

Inhaltsangabe

THOMAS VAN ELSSEN Ackerwildkraut-Vegetation im Wandel	3
JÜRGEN KLAWITTER & HANS-JOACHIM FLÜGEL Kurzlebige Moose als Herbstbesiedler von Ackerböden	16
HERMINE LOTZ-WINTER Pilze im und auf dem Acker - einflußreiche Partner im Agrar-Ökosystem	26
HJALMAR THIEL & JULIA KRUSE Pflanzenparasitische Pilze an Wildpflanzen auf Äckern und ihre Gefährdung	52
HANS-JOACHIM FLÜGEL Die Blütenökologie der Ackerwildkräuter	64
HANS-JOACHIM FLÜGEL Ackerwildkräuter, Glyphosat und Co.	88
HANS-JOACHIM FLÜGEL Ackerwildkräuter als Heilpflanzen: Gesundheit vom Acker?	106
HANS-JOACHIM FLÜGEL & HENRYK LUKA Nützlinge fördern und nutzen	118
THOMAS VAN ELSSEN Schutzacker: - ein nachhaltiges Schutzkonzept für Ackerwildkräuter?	136
SUSANNE HANSCH Ackerwildkräuter in der Alltagsküche	150
Nachrichten aus dem Lebendigen Bienenmuseum in Knüllwald (LBMK)	
Berichte über Zugänge im Museum, über das Bienenjahr und vom Hymenopterendienst im Jahr 2017	163
Beobachtungen und Erfassung des Artenspektrums auf dem Gelände des Lebendigen Bienenmuseums in Knüllwald bis Juli 2018	168
	117

Nützlinge fördern und nutzen

Abstract

Biodiversity loss caused by modern agro-industrial agriculture with its massive use of pesticides is a major and growing problem today. Therefore, attempts are being made to reduce pesticide use. These include the integration of wild plants, animals and other organisms into the agricultural production process. Using the example of cabbage production, results of trials are presented here which use sown wildflower strips and companion plants to promote beneficials. Additionally, other beneficial organisms of the insect class are listed in tabular form. The results show that this kind of integration may not only safeguard yields but also increase species diversity on arable land.

Zusammenfassung

Der Verlust an Biodiversität durch die moderne agroindustrielle Landwirtschaft mit ihrem massiven Pestizideinsatz ist heute ein immer größer werdendes Problem. Es gibt deshalb Versuche, den Pestizideinsatz zu reduzieren. Dazu gehört auch die Einbeziehung von wildlebenden Pflanzen, Tieren und sonstigen Organismen in den landwirtschaftlichen Produktionsprozess. Am Beispiel des Kohlanbaus werden die Ergebnisse von Versuchen mit Blühstreifen und Begleitpflanzen zur Förderung von Nützlingen dargestellt. Daneben werden weitere Hilfsorganismen aus der Klasse der Insekten tabellarisch aufgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass dadurch nicht nur der Ertrag gesichert, sondern auch die Artenvielfalt auf dem Acker erhöht werden kann.

Einleitung

Landwirtschaftliche Kulturen mit einer Vielzahl an Ackerbegleitpflanzen bringen geringere Erträge, aber auch einen geringeren Ausfall durch „Schädlinge“. Im Zeichen der Hochleistungserträge durch Monokulturen bieten so genannte „Blühstreifen“ einen gewissen Ausgleich zu dem Mangel an Ackerbegleitpflanzen und ihren positiven Wirkungen.

Als Blühstreifen werden in der Schweiz einjährige, angesäte Landschaftselemente bezeichnet, die gezielt Bestäuber und andere Nützlinge sowie die Biodiversität allgemein fördern (Abb. 1). Sie bestehen hauptsächlich aus Pflanzenarten, die für Bestäuber und kulturspezifische Nützlinge Nahrung (Nektar und Pollen) liefern. Ziel ist es, die Bestäuber während des Sommers (Nahrungslücke) mit Nahrung zu versorgen sowie die Leistungen der räuberisch (zum Beispiel Spinnen, Marien- oder Laufkäfer) und parasitisch lebenden Nützlinge (zum Beispiel Schlupfwespen) zu erhöhen, indem ihre Lebensgrundlagen verbessert werden (Lebensraum und Nahrungsangebot).

Wenn Nützlinge gute Ernährungsbedingungen vorfinden, werden ihre Vermehrungsrate und ihr Ausbreitungspotential (Dispersal) erhöht. Somit können sie Schädlinge beträchtlich effizienter reduzieren. Es handelt sich dabei um Wechselwirkungen zwischen Blühstreifen und naturnahen Landschaftselementen wie z.B. Buntbrachen, Hecken oder extensiven Wiesen, die für die kulturspezifischen Nützlinge als Überwinterungsstandorte oder als Rückzugsgebiet nach der Ernte dienen. Werden zusätzlich noch „Begleitpflanzen“ (z. B. Kornblumen) direkt in der Kultur gepflanzt (Abb. 2), findet auch eine Wechselwir-



Abb. 1 (oben): Blühstreifen im Juli mit Blühstreifen, in dem zu dieser Jahreszeit die Kornblumen und der Klatschmohn blühend dominieren. Foto: H. Luka.



Abb. 2 (rechts): Kohlfeld mit Kornblume als Begleitpflanze im September. Durch den Besuch der Kornblumen mit Honigbienen wird die Fressrate der Kohleulenraupen zumindest tags deutlich reduziert. Foto: H. Luka.

kung zwischen Blühstreifen und Begleitpflanzen in der Kultur statt. Dadurch ist die Nützlingsförderung dank erhöhter Parasitierung und Prädation noch wirksamer.

Damit können breitwirkende Insektizide (z.B. im Bioanbau Spinosad) eingespart oder durch Insekten schonende spezifische Mittel (wie z.B. BT-Präparate) ersetzt werden, was sich auch auf die Artendiversität in der Produktionsfläche positiv auswirkt.

Eine gute Mischung aus Nutz- und Wildpflanzen bzw. Mischkulturen mit verschiedenen Nutzpflanzen haben aber oft einen noch größeren Nutzen, ohne den Ertrag zu schmälern.

Geeignete Fruchtfolgen sind eine schon lange bekannte und wichtige Voraussetzung für eine ökologische und umweltverträgliche Landwirtschaft. Aber selbst hier besteht noch dringender Forschungsbedarf, wie beispielsweise aktuelle Untersuchungen an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zeigen (CASTELL et al. 2017). Innerhalb

eines Anbaujahres waren und sind Mischkulturen in traditionellen Anbauweisen Garant für sichere Erträge auch in ungünstigen Jahren durch die Verwendung unterschiedlich empfindlicher Arten und Sorten an Nutzpflanzen. Darüber hinaus werden Nützlinge der Kulturpflanzen durch die gegenseitige Beeinflussung der Nutzpflanzen gefördert, Schädlinge unterdrückt. Vieles um das Wissen dieser positiven Beziehungen im Nutzpflanzengeflecht ist im Detail nie bekannt geworden, vieles im Zuge des modernen Anbaus nur einer Nutzpflanze auf einem Acker verloren gegangen.

Dabei gibt es zahlreiche Beispiele aus der biologisch-ökologischen Forschung, die genügend Ansätze zu einer umweltverträglicheren Landwirtschaft beitragen könnten. So konnte beispielsweise der Einsatz von Fungiziden in China durch den Anbau von Reissortenmischungen erheblich reduziert und auf diesen Feldern die traditionelle Fischzucht wieder ermöglicht werden (FINCKH 2007). Im Folgenden sollen einige Ergebnisse aus dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) in Frick (Schweiz) vorgestellt und weitere, in diesem Zusammenhang wichtige Grundlagen aus der Insektenkunde aufgeführt werden. Dabei wurde modellhaft der Kohl und einer seiner Hauptschädiger im Kohlanbau, die Kohleule *Mamestra brassicae* ausgewählt (LUKA et al. 2016).

Kohlgewächse sind sehr wertvolle Nahrungs- und Heilmittel

Kohl ist eine interessante und nahrhafte Nutzpflanze des Menschen. Entstanden aus einer im Mittelmeergebiet verbreiteten Wildform wurden im Laufe der Zeit verschiedenste Formen des Kohls bis hin zu dem Formenreichtum gezüchtet, den wir heute kennen. Neben der eigentlichen Stammform, die der Art *Brassica oleracea* zuzuordnen ist, wurde noch bis Mitte des 20. Jahrhunderts auf der Insel Samos die dort verbreitete Wildart *Brassica cretica* als Gemüse angebaut. Der älteste Nachweis einer Kulturform, der Grünkohl mit seinen krausen Blättern, stammt aus Griechenland und ist seit etwa 2.400 Jahren in Kultur. Marktstammkohl, Kohlrabi, Blumenkohl und Brokkoli sowie alle Kopfkohlarten sind wohl erst vor etwa 1.000 Jahren und später entstanden. Eine der jüngsten Sorten ist der Rosenkohl, der vor ca. 250 Jahren vermutlich in Belgien entstanden ist (KÖRBER-GROHNE 1995).

Die Kohlgemüse sind mit zwischen 10 und 30 Kilokalorien pro 100 Gramm sehr kalorienarm, hingegen weisen sie hohe Inhalte an Kalzium, Magnesium, Kalium, Jod, Zink, Eisen sowie B-Vitaminen und Folsäure auf. Sauerkraut ist ideal geeignet für Veganer, weil es die einzige nichttierische Quelle von Vitamin B 12 ist und viel Vitamin C enthält. Viele Menschen verzichten auf Kohlgewächse, weil durch den Konsum Verdauungsprobleme entstehen können, was sich durch die Zugabe von Kümmel, Wachholder oder Fenchelsamen verhindern lässt (BOTTA DIENER 2005).

Die Kohlgewächse enthalten chemische Stoffe, sogenannte Glucosinolate, die primär von Pflanzen als Abwehrmittel gegen Frass durch tierische Schädlinge produziert werden. Diese stark riechenden Stoffe werden seit Jahrhunderten volksmedizinisch genutzt: Der Saft von Weisskohl ist ein Hausmittel gegen Magen- und Darmerkrankungen, Wirsingblätter werden gegen Quetschungen, Gicht, Gelenkschmerzen, schlecht heilende Wunden, Abszesse, Insektenstiche, Bronchitis sowie gegen Bakterieninfektionen angewendet (BOTTA DIENER 2005).

Kohlanbau und extraflorale Nektarien

Aber nicht nur der Mensch fand Gefallen an Kohl: auch andere Tiere und Pilze finden Kohl sehr lecker. Bei feuchtem Wetter wird Kohl leicht befallen von Kohlschwärze, die durch verschiedene Pilzarten aus der Gattung *Alternaria* verursacht wird. Ein ähnlicher Schaden, die Ringfleckenkrankheit wird hervorgerufen durch den Pilz *Mycosphaerella brassicola*. Der Echte Mehltau (*Erysiphe cruciferarum*) tritt Ende des Sommers vor allem an Grünkohl und Kohlrabi auf. Ein Schleimpilz (*Plasmodiophora brassicae*) ist die Ursache der Kohlhernie, einer Gallenbildung im Wurzelbereich aller Kohlsorten, die zu einer erheblichen Wachstumsbeeinträchtigung führt (HOYER 2017).

Neben Kaninchen, Vögeln und Schnecken sind es bei den Tieren vor allem die Insekten, zu deren Lieblingsspeise die Kohlsorten gehören. In warmen, trockenen Sommern entwickelt sich die Mehlig Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) besonders gut auf Kohl und hemmt sein Wachstum; auf den zuckerhaltigen Ausscheidungen der Kohl-Mottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*) entwickeln sich Rußtaupilze und mindern dadurch die Qualität insbesondere von Grün- und Rosenkohl. Bereits im Keimblattstadium beginnen verschiedene Blattflöhe (*Phyllotreta*-Arten), kleine, sehr sprungfähige Käferarten, mit dem Lochfraß an Kohlblättern und vermögen dadurch die gesamte Ernte zu bedrohen. Ein ähnliches Schadbild wie die Kohlhernie, jedoch am Stängel verursacht der Kohlgallenrüssler (*Ceutorhynchus pleurostigma*), ein kleiner gallenbildender Rüsselkäfer. Die Kohlflye (*Delia brassicae*) bildet drei Generationen im Jahr aus. Ihre Maden befallen erst die Wurzeln, später können sie auch die Blumen des Blumenkohls, die Röschen des Rosenkohls und die Blattrippen anderer Kohlsorten minieren und so erheblichen Schaden anrichten.

Unter den Schmetterlingen gibt es besonders viele Liebhaber von Kohl: bei den tagaktiven Schmetterlingen sind es der Kleine (*Pieris rapae*) und der Große Kohlweißling (*Pieris brassicae*), deren Raupen gewaltige Löcher in die Blätter der Kohlpflanzen nagen können. Während die gelb-schwarz gesprenkelten Raupen des Großen Kohlweißlings gern kollektiv fressen, sind die grünen Raupen des Kleinen Kohlweißlings eher Einzelgänger. Nachtaktiv sind mehrere Falterarten, darunter die winzige Kohlmotte (*Plutella xylostella*), deren Raupen erst die Oberseite von Kohlblättern abschaben und später dann Löcher hineinfressen. Nur Lochfraß verursachen die Raupen des Kohlzünslers (*Evergestis forficalis*), dies aber mit zwei Generationen im Jahr. Die Raupen der Gemüseeule (*Lacanobia oleracea*) machen nicht an einzelnen Blättern halt, sondern fressen sich bis tief in die Kohlköpfe hinein. Ein ähnliches Fressverhalten zeigen auch die Raupen der Kohleule (*Mamestra brassicae*), einem ebenfalls nachtaktiven Schmetterling (HOYER 2017).

Im Erwerbsgemüsebau gibt es eine Reihe von zugelassenen Insektiziden, jedoch ist das Zeitfenster für die wirkungsvolle Bekämpfung der Kohleulenraupen nur kurz. Haben sie sich erst einmal in den Kohlkopf eingefressen, sind sie mit dem Insektengift nicht mehr erreichbar. Erschwerend hinzu kommt, dass viele Insekten im Laufe der Zeit gegen die eingesetzten Mittel resistent werden. Selbst gegen die aktuell wirksamsten Insektizide, die Neonikotinoide, die erstmals 1991 angewendet wurden, steigt die Anzahl an resistenten Insektenarten zunehmend (BASS et al. 2015).

Im Biologischen Pflanzenschutz versucht man andere Wege zu gehen. Vor der Entwicklung synthetischer Pflanzenschutzmittel mussten die Landwirte wichtige Regeln befolgen, wenn sie ihre Erträge nicht zu sehr mindern lassen wollten. Fruchtwechsel, Düngung mit

Stallmist, Brachestadien und regional angepasstes, nicht einheitliches Saatgut waren die wichtigsten Maßnahmen zur Sicherung der Erträge. Mit Beginn der Industrialisierung der Landwirtschaft konnten sich zunehmend Schadinsekten auf den monokulturell angebauten Nutzpflanzen vermehren. So kam um 1880 der Anbau von Zitrusfrüchten in den USA praktisch zum Erliegen durch eine aus Australien eingeschleppte Wollschilddlaus (*Icerya purchasi*). Der Entomologe Albert Koebele (1853-1924) suchte daraufhin in Australien nach Gegenspielern und fand dort eine Marienkäferart (*Rodolia cardinalis*), die gezielt Wollschilddläuse fraß. Der Erfolg war durchschlagend, woraufhin er für weitere Nutzpflanzenschädlinge erfolgreich nach Gegenspielern suchte. Dies war der Beginn des bewussten Einsatzes von natürlichen Gegenspielern (ESSIG 1931).

Für die Kohleule gibt es eine Reihe von Gegenspielern, die ihre Vermehrung bremsen könnten. Bereits bei ihren Eiern beginnt dieses Spiel des Lebens: es gibt Schlupfwespen, die sich darauf spezialisiert haben, Insekteneier als Nahrungsgrundlage für ihre Nachkommen zu nutzen. Das Schlupfwespen-Weibchen legt jeweils ein oder mehrere eigene Eier in ein einzelnes Ei des Wirtsinsekts. Darin entwickeln sich in der Folge komplette neue Schlupfwespen, weshalb Schlupfwespen zu den kleinsten Insekten überhaupt gehören. So messen die Männchen der Staublaus-Zwergwespe (*Dicopomorpha echmepterygis*, Mymaridae), die sich in Eiern von Staubläusen entwickeln, nur etwa 0,14 mm (MOCKFORD 1997). Bereits sehr früh fand sich die Schlupfwespe *Trichogramma brassicae* als häufiger Parasitoid von Kohleulen-Eiern. Diese hat sich jedoch, ähnlich wie die ebenfalls an Kohleulen-Eiern parasitierende *T. evanescens*, als zu wenig effizient im Kohlanbau herausgestellt und wird heute hauptsächlich zur Bekämpfung von Maiszünsler-Eiern eingesetzt (BURGIO & MAINI 1995). Als wesentlich spezifischer hat sich neuerdings die Schlupfwespe *Telenomus laeviceps* erwiesen (BARLOGGIO et al. 2015).

Neben parasitisch lebenden Nützlingen haben auch Räuber einen wichtigen Einfluss auf die Reduktion von Kohleule-Eiern. Zu den wichtigsten Prädatoren gehören Laufkäfer (Carabidae), Kurzflügelkäfer (Staphylinidae), Spinnen (Araneae) sowie die Larven von Florfliegen (Chrysopidae) (PFIFFNER et al. 2005). Die Eier werden durch diese Organismen gefressen bzw. ausgesaugt.

Auch die Raupen der Kohleule werden von verschiedenen Schlupfwespen befallen, darunter vor allem von der Brackwespe *Microplitis mediator* (PFIFFNER et al. 2009, BELZ et al. 2014; BALMER et al. 2013 & 2014). Daneben fangen diverse Wespen die Raupen zur Ernährung ihrer Brut, ebenso verschiedene Vogelarten, die zusätzlich den erwachsenen Eulenfaltern nachstellen. Da diese überwiegend nachtaktiv sind, können selbst Fledermäuse deutlich zu deren Reduzierung beitragen. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass alle potentiellen Gegenspieler der Kohleulen und ihrer verschiedenen Entwicklungsstadien in deren Nähe einen geeigneten Lebensraum finden, von dem aus sie agieren können.

Schon länger ist bekannt, dass kleine Schlupfwespen als Energiequelle bevorzugt florale und extraflorale Nektarien nutzen (HETSCHKO 1908). Dieses Wissen wurde am Forschungsinstitut für biologischen Landbau genutzt, um maßgeschneiderte Blühstreifen für den Kohlanbau zu entwickeln, mit denen die Larven-Parasitoiden von Kohl fressenden Schmetterlingsraupen besonders gefördert werden könnten, ohne dass damit gleichzeitig die den Kohl schädigenden Schmetterlinge gefördert werden. Denn bei der Auswahl blühender Pflanzen besteht natürlich die Gefahr, dass dadurch auch die ebenfalls Nektar benöti-

genden Schädlinge der Nutzpflanzen selber gefördert werden. Nach Versuchen mit verschiedensten Pflanzen im Labor (GÉNEAU et al. 2012) wie im Freiland (BALMER et al. 2013 & 2014) hat sich die folgende Mischung als besonders optimal erwiesen: die Kornblume (*Centaurea cyanus*) und die Saatwicke (*Vicia sativa*), die beide extraflorale Nektarien besitzen, sowie Echter Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*), der reichlich Nektar in den Blüten absondert (LUKA et al. 2016).

Die FiBL-Versuche zeigten einen Distanzeffekt bei der Parasitierung der Kohleulen-Eier: Im Bereichen 3 bis 10 m zum Blühstreifen wurden tendenziell (aber nicht signifikant) mehr Eier parasitiert als in den Bereichen 25 bis 32 m (Abb. 3, links). Bei der Prädationsrate der Kohleulen-Eier hingegen hatte die Distanz zum Blühstreifen keinen signifikanten Einfluss. Im beiden Fällen waren die Werte im Verfahren mit Kornblumen als Begleitpflanzen im Feld höher als in den Kontrollen ohne Kornblumen; die Prädationsunterschiede waren signifikant (Abb. 3, rechts).

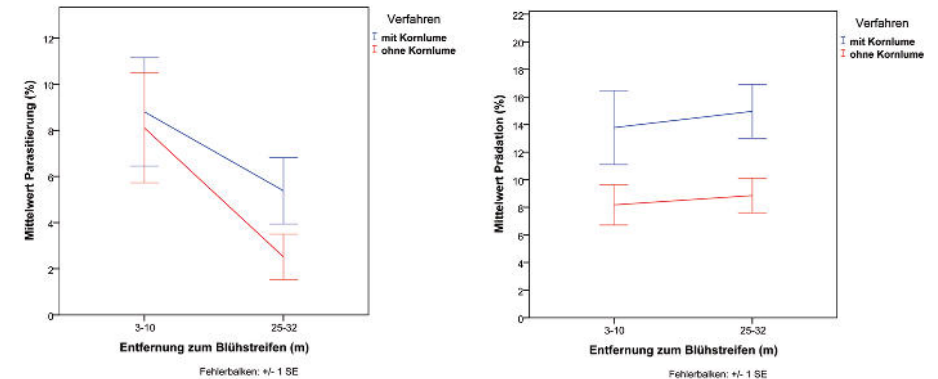


Abb. 3: Parasitierung (links) und Prädation (rechts) von Kohleulen-Eiern in zwei Entfernungsbereichen zum Blühstreifen im Verfahren mit und ohne Kornblume (Kontrolle) (LUKA et al., 2016)

Die Parasitierung der Kohleulen-Larven war 2009 im Verfahren mit Kornblumen höher als in der Kontrolle, die Unterschiede waren aber nicht signifikant (Abb. 3, links). Nur im Jahr 2010 wurden signifikant mehr Larven in den Parzellen mit Kornblumen parasitiert als ohne Kornblumen. Das mittlere Kopfgewicht war 2009 in den Parzellen mit Begleitpflanzen um 18 % höher als in den Parzellen ohne Begleitpflanzen (Abb. 3, rechts). 2010 wurde kein Ertragsunterschied festgestellt, auch nicht im Vergleich zu den betriebsüblich mit Insektizid behandelten Parzellen.

Um die Auswirkungen von Blühstreifen auf die Artenvielfalt zu erfassen, wurden 2010 insgesamt 53 431 Laufkäfer- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen untersucht, es wurden über alle drei Gruppen hinweg 252 verschiedene Arten gefunden (DITNER et al. 2013; LUKA et al. 2016). Die Artenzahlen aller drei Tier-Gruppen waren in den Blühstreifen signifikant höher als im Kohlfeld (Abb. 4, links). Die Blühstreifen bieten einen Lebensraum für viele anspruchsvolle und seltene Arten wie die Laufkäfer *Amara littorea*, *Amara aulica* sowie die Spinnen *Diplocephalus latifrons*, *Dicymbium nigrum brevisetosum* oder *Xerolycosa miniata*

und Kurzflügelkäfer *Amarochara forticornis*, *Scopaeus sulcicollis* oder *Stenus bimaculatus*. Diese Arten kamen ausschliesslich im Blühstreifen vor. Zudem wurde in den Blühstreifen erstmals in der Nordostschweiz die Laufkäferart *Dolichus halensis* und erstmals in der Schweiz die Weberknechtart *Nemastoma bidentatum* nachgewiesen. Das individuenreiche Auftreten seltener Arten ausschliesslich in Blühstreifen unterstreicht den ökologischen Wert dieser Biodiversitätsförderfläche.

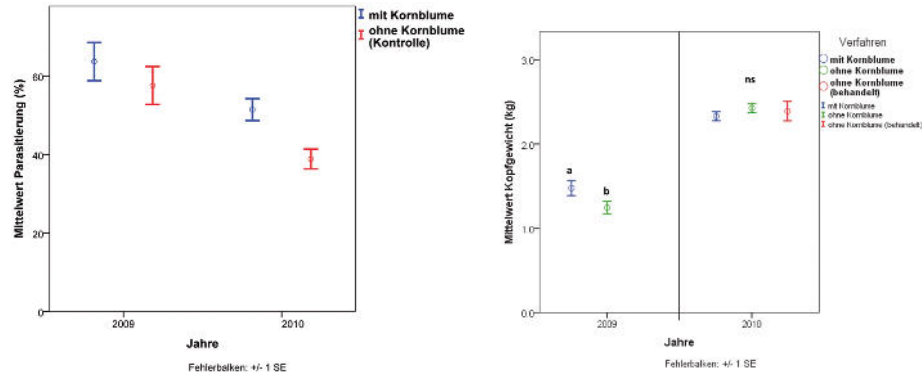


Abb. 4, links: Parasitierung von Kohleulen-Larven in den Jahren 2009 und 2010 in Kohlfeldern mit und ohne Kornblumen als Begleitpflanzen. Rechts: Mittleres Kohl-Kopfgewicht nach Entfernen der beschädigten Blätter in Kohlfeldern mit und ohne Kornblumen (LUKA et al. 2016)

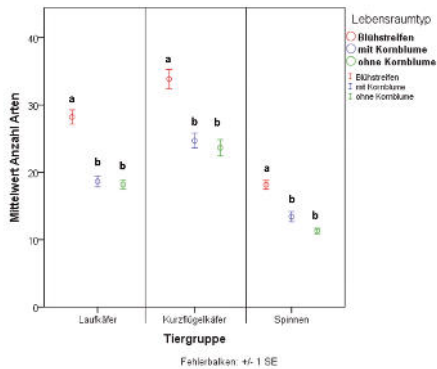


Abb. 5: Mittlere Anzahl an Arten der Kurzflügel- und Laufkäfer sowie Spinnen im Blühstreifen sowie in Kohlfeldern mit und ohne Kornblumen (LUKA et al., 2016).

Schlussfolgerungen

Die Regulation von Schädlingen kann im Bio-Gemüsebau mit Hilfe von Biodiversitätsflächen verbessert werden. Dies zeigen mehrjährige Untersuchungen am Modellsystem Kohl, am Schädling Kohleule und an dessen Ei- und Larvenparasitoiden (Nützlinge). Gefördert wurden die Nützlinge durch Blühstreifen am Feldrand und Begleitpflanzen innerhalb des Feldes. Geeignete Pflanzen für die Blühstreifen wurden aufgrund der Fachliteratur und eigener Laborexperimente ausgewählt und in Feldversuchen überprüft. In Laborversuchen

verlängerte das Angebot von Buchweizen, Kornblumen oder Futterwicken die Lebensdauer der Kohleulen-Parasitoiden um 43 bis 85%. Die Parasitierung der Kohleule-Larven erhöhte sich im Vergleich zur Kontrolle um das Drei- bis Sechsfache. In den Feldversuchen erhöhten Blühstreifen die Parasitierung von Kohleuleneiern in einem von zwei Jahren um das Zweifache. Die Kornblume als Beipflanze im Kohlfeld konnte den Fraß von Kohleuleneiern um 8 bis 95% und die Parasitierung der Larven um 35 bis 68% steigern. Die Artenvielfalt breit wirksamer Nützlingsgruppen (Lauf- und Kurzflügelkäfer sowie Spinnen) erhöhte sich in den Blühstreifen um durchschnittlich 46%. Kohlköpfe mit Begleitpflanzen waren in einem von zwei Jahren 18% schwerer als ohne Kornblumen und wiesen 41% weniger Blätter mit Fraßspuren auf (LUKA et al., 2016).

Weitere Aspekte im Dienste des Biologischen Pflanzenschutzes

Neben den Untersuchungen von Blühstreifen auf den Artenreichtum und die positive Wirkung auf Kohlschädlinge wurden weiterhin Untersuchungen angestellt mit Kornblumen, die zwischen die Kohlpflanzen als Begleitpflanzen gepflanzt wurden. Hierbei zeigte sich, dass vor allem Spinnen und räuberische Laufkäfer ihren Aktionsradius deutlich weiter in das Kohlfeld vorgeschoben hatten als ohne diese Zwischensaat. Ein weiterer nützlicher Effekt könnte in der Folge durch den verstärkten Beflug der Kornblumen im Kohlfeld mit Honigbienen auftreten: Da Wespen zur Ernährung ihrer Brut auch Schmetterlingsraupen jagen, haben sich viele Raupen, darunter auch die beiden Kohlschädlinge, darauf eingestellt. Sie stellen ihre Fressstätigkeit sofort ein, wenn sie die Schwingungen von fliegenden Wespen wahrnehmen, um so weniger leicht entdeckt zu werden (TAUTZ & MARKL 1978). In neueren Untersuchungen konnten TAUTZ & ROSTÁS (2008) feststellen, dass die Raupen nicht zwischen dem Vibrieren der Flügel von Wespen und Honigbienen unterscheiden können. Hierdurch wurde ihre Fressaktivität in der Nähe der blühenden Begleitpflanzen am Kohl auf weniger als die Hälfte pro Tag reduziert, was wiederum weniger Schädigungen der Kohlpflanzen mit sich brachte. Dies soll in künftigen Versuchen bei der Bepflanzung der Kohlfelder mit berücksichtigt werden (FLÜGEL 2013).

Bereits bei den Schlupfwespen konnte gezeigt werden, dass durch das Angebot reichlicher extrafloraler Nektarquellen deren Lebensdauer und die Anzahl der abgelegten Eier erheblich gesteigert werden konnte (GÉNEAU et al. 2012). Nun werden zuckerhaltige Flüssigkeiten sehr schnell von verschiedensten Bakterien und Hefepilzen befallen. Dabei hat sich gezeigt, dass diese wiederum erheblichen Einfluss nehmen können auf die Lebensdauer von Schlupfwespen. In Versuchen wurden drei Bakterienarten aus verschiedenen Gattungen eingesetzt, um die Veränderungen des Nektars und dessen Einfluss auf die Lebensdauer der Brackwespe *Aphidius ervi*, die Blattläuse befällt, zu untersuchen (LENAERTS et al. 2017). Es zeigte sich, dass eine der eingesetzten Bakterienarten darauf keinen Einfluss hatte, eine weitere hatte eine positive, die dritte eine negative Wirkung auf die Lebensdauer der Brackwespen. Daher ist es nicht unwichtig zu wissen, wie verschiedene Mikroben die Nektarchemie verändern, um die Beziehungen zwischen Pflanzen, nektarbewohnenden Mikroben und nektarverbrauchenden Tieren zu verstehen.

Nun sind gerade gegen Blattläuse verschiedenste Helfer allgemein bekannt: Marienkäfer, Florfliegen, Raubwanzen, Schlupfwespen und Schwebfliegen, wobei fast alle Gruppen auf Nektar als Betriebsstoff angewiesen sind. Hier wurde noch nie untersucht,

welchen Einfluss die im Nektar angesiedelten Bakterien und Hefepilze auf deren Vitalität haben. Um die Vermehrungsrate dieser Blattlausfeinde zu fördern, gibt es übrigens noch weitere Möglichkeiten, die auch im Kleingarten einsetzbar sind. Es gibt Pflanzen wie den Holunder, auf denen Blattläuse sehr früh eine Massenvermehrung durchlaufen. Entsprechend werden sich dort deren Feinde zuerst vermehren. Bricht die dortige Blattlauskolonie ein, wandern die Marienkäfer etc. ab auf die mit Blattläusen befallenen Nutzpflanzen. Ähnliches geschieht bei der an der auf Äckern häufigeren Melde (*Chenopodium album*) gallenbildenden Mehligen Meldenlaus (*Hayhurstia atriplicis*): sie lockt wenig spezialisierte Parasitoide an, die dann auf den Nutzpflanzen weiter agieren (STARÝ & GONZÁLEZ 2009, FLÜGEL 2016).

Eine Gruppe, die bisher nur wenig im Fokus des biologischen Pflanzenschutzes war, sind die aculeaten Wespen, die Brutpflege betreiben. Hierzu gibt es nur wenige aktuelle Untersuchungen, die den Einfluss von Blühstreifen auf die Wespenpopulation und deren Effekt auf die Bekämpfung von Schädlingen der Nutzpflanzen zum Ziel hatten. Eine neuere Arbeit untersucht diesen Einfluss auf zwei aculeate Wespenarten, wovon die eine Wicklerraupe als Proviant für ihre Larven einträgt, während die andere Spinnen dafür nutzt (HOFFMANN et al. 2017). Die Wicklerraupe, vor allem der Apfelwickler (*Cydia pomonella*), einer im Kerngehäuse von Äpfeln sich entwickelnden Mottenart, verursachen oft starke Schäden an der Apfelernte. Deren Dezimierung ist deshalb von Vorteil im biologischen Pflanzenschutz. Das Fangen von Spinnen dagegen kann die Wirkung im biologischen Pflanzenschutz minimieren, da Spinnen selbst wiederum erfolgreiche Insektenjäger sind.

In Tabelle 1 findet sich eine Aufstellung der in Deutschland vorkommenden Grabwespen (Hymenoptera Aculeata: Ampulicidae, Crabronidae und Sphecidae) mit ihren bevorzugten oder ausschließlichen Beutetieren, mit denen sie ihre Brut verproviantieren, sowie ihrer Nistweise. In Klammern ist bei Gattungen mit mehreren Arten die Anzahl der diese Beutetiere nutzenden Arten angegeben. In Tabelle 2 findet sich die gleiche Aufstellung für die solitären Faltenwespen (Vespidae: Eumeninae). Die sozialen Faltenwespen (die eigentlichen „Wespen“ sowie die Hornissen) haben ein sehr breites Beutetierspektrum und sind deshalb im biologischen Pflanzenschutz eine wichtige Komponente, aber nur bedingt gezielt zur Reduzierung bestimmter Beutetiere einsetzbar. Dagegen eignen sich vor allem die oberirdisch nistenden Grab- und solitären Faltenwespen hervorragend dafür, da sie durch künstliche Nisthilfen gezielt einsetzbar sind.

Unbefestigte und nicht oder nur teilweise geschottete Feldwege dienen vielen unterirdisch nistenden aculeaten Wespen und auch Wildbienen als Nistplatz, da sie zumindest teilweise vegetationsfrei und gut besonnt sind. So kann auch diese Gruppe in der Agrarlandschaft zu wichtigen Helfern im biologischen Pflanzenschutz werden. Wie effektiv sie sein können, zeigen eigene Beobachtungen: Ameisen halten Blattläuse ja oft so wie wir Kühe, um sie zu melken und die zuckerhaltigen Ausscheidungen als Nahrung zu nutzen. Dabei bewachen sie ihre Blattlausherde sehr aufmerksam, so dass die Larven von Marienkäfern, Florfliegen oder Schwebfliegen keine Chance haben, eine ihrer Honigtau-Lieferanten zu fressen. Aculeate Wespen, die auf Blattläuse spezialisiert sind, flogen die oberste Blattlaus einer solchen Kolonie an, die Ameisen liefen nach oben, um diese zu verteidigen. Die Wespen ihrerseits machten einen schnellen

Looping und schnappten sich die unterste Blattlaus. Je nach Entfernung ihres Nestes kamen sie bereits nach zwei bis fünf Minuten zurück, um das gleiche Manöver zu wiederholen und hatten auf diese Weise innerhalb von weniger als einer Stunde die komplette Blattlauskolonie abgeräumt.

Von Schwebfliegen ist immerhin teilweise bekannt, dass die gelb-schwarz gefärbten Schwebfliegen eifrige Blattlausverzehrer sein sollen. Weniger bekannt ist, dass nicht die Schwebfliegen selbst, sondern nur ihre Larven die benannte Kost verzehren. Die fertigen Schwebfliegen konsumieren ausschließlich Nektar und Blütenstaub und sind insofern vor allem als Bestäuber für den Menschen von Wert. Von den ca. 450 Schwebfliegen, die in Deutschland vorkommen, sind einige im Larvenstadium eher nicht gern gesehen im Garten, zum Beispiel die Narzissenschwebfliege, *Merodon equestris*, deren Larven das Herz verschiedener Blumenzwiebeln anfressen, bis dieses verfault. Die Mehrzahl der Arten lebt in feuchten Substraten und frisst dort faulendes Pflanzenmaterial. Ihre Larven sind weißlich und haben ein „Rattenschwanz“ genanntes langes Atemrohr, so dass sie beispielsweise in Jauche zum Atmen nicht auftauchen müssen.

Unter den räuberisch lebenden Arten gibt es nicht nur einfache Blattlausfresser. Viele haben sich spezialisiert auf Schildläuse, Wollläuse oder Wurzelläuse, die für die übrigen Blattläusjäger oft unerreichbar bleiben. Die Larven einiger Schwebfliegenarten gehen sogar noch weiter und fressen die Eier und Larven von Blattkäfern, die die Blätter von Nutzpflanzen oft bis zum Totalausfall perforieren. Wieder andere fressen die Larven von Motten oder Pflanzenwespen, deren Larven ähnlich wie Schmetterlingsraupen Nutzpflanzen befallen können. In Tabelle 3 sind die Schwebfliegenarten mit räuberisch lebenden Larven und deren Hauptbeute aufgeführt. Ihrem gezielten Einsatz im Biologischen Pflanzenschutz steht derzeit nur das geringe Wissen um die genauen Lebensraum-Ansprüche dieser Schwebfliegenarten entgegen.

Ausblick

Wie die meisten der kleinen Helfer benötigen auch aculeate Wespen Nektar als Betriebsstoff für ihre Flugmuskulatur. Ein ausreichendes Blütenangebot während ihrer gesamten Flugzeit ist deshalb eine weitere Voraussetzung für ein Gelingen ihres Einsatzes. Eine Untersuchung des Blüte-Besucher-Netzes in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft zeigte, dass allein einjährige Brachen mit Ruderalcharakter nicht genügen, um ein durchgängiges Nahrungsangebot für Blütenbesucher zu gewährleisten. Zudem ist der Artenreichtum einer Fläche vor allem abhängig von der sonstigen Ausstattung des Umfeldes (HAHN 2001). So dürften auch Blühstreifen in einer ansonsten ausgeräumten Landschaft nur einem geringen Artenspektrum eine Lebensgrundlage bieten. Die einjährigen Blühstreifen sind nur in einer reich strukturierten Landschaft als Biodiversitätsförderfläche anwendbar. Es handelt sich dabei um Wechselwirkungen zwischen Blühstreifen und naturnahen Landschaftselementen wie z.B. Buntbrachen, Hecken oder extensiven Wiesen, die für die kulturspezifischen Nützlinge als Überwinterungsstandorte oder als Rückzugsgebiet nach der Ernte dienen.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt eine Untersuchung, die in Deutschland durchgeführt und von Syngenta gefördert wurde (OPPERMANN et al. 2013): „Die Untersuchungen zeigen, dass insbesondere mehrjährige Blühstreifen und Blühflächen mit artenreichen, gebietsheimischen Wildkräutermischungen positiv zur Förderung der biologischen Diversität in

der Agrarlandschaft beitragen können. Einige der untersuchten Bienenweiden erlangten eine herausragende Bedeutung für die Wildbienen-Artenvielfalt in der Agrarlandschaft. Die Anlage von Blühstreifen oder -flächen als alleinige Maßnahme reicht jedoch nicht aus, um die biologische Vielfalt in der Landschaft dauerhaft zu erhalten und zu fördern. Blühflächen leisten ihren Beitrag zur Förderung der Biodiversität in der Agrarlandschaft nur innerhalb eines Gesamtkonzepts als ein wichtiger Baustein neben anderen Maßnahmen [...] wie z.B. der Anlage von Ackerrandstreifen und Landschaftselementen (Hecken, Gehölzgruppen, Trockenmauern), der Anlage von Bracheflächen und einer extensiven Bewirtschaftung und Nutzung wertvoller Agrarlebensräume.“

Andere Untersuchungen im Zusammenhang mit der Förderung von Wildbienen weisen darauf hin, dass die einmalige Anlage von einjährigen Blühstreifen wenig erfolgreich ist. Oft enthalten sie nur wenige Kulturarten, die für spezialisierte Blütenbesucher, insbesondere unter den Wildbienen, von keinem Nutzen sind. Mehrjährige artenreiche Blütenstreifen, bei denen auch standortgerechte Wildpflanzenarten, möglichst aus Regio-Saatgut verwendet werden, haben sich zur Förderung solcher Besucher als wesentlich effektiver herausgestellt: „Zudem sollten Blühstreifen im Verbund angelegt sowie über lange Zeiträume beibehalten werden. Nur so können sich dauerhafte Populationen gefährdeter Wildbienenarten aufbauen. Blühstreifen sind dazu in Kombination mit geeigneten Nisthabitaten anzulegen, da Blühstreifen alleine in der ausgeräumten Agrarlandschaft kaum besiedelt werden können.“ (SCHMID-EGGER & WITT 2014).

Verschiedene Blütmischungen wurden in Gießen untersucht. Beobachtet wurde dabei vor allem die Anzahl an Blütenbesuchern unter den Wildbienen und Schwebfliegen bei den verschiedenen Samenmischungen, jeweils bezogen auf die einzelnen Pflanzenarten. Dabei zeigte sich, dass nur wenige Schlüsselarten für die Masse der Blütenbesucher, sowohl was die Arten- wie die Individuenzahl betraf, ausschlaggebend für den Erfolg einer Blütenmischung waren. Die Samenmischungen zeigten eine gegensätzliche Attraktivität für Wildbienen und Schwebfliegen. Die Zuordnung bestimmter Besuchergruppen ermöglicht so entsprechend den Anforderungen eine gezielte Lenkung derselben. Das in den zweijährigen Versuchen festgestellte weitgehende Fehlen von spezialisierten Bestäubergruppen zeigt aber, dass ein fehlendes Blütenangebot nicht der einzige einschränkende Faktor in der modernen Agrarlandschaft sein kann (WARZECHA et al. 2017).

Da die Forschung gezeigt hat, dass es nicht möglich ist, eine Biodiversitätsförderfläche (BFF) für Alles (Bestäuber, räuberische Nützlinge, Parasitoide, Nützlingsförderung oder Überwinterung) zu entwickeln, werden in der Schweiz maßgeschneiderte Elemente (Blühstreifen für Nützlinge, Blühstreifen für Bestäuber, mehrjährige Buntbrachen für Artenvielfaltförderung, Hecken für Überwinterung usw.) vom Bundesamt für Landwirtschaft empfohlen, die in einem Zusammenspiel „eine BFF für Alles“ darstellen (AGRIDEA 2018). Davon sind in der Schweiz für 2018 fünf Blühstreifen als beitragsberechtigte Biodiversitätsförderfläche „Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge“ zugelassen worden (AGRIEDA 2015):

- > BFF-Blühstreifen für Bestäuber 1 (schnelldeckend)
- > BFF-Blühstreifen für Bestäuber 2 (artenreich)
- > BFF-Blühstreifen für Nützlinge (Kohlantbau)
- > BFF-Blühstreifen für Nützlinge (Frühlingssaat)
- > BFF-Blühstreifen für Nützlinge (Herbstsaat)

Diese Mischungen wurden auf ihre Eignung für die verschiedenen Blütenbesucher getestet, wobei deren Eignung sowohl für die bestäubenden als auch für die Gegenspieler landwirtschaftlicher Schädlinge getestet wurde (RAMSEIER et al. 2016; TSCHUMI et al. (2016); LUKA et al. 2016). Speziell untersucht wurden beispielsweise durch TSCHUMI et al. (2016) die positive Wirkung der Blühstreifenmischungen auf die Reduzierung des Getreidehähnchens (*Oulema melanopus*) und von Blattläusen. Bereits zur Jahrtausendwende wurde für Kalifornien eine umfassende Informationsschrift erstellt, die eine Vielzahl von Vorschlägen zur Reduzierung bis zur vollständigen Vermeidung eines Pestizideinsatzes in der Landwirtschaft anbietet (DUF0UR 2000).

Viele dieser Vorschläge wie die Anlage von Hecken, die Ablenkpflanzung etc. können problemlos für mitteleuropäische Verhältnisse übernommen werden, lokalspezifische Darstellungen wären überarbeitungsbedürftig für die hiesigen Verhältnisse. Wünschenswert wäre ein so umfassender Ratgeber für mitteleuropäische Verhältnisse allemal. Jedenfalls sollten wir uns von der Komplexität biologisch-ökologischer Zusammenhänge nicht abschrecken lassen, sondern sie erforschen und zum allgemeinen Wohl in der Landwirtschaft einsetzen, wie dies am Beispiel des Kohlfeldes hier gezeigt wurde.



Abb. 6: Diese Grabwespe (*Psenulus spec.*) ist nur eine von mehreren Arten aus verschiedenen Gattungen der Grabwespen, die ihre Brut mit gelähmten Blattläusen verproviantiert und weit effektiver sind als Marienkäfer oder Florfliegen. Foto: Wolfgang Rutkies

Zudem hat sich gezeigt, dass auch Ackerwildkräuter, selbst wenn damit eine gewisse Ertragsminderung auftreten kann, nicht nur negative Auswirkungen haben, sondern diese teilweise kompensieren, sei es durch die Mobilisierung von Nährstoffen, die für die angebauten Nutzpflanzen essentiell und im Mangel sind, sei es durch andere Beziehungen, wie sie sich z. B. bei den sie besuchenden Bienen und dem durch ihr Fluggeräusch ausgelö-

sten verringerten Fressverhalten von Kohleulenraupen zeigen. Was die potentielle Ertragsminderung angeht, gibt es leider nur wenige Untersuchungen. Im Zusammenhang mit genmanipuliertem Raps und Weizen gab es bereits eine Untersuchung, die detailliert angibt, wie viele Wildkräuter pro Quadratmeter noch erträglich sind, um einen wahrnehmbaren Ertragsverlust zu vermeiden (SQUIRE et al. 2005). Es zeigte sich, dass sowohl in Weizen wie in Raps eine Wildkrautdichte von 20 bis 30 Einzelpflanzen die Grenze bilden, über der ein sichtlicher Ernteverlust zu erwarten ist. FiBL-Versuche haben gezeigt, dass im Kohlanbau bei Begleitpflanzenanwendung mit einer Dichte von einer Kornblume pro m² keine Ertragsminderung auftrat und in einem Jahr sogar eine signifikante Ertragssteigerung erzielt wurde.

Der sichtbare Verlust von Vögeln, die auf Wiesen und Ackerland angewiesen sind, veranlasste andere britische Forscher, grundsätzliche Fragen zu stellen in Bezug auf die Wildkrautbekämpfung. Dabei beziehen sie in ihre Betrachtungen auch die Entwicklung der Ackerflächen nach der Ernte mit ein. Sie differenzieren zwischen nützlichen und schädlichen Ackerbegleitkräutern und nach der Möglichkeit, erstere auf einem akzeptablen Niveau zu halten und letztere zu reduzieren. Die Weiterentwicklung dieser Instrumente ist ihrer Meinung nach von entscheidender Bedeutung, um die Akzeptanz der Bauern für eine differenzierte Behandlung von Ackerwildkräutern zu erreichen (STORKEY & WESTBURY 2007).

Danksagung

Wolfgang Rutkies (www.rutkies.de) und James Early wird für die Überlassung der Wespenbilder sowie Christine Kern für die kritische Durchsicht des Manuskripts gedankt.

Literatur

- AGRIDEA (Hrsg.) (2015): Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge. – Merkblatt zur Umsetzung der neuen Biodiversitätsförderfläche BFF, 5 S. + Beiblatt, Lausanne, CH. – URL: <https://www.agridea.ch/de/publikationen/publikationen/umwelt-natur-landschaft/naturnahe-lebensraeume-im-ackerland/bluehstreifen-fuer-bestaeuher-und-andere-nuetzlinge/>
- AGRIDEA (Hrsg.) (2017): Biodiversitätsförderung auf dem Landwirtschaftsbetrieb – Wegleitung, 22 S.
- BALMER, O., L. PFIFFNER, J. SCHIED, M. WILLARETH, A. LEIMGRUBER, H. LUKA & M. TRAUGOTT (2013): Noncrop flowering plants restore top-down herbivore control in agricultural fields. - Ecology and Evolution 3 (8), 2634–2646.
- BALMER, O., C. GÉNEAU, E. BELZ, B. WEISHAUPT, G. FÖRDERER, S. MOOS, N. DITNER, I. JURIC & H. LUKA (2014): Wildflower companion plants increase pest parasitism and yield in cabbage fields: Experimental demonstration and call for caution. - Biological Control 76, 19–27.
- BARLOGGIO, G., L. TAMM, T. OBERHÄNSLI, P. NAGEL & H. LUKA (2015): Neue Möglichkeiten der Bekämpfung von Kohleule. – 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. – URL: http://orgprints.org/27105/1/27105_barloggio.pdf
- BASS, C., I. DENHOLM, M.S. WILLIAMSON & R. NAUEN (2015): The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. - Pesticide Biochemistry and Physiology 121: 78-87.
- BELZ, E., C.E. GÉNEAU, M. FÜRST, O. BALMER, P. ANDERMATT, L. PFIFFNER, L. WESTERD & H. LUKA (2014): Rearing of *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Mamestra brassicae* (Lepidoptera: Noctuidae). – European Journal of Entomology 111: 443-447.
- BLÖSCH, M. (2000): Die Grabwespen Deutschlands. Sphecidae s.str., Crabronidae. Lebensweise, Verhalten, Verbreitung. – Tierwelt Deutschlands 71: 480 S., Goecke & Eves, Kelttern.

- BLÜTHGEN, P. (1961): Die Faltenwespen Mitteleuropas. – Akademie-Verlag, Berlin, 251 S.
- BOTTA DIENER, M. (2005): Kohlgewächse: Vitamine en masse. - Tabula Nr. 1: 16–19.
- BURGIO, G. & S. MAINI (1995): Control of European corn borer in sweet corn by *Trichogramma brassicae* Bezd. (Hym., Trichogrammatidae). – Journal of Applied Entomology 119: 83-87.
- CASTELL, A., T. ECKL, M. SCHMIDT, R. BECK, E. HEILES, G. SALZEDER & P. URBATZKA (2017): Fruchtfolgen im ökologischen Landbau – Pflanzenbaulicher Systemvergleich in Viehhäusern und Puch. – Zwischenbericht 2005-2013. , 2. für das Internet korrigierte Auflage. – Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 9, 90 S.
- DITNER, N., O. BALMER, J. BECK, T. BLICK, P. NAGEL & H. LUKA (2013): Effects of experimentally planting non-crop flowers into cabbage fields on the abundance and diversity of predators. – Biodiversity and Conservation 22: 1049-1051.
- DUFOUR, R. (2000): Farmscaping to enhance biological control. – ATTRA (Appropriate technology transfer for rural areas. URL: <http://extension.oregonstate.edu/sorec/sites/default/files/farmscaping.pdf>
- ESSIG, E.O. (1931): A history of entomology. - Macmillan Company (New York), 1029 S. Nachdruck 1965 Hafner-Verlag
- FINCKH, M.R. (2007): Evolutionsverbot per Gesetz, oder: Die Konsequenzen der Verhinderung der Ko-Evolution in der Landwirtschaft. – Spektrum Politikwissenschaft 37: 109-120.
- FLÜGEL, H.-J. (2013): Blütenökologie. Band 1: Die Partner der Blumen. – Neue Brehm Bücherei 43: 245 S., VerlagsKGWOLF.
- FLÜGEL, H.-J. (2016): Die Pflanzengallen im Bereich des Lebendigen Bienenmuseums. – Lebbimuk 13: 3-48.
- GÉNEAU, C., F.L. WÄCKERS, H. LUKA, C. DANIEL & O. BALMER (2012): Selective flowers to enhance biological control of cabbage pests by parasitoids. – Basic and Applied Ecology 13: 85-93.
- HAHN, R. (2002): Das Blüte-Bestäuber-Netz auf Brachflächen. Bioökologische Untersuchung zur Bedeutung von Brachen in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft. – Dissertation an der Universität Potsdam, 118 S. + Anhang.
- HETSCHKO, A. (1908): Über den Insektenbesuch bei einigen *Vicia*-Arten mit extrafloralen Nektarien. – Wiener Entomologische Zeitung 27: 299-305.
- HOFFMANN, U.S., F. JAUKER, J. LANZEN, D. WARZECHA, V. WOLTERS & T. DIEKÖTTER (2017): Prey-dependent benefits of sown wildflower strips on solitary wasps in agroecosystems. – Insect Conservation and Diversity 11: 42-49.
- HOYER, C. (2017): Schadbilder an Kohlgemüse. - URL: <https://www.schadbild.com/gemüse/kohlgemüse/>, gelesen am 05.03.2018.
- KÖRBER-GROHNE, U. (1988): Nutzpflanzen in Deutschland: Kulturgeschichte und Biologie. – Theiss-Velag, Stuttgart, 490 S.
- LENAERTS, M., T. GOELEN, C. PAULUSSEN, B. HERRERA, J. STEENSELS, W. V.D. ENDE, K. VERSTREPEN, F. WÄCKERS, H. JACQUEMYN & B. LIEVENS (2017): Nectar bacteria affect life history of a generalist aphid parasitoid by altering nectar chemistry. – Functional Ecology. 31. . 10.1111/1365-2435.12933.
- LÖBF (Hrsg.) (2004): Stechimmen in Nordrhein-Westfalen. - Ökologie - Gefährdung - Schutz-. LÖBF-Schriftenreihe 20, Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen, 328 S.
- LUKA, H., G. BARLOGGIO & L. PFIFFNER (2016): Blühstreifen regulieren Schädlinge im Gemüsebau und werten Kulturland ökologisch auf. – Agrarforschung Schweiz 7: 268-275

- MOCKFORD, E.L. (1997): A new species of *Dicopomorpha* (Hymenoptera: Mymaridae) with diminutive, apterous males. – *Annals of the Entomological Society of America* 90: 115-120.
- OPPERMANN, R., M. HAIDER, J. KRONENBITTER, H.R.. SCHWENNINGER & I. TORNIER (2013): Blühflächen in der Agrarlandschaft - Untersuchungen zu Blütmischungen, Honigbienen, Wildbienen und zur praktischen Umsetzung. Gesamtbericht zu wissenschaftlichen Begleituntersuchungen im Rahmen des Projekts Syngenta Bienenweide, 191 Seiten. Download unter <http://www.ifab-mannheim.de/Gesamtbericht%20Syngenta-19nov2013.pdf>.
- PIFFNER, L., H. LUKA & C. SCHLATTER (2005): Funktionelle Biodiversität: Schadregulation gezielt verbessern. – *Ökologischer Landbau* 134: 51-53.
- PIFFNER, L., H. LUKA, C. SCHLATTER, A. JÜEN & M. TRAUOGOTT (2009): Impact of wildflower strips on biological control of cabbage lepidopterans. – *Agriculture Ecosystems Environment* 129: 310-314.
- RAMSEIER, H., D. FÜGLISTALLER, C. LÄDRACH, C. RAMSEIER, M. RAUCH & F. WIDMER-ETTER (2016): Blühstreifen fördern Honig- und Wildbienen. – *Agrarforschung Schweiz* 7: 276-283
- RÖDER, G. (1990): *Biologie der Schwebfliegen Deutschlands* (Diptera: Syrphidae). – Erna Bauer Verlag, 575 S.
- SCHMID-EGGER, C. & R. WITT (2014): Ackerblühstreifen für Wildbienen – Was bringen sie wirklich? – *Ampulex* 6: 13-22.
- SQUIRE, G.R., C. HAWES, D.A. BOHAN, D.R. BROOKS, G.T. CHAMPION, L.G. FIRBANK, A.J. HAUGHTON, M.S. HEARD, M.J. MY, J.N. PERRY & M.W. YOUNG (2005): Biodiversity effects of the management associated with GM cropping systems in the UK. – Final Report of Defra Project EPG 1/5/198, Scottish Crop Research Institute, Dundee, 76 S.
- STARÝ, P. & D. GONZÁLEZ (2009): The *Chenopodium* aphid, *Hayhurstia atriplicis* (L.) (Horn., Aphididae), a parasitoid reservoir and a source of biocontrol agents in pest management. – *Journal of Applied Entomology* 111: 1-5.
- STORKEY, J. & D.B. WESTBURY (2007): Managing arable weeds for biodiversity. – *Pest Management Science* 63: 517-523.
- TAUTZ, J. & H. MARKL (1978): Caterpillars detect flying wasps by hairs sensitive to airborne vibration. – *Behavioral Ecology and Sociobiology* 4: 101-110.
- TAUTZ, J. & M. ROSTÁS (2008): Honeybee buzz attenuates plant damage by caterpillars. – *Current Biology* 18: 1125-1126.
- TÉRYTZE, K. (1984): Erprobung des Einsatzes von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* zur biologischen Bekämpfung der Kohleule *Barathra brassicae* L. und anderer Lepidopteren-Arten im Feldgemüseanbau. – Forschungsbericht, Leistungsstufe G4, Humboldt-Universität zu Berlin, 85 S.
- TSCHUMI, M., M. ALBRECHT, V. DUBSKY, F. HERZOG & K. JACOT (2016): Nützlingsblühstreifen für den Ackerbau reduzieren Schädlinge in Kulturen. – *Agrarforschung Schweiz* 7: 260-267.
- WARZECHA, D., T. DIEKÖTTER, V. WOLTERS & F. JAUKE (2017): Attractiveness of wildflower mixtures for wild bees and hoverflies depends on some key plant species. – *Insect Conservation and Diversity* 11: 32-41.

Anschrift der Autoren

Hans-Joachim Flügel, 34593 Knüllwald, Beiseförther Str. 12, h_fluegel@web.de
Henryk Luka, FIBL, Ackerstrasse. 113, CH-5070 Frick, henryk.luka@fibl.org

Tabelle 1: Auswahl an Beutetieren von Grabwespengattungen bzw. Arten, sofern nicht die gesamte Gattung gleiche Beutetiere hat (Angaben aus Blösch (2000); in Klammern:

Anzahl der Arten der jeweiligen Gattung)

Beutetiere	Grab- und Solitäre Faltenwespen-Gattungen (in Klammer: Artenzahl in Deutschland mit den angegebenen Beutetieren)	Nistweise
Aphidina: Blattläuse	<i>Diodontus</i> (6), <i>Nitela</i> (3), <i>Passaloecus</i> (12), <i>Pemphredon</i> (12), <i>Polemistus</i> (1), <i>Psenulus</i> (2), <i>Stigmus</i> (2), <i>Polemistus abnormis</i>	Unter- wie oberirdisch
Psocoptera: Staubläuse	<i>Rhopalum austriacum</i> , <i>R. gracile</i>	oberirdisch
Homoptera: Zikaden, Blattflöhe, Cercopidae	<i>Alysson</i> (3), <i>Bembecinus</i> (2), <i>Didineis</i> (1), <i>Harpactus</i> (6), <i>Lestiphorus</i> (2), <i>Mimesa</i> (5), <i>Mimumesa</i> (7), <i>Psen</i> (2), <i>Psenulus</i> (2), <i>Crossocerus annulipes</i> , <i>Alysson</i> (3), <i>Didineis lunicornis</i> , <i>Argogorytes</i> (2), <i>Harpactus</i> (6), <i>Gorytes</i> (10), <i>Lestiphorus</i> (2), <i>Hoplisoides punctuosus</i> , <i>Bembecinus</i> (2),	Unter- bzw. oberirdisch
Wanzen	<i>Astata</i> (3), <i>Dryudella</i> (3), <i>Dinetus pictus</i> , <i>Solierella compedita</i> , <i>Lindenius albilabris</i>	Unter- bzw. oberirdisch
Heuschrecken und/oder Grillen	<i>Sphex rufocinctus</i> , <i>Larra anathema</i> , <i>Liris niger</i> , <i>Tachytes</i> (2), <i>Tachysphex</i> (12), <i>Stizus perrisii</i>	Unterirdisch
Chrysomelidae: Blatt-, Curculionidae: Rüsselk.	<i>Cerceris-arenaria</i> -Gruppe (7), <i>Entomognathus brevis</i> , <i>Cerceris</i> (7).	Unterirdisch
Halticidae: Erdflöhe	<i>Entomognathus brevis</i>	Unterirdisch
Fliegen bzw. Mücken	<i>Oxybelus</i> (13), <i>Bembix</i> (2), <i>Lindenius albilabris</i> , <i>L. pygmaeus</i> , <i>Rhopalum</i> (3), <i>Crossocerus</i> (29), <i>Crabro</i> (7), <i>Ectemnius</i> (20), <i>Mellinus</i> (2)	Unter- bzw. oberirdisch
Tephritidae: Bohrfiegen	<i>Crossocerus wesmaeli</i> , <i>Rhopalum clavipes</i>	oberirdisch
Noctuidae, Eulen	<i>Ectemnius spinipes</i> , <i>Lestica</i> (3); Raupen: <i>Ammophila sabulosa</i> , <i>Podalonia</i> (3),	Unterirdisch
Spannerraupe	<i>Ammophila pubescens</i>	Unterirdisch
Kleinschmetterlinge	<i>Lestica</i> (3)	Unter- bzw. oberirdisch
Symphyta, Pflanzenwespen	<i>Ammophila campestris</i>	Unterirdisch
Bienen bzw. Wespen	<i>Lindenius pygmaeus</i> , <i>Philanthus</i> (2), <i>Cerceris</i> (3).	Unterirdisch
Thysanoptera, Fransenflügler	<i>Spilomena</i> (6), <i>Ammoplanus</i> (2)	Oberirdisch
Schaben	<i>Dolichurus</i> (2), <i>Ampulex fasciata</i>	Unter- bzw. oberirdisch
Spinnen	<i>Miscophus</i> (6), <i>Sceliphron spec.</i> , <i>Trypoxylon</i> (10)	Unter- bzw. oberirdisch

Beutetiere	Solitäre Faltenwespen	Nistweise
Rüsselkäferlarven	<i>Alastor atropos</i> , <i>Microdynerus</i> (2), <i>Odynerus</i> (3)	oberirdisch
Blattkäferlarven	<i>Ancistrocerus</i> (4), <i>Gymnomerus laevipes</i> , <i>Stenodynerus</i> (3), <i>Symmorphus</i> (5)	Oberirdisch
Schmetterlingsraupen	<i>Allodynerus</i> (3), <i>Ancistrocerus</i> (8), <i>Dioscoelius</i> (2), <i>Eumenes</i> (6), <i>Euodynerus</i> (2), <i>Pterocheilus</i> <i>phaleratus</i> , <i>Stenodynerus dentisquama</i> , <i>Symmorphus debilitatus</i>	Oberirdisch

Tabelle 2: Auswahl an Beutetieren und solitären Faltenwespengattungen bzw. Arten, sofern nicht die gesamte Gattung gleiche Beutetiere hat (Angaben aus BLÜTHGEN (1961) und LÖBF (2004); in Klammern: Anzahl der Arten der jeweiligen Gattung)

Beutetiere	Schwebfliegen-Arten
Blattläuse	<i>Baccha</i> (2), <i>Dasysyrphus</i> (8), <i>Didea</i> (3), <i>Epistrophe</i> (8), <i>Epistrophella euchroma</i> , <i>Episyrphus balteatus</i> , <i>Eriozona</i> <i>syrphoides</i> , <i>Eupeodes</i> (8), <i>Fagisyrphus cinctus</i> , <i>Ischyrosyrphus</i> (2), <i>Lapposyrphus lapponicus</i> , <i>Megasyrphus erraticus</i> , <i>Melangyna</i> (8), <i>Melanostroma</i> (2), <i>Meligramma</i> (3), <i>Meliscaeva</i> (2), <i>Pachysphyria</i> (2), <i>Parasyrphus</i> (9), <i>Platycheirus</i> (17), <i>Pyrophaena</i> (2), <i>Scaeva</i> (4), <i>Sphaerophoria</i> (11), <i>Syrphus</i> (5), <i>Trichopsomia</i> (3), <i>Triglyphus primus</i> , <i>Xanthandrus comtus</i>
Schildläuse	<i>Baccha</i> (2), <i>Neocnemodon</i> (6),
Wurzelläuse	<i>Chrysotoxum</i> (12), <i>Doros profuges</i> , <i>Heringia</i> (3), <i>Paragus</i> (9), <i>Xanthogramma</i> (2)
Wollläuse	<i>Cnemodon</i> , <i>Pipiza</i> (11), <i>Pipizella</i> (7),
Blattkäfererier + - larven	<i>Parasyrphus</i> (9), <i>Syrphus nigratarsis</i>
Schmetterlingsraupen	<i>Melanostoma</i> ((2), bei Mangel an Blattläusen), <i>Syrphus</i> <i>tricinctus</i> , <i>Xanthandrus comtus</i>
Blattwespenraupen	<i>Syrphus tricinctus</i> , <i>Xanthandrus comtus</i>

Tabelle 3: Auswahl an Nahrungstieren von Larven der Schwebfliegengattungen bzw. Arten, sofern nicht die gesamte Gattung gleiche Nahrungstiere hat (Angaben aus RÖDER (1990), Nomenklatur teilweise nicht mehr aktuell; in Klammern: Anzahl der Arten der jeweiligen Gattung).

Abb. 7 (rechts oben): Die solitär lebende Faltenwespe (*Ancistrocerus nigricornis*) trägt Raupen von Motten als Proviant für ihre Brut in Niströhren einer Nisthilfe ein. Foto: Wolfgang Rutkies.

Abb. 8 (rechts unten): Eine andere Faltenwespenart (*Ancistrocerus trifasciatus*) jagd Raupen von Spannern und anderen oft schädlichen Faltern. Foto: James Early.

