

3 Der Beitrag von Blühflächen zur Arthropodendiversität in der Agrarlandschaft

Christian Wagner, Andrea Holzschuh, Philipp Wieland

3.1 Zusammenfassung/Abstract

2011 wurden auf 13 Standorten in Unterfranken und Niederbayern mit je drei Varianten (Blühfläche, blühflächennahes Maisfeld und blühflächenfernes Maisfeld) Arthropoden (Insekten und Spinnentiere) gefangen. Die Fänge wurden während sechs zirka einwöchigen Durchgängen mit Malaisefallen getätigt. Die Hauptergebnisse sind:

- Blühflächen beheimaten eine an Arten und Individuen reichere Arthropodenfauna als Maisäcker. Dabei werden vor allem verbreitete Arten gefördert. Arten der Rote Liste Bayern wurden nur in geringer Zahl nachgewiesen.
- Blühflächen haben einen positiven Effekt auf die sie umgebende Agrarlandschaft. Es ist vorstellbar, dass sie dadurch zur biologischen Schädlingsbekämpfung beitragen.
- Der Artenreichtum nimmt bei Schwebfliegen (Syrphidae), die stellvertretend für alle Bestäuber stehen können, mit zunehmender Artenzahl blühender Pflanzenarten zu.

Blühflächen leisten einen Beitrag zur Erhaltung des Artenreichtums in der Agrarlandschaft. Für Insekten optimierte Blühflächen werden mit einer möglichst artenreichen Saatgutmischung eingesät. Der Schwerpunkt sollte auf blühenden Kräutern liegen. Mit dem Alter der Blühflächen steigt im Allgemeinen der Artenreichtum auf den Flächen an. Eine Mahd sollte unterbleiben. Eine eventuelle Mindestgröße konnte nicht eruiert werden.

The contribution of sown flower-rich fields to the diversity of arthropods in the agricultural landscape

In 2011 arthropods were caught on 13 sites in Lower Franconia and Lower Bavaria on three different types of plots (sown flower-rich fields, maize field close to the sown flower-rich field, and maize field distant to the sown flower-rich field). The captures were conducted in six periods of about one week each using Malaise traps. The main results are:

- Sown flower-rich fields hold a higher number of both arthropod species and individuals than maize fields. They mostly promote frequent species. Only few species of the Bavarian Red List could be identified.
- Sown flower-rich fields have a positive effect on the surrounding agricultural landscape. It is assumed that they contribute to biological pest control.
- Species diversity of hoverflies, representative for all pollinators, increases depending on the species number of flowering plant species.

Sown flower-rich fields contribute to the conservation of species diversity in the agricultural landscape. Sown flower-rich fields can be optimised for insects by using seed mixtures with as many species as possible. The species diversity on sites usually increases with the age of sown flower-rich fields. They should not be mowed. A potential minimum size of the fields could not be determined.

3.2 Einleitung

Der Bestand von Insekten und Spinnentieren (Arthropoden) in der Agrarlandschaft Europas ist seit Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts stark rückgängig (HAALAND et al. 2011). Gut untersucht ist dieser Rückgang bei Bestäubern wie Bienen inklusive Hummeln und Tagfaltern (AIZEN et al. 2009, BIESMEIJER et al. 2006, GOULSEN et al. 2008, KLUSER & PEDUZZI 2007, MAES & VAN DYCK 2001, NEUMANN & CARRECK 2010, POTTS et al. 2010, WEIBULL et al. 2000), aber auch bei Käfern, respektive Laufkäfern (LUKA et al. 2009). Dafür verantwortlich gemacht werden Habitatverlust, Verlust an Futterpflanzen, die generelle Vereinheitlichung der Landwirtschaft und die Intensivierung der Bearbeitung (LUKA et al. 2009, POLASZEK et al. 1999, STOATE et al. 2001, WEIBULL et al. 2000). Der Verlust an Artenreichtum kann dazu führen, dass bestimmte ökosystemare Funktionen nicht mehr gewährleistet werden können (AIZEN et al. 2009, BALVANERA et al. 2006, BOMMARCO et al. 2013, KLEIN et al. 2007, MARTIN et al. 2013, TSCHARNTKE et al. 2005). Bekanntestes Beispiel ist der Rückgang der Honig- und Wildbienen, der einen Einfluss auf die Bestäubung von Nutzpflanzen und somit deren Ertrag hat (AIZEN et al. 2009, GARIBALDI et al. 2013, NEUMANN & CARRECK 2010, WRATTEN et al. 2012). In den Vereinigten Staaten ist die Bereitstellung von Honigbienen zur Bestäubung von Nutzpflanzen ein Wirtschaftszweig geworden (RUCKER et al. 2012). Weitere ökosystemare Leistungen von Insekten sind bekannt. So können parasitisch und räuberisch lebende Insekten zur Bekämpfung von Schadinsekten beitragen. Insekten bauen organische Masse ab und sind am Nährstoffkreislauf und der biogenen Durchmischung beteiligt (LASALLE 1999). Nicht vergessen werden darf, dass Insekten notwendige Nahrung für Vögel sind und Nahrungsmangel als ein Grund für den Rückgang der Agrarvögel gilt (ATKINSON et al. 2004, NEWTON 2004, für Rebhuhn z. B. POTTS 2012).

Blühstreifen und -flächen sind eine Maßnahme, den Artenreichtum in der Agrarlandschaft zu erhalten. Sie werden oft speziell für die Erhöhung des Artenreichtums bei Insekten angelegt. Dabei sollen, neben dem Artenreichtum insgesamt, vor allem Bestäuber für die Aufrechterhaltung der Befruchtung der Feldfrüchte und Räuber für die biologische Schädlingsbekämpfung gefördert werden. Darüber hinaus sollen Blühstreifen beziehungsweise -flächen die Nahrungsgrundlage für Vögel verbessern (HAALAND et al. 2011). In Bayern wurden zwischen 2008 und 2010 über 19.000 Blühflächen auf über 19.000 Hektar angelegt. Sie wurden mit artenreichem Saatgut eingesät und werden seitdem nicht bewirtschaftet oder gepflegt. Pflegemaßnahmen erfolgen nur in Ausnahmefällen (WAGNER & VOLZ 2014). Welchen Beitrag sie leisten können, wurde in einem dreijährigen Projekt untersucht, dessen Abschlussbericht mit dieser Veröffentlichung vorliegt (WAGNER et al. 2014a). Im Teilprojekt Arthropoden (Insekten und Spinnentiere) wurden im Wesentlichen die folgenden Hypothesen geprüft.

1. Blühflächen beheimaten eine an Arten und Individuen reichere Arthropodenfauna als konventionell bewirtschaftete Maisäcker.
2. Blühflächen sind Habitat für seltene und gefährdete Arten der Agrarlandschaft.
3. Blühflächen haben einen positiven Effekt auf die sie umgebende Agrarlandschaft.
4. Bestäuber wie Schwebfliegen reagieren positiv auf das Blütenangebot von Blühflächen.

Arthropoden stellen in der Tierwelt die artenreichste Gruppe. Eine umfassende Untersuchung dieser Tiergruppe ist nicht möglich. In diesem Projekt konnte allerdings eine außergewöhnlich große Zahl von Gruppen bestimmt werden (Tab. 14, Tab. 15).

Beim Versuchsaufbau wurde besonders darauf geachtet, dass dieser Aussagen darüber zulässt, ob die untersuchten Taxa über die Blühflächen hinaus in die angrenzende Agrarlandschaft einstrahlen oder nur innerhalb der Blühfläche gefunden wurden. Hinsichtlich der Bewertung der funktionalen Bedeutung der Blühflächen ist dieser Aspekt essentiell.

3.3 Methoden

3.3.1 Standorte und Design

Die Arthropodenfänge wurden im Jahr 2011 an 13 Standorten in zwei Regionen Bayerns durchgeführt. Sechs Standorte lagen in Niederbayern, sieben in Unterfranken. Lage und Nummerierung der Standorte sind aus Abb. 16 und Tab. 13 ersichtlich.

An jedem Standort wurde an jeweils drei Stellen eine Gruppe aus einer Malaisefalle und zwei Bodenfallen (Barberfallen) installiert. Malaisefallen fangen vor allem flugfähige Insekten, Bodenfallen dagegen auf dem Boden lebende (epigäische) Insekten und Spinnentiere. Eine Fallengruppe lag in einer Blühfläche, 20 Meter vom Rand zu einem Maisfeld entfernt (Abkürzung: BF1). Eine Gruppe lag in dem zur Blühfläche angrenzenden Maisfeld, 20 Meter vom Rand der Blühfläche entfernt (Abkürzung: Mais(nah)). Die dritte Fallengruppe lag in einem Maisfeld, 20 Meter von dessen Rand und zirka 500 Meter von den anderen beiden Fallengruppen entfernt sowie nicht in der Nähe zu einer Blühfläche (Abkürzung: Mais(fern)) (Abb. 17). Auf jeder Fläche wurde eine bioform Malaisefalle nach Prof. Bartak (Abb. 18) mit der Fangdose nach Süden aufgestellt. Fangflüssigkeit war ein Glykol (Kühlerflüssigkeit)-Wassergemisch im Verhältnis von 1:3, bei dem mit einem Schuss Spülmittel die Oberflächenspannung herab gesetzt wurde. Zwei Meter südlich und zwei Meter nördlich der Malaisefalle, bei einer Länge der Malaisefalle von 2,3 Meter also 6,3 Meter voneinander entfernt, wurde jeweils eine Bodenfalle eingegraben. Die Bodenfallen hatten eine Öffnung von sieben Zentimetern Durchmesser und eine Tiefe von neun Zentimetern. Zum Schutz vor Regenwasser, wurde zirka fünf Zentimeter über der Geländekante eine Abdeckung aus Plexiglas angebracht. Die Fangflüssigkeit ebenfalls eine Glykol-Wassergemisch (1:3) mit Zugabe von Spülmittel.



Abb. 15: Honigbiene (*Apis mellifera*), Aufnahmedatum 24.7.2012.

Tab. 12: Bezeichnung und Gaus-Krüger-Koordinaten der Fallengruppen. Nutzung BFl = Blühfläche, Mais(nah) = blühflächennahes Maisfeld, Mais(fern) = blühflächenfernes Maisfeld, Koordinaten aus ArcMap 10 (Koordinatensystem: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4).

Standort	Nutzung	Gemeinde	X-Koordinate	Y-Koordinate
501	BFl	Euerbach	4365163	5547937
501	Mais(nah)	Euerbach	4365122	5547937
501	Mais(fern)	Euerbach	4365025	5549354
503	BFl	Werneck	4366929	5539757
503	Mais(nah)	Werneck	4366889	5539743
503	Mais(fern)	Werneck	4365980	5539729
508	BFl	Buchbrunn	4364074	5516451
508	Mais(nah)	Buchbrunn	4364035	5516463
508	Mais(fern)	Buchbrunn	4365392	5516105
512	BFl	Karlstadt	4335040	5535118
512	Mais(nah)	Karlstadt	4335042	5535148
512	Mais(fern)	Seinsfeld	4335009	5536231
513	BFl	Gemünden am Main	4338328	5550239
513	Mais(nah)	Gemünden am Main	4338293	5550217
513	Mais(fern)	Gemünden am Main	4339269	5550243
520	BFl	Hendungen	4386664	5583313
520	Mais(nah)	Hendungen	4386624	5583306
520	Mais(fern)	Hendungen	4386166	5584746
521	BFl	Münnerstadt	4378502	5569478
521	Mais(nah)	Münnerstadt	4378539	5569475
521	Mais(fern)	Münnerstadt	4378873	5571555
526	BFl	Mamming	4545157	5387782
526	Mais(nah)	Mamming	4545194	5387795
526	Mais(fern)	Mamming	4544905	5389012
534	BFl	Geiselhöring	4529693	5409122
534	Mais(nah)	Geiselhöring	4529658	5409098
534	Mais(fern)	Geiselhöring	4530090	5408774
545	BFl	Landau an der Isar	4554664	5385414
545	Mais(nah)	Landau an der Isar	4554645	5385448
545	Mais(fern)	Simbach	4554217	5384204
547	BFl	Mallersdorf-Pfaffenberg	4513370	5404332
547	Mais(nah)	Mallersdorf-Pfaffenberg	4513360	5404286
547	Mais(fern)	Mallersdorf-Pfaffenberg	4513046	5404685
551	BFl	Wallersdorf	4556093	5398672
551	Mais(nah)	Wallersdorf	4556128	5398633
551	Mais(fern)	Wallersdorf	4556602	5398121
555	BFl	Aholming	4566230	5401339
555	Mais(nah)	Aholming	4566191	5401344
555	Mais(fern)	Aholming	4567104	5401892

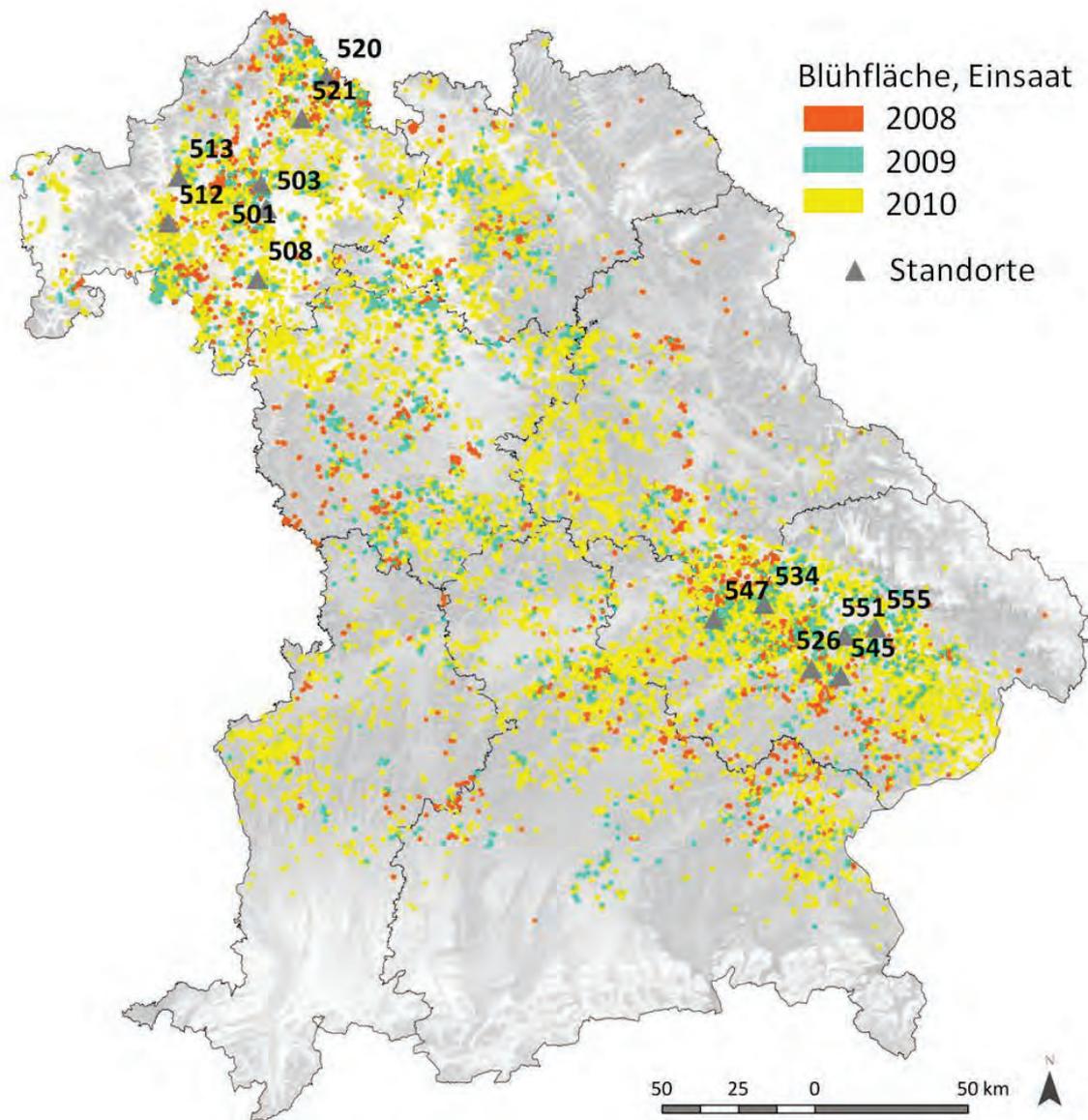


Abb. 16: Lage der 13 Standorte mit Insektenfängen.

Tab. 13: Leerungsintervalle der Malaise- und Bodenfallenfänge.

Durchgang	Leerungsdatum	Anzahl Tage fängig
1	20.06.2011	8
2	27.06.2011	7
3	14.07.2011	7
4	21.07.2011	7
5	22.08.2011	6
6	30.08.2011	8

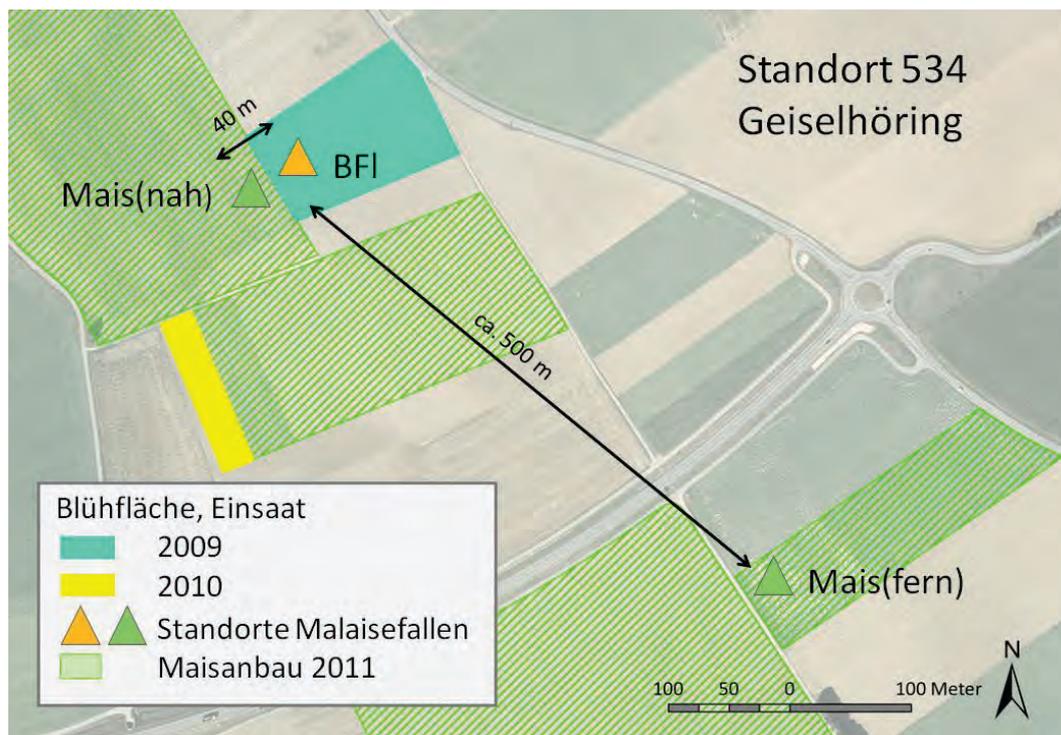


Abb. 17: Räumliche Anordnung der Fallengruppen am Standort 534 Geiselhöring, Niederbayern, BFI = Fallen auf Blühfläche, Mais(nah) = Fallen im blühflächennahen Maisfeld, Mais(fern) = Fallen im blühflächenfernen Maisfeld.



Abb. 18: LINKS: bioform Malaisefalle nach Prof. Bartak in oliver Ausführung. Insgesamt wurden 39 Fallen (3 pro Standort), installiert. Die Fangdose zeigte nach Süden. RECHTS: Bodenfalle mit Abdeckung aus Plexiglas 5 cm über der Oberfläche. Fangflüssigkeit war jeweils ein Glykol-Wassergemisch im Verhältnis von 1:3 mit einem Schuss Spülmittel.

Insgesamt erfolgten sechs Leerungen zwischen dem 13. Juni und dem 30. August 2011 (Tab. 13). Die Fallen waren je Durchgang zwischen sechs und acht Tage fängig. Die Sortierung der Fänge wurde in zirka 1.000 Stunden durch studentische Hilfskräfte, Christian Wagner und Philipp Wieland (WIELAND 2012) geleistet. Die Bestimmung der einzelnen Gruppen auf Artniveau erfolgte durch Experten (Tab. 14). Die Insektenfänge wurden durch die Naturschutzbehörden der Regierung von Oberfranken, Mittelfranken, Unterfranken und Niederbayern genehmigt.

Tab. 14: Experten Tierbestimmung.

Name	Tiergruppe
Büche, Boris	Käfer (Coleoptera) ohne Laufkäfer
Burmeister, Johannes (LfL)	Laufkäfer (Carabidae)
Beyer, Finn (LfL)	Regenwürmer (Lumbricidae)
Gossner, Martin	Wanzen (Heteroptera)
Gruppe, Axel	Netzflügler (Neuroptera), Kamelhalsfliegen (Rhaphidioptera), Schnabelfliegen (Mecoptera)
Hopfenmüller, Sebastian	Bienen (Apidae)
Hünefeld, Frank	Tagschmetterlinge (Gruppe der Lepidoptera)
Merkel-Wallner, Gisela	Schwebfliegen (Syrphidae)
Muster, Christoph	Spinnentiere (Arachnida)
Nickel, Herbert	Zikaden (Cicadina)
Rudzinski, Hans-Georg	Zweiflügler (Diptera) ohne Schwebfliegen

3.3.2 Auswertung

Malaisefallenfänge und Bodenfallenfänge wurden getrennt ausgewertet. In diesem Kapitel werden die Malaisefallenfänge bearbeitet. In BURMEISTER & WAGNER (2014) werden die Ergebnisse der Bodenfallenfänge dargestellt.

Zur Beantwortung von Hypothese (1) bis (3) wurden der Artenreichtum (Anzahl Arten) und die Abundanz (Anzahl Individuen) aller Arten und der Rote-Liste Arten für die drei Varianten Blühfläche (BF1), blühflächennahes Maisfeld (Mais(nah)) und blühflächenfernes Maisfeld (Mais(fern)) in einem Friedman-Test für verbundene Stichproben auf Unterschiede getestet ($n = 13$ Standorte). Posthoc wurden die verbundenen Stichproben paarweise mit dem Wilcoxon-Test verglichen (SAS Enterprise Guide 4.3). Die Darstellung erfolgt in Boxplots mit den Differenzen der jeweils verbundenen Varianten (zur Darstellung siehe WAGNER & VOLZ 2014).

Der Einfluss der Umwelteigenschaften auf das Insekten- und Spinnentivorkommen auf den 13 Blühflächen wurde für Artenreichtum und Abundanz aller Arten, der Schwebfliegen (Syrphidae), der Bestäuber und Rote-Liste Arten jeweils mit einem generalisierten linearen Modell (Glm, R Version i386 3.0.2) getestet. Die Individuensummen waren überstreut (overdispersion) und wurden deswegen nicht mit einer „Poisson“-Verteilung, sondern einer „Quasipoisson“-Verteilung gerechnet. Die Anzahl der $n = 13$ Blühflächen beschränkte die Anzahl der Umweltvariablen, die getestet werden konnten. Wichtig war uns, neben der Region, den Blühaspekt (Anzahl blühender Pflanzenarten) und die Landschaftskomplexität (Ackerfläche im Radius von 500 m) zu prüfen. Die Umweltvariablen wurden

auf Normalverteilung getestet und da normalverteilt (Test mit Kolmogorov-Smirnov-Test, p jew. $> 0,05$) nur z-transformiert. Ein p-Wert kleiner 0,05 zeigt an, dass ein Ergebnis signifikant ist.

3.4 Ergebnisse

In die Auswertungen gingen 10.082 Datensätze aus Malaisefallen und 5.071 Datensätze aus Bodenfallen mit 56.015 beziehungsweise 28.334 Individuen ein. Sie verteilen sich auf 880 Arten respektive 368 Arten. Im Gesamtprojekt wurden 1.041 Tierarten, davon 983 Arthropoden bestimmt (Tab. 15). Im Folgenden sind die Ergebnisse der Malaisefallenfänge dargestellt.

*Tab. 15: Im Projekt faunistische Evaluierung von Blühflächen auf Blühflächen in Bayern nachgewiesene Tierarten Stand 19.11.2013. Die Artenzahl wird sich vor allem bei den Zweiflüglern noch erhöhen. * = z.B. Ameise (Formicidae) etc.*

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Anzahl Arten
Regenwürmer	Lumbricidae	8
Spinnen und Weberknechte	Arachnida	67
Springschrecken	Orthoptera	10
Zikaden	Cicadina	107
Wanzen	Heteroptera	103
Schnabelfliegen, Kamelhalsfliegen, Netzflügler	Mecoptera, Raphidioptera, Neuroptera	15
Käfer ohne Laufkäfer	Coleoptera	297
Laufkäfer	Carabidae	74
Bienen inkl. Honigbiene	Apidae	21
Tagfalter und Widderchen	Gruppe der Lepidoptera	11
Zweiflügler ohne Schwebfliegen	Diptera	174
Schwebfliegen	Syrphidae	75
Vögel	Aves	52
Niederwild		6
zusätzlich auf Familien- oder Ordnungsniveau bestimmt*		21
Summe		1.041

3.4.1 Phänologie der Insektenvorkommen

Im Jahresverlauf ergaben sich deutliche Muster. So stiegen Artenreichtum und Abundanz bis zur dritten Leerung Mitte Juli an und sanken danach wieder. Dabei kamen über den gesamten Untersuchungszeitraum mehr Arten und Individuen auf Blühflächen vor als in Maisfeldern (Abb. 19).

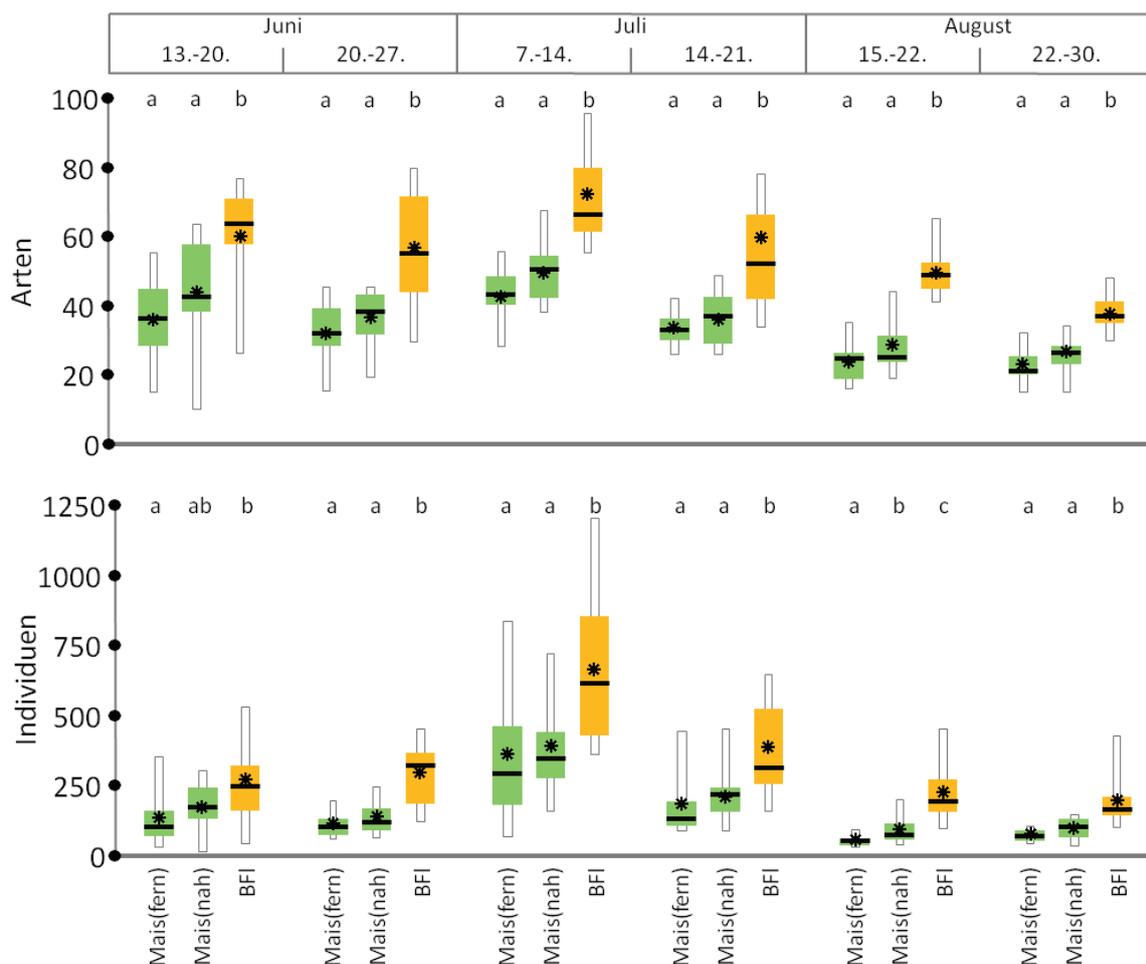


Abb. 19: Artenreichtum (oben) und Abundanz (unten) bei Insekten und Spinnentieren in den 6 Fangperioden 2011, BFI = Blühfläche, Mais(nah) = blühflächennaher Maisacker, Mais(fern) = blühflächenferner Maisacker, $n = 13$ Standorte á 3 Fallen, Friedman-Test und nachgeschaltet Wilcoxon-Test für jede Fangperiode, unterschiedliche Buchstaben (a, b) geben signifikante Unterschiede an.

3.4.2 Vergleich Maisäcker und Blühflächen

Es zeigt sich, dass nicht nur mehr Arten und Individuen auf Blühflächen als auf Maisfeldern vorkamen, sondern auch mehr Arten und Individuen auf blühflächennahen Maisfeldern (Mais(nah)) als auf blühflächenfernen Maisfeldern (Mais(fern)) (Tab. 16, Abb. 20).

Bei Betrachtung der Rote Liste Bayern-Arten war das Ergebnis weniger aussagekräftig. Bei allgemein sehr geringen Arten- und Individuenzahlen mit durchschnittlich 2,1 bis 5,2 Arten und 8,5 bis 12,9 Individuen der Roten Liste pro Malaisefalle waren nur die Unterschiede bei den Arten zwischen Blühfläche (Bfi) und den Maisfeldern (Mais(nah), Mais(fern)) signifikant (Tab. 17, Abb. 21).

Tab. 16: Artenreichtum und Abundanz aller in Malaisefallen gefangener Arthropoden (Insekten und Spinnentiere). mw = Mittelwert \pm Standardabweichung, Mais(fern) = blühflächenfernes Maisfeld, Mais(nah) = blühflächennahes Maisfeld, BFl = Blühfläche, n = 13 Standorte á 3 Fallen.

Standort	Artenreichtum			Abundanz		
	Mais(fern)	Mais(nah)	BFl	Mais(fern)	Mais(nah)	BFl
501	121	137	169	783	1147	1961
503	118	100	154	1007	1074	2342
508	91	113	155	664	720	1589
512	112	130	169	918	909	2867
513	133	166	161	646	1255	1587
520	103	119	162	455	933	1313
521	123	127	161	668	794	1487
526	102	139	190	728	1054	3082
534	113	124	165	1669	1432	1619
545	123	136	170	1147	966	2327
547	98	123	216	919	1172	3291
551	98	119	182	1503	1509	2511
555	65	100	192	1122	1757	3088
mw	107,7 \pm 17,1	125,6 \pm 16,7	172,8 \pm 17,0	940,7 \pm 336,4	1132,5 \pm 284,2	2235,7 \pm 665,5

Tab. 17: Rote Liste Bayern: Artenreichtum und Abundanz der in Malaisefallen gefangenen Arthropoden (Insekten und Spinnentiere) der Rote Liste Bayerns. mw = Mittelwert \pm Standardabweichung, BFl = Blühfläche, Mais(nah) = blühflächennahes Maisfeld, Mais(fern) = blühflächenfernes Maisfeld, n = 13 Standorte á 3 Fallen.

Standort	Artenreichtum RL-Arten			Abundanz RL-Arten		
	Mais(fern)	Mais(nah)	BFl	Mais(fern)	Mais(nah)	BFl
501	3	4	5	15	16	6
503	2	2	7	15	23	25
508	2	5	3	11	23	10
512	3	2	5	3	3	10
513	0	1	6	0	1	17
520	2	2	2	2	3	4
521	4	1	5	6	1	6
526	4	5	6	5	37	14
534	1	2	4	7	16	5
545	2	3	7	5	9	9
547	1	4	5	2	11	5
551	2	1	6	32	8	22
555	1	6	7	7	17	17
mw	2,1 \pm 1,1	2,9 \pm 1,6	5,2 \pm 1,5	8,5 \pm 8,2	12,9 \pm 10,2	11,5 \pm 6,6

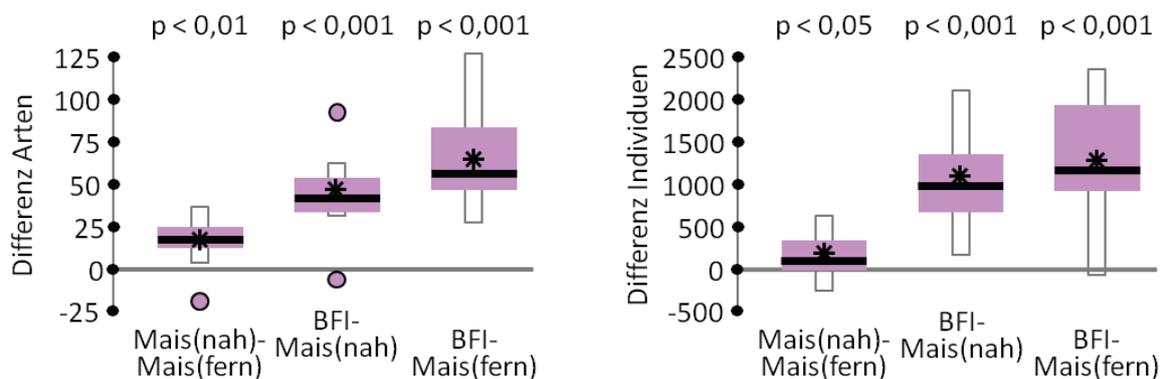


Abb. 20: Arthropoden (Insekten und Spinnentiere), Differenz Arten(reichtum) (links) bzw. Abundanz (Individuen) (rechts), $n = 13$ Standorte á 3 Fallen, Wilcoxon-Test.

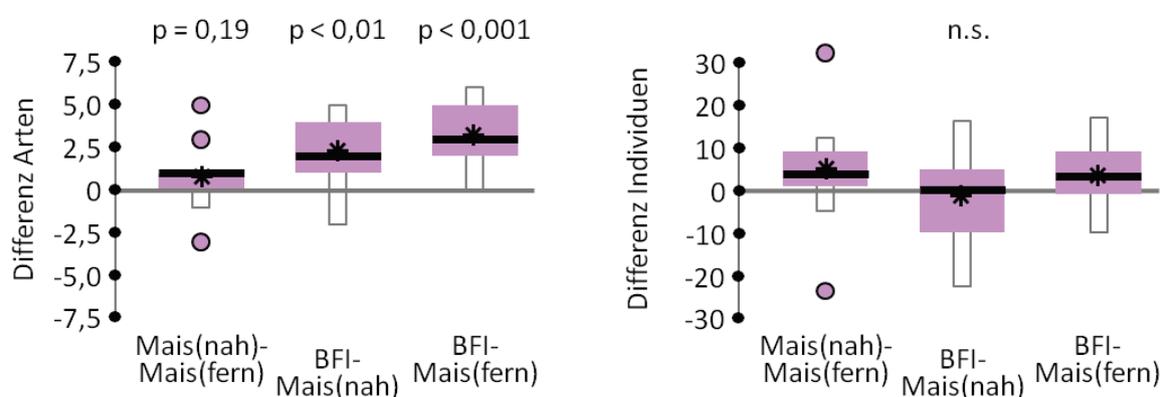


Abb. 21: Arthropoden (Insekten und Spinnentiere) Rote Liste Bayern-Arten, Differenz Arten(reichtum) (links) bzw. Abundanz (Individuen) (rechts), BFI = Blühfläche, Mais(nah) = blühflächennahes Maisfeld, Mais(fern) = blühflächenfernes Maisfeld, $n = 13$ Standorte á 3 Fallen, n.s. = vorgeschalteter Friedman-Test nicht signifikant, Wilcoxon-Test.

3.4.3 Einfluss von Umweltfaktoren

Die gerechneten Modelle zeigten vor allem einen Einfluss der Regionen Unterfranken und Niederbayern auf die untersuchten Messgrößen. Ansonsten konnte ein positiver Effekt der Anzahl blühender Pflanzenarten auf den Artenreichtum von Schwebfliegen ($p < 0,001$) und tendenziell Artenreichtum von Bestäubern ($p < 0,1$) aufgezeigt werden. Die Landschaftskomplexität, gemessen als Ackerfläche im Radius von 500 Meter, konnte nicht mit den Messgrößen in Verbindung gebracht werden (Tab. 18).

Tab. 18: Einfluss von Umweltvariablen auf Artenreichtum und Abundanz aller Arten, Schwebfliegen, Bestäubern und Rote Liste Arten. Methode = „Poisson“, $n = 13$ Blühflächen, p = Modellgüte (intercept), (*) = $p < 0,1$, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, + = positiver Einfluss, - = negativer Einfluss, wenn kein Zeichen, dann nicht signifikant. Die Region als Klassenvariable hat keine Richtung.

Messgröße	p	Region	Anzahl blühender Pflanzenarten	Ackerfläche im Radius von 500 m
Artenreichtum alle Arten	***	***	(+)	
Abundanz alle Arten	***	*		
Artenreichtum Rote-Liste Arten	***			
Abundanz Rote-Liste Arten	***			
Artenreichtum Schwebfliegen	***	*	++	
Abundanz Schwebfliegen	***	*		
Artenreichtum Bestäuber	***	**	(+)	
Abundanz Bestäuber	***	**		

3.5 Diskussion

3.5.1 Wirksamkeit von Blühflächen

Blühflächen sind arten- und individuenreicher als Maisfelder. Dass Blühflächen den Artenreichtum in der Agrarlandschaft erhöhen, war zu erwarten gewesen. Schon bei Brachen und anderen ruderalen Randstrukturen, sowie gesäten Wildblumenstreifen, wurde dies festgestellt (DITNER et al. 2013, Zusammenfassung in HAALAND et al. 2011 und SCHEPER et al. 2013). Pollen- und nektarreiche Kräutermischungen, wie sie auf Blühflächen verwendet werden, sind entomologisch meist noch hochwertiger als reine Sukzessionsbrachen und gesäte Wildblumenstreifen (HAALAND et al. 2011), so dass der klare Effekt nicht überrascht.

Nicht zwangsläufig zu erwarten war, dass Blühflächen mit ihrem Arten- und Individuenreichtum in die umgebende Landschaft ausstrahlen. Dies konnte in dieser Studie durch höheren Artenreichtum und höhere Abundanz auf blühflächennahen gegenüber blühflächenfernen Maisäckern gezeigt werden. In Norddeutschland wurde das Hineinwirken von Randstreifen in bewirtschaftete Kulturen für Schwebfliegen ebenfalls nachgewiesen (HAENKE et al. 2009). Auch bei verschiedenen Spinnenfamilien zeigt sich ein positiver Effekt von Buntbrachen, das Schweizer Pendant zu den bayerischen Blühflächen, in benachbartem Wintergetreide (SCHMITDT-ENTLING & DÖBELI 2009). Höhere Abundanzen von zum Beispiel Blattläuse fressenden Schwebfliegen oder räuberisch lebenden Spinnen, bedeuten auch eine potentiell bessere Schädlingskontrolle (BIANCHI et al. 2006, HAALAND et al. 2011, HAENKE et al. 2009, LANDIS et al. 2000). Blattläuse jedenfalls nehmen bei Ausschluss von Räubern im Wintergetreide signifikant zu (SCHMIDT et al. 2003). In der Schweiz wurde auch gezeigt, dass Randstreifen die Effektivität der die Kohlmotte (*Plutella xylostella*) parasitierenden Schlupfwespe *Diadegma semiclausum* erhöhen (LAVANDERO et al. 2005). Andererseits konnte ein nur eingeschränkter Effekt von Randstreifen unterschiedlicher Ausprägung auf die Parasitierungsraten der Larven der Kohleule und des Kleinen Kohlweißlings (*Mamestra brassicae*, *Pieris rapae*) in benachbarten Kohl-

feldern gefunden werden (PIFFNER et al. 2009). Allgemein ist wenig über den Beitrag von Randstreifen respektive Blühflächen bei der Schädlingsbekämpfung in Kulturen bekannt. Weitere Untersuchungen werden den Nutzen von Blühflächen für die Schädlingsbekämpfung bestätigen (BIANCHI et al. 2006, HAALAND et al. 2011).

SCHEPER et al. (2013) arbeiten in einer Literaturübersicht heraus, dass Agrarumweltmaßnahmen für Bestäuber in einfachen Landschaften den größten Effekt zeigen. In komplexen Landschaften ist der Effekt geringer und in ausgeräumten Landschaften gibt es durch Agrarumweltmaßnahmen keinen positiven Effekt auf Bestäuber. HAENKE et al. (2009) konnten zeigen, dass in einheitlichen, intensiv genutzten Landschaften mehr Schwebfliegen auf Blühstreifen vorkommen als in komplexen Landschaften. Schlussfolgerung ist, dass Agrarumweltmaßnahmen und Blühstreifen bevorzugt in ausgeräumten Landschaften angelegt werden sollten. Dies ist ein Ergebnis, welches wir auf bayerischen Blühflächen zwar nicht bei Insekten, aber bei Vögeln (WAGNER 2014) und Niederwild (WAGNER et al. 2014b) nachweisen konnten.

3.5.2 Seltene Arten

Von Blühflächen profitieren vor allem häufige Arten. Insgesamt wurden nur wenige seltene Arten festgestellt. Dieses Ergebnis ist auch typisch für gesäte Wildblumenstreifen (HAALAND et al. 2011, MEEK et al. 2002, PYELL et al. 2005). Ein möglicher Grund ist, dass seltene Insektenarten oft ausbreitungsschwach sind (TSCHARNTKE et al. 2002). Dass auf Blühflächen keine seltenen Insekten und Spinnentiere vorkommen, mindert nicht deren Wert. Andere Tiergruppen, wie zum Beispiel gefährdete Vögel, profitieren von der Insektennahrung unabhängig von der Seltenheit der vorkommenden Arten (WAGNER 2014).

3.5.3 Region

Dass die Region Artenreichtum und Abundanz von Insekten auf den Blühflächen beeinflusst, ist wenig verwunderlich. Niederbayern und Unterfranken unterscheiden sich unter anderem grundsätzlich hinsichtlich Landschaftsrelief, Boden, Klima, Anbau unterschiedlicher Feldfrüchte, Waldanteil und Ausstattung der umgebenden Landschaft mit nicht bewirtschafteten Habitaten. Allein zu dem Thema, wie die Landschaftsstruktur die Fauna von Brachen oder Stilllegungsflächen und eingeschränkt Blühstreifen beeinflusst, gibt es zahlreiche Untersuchungen (Zusammenfassungen z. B. in BATÁRY et al. 2011, DOVER & SETTELE 2009, TSCHARNTKE et al. 2011, 2012). Regionale Unterschiede werden bei der Förderung/Anlage von Blühflächen kaum berücksichtigt werden können. Deswegen soll der Einfluss der Region auf den Artenreichtum von Insekten und Spinnentieren hier nicht weiter diskutiert werden.

3.5.4 Anzahl Pflanzenarten und Bestäuber

Europaweit werden 85 Prozent der 264 Kulturpflanzen-Arten von Tieren und dabei hauptsächlich Bienen bestäubt (AIZEN et al. 2009). Der Bedeutung entsprechend wurde der ökonomische Wert der Bestäubung von Kulturpflanzen im Jahr 2005 auf 153 Milliarden Euro geschätzt (GALLAI et al. 2009). Trotz der enormen wirtschaftlichen Relevanz wurde die Bestäubung von Feldfrüchten lange Zeit als ein kostenloser Service der Natur angesehen. In der Zwischenzeit haben blütenbestäubende Insekten in vielen Agrarlandschaften

aber so stark abgenommen, dass erste wirtschaftliche Auswirkungen sichtbar werden (AIZEN et al. 2009, GALLAI et al. 2009, GARIBALDI et al. 2013, KLUSER & PEDUZZI 2007). Bisher ging man davon aus, dass vor allem Honigbienen Bestäuberleistungen erbringen. Es hat sich aber gezeigt, dass weltweit in vielen Fällen wild lebende Insekten viel effektivere und wichtigere Bestäuber sind als Honigbienen (GARIBALDI et al. 2013). Dabei sind Artenreichtum und Besuchsraten von Bestäubern stark von der Entfernung zu natürlichen oder halbnatürlichen Habitaten abhängig (RICKETTS et al. 2008). Eine genügende Ausstattung mit diesen Habitaten ist also wichtig für die Bestäubung von Kulturpflanzen.

Schwebfliegen sind nach den Wildbienen und den Honigbienen die wichtigsten Bestäuber von Wild- und Nutzpflanzen und als Larven wichtige Blattlausantagonisten (RÖDER 1990). Ihre Bedeutung wurde lange Zeit unterschätzt. Neue Studien zeigen zum Beispiel, dass Raps mehr Blüten und Samen ansetzt, wenn er von Hainschwebfliegen (*Episyrphus balteatus*) besucht wird (JAUKER & WOLTERS 2008, OFFENBERGER 2013). Das Vorkommen von Schwebfliegen wird so zu einem wirtschaftlich wirksamen Faktor.

Die Blühflächen in Bayern sind Lebensraum von Schwebfliegen. Sie waren mit über 20.000 Individuen die Gruppe mit den meisten Individuen aller in diesem Projekt bestimmter Tiergruppen. Bei den Schwebfliegen nahm der Artenreichtum mit zunehmender Anzahl blühender Pflanzenarten auf den Blühflächen zu. Tendenziell war dieses Muster auch bei der Gilde der Blütenbesucher und beim Artenreichtum aller mit Malaisefalle gefangener Insekten und Spinnentiere sichtbar. In drei Literaturübersichten wird die Bedeutung der pollen- und nektarreichen Mischungen zur Förderung bestäubender Insektenarten in den Vordergrund gestellt. Die Blütenmenge und die Anzahl an Pflanzenarten, letztere war auch in unserem Projekt signifikant, sind positiv mit dem Vorkommen von Bestäubern, wie Bienen, Hummeln und Schwebfliegen korreliert (HAALAND et al. 2011, SCHEPER et al. 2013, TSCHARNTKE et al. 2011). Da auf Blühflächen über mehrere Monate ein vielfältiges Pflanzenspektrum blüht (WIELAND 2012), können Trachtlücken, die eventuell im Juni und ab Ende Juli auftreten und zu ernsthaften Nahrungsengpässen bei Bienen und Hummeln führen können, abgemildert werden. Ebenso stellen Blühflächen, die mehrere Jahre nicht bewirtschaftet werden, Neststandorte zum Beispiel für Hummeln zur Verfügung (GATHMANN et al. 1994, LYE et al. 2009, MÜLLER 2012). Die Konsequenz aus den Ergebnissen ist die Empfehlung, dass Blühflächen so Blütenpflanzenartenreich als möglich angelegt werden und ein besonderer Fokus auf artenreiche Saatgutmischungen gelegt wird.

3.5.5 Alter, Sukzession und Management

Brachen, Stilllegungsflächen und gesäte Blühstreifen beziehungsweise -flächen unterliegen einer Sukzession. Hauptaspekt der Vegetationssukzession ist eine nach zwei Jahren abrupt wechselnde Pflanzenartenzusammensetzung. Einjährige Pflanzenarten werden unterdrückt, ausdauernde Pflanzenarten setzen sich durch. Dies geht meist mit einer Zunahme der Vegetationsdichte und einer Abnahme an Pflanzenarten einher (BOATMEN et al. 2011, TSCHARNTKE et al. 2011), die aber bei mit artenreichem Saatgut etablierten Blühflächen oft sehr moderat von statten geht (CRITCHLEY et al. 2000, WAGNER & VOLZ 2014). Im weiteren Sukzessionsverlauf setzen sich Gräser durch, die für Bestäuber weniger attraktiv sind (BOATMEN et al. 2011, CRITCHLEY et al. 2000).

Daraus ergibt sich die Frage, in welchem Alter Blühflächen am wertvollsten sind. Die eigenen Untersuchungen fanden auf gleich alten Blühflächen statt, so dass wir keine Aussa-

ge dazu machen können. Andere Untersuchungen zeichnen aber ein klares Bild. Mehrjährige Brachen oder Stilllegungsflächen beherbergen diversere Insektengemeinschaften und höhere Insektenabundanzen als einjährige Flächen (HAALAND et al. 2011, TSCHARNTKE et al. 2011). Das optimale Alter hängt unter anderem vom Ziel ab. Auf Brachen im zweiten Jahr wachsen noch viele annuelle Ackerwildkräuter, die speziell seltenen Schmetterlings- und Käferarten Nahrung bieten können. Ältere Brachen ab dem dritten Jahr zeigen vor allem hohen Artenreichtum und Abundanzen und werden auch von wenig mobilen Insekten, wie Ameisen, besiedelt (TSCHARNTKE et al. 2011). Räuber – hier Spinnen – kommen auf sechsjährigen Blühflächen häufiger vor als auf einjährigen (DENYS & TSCHARNTKE 2002) und ebenso Kurzflügelkäfer (Staphylinidae), die mit zunehmendem Alter von Buntbrachen häufiger werden, womit gezeigt wurde, dass mit dem Alter der Wert von – hier – Schweizer Buntbrachen für überwinterte Insekten zunimmt (FRANK & REICHHART 2004). Da Blühflächen theoretisch kontinuierlich angelegt und wieder aufgegeben werden, gibt es in der Landschaft Blühflächen unterschiedlichen Alters, so dass junge und alte Blühflächen unterschiedliche Funktionen übernehmen können und die einzelne Blühfläche möglichst lange existieren sollte (siehe HAALAND et al. 2011).

Eine weitere wichtige Frage lautet: Pflege ja oder nein? Wenn die Flächen nicht gemäht werden, akkumulieren sich abgestorbene Pflanzenreste, wie zum Beispiel Sonnenblumen- oder Kardenstängel, die bis weit ins nächste Standjahr hinein das Aussehen der Blühfläche beherrschen. Sie bieten Überwinterungsplätze und Nahrungshabitate, beschatten aber den Boden und führen in letzter Konsequenz zu einer Abnahme lichtliebender – einjähriger – Pflanzenarten, was sich auf die Insektengemeinschaft auswirken kann. Wenn gemäht und der Aufwuchs abgefahren wird (Mulchen ist immer die schlechteste Variante), werden oben genannte Strukturen zerstört, viele potentielle Überwinterungshabitate vernichtet und mit dem Mähgut werden Insekten getötet oder abtransportiert (WAGNER 2004). Da Blühflächen zeitlich auf fünf Jahre begrenzt sind, ist ein Gehölzaufwuchs nicht zu befürchten.

Da eine Pflegemahd in der Regel im Herbst erfolgt, sind gemähte Flächen im Winter niedrig und ohne alte Strukturen beziehungsweise Streuauflage. Streu wird aber als wichtiger Faktor für die Überwinterung von Nützlingen auf Randhabitaten angesehen (WIEDEMEIER & DUELLI 2000). Ungestörte Überwinterungsplätze mit hoher Dichte bevorzugen Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) in der Schweiz (FRANK & REICHHART 2004), wobei die meisten Untersuchungen sich auf im Boden überwinterte Arten konzentrieren und deswegen dort die Bodenruhe der bestimmende Faktor ist (FRANK & REICHHART 2004, PFIFFNER & LUKA 2000, SOTHERTON 1984).

Kurz erwähnt sei, dass Aussagen zu optimaler Größe und Vernetzung einzelner Blühfläche kaum möglich sind. Zu artenreich und inhomogen in ihrem Ausbreitungsverhalten ist die betrachtete Gruppe (TSCHARNTKE et al. 2002). Die untersuchten Blühflächen waren sicher weit über der Schwellengröße, bei der noch ein Effekt der Größe auf Artenreichtum oder Abundanz festgestellt werden könnte (siehe aber BURMEISTER & WAGNER 2014). WIEDEMEIER und DUELLI (2000) immerhin empfehlen für eine effektive Kontrolle von Schädlingen durch am Boden lebende Arthropoden Abstände von 50 bis 100 Meter zwischen ungenutzten Randstreifen.

3.6 Literatur

- AIZEN, M.A., GARIBALDI, L.A., CUNNINGHAM, S.A., KLEIN, A.M. (2009): How much does agriculture depends on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. – *Annals of Botany* 103, 1579-1588.
- ATKINSON, P.W., BUCKINGHAM, D., MORRIS, A.J. (2004): What factors determine where invertebrate-feeding birds forage in dry agricultural grasslands? – *Ibis* 146/Suppl. 2, 99-107.
- BALVANERA, P., PFISTERER, A.B., BUCHMANN, N., HE, J.-S., TAKASHIZUKA, T., RAFFAELLI, D., SCHMID, B. (2006): Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. – *Ecology Letters* 9, 1146-1156.
- BATÁRY, P., BÁLDI, A., KLEIJN, D., TSCHARNTKE, T. (2011): Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: a meta-analysis. – *Proceedings of the Royal Society B* 278, 1894-1902.
- BIANCHI, F.J., BOOIJ, C., TSCHARNTKE, T. (2006.): Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. – *Proceedings of the Royal Society B* 273, 1715-1727.
- BIESMEIJER, J.C., ROBERTS, S.P.M., REEMER, M., OHLEMULLER, R., EDWARDS, M., PEETERS, T., SCHAFFERS, A.P., POTTS, G., KLEUKERS, R., THOMAS, C.D., SETTELE, J., KUNIN, W.E. (2006): Parallel declines in pollinators and insect pollinated plants in Britain and the Netherlands. – *Science* 313, 351-354.
- BOATMAN, N.D., JONES, N.E., CONYERS, S.T., PIETRAVALLE, S. (2011.): Development of plant communities on set-aside in England. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 143, 8-19.
- BOMMARCO, R., KLEIJN, D., POTTS, S.G. (2013): Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. – *Trends in Ecology and Evolution* 28, 230-238.
- BURMEISTER, J., WAGNER, C. (2014): Epigäische Arthropoden. – *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 1/2014, 65-77.
- CRITCHLEY, C.N.R., FOWBERT, J.A. (2000): Development of vegetation on set-aside land for up to nine years from a national perspective. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79, 159-174.
- DITNER, N., BALMER, O., BECK, J., BLICK, T., NAGEL, P., LUKA, H. (2013): Effects of experimentally planting non-crop flowers into cabbage fields on the abundance and diversity of predators. – *Biodiversity and Conservation* 22, 1049-1061.
- DOVER, J., SETTELE, J. (2009): The influences of landscape structure on butterfly distribution and movement: a review. – *Journal of Insect Conservation* 13, 3-27.
- GALLAI, N., SALLES, J., SETTELE, J., VAISSIÈRE, E.E. (2009): Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. – *Ecological Economics* 68, 810-821.
- GARIBALDI, L.A., STEFFAN-DEWENTER, I., WINFREE, R., AIZEN, M.A., BOMMARCO, R., CUNNINGHAM, S.A., KREMEN, C., CARVALHEIRO, L.G., HARDER, L.D., AFIK, O., BARTOMEUS, I., BENJAMIN, F., BOREUX, V. et al. (2013): Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. – *Science* 339, 1608-1611.

- GATHMANN, A., GREILER, H.-J., TSCHARNTKE, T. (1994): Trap-nesting bees and wasps colonizing set-aside fields: succession and body size, management by cutting and sowing. – *Oecologia* 98, 8-14.
- GOULSON, D., LYE, G.C., DARVILL, B. (2008): Decline and conservation of bumble bees. – *Annual Review of Entomology* 53, 191-208.
- HAENKE, S., SCHEID, B., SCHAEFER, M., TSCHARNTKE, T., THIES, C. (2009): Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. – *Journal of Applied Ecology* 46, 1106-1114.
- JAUKER, F., DIEKÖTTER, T., SCHWARZBACH, F., WOLTERS, V. (2009): Pollinator dispersal in an agricultural matrix: opposing responses of wild bees and hoverflies to landscape structure and distance from main habitat. – *Landscape Ecology* 24, 547-555.
- JAUKER, F., WOLTERS, V. (2008): Hover flies are efficient pollinators of oilseed rape. – *Oecologia* 156, 819-823.
- KLEIN, A.M., VAISSIÈRE, B.E., CANE, J.H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S.A., KREMEN, C. et al. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. – *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274, 303-313.
- KLUSER, S., PEDUZZI, P. (2007): Global Pollinator Decline: A Literature Review. – UNEP/GRID-Europe. © UNEP 2007, 12 S.
- LANDIS, D.A., WRATTEN, S.D., GURR, G.M. (2000): Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. – *Annual Review of Entomology* 45, 175-201.
- LAVANDERO, B., WRATTEN, S.D., SHISHEBOR, P., WORNER, S. (2005): Enhancing the effectiveness of the parasitoid *Diadegma semiclausum* (Hellen): movement after use of nectar in the field. – *Biological Control* 34, 152-158.
- LUKA, H., MARGGI, W., HUBER, C., GONSETH, Y., NAGEL, P. (2009): Coleoptera, Carabidae: ecology, atlas. – Centre Suisse de Cartographie de la Faune, 677 S.
- LYE, G.C., PARK, K., OSBORNE J., HOLLAND, J., GOULSON, D. (2009): Assessing the value of Rural Stewardship schemes for providing foraging resources and nesting habitat for bumblebee queens (Hymenoptera: Apidae). – *Biological Conservation* 142, 2023-2032.
- MAES, D., VAN DYCK, H. (2001): Butterfly diversity loss in Flanders (north Belgium): Europe's worst case scenario? – *Biological Conservation* 99, 263-276.
- MARTIN, A.E., REINEKING, B., SEO, B., STEFFAN-DEWENTER, I. (2013): Natural enemy interactions constrain pest control in complex agricultural landscapes. – *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 5534-5539.
- MEEK, B., LOXTON, D., SPARKS, T., PYWELL, R.F., PICKETT, H., NOWAKOWSKI, M. (2002.): The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity. – *Biological Conservation* 106, 259-271.
- MÜLLER, K. (2012): Die Bedeutung von Blühflächen und Magerrasen als Nisthabitat für Insekten unter besonderer Berücksichtigung bodennistender Bienen. – Bachelor-Thesis, angefertigt am Lehrstuhl für Tierökologie und Tropenbiologie im Studiengang Biologie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg, 34 S.

- NEUMANN, P., CARRECK, N.L. (2010): Honey bee colony losses. – *Journal of Agricultural Research* 49, 1-6.
- NEWTON, I. (2004): The recent declines of farmland bird populations in Britain: an appraisal of causal factors and conservation actions. – *Ibis* 146, 579-600.
- OFFENBERGER, M. (2013): Emsig wie die Bienen. – Artikel, *Süddeutsche Zeitung* 16.9.2013, 2 S.
- PIFFNER, L., LUKA, H. (2000): Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78, 215-222.
- PIFFNER, L., LUKA, H., SCHLATTER, C., JUEN, A., TRAUGOTT, M. (2009): Impact of wildflower strips on biological control of cabbage lepidopterans. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129, 310-314.
- POLASZEK, A., RICHES, C., LENNÉ, J. (1999): The effects of pest management strategies on biodiversity in agroecosystems. – in: Wood, D., Lenné, J. (Hrsg.): *Agrobiodiversity: Characterization, Utilization and Management*, CABI Publishing, Wallingford, 273-303.
- POTTS, S.G., BIESMEIJER, J., KREMEN, C., NEUMANN, P., SCHWEIGER, O., KUNIN, W.E. (2010): Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. – *Trends in Ecology and Evolution* 25, 345-353.
- POTTS, G.R. (2012): *Partridges*. – Harper Collins Publishers, 480 S.
- MEEK, B., LOXTON, D., SPARKS, T., PYWELL, R. F., PICKETT, H., NOWAKOWSKI, M. (2002.): The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity. – *Biological Conservation* 106, 259-271.
- RICKETTS, T.H., REGETZ, J., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S.A., KREMEN, C., BOGDANSKI, A., GEMMILL-HERRREN, B., GREENLEAF, S.S., KLEIN, A.M., MAYFIELD, M.M., MORANDIN, L.A., OCHING, A., VIANA BLANDE F. (2008): Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? – *Ecology Letters* 11, 499-515.
- RÖDER, G. (1990) *Biologie der Schwebfliegen Deutschlands*. Verlag Erna Bauer, Keltern.
- RUCKER, R.R., THURMAN, W.N., BURGESS, M. (2012): Honey Bee Pollination Markets and the Internalization of Reciprocal Benefits. – *American Journal of Agricultural Economics* 94, 956-977.
- SCHEPER, J., HOLZSCHUH, A., KUUSSAARI, M., POTTS, S.G., RUNDLÖF, M., SMITH, H.G., KLEIJN, D. (2013): Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss – a meta-analysis. – *Ecology Letters* 2013, 1-9.
- SCHMIDT, M.H., LAUER, A.S., PURTAUF, T., THIES, C., SCHAEFER, M., TSCHARNTKE, T. (2003): Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. – *Proceedings of the Royal Society of London B* 270, 1905-1909.
- SCHMIDT-ENTLING, M.H., DÖBELI, J. (2009): Sown wildflower areas to enhance spiders in arable fields. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133, 19-22.
- SOTHERTON, N.W. (1984): The distribution and abundance of predatory arthropods overwintering on farmland. – *Annals of Applied Biology* 105, 423-429.

- STOATE, C., BOATMAN, N.D., BORRALHO, R.J., CARVALHO, R.C., DE SNOO, G.R., EDEN, P. (2001): Ecological impacts of arable intensification in Europe. – *Journal of Environmental Management* 63, 337-365.
- TSCHARNTKE, T., BATÁRY, P., DORMANN, C.F. (2011): Set-aside management: How do succession, sowing patterns and landscape context affect biodiversity? – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 143, 37-44.
- TSCHARNTKE, T., KLEIN, A.M., KRUESS, A., STEFFAN-DEWENTER, I., THIES, C. (2005): Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. – *Ecological Letters* 8, 857-874.
- TSCHARNTKE, T., STEFFAN-DEWENTER, I., KRUESS, A., THIES, C. (2002): Characteristics of insect populations on habitat fragments: A mini review. – *Ecological Research* 17, 229-239.
- TSCHARNTKE, T., TYLIANAKIS, J.M., RAND, T.A., DIDHAM, R.K., FAHRIG, L., BATÁRY, P., BENGTTSSON, J., CLOUGH, Y., CRIST, T.O., DORMANN, C.F., EWERS, R.M., FRÜND, J., HOLT, R.D., HOLZSCHUH, A., KLEIN, A.M., KLEIJN, D., KREMEN, C., LANDIS, D.A., LAURANCE, W., LINDENMAYER, D., SCHERBER, C., SODHI, N., STEFFAN-DEWENTER, I., THIES, C., VAN DER PUTTEN, W.H., WESTPHAL, C. (2012): Landscape moderation of biodiversity patterns and processes – eight hypotheses. – *Biological Reviews* 87, 661-685.
- WAGNER, C. (2004): Passive dispersal of *Metrioptera bicolor* (Phillii 1830) (Orthopteroidea: Ensifera: Tettigoniidae) by transfer of hay. – *Journal of Insect Conservation* 8, 287-296.
- WAGNER, C. (2014): Blühflächen: ein Instrument zur Erhöhung der Biodiversität von Vögeln der Agrarlandschaft. – *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 1/2014, 79-102.
- WAGNER, C., VOLZ, H. (2014): Das Projekt „Faunistische Evaluierung von Blühflächen“. – *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 1/2014, 17-32.
- WAGNER, C., BACHL-STAUDINGER, M., BAUMHOLZER, S., BURMEISTER, J., FISCHER, C., KARL, N., KÖPPL, A., VOLZ, H., WALTER, R., WIELAND, P. (2014a): Faunistische Evaluierung von Blühflächen. Ergebnisse des Forschungsprojekts „Evaluierung und Optimierung von KULAP-A36 – Agrarökologische Ackernutzung und Blühflächen – zur Verbesserung der Wildlebensräume und zur Steigerung der Biodiversität in Bayern“. – *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 1/2014, 1-150.
- WAGNER, C., KARL, N., SCHÖNFELD, F. (2014b): Blühflächen als Habitat für Niederwild. – *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft* 1/2014, 117-126.
- WEIBULL, A.-C., BENGTTSSON, J., NOHLGREN, E. (2000): Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming system and landscape heterogeneity. – *Ecography* 23, 743-750.
- WIEDEMEIER, P., DUELLI, P. (2000): Ökologische Ausgleichsflächen als Winterbiotop für bodenaktive Nützlinge im Intensivkulturland. – in: Nentwig, W. (Hrsg.): *Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft. Ackerkrautstreifen – Buntbrache – Feldränder*, Verlag Agrarökologie, Bern, 181-198.
- WIELAND, P. (2012): Die Bedeutung von Blühflächen in der Agrarlandschaft Bayerns für Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae) und weitere Insektenordnungen. – Diplomarbeit

Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Lehrstuhl für Tierökologie und Tropenbiologie (Zoologie III), 99 S.

WRATTEN, S.D., GILLESPIE, M., DECOURTYE, A., MADER, E., DESNEUX, N. (2012): Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 159, 112-122.