*Dieser Text basiert auf einer akademischen Literaturauswertung durch Pavlo Ardanov und ist Bestandteil unseres kooperativen GROW-Observatory-Projekts.*

*GROW Observatory erhielt über Fördervereinbarung 690199 finanzielle Unterstützung durch Horizont 2020, das Rahmenprogramm der Europäischen Union für Forschung und Innovation.*

**Literaturauswertung über Maßnahmen zur Steigerung der Bestände von Bestäuberinsekten**

*Dr. Pavlo Ardanov, Mai 2019*

# Zusammenfassung

Die weltweite Wertschöpfung der Bestäubung von Nutzpflanzen durch Tiere wird auf 153. Mrd. USD pro Jahr geschätzt. Dagegen besteht in vielen landwirtschaftlichen Räumen ein Bestäubungsdefizit. Eine Literaturrecherche mit dem Suchbegriff „Bestäuber“ in ScienceDirect ergab mehr als 30.900 Suchergebnisse. Der Schwerpunkt der ersten 1.000 Ergebnisse (nach Relevanz sortiert), die sämtliche Übersichts- und Forschungsarbeiten umfassten, lag auf Europa und den gemäßigten Klimazonen. Der vorliegende Artikel behandelt auch die wichtigsten Praktiken der Bestäubungskontrolle.

**Wesentliche Feststellungen:** Die landschaftliche Diversifizierung erhöht für Bestäuber das Angebot und die Erreichbarkeit von Nahrungsquellen und Eiablageplätzen, erleichtert ihre Wanderungen und macht die Bestäubungsleistung im großen Maßstab überflüssig. Die Schaffung zusätzlicher, vielfältiger natürlicher Lebensräume ohne Nutzpflanzen mit einjährigen Blumen und Stauden übt auf Bestäuberinsekten eine anziehende Wirkung aus, da sie ihnen über die gesamte Saison ihrer aktiven Nahrungssuche hinweg sowie in ressourcenarmen Zeiten Nektar und Pollen bieten („Ausweichpflanzen“). Die Berücksichtigung von reichblühenden Pflanzen in eingesäten Blühstreifen und das Einsäen in Wildblumenstreifen kann ressourcenarme Zeiträume abfedern und, bei entsprechender Gestaltung der Blühfolge, eine kontinuierliche Versorgung sicherstellen. Wenn Wildblumen die natürliche Regeneration an den Feldrändern gewährt wird, verbessert dies die Bestäubung von Nutzpflanzen und die biologische Schädlings- und Unkrautbekämpfung. In der Wiederherstellung von Lebensräumen, die Voraussetzungen zur Eiablage und Nahrungssuche bieten und die Bewegung von Bestäubern erleichtern, liegt für ganze Gegenden das Potenzial zur Förderung der Bestäubungsleistung.

# Einleitung

Bestäuber sind für die Fortpflanzung und genetische Überlebensfähigkeit von mehr als 65 % aller Wildpflanzen weltweit (90 % der Blütenpflanzen) – das entspricht 30.000 Pflanzenarten – verantwortlich (Kearns, Inouye & Waser 1998, Ashman u. a. 2004, Buchmann, Nabhan 2012). Die weltweite Wertschöpfung der Bestäubung von Nutzpflanzen durch Tiere wird auf 153. Mrd. USD pro Jahr geschätzt (Gallai u. a. 2009).

Immer mehr Anzeichen deuten darauf hin, dass bestimmte Arten und Gruppen der Bestäuber und die Pflanzen, die sie bestäuben, durch die Umweltveränderungen an vielen Orten auf der ganzen Welt in Mitleidenschaft gezogen werden (Wratten u. a. 2012, Senapathi u. a. 2015), und ferner, dass die bestehenden Bestäubungsdefizite, die in Agrarlandschaften bestehen, weiter verstärkt werden (Garibaldi u. a. 2017). Die Ausweitung natürlicher und naturnaher Lebensräume um 10 % könnte einen Anstieg der Wildbienenzahlen und des Artenreichtums von 37 % bewirken (Kennedy u. a. 2013).

Bestäuberarten unterscheiden sich in ihren Anforderungen bezüglich Eiablage und Nahrungssuche. Daher sollten bestäuberfreundliche Gegenden erwachsenen Exemplaren von Wildbestäubern und ihren Larven über das ganze Jahr hinweg hinreichende Voraussetzungen zur Eiablage und Nahrungssuche bieten (Pufal, Steffan-Dewenter & Klein 2017). Um die taxonomische und funktionelle Merkmalsvielfalt aufrechtzuerhalten, die – selbst bei Artenverlust – der Bereitstellung einer vielseitigen Bestäubungsleistung dient, muss die Kontrolle der Bestäubungsleistung generell darauf abzielen, eine vielfältige Population von Bestäubern aufrechtzuerhalten (Gill u. a. 2016, Menz u. a. 2011).

Die wichtigsten Techniken der Lebensraumgestaltung mit positiven Auswirkungen auf Wildbestäuber sind beispielsweise: Schutz und Wiederherstellung der Lebensräume von Bestäubern, Erhöhung der Güte und Anzahl der Blütenquellen, Senkung intensiver mechanischer Bearbeitungspraktiken, Senkung von Chemikalieneinsätzen und Bereitstellung von Eiablageplätzen (Wratten u. a. 2012, begutachtet in Garibaldi u. a. 2017). Die Erhaltung von Bestäubern kann einen sinnvollen Rahmen für die Umsetzung mehrfacher Ziele darstellen, wie etwa die Förderung der natürlichen Kontrolle von Schädlingen, Verbesserung von Bodengefüge und -fruchtbarkeit, Förderung der Biodiversität, Begrenzung der Bodenerosion und der Abschwemmung von Nährstoffen sowie die Landschaftsästhetik (Wratten u. a. 2012).

***Maßnahmenkatalog***

*Die ganzheitliche Kontrolle der Bestäubungsleistung sollte folgende Schritte beinhalten (Gill u. a. 2016, Menz u. a. 2011, Jha, Burkle & Kremen 2013):*

1. *Identifizieren Sie für jede blühende Nutzpflanze und Hauptart, die in einer Gegend angebaut wird, ob sie bestäubungsabhängig ist und welche Bestäuber diese Aufgabe voraussichtlich versehen könnten.*
2. *Identifizieren Sie bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen die Hauptbestäuber. Berücksichtigen Sie ihre Vorlieben bezüglich Eiablage und Blumen in ihren Zeiträumen der Nahrungssuche.*
3. *Prüfen Sie die Anbaugegend der Nutzpflanzen in Hinsicht auf alternative Blütenquellen und Eiablagemöglichkeiten in den Aktivitätsperioden der Bestäuber und finden Sie potenzielle Ressourcendefizite.*
4. *Pflanzen Sie „Trachtpflanzen“, die ergiebig Nektar und Pollen bieten, und „Ausweichpflanzen“, die diese Ressourcen auch in ressourcenarmen Zeiten bieten. Verwenden Sie Pflanzenarten, die keine Schädlinge und Krankheiten landwirtschaftlicher Kulturpflanzen anziehen und bevorzugen Sie heimische Arten, die kein Unkraut anziehen. Führen Sie zunächst Versuche im kleinen Maßstab durch, um unterschiedliche Umsetzungsmethoden zu vergleichen, die Inanspruchnahme durch Bestäuber zu testen und zu erfahren, wie dieses Verhalten durch benachbarte Nutzpflanzen gesteigert wird.*
5. *Evaluieren Sie, verglichen mit dem Anstieg der Wertschöpfung der Nutzpflanzen, die wirtschaftlichen Implikationen der Herausnahme von Flächen aus der landwirtschaftlichen Produktion, um die Bestäubungsleistung zu ermöglichen.*

Die wichtigsten Praktiken der Bestäubungskontrolle werden nachstehend, einschließlich ihrer Besonderheiten, zusätzlicher Erwägungen für die Umsetzung und eines Maßnahmenkatalogs, ausführlich behandelt.

# Landschaftliche Diversifizierung

Die Optimierung der Heterogenität und Vernetzung eines Lebensraumes kann das Angebot und die Erreichbarkeit von Nahrungsquellen und Eiablageplätzen für Bestäuber erhöhen, ihr Wanderverhalten erleichtern und die Bestäubungsleistung in großem Maßstab überflüssig machen. (Pufal, Steffan-Dewenter & Klein 2017, Samnegård, Persson & Smith 2011).

Die Blühperiode von Einzelpflanzenarten ist, verglichen mit der Aktivitätsperiode von Bestäubern, oft nur kurz (Blüthgen, Klein 2011). Nutzpflanzen unterscheiden sich in Hinsicht auf den erforderlichen Bestäubungsgrad und die Bestäuberinsekten (Albrecht u. a. 2012, Fründ u. a. 2013), wie sich auch die Bestäuberarten bezüglich ihres über das Jahr verteilten Ressourcenbedarfs unterscheiden können (Olesen u. a. 2008). Die Bestäubungsleistung ist weniger anfällig gegenüber katastrophalen Beeinträchtigungen, welche die Lebensräume eines bestimmten Bestäubers betreffen, sofern andere, nicht betroffene Lebensräume in der Nähe zur Verfügung stehen. Daher sind bei Maßnahmen zur Unterstützung von Bestäubern die komplexen räumlichen und zeitlichen Wechselbeziehungen zwischen den Bestäubern und den Habitatelementen zu beachten (Pufal, Steffan-Dewenter & Klein 2017).

## Zu berücksichtigende Details auf Landschaftsebene:

* Verschiedene Lebensräume: Getreidefelder, Gärten, Blumeninseln in Feldern, nicht bebaute und mit Blumen bepflanzte Feldränder, Wiesen, Uferstreifen, Seitenstreifen, Parks, natürliche Lebensräume usw. (Lindgren, Lindborg & Cousins 2018).
* Tatsächliche Entfernung zwischen den Lebensräumen: bewegt sich auf einer Skala von einigen Hundert Metern bei einigen Wildbienen bis hin zu mehreren Kilometern bei Honigbienen und Hummeln (Danner u. a. 2016, Steffan-Dewenter, Kuhn 2003).
* Hindernisse der freien Bewegung von kleinen Bestäubern (z. B. Wälder, Hecken) und der Einfluss der Kontrollpraktiken: Mähen, Bodenbearbeitung (generell negativ), Maschendrahtzäune (unterschiedlich) usw.
* Landschaftliche Präferenzen verschiedener Bestäuber: Schmetterlinge – Larvenfutterpflanzen und hoher Blumenbewuchs; Schwebfliegen – insektenreicher Bewuchs; Hummeln – Erdlöcher, karges Grasland usw.; Solitärbienen – kahle Flächen; (Garibaldi u. a. 2017, Holland u. a. 2015).

## Zusätzliche Erwägungen:

* Könnte sich in Gegenden, in denen bereits 20 % oder mehr der Flächen von bestäuberfreundlichen Lebensräumen eingenommen werden, als unwirksam erweisen (Wood, Holland & Goulson 2015).
* Die Wirksamkeit erhöht sich bei Bestäubern, die bei der Nahrungssuche lange Strecken zurücklegen (E Benjamin, R Reilly & Winfree 2014).
* Die Kontrolle der Bestäubungsleistung ist für sich allein noch kein Garant für eine größere Vielfalt natürlicher Bestäuber (Andersson u. a. 2014).
* Die Verfügbarkeit von Nahrungsquellen in der Nähe der Eiablageplätze von Bestäubern kann die Bestäubung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen verringern (Wolf, Moritz 2008).
* Der Speiseplan von Großbestäubern („Pollengeneralisten“) ist reichhaltig (Di Pasquale u. a. 2013, Vaudo u. a. 2015).
* Wildbienen sind für gewöhnlich wichtigere und effizientere Bestäuber als Honigbienen (Wei u. a. 2002, Mallinger, Gratton 2015, Martins, Gonzalez & Lechowicz 2015).
* Erfordert kompetente Planung, Zusammenarbeit zwischen privaten und staatlichen Flächenbesitzern, Kosten für die Anlage, Instandhaltung und Herausnahme der Flächen aus der landwirtschaftlichen Produktion (Isaacs u. a. 2017).

## Maßnahmenkatalog

1. *Identifizieren Sie, ob für die Nutzpflanzen ein Bestäubungsdefizit besteht.*
2. *Identifizieren Sie die Hauptbestäuber von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen in der Region.*
3. *Erwägen Sie die Anforderungen der Bestäuberzielgruppen bezüglich Eiablage und Blütenquellen.*
4. *Entscheiden Sie über Ort, Größe, Gestaltung und Dauer des Wiederherstellungsprojekts.*
5. *Wählen Sie in der Region heimische Pflanzenarten aus, verwenden Sie eine solide Methodik zur Anlage der Pflanzungen und wählen Sie ein Pflanzenspektrum aus, das über die gesamte Anbausaison hinweg blüht. (Gill u. a. 2016, Jha, Burkle & Kremen 2013, Isaacs u. a. 2017)*

#     2. Aussaat von Blühstreifen

Blühstreifen sind zusätzliche vielfältige natürliche Lebensräume ohne Nutzpflanzen, die aus jährlichen Blumen und aus Stauden bestehen. Sie ziehen Bestäuberinsekten an, indem sie ihnen über die gesamte aktive Saison ihrer Nahrungssuche hinweg und in ressourcenarmen Zeiten Nektar und Pollen bieten. Durch die Gestaltung blumenreicher Lebensräume, die auch Nahrungspflanzen von Schmetterlingen umfassen, kann die Gesamtfläche, die für Lebensräume von Wildtieren benötigt wird, reduziert werden (Holland u. a. 2015). Ferner kann die Mischung von Blütenpflanzen mit Gräsern einige Unkrautarten fernhalten (Pywell u. a. 2005, Smith, Firbank und Macdonald 1999).

## Details

Zu berücksichtigende Pflanzen:

* „Ausweichpflanzen“ (blühen in ressourcenarmen Zeiträumen)
* Massentrachtpflanzen (helfen Bienen, Bienenvolkstärke zu erreichen)
* „Trachtpflanzen“ (bieten zahlreichen und vielfältigen Bestäuberarten erhebliche Mengen an Nektar und/oder Pollen)
* Arten mit großen Blütenständen oder solche, die in großen Mengen an einer Stelle blühen (z. B. Margerite)
* Pflanzen für Spezialbestäuber (z. B. Hülsenfrüchte für langzüngige Hummeln)
* „Lieblingspflanzen“ verschiedener Bestäubergruppen (z. B. Oregano, Schnittlauch, Lappenblume, Buchweizen, Kornblumen für Schwebfliegen)

(Menz u. a. 2011, Jha, Burkle & Kremen 2013, Uyttenbroeck u. a. 2017, Goulson 2017, Pywell u. a. 2006, Herrmann u. a. 2007).

## Zusätzliche Erwägungen

* Die Präsenz anziehender Pflanzenarten kann zu höheren Blumenbesuchsraten, muss aber nicht unbedingt zu einer erhöhten Vielfalt der Bestäuberarten führen (Uyttenbroeck u. a. 2017).
* Es kann wegen der Bestäubungsleistung zu einer Konkurrenz dieser Pflanzen mit weniger reichlich vorhandenen oder weniger attraktiven Nutzpflanzen und einheimischen Pflanzen kommen (Lopezaraiza–Mikel u. a. 2007).
* Da die aktuelle Population von Wildbestäubern normalerweise die Ressourcenverfügbarkeit des Vorjahres widerspiegelt, kann es einige Zeit dauern, bis sich der positive Einfluss von Blühstreifen auf Bestäuber bemerkbar macht (Roulston, Goodell 2011).
* Aktuelle Agrarumweltmaßnahmen unterstützen oft lediglich häufig vorkommende Bestäuber (insbesondere Hummeln) (Kovács-Hostyánszki u. a. 2016).
* Es ist möglich, dass vorgeschlagene Pflanzen nur in einer bestimmten Region ihre Wirkung entfalten, in einer anderen jedoch Unkraut darstellen (Winfree 2010).

## Maßnahmenkatalog

***Auswahl bestäuberfreundlicher Blütenpflanzen:*** *Befolgen Sie zur Identifizierung regional bedeutsamer Nahrungspflanzen und heimischer Pflanzenarten ein Protokoll. Um die kontinuierliche Nahrungsverfügbarkeit in der gesamten aktiven Saison der Insekten sicherzustellen, sind hoch eingestufte Arten mit sich überschneidenden Blühperioden auszuwählen (Isaacs u. a. 2009). Begünstigende und konkurrierende Wechselbeziehungen zwischen den Pflanzen müssen einkalkuliert werden (begutachtet in Menz u. a. 2011).*

# 3. Reichblühende Pflanzen

Die Berücksichtigung reichblühender Pflanzen in gesäten Blühstreifen und ihr Einsäen in Wildblumenstreifen kann ressourcenarme Zeiträume abfedern und eine kontinuierliche Versorgung sicherstellen. Massentrachtpflanzen mit früher Blüte können das Wachstum von Bienenpopulationen fördern und im Folgejahr die Population der Solitärbienen stärken, während Pflanzen, die spät in der Saison blühen, die Anzahl der Hummelköniginnen erhöhen (Isaacs u. a. 2017). Die Bienen der Familien Megachilidae und Halictidae sind in kürzeren Zeiträumen der Anbausaison aktiv, weshalb die Perioden für Massentrachten zeitlich korrekt abzustimmen sind (Russo u. a. 2013). Die meisten geselligen und multivoltinen Arten bedürfen der kontinuierlichen Ressourcenverfügbarkeit in der gesamten aktiven Saison (Roulston, Goodell 2011). Massentracht bietende Nutzpflanzen generieren Ressourcenschübe und einen Überschuss an Bestäubern, was sich auf Bestäubungen auswirkt, die in einem Umkreis von 250 bis 3000 m erfolgen (Westphal, Steffan-Dewenter & Tscharntke 2006).

## Zusätzliche Erwägungen

* Am ehesten kommen sie für kontrollierte Bestäuber in Frage, für die Bereitstellung von Eiablageräumen für Wildbestäuber eignen sie sich jedoch weniger (Pufal, Steffan-Dewenter & Klein 2017).
* Wildbestäuber in Massentracht bietenden Nutzpflanzen können von Honigbienen räumlich verdrängt werden, ein Vorgang mit potenziell negativen Konsequenzen (Lindstrom u. a. 2016).
* Die von Wildbestäubern erbrachte Bestäubungsleistung tritt an Feldrändern mitunter deutlicher in Erscheinung als inmitten von Massentracht bietenden Nutzpflanzen (Balzan, Bocci & Moonen 2016).
* Die Blütenphasen von Massentracht bietenden Nutzpflanzen sind tendenziell kurzzeitig und erfolgen nur in einem Bruchteil der aktiven Saison vieler Bienenarten (Wratten u. a. 2012).
* Nimmt die Zahl der Bestäuber auf Massentrachtflächen zu, kann dies zu einem Rückgang in den Zielkulturen führen (Holzschuh u. a. 2016, Montero-Castaño, Ortiz-Sánchez & Vilà 2016).

# 4. Wildblumenstreifen (Ackerrandstreifen ohne Nutzpflanzen, Feldränder, naturnahe Lebensräume)

Die Gewährung der Wildblumenregeneration und die Anlage von Schutzpflanzungen an den Feldrändern verbessert die Bestäubung von Nutzpflanzen und die biologische Schädlings- und Unkrautbekämpfung (Lindgren, Lindborg & Cousins 2018). In natürlichen Lebensräumen besteht kein Risiko, dass die Pflanzensaat nicht aufgeht.

In naturnahen Lebensräumen ist die Vielfalt von Wildinsekten am größten. Obwohl gesäte Blühstreifen die Vielfalt bestehender Arten fördern können, ist die Erhaltung der Bestäubervielfalt daher nur von der großflächigen Erhaltung natürlicher (naturnaher) Lebensräume zu erwarten (Campbell u. a. 2017).

Statt der Anhäufung kleiner Streifen mit geringer Wirkung in Monokulturen könnten sich für Wildbestäuber geräumige und durchdachte, zwischen große Felder eingefügte Streifen als wirksamer erweisen. Bisweilen ist die Verringerung der Felder mit Monokulturen jedoch ebenso wichtig (Rands, Whitney 2010).

## Zusätzliche Erwägungen

* Die Wirkung von Blühstreifen zeigt sich oft klarer an Wildbestäubern mit längeren Flugperioden (z. B. Hummeln) (Campbell u. a. 2017).
* Die Erhöhung der Dichte von Wildblumen kann Bestäuber von Nutzpflanzen in Monokulturen abziehen (Rands, Whitney 2010). Manche Bestäuber (z. B. Hummeln) können jedoch eine angeborene Vorliebe für Monokulturen zeigen (Forrest & Thomson 2009, Gumbert 2000, Ings, Raine & Chittka 2009, Raine & Chittka 2007).
* Während manche Bestäuber positiv auf Blumenvielfalt reagieren, werden andere mehr durch Massentrachtpflanzen beeinflusst (Wood, Holland & Goulson 2015).
* Die Lebensräume von Wildblumen üben, unabhängig vom geografischen Standort, einen positiven Einfluss auf die Bestäubungsleistung aus (Unterstützung heimischer Bestäuber) (Cole u. a. 2015).

## Maßnahmenkatalog

1. *Verlegen und vergrößern Sie Feldränder (im Idealfall mehr als 5 m breit) und gestatten Sie die natürliche Pflanzenregeneration (Cole u. a. 2015).*
2. *Bei äußerst verdichteten Böden kann der Erstanbau oder die Aussaat von Pflanzen mit Pfahlwurzeln die natürliche Regeneration beschleunigen (Wood, Holland & Goulson 2015).*
3. *Werten Sie Wildblumen-Samenbanken innerhalb der Feldränder auf (Rands, Whitney 2010) (z. B. Erstanbau, Vorkehrungen für die Ressourcenablage).*
4. *Säen Sie, um die Anzahl und Vielfalt der Bestäuber zu erhöhen, zusätzliche Blüher wie Massentrachtpflanzen und Pflanzen für verschiedene Nahrungsnischen.*
5. *Gehen Sie mit Sorgfalt an die Gestaltung von Feldrändern für Arten heran, die keine weiten Flugwege haben (Rands, Whitney 2010).*

# 5. Renaturierung heimischer Pflanzen in angrenzenden natürlichen Bereichen

In der Wiederherstellung von Lebensräumen, die Voraussetzungen zur Nahrungssuche und Eiablage bieten und die Bewegung von Bestäubern erleichtern, liegt sowohl für naturbelassene Gegenden als auch Kulturlandschaften das Potenzial zur Förderung der Bestäubungsleistung (Jha, Burkle & Kremen 2013). Landwirtschaftliche Betriebe in unmittelbarer Nähe zu Naturgebieten können ihren gesamten Bedarf an Bestäubungsleistung durch Wildbienen decken (Kremen, Williams & Thorp 2002, Kremen u. a. 2004, Winfree u. a. 2007).

## Details

* Ferner dienen auch Maßnahmen zur Wiederherstellung natürlicher Bestäuberpopulationen im Umkreis von Feldern und Obstgärten der allgemeinen Artenvielfalt (Marini u. a. 2012).
* Natürliche Lebensräume können unter extremen Bedingungen, z. B. Höhenlagen, wo Bestäuberarten weniger sind und in geringerer Zahl auftreten, eine wichtigere Rolle bei der Unterstützung einheimischer Bestäuberpopulationen spielen (Marini u. a. 2012).
* Das Vorhandensein verbliebener alter Lebensräume kann für die Besiedlung jüngst wiederhergestellter Lebensräume ausschlaggebend sein (Forup, Memmott 2005, Forup u. a. 2008).

## Zusätzliche Erwägungen

* Diese Maßnahme könnte eher die Häufigkeit von wilden als von kontrollierten Bestäubern fördern (Marini u. a. 2012).
* Von Wald geprägte Landschaften könnten der einheimischen Artenvielfalt eher zu Gute kommen als von Grasflächen geprägte Landschaften.
* Pflanzenpopulationen in wiederhergestellten Gebieten müssen groß genug sein, um dem Allee-Effekt, d. h. die Verringerung der Fruchtbarkeit von Pflanzen in kleinen Populationen, zu entgehen (Hobbs, Yates 2003, Ghazoul 2005).
* Da der Anteil der Ränder gegenüber Innenbereichen in linear verlaufenden Flächen hoch ist, können Lebensräume, die geradlinig verlaufen, wegen der mit Randflächen verbundenen Stressfaktoren eine geringere Anzahl individueller Bestäuber aufweisen (Ewers, Didham 2007, Paton 1994).
* Gemäßigte Laubwälder können Bienen im Frühling gute Blütenquellen bieten, was auf diese Wälder im Sommer tendenziell nicht zutrifft (Heinrich 1976).

## Maßnahmenkatalog

* *Wiederherstellung und Schutz von mindestens 10 % der Lebensräume für Wildtiere in der Region (Holland u. a. 2015). Dieser Schritt wird die Zahl der Bestäuber und Vögel verdoppeln.*
* *Denken Sie auch an die Senkung des Weidenutzungsdrucks (z. B. Zäune), beschränken Sie menschliche Tätigkeiten und gestatten Sie Naturbelassenheit (z. B. die selektive Abholzung von monokulturellen Forstplantagen und die Regeneration der natürlichen Vegetation) (Garibaldi u. a. 2017).*

# Literaturverzeichnis

Albrecht, M., Schmid, B., Hautier, Y. & Muller, C.B. 2012. Diverse pollinator communities enhance plant reproductive success. *Proceedings.Biological sciences, 279*(1748), pp. 4845-4852.

Andersson, G.K.S., Ekroos, J., Stjernman, M., Rundlöf, M. & Smith, H.G. 2014. Effects of farming intensity, crop rotation and landscape heterogeneity on field bean pollination. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 184*, pp. 145-148.

Ashman, T., Knight, T.M., Steets, J.A., Amarasekare, P., Burd, M., Campbell, D.R., Dudash, M.R., Johnston, M.O., Mazer, S.J. & Mitchell, R.J. 2004. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. *Ecology, 85*(9), pp. 2408-2421.

Balzan, M.V., Bocci, G. & Moonen, A. 2016. Utilisation of plant functional diversity in wildflower strips for the delivery of multiple agroecosystem services. *Entomologia Experimentalis et Applicata, 158*(3), pp. 304-319.

Blüthgen, N. & Klein, A. 2011. Functional complementarity and specialisation: the role of biodiversity in plant–pollinator interactions. *Basic and Applied Ecology, 12*(4), pp. 282-291.

Buchmann, S.L. and Nabhan, G.P., 2012. *The forgotten pollinators*. Island Press.

Campbell, A.J., Wilby, A., Sutton, P. & Wäckers, F.L. 2017. Do sown flower strips boost wild pollinator abundance and pollination services in a spring-flowering crop? A case study from UK cider apple orchards. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 239*, pp. 20-29.

Cole, L.J., Brocklehurst, S., Robertson, D., Harrison, W. & McCracken, D.I. 2015. Riparian buffer strips: Their role in the conservation of insect pollinators in intensive grassland systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 211*, pp. 207-220.

Danner, N., Molitor, A.M., Schiele, S., Härtel, S. & Steffan‐Dewenter, I. 2016. Season and landscape composition affect pollen foraging distances and habitat use of honey bees. *Ecological Applications, 26*(6), pp. 1920-1929.

Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., Belzunces, L.P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., Suchail, S., Brunet, J. & Alaux, C. 2013. Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter? *PloS one, 8*(8), pp. e72016.

E Benjamin, F., R Reilly, J. & Winfree, R. 2014. Pollinator body size mediates the scale at which land use drives crop pollination services. *Journal of Applied Ecology, 51*(2), pp. 440-449.

Ewers, R.M. & Didham, R.K. 2007. The effect of fragment shape and species' sensitivity to habitat edges on animal population size. *Conservation Biology, 21*(4), pp. 926-936.

Forrest, J. & Thomson, J.D. 2009. Background complexity affects colour preference in bumblebees. *Naturwissenschaften, 96*(8), pp. 921-925.

Forup, M.L., Henson, K.S., Craze, P.G. & Memmott, J. 2008. The restoration of ecological interactions: plant–pollinator networks on ancient and restored heathlands. *Journal of Applied Ecology, 45*(3), pp. 742-752.

Forup, M.L. & Memmott, J. 2005. The restoration of plant–pollinator interactions in hay meadows. *Restoration Ecology, 13*(2), pp. 265-274.

Fründ, J., Dormann, C.F., Holzschuh, A. & Tscharntke, T. 2013. Bee diversity effects on pollination depend on functional complementarity and niche shifts. *Ecology, 94*(9), pp. 2042-2054.

Gallai, N., Salles, J., Settele, J. & Vaissière, B.E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics, 68*(3), pp. 810-821.

Garibaldi, L.A., Requier, F., Rollin, O. & Andersson, G.K. 2017. Towards an integrated species and habitat management of crop pollination. *Current Opinion in Insect Science, 21*, pp. 105-114.

Ghazoul, J. 2005. Pollen and seed dispersal among dispersed plants. *Biological Reviews, 80*(3), pp. 413-443.

Gill, R.J., Baldock, K.C.R., Brown, M.J.F., Cresswell, J.E., Dicks, L.V., Fountain, M.T., Garratt, M.P.D., Gough, L.A., Heard, M.S., Holland, J.M., Ollerton, J., Stone, G.N., Tang, C.Q., Vanbergen, A.J., Vogler, A.P., Woodward, G., Arce, A.N., Boatman, N.D., Brand-Hardy, R., Breeze, T.D., Green, M., Hartfield, C.M., O’Connor, R.S., Osborne, J.L., Phillips, J., Sutton, P.B. & Potts, S.G. 2016, "Chapter Four - Protecting an Ecosystem Service: Approaches to Understanding and Mitigating Threats to Wild Insect Pollinators" in *Ecosystem Services: From Biodiversity to Society, Part 2*, eds. G. Woodward & D.A. Bohan, Academic Press, , pp. 135-206.

Goulson, D. (2017). *The best garden flowers for bees*. [online] Sussex.ac.uk. Available at: http://www.sussex.ac.uk/lifesci/goulsonlab/resources/flowers [Accessed 13 Dec. 2017].

Gumbert, A. 2000. Color choices by bumble bees (*Bombus terrestris*): innate preferences and generalization after learning. *Behavioral Ecology and Sociobiology, 48*(1), pp. 36-43.

Heinrich, B. 1976. Flowering phenologies: bog, woodland, and disturbed habitats. *Ecology, 57*(5), pp. 890-899.

Herrmann, F., Westphal, C., Moritz, R.F. & Steffan‐Dewenter, I. 2007. Genetic diversity and mass resources promote colony size and forager densities of a social bee (*Bombus pascuorum*) in agricultural landscapes. *Molecular ecology, 16*(6), pp. 1167-1178.

Hobbs, R.J. & Yates, C.J. 2003. Impacts of ecosystem fragmentation on plant populations: generalising the idiosyncratic. *Australian Journal of Botany, 51*(5), pp. 471-488.

Holland, J.M., Smith, B.M., Storkey, J., Lutman, P.J.W. & Aebischer, N.J. 2015. Managing habitats on English farmland for insect pollinator conservation. *Biological Conservation, 182*, pp. 215-222.

Holzschuh, A., Dainese, M., González‐Varo, J.P., Mudri‐Stojnić, S., Riedinger, V., Rundlöf, M., Scheper, J., Wickens, J.B., Wickens, V.J. & Bommarco, R. 2016. Mass‐flowering crops dilute pollinator abundance in agricultural landscapes across Europe. *Ecology Letters, 19*(10), pp. 1228-1236.

Ings, T.C., Raine, N.E. & Chittka, L. 2009. A population comparison of the strength and persistence of innate colour preference and learning speed in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Behavioral Ecology and Sociobiology, 63*(8), pp. 1207-1218.

Isaacs, R., Tuell, J., Fiedler, A., Gardiner, M. & Landis, D. 2009. Maximizing arthropod‐mediated ecosystem services in agricultural landscapes: the role of native plants. *Frontiers in Ecology and the Environment, 7*(4), pp. 196-203.

Isaacs, R., Williams, N., Ellis, J., Pitts-Singer, T.L., Bommarco, R. & Vaughan, M. 2017. Integrated Crop Pollination: Combining strategies to ensure stable and sustainable yields of pollination-dependent crops. *Basic and Applied Ecology, 22*, pp. 44-60.

Jha, S., Burkle, L. & Kremen, C. 2013, "4.11 - Vulnerability of Pollination Ecosystem Services" in *Climate Vulnerability*, ed. R.A. Pielke, Academic Press, Oxford, pp. 117-128.

Kearns, C.A., Inouye, D.W. & Waser, N.M. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics, 29*(1), pp. 83-112.

Kennedy, C.M., Lonsdorf, E., Neel, M.C., Williams, N.M., Ricketts, T.H., Winfree, R., Bommarco, R., Brittain, C., Burley, A.L. & Cariveau, D. 2013. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters, 16*(5), pp. 584-599.

Kovács-Hostyánszki, A., Földesi, R., Mózes, E., Szirák, Á., Fischer, J., Hanspach, J. & Báldi, A. 2016. Conservation of pollinators in traditional agricultural landscapes–new challenges in Transylvania (Romania) posed by EU accession and recommendations for future research. *PloS one, 11*(6), pp. e0151650.

Kremen, C., Williams, N.M., Bugg, R.L., Fay, J.P. & Thorp, R.W. 2004. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters, 7*(11), pp. 1109-1119.

Kremen, C., Williams, N.M. & Thorp, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99*(26), pp. 16812-16816.

Lindgren, J., Lindborg, R. & Cousins, S.A.O. 2018. Local conditions in small habitats and surrounding landscape are important for pollination services, biological pest control and seed predation. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 251*, pp. 107-113.

Lindstrom, S.A., Herbertsson, L., Rundlof, M., Bommarco, R. & Smith, H.G. 2016. Experimental evidence that honeybees depress wild insect densities in a flowering crop. *Proceedings. Biological sciences, 283*(1843), pp. 10.1098/rspb.2016.1641.

Lopezaraiza–Mikel, M.E., Hayes, R.B., Whalley, M.R. & Memmott, J. 2007. The impact of an alien plant on a native plant–pollinator network: an experimental approach. *Ecology Letters, 10*(7), pp. 539-550.

Mallinger, R.E. & Gratton, C. 2015. Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator‐dependent crop. *Journal of Applied Ecology, 52*(2), pp. 323-330.

Marini, L., Quaranta, M., Fontana, P., Biesmeijer, J.C. & Bommarco, R. 2012. Landscape context and elevation affect pollinator communities in intensive apple orchards. *Basic and Applied Ecology, 13*(8), pp. 681-689.

Martins, K.T., Gonzalez, A. & Lechowicz, M.J. 2015. Pollination services are mediated by bee functional diversity and landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 200*, pp. 12-20.

Menz, M.H.M., Phillips, R.D., Winfree, R., Kremen, C., Aizen, M.A., Johnson, S.D. & Dixon, K.W. 2011. Reconnecting plants and pollinators: challenges in the restoration of pollination mutualisms. *Trends in Plant Science, 16*(1), pp. 4-12.

Montero-Castaño, A., Ortiz-Sánchez, F.J. & Vilà, M. 2016. Mass flowering crops in a patchy agricultural landscape can reduce bee abundance in adjacent shrublands. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 223*, pp. 22-30.

Olesen, J.M., Bascompte, J., Elberling, H. & Jordano, P. 2008. Temporal dynamics in a pollination network. *Ecology, 89*(6), pp. 1573-1582.

Paton, P.W. 1994. The effect of edge on avian nest success: How strong is the evidence? *Conservation Biology, 8*(1), pp. 17-26.

Pufal, G., Steffan-Dewenter, I. & Klein, A. 2017. Crop pollination services at the landscape scale. *Current Opinion in Insect Science, 21*, pp. 91-97.

Pywell, R., Warman, E., Carvell, C., Sparks, T., Dicks, L., Bennett, D., Wright, A., Critchley, C. & Sherwood, A. 2005. Providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biological Conservation, 121*(4), pp. 479-494.

Pywell, R., Warman, E., Hulmes, L., Hulmes, S., Nuttall, P., Sparks, T., Critchley, C. & Sherwood, A. 2006. Effectiveness of new agri-environment schemes in providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biological Conservation, 129*(2), pp. 192-206.

Raine, N.E. & Chittka, L. 2007. The adaptive significance of sensory bias in a foraging context: floral colour preferences in the bumblebee *Bombus terrestris*. *PLoS One, 2*(6), pp. e556.

Rands, S.A. & Whitney, H.M. 2010. Effects of pollinator density-dependent preferences on field margin visitations in the midst of agricultural monocultures: A modelling approach. *Ecological Modelling, 221*(9), pp. 1310-1316.

Roulston, T.H. & Goodell, K. 2011. The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review of Entomology, 56*, pp. 293-312.

Russo, L., DeBarros, N., Yang, S., Shea, K. & Mortensen, D. 2013. Supporting crop pollinators with floral resources: network‐based phenological matching. *Ecology and evolution, 3*(9), pp. 3125-3140.

Samnegård, U., Persson, A.S. & Smith, H.G. 2011. Gardens benefit bees and enhance pollination in intensively managed farmland. *Biological Conservation, 144*(11), pp. 2602-2606.

Senapathi, D., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Kleijn, D., Potts, S.G. & Carvalheiro, L.G. 2015. Pollinator conservation—the difference between managing for pollination services and preserving pollinator diversity. *Current Opinion in Insect Science, 12*, pp. 93-101.

Smith, H., Firbank, L. & Macdonald, D. 1999. Uncropped edges of arable fields managed for biodiversity do not increase weed occurrence in adjacent crops. *Biological Conservation, 89*(1), pp. 107-111.

Steffan-Dewenter, I. & Kuhn, A. 2003. Honeybee foraging in differentially structured landscapes. *Proceedings.Biological sciences, 270*(1515), pp. 569-575.

Uyttenbroeck, R., Piqueray, J., Hatt, S., Mahy, G. & Monty, A. 2017. Increasing plant functional diversity is not the key for supporting pollinators in wildflower strips. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 249*, pp. 144-155.

Vaudo, A.D., Tooker, J.F., Grozinger, C.M. & Patch, H.M. 2015. Bee nutrition and floral resource restoration. *Current Opinion in Insect Science, 10*, pp. 133-141.

Wei, S., Wang, R., Smirle, M.J. & Xu, H. 2002. Release of *Osmia excavata* and *Osmia jacoti* (Hymenoptera: Megachilidae) for apple pollination. *The Canadian Entomologist, 134*(3), pp. 369-380.

Westphal, C., Steffan-Dewenter, I. & Tscharntke, T. 2006. Bumblebees experience landscapes at different spatial scales: possible implications for coexistence. *Oecologia, 149*(2), pp. 289-300.

Winfree, R. 2010. The conservation and restoration of wild bees. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1195*(1), pp. 169-197.

Winfree, R., Williams, N.M., Dushoff, J. & Kremen, C. 2007. Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecology Letters, 10*(11), pp. 1105-1113.

Wolf, S. & Moritz, R.F. 2008. Foraging distance in *Bombus terrestris* L.(Hymenoptera: Apidae). *Apidologie, 39*(4), pp. 419-427.

Wood, T.J., Holland, J.M. & Goulson, D. 2015. Pollinator-friendly management does not increase the diversity of farmland bees and wasps. *Biological Conservation, 187*, pp. 120-126.

Wratten, S.D., Gillespie, M., Decourtye, A., Mader, E. & Desneux, N. 2012. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 159*, pp. 112-122.