleich zu den konventionellen Flächen (Maßnahmenfläche + Referenzfläche) im Median 60 % höhere Gesamtbiomassewerte auf.

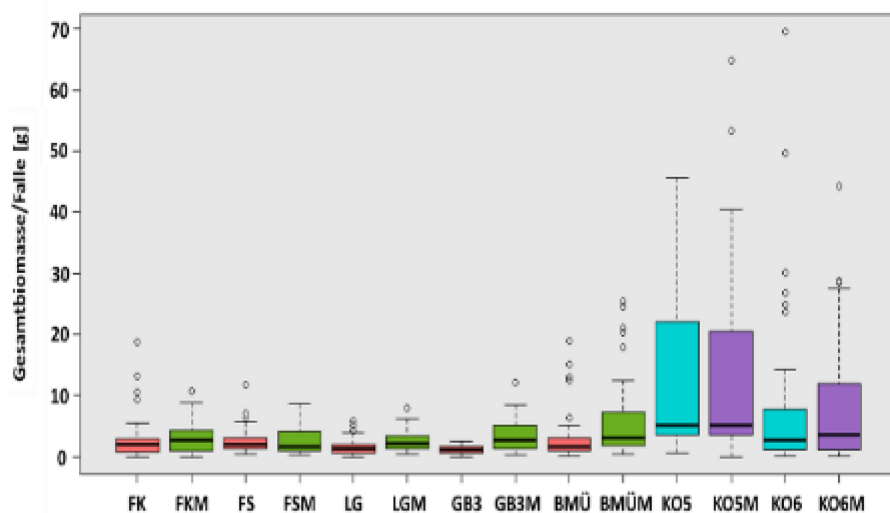


Abbildung 46: Gesamtbiomassewerte (Gewicht des gesamten Falleninhalts) dokumentiert im Er-fassungsjahr 2020

Anhang 2.7 Artenliste Spinnen, Laufkäfer und Ackerwildkräuter

Die folgenden Übersichtstabellen fassen die in den Untersuchungsflächen des LVG Köllitsch, in den Untersuchungsjahren 2019 und 2020, erfassten adulten Individuen der Spinnen und Laufkäferarten sowie der Deckungsgrade der Ackerwildkräuter zusammen:

Tabelle 11: Anzahl adulter Individuen der Spinnenarten der Untersuchungsfläche des LVG Köllitsch 2019 und 2020

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF	K 19 LEKO6	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
<i>Abacoproeces saltuum</i>															1								1
<i>Acartauchenius scurrilis</i>	1						1																1
<i>Agyneta affinis</i>									1											6			
<i>Agyneta rurestris</i>	67	87	10	90	66	10	84	83	33	22	62	5	30	63	48	13	81	111	5	5	2	73	76
<i>Alopecosa cuneata</i>		2							1		1				1	7			10	8			4
<i>Alopecosa pulverulenta</i>																			1				
<i>Araeoncus humilis</i>		1					2			2				2	1		1	3	3			9	2
<i>Araneidae gen. sp.</i>									1														
<i>Argenna subnigra</i>														1									1
<i>Asagena phalerata</i>				1	1			1			1				1					2			
<i>Aulonia albimana</i>											1									5			2
<i>Ballus chalybeius</i>																				1			
<i>Bathyphantès gracilis</i>				1	1		2							1									1

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF	K 19 LEKO6	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
<i>Diplostyla concolor</i>																				1			3
<i>Drassodes lapidosus</i>								1														1	
<i>Drassodes pubescens</i>												1							1				1
<i>Drassyllus lutetianus</i>		1			1				7	2	1		4	1	3	1			2			6	4
<i>Drassyllus praeficus</i>		3		3	5						1	1						2	17				3
<i>Drassyllus pumilus</i>				1				1							1								
<i>Drassyllus pusillus</i>		3	1	5	3			2		1	5		8	6	6	10		1	17	27		10	33
<i>Enoplognatha thoracica</i>				1					1	2						1			2	3		1	
<i>Erigone atra</i>	7	13	1	3	1	2	7	14	2	4	1		2	6	4	4	3	5				2	3
<i>Erigone dentipalpis</i>	31	31		8	6	1	37	26	2	8	4			16	4	2	9	20					2
<i>Euophrys frontalis</i>																			3				
<i>Euryopsis flavomaculata</i>																			4				
<i>Evarcha arcuata</i>		1		1															2				
<i>Gnaphosidae gen. sp.</i>	5	4	1	5	4	1	7	5			5	6		2	2	1		2	17	1		10	7
<i>Hahnia nava</i>																1			5	1			2
<i>Hahnia ononidum</i>																			2				

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF	K 19 LEKO6	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
<i>Haplodrassus dalmatensis</i>	5	5		1	2	4	4	2			5	7		1	2		3	2		1		1	3
<i>Haplodrassus minor</i>	1	7	1	47	61	2	5	6		5		2	1		1	1			1			7	23
<i>Haplodrassus signifer</i>	2	5		2	7	1	4	5	2	2		1		1	2	5	1	1	7	13		7	6
<i>Haplodrassus silvestris</i>		1																					
<i>Haplodrassus umbratilis</i>																			15				
<i>Heliophanus flavipes</i>		1																					
<i>Linyphiidae gen. sp.</i>	2	3	1		7	1	6	5	3	5	1		2	2	1	1	4	8	3	1		10	4
<i>Liocranidae gen. sp.</i>																			1				
<i>Lycosidae gen. sp.</i>			6		1	2		3	2			7	1	1	4	45	1	0	8	0	2	2	2
<i>Mangora acalypha</i>										3	3			1								1	2
<i>Mermessus trilobatus</i>											1												
<i>Metopobactrus prominulus</i>	1																						
<i>Micaria micans</i>	1			1	3			1		1			1		1	1			4	2			1
<i>Micrargus subaequalis</i>																				2			
<i>Microlinyphia pusilla</i>		1	1	2			3	3						2	2	1	1	3					
<i>Neottiura bimaculata</i>					1								2	2					1			1	

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF	K 19 LEKO6	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
<i>Oedothorax apicatus</i>	25	13	2	9	4	15	12	11	28	4	9	1		12	3	3	14	27			18	14	3
<i>Oedothorax fuscus</i>	1													1									
<i>Ostearius melanopygius</i>														1									
<i>Ozyptila praticola</i>									1										3				
<i>Ozyptila simplex</i>		1	1	1			1		1							1			13			1	
<i>Pachygnatha clercki</i>															1								
<i>Pachygnatha degeeri</i>				3	2	1			7	3			1		1	2	1	1				2	
<i>Pachygnatha sp.</i>		1																					
<i>Palliduphantes insignis</i>							1													1			
<i>Palliduphantes pallidus</i>		1											1										
<i>Pardosa agrestis</i>	42	22	36	264	247	6	62	24	26	14	70	36	36	186	171	254	48	71	3	1	57	51	113
<i>Pardosa alacris</i>							1																
<i>Pardosa lugubris</i>		2													1				6				
<i>Pardosa palustris</i>	1	1	1	3	9	1	5	7	6	3	5	3	32	26	60	354	4	7		109		6	6
<i>Pardosa prativaga</i>								2	4	3	3		12	3	6	6			1	3		9	6
<i>Pardosa pullata</i>													1			1				1			1

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF	K 19 LEKO6	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
<i>Pardosa saltans</i>		2							2	1			1	3	1								
<i>Pardosa sp.</i>	2	1	1	12	23	1	6	4	11	3	11	8	5	25	13	18	1	2	1	25	2	2	11
<i>Pelecopsis parallela</i>	2	2					7	2								1	2	2					2
<i>Pelecopsis radiculicola</i>													1										
<i>Phalangium opilio</i>					1		3				4			1							1		
<i>Philodromidae gen. sp.</i>									2														
<i>Philodromus praedatus</i>																		1					
<i>Phlegra fasciata</i>							1							1					8				
<i>Phrurolithus festivus</i>							1		1		2			1		1			10			1	32
<i>Phylloneta impressa</i>											1							1					1
<i>Piratula latitans</i>									1														
<i>Pisaura mirabilis</i>									1										3			1	1
<i>Pocadicnemis juncea</i>																			2				
<i>Porrhomma microphthalmum</i>	24	13	2	5	4	11	60	42		2	2	9	5	6	5	7	11	8		1		2	5
<i>Robertus arundineti</i>						1		1													1		
<i>Robertus heydemanni</i>								1						1								5	1

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF	K 19 LEKO6	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
<i>Salticidae</i> <i>gen. sp.</i>	1																						
<i>Sibianor</i> <i>aurocinctus</i>					1																		1
<i>Silometopus</i> <i>reussi</i>							1	1															
<i>Sitticus</i> <i>zimmermanni</i>				1																			
<i>Talavera</i> <i>aequipipes</i>		2			1	1	1		1		1			1	2			1	2			1	1
<i>Talavera</i> <i>aperta</i>									2														
<i>Tenuiphantes</i> <i>tenuis</i>	4	44	1	57	89		63	49	9	54	36		4	48	37	1	51	51	4			188	145
<i>Tetragnatha</i> <i>pinicola</i>			1																				
<i>Thanatus</i> <i>arenarius</i>		1																					
<i>Thanatus</i> <i>sabulosus</i>		1																	1				
<i>Theridiidae</i> <i>gen. sp.</i>								2						1		1			1		1	1	
<i>Thomisidae</i> <i>gen. sp.</i>	4			2	2	3	3			1		6			1	2			6		1		2
<i>Tibellus</i> <i>oblongus</i>		1																					
<i>Trachyzelotes</i> <i>pedestris</i>	3	3	1	6	12		3	1	1	3	9	1	1	1		2	3	1	85	11	1	9	31
<i>Trochosa</i> <i>rures</i>					1		2																4
<i>Trochosa</i> <i>ruricola</i>		2	3	5	11	1	3	1	29	5	3	3	1	3	5	6			3	1	5	33	40

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF	K 19 LEKO6	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
<i>Trochosa sp.</i>																						1	
<i>Trochosa terricola</i>										1													
<i>Walckenaeria capito</i>			3	4	3														2				5
<i>Walckenaeria dysderoides</i>	1				2																		1
<i>Walckenaeria vigilax</i>									1														
<i>Xerolycosa miniata</i>	2	14			11	3	4	16			5	3	17	21	28		3	1					2
<i>Xerolycosa nemoralis</i>			1																				
<i>Xysticus cristatus</i>		1			1				2	1	3	2	1	1		2		1	3	2		5	2
<i>Xysticus kochi</i>	11	8	10	3	7	6	33	6	43	17	60	63	1	23	6	23	5	7	1	11	16	52	18
<i>Xysticus sp.</i>	3																	1					1
<i>Xysticus ulmi</i>														1									
<i>Zelotes clivicola</i>																			1				
<i>Zelotes erebeus</i>				1											1								
<i>Zelotes latreillei</i>							1												3	1			1
<i>Zelotes subterraneus</i>		1		1															6				1
<i>Zodarion rubidum</i>			2		3		1	3											1		1		3

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF	K 19 LEKO6	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
<i>Zora silvestris</i>		1																					
<i>Zora spinimana</i>								1												1			

Tabelle 12: Anzahl adulter Individuen der Laufkäferarten der Untersuchungsfläche des LVG Köllitsch 2019 und 2020

Jahr Maßnahme Fläche	20 K BMÜ	20 M BMÜ	19 K FK	20 K FK	20 M FK	20 K FS	20 M FS	19 K GB	20 K GB	20 M GB	19 K KA	19 K KO5	20 K KO5	20 M KO5	19 K KO6	20 K KO6	20 M KO6	19 K LE	19 K LG	20 K LG	20 M LG
<i>Acupalpus meridianus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
<i>Aleochara bipustulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara aenea</i>	1	1	0	0	0	3	3	0	1	2	2	0	20	59	0	6	16	1	0	0	0
<i>Amara anthobia</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara apricaria</i>	4	3	0	2	0	138	104	0	0	0	0	0	1	5	0	2	0	0	0	3	2
<i>Amara aulica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Amara bifrons</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Amara brunnea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara communis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Amara convexior</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Amara equestris equestris</i>	0	1	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara familiaris</i>	0	0	2	0	0	2	1	0	0	2	1	0	2	4	1	2	2	0	0	0	0
<i>Amara littorea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Jahr Maßnahme Fläche	20 K BMÜ	20 M BMÜ	19 K FK	20 K FK	20 M FK	20 K FS	20 M FS	19 K GB	20 K GB	20 M GB	19 K KA	19 K KO5	20 K KO5	20 M KO5	19 K KO6	20 K KO6	20 M KO6	19 K LE	19 K LG	20 K LG	20 M LG
<i>Amara nitida</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Amara ovata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara plebeja</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amara similata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0
<i>Amara strenua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anchomenus dorsalis</i>	8	32	0	1	6	7	2	0	44	10	0	0	13	42	0	6	5	0	0	7	1
<i>Anchomenus dorsalis dorsalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anisodactylus binotatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Aromia moschata</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asaphidion flavipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asaphidion pallipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Badister bullatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bembidion articulatum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bembidion guttula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Jahr Maßnahme Fläche	20 K BMÜ	20 M BMÜ	19 K FK	20 K FK	20 M FK	20 K FS	20 M FS	19 K GB	20 K GB	20 M GB	19 K KA	19 K KO5	20 K KO5	20 M KO5	19 K KO6	20 K KO6	20 M KO6	19 K LE	19 K LG	20 K LG	20 M LG
<i>Bembidion lampros</i>	0	0	0	2	4	0	4	0	9	7	0	0	7	27	0	11	18	0	0	0	1
<i>Bembidion obtusum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Bembidion properans</i>	1	2	0	0	1	4	3	1	1	0	0	0	8	16	0	0	9	0	0	0	0
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	6	1	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	12	5	0	0	1	0	0	1	0
<i>Bembidion quadrimaculatum quadrimaculatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachinus crepitans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brachinus explosens</i>	2	14	1	1	1	2	2	1	1	163	0	0	3	6	3	4	3	0	0	2	2
<i>Calamosternus granarius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calathus ambiguus</i>	5	9	0	1	0	12	8	0	3	29	0	0	33	12	0	20	54	0	0	0	0
<i>Calathus ambiguus ambiguus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calathus cinctus</i>	0	0	1	0	0	0	4	0	0	1	0	0	2	4	0	1	6	0	0	0	0
<i>Calathus fuscipes</i>	15	45	0	5	25	27	23	0	6	106	0	0	77	330	0	74	95	0	0	2	4
<i>Calathus fuscipes fuscipes</i>	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Calathus rotundicollis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Jahr Maßnahme Fläche	20 K BMÜ	20 M BMÜ	19 K FK	20 K FK	20 M FK	20 K FS	20 M FS	19 K GB	20 K GB	20 M GB	19 K KA	19 K KO5	20 K KO5	20 M KO5	19 K KO6	20 K KO6	20 M KO6	19 K LE	19 K LG	20 K LG	20 M LG
<i>Calosoma maderae</i>	8	16	0	0	1	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Calosoma maderae maderae</i>	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carabus granulatus granulatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cassida nobilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cicindela campestris campestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Clivina fossor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Crypticus quisquilius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Demetrias atricapillus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dolichus halensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Dorcus parallelipedus</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Drusilla canaliculata canaliculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elater ferrugineus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Jahr Maßnahme Fläche	20 K BMÜ	20 M BMÜ	19 K FK	20 K FK	20 M FK	20 K FS	20 M FS	19 K GB	20 K GB	20 M GB	19 K KA	19 K KO5	20 K KO5	20 M KO5	19 K KO6	20 K KO6	20 M KO6	19 K LE	19 K LG	20 K LG	20 M LG	
<i>Exomias mollicomus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glischrochilus quadrisignatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus affinis</i>	25	56	1	1	19	36	69	0	14	24	2	1	15	40	0	121	56	0	0	1	29	
<i>Harpalus anxius</i>	0	2	0	0	0	1	3	0	2	0	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus autumnalis</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus calceatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus distinguendus</i>	26	28	0	10	30	8	9	0	5	15	0	0	1	4	0	3	6	0	0	0	5	
<i>Harpalus distinguendus distinguendus</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus froelichii</i>	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus griseus</i>	1	11	0	0	1	10	3	0	2	3	0	0	19	8	0	5	2	0	0	1	1	1
<i>Harpalus latus</i>	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Harpalus luteicornis</i>	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1
<i>Harpalus picipennis</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Harpalus pumilus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Jahr Maßnahme Fläche	20 K BMÜ	20 M BMÜ	19 K FK	20 K FK	20 M FK	20 K FS	20 M FS	19 K GB	20 K GB	20 M GB	19 K KA	19 K KO5	20 K KO5	20 M KO5	19 K KO6	20 K KO6	20 M KO6	19 K LE	19 K LG	20 K LG	20 M LG
<i>Harpalus rubripes</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	3	6	1	0	0	1
<i>Harpalus rufipalpis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
<i>Harpalus rufipes</i>	273	437	8	8	58	97	92	0	33	34	1	5	554	601	1	641	755	0	0	17	29
<i>Harpalus serripes</i>	0	2	0	0	3	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Harpalus serripes serripes</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus signaticornis</i>	9	7	0	0	2	0	0	4	2	5	0	0	2	0	0	3	4	0	0	0	1
<i>Harpalus smaragdinus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus solitarius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Harpalus tardus</i>	3	5	0	1	0	1	5	0	0	1	0	0	1	4	0	1	9	0	0	0	0
keine <i>Carabidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lagria hirta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leistus ferrugineus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Licinus depressus</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limodromus assimilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Jahr Maßnahme Fläche	20 K BMÜ	20 M BMÜ	19 K FK	20 K FK	20 M FK	20 K FS	20 M FS	19 K GB	20 K GB	20 M GB	19 K KA	19 K KO5	20 K KO5	20 M KO5	19 K KO6	20 K KO6	20 M KO6	19 K LE	19 K LG	20 K LG	20 M LG
<i>Loricera pilicornis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0
<i>Maladera holosericea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Margarinotus purpurascens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Meloe proscarabaeus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Metopsia similis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microlestes maurus</i>	0	0	0	1	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Microlestes maurus maurus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microlestes minutulus</i>	332	135	0	154	137	280	461	0	71	107	0	0	475	275	0	28	67	0	2	7	74
<i>Nebria brevicollis</i>	0	1	1	2	1	5	2	2	8	6	0	0	0	0	2	0	1	0	0	53	15
<i>Nebria salina</i>	2	6	1	0	1	5	2	0	6	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	17	9
<i>Notiophilus aestuans</i>	1	0	0	3	0	5	7	0	3	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	6
<i>Notiophilus biguttatus</i>	0	0	0	0	0	4	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Ocypus olens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oiceoptoma thoracicum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Jahr Maßnahme Fläche	20 K BMÜ	20 M BMÜ	19 K FK	20 K FK	20 M FK	20 K FS	20 M FS	19 K GB	20 K GB	20 M GB	19 K KA	19 K KO5	20 K KO5	20 M KO5	19 K KO6	20 K KO6	20 M KO6	19 K LE	19 K LG	20 K LG	20 M LG	
<i>Onthophagus coenobita</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Onthophagus ovatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ophonus ardosiacus</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Ophonus azureus</i>	1	0	5	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5
<i>Ophonus laticollis</i>	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Ophonus puncticeps</i>	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Ophonus rufibarbis</i>	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Otiorhynchus ovatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oxythyrea funesta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paradromius linearis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pedius longicollis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pocadius ferrugineus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Poecilus cupreus</i>	46	44	0	51	24	3	7	0	97	150	0	0	19	34	0	32	43	0	0	231	108	
<i>Poecilus cupreus cupreus</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Jahr Maßnahme Fläche	20 K BMÜ	20 M BMÜ	19 K FK	20 K FK	20 M FK	20 K FS	20 M FS	19 K GB	20 K GB	20 M GB	19 K KA	19 K KO5	20 K KO5	20 M KO5	19 K KO6	20 K KO6	20 M KO6	19 K LE	19 K LG	20 K LG	20 M LG	
<i>Poecilus lepidus lepidus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	15	24	3	11	7	0	0	0	0	
<i>Poecilus punctulatus</i>	1	1	0	0	0	3	1	0	2	19	2	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	
<i>Poecilus versicolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	
<i>Polistichus connexus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pterostichus macer</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	17
<i>Pterostichus macer macer</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
<i>Pterostichus melanarius</i>	0	0	3	0	0	0	0	6	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Pterostichus melanarius melanarius</i>	1	2	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	3	3
<i>Pterostichus niger</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizophobius litura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Silpha carinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Silpha obscura</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stomis pumicatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tachyura parvula</i>	0	1	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Jahr Maßnahme Fläche	20 K BMÜ	20 M BMÜ	19 K FK	20 K FK	20 M FK	20 K FS	20 M FS	19 K GB	20 K GB	20 M GB	19 K KA	19 K KO5	20 K KO5	20 M KO5	19 K KO6	20 K KO6	20 M KO6	19 K LE	19 K LG	20 K LG	20 M LG
<i>Trechus quadristriatus</i>	2	0	0	23	12	8	3	0	6	4	0	0	5	4	0	0	1	0	0	8	20
<i>Typhaeus typhoeus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Zabrus tenebrioides</i>	3	2	0	0	0	3	1	0	4	7	0	0	29	20	0	10	14	0	0	2	3

Tabelle 13: Anzahl adulter Individuen der Laufkäferarten der Untersuchungsfläche des LVG Köllitsch 2019 und 2020

	BMÜ 20	BMÜM	FK 19	FK 20	FKM	FS 19	FS 20	FSM	GB 19	GB 20	GB M	KN 19	LG 19	LG 20	LG M	KO5 19	KO5 20	KO5 M	KO6 19	KO6 20	KO6 M	LEF	LEKO 6	
<i>Pedius longicollis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Poecilus cupreus</i>	8	45	21	10	5	86	1	1	54	19	28	63	160	48	20	88	3	6	124	5	7	1	0	
<i>Poecilus lepidus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	9	3	4	37	2	1	0	0	
<i>Poecilus punctulatus</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Poecilus versicolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
<i>Polistichus connexus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pterostichus macer</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pterostichus melanarius</i>	0	2	2	0	0	2	0	0	3	0	0	3	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0
<i>Pterostichus niger</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Stomis pumicatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Syntomus foveatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Tachyura parvula</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Trechus quadristriatus</i>	0	0	1	5	2	0	1	1	0	1	1	0	2	1	4	0	1	1	0	0	0	1	0	
<i>Zabrus tenebrioides</i>	1	2	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	5	3	0	2	2	0	0	

Tabelle 14: Deckungsgrade der Ackerwildkräuterarten der Untersuchungsflächen des LVG Köllitsch 2019 und 2020

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF19	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
Achillea millefolium																			2,2			
Alopecurus pratensis																			0,2			
Amaranthus lividus			0,5																			
Amaranthus retroflexus		0,7					0,5	3									0,3	3,2				
Anchusa arvensis																0,7	0,3	0,5	1,3			
Anthemis arvensis													0,3			0,2						
Anthriscus sylvestris																			0,2			
Aphanes arvensis													0,5							0,5		
Arabidopsis thaliana													0,3									
Arctium lappa																			2,3			
Arrhenatherum elatius																			0,8			
Artemisia vulgaris																						
Atriplex patula			0,8																0,3			
Brassica napus		0,3				0,3																
Bromus hordeaceus																				0,3		

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF19	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
Bromus mollis																			0,5			
Bromus sterilis									0,3		0,2								1,5			
Capsella bursa- pastoris		0,7							0,3		0,3	1,3	1,3	0,2	0,7	23,3						
Centaurea cyanus												0,7							1,7			
Cerastium arvense															0,3							
Chenopodium album	3	32,8	1		0,2			0,3						0,2			6,5	3,5		4		
Chenopodium ficifolium	1,5	0,7																0,2				
Chenopodium hybridum			0,2																0,5	0,5		
Chenopodium polyspermum			0,2																			
Cirsium arvense					0,2				0,5						0,5	0,7	0,7	0,3				0,3
Convolvulus arvensis			0,3																			
Cornus mas																			0,7			
Crateagus monogyna																			0,2			
Galium aparine agg.		1	0,3					0,3			0,3				1				0,3			
Galium spurinum													0,3									

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF19	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
Galium verum																			1,7			
Geranium dissectum																			0,3			
Geranium pratense																						
Geranium pyrenaicum																			0,2			
Geranium robertianum																			0,5			
Geranium rotundifolium																			0,2			
Hordeum vulgare																						
Hypericum perforatum																			1,7			
Lactuca serriola		0,7						0,3									0,3	0,3	0,2	0,2		
Lamium amplexicaule		1				5,5	2,7	1	1		0,2	0,3	5,8	1,3	4,3		6,3	7				
Lamium purpureum			1	0,5		2,3	1,2		2		0,2		4,2		6			0,2	0,2	0,5		0,3
Lapsana communis								0,7														
Lolium perenne																			5,7			
Malva moschata		1									0,3											0,7
Matricarica chamomilla					0,3			0,3					2,5		0,3	22,5	1	0,3				

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF19	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
Medicago sativa					2,8						6		0,2				2,5	2,2				
Myosotis arvensis																				0,3		
Myosurus minimus																						
Papaver argemone													0,2			0,2						
Persicaria lapathifolia			1,3					0,7						0,2			2,5	0,8	0,2	0,5		
Persicaria maculosa			0,2																0,8			
Phacelia tanacetifolia			0,5								0,2									0,2		
Pisum sativum					0,3																	
Poa annua																			1,5			
Poa trivialis																			8,3			
Polygonum aviculare	0,8	3,7	3,8		1	5,5	0,5	3,5	0,7				0,2	0,7	3,3		3,7	1,5		4		0,7
Potentilla reptans																			0,8			
Prunus spinosa																			5			
Raphanus raphanistrum																						
Rosa canina																			6,2			

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF19	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
Rubus rubus																			3,3			
Rumex actosa																			3,2			
Salix alba																			0,7			
Senecio vulgaris													0,2			0,3						
Silene latifolia																			3			
Silene noctiflora																	0,3	0,7				
Sinapis arvensis					1,3		0,2	3			0,5											
Sisymbrium officinale																		0,3				
Solanum dulcamara																		0,3				
Sonchus arvensis																						
Stachys arvensis					0,3														0,3		0,3	
Stellaria media	0,3	1,3		0,2	0,7				1		4,2	1,5	2,5	1,3	2,2	2	0,7	2,8	0,2			0,7
Tanacetum vulgare																						
Thlaspi arvense		0,7			1,3			0,7			0,2	0,7	0,3	1	4,3							
Tripleurosper- mum inodorum		1,3				0,8			0,5			0,7	0,7		0,3		0,2	0,3	0,2			

Maßnahme Jahr Fläche	K 20 BMÜ	M 20 BMÜ	K 19 FK	K 20 FK	M 20 FK	K 19 FS	K 20 FS	M 20 FS	K 19 GB	K 20 GB	M 20 GB	K 19 KN	K 19 KO5	K 20 KO5	M 20 KO5	K 19 KO6	K 20 KO6	M 20 KO6	K 19 LEF19	K 19 LG	K 20 LG	M 20 LG
Urtica dioica																			0,3			
Veronica agrestis											0,2											
Veronica arvensis													0,3									
Veronica hederifolia									3		0,2		0,2		0,3							0,7
Veronica persica													2									0,3
Veronica triphyllos														1,7								
Vicia sepium																				0,2		
Viola arvensis	3	5,7			1,7			0,3	1,2			2,3	0,2			0,8	0,2					

Danksagung

Mein großer Dank gilt insbesondere den beiden externen Gutachtern im FuE-Projekt "Habitatpotentiale" und Mitautoren des Endberichts Herrn Dr. Muster und Herrn Dr. Brunk für die fachlich sehr wertvolle und verlässliche, überaus konstruktive Zusammenarbeit!

Ich möchte ich mich auch herzlich bei Herrn Dr. Warnke-Grüttner und Herrn Dr. Zöphel für die intensive Projektbetreuung bedanken.

Ganz besonders möchte ich Herrn Richter für die Unterstützung bei den floristischen Aufnahmen sowie der Beratung zur statistischen Analyse der Erfassungsdaten danken, darüber hinaus Herrn Dr. Tenholtern für seine wertvollen Vermittlungstätigkeiten zwischen dem LVG Köllitsch und dem Referat 62.

Literaturverzeichnis

- Altieri, M. A. (1999): The ecological role of biodiversity in agroecosystems. in invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes (S. 19-31): Elsevier.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015): Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for sustainable development*, 35(3), S. 869-890.
- Anderson, M.J. (2001): A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. In: *Australian Ecology*, 26, S. 32-46.
- AraGes (2020): Internetpublikation – Atlas der Spinnentiere Europas. <https://atlas.arages.de>, 28.09.2019
- ARCGIS-ESRI (2012): <https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/using-the-ndvi-button.htm>.
- ARCGIS-ESRI (2014): <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/an-overview-of-the-spatial-analyst-toolbox.htm>
- Barber H.S.(1931): Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society* 46 (2), S. 259–266.
- Barndt, D., Brase, S., Glauche, M., Kegel, B., Platen, R. & H. Winkelmann (1991): Die Laufkäfer von Berlin (West): mit Kennzeichnung und Auswertung der verschollenen und gefährdeten Arten. - *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung* 6: S. 243-275.
- Basedow, T., Borg, Å., & Scherney, F. (1976): Auswirkungen von Insektizidbehandlungen auf die epigäischen Raubarthropoden in Getreidefeldern, insbesondere die Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae): *Entomologia experimentalis et applicata*, 19(1), S. 37-51.
- Batáry, P., Holzschuh, A., Orci, K. M., Samu, F., & Tscharrntke, T. (2012): Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 146(1), S. 130-136.
- Bauer et al. (2002), Birdlife international & Euroean bird census council
- Bengtsson J, Ahnström J, Weibull A-C (2005): The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42(2):261-269.
- Benning, R., (2019): Bodenarten aus der Bodenschätzung, persönliche Datenübergabe, Referat 42: Böden Alt-lasten, LfULG, Freiberg.
- Benton TG, Vickery JA, Wilson JD (2003): Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution* 18(4): S. 182-188.
- Bianchi, F. J., Booij, C. J. H., & Tscharrntke, T. (2006): Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1595), 1715-1727.
- Birkhofer, K., Ekroos, J., Corlett, E. B., & Smith, H. G. (2014): Winners and losers of organic cereal farming in animal communities across Central and Northern Europe. *Biological Conservation*, 175, S. 25-33.
- Blick, T., Finch, O.-D., Harms, K.H., Kiechle, J., Kielhorn, K.-H., Kreuels, M., Malten, A., Martin, D., Muster, C., Nährig, D., Platen, R., Rödel, I., Scheidler, M., Staudt, A., Stumpf, H. & Tolke, D. (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der Spinnen (Arachnida: Araneae): Deutschlands. 3. Fassung, Stand: April 2008, einzelne Änderungen und Nachträge bis August 2015. In: *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 70(4), S. 383-510
- Blitzer, E. J., Dormann, C. F., Holzschuh, A., Klein, A. M., Rand, T. A., & Tscharrntke, T. (2012): Spillover of functionally important organisms between managed and natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 146(1), S. 34-43.

- BMU (2007): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Internetpublikation – Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nationale_strategie_biologische_vielfalt_2015_bf.pdf, 24.09.2020.
- Boatman, N. D., Brickle, N. W., Hart, J. D., Milsom, T. P., Morris, A. J., Murray, A. W., Murray, K.A. & Robertson, P. A. (2004): Evidence for the indirect effects of pesticides on farmland birds. *Ibis*, 146, S. 131-143.
- Böhm, H., Dauber, J., Dehler, M., Gallardo, D. A. A., de Witte, T., Fuß, R., Höpner, F., Langhof, M., Rinke, N., Rodemann, B., Rühl, G. & Schittenhelm, S. (2020): Fruchtfolgen mit und ohne Leguminosen: ein Review. *Journal für Kulturpflanzen*, 72 (10-11): S. 489–509,
- Brady, N. C., Weil, R. R., & Weil, R. R. (2008): *The nature and properties of soils* (Vol. 13, S 662-710): Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Brunk, I., 2020: Abschlussbericht Carabidae 2020: „Bestimmung und fachliche Interpretation der epigäischen Fauna (Carabidae): ausgewählter Ackerstandorte des LVG Köllitsch
- Brussaard, L., De Ruiter, P. C., & Brown, G. G. (2007): Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, ecosystems & environment*, 121(3), S. 233-244.
- Buchar, J., Růžička, V. (2002): *Catalogue of spiders of the Czech Republic*, Praha: Peres Publishers
- Buder, W. & Döring, J. (2003): Beiträge zum Naturschutz auf dem Ackerland. *Naturschutzarbeit in Sachsen* 45, S. 13-20. Sachsen, Ackerrandstreifen, Artenschutz, Extensivierung, Kulturlandschaftsprogramm
- Burel, F., & Baudry, J. (1995): Species biodiversity in changing agricultural landscapes: a case study in the Pays d'Auge, France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 55(3), S. 193-200.
- Borer, E. T., Seabloom, E. W., & Tilman, D. (2012): Plant diversity controls arthropod biomass and temporal stability. *Ecology letters*, 15(12), S. 1457-1464.
- Carlson, T. N., & Ripley, D. A. (1997): On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote sensing of Environment*, 62(3), S. 241-252.
- Carter, P. E., Balfour, R. A., & Marshall, S. D. (1999): Architectural features of agricultural habitats and their impact on the spider inhabitants. *Journal of Arachnology*, S. 371-377.
- Cass, S., Williams, M., Stout, J., (2014): Biodiversity and ecosystem services in legume-supported cropping. In: *Environmental implications of legume cropping*. Legume Futures report 3.7. Williams, M., Stout, J., Roth, B., Cass, B., papa, v., Rees, b (Eds.), S. 44-46. Access: 18. Juli 2020, URL: <http://www.legumefutures.de/results/environmentaleffects.html>
- Cran.r-project.org (2020): <https://cran.r-project.org/R-4.0.3.tar.gz>
- De Cáceres, M., Jansen, F., Dell, N. (2020): Relationship between species and groups of sites. R package 'indicspecies', version 1.7.9.
- De Cáceres, M., Legendre, P. (2009): Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*, 90, S. 3566-3574
- De Cáceres, M., Legendre, P., Moretti, M. (2010): Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos*, 119, S. 1674-1684
- Diehl, E., Mader, V. L., Wolters, V., & Birkhofer, K. (2013): Management intensity and vegetation complexity affect web-building spiders and their prey. *Oecologia*, 173(2), S. 579-589.
- Dierschke, H. (1994): *Pflanzensoziologie*. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 683 S.
- Dornieden, K. (2005): *Laufkäfer: Carabidae*. NVN/BSG/BSH.
- Erasmí, S. (2002): Analyse spektroradiometrischer in situ Messungen als Datenquelle für die teilflächenspezifische Zustandsbeschreibung von Winterweizenbeständen. Dissertation an der Universität Göttingen, Deutschland, 201 S.

- Flohre, A., Fischer, C., Aavik, T., Bengtsson, J., Berendse, F., Bommarco, R., ... & Emmerson, M. (2011): Agricultural intensification and biodiversity partitioning in European landscapes comparing plants, carabids, and birds. *Ecological Applications*, 21(5), S. 1772-1781.
- Fluhr-Meyer, G., & Adelman, W. Blühstreifen und Pestizide–Falle oder Lebensraum?
- Gebert, J. (2006): Die Sandlaufkäfer und Laufkäfer von Sachsen, Beiträge zur Insektenfauna Sachsens, Teil 1, Band 4 (Cicindelini-Loricerini): – Entomologische Nachrichten und Berichte, Beiheft 10: 180 S. Dresden
- Gebert, J. (2009): Rote Liste Laufkäfer Sachsens. – Naturschutz und Landschaftspflege (Hrsg. Freistaat Sachsen), Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.
- Gebert, J. (2019): 1. Zwischenbericht 2019 – Kommentierte Artenliste zu erfassten Laufkäfern im Staatlichen Lehr- und Versuchsgut Köllitsch.
- GEONICS LIMITED – Leaders In Electromagnetics (2013): <http://geonics.com/html/em38.htm> (aufgerufen am 16.05.2019):
- Geoportal Sachsenatlas (2019): <https://geoviewer.sachsen.de/MAPVIEWER2/INDEX.HTML?%20MAP=66AC6CC8-A253-D253-D5A011BFA7EC&LANG=DE,%20ZUGRIFF%20AM%2012.04.2019%20IN%20K%C3%96LLITSCH>
- Gerhards, R., Dieterich, M., & Schumacher, M. (2013): Rückgang von Ackerunkräutern in Baden-Württemberg–ein Vergleich von vegetationskundlichen Erhebungen in den Jahren 1948/49, 1975–1978 und 2011 im Raum Mehrstetten–Empfehlungen für Landwirtschaft und Naturschutz. *Gesunde Pflanzen*, 65(4), S. 151-160.
- Gharadjedaghi, B., Kemper, E., Möltgen-Goldmann; E., Voigt, N., Weigel, A. & Dolek, M. (2011): Vogelschutz in großflächigen Landwirtschaftsbetrieben - Monitoring der Auswirkungen von Vogelschutz-Maßnahmen auf Vogelvorkommen und das Nahrungs- und Habitatangebot in einem Agrarbetrieb. *Schriftenreihe des LfULG*, Heft 25/2011,
- Gharadjedaghi, B., Schimmerl, A., Strixner, M., Blick, T., Weigel, A., Scheuchl, E. (2016): Lebensräume für Vögel mit der Landwirtschaft gestalten. Ergebnisse faunistischer Untersuchungen zu landwirtschaftlichen Maßnahmen zur Verbesserung des Nahrungs- und Habitatangebotes für Vögel der Agrarlandschaft. *Schriftenreihe des LfULG*, Heft 11/2016,
- Gottwald, F., Stein-Bachinger, K. (2016): Internetpublikation – Landwirtschaft für Artenvielfalt - Ein Naturschutzmodul für ökologisch bewirtschaftete Betriebe. 2. Auflage. http://www.landwirtschaft-artenvielfalt.de/wp-content/uploads/2016/12/WWF_LFA_Handbuch_ZweiteAuflage_web.pdf, 26.09.2020
- Heimer, S. & Nentwig, W. (1991): Spinnen Mitteleuropas, Berlin & Hamburg: Parey
- Hendrickx, F., Maelfait, J. P., Van Wingerden, W., Schweiger, O., Speelmans, M., Aviron, S., Augenstein, I., Billeter, R., Bailey, D., Bukacek, R., Burel, F., Diekötter, T., Dirksen, J., Herzog, F., Liira, J., Roubalova, M., Vandomme, V. & Bugter, R. (2007): How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 44(2), S. 340-351.
- Henik, J. J. (2012): Utilizing NDVI and remote sensing data to identify spatial variability in plant stress as influenced by management. Master-Thesis, Iowa State University
- Heydemann, B. (1953): AgrarÖkologische Problematik, dargetan an Untersuchungen über die Tierwelt der Bodenoberfläche der Kulturfelder. Dissertation, Universität Kiel
- Holland, J. M., Perry, J. N., & Winder, L. (1999): The within-field spatial and temporal distribution of arthropods in winter wheat. *Bulletin of Entomological Research*, 89(6), S. 499-513.
- 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), S. 141-151.

- Jäger, E. J. (Ed.): (2016): Rothmaler - Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. Springer-Verlag.
- Karnieli, A. (2014): Präsentation „Vegetation Indices“. The Remote Sensing Laboratory, Jacob Blaustein Institute for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev. Sede Boker.
- Kielhorn, K.-H. (2004): Entwicklung von Laufkäfergemeinschaften auf forstlich rekultivierten Kippenstandorten des Lausitzer Braunkohlenreviers. - Diss., Brandenburgische Technische Universität Cottbus. - Cottbuser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung 22, 173 S. + Anhänge.
- Klausnitzer, B., Hornig, U., Lorenz, J., Gebert, J., Hoffmann, W., Sieber, M. & W. Richter (2012): Zur Kenntnis der Käferfauna Sachsens (Coleoptera): – Entomologische Nachrichten und Berichte – 56: S. 109 - 122.
- Knapp, M., & Řezáč, M. (2015): Even the smallest non-crop habitat islands could be beneficial: distribution of carabid beetles and spiders in agricultural landscapes. PLoS one, 10(4), e0123052.
- Koch, H., WEIßER, P., Landfried, M., & Strub, O. (2002): Exposition durch Pflanzenschutzmittelabdrift an Blattoberflächen von Nichtzielpflanzen in terrestrischen Saumstrukturen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz (Journal of Plant Diseases and Protection), Sonderheft XVIII, Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart.
- Köhler, F. & B. Klausnitzer (Hrsg.): (1998): Verzeichnis der Käfer Deutschlands. Entomologische Nachrichten und Berichte (Dresden): Beiheft 4, S. 1-185.
- Kremen, C., & Merenlender, A. M. (2018): Landscapes that work for biodiversity and people. Science, 362(6412):
- Kreuter, T. (2007): Selbstregulation im pfluglosen Ackerbau-Potenziale der Selbstregulation auf pfluglos bearbeiteten Ackerflächen: A): Bodenmesofauna und Streuabbau, B): Laufkäfer als effektive Schneckenprädatoren.
- Kreuter, T. (2007): Selbstregulation im pfluglosen Ackerbau-Potenziale der Selbstregulation auf pfluglos bearbeiteten Ackerflächen: A): Bodenmesofauna und Streuabbau, B): Laufkäfer als effektive Schneckenprädatoren.
- Kreuter, T. (2010): Warum gerade Laufkäfer? Laufkäfer(Carabidae): In unseren Acker-Ökosystemen. LfL Agrarökologie, AG Agarfauna: <https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/laufkaefer.pdf>, abgerufen am 5.06.2019.
- Kuschka, V. (2004): Ackerbrachen als Chance für den Naturschutz?. Ökom.
- Lang, A., & Gsödl, S. (2003): " Superfluous killing" of aphids: a potentially beneficial behaviour of the predator *Poecilus cupreus* (L.)(Coleoptera: Carabidae)? „Töten von Blattläusen im Überfluss“: ein potentiell vorteilhaftes Verhalten des Räubers *Poecilus cupreus* (L.)(Coleoptera: Carabidae)?. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz/Journal of Plant Diseases and Protection, S. 583-590.
- Letourneau, D. K., Armbrrecht, I., Rivera, B. S., Lerma, J. M., Carmona, E. J., Daza, M. C., Escobar, S., Galindo, V., Gutierrez, C., Lopez, S.D., Mejia, J.L., Rangel, A.M.A., Rangel, J.H., Rivera, L., Saavedra, C.A., Torres, A.M. & Trujillo, A.R. (2011): Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. Ecological applications, 21(1), S. 9-21.
- Malt, S., Perner, J. (2002): Zur epigäischen Arthropodenfauna von landwirtschaftlichen Nutzflächen der Unstrutau im Thüringer Becken. Teil 1: Webspinnen und Weberknechte (Arachnida: Araneae et Opiliones): In: Faunistische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde in Dresden, 22, S. 207-228
- Müller-Motzfeld (Hrsg., 2006): Band 2, Adephaga 1: Carabidae (Laufkäfer): In: Freude/Harde/Lohse/Klausnitzer (Hrsg.): Die Käfer Mitteleuropas. Spektrum-Verlag Heidelberg/Berlin, 521 S.

- Muster, C., 2020: Abschlussbericht Araneae 2020: Spinnen als Maßnahmeindikatoren auf Ackerflächen, Bestimmung und fachliche Interpretation der epigäischen Fauna (Araneae): ausgewählter Ackerstandorte des LVG Köllitsch während eines zweijährigen Erfassungszeitraums (2019/2020)
- Nentwig, W., Blick, T., Bosmans, R., Gloor, D., Hänggi, A. & Kropf, C. (2020): Internetpublikation – araneae. Version 09.2020. <https://www.araneae.nmbe.ch>, 23. September 2020
- Nüssler, H. & Grämer, R. (1966): Die Carabidae Mittel- und Ost Sachsens. - Faunistische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde in Dresden 28 (7): S. 295-335, Leipzig
- Oberdorfer, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. 1051 S, 8. Auflage, Eugen Ulmer, Stuttgart (Hohenheim):
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H. (2019): Vegan: Community ecology package. R package version 2.5-6.
- Ottermanns, R, Ratte, H.T., Roß-Nickoll, M. (2010): Darstellung maskierter Nutzungseffekte auf naturraumspezifische Artengemeinschaften grasiger Feldraine mithilfe von Restvarianzmustern. In: Umweltwissenschaften und Schadstoff Forschung, 22, S. 20-35
- Pekár, S. (2012): Spiders (Araneae): in the pesticide world: an ecotoxicological review. In: Pest Management Science, 68, S. 1438-1446
- Perner, J., & S. Malt (2003): Assessment of changing agricultural land use: response of vegetation, ground-dwelling spiders and beetles to the conversion of arable land into grassland. Agriculture, Ecosystems & Environment 98.1-3: S. 169-181
- 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.
- Pommeresche, R., Bakken, A. K., & Korsæth, A. (2013): Abundance and diversity of spiders (Araneae): in barley and young leys. The Journal of Arachnology, 41(2), S. 168-175.
- Platen, R. (1996): Spinnengemeinschaften Mitteleuropäischer Kulturbiotope. Arachnologische Mitteilungen.
- Platen, R., Von Broen, B., Herrmann, A., Ratschker, U.M., Sacher, P. (1999): Gesamtartenliste und Rote Liste der Webspinnen, Weberknechte und Pseudoskorpione des Landes Brandenburg (Arachnida: Araneae, Opiliones, Pseudoscorpiones): mit Angaben zur Häufigkeit und Ökologie. In: Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, 8, Supplement, S. 1-79
- Renner K (1980): Faunistisch-ökologische Untersuchungen der Käferfauna pflanzensoziologisch unterschiedlicher Biotope im Evessel-Bruch bei Bielefeld-Sennstedt. Ber. Naturw. Ver. Bielefeld Sonderheft 2, S. 145–176
- Roberts, M. J. (1985): The spiders of Great Britain and Ireland, Volume 1 (Atypidae to Theridiosomatidae), Colchester: Harley Books
- Roberts, M. J. (1987): The spiders of Great Britain and Ireland, Volume 2 (Linyphiidae and Check List), Colchester: Harley Books
- Roberts, M. J. (1998): Spinnen Gids. Uitgebreide beschrijving van ruim 500 Europese soorten, Baarn (NL): Tirion Natuur
- Römisch, P., 2009: Anforderungen an die Fernerkundung aus der Sicht von Nutzern in der Land- und Forstwirtschaft - Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Dipl.-Ing. (FH): Geoinformatik der Hochschule Neubrandenburg - University of Applied Sciences.
- Rouabah, A., Villerd, J., Amiaud, B., Plantureux, S., & Lasserre-Joulin, F. (2015): Response of carabid beetles diversity and size distribution to the vegetation structure within differently managed field margins. Agriculture, Ecosystems & Environment, 200, S. 21-32.
- Rypstra, A. L., Carter, P. E., Balfour, R. A., & Marshall, S. D. (1999): Architectural features of agricultural habitats and their impact on the spider inhabitants. Journal of Arachnology, S. 371-377.

- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2019): Entwurf für ein „Handlungskonzept Insektenvielfalt im Freistaat Sachsen“ Im Rahmen des Sächsischen Biodiversitätsprogramms. Entwurf „Handlungskonzept Insektenvielfalt“; Stand: 24.06.2019
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2003): Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben: Weiterentwicklung der Umwelt-Beobachtung im Freistaat Sachsen mittels Satellitenbilddaten, Forschungsnehmer - Hugin GmbH, Jena
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2010): Daten und Fakten, pflanzenbauliche Erzeugung in Sachsen: http://www.lfulg.sachsen.de/download/lfulg/Pflanzenbau_und_pflanzliche_Produktion_in_Sachsen.pdf, Zugriff am 10.05.2019
- Sanders, D., Nickel, H., Grützner, T., & Platner, C. (2008): Habitat structure mediates top-down effects of spiders and ants on herbivores. *Basic and Applied Ecology*, 9(2), S. 152-160.
- Schellberg J (1990): Die spektrale Reflexion von Weizen – ein Beitrag zur Zustandsbeschreibung landwirtschaftlicher Kulturpflanzenbestände durch Fernerkundung, Dissertation an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn.
- Schmidt, J. J. Trautner & G. Müller-Motzfeld (2016): Rote Liste und Gesamtartenliste der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae): Deutschlands. In Gruttke et al. (Red.): (2016): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands Band 4: Wirbellose Tiere (Teil 2): Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (4), S. 598.
- Schuch, S., Ludwig, H., & Wesche, K (2020): Erfassungsmethoden für ein Insektenmonitoring, BfN-Skripten 565.
- Shearin, A. F., Reberg-Horton, S. C., & Gallandt, E. R. (2014): Direct effects of tillage on the activity density of ground beetle (Coleoptera: Carabidae): weed seed predators. *Environmental Entomology*, 36(5), S. 1140-1146.
- Stein-Bachinger, K., Gottwald F. (2016): Zwischenergebnisse Segetalflora , Berichte aus dem Projekt "Landwirtschaft für Artenvielfalt, Leibnitz Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), e.V.
- Stroh-Lömpcke, R., Riedel, J., & Nieberg, H. (2007): Ausweitung des Anbaukonzeptes Weite Reihe bei Winterweizen auf Roggen, Hafer, Raps Und Körnerleguminosen: Betriebswirtschaftliche Analyse (No. 05/2007): Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie.
- Sunderland, K., & Samu, F. (2000): Effects of agricultural diversification on the abundance, distribution, and pest control potential of spiders: a review. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 95(1), S. 1-13.
- Szél, G., & Kutasi, C. (2005): Influence of land use intensity on the ground beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae): in Central Hungary. In *European Carabidology 2003. Proceedings of the 11th European Carabidologist Meeting. DIAS Reports Plant Production (Vol. 114, S. 305-311)*:
- Thomas, C. F. G., Brown, N. J., & Kendall, D. A. (2006): Carabid movement and vegetation density: Implications for interpreting pitfall trap data from split-field trials. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 113(1-4), S. 51-61.
- Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J, Clough, Y, Crist, T.O., Dormann, C.F., Ewers, R.M., Frün, J., Holt, R.D., Holzschuh, A., Klein, A.M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D.A., Laurance, W., Lindenmayer, D., Scherber, C., Sohi, N., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., van der Putten, C.T., & Westphal, C. (2012): Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. *Biological reviews*, 87(3), S. 661-685.
- Volkmar, C., Lübke-Al Hussein, M., & Kreuter, T. (2003): Effekte moderner Verfahren der Bodenbewirtschaftung auf die Aktivität epigäischer Raubarthropoden: (Effects of reduced soil tillage on the activity of epigeic arthropods): *Gesunde Pflanzen*, 55(2), S. 40-45.

- Wetterstation Köllitsch (KLL): 2019, 2020: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/Wetter09/asp/inhalt.asp?seite=twerte>, URL abgerufen am 8.10.2019 und 20.8.2020.
- Weyman, G. S., Sunderland, K. D., & Jepson, P. C. (2002): A review of the evolution and mechanisms of ballooning by spiders inhabiting arable farmland. *Ethology Ecology And Evolution*, 14, S. 307-326.
- Zillmann, E. (2004): Einsatz multi-dimensionaler Radardaten zur Erfassung der räumlichen Variabilität von Bestandesmerkmalen, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Braunschweig
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 266.

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
(LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0
Telefax: + 49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.lfulg.sachsen.de

Autor:

Charlotte Rapp
Abteilung 6, Referat 62
Halsbrücker Str. 31a, 09599 Freiberg
Telefon: + 49 3731 294 2200
Telefax: + 49 3371 294 2099
E-Mail: Raimund.Warneke-Gruettner@smul.sachsen.de

Dr. Ingo Brunk
Büro für ökologische Gutachten
Cossebauder Straße 3
01157 Dresden
brunkin@web.de

Jörg Gebert
CICINDELA – Büro für Faunistik und Ökologie
Karl-Liebknecht-Straße 73
01109 Dresden
info@cicindela.de

Dr. Christoph Muster
Neukamp 29
18581 Putbus
cm@christoph-muster.de

Redaktion:

Dr. Raimund Warnke-Grüttner, Frank Richter
Abteilung 6, Referat 62
Halsbrücker Str. 31a, 09599 Freiberg
Telefon: + 49 3731 294 2200
Telefax: + 49 3371 294 2099
E-Mail: Raimund.Warneke-Gruettner@smul.sachsen.de

Fotos:

Acker im LVG Köllitsch, Archiv Naturschutz LfULG, Charlotte Rapp

Redaktionsschluss:

18.01.2022

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

*Täglich für
ein gutes Leben.*

www.lfula.sachsen.de