

Biodiversitätsförderflächen im Ackerland: Wirkungen auf Biodiversität und Ökosystemleistungen

Sibylle Stöckli¹, Danja Bättig¹, Matthias Albrecht¹, Felix Herzog¹, Katja Jacot¹

¹Agroscope, Agrarökologie und Umwelt, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zürich

Auskünfte: Katja Jacot, E-Mail: katja.jacot@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs15-223> Publikationstermin: 25. Juli 2024



Die Buntbrache ist ein möglicher Typ einer Biodiversitätsförderfläche im Ackerbau (Foto: Katja Jacot, Agroscope)

Zusammenfassung

Diese Synthese fasst den aktuellen Wissensstand über die Wirkungen der Acker-Biodiversitätsförderflächen (Acker-BFF) auf die Biodiversität und die Erbringung von Ökosystemleistungen im Schweizer Ackerland zusammen. Betrachtet werden dabei Bunt- und Rotationsbrachen, Säume auf Ackerland, Ackerschonstreifen, ein- und mehrjährige Nützlingsstreifen sowie Getreide in weiter Reihe. Die Studien zeigen, dass vor allem diejenigen Acker-BFF, welche mit Wildblumenmischungen angesät werden, die floristische Vielfalt steigern und dadurch zahlreiche Insekten, darunter Wildbienen und Schwebfliegen, fördern. Auch Vögel profitieren von den Acker-BFF, insbesondere von älteren, strukturreichen Buntbrachen und Säumen. Der positive Effekt von blüten- und artenreichen Buntbrachen sowie einjährigen Nützlingsstreifen auf die Regulierung von Schadinsekten konnte in einzelnen Kulturen nachgewiesen

werden. Ein paar wenige Studien fanden auch positive Effekte auf die Bestäubungsleistungen. Zu möglichen unerwünschten Effekten gehören spontan auftretende Pflanzenarten sowie Schnecken- und Mäuse-Druck aus mehrjährigen Acker-BFF in den angrenzenden Kulturen. Die Synthese zeigt, dass Acker-BFF ein wichtiges Instrument zur Förderung der Biodiversität im intensiv genutzten Ackerland darstellen. Sie offenbart aber auch grosse Forschungslücken in Bezug auf die Wirksamkeit gewisser Acker-BFF-Typen. Der Mehrfachnutzen dieser Biodiversität sollte in verschiedenen Anbausystemen und Kulturen aufgezeigt werden, um die Akzeptanz von Acker-BFF in der Praxis zu fördern.

Key words: agrobiodiversity, agri-environmental measures, arable land, farmland biodiversity, pest regulation, pollination.

Einleitung

Rund ein Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Schweiz wird ackerbaulich genutzt (BLW, 2023). Ackerbaulandschaften können sehr wertvolle Lebensräume für Tiere und Pflanzen darstellen (Lachat *et al.*, 2010). Doch während die Biodiversität generell unter Druck steht, ist sie im offenen Ackerland ganz besonders gefährdet. So ist die Ackerbegleitflora eine der am stärksten bedrohten Pflanzengruppen der Schweiz (Bornard *et al.*, 2016). Trotz politischer Bemühungen schreitet der Rückgang charakteristischer Vogelarten (Knaus *et al.*, 2022) und verschiedener Insektengruppen (Widmer *et al.*, 2021) in offenen Agrarlandschaften fort. Mit der Einführung der Direktzahlungsverordnung (DZV) im Jahr 1994, die spezifische Unterstütsungsbeiträge für Agrarumweltmassnahmen einführt, übernahm die Schweiz eine Vorreiterrolle bei der Förderung der Biodiversität in der Landwirtschaft. Im Zuge dessen wurden die ersten Biodiversitätsförderflächen (BFF) eingeführt (z.B. Buntbrachen, siehe Tab. 1 für die heutigen Acker-BFF). Ziel war es, die Landwirtinnen und Landwirte für ihren Beitrag zur Förderung der Biodiversität finanziell zu entschädigen. Aktuell sind 19 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) in der Schweiz, einschliesslich der Berggebiete, als BFF angemeldet (BLW, 2023). Während extensiv genutzte Wiesen und Weiden den grössten Teil der BFF ausmachen, beträgt der Anteil von Acker-BFF weniger als 1 % der LN (BLW, 2023).

In dieser Synthese fassen wir den Stand des Wissens über den Nutzen von Schweizer Acker-BFF für Flora, Fauna und Ökosystemleistungen zusammen – einschliesslich ihrer Wirkung auf die Bestäubung, auf die Regulierung von Insektenschädlingen und auf die landwirtschaftliche Produktion. Den erwünschten Wirkungen von Acker-BFF stehen Herausforderungen gegenüber, welche die Akzeptanz durch Landwirtinnen und Landwirte negativ beeinflussen können. Wir gehen auf diese Herausforderungen ein und identifizieren und diskutieren Wissenslücken in der Forschung. Wir hoffen, damit eine faktenbasierte Diskussion über die verstärkte Förderung von Acker-BFF zu unterstützen.

Material und Methoden

Die Synthese stützt sich auf Schweizer Studien aus den vergangenen 30 Jahren und deckt den Zeitraum bis Ende 2023 ab. Für unsere Literaturrecherche verwendeten wir «Web of Science», schlossen «Graue Literatur» mit ein und nahmen mit einzelnen Expertinnen und

Experten Kontakt auf. Folgende Acker-BFF gemäss DZV wurden einbezogen (Tab. 1): Buntbrache, Rotationsbrache, Saum auf Ackerfläche, Ackerschonstreifen, einjährige und mehrjährige Nützlingsstreifen und Getreide in weiter Reihe.

Tab. 1 | Übersicht über die Acker-BFF-Typen (Abkürzung), die im Rahmen der DZV anrechenbar und beitragsberechtigt sind. Beschreibung (BLW, 2023) und Hauptziele (www.agrinatur.ch). Nach Zulassungsjahr sortiert.

Acker-BFF	Übersicht
Buntbrache (BB)	Beschreibung: 2–8-jährige, mit einheimischen Wildblumen angesäte Flächen; zugelassen seit 1994. Hauptziele: Förderung von Ruderal- und Segetalpflanzenarten; Nahrung und Lebensraum für viele verschiedene Tierarten (Nützlinge, Kleinsäuger, bodenbrütende Vögel); Vernetzung.
Rotationsbrache (RB)	Beschreibung: 1–3-jährige, in die Fruchtfolge integrierbare, mit einheimischen Wildblumen angesäte Fläche; zugelassen seit 1999. Hauptziele: Förderung von Ruderalpflanzenarten auf der ganzen Parzelle und Nahrungsangebot für verschiedene Tierarten (Nützlinge, Kleinsäuger, bodenbrütende Vögel).
Ackerschonstreifen (AS)	Beschreibung: Extensiv bewirtschaftete Randstreifen in Ackerkulturen; Ernte mit der Kultur; Anlage mindestens während zwei Hauptkulturen; zugelassen seit 1999. Hauptziele: Förderung der bedrohten Ackerbegleitflora.
Saum auf Ackerfläche (SA)	Beschreibung: Dauerhafter, mit einheimischen Wildblumen und Gräsern angesäter Streifen; zugelassen seit 2008. Hauptziele: Dauerhafter Lebensraum und vielseitige Nahrung für Kleinlebewesen, Vernetzung.
Einjähriger Nützlingsstreifen (NE)	Beschreibung: 1-jähriger, mit wenigen, aber besonders für Nützlinge (Honigbienen, Wildbestäuber, Antagonisten von Kulturschädlingen) attraktiven (Wild-)Blumen angesäter Streifen; zugelassen seit 2015. Hauptziele: Förderung von Nützlingen und der durch diese erbrachten natürlichen Schädlingsregulation und Bestäubungsleistung.
Mehrjähriger Nützlingsstreifen (NM)	Beschreibung: Bis 4-jähriger, mit einheimischen Wildblumen angesäter Streifen speziell zur Förderung von Bestäuberinsekten und Antagonisten von Kulturschädlingen; zugelassen ab 2023 mit einer provisorischen Mischung. Hauptziele: Reichhaltiges Angebot an Pollen und Nahrung für Nützlinge, insbesondere Wildbienen und Antagonisten von Kulturschädlingen; Strukturen für die Überwinterung von Insekten.
Getreide in weiter Reihe (GW)	Beschreibung: Weitsaat von Winter- oder Sommergetreide; zugelassen als Acker-BFF Typ im 2023 und 2024 und seit 2020 als regionspezifische BFF. Hauptziele: Förderung der Biodiversität auf der Produktionsfläche (unterstützt die Förderung von z.B. Feldhase und Feldlerche und der Ackerbegleitflora).

* Die aktuellen vom BLW zugelassenen Saatmischungen: Nützlingsstreifen: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/produktionsystembeitraege23/nuetzlingsstreifen.html>; Brachen & Säume: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/biodiversitaetsbeitraege.html>

Die Literaturrecherche wurde gemäss folgender Kriterien durchgeführt:

1. Nur Studien, welche Acker-BFF-Typen gemäss DZV auf Feldern in der Schweiz untersuchten, wurden einbezogen.
2. Es wurden wissenschaftliche Publikationen, Praxispublikationen und Projektberichte berücksichtigt.
3. Ausgeschlossen wurden Meta-Analysen und Studien, die auf Landschaftsebene Anteile an Acker-BFF untersuchten, sowie Zusammenfassungen, Kurzberichte oder Gutachten, die keine Originalpublikationen sind.

Basierend auf den definierten Kriterien identifizierten wir 85 Publikationen oder Berichte. Innerhalb einer Publikation oder eines Berichtes gab es teilweise Ergebnisse zu mehreren Acker-BFF (z.B. Buntbrachen und Säume) und meist wurden verschiedene Effekte auf Flora, Fauna und Ökosystemleistungen untersucht. Die Bedeutung von Acker-BFF für die Biodiversität und Ökosystemleistungen wurde in Anlehnung an den Biodiversitätsbegriff der UN-Konferenz Rio (CBD, 1992) und das Konzept der «Nature contributions to people (NCP)» (Diaz *et al.*, 2018; Brauman *et al.*, 2020) beurteilt. Die 18 Kategorien von NCP's werden in regulierende (z.B. Bestäubung, Regulation von Klima oder Schadorganismen, Vielfalt von Lebensräumen), materielle (z.B. Energie, Lebensmittel, Baumaterial, genetische Ressourcen) und immaterielle (z.B. Inspiration, Erlebnisse, zukünftige Resilienz) Beiträge aufgeteilt.

Die Effekte der Acker-BFF auf die Biodiversität und Ökosystemleistungen wurden in nicht signifikante, signifikant positive oder signifikant negative Effekte eingeteilt. Für diesen Vergleich wurden nur die Publikationen berücksichtigt, welche BFF-Flächen mit Referenzflächen (Ackerkultur oder Grasland) verglichen. Diese quantitative Kategorisierung der Effekte von Acker-BFF konnte nur für Buntbrachen, Säume und einjährige Nützlingsstreifen durchgeführt werden, da nur für diese Typen eine ausreichend grosse Anzahl (mind. 15) Studien vorhanden war.

Resultate

Die meisten Studien untersuchten Buntbrachen, Säume und einjährige Nützlingsstreifen

In den 85 Publikationen oder Berichten wurden insgesamt 104 Studien beschrieben, wobei in 50 Studien (48 %) Buntbrachen untersucht wurden, gefolgt von Säumen und einjährigen Nützlingsstreifen mit jeweils 17 und 16 Studien (16 % und 15 %) (Abb. 1). Zu den an-

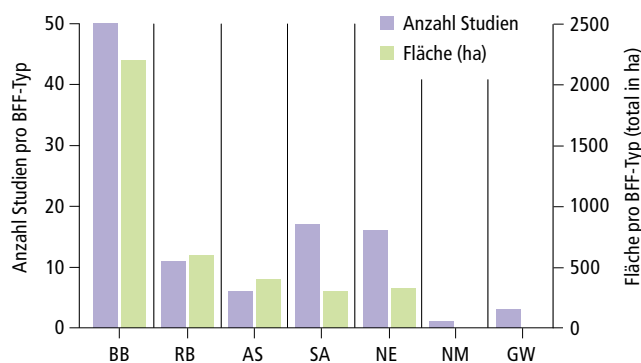


Abb. 1 | Anzahl der gefundenen Studien (1994 bis 2023) und die Gesamtfläche (ha) pro Acker-BFF-Typ in der Schweiz im Jahr 2022 (BB = Buntbrache, RB = Rotationsbrache, AS = Ackerschonstreifen, SA = Saum, NE = Nützlingsstreifen einjährig, GW = Getreide in weiter Reihe, NM = Nützlingsstreifen mehrjährig). Die Flächenangaben stammen aus dem Agrarbericht 2023 (Daten von 2022). Die GW-Fläche 2022 von ca. 6100 ha (mündliche Mitteilung BLW) ist in der Grafik nicht eingetragen, da GW erst ab 2023 (bis 2024) als eigener Acker-BFF-Typ gilt.

deren Acker-BFF gibt es deutlich weniger Informationen. Buntbrachen sind bereits seit 1994 zugelassen und machen mit 2237 ha den Hauptteil der Acker-BFF-Fläche aus (Abb. 1). Ein Vergleich der Studienanzahl (1994-2023) und der Anlagefläche dieser Acker-BFF-Typen im Referenzjahr 2022 zeigt interessante Unterschiede. So wurden vergleichsweise viele Studien zu Säumen und einjährigen Nützlingsstreifen durchgeführt, obwohl sie auf einer relativ geringen Fläche im Vergleich zu anderen Acker-BFF angelegt wurden (Abb. 1). Rotationsbrachen und Ackerschonstreifen wurden hingegen relativ häufig angelegt, aber vergleichsweise wenig untersucht. Für die seit 2023 zugelassenen mehrjährigen Nützlingsstreifen und Getreide in weiter Reihe gab es bis 2023 nur sehr wenige Studien, und es liegen noch keine Angaben zur angelegten Fläche vor. Getreide in weiter Reihe ist jedoch seit 2020 Bestandteil der regionsspezifischen BFF auf Ackerflächen. Die Gesamtfläche dieser regionsspezifischen BFF betrug im Jahr 2022 6396 ha. Davon entfiel ca. 6100 ha auf GW (mündliche Mitteilung BLW).

Buntbrachen

Förderung von Insekten, Spinnen und Vögeln

In der Schweiz blicken wir inzwischen auf 30 Jahre Erfahrung mit Buntbrachen zurück (Tab. 1). Buntbrachen zeichnen sich durch eine vergleichsweise vielfältige Vegetation aus eingesäten und spontan aufkommenden Pflanzenarten aus, welche im Vergleich zu Ackerkulturen stark erhöht ist (Aviron *et al.*, 2009) (Abb. 2a). Sukzes-

sionsprozesse bewirken, dass sich die Pflanzartenzusammensetzung mit dem Alter der Brachen typischerweise erheblich verändert. Diese dynamischen Veränderungen schaffen vielfältige Lebensräume und Nahrungsquellen für verschiedene Faunengruppen (Günter, 2000; Ullrich, 2001; Albrecht, Knecht, *et al.*, 2021).

Ein Grossteil der Forschungsarbeiten zu Buntbrachen fokussierte sich auf deren Auswirkungen auf die Fauna und identifizierte dabei mehrheitlich (23 Studien) signifikant positive Auswirkungen auf diverse Tiergruppen (Abb. 2a–b). Zahlreiche Studien belegten, dass Buntbrachen, im Vergleich zu Ackerflächen oder Grasstreifen, eine signifikant höhere Anzahl an Arten oder Individuen von Tagfaltern, Laufkäfern und Spinnen aufweisen (Pfiffner & Luka, 1999; Pfiffner & Luka, 2000; Luka *et al.*, 2001; van Oijen, 2003; Jacot & Bosshard, 2005; Luka *et al.*, 2006; Jacot, Eggenschwiler, *et al.*, 2007; Aviron *et al.*, 2009). Bemerkenswert ist das Vorkommen von Lebensraumspezialisten unter den Laufkäfern und Spinnen in Buntbrachen, die sonst vornehmlich in halbnatürlichen Habitaten anzutreffen sind (Luka *et al.*, 2006). Allerdings gab es auch einzelne Jahre oder spezifische Standorte ohne signifikante Effekte der Buntbrachen auf Laufkäfer und Spinnen im Vergleich zu Referenzflächen (Jacot & Bosshard, 2005; Luka *et al.*, 2006). Zudem fand eine Studie keinen signifikanten Unterschied in der Abundanz der häufigsten räuberischen Laufkäfer zwischen Buntbrachen und Rapsfeldern (Sutter *et al.*, 2018). Im Kohlanbau wurden bis zu dreimal höhere Arten- und Individuenzahlen von Nützlingen (parasitoide Schlupfwespen) in Buntbrachen als in Blumenkohlfeldern festgestellt (sogar bis zu 18-mal höher als in Rotkohlfeldern [Pfiffner *et al.*, 2003]). Ausserdem wirkten sich Buntbrachen im Vergleich zu regulären Ackerflächen positiv auf andere Nützlingsgruppen wie Marienkäfer oder Kurzflügler aus (Pfiffner & Luka, 1999; Pfiffner & Luka, 2000). Verschiedene Studien identifizierten in Buntbrachen signifikant mehr Arten- und Individuenzahlen von Vögeln des offenen Ackerlandes im Vergleich zu Getreidefeldern (Weibel, 1999; Homberger *et al.*, 2017; Martinez *et al.*, 2017; Birrer *et al.*, 2018; Meichtry-Stier *et al.*, 2018). Im Gegensatz dazu wurden keine signifikanten (Aschwanden *et al.*, 2005) oder sogar negative Effekte (Weibel, 1999; Arlettaz *et al.*, 2010) auf Greifvögel im Vergleich zu Grasland festgestellt. Obwohl die Dichte an Mäusen in Buntbrachen signifikant höher war als in Ackerkulturen (Beerli, 2005; Aschwanden *et al.*, 2007; Jacot, Beerli, *et al.*, 2007; Arlettaz *et al.*, 2010), scheinen diese für Greifvögel schlecht zugänglich zu sein.

Form, Struktur und Alter haben einen Einfluss auf die Fauna

Je nach Form und Struktur der Buntbrache zeigen sich unterschiedliche Auswirkungen. Während breite Buntbrachen inmitten von Feldern Junghasen einen sicheren Lebensraum boten, wurden schmale Streifen entlang von Wegen häufiger von Räufern heimgesucht, was die Überlebenschance der Hasen massiv verringerte (Perron, 2013). Buntbrachen mit mittelhoher oder hoher Vegetation bieten Nahrung und Versteckmöglichkeiten und wirkten positiv auf die Anzahl der überwinterten Vogelarten (Birrer *et al.*, 2018). Ebenfalls zeigten sie zwischen Juni und August einen positiven Einfluss auf den Bruterfolg von Rebhühnern (Homberger *et al.*, 2017). Die Revierdichte von Kulturland-Vogelarten war negativ mit der Grösse der Flächen, aber positiv mit dem Alter und dem Brombeerananteil der Buntbrachen korreliert (Gremaud, 2010; Zollinger *et al.*, 2013; Meichtry-Stier *et al.*, 2018).

Sowohl die Quantität als auch die Diversität blühender Pflanzen in Buntbrachen spielt eine Schlüsselrolle für die Förderung von Nützlingen. Die Anzahl blühender Pflanzen begünstigte die Ansiedlung von Nestern bodenbrütender Wildbienen, während eine grössere Artenzahl dieser Pflanzen die Arten- und Individuenzahl von Wildbienen sowie aphidophagen Schwebfliegen und spezialisierten Tagfalter signifikant erhöhte (Aviron *et al.*, 2011; Albrecht, Knecht, *et al.*, 2021; Stöckli, 2021; Schoch *et al.*, 2022). Zudem trug die Kombination aus hoher Blütenpflanzenvielfalt und ausreichend offenen Bodenstellen massgeblich zum Vorhandensein von Nestern bodennistender Wildbienen bei (Stöckli, 2021). Ab dem 2. Standjahr nahm jedoch in Buntbrachen die Anzahl Pflanzenarten und Blüten aufgrund zunehmender Vergrasung ab (Günter, 2000; Ullrich, 2001; Albrecht, Knecht, *et al.*, 2021). Mit der Abnahme der Blüten ging auch die Abundanz von Wildbienen (–89%), Honigbienen (–62%) und Schwebfliegen (–72%) zurück (Albrecht, Knecht, *et al.*, 2021).

Mehrheitlich positive Effekte auf die Schädlingsregulation und Bestäubung in angrenzenden Kulturen

Die Auswirkungen von Buntbrachen auf Ökosystemleistungen sind bisher nur wenig untersucht (Abb. 2c). Dennoch zeigten drei von vier Studien einen signifikant positiven Effekt von Buntbrachen auf die Regulierung von Schadinsekten in benachbarten Kulturen. In Kohlfeldern, die an eine Buntbrache grenzten, wurde eine erhöhte Parasitierungsrate von Raupen von Schädlingen (Kohleule und Kohlweissling) festgestellt (Pfiffner *et al.*, 2003). Ebenfalls wurde in Winterweizen-Feldern mit angrenzender Buntbrache die Dichte des Getreide-

hähnchens und der Blattschaden im Vergleich zu Winterweizen-Feldern ohne angrenzende Buntbrache stark reduziert (–66 % bzw. –40 %) und der durchschnittliche Ernteertrag war um 10 % erhöht (Tschumi, Albrecht, Baertschi, *et al.*, 2016). Im Gegensatz dazu zeigte die Parasitierung des Rapsglanzkäfers in Rapsfeldern, die an Buntbrachen grenzten, keinen signifikanten Unterschied zu Referenzfeldern ohne angrenzende BFF (Sutter *et al.*, 2018). In derselben Studie wurde zwar eine leichte Verbesserung der Bestäubung durch Insekten in den an Buntbrachen grenzenden Rapsfeldern festgestellt, doch führte dies nicht zu einer Steigerung des Rapsertags. Ebenfalls zeigte sich in zwei weiteren Studien kein statistisch signifikanter Einfluss auf die Bodenbildung (Iseli, 2005; Eggenschwiler *et al.*, 2006). Statistische Vergleiche zu den immateriellen Leistungen von Buntbrachen haben wir keine gefunden. Allerdings zeigte eine Studie von Junge *et al.* (2015), dass Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer Fotos von Buntbrachen gegenüber Ackerflächen oder Grünland präferierten.

Säume auf Ackerland

Gräser dominieren auf nährstoffreichen Standorten

Seit ihrer Zulassung im Jahr 2008 in der DZV wurden zu Säumen nur wenige Studien durchgeführt (Abb. 1). Ein mehrjähriges Monitoring ergab, dass der Artenreichtum in Säumen bis zum 4. Standjahr zunahm und der Anteil gesäeter Arten jeweils deutlich höher war als der Anteil spontaner Arten (Jacot *et al.*, 2005; Jacot, Eggenschwiler, *et al.*, 2007). Auf schweren, nährstoffreichen Böden und an feuchteren, insbesondere schattigeren Standorten war die Artenvielfalt hingegen häufig geringer und die Gräser dominierten teilweise stark.

Mehr Käfer, Spinnen und Kleinsäuger als in Ackerkulturen oder Grasstreifen

Die vorhandenen Untersuchungen zeigen einen deutlich positiven Einfluss der Säume auf die Fauna (10 von 11 Studien, Abb. 2). Ähnlich wie bei den Buntbrachen wurden signifikant positive Effekte auf die Arten- und Individuenzahl von Käfern und Spinnen festgestellt (van Oijen, 2003; Jacot & Bosshard, 2005; Luka *et al.*, 2006; Jacot, Eggenschwiler, *et al.*, 2007). Nur eine Studie fand keinen signifikanten Unterschied in der Anzahl überwinternder Arten und Individuen von Laufkäfern und Spinnen zwischen Säumen und Ackerkulturen (Schmid, 2006). In der gleichen Studie wurde auch kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Vegetationshöhe der Säume und der Anzahl der Laufkäfer- und Spinnenarten identifiziert.

In Säumen wurden höhere Dichten an Mäusen (Beerli, 2005; Aschwanden *et al.*, 2007; Jacot, Beerli, *et al.*, 2007) und Schnecken gefunden als in Ackerkulturen, wobei die Schneckendichte sogar höher war als in konventionellen Ackerrandstreifen (Eggenschwiler *et al.*, 2013). Zu Ökosystemleistungen wurde nur eine Studie durchgeführt (Metzger, 2012). Die Resultate zeigten, dass ein Saum nach sieben Jahren im Vergleich zum Acker eine bessere Bodenstruktur, einen höheren Humusgehalt und eine bessere Verfügbarkeit von Kalium und Phosphor aufwies. Studien zu materiellen und immateriellen Leistungen von Säumen wurden keine gefunden.

Einjährige Nützlingsstreifen

Hoher Nutzen des grossen Blütenangebotes

Einjährige Nützlingsstreifen tragen durch ihre höhere Blütendeckung und -diversität im Vergleich zu Ackerkulturen positiv zur Abundanz von Bestäuberinsekten und auch zum Reproduktionserfolg von Wildbienen bei (Ganser *et al.*, 2018; Ganser *et al.*, 2021; Luka *et al.*, 2021; Schoch *et al.*, 2022). Zudem wurde beobachtet, dass die Vielfalt sowohl angesäeter als auch nicht angesäeter Pflanzenarten in diesen Streifen die Arten- und Individuenzahl von Laufkäfern sowie die Artenvielfalt von Spinnen positiv beeinflusst (Luka *et al.*, 2021). Ebenfalls zeigte sich, dass eine hohe Pflanzendiversität in den Nützlingsstreifen die Überwinterungsmöglichkeiten von Fliegen und Laufkäfern verbessert (Ganser *et al.*, 2019).

Förderung von Nützlingen und Reduktion von Schadinsekten in Kulturen

Die Effekte von einjährigen Nützlingsstreifen auf Nützlinge (Bestäuberinsekten und Antagonisten von Kulturschädlingen; 13 Studien) und Ökosystemleistungen (Bestäubungsleistung und Schädlingsregulation; 8 Studien) waren mehrheitlich positiv (Abb. 2).

In Nützlingsstreifen wurden signifikant mehr natürliche Feinde von Kulturschädlingen, darunter Laufkäfer, Schwebfliegen, Raubwanzen, Florfliegen und Marienkäfer, gefunden als in Kontrollstreifen im Getreide (Jacot *et al.*, 2015; Tschumi *et al.*, 2015; Tschumi, Albrecht, Col-latz, *et al.*, 2016). Die Anzahl der Schwebfliegen (Eier und Adulte) war signifikant höher in Kartoffel- oder Weizenfeldern, wenn ein Nützlingsstreifen angesät wurde (Jacot *et al.*, 2015). Ebenso waren die Anzahl der Laufkäfer-, Kurzflügelkäfer- und Spinnenarten sowie die Anzahl der Laufkäferindividuen generell höher in Nützlingsstreifen als in Referenz-Kohlfeldern (Luka *et al.*, 2016). Allerdings konnte in einem der Untersuchungsjahre keine signifikante Förderung von Spinnen und Schwebfliegen beob-

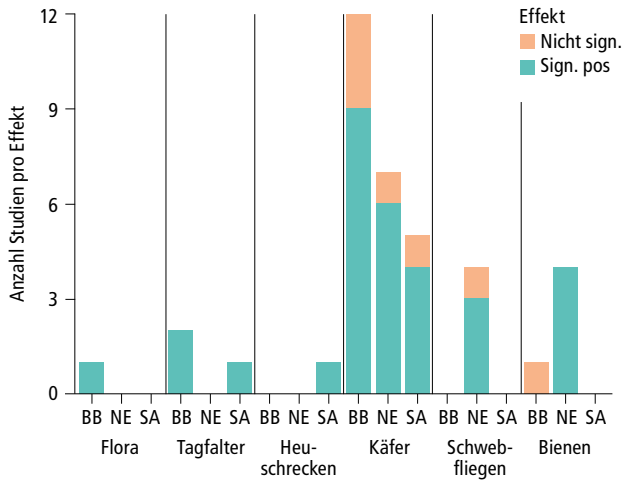


Abb. 2a | Anzahl der Studien, die die Effekte von Buntbrachen (BB), Säumen (SA) und einjährigen Nützlingsstreifen (NE) auf die Flora und verschiedene Insektengruppen im Vergleich zu einer Referenzfläche (Ackerkultur oder Grasstreifen) statistisch untersuchten. Beige: nicht signifikanter Effekt, grün: signifikant positiver Effekt.

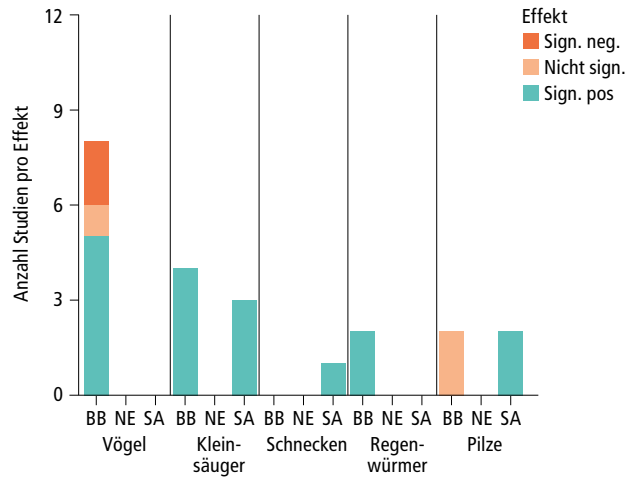


Abb. 2b | Anzahl der Studien, die die Effekte von Buntbrachen (BB), Säumen (SA) und einjährigen Nützlingsstreifen (NE) auf Vögel, Kleinsäuger, Schnecken, Regenwürmer und Pilze im Vergleich zu einer Referenzfläche (Ackerkultur, Wiese oder Grasstreifen) statistisch untersuchten. Beige: nicht signifikanter Effekt, grün: signifikant positiver Effekt, orange: signifikant negativer Effekt.

achtet werden (Luka *et al.*, 2021). Die Überwinterungsrate aller untersuchten Arthropodengruppen, einschliesslich potenzieller natürlicher Antagonisten wie Spinnen oder Laufkäfer, war in den Nützlingsstreifen höher als in den Winterweizenkulturen (Ganser *et al.*, 2019).

In Winterweizenfeldern mit Nützlingsstreifen wurde die Dichte des Getreidehähnchens, eines bedeutenden Schädling im Getreideanbau, im Vergleich zu Kontrollfeldern ohne Nützlingsstreifen um 40 % bei den Larven und um 53 % bei den Adulten reduziert (Jacot *et al.*, 2015; Tschumi *et al.*, 2015; Jacot *et al.*, 2017). Diese signifikante Reduktion war bis zu einem Abstand von etwa 40–50 m zum Nützlingsstreifen feststellbar. Des Weiteren war die Zahl der Blattläuse in Kartoffelfeldern mit Nützlingsstreifen im Vergleich zu Kartoffelfeldern ohne Nützlingsstreifen um durchschnittlich 75 % verringert (Jacot *et al.*, 2015; Tschumi, Albrecht, Collatz, *et al.*, 2016). Allerdings spiegelte sich dieser positive Effekt von Nützlingsstreifen auf die Schadensreduktion in Winterweizenfeldern nicht in gesteigerten Ertragszahlen wider (Jacot *et al.*, 2017).

Mehrere Studien haben gezeigt, dass Nützlingsstreifen einen positiven Einfluss auf die Arten- und Individuenzahl von Wild- und Honigbienen, deren Anzahl Blütenbesuche sowie die Bestäubungsleistung in angrenzenden Erdbeerfeldern haben (Ganser *et al.*, 2018; Luka *et al.*, 2021). In zwei weiteren Studien wurde festgestellt, dass verschiedene Wildbienenarten, die in einem

Nützlingsstreifen nisten, von einer höheren Pollenverfügbarkeit profitieren. Dies führte zu kürzeren Pollensammelflügen und einem höheren Reproduktionserfolg im Vergleich zu Niststandorten ohne Nützlingsstreifen in der Nähe (Ramseier *et al.*, 2016; Ganser *et al.*, 2021).

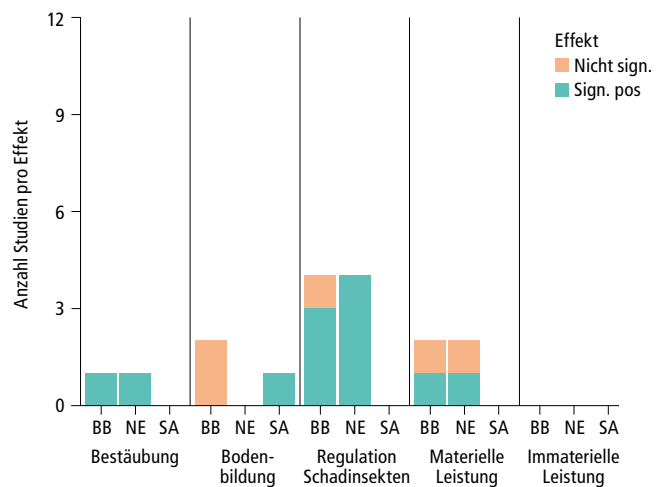


Abb. 2c | Anzahl der Studien, die die Effekte von Buntbrachen (BB), Säumen (SA) und einjährigen Nützlingsstreifen (NE) auf Ökosystemleistungen im Vergleich zu einer Referenzfläche (Ackerkultur oder Grasstreifen) statistisch untersuchten. Beige: nicht signifikanter Effekt, grün: signifikant positiver Effekt.

Weitere Acker-BFF

Feldhasen und Vögel profitieren von Rotationsbrachen

Rotationsbrachen wurden 1999 eingeführt, um als Ergänzung zu den Buntbrachen auch eine Option mit kürzerer Anlagedauer zur Verfügung zu stellen. Die wenigen vorhandenen Studien haben gezeigt, dass sie die allgemeine Pflanzenvielfalt fördern und insbesondere seltene Arten begünstigen (Eggenschwiler & Jacot, 2001; Eggenschwiler, 2003; Eggenschwiler *et al.*, 2004). Fünf Studien konnten einen positiven Effekt von Rotationsbrachen auf die Artenzahl und Abundanz von Vögeln (Martinez *et al.*, 2017; Birrer *et al.*, 2018; Meichtry-Stier *et al.*, 2018) und die Abundanz von Feldhasen (Ramseier, 1994; Perron, 2013) aufzeigen. Zudem ergab eine Umfrage, dass die Bevölkerung die Blütenvielfalt in Rotationsbrachen schätzt (immaterielle Ökosystemleistung «ästhetischer Wert», Jacot *et al.* (2002).

Ackerschonstreifen fördern seltene Pflanzenarten

Drei Studien widmeten sich der Untersuchung von Ackerschonstreifen, in denen eine generell positive Wirkung auf das Vorkommen und die Diversität von Ackerbegleitpflanzen sowie die Anzahl der Rote-Liste-Pflanzenarten beobachtet wurde (Eggenschwiler *et al.*, 2007; Boerlin, 2008; Jacot *et al.*, 2008). Weiterhin ergab eine Umfrage, dass die Bevölkerung an den Streifen besonders den Blütenreichtum und den Lebensraum für Tiere sehr schätzt (Boerlin, 2008).

Neue Acker-BFF zeigen erste positive Resultate

Die mehrjährigen Nützlingsstreifen förderten ein breites Spektrum an Wildbienenarten (Lutter & Ramseier, 2021). In dieser einen Studie wurde allerdings festgestellt, dass in mehrjährigen Nützlingsstreifen der Unkrautdruck nach dem zweiten Standjahr zunehmen könnte. Positive Effekte von Getreide in weiter Reihe wurden bisher für die Feldhasendichte im Herbst (Weber, 2020), die Revierdichte und den Bruterfolg der Feldlerche (Jenny *et al.*, 2020), die Aktivität und Diversität von Laufkäfern sowie die Regulation des Getreidehähnchens und die Prädation von Unkrautsamen nachgewiesen (Bloesch *et al.*, 2023).

Herausforderungen

Den erwünschten Wirkungen von Acker-BFF stehen unerwünschte Herausforderungen gegenüber, welche für die praktizierenden Landwirtinnen und Landwirte einen Mehraufwand bedeuten. Wissenschaftlich untersucht für Buntbrachen, Säume und einjährige Nützlings-

streifen sind Unkräuter, Durchwuchs, Schädlinge (nur Buntbrachen und Säume) und Wirtschaftlichkeit. Die meisten Studien konzentrierten sich auf Unkräuter in Buntbrachen.

Erhöhte Anzahl an Unkräutern führt zu Mehraufwand

Die eingesäten Pflanzenarten von Buntbrachen unterdrückten erfolgreich das Aufkommen von Unkräutern hinsichtlich ihrer Artenzahl, Verbreitung und Samendichte (Heitzmann-Hofmann, 1995; Schaffner *et al.*, 2000; Eggenschwiler & Jacot, 2001, 2005). Es wurde jedoch beobachtet, dass der Anteil gesäter Arten ab dem vierten bis zum fünften Standjahr abnahm (Eggenschwiler & Jacot, 2005). In dieser Phase nahm der Anteil der sich vegetativ ausbreitenden Gräser mit hohem Nährstoffbedarf zu. Die Deckung problematischer Unkräuter wie *Rumex obtusifolius*, *Cirsium arvense*, *Elymus repens* war in den meisten untersuchten Säumen gering (Jacot & Bosshard, 2005; Jacot *et al.*, 2005; Isler, 2008). Allerdings stieg die Anzahl der Säume, in denen diese Unkräuter vorkamen, mit zunehmender Anlagedauer. In einjährigen Nützlingsstreifen lief die Mehrheit der eingesäten Arten gut auf, und der Unkrautdruck blieb gemäss mehreren Studien in vielen dieser Streifen generell niedrig (Jacot *et al.*, 2015; Jacot *et al.*, 2017; Baettig *et al.*, 2022). In einer Umfrage unter 299 Landwirtinnen und Landwirten wurden als häufigste Unkräuter in einjährigen Nützlingsstreifen *Rumex obtusifolius* (45 % der Meldungen), *Cirsium arvense* (37 %), *Panicoideae* (16 %), *Chenopodium* sp (13 %) und *Amaranthus* sp (12 %) genannt (Baettig *et al.*, 2022).

Gelegentlich wird die Befürchtung geäußert, dass Acker-BFF die Ausbreitung von invasiven Neophyten begünstigen könnten. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass das einjährige Berufskraut (*Erigeron annuus*) und die Amerikanische Goldrute (*Solidago canadensis* aggr.) zu den häufigsten invasiven Neophyten in Acker-BFF gehören (Graf *et al.*, 2016). Hinweise aus dem Biodiversitätsmonitoring ALL-EMA deuten zudem darauf hin, dass Acker-BFF etwas häufiger invasive Neophyten aufweisen als Kontrollflächen (Meier *et al.*, 2021). Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass viele invasive Neophyten Ruderalpflanzen sind und daher in Acker-BFF ideale Habitate finden, weshalb eine frühzeitige Bekämpfung invasiver Neophyten in Acker-BFF wichtig ist. Um Unkrautprobleme zu vermeiden, wird empfohlen, Acker-BFF nicht auf Standorten anzulegen, auf denen erfahrungsgemäss ein sehr hoher Unkrautdruck herrscht (Schaffner *et al.*, 2000; Ullrich, 2001; Jacot *et al.*, 2002; Baettig *et al.*, 2022). Zudem tragen schnell keimende Arten wie Buchweizen, die in vielen Saatmischungen

enthalten sind, dazu bei, den Boden rasch zu bedecken und dadurch das Unkrautwachstum zu unterdrücken (Ramseier *et al.*, 2014).

Die Anwendung eines Schnitts zur Reduktion des Unkrautdrucks wird in den Studien unterschiedlich bewertet. In einer Studie von (Günter, 2000) konnten einjährige Problemunkräuter mit einem tiefen Schnitt auf 5 cm Höhe, sieben Wochen nach der Ansaat der Buntbrachen, effektiv bekämpft und das Wachstum der Mischungsarten signifikant verbessert werden. Auch in älteren Brachen kann ein Schnitt den Lichteinfall verbessern und dadurch die botanische Vielfalt erhöhen (Schaffner *et al.*, 2000). In anderen Untersuchungen bewirkte der Schnitt von Buntbrachen sechs bis acht Wochen nach der Saat insgesamt eine Zunahme der Deckung von Spontanarten, wobei besonders niederliegende Pflanzenarten gefördert wurden (Eggenschwiler & Jacot, 2001). Ein Schnitt im ersten Standjahr kann sogar die botanische Vielfalt der Buntbrachen verringern und dadurch deren ökologischen Nutzen mindern (Schaffner *et al.*, 2000). Ein früher Schnitt im Mai des ersten Standjahres führte auch bei Säumen zu einer Reduktion des Blütenangebots über nahezu das gesamte Jahr (Isler, 2008). Ein Sommerschnitt im zweiten Standjahr hatte keinen Effekt auf den Unkrautdruck im Folgejahr (Jacot & Bosshard, 2005; Jacot *et al.*, 2005).

Aufgrund der bestehenden Datenlage kann ein Schnitt zur Reduktion des Unkrautdruckes nur in Ausnahmefällen empfohlen werden. Gerade einjährige Anlagen sollten nur bei sehr hohem Unkrautdruck geschnitten werden, da dadurch das Blütenangebot eingesäarter Arten reduziert wird. Eine kompetente Beratung (Chevillat *et al.*, 2017; Baettig *et al.*, 2022) sowie praxisnahe Entscheidungshilfen bei der Bekämpfung von Unkräutern und Problempflanzen (Schaffner *et al.*, 2011; Gramlich *et al.*, 2022) sind essentiell, um den Druck durch Unkräuter in Acker-BFF zu minimieren.

Durchwuchs kann eine Herausforderung darstellen

Viele Landwirte und Landwirtinnen befürchten, dass die Anlage von Acker-BFF zu Durchwuchsproblemen führt. Dieser Problematik wurde bereits bei der Entwicklung der Buntbrachen Beachtung geschenkt. In der Folgekultur einer Buntbrache beobachteten Schaffner *et al.* (2000) eine leicht erhöhte Anzahl und Dichte von Unkräutern im Vergleich zur restlichen Ackerfläche. Dies betraf sowohl die angesäten als auch die spontanen Arten. Ergänzend ergab die Studie von Eggenschwiler & Jacot (2005), dass der Umbruch junger Buntbrachen zur Emergenz vieler Pflanzenarten in der Begleitflora der Folgekultur führte, darunter auch seltene Segetalarten. Von den ursprünglich 43 in den Buntbrachen ausgesäten

Arten traten insgesamt 26 auch in den darauf folgenden Winter- oder Sommerweizenfeldern auf (Eggenschwiler *et al.*, 2004). In verschiedenen Nachkulturen kamen *Papaver rhoeas*, *Daucus carota*, *Matricaria recutita* sowie die Spontanarten *Lamium purpureum*, *Stellaria media* und *Veronica persica* am stärksten vor (Günter, 2000). Die Deckung der Problemarten blieb ähnlich wie vor dem Umbruch, wobei *Agropyron repens* hauptsächlich im ersten Fruchtfolgejahr präsent war, *Cirsium arvense* nur vereinzelt auftrat und *Rumex obtusifolius* gänzlich fehlte (Eggenschwiler & Jacot, 2005).

Nach dem Umbruch einjähriger Nützlingsstreifen berichteten zwei von 299 Landwirtinnen und Landwirten über Durchwuchsprobleme in der Folgekultur, speziell mit *Fagopyrum esculentum* (Baettig *et al.*, 2022). In gut der Hälfte der wissenschaftlich untersuchten Nützlingsstreifen (52 % von 100 Streifen) gab es keinen Durchwuchs (Jacot *et al.*, 2017). Die häufigsten angesäten Arten, die als Durchwuchs in Folgekulturen beobachtet wurden, waren *Papaver rhoeas*, *Centaurea cyanus*, *Centaurea jacea* und *Sinapis arvensis*.

Erhöhte Präsenz von Mäusen und Schnecken in mehrjährigen Acker-BFF sind an gewissen Standorten eine Herausforderung

Ein erhöhter Schädlingsdruck, hauptsächlich durch Mäuse und Schnecken verursacht, spielt vor allem in mehrjährigen Acker-BFF-Elementen eine Rolle. Zahlreiche Studien fanden, verglichen mit Wiesen, einen erhöhten Mäusedruck in Buntbrachen und Säumen (Günter, 2000; Schaffner *et al.*, 2000; Beerli, 2005; Jacot & Bosshard, 2005; Aschwanden *et al.*, 2007; Jacot, Beerli, *et al.*, 2007; Isler, 2008; Fabian *et al.*, 2012; Eggenschwiler *et al.*, 2013). Allerdings wird der Schädlingsdruck durch Mäuse von vielen weiteren Faktoren beeinflusst. Dazu gehören das Vorhandensein von Hecken, Obstbäumen und Altgras, sowie die Bodenbeschaffenheit, die Art der angrenzenden Kulturen, die Mäusebekämpfung und weitere Bewirtschaftungsmassnahmen (Beerli, 2005). Zwei Studien untersuchten die Aktivität von Mäusen und Schnecken in angesäten und nicht angesäten Säumen (Jacot & Bosshard, 2005; Eggenschwiler *et al.*, 2013). Während Jacot & Bosshard (2005) ähnliche Aktivitäten von Mäusen in beiden Saum-Typen fanden, verzeichneten Eggenschwiler *et al.* (2013) in angesäten Säumen eine signifikant höhere Schneckendichte als in nicht angesäten Säumen. Die Frage, ob eine erhöhte Präsenz von Schädlingen wie Mäusen oder Schnecken in Acker-BFF den Ertrag in benachbarten Kulturen tatsächlich beeinträchtigt, wurde bislang jedoch nicht untersucht, sodass keine Schlussfolgerungen gezogen werden können.

Acker-BFF können wirtschaftlich attraktiv sein

Chevillat *et al.* (2017) haben gezeigt, dass mit sorgfältiger gesamtbetrieblicher Beratung Biodiversitätsfördermassen so ausgerichtet werden können, dass sie auch einen wirtschaftlichen Mehrwert generieren. Spezifische Berechnungen der Deckungsbeiträge von Acker-BFF, welche den entgangenen Ertrag, die Direktzahlungsbeiträge und die Kosten für Saatgut und Pflegemassnahmen sowie den Arbeitsaufwand berücksichtigen, sind uns aber keine bekannt. Studien haben jedoch gezeigt, dass einjährige Nützlingsstreifen in Winterweizen und Kartoffeln den Schädlingsdruck durch Getreidehähnchen oder Blattläuse unter die ökonomische Schadschwelle für den Einsatz von Insektiziden senken können (Tschumi *et al.*, 2015; Tschumi, Albrecht, Dubsy, *et al.*, 2016). Eine Kosten-Nutzen-Analyse von Tschumi *et al.* 2015 (Elektronisches Zusatzmaterial B) untersuchte den Einsatz von Nützlingsstreifen in Winterweizen. Dabei wurde der Blattschaden durch Getreidehähnchen um 61 % reduziert. Wenn dadurch eine mässige bis hohe Ertragssteigerung bei Winterweizen (d.h. grösser oder gleich 3,7 %) oder die Substitution von Insektiziden möglich ist, können Nützlingsstreifen wirtschaftlich selbsttragend oder sogar profitabel werden, selbst wenn sie auf potenziellen Weizenanbauflächen angelegt werden. Berücksichtigt man neben der schädlingsreduzierenden Wirkung der Nützlingsstreifen auch die Direktzahlungen, sind Nützlingsstreifen durchaus rentabel (Jacot *et al.*, 2015; Jacot *et al.*, 2017). Zutter (2023) untersuchte, wie sich die Anforderungen des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) finanziell auf drei verschiedene landwirtschaftliche Betriebe auswirken. Die Auswertung zeigt, dass der Einsatz von Acker-BFF je nach Betrieb nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch vorteilhaft sein kann. Es wird jedoch empfohlen, die Wirtschaftlichkeit von Acker-BFF für jeden Betrieb individuell zu bewerten. Der Forschungsbedarf in diesem Bereich bleibt bestehen.

Diskussion

Die Sichtung der vorhandenen Daten zeigt, dass unser Wissen über Buntbrachen, Säume auf Ackerland und einjährige Nützlingsstreifen relativ umfassend ist, während es bei anderen Typen teilweise stark eingeschränkt bleibt. Die verschiedenen Acker-BFF-Typen haben teils unterschiedliche Ziele und Funktionen (Tab. 1). Spezifische Rahmenbedingungen für ihre Anlage und Pflege sind zu beachten, um unterschiedliche Ziel- und Leitarten zu fördern und eine Vielzahl von Ökosystemleistungen im Ackerland zu erbringen (Caillet-Bois *et al.*, 2023).

Acker-BFF fördern die Biodiversität

Unsere Synthese verdeutlicht, dass Acker-BFF ein beträchtliches ökologisches Potenzial zur Förderung der Biodiversität und der Ökosystemleistungen aufweisen. Im Ackerbau spielt die Ackerbegleitflora eine Schlüsselrolle für die biologische Vielfalt, da sie Nahrung und Lebensraum für verschiedene Tiergruppen bietet. Doch die Intensivierung der Bewirtschaftung und die effiziente Saatgutreinigung haben in der modernen Landwirtschaft zu einem starken Rückgang vieler dieser Pflanzenarten geführt, sodass sie heute zu den am stärksten gefährdeten Pflanzengruppen in Europa zählen (Richner *et al.*, 2017). Die Anlage von mehrjährigen Acker-BFF wie Buntbrachen und Säumen, die mit einer hohen Vielfalt an Wildkräutern angesät werden, führt in den ersten ein bis drei Jahren nach der Aussaat zu einer erhöhten floristischen Vielfalt auf Ackerflächen. Diese positive Entwicklung wurde auch durch Studien bestätigt, die ausserhalb der Schweiz durchgeführt wurden. In den ersten Jahren nach der Aussaat wurde generell eine Zunahme der Diversität bei verschiedenen taxonomischen Gruppen in angesäten Blühstreifen beobachtet (Frank & Reichhart, 2004; Frank *et al.*, 2009; Frank *et al.*, 2012; Buhk *et al.*, 2018; Schubert *et al.*, 2022). Jedoch gibt es auch Hinweise darauf, dass im Laufe der Zeit bei einigen Gruppen eine Verringerung der Artenvielfalt stattfinden kann (Boetzel *et al.*, 2021). Diese Entwicklung ist vermutlich auf die zunehmende Dominanz spontaner Arten, insbesondere von Gräsern, zurückzuführen, die im Verlauf der Sukzession in solchen Flächen stark zunehmen. In anderen Studien wurde gar ein stetiger Rückgang der Artenzahl ab der Aussaat beobachtet, unabhängig vom Zeitpunkt der Mahd oder vom Standort (Warren *et al.*, 2002; Bokenstrand *et al.*, 2004; De Cauwer *et al.*, 2005; Smith *et al.*, 2010; Fritch *et al.*, 2011). Dies widerspricht jedoch den Ergebnissen einer Studie aus Deutschland. Kirmer *et al.* (2018) konnten zeigen, dass die Anzahl und der Deckungsgrad der erfolgreich etablierten gesäten Wildblumen auch nach sieben Jahren hoch bleibt. Die Ergebnisse der Studien zum Pflegeschnitt sind unterschiedlich. Ob und wann ein Schnitt sinnvoll ist, hängt stark vom jeweiligen Standort und vom Zustand der Vegetation ab. Ein an standortangepasstes Management kann die Blütenvielfalt älterer Säume, welche im Vergleich zu Buntbrachen gemäht werden müssen, deutlich verbessern.

Acker-BFF können Ökosystemleistungen fördern, der Forschungsbedarf bleibt jedoch hoch

Die Synthese vorhandener Studien unterstreicht den Nutzen von Buntbrachen, Säumen auf Ackerland und

einjährigen Nützlingsstreifen für Insekten-, Spinnen- und einzelne Vogelarten, die als Nützlinge dazu beitragen, die Populationen von Schadinsekten zu kontrollieren. Die positiven Effekte einjähriger Nützlingsstreifen auf Bienen sind dokumentiert, aber ähnliche Belege für die Auswirkungen von Säumen fehlen. In Buntbrachen zeigte sich, dass die Arten- und Individuenzahlen von Wildbienen in den ersten Jahren nach der Ansaat höher sind als in älteren Brachen. Laut neusten Untersuchungen lässt sich die Wirksamkeit von Buntbrachen zur Förderung von Wildbienen signifikant steigern, indem mit den Buntbrachen zusätzlich wildbienenspezifische Blütenpflanzenarten ausgesät werden (Knauer *et al.*, in Vorbereitung).

Laut Schuetz *et al.* (2022) sollten mehrjährige Blühstreifen den einjährigen Streifen aus mehreren Gründen vorgezogen werden. Sie bieten einer Vielzahl von Tierarten Zuflucht, Überwinterungsplätze und Nahrung und können Strukturen auf Landschaftsebene effektiver miteinander verbinden als einjährige Blühstreifen. Mehrjährige Blühstreifen haben zudem den Vorteil, dass sie nicht jedes Jahr neu angesät werden müssen, was Ressourcen spart. Studien belegen, dass mehrjährige Blühstreifen mit einer hohen Pflanzenvielfalt eine effektivere Förderung der Bestäubung erzielen als einjährige Blühstreifen (Albrecht, Kleijn, *et al.*, 2021). Untersuchungen von Schmied *et al.* (2023) legen hingegen nahe, dass die Artenvielfalt von Laufkäfern vor allem durch die Kombination von Blühstreifen unterschiedlichen Alters wirksam gefördert werden kann.

Die Effektivität von einjährigen Nützlingsstreifen bei der Erbringung von Ökosystemleistungen wie der natürlichen Schädlingskontrolle konnte in ersten Studien belegt werden. Noch fehlen jedoch breit replizierte Studien in verschiedenen Regionen der Schweiz und mit wichtigen Ackerkulturen. Die im Jahr 2023 neu in die DZV integrierten mehrjährigen multifunktionalen Nützlingsstreifen wecken grosse Erwartungen. Diese Streifen sind darauf ausgelegt, Wildbestäubern sowie natürlichen Feinden von landwirtschaftlichen Schadinsekten ganzjährig Nahrung und Lebensraum zu bieten. Die Begleitforschung dazu ist angelaufen, müsste jedoch umfassender betrieben werden, um verlässliche Empfehlungen für die Anlage von mehrjährigen Nützlingsstreifen im Rahmen der Fruchtfolge abgeben zu können. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Beitrag von Acker-BFF zur Bodengesundheit. Allerdings gibt es in der Schweiz kaum Studien zu diesem Thema. Walter (2014) stellte fest, dass zweijährige Nützlingsstreifen, die im Zuge des Bayerischen Kulturlandschaftsprogramms eingerichtet wurden, eine signifikante Zunahme der bio-

logischen Bodenaktivität aufwiesen, hauptsächlich bedingt durch einen dreimal höheren Regenwurmbestand. Dies wirkt sich positiv auf die Bodenfruchtbarkeit, den Bodenschutz und den Artenreichtum in Agrarökosystemen aus. Eine Zunahme der Anzahl Regenwürmer wurde auch in Frankreich beobachtet (Pelosi *et al.*, 2024). BFF fördern die biologische Vielfalt, insbesondere wenn sie gut mit der vorhandenen ökologischen Infrastruktur vernetzt sind (Meier *et al.*, 2024). Strukturen wie Wald-ränder und Hecken oder extensiv bewirtschaftetes Dauergrünland sind daher auch in ackerbaulich geprägten Agrarlandschaften wichtig für den Erhalt der Biodiversität und die Erbringung von Ökosystemleistungen. Eine aktuelle Studie aus Frankreich zeigte beispielsweise auf, dass eine höhere Heckendichte mit einem geringeren Schädlingsdruck durch Blattläuse einhergeht (Courson *et al.*, 2024). Das Überleben fast aller lokalen Populationen und Arten hängt sowohl von lokalen Gegebenheiten als auch von einer tragfähigen Landschaftsstruktur ab (Graf *et al.*, 2016; Sutter *et al.*, 2018; Albrecht, Kleijn, *et al.*, 2021; Meier *et al.*, 2022). Diverse Fauna-Gruppen, wie zum Beispiel Wildbienen, sind auf unterschiedliche Lebensräume angewiesen, die komplementäre Ressourcen für Ernährung, Nistplätze oder Überwinterung bieten (Pfiffner *et al.*, 2018). Frühblühende Gehölze stellen wichtige Ressourcen für Bestäuber und Nützlinge dar, damit sie ihre Populationen aufbauen können (Bertrand *et al.*, 2019). Die Kombination unterschiedlicher ökologischer Strukturen von hoher Qualität hat sich als besonders wirkungsvoll für die Biodiversitätsförderung erwiesen (Zingg *et al.*, 2019; Jeanneret *et al.*, 2021; Klein *et al.*, 2023). Erste Hinweise deuten darauf hin, dass diese Kombination auch positive Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion haben kann (Dainese *et al.*, 2019).

Herausforderungen bei der Bewirtschaftung und der Wirtschaftlichkeit bleiben bestehen

Eine der grössten Herausforderungen bei Acker-BFF ist der Unkrautdruck. In den meisten Ackerflächen im Mittelland findet sich ein hoher Samenvorrat, bestehend aus einigen wenigen, aber konkurrenzstarken Unkräutern (Richner *et al.*, 2017). Deshalb ist die sorgfältige Auswahl der Flächen für die Anlage von Acker-BFF entscheidend. Viele der gesäten Wildblumenarten in den Acker-BFF keimen langsamer als die spontanen Arten und die Möglichkeiten zur Unkrautbekämpfung sind eingeschränkt. Chemische Einzelstockbehandlungen sollten nur im äussersten Notfall angewendet werden (Graf *et al.*, 2016). Durch eine sorgfältige Auswahl des Standorts und der Saatgutmischung sowie mit eventu-

ellen Säuberungsschnitten lassen sich problematische Auswirkungen durch hohen Unkrautdruck vermeiden oder zumindest minimieren. Die Resultate zu Schnittmassnahmen aus Studien in der Schweiz zeigen jedoch, dass der Erfolg dieser Massnahmen von verschiedenen Faktoren abhängt, die noch nicht ausreichend erforscht sind. Es gibt Merkblätter, die Ratschläge zur Reduzierung des Unkrautdrucks geben (Schaffner *et al.*, 2011; Gramlich *et al.*, 2022). In der Praxis bestehen grosse Bedenken bezüglich des Durchwuchses von gesäten Arten, die mit Folgekulturen konkurrieren könnten. Deshalb ist es wichtig, diesem Aspekt in Zukunft mehr Aufmerksamkeit zu widmen, um Lösungen mit einem geringeren Einsatz von Herbiziden zu entwickeln.

Um Landwirtinnen und Landwirte für die Anlage von Blühflächen auf Ackerland zu gewinnen, ist u.a. eine positive wirtschaftliche Bilanz wichtig (Haddaway *et al.*, 2018; Uyttenbroeck *et al.*, 2016). Allerdings haben nur wenige Studien die Auswirkungen von Acker-BFF auf die Ernteerträge untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, einschliesslich jener aus der Schweiz, zeigen ein sehr gemischtes Bild (Schuetz *et al.*, 2022). In einer Untersuchung zur Wirtschaftlichkeit von Acker-BFF fiel die Bewertung trotz finanzieller Beiträge insgesamt negativ aus, vor allem wegen der Kosten, die durch Ertragseinbussen verursacht wurden (Zorn & Clémence, 2022). Trotz dieser Herausforderungen kann der Einsatz von Acker-BFF an einzelnen Standorten und in bestimmten Anbausystemen ökonomisch vorteilhaft sein (Tschumi *et al.*, 2015; Zutter, 2023). Nützlingsstreifen können wirtschaftlich konkurrenzfähig werden, wenn es gelingt, ihren Einsatz so weiterzuentwickeln, dass sie zuverlässig zur Schädlingskontrolle beitragen. Schon geringfügige Ertragssteigerungen können ausreichen, um die zusätzlichen Kosten zu kompensieren.

Zwar ist die Wirtschaftlichkeit ein zentraler Faktor, doch Anbauentscheide werden nicht nur aufgrund von wirtschaftlichen Überlegungen getroffen (Jacot, Eggenchwiler, *et al.*, 2007); Swart *et al.* 2023). Gemäss Befragungen legen die Landwirtinnen und Landwirte Acker-BFF wie einjährige Nützlingsstreifen am häufigsten an, um Bestäuber und andere Nützlinge zu fördern (Baettig *et al.*, 2022). Sie schätzen auch die positive Aufmerksamkeit, welche blühende Acker-BFF bei Spaziergängerinnen und -gängern hervorrufen und freuen sich selbst über die Vielfalt an Lebewesen, welche sie beobachten können.

Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen das grosse Potenzial von Acker-BFF wie Buntbrachen, Säumen auf Ackerfläche und Nützlingsstreifen für die Förderung von Tier- und Pflanzenarten des offenen Ackerlandes. Sie können gezielt Nützlinge fördern und dadurch die natürliche Schädlingsregulation und Bestäubungsleistungen verstärken. Hier besteht allerdings noch erheblicher Forschungs- und Optimierungsbedarf. Die Wirksamkeit dieser Flächen hängt nicht allein vom Flächenanteil ab, sondern auch von Faktoren wie der Qualität der BFF oder dem Landschaftskontext. Auch die räumliche Anordnung der Flächen in der Landschaft und die Ergänzung der Acker-BFF mit Hecken, extensiv bewirtschafteten Wiesen oder artenreichen Waldrändern können die Wirkung der Acker-BFF erhöhen.

Die Anlage von Acker-BFF ist jedoch auch mit Herausforderungen verbunden, darunter vermehrter Unkraut- und Schädlingsdruck. Wie bei anderen Ackerkulturen erfordert die erfolgreiche Anlage von BFF agronomisches Know-how und ein sorgfältiges Vorgehen. Regelmässiges Monitoring und situativ angepasste Pflege sind notwendig, um diese Schwierigkeiten zu bewältigen. Landwirtschaftliche Schulen leisten durch Ausbildung und Beratung einen wichtigen Beitrag.

Es gibt zahlreiche positive Rückmeldungen von Landwirtinnen und Landwirten, die bereits Acker-BFF angelegt haben. Um eine breitere Akzeptanz zu erreichen, müssen offene Forschungsfragen offensiv angegangen werden, insbesondere die Rolle von mehrjährigen Blühstreifen im Zusammenspiel mit den wechselnden Kulturen einer Fruchtfolge.

Abschliessend lässt sich festhalten, dass Acker-BFF ein wichtiges Instrument zur Förderung der Biodiversität im intensiv genutzten Ackerland darstellen. Ob vermehrt BFF im Ackerland angelegt werden sollen, wird kontrovers diskutiert – nicht nur in der Schweiz. Wir möchten mit dieser Arbeit einen Beitrag zu einer faktenbasierten Diskussion leisten. ■

Referenzen

- Albrecht, M., Kleijn, D., Williams, N. M., Tschumi, M., Blaauw, B. R., Bommarco, R., Campbell, A. J., Dainese, M., Drummond, F. A., Entling, M. H., Ganser, D., de Groot, G. A., Goulson, D., Grab, H., Hamilton, H., Herzog, F., Isaacs, R., Jacot, K., Jeanneret, P., . . . Sutter, L. (2021). The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology Letters*, **23**(10), 1488-1498. <https://doi.org/10.1111/ele.13576>
- Albrecht, M., Knecht, A., Riesen, M., Rutz, T., & Ganser, D. (2021). Time since establishment drives bee and hoverfly diversity, abundance of crop-pollinating bees and aphidophagous hoverflies in perennial wildflower strips [Article]. *Basic and Applied Ecology*, **57**, 102-114. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.10.003>
- Arlettaz, R., Krahenbuhl, M., Almasi, B., Roulin, A., & Schaub, M. (2010). Wildflower areas within revitalized agricultural matrices boost small mammal populations but not breeding Barn Owls [Article]. *Journal of Ornithology*, **151**(3), 553-564. <https://doi.org/10.1007/s10336-009-0485-0>
- Aschwanden, J., Birrer, S., & Jenni, L. (2005). Are ecological compensation areas attractive hunting sites for common kestrels (*Falco tinnunculus*) and long-eared owls (*Asio otus*)? [Article]. *Journal of Ornithology*, **146**(3), 279-286. <https://doi.org/10.1007/s10336-005-0090-9>
- Aschwanden, J., Holzgang, O., & Jenni, L. (2007). Importance of ecological compensation areas for small mammals in intensively farmed areas. *Wildlife Biology*, **13**(2), 150-158. [https://doi.org/10.2981/0909-6396\(2007\)13\[150:loecaf\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.2981/0909-6396(2007)13[150:loecaf]2.0.Co;2)
- Aviron, S., Herzog, F., Klaus, I., Schubach, B., & Jeanneret, P. (2011). Effects of Wildflower Strip Quality, Quantity, and Connectivity on Butterfly Diversity in a Swiss Arable Landscape [Article]. *Restoration Ecology*, **19**(4), 500-508. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2010.00649.x>
- Aviron, S., Nitsch, H., Jeanneret, P., Buholzer, S., Luka, H., Pfiffner, L., Pozzi, S., Schuepbach, B., Walter, T., & Herzog, F. (2009). Ecological cross compliance promotes farmland biodiversity in Switzerland. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **7**(5), 247-252. <https://doi.org/10.1890/070197>
- Baettig, D., Ramseier, H., Luka, H., Herzog, F., & Jacot, K. (2022). Blühstreifen für Bestäuber: Umfrage zeigt weitgehende Zufriedenheit in der Praxis. *Agrarforschung Schweiz*, **13**, 26-33.
- Beerli, C. (2005). *Die Bedeutung von Schädlingen am Beispiel von Mäusen für neu angesäte Säme*. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, FAL, Zürich, 36 S.
- Bertrand, C., Eckerter, P. W., Ammann, L., Entling, M. H., Gobet, E., Herzog, F., Mestre, L., Tinner, W., & Albrecht, M. (2019). Seasonal shifts and complementary use of pollen sources by two bees, a lacewing and a ladybeetle species in European agricultural landscapes [Article]. *Journal of Applied Ecology*, **56**(11), 2431-2442. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13483>
- Birrer, S., Auchli, N., duplain, J., Korner, P., Lanz, M., Lugin, B., & Vasseur, J. (2018). Habitatnutzung der Vögel in einer offenen Kulturlandschaft im Winter. *Ornithologische Beobachter*, **115**, 11-34.
- Bloesch, S., Albrecht, M., Jenny, M., Streit, B., & Knop, E. (2023). Rows make the field: Winter wheat fields with manipulated crop architecture show potential for ecological intensification based on higher natural pest and weed seed control. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **348**, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108404>.
- BLW. (2023). *Agrarbericht 2023*. Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern, 372 S.
- Boerlin, K. (2008). *Gesäte Segetalflorstreifen: Eine Möglichkeit zum Schutz der bedrohten Ackerbegleitflora?* Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil, Schweiz, 58 S.
- Boetzel, F. A., Krauss, J., Heinze, J., Hoffmann, H., Juffa, J., König, S., Krimmer, E., Prante, M., Martin, E. A., Holzschuh, A., & Steffan-Dewenter, I. (2021). A multitaxa assessment of the effectiveness of agri-environmental schemes for biodiversity management [Article]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **118**(10), Article e2016038118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2016038118>
- Bokenstrand, A., Lagerlöf, J., & Torstensson, P. R. (2004). Establishment of vegetation in broadened field boundaries in agricultural landscapes [Article]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **101**(1), 21-29. [https://doi.org/10.1016/s0167-8809\(03\)00275-5](https://doi.org/10.1016/s0167-8809(03)00275-5)
- Bornard, C., Gyax, A., Juillerat, P., Jutzi, M., Möhl, A., Rometsch, S., Sager, L., Santiago, H., & Eggenberg, S. (2016). *Rote Liste Gefässpflanzen: Gefährdete Arten der Schweiz*. Bundesamt für Umwelt BAFU und Info Flora, Bern und Genf, Schweiz, 178 S.
- Brauman, K. A., Garibaldi, L. A., Polasky, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Brancalion, P. H. S., DeClerck, F., Jacob, U., Enrique Mastrangelo, M., Nkongolo, N. V., Palang, H., Perez-Mendez, N., Shannon, L. J., Shrestha, U. B., Strombom, E., & Verma, M. (2020). Global trends in nature's contributions to people [Article]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **117**(51), 32799-32805. <https://doi.org/10.1073/pnas.2010473117>
- Buhk, C., Oppermann, R., Schanowski, A., Bleil, R., Luedemann, J., & Maus, C. (2018). Flower strip networks offer promising long term effects on pollinator species richness in intensively cultivated agricultural areas [Article]. *Bmc Ecology*, **18**, Article 55. <https://doi.org/10.1186/s12898-018-0210-z>
- Caillet-Bois, D., Weiss, B., Benz, R., & Stäheli, B. (2023). *Biodiversitätsförderung auf dem Landwirtschaftsbetrieb: Wegleitung*. Agridea, Lindau, CHS.
- CBD. (1992). Übereinkommen über die Biologische Vielfalt. Convention on Biological Diversity (CBD), Rio, 23 S.
- Chevillat, V., Stoeckli, S., Birrer, S., Jenny, M., Graf, R., Pfiffner, L., & Zellweger-Fischer, J. (2017). Mehr und qualitativ wertvollere Biodiversitätsförderflächen dank Beratung. *Agrarforschung Schweiz*, **8**(6), 232-239.
- Courson, E., Ricci, B., Muneret, L., & Petit, S. (2024). Reducing pest pressure and insecticide use by increasing hedgerows in the landscape. *The Science of the total environment*, **916**, 170182-170182. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170182>
- Dainese, M., Martin, E. A., Aizen, M. A., Albrecht, M., Bartomeus, I., Bommarco, R., Carvalheiro, L. G., Chaplin-Kramer, R., Gagic, V., Garibaldi, L. A., Ghazoul, J., Grab, H., Jonsson, M., Karp, D. S., Kennedy, C. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A., Letourneau, D. K., . . . Steffan-Dewenter, I. (2019). A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science Advances*, **5**(10), Article eaax0121. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax0121>
- De Cauwer, B., Reheul, D., D'Hooghe, K., Nijs, I., & Milbau, A. (2005). Evolution of the vegetation of mown field margins over their first 3 years [Article]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **109**(1-2), 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.02.012>
- Diaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martin-Lopez, B., Watson, R. T., Molnar, Z., Hill, R., Chan, K. M. A., Baste, I. A., Brauman, K. A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P. W., van Oudenhoven, A. P. E., van der Plaats, F., Schroter, M., Lavorel, S., . . . Shirayama, Y. (2018). Assessing nature's contributions to people [Editorial Material]. *Science*, **359**(6373), 270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- Eggenschwiler, L. (2003). *Einfluss von Samenmischungen für Bu nt- und Rotationsbrachen auf die Vegetationsentwicklung, den Samenvorrat und die Dynamik im Boden*. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 107 S.
- Eggenschwiler, L., Iseli, R., Nievergelt, J., Conrad, H., Keller, S., & Schweizer, C. (2006). Profitiert der Boden von Buntbrachen? *Agrarforschung Schweiz*, **13**(3), 96-101.
- Eggenschwiler, L., & Jacot, K. (2001). Einfluss von Saatmischung und Schnitt auf die Vegetation in Brachen. *Agrarforschung Schweiz*, **8**(8), 306-311.
- Eggenschwiler, L., & Jacot, K. (2005). Flora und Samenvorrat während und nach Brache. *Agrarforschung Schweiz*, **12**(10), 448-453.
- Eggenschwiler, L., Jacot, K., Studer, S., & Edwards, P. (2004). Einfluss von Brachemischungen auf die Entwicklung des Samenvorrats im Boden und die Erhaltung von Pflanzenarten in der Folgekultur. *Botanica Helvetica*, **114**(1).
- Eggenschwiler, L., Richner, N., Schaffner, D., & Jacot, K. (2007). Bedrohte Ackerbegleitflora: Wie erhalten und fördern. *Agrarforschung Schweiz*, **14**(5), 206-2011.
- Eggenschwiler, L., Speiser, B., Bosshard, A., & Jacot, K. (2013). Improved field margins highly increase slug activity in Switzerland [Article]. *Agronomy for Sustainable Development*, **33**(2), 349-354. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0101-1>
- Fabian, Y., Sandau, N., Bruggisser, O. T., Kehrl, P., Aebi, A., Rohr, R. P., Naisbit, R. E., & Bersier, L.-F. (2012). Diversity protects plant communities against generalist molluscan herbivores. *Ecology and Evolution*, **2**(10), 2460-2473.

- Frank, T., Aeschbacher, S., Barone, M., Kuenzle, I., Lethmayer, C., & Mosimann, C. (2009). Beneficial arthropods respond differentially to wildflower areas of different age [Article]. *Annales Zoologici Fennici*, **46**(6), 465-480. <https://doi.org/10.5735/086.046.0607>
- Frank, T., Aeschbacher, S., & Zaller, J. G. (2012). Habitat age affects beetle diversity in wildflower areas [Article]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **152**, 21-26. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.027>
- Frank, T., & Reichhart, B. (2004). Staphylinidae and Carabidae overwintering in wheat and sown wildflower areas of different age [Article]. *Bulletin of Entomological Research*, **94**(3), 209-217. <https://doi.org/10.1079/ber2004301>
- Fritch, R. A., Sheridan, H., Finn, J. A., Kirwan, L., & Huallachain, D. O. (2011). Methods of enhancing botanical diversity within field margins of intensively managed grassland: a 7-year field experiment [Article]. *Journal of Applied Ecology*, **48**(3), 551-560. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01951.x>
- Ganser, D., Albrecht, M., & Knop, E. (2021). Wildflower strips enhance wild bee reproductive success. *Journal of Applied Ecology*, **58**(3), 486-495. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13778>
- Ganser, D., Knop, E., & Albrecht, M. (2019). Sown wildflower strips as overwintering habitat for arthropods: Effective measure or ecological trap? [Article]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **275**, 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.02.010>
- Ganser, D., Mayr, B., Albrecht, M., & Knop, E. (2018). Wildflower strips enhance pollination in adjacent strawberry crops at the small scale. *Ecology and Evolution*, **8**(23), 11775-11784. <https://doi.org/10.1002/ece3.4631>
- Graf, R., Jenny, M., Chevillat, V., Weidmann, G., Hagist, D., & Pfiffner, L. (2016). *Biodiversität auf dem Landwirtschaftsbetrieb: Ein Handbuch für die Praxis*. Forschungsanstalt für biologischen Landbau FiBL; Schweizerische Vogelwarte Sempach, Frick und Sempach, Schweiz, 180 S.
- Gramlich, A., Distel, A., Dörthe, O., Eyer, F., Guignard, L., Heinzer, L., Inauen, N., Mosimann, B., Niederberger, B., H., N., J., P., B., S., Stirnimann, T., & Wieland, W. (2022). *Problempflanzen und Verbuschung: Ein Leitfaden für den Vollzug auf der Landwirtschaftlichen Nutzfläche*. Agridea, Lindau, Schweiz, 12 S.
- Gremaud, J. (2010). Faut-il prolonger les vieilles jachères? Evaluation faunistique de 12 jachères fibourgeoises. *Rapport inédit sur mandat du BPNP et du SFF*.
- Günter, M. (2000). *Anlage und Pflege von mehrjährigen Buntbrachen unter den Rahmenbedingungen des schweizerischen Ackerbaugesbietes* (Vol. 37). Verlag Agrarökologie, Bern; Hannover, 153 S.
- Heitzmann-Hofmann, A. (1995). *Angesäte Ackerkrautstreifen - Veränderungen des Pflanzenbestandes während der natürlichen Sukzession* (Vol. 13). Verlag Paul Haupt, Bern; Stuttgart; Wien, 153 S.
- Homberger, B., Duplain, J., Jenny, M., & Jenni, L. (2017). Agri-environmental schemes and active nest protection can increase hatching success of a reintroduced farmland bird species [Article]. *Landscape and Urban Planning*, **161**, 44-51. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.01.001>
- Iseli, R. (2005). *Der Boden unter Buntbrachen: Ausprägung und Qualität des Bodengefüges und Vorkommen des insektenpathogenen Bodenpilzes *Metarhizium anisopliae**. Eidg. Techn. Hochschule Zürich & Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz, Zürich, Schweiz, 35 S.
- Isler, T. (2008). *Bedeutung von Schnitt und Saatstärke für die Säume*. ZHAW Life Sciences and Facility Management & Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz, Zurich, Schweiz, 42 S.
- Jacot, K., Albrecht, M., & Tschumi, M. (2015). *Bedeutung von Blühstreifen für die natürliche Schädlingsreduktion im Ackerbau: Schlussbericht Projekt 2011-2014*. Agroscope, Reckenholz, Schweiz, 27 S.
- Jacot, K., Beerli, C., & Eggenschwiler, L. (2007). Bedeutung neu angesäter Säume für Mäuse und Maulwürfe. *Agrarforschung Schweiz*, **14**(5), 212-217.
- Jacot, K., & Bosshard, A. (2005). *Projekt „Säume für den ökologischen Ausgleich in der Schweiz“*. Agroscope Reckenholz, FiBL, Schweizerische Vogelwarte, Zürich, Schweiz, 25 S.
- Jacot, K., Eggenschwiler, L., & Bosshard, A. (2005). Vegetationsentwicklung in angesäten Säumen. *Agrarforschung Schweiz*, **12**(1), 10-15.
- Jacot, K., Eggenschwiler, L., Junge, X., Luka, H., & Bosshard, A. (2007). Improved field margins for a higher biodiversity in agricultural landscapes. *Aspects of Applied Biology*, **81**, 1-8.
- Jacot, K., Eggenschwiler, L., Richner, N., & Schaffner, D. (2008). Botanical and social aspects of conservation headlands in Switzerland. In W. A. H. Rossing, H.-M. Poehling, & M. van Helden (Eds.), *IOBC/wprs Working group "Landscape Management for Functional Biodiversity" - Proceedings of the 3rd WG meeting* (Vol. 3, pp. 41-45). IOBC/wprs.
- Jacot, K., Eggenschwiler, L., & Studer, S. (2002). Bunt- und Rotationsbrachen: Erfahrungen aus der Praxis. *Agrarforschung Schweiz*, **9**(4), 146-151.
- Jacot, K., Huber, I., & Albrecht, M. (2017). *100 Nützlingsblühstreifen in der Praxis: Schlussbericht Projekt 2015-2016*. Agroscope, Reckenholz, Schweiz, 42 S.
- Jeanneret, P., Aviron, S., Alignier, A., Lavigne, C., Helfenstein, J., Herzog, F., Kay, S., & Petit, S. (2021). Agroecology landscapes [Review]. *Landscape Ecology*, **36**(8), 2235-2257. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01248-0>
- Jenny, M., Zellweger-Fischer, J., Streit, B., Kilchermann, D., Knop, E., & Bloesch, S. (2020). *Ressourcenschonende Massnahmen im Ackerbau zur Förderung der Biodiversität*. Schweizerische Vogelwarte Sempach; Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAF; Universität Bern, Swiss no-till, Agridea, Sempach, Schweiz, 23 S.
- Junge, X., Schuepbach, B., Walter, T., Schmid, B., & Lindemann-Matthies, P. (2015). Aesthetic quality of agricultural landscape elements in different seasonal stages in Switzerland [Article]. *Landscape and Urban Planning*, **133**, 67-77. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.09.010>
- Kirmer, A., Rydgren, K., & Tischew, S. (2018). Smart management is key for successful diversification of field margins in highly productive farmland [Article]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **251**, 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.028>
- Klein, N., Grêt-Regamey, A., Herzog, F., van Strien, M. J., & Kay, S. (2023). A multi-scale analysis on the importance of patch-surroundings for farmland birds. *Ecological Indicators*, **150**(110197).
- Knaus, P., Sattler, T., Schmid, H., Strebel, N., & Volet, B. (2022). *Zustand der Vogelwelt in der Schweiz: Bericht 2022*. Schweizerische Vogelwarte Sempach, Sempach, 36 S.
- Lachat, T., Pauli, D., Gonseth, Y., Klaus, G., Scheidegger, C., Vittoz, P., & Walter, T. (2010). *Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht?* Bristol-Stiftung; Haupt, Zürich, 435 S.
- Luka, H., Barloggio, G., & Pfiffner, L. (2016). Blühstreifen regulieren Schädlinge im Gemüsebau und werten Kulturland ökologisch auf. *Agrarforschung Schweiz*, **7**(6), 268-275.
- Luka, H., Knecht, M., Whiting, L., Studer, M., Luka-Stand, A., Forlin, L., & Cahenzli, F. (2021). Blühstreifen und Ackerbegleitflora fördern Nützlinge im Kohlanbau. *Agrarforschung Schweiz*, **12**, 90-96.
- Luka, H., Lutz, M., Blick, T., & Pfiffner, L. (2001). Einfluss von eingesäten Wildblumenstreifen auf die epigäischen Laufkäfer und Spinnen (Carabidae und Araneae) in der intensiv genutzten Agrarlandschaft „Grosses Moos“ Schweiz. *Peckiana*, **1**, 45-60.
- Luka, H., Uehlinger, G., & Pfiffner, L. (2006). Säume wirken sich positiv auf die Gliedertiere aus. *Agrarforschung Schweiz*, **13**(9), 386-391.
- Martinez, N., Roth, T., Moser, V., Oesterhelt, G., Pfarr Gambke, B., Richterich, P., Tschopp, T. B., Spiess, M., & Birrer, S. (2017). Bestandsentwicklung von Brutvögeln in der Reinacher Ebene von 1997 bis 2016. *Ornithologischer Beobachter*, **114**, 257-274.
- Meichtry-Stier, K. S., Duplain, J., Lanz, M., Lugrin, B., & Birrer, S. (2018). The importance of size, location, and vegetation composition of perennial fallows for farmland birds [Article]. *Ecology and Evolution*, **8**(18), 9270-9281. <https://doi.org/10.1002/ece3.4420>
- Meier, E., Lüscher, G., Buholzer, S., Herzog, F., Indermaur, A., Riedel, S., Winizki, J., Hofer, G., & E., K. (2021). *Zustand der Biodiversität in der Schweizer Agrarlandschaft: Zustandsbericht ALL-EMA 2015-2019*. Agroscope, Reckenholz, 809 S.
- Meier, E. S., Luescher, G., & Knop, E. (2022). Disentangling direct and indirect drivers of farmland biodiversity a landscape scale [Article]. *Ecology Letters*, **25**(11), 2422-2434. <https://doi.org/10.1111/ele.14104>
- Meier, E. S., Lüscher, G., Herzog, F., & Knop, E. (2024). Collaborative approaches at the landscape scale increase the benefits of agri-environmental measures for farmland biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **367**, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.108948>.

- Metzger, A. (2012). *Wie verändert sich der Humusgehalt, der Nährstoffgehalt und das Bodengefüge nach der Anlage eines Saumes*. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 27 S.
- Pelosi, C., Bertrand, M., & Gardarin, A. (2024). Wildflower strips of 2.5-year-old promote earthworms and enchytraeids (Annelida, Oligochaeta) in arable fields. *In preparation*.
- Perron, M. (2013). Der Feldhase benötigt geeignete Brachen zum Überleben. *Umwelt Aargau*, **59**, 43-46.
- Pfiffner, L., L., M., & Luka, H. (2003). Do sown wildflower strips enhance the parasitism of lepidopteran pests in cabbage crops? *IOBC/WPRS Bulletin*, **26**(5), 111-116.
- Pfiffner, L., & Luka, H. (1999). Effects of different farming systems and semi-natural habitats on beneficial organisms - significance of organic farming [Faunistische Erfolgskontrolle von unterschiedlichen Anbausystemen und naturnahen Flächen im Feldbau - Bedeutung des ökologischen Landbaues.] [Article; Meeting paper]. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt fuer Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, **368**, 57-67. <Go to ISI>://ZOOPEC:Z00R13600087569
- Pfiffner, L., & Luka, H. (2000). Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi natural habitats. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **78**, 215-222.
- Pfiffner, L., Ostermaier, M., Stoeckli, S., & Müller, A. (2018). Wild bees respond complementarily to 'high-quality' perennial and annual habitats of organic farms in a complex landscape. *Journal of Insect Conservation*, <https://doi.org/10.1007/s10841-0018-10084-10846>.
- Ramseier, D. (1994). *Entwicklung und Beurteilung von Ansaatmischungen für Wanderbrachen* (Vol. 118). Geobotanisches Institut der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel, Zürich, Schweiz, 134 S.
- Ramseier, H., Füglistaller, D., Lädach, C., Ramseier, C., Rauch, M., & Widmer Etter, F. (2016). Blühstreifen fördern Honig- und Wildbienen. *Agrarforschung Schweiz*, **7**(6), 276-283.
- Ramseier, H., Ramseier, C., Stalder, S., & van der Veer, S. (2014). *Schlussbericht Projekt Bienenweide 2011-2013*. INFORAMA, Berner Fachhochschule HAFL, Zollikofen, Schweiz, 84 S.
- Richner, N., Holderegger, R., Linder, H. P., & Walter, T. (2017). Dramatic decline in the Swiss arable flora since the 1920s [Article]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **241**, 179-192. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.016>
- Schaffner, D., Eggenschwiler, L., & Jacot, K. (2011). *Brachen im Feld beurteilen*. Agridea, Lindau, 4 S.
- Schaffner, D., Günter, M., Häni, F., & Keller, M. (2000). Ökologische Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft. Ergebnisse mehrjähriger Versuche zur Anlage und Pflege blütenreicher Buntbrachen (Vol. 34). Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz, Schweiz, 84 S.
- Schmid, F. (2006). Überwinterungsaspekte von Arthropoden in angesäten Säumen. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 66 S.
- Schmied, H., Getrost, L., Hamm, A., & Dunzkofer, T. (2023). The flower strip dilemma (FSD): An overlooked challenge in nature conservation and a possible first step towards a solution by combining different aged flower strips [Article]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **347**, Article 108375. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108375>
- Schoch, K., Tschumi, M., Lutter, S., Ramseier, H., & Zingg, S. (2022). Competition and Facilitation Effects of Semi-Natural Habitats Drive Total Insect and Pollinator Abundance in Flower Strips [Article]. *Frontiers in Ecology and Evolution*, **10**, Article 854058. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.854058>
- Schubert, L. F., Hellwig, N., Kirmer, A., Schmid-Egger, C., Schmidt, A., Dieker, P., & Tischev, S. (2022). Habitat quality and surrounding landscape structures influence wild bee occurrence in perennial wildflower strips [Article]. *Basic and Applied Ecology*, **60**, 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.12.007>
- Schuetz, L., Wenzel, B., Rottstock, T., Dachbrodt-Saaydeh, S., Golla, B., & Kehlenbeck, H. (2022). How to promote multifunctionality of vegetated strips in arable farming: A qualitative approach for Germany [Article]. *Ecosphere*, **13**(9), Article e4229. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4229>
- Smith, H., Feber, R. E., Morecroft, M. D., Taylor, M. E., & Macdonald, D. W. (2010). Short-term successional change does not predict long-term conservation value of managed arable field margins [Article]. *Biological Conservation*, **143**(3), 813-822. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.025>
- Stöckli, A. (2021). *Nesting incidence of ground-nesting bees in Swiss lowland perennial wildflower strips*. Agroscope & Institut für Ökologie und Evolution, Reckenholz, Bern; Schweiz, 42 S.
- Sutter, L., Albrecht, M., & Jeanneret, P. (2018). Landscape greening and local creation of wildflower strips and hedgerows promote multiple ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, **55**(2), 612-620. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12977>
- Tschumi, M., Albrecht, M., Baertschi, C., Collatz, J., Entling, M. H., & Jacot, K. (2016). Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield [Article]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **220**, 97-103. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.001>
- Tschumi, M., Albrecht, M., Collatz, J., Dubsy, V., Entling, M. H., Najar-Rodriguez, A., & Jacot, K. (2016). Tailored flower strips promote natural enemy biodiversity and pest control in potato crops [Article]. *Journal of Applied Ecology*, **53**(4), 1169-1176. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12653>
- Tschumi, M., Albrecht, M., Dubsy, V., Herzog, F., & Jacot, K. (2016). Nützlingsblühstreifen für den Ackerbau reduzieren Schädlinge in Kulturen. *Agrarforschung Schweiz*, **7**(6), 260-267.
- Tschumi, M., Albrecht, M., Entling, M. H., & Jacot, K. (2015). High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, **282**, 20151369.
- Ullrich, K. S. (2001). *The influence of wildflower strips on plant and insect diversity in an arable landscape*. ETH Zürich, Zürich, Schweiz, 130 S.
- van Oijen, O. K. (2003). *Wirkung neu angelegter Säume auf die epigäische Arthropoden insbesondere die Laufkäferfauna*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Frick, Schweiz, 31 S.
- Walter, R. (2014). Evaluierung des Regenwurmbestands zweijähriger Blühflächen. In C. Wagner, M. Bachl-Staudinger, S. Baumholzer, J. Burmeister, C. Fischer, N. Karl, A. Köppl, H. Volz, R. Walter, & P. Wieland (Eds.), *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft: Faunistische Evaluierung von Blühflächen* (pp. 33-43). Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- Warren, J., Christal, A., & Wilson, F. (2002). Effects of sowing and management on vegetation succession during grassland habitat restoration [Article]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **93**(1-3), 393-402, Article Pii s0167-8809(01)00341-3. [https://doi.org/10.1016/s0167-8809\(01\)00341-3](https://doi.org/10.1016/s0167-8809(01)00341-3)
- Weber, D. (2020). *Erfolgskontrolle „Hasengetreide“: Schlussbericht*. Weber, D., Rodersdorf, Schweiz, 15 S.
- Weibel, U. (1999). *Effects of wildflower strips in an intensively used arable area on skylarks (Alauda arvensis)*. Dissertation ETH Zürich, Zürich, 111 S.
- Widmer, I., Mühlethaler, R., Baur, B., Gonseth, Y., Guntern, J., Klaus, G., Knop, E., Lachat, T., Moretti, M., Pauli, D., Pellissier, L., Sattler, T., & Altermatt, F. (2021). *Insektenvielfalt in der Schweiz: Bedeutung, Trends, Handlungsoptionen*. Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), Bern, 108 S.
- Zingg, S., Ritschard, E., Arlettaz, R., & Humbert, J.-Y. (2019). Increasing the proportion and quality of land under agri-environment schemes promotes birds and butterflies at the landscape scale [Article]. *Biological Conservation*, **231**, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.12.022>
- Zollinger, J. L., Birrer, S., Zbinden, N., & Korner-Niuegert, F. (2013). The optimal age of sown field margins for breeding farmland birds [Article]. *Ibis*, **155**(4), 779-791. <https://doi.org/10.1111/ibi.12072>
- Zorn, A., & Clémence, S. (2022). Bewertung alternativer Pflanzenschutzmassnahmen: Befragung der Betriebe des Ressourcenprojektes PestiRed. *Agroscope*, **141**, 31.
- Zutter, G. (2023). Wie wirtschaftlich sind Acker-BFF? *Die Grüne, Oktober*, <https://www.diegruene.ch/artikel/pflanzenbau/wie-wirtschaftlich-sind-acker-bff-490212>.