

Blühstreifen als Naturschutzmaßnahme zur Förderung der Avifauna und Tagfalterfauna in der Agrarlandschaft

Von der Fakultät für Architektur und Landschaft
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat)

genehmigte Dissertation von
Dipl.-Ing. Nana Wix
geboren am 25.3.1983 in Bonn

2019

Referent: Prof. Dr. Michael Reich

Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover

Korreferent: PD Dr. Heinrich Reck

Institut für Natur- und Ressourcenschutz, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Tag der Promotion: 21.8.2019

Vorwort und Dank

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Umweltplanung an der Fakultät für Architektur und Landschaft der Leibniz Universität Hannover. Das Thema entwickelte sich aus meiner Mitarbeit im Forschungsprojekt „Nutzungsorientierte Ausgleichsmaßnahmen bei der Biogasproduktion – Untersuchung der Effektivität von nutzungsintegrierten Maßnahmen zur Kompensation von Eingriffen am Beispiel von Blühstreifen“, das vom Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung von 2012 bis 2015 gefördert wurde. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens erarbeitete ich Grundlagen zu den Auswirkungen von verschiedenen Blühstreifenvarianten auf die Avifauna und Tagfalterfauna (Kapitel 5, 6, 7, 9 und 11.1). Die sich hierbei abzeichnenden Detailspekte, die Eignung von Fotofallen zur Erfassung von Vögeln (Kapitel 8) und der Einfluss weiterer Faktoren auf das Vorkommen von Tagfaltern (Kapitel 10), erarbeitete ich parallel zu meiner anschließenden Tätigkeit als Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Umweltplanung am Forschungsprojekt „Naturschutzfachliche Fragen des Ausbaus der erneuerbaren Energien an überörtlichen Verkehrswegen und dessen Auswirkungen auf die Wiedervernetzung von Lebensräumen“.

Meinen Betreuern Prof. Dr. Michael Reich und Prof. Dr. Michael Rode danke ich herzlich für die wissenschaftliche Betreuung der Arbeit. Ihre konstruktiven Vorschläge trugen maßgeblich zum Gelingen der Dissertation bei. Ebenso herzlich danke ich PD Dr. Heinrich Reck für seine Bereitschaft, das Koreferat kurzfristig zu übernehmen.

Auch meinen Kolleginnen und Kollegen am Institut für Umweltplanung gilt ein besonderer Dank für die freundliche Arbeitsatmosphäre, die guten Gespräche und die schöne Zeit am Institut.

Ebenso möchte ich mich bei Familie, Freundinnen und Freunden bedanken, die mich bei meinem Promotionsvorhaben fortwährend unterstützt und motiviert haben. Ohne Euch hätte es mir nur halb so viel Freude bereitet.

Karlsruhe, im November 2019

Nana Wix

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	II
Abkürzungsverzeichnis.....	III
Kurzfassung.....	V
Abstract.....	XI
1 Einleitung und Hintergrund.....	1
2 Fachliche Grundlagen und Stand der Forschung.....	3
2.1 Methodik.....	3
2.2 Was sind Blühstreifen?.....	3
2.3 Funktionen von Blühstreifen.....	5
2.4 Stand der Forschung und Forschungsbedarf.....	6
3 Zielsetzung, Forschungsfragen und Vorgehen.....	11
3.1 Zielsetzung und Forschungsfragen.....	11
3.2 Vorgehen.....	12
4 Aufbau der kumulativen Dissertation.....	15
5 <i>Artikel 1:</i> Die Blühstreifen im Landkreis Rotenburg (Wümme) – ihre Struktur und ihr Blütenangebot.....	19
6 <i>Artikel 2:</i> Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel während der Brutzeit.....	21
7 <i>Artikel 3:</i> Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel im Herbst und Winter.....	23
8 <i>Artikel 4:</i> Time-triggered camera traps versus line transects – advantages and limitations of multi-method studies for bird surveys.....	25
9 <i>Artikel 5:</i> Die Tagfalterfauna von Blühstreifen.....	27
10 <i>Artikel 6:</i> Butterfly richness and abundance in flower strips and field margins: the role of local habitat quality and landscape context.....	29
11 Zusammenfassende Ergebnisdarstellung und Diskussion.....	31
11.1 <i>Artikel 7:</i> Auswirkungen von Blühstreifen auf die Biodiversität und Einordnung ihres naturschutzfachlichen Werts.....	31
11.2 Auswirkungen von verschiedenen Blühstreifentypen auf die Avifauna unter Berücksichtigung des Aspekts von Sommer- und Winterhalbjahr und des multiplen Methoden-Ansatzes von Fotofallen und Linien-Transektkartierungen.....	35
11.3 Auswirkungen von verschiedenen Blühstreifentypen auf die Tagfalterfauna unter Berücksichtigung zusätzlicher Umweltvariablen verschiedener Maßstäbe.....	39
11.4 Abschließende Darstellung der Auswirkungen von Blühstreifen auf Vögel und Tagfalter ...	43
12 Ausblick.....	44
13 Literaturverzeichnis.....	47
Eidesstattliche Erklärung.....	59
Beitrag der Autorin zu den Veröffentlichungen.....	61

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anzahl der Publikationen zu Blühstreifen differenziert nach dem Erscheinungsjahr (n=229 Quellen).....	6
Abb. 2: Herleitung des Forschungsbedarfs Teil 1 (Teil 2 s. Abb. 4): Abgrenzung und Analyse des Forschungsstands. X: Veröffentlichungen wurden ausgeschlossen, n=Anzahl der Veröffentlichungen, O: Differenzierte Analyse der Studien im Hinblick auf die Forschungsthemen (FT), wobei Mehrfachnennungen möglich waren (*).....	7
Abb. 3: Untersuchte Artengruppen in Blühstreifen (n=93 Quellen, die Feldstudien zur Artenvielfalt in Blühstreifen durchgeführt haben, Mehrfachnennungen möglich, * sonstige Arthropoden wurden in der Literatur nicht weiter klassifiziert).	8
Abb. 4: Herleitung des Forschungsbedarfs Teil 2 (Teil 1 s. Abb. 2): Darstellung des Forschungsstands zu ausgewählten Artengruppen und differenziert nach den vier Forschungsthemen (FT), wobei Mehrfachnennungen möglich waren (*).....	10
Abb. 5: Vereinfachte Übersicht zur Vorgehensweise und zu den drei Arbeitsblöcken der kumulativen Dissertation. Grüne Umrandung: Arbeitsblock 1, blaue Umrandung: Arbeitsblock 2, orange Umrandung: Arbeitsblock 3, FF: Forschungsfrage.	14
Abb. 6: Überblick zum Aufbau der kumulativen Dissertation: Bezüge zwischen den einzelnen Artikeln sowie der zusammenfassenden Ergebnisdarstellung und Diskussion. In den farbigen Rechtecken finden sich die jeweiligen Artikel der drei Arbeitsblöcke (Grüne Umrandung: Arbeitsblock 1, blaue Umrandung: Arbeitsblock 2, orange Umrandung: Arbeitsblock 3), FF: Forschungsfrage.....	15

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht der Publikationen zur Artenvielfalt in Blühstreifentypen (n=39). Zeile Artengruppen: Anzahl der verschiedenen Artengruppen, die in den Publikationen behandelt wurden. Zeile Blühstreifentypen: Anzahl der verschiedenen Blühstreifentypen, die in den Publikationen behandelt wurden. (Ziffer) bei den jeweiligen Artengruppen bzw. Blühstreifentypen: Anzahl der Publikationen, die die jeweilige Artengruppe bzw. den jeweiligen Blühstreifentyp behandeln.	9
Tab. 2: Übersicht zu den Zeiträumen, zum Untersuchungsgegenstand und zur Erfassungsmethode der Feldstudien.	13
Tab. 3: Übersicht zu den verschiedenen Blühstreifen- und Saumtypen. n = Anzahl der Untersuchungsflächen, RM = Rotenburger Saatgutmischung 2012 bzw. 2013.....	13
Tab. 4: Strukturierung der Forschungsfragen, der Vorgehensweise (im Hinblick auf angewandte Methodik, Untersuchungsgegenstand, -fläche und -zeitraum) und der veröffentlichten Artikel zu den drei Arbeitsblöcken (s. auch Abb. 5). Zu den Abkürzungen der Untersuchungsflächen (UF) s. Tab. 3.....	17

Abkürzungsverzeichnis

AUKM	<i>Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen</i>
AUM	<i>Agrarumweltprogramme</i>
BfN	<i>Bundesamt für Naturschutz</i>
BMEL	<i>Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft</i>
BMUB	<i>Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit</i>
DBFZ	<i>Deutsche Biomasseforschungszentrum</i>
EEG	<i>Erneuerbaren-Energien-Gesetz</i>
IFM	<i>Improved field margins</i>
LfL	<i>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft</i>
LK ROW	<i>Landkreis Rotenburg</i>
LSN	<i>Landesamt für Statistik Niedersachsen</i>
LUBW	<i>Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg</i>
ML	<i>Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz</i>
NaWaRo	<i>Nachwachsende Rohstoffe</i>
ÖVF	<i>Ökologische Vorrangfläche</i>
PIK	<i>produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme</i>
SRU	<i>Sachverständigenrat für Umweltfragen</i>
TLL	<i>Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft</i>
UM	<i>Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg</i>
WFS	<i>wildflower strips</i>

Kurzfassung

Schlagworte: Blühstreifen, Artenvielfalt, Feldstudien, Fotofallen, Winter

Die Intensivierung der Landwirtschaft ist eine der Hauptursachen des Biodiversitätsverlusts und hat erhebliche Bestandsrückgänge der Flora und Fauna zur Folge. Entscheidend ist, dass die Notlage der Biodiversität in der Agrarlandschaft seit langer Zeit bekannt ist, gesetzliche Rahmenbedingungen zum Schutz der biologischen Vielfalt vorliegen und diverse Schutzmaßnahmen bereits umgesetzt wurden. Trotz alledem konnte der Biodiversitätsverlust in der Agrarlandschaft bis heute nicht gestoppt werden. Der Beitrag der Landwirtschaft zum Schutz der biologischen Vielfalt ist unerlässlich.

Agrarregionen stehen aber im Spannungsfeld verschiedener Nutzungsinteressen. Der langjährige Trend des vermehrten Anbaus nachwachsender Rohstoffe verschärfte die Nutzungskonflikte. Die Novellierungen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes seit 2012 (EEG 2012, 2014 und 2017) wirkten dem „Biogasboom“ zwar entgegen, aber dennoch besteht für den Anbau von Energiepflanzen ein sehr hoher Flächenbedarf. So nimmt der landwirtschaftliche Anbau von Energiepflanzen 21% der Ackerflächen Deutschlands ein, wobei der Mais als Kultur dominiert. Diese Tatsachen belegen unmissverständlich, dass eine effizientere Gestaltung von Schutzmaßnahmen zwingend erforderlich ist. Wenngleich unabdingbare Voraussetzung, wird eine angemessene Evaluierung der praktizierten Schutzmaßnahmen aber nur unzureichend durchgeführt.

Blühstreifen werden als geeignete Maßnahme zur Förderung der Artenvielfalt gesehen. Sie können jedoch in zahlreichen Varianten angelegt werden, und zu den Auswirkungen der unterschiedlichen Blühstreifentypen bestehen erhebliche Wissensdefizite. Doch gerade die Relevanz einzelner Gestaltungsvariablen ist maßgeblich, um übertragbare Handlungsempfehlungen ableiten zu können, so dass bei Blühstreifen eine differenzierte ökologische Effizienz-Kontrolle erforderlich ist. Obwohl der Winter mit seinen extremen Witterungsbedingungen, Deckungs- und Nahrungsengpässen für viele Tierarten einen besonders kritischen Zeitraum darstellt, sind ganzjährige Studien zu Blühstreifen selten.

Das übergeordnete Ziel der Dissertation ist daher, die konkreten Auswirkungen verschiedener Blühstreifentypen auf Vegetation, Brutvögel, Wintervögel und Tagfalter zu ermitteln. Um eine Bewertungsgrundlage zu erhalten, stellen sich folgende Forschungsfragen:

1. Wie verändert sich die Vegetation (Blütenangebot, Raumstruktur) durch verschiedene Gestaltungsvariablen von Blühstreifen (Saatgutmischungen, Standzeit) und wie im jahreszeitlichen Verlauf?
2. Wie sind die Auswirkungen bestimmter Gestaltungsvariablen von Blühstreifen (Saatgutmischung, Lage, Breite und Standzeit) auf das Vorkommen (Arten- und Individuenzahlen) von Brutvögeln, Wintervögeln und Tagfaltern?

Für eine solide Wissensbasis sind zwei Detailaspekte entscheidend, die beispielhaft für eine Artengruppe aufgelöst wurden. Zum einen wird bei den üblich angewandten faunistischen Erfassungsmethoden nur eine kurze Zeit auf den Untersuchungsflächen verweilt, wodurch bestimmte Arten unterrepräsentiert nachgewiesen werden. Vielstündige Erfassungen in Blühstreifen fehlen. Zum anderen weist eine Reihe von Studien darauf hin, dass vielfältige Faktoren unterschiedlicher Maßstäbe für das Vorkommen von Arten ausschlaggebend sind. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Artenvielfalt der Blühstreifen nicht allein von den unterschiedlichen Blühstreifentypen bestimmt wird. Diese Defizite sind in den folgenden Forschungsfragen aufgegriffen:

3. Welche Möglichkeiten und Grenzen bietet der Einsatz von Fotofallen (Serienbildfunktion) zur Erfassung von Vögeln im Sommer- und Winterhalbjahr?
4. Welche weiteren Faktoren verschiedener Maßstäbe (lokale Habitat-Ebene und Landschaftskontext) bestimmen das Vorkommen von Tagfaltern in Blühstreifen und Feldsäumen? Welche Relevanz haben die einzelnen Faktoren?

Auf den Ergebnissen aufbauend konnte die Wirkung von verschiedenen Blühstreifentypen auf Vegetation, Vögel und Tagfalter im Vergleich zu Feldsäumen evaluiert werden, wozu sich drei weitere Forschungsfragen anschlossen:

5. Wie unterscheiden sich das Artenvorkommen und die Vegetation der verschiedenen Blühstreifentypen von denen der Feldsäume?
6. Welche artengruppenübergreifenden und -spezifischen Empfehlungen zur Anlage von Blühstreifen können abgeleitet werden?
7. Welchen naturschutzfachlichen Wert haben die verschiedenen Blühstreifentypen im Vergleich zu Feldsäumen?

Einen zentralen Bestandteil der Dissertation bilden mehrjährige Feldstudien im Landkreis Rotenburg (Wümme), einer Region, in der sich die Problematik des Energiepflanzenanbaus zuspitzt. Der Landkreis Rotenburg (Wümme) ist niedersachsenweit der Landkreis mit dem zweithöchsten Flächenbedarf für Energiepflanzenanbau zur Biogaserzeugung und zählt zudem deutschlandweit zu einer der Schwerpunktregionen für den Maisanbau.

In zwei Wintern (2012/13 und 2013/14), zwei Sommern (2013 und 2014), einem Herbst (2013) und einem Frühling (2014) wurden Vegetationsmerkmale, Brut-, Wintervögel und Tagfalter auf Blühstreifen (n=20) und auf Feldsäumen (n=20) erfasst. Die verschiedenen Blühstreifentypen umfassten die Saatgutmischungen (Rotenburger Mischung 2012 und Rotenburger Mischung 2013), die Lage (freie Landschaft und entlang von Baumreihen), die Breite (Blühstreifen mit 6 m Breite und Blühflächen mit einer Breite von 30-80 m) und die Standzeit (erstes und zweites Standjahr). Als Referenzflächen wurden Feldsäume entlang von Maisschlägen und entlang der Blühstreifen im ersten und zweiten Standjahr erfasst.

Die Erfassung der Vegetation (Blühaspekt, Artenlisten und Struktur) erfolgte anhand von Transekten oder Probequadraten. Die faunistischen Erfassungen erfolgten anhand von Linien-Transektkartierungen, wobei Artenanzahl (als Maß für Artenvielfalt) und Individuenanzahl (als Maß für Häufigkeiten/Nutzungsintensitäten) aufgenommen wurden. Die Analyse zu den Auswirkungen der Blühstreifentypen auf die Avifauna und Tagfalter erfolgte durch statistische Paarvergleiche zu den Arten- und Individuenzahlen der verschiedenen Blühstreifentypen und Referenzflächen. Die Vögel wurden in den Wintern 2012/13 und 2013/14 sowie im Sommer und Herbst 2013 zusätzlich durch Fotofallen mittels intervall-getakteter Serienbildfunktion von 20 Sekunden erfasst. Um die Vogelerfassung mittels Fotofallen einschätzen und verbessern zu können, wurden die Ergebnisse der Fotofallenerfassung mit denen der üblich angewandten Linien-Transektkartierung kalibriert, die auf den gleichen Untersuchungsflächen und zum gleichen Zeitraum durchgeführt wurden. Der Methodenvergleich erfolgte über lineare gemischte Modelle und Paarvergleiche.

Basierend auf einer Literaturrecherche und einer Hauptkomponentenanalyse wurden für die Faktorenanalyse verschiedene Umweltvariablen identifiziert, die mit hoher Wahrscheinlichkeit das Vorkommen von Tagfaltern bestimmen: Untersuchungsjahr, Breite der Untersuchungsfläche, Standzeit der

Blühstreifen, Offenbodenanteil, dominierende Vegetationshöhe, maximale Vegetationshöhe, Anzahl blühender krautiger Pflanzen, Anzahl blühender krautiger Pflanzen der Blütmischung, angrenzende Flächen, Habitat-Diversität und Konnektivität der umliegenden Landschaft. Diese Variablen wurden in den Feldstudien erfasst bzw. aus topografischen Karten und Luftbildern ermittelt. Durch lineare gemischte Modelle wurde der Effekt dieser Variablen jeweils für Blühstreifen und für Feldsäume getestet.

Im Rahmen der Dissertation konnte klar belegt werden, dass Blühstreifen einen wichtigen Beitrag zur Förderung der Tagfalter- und Avifauna in der Agrarlandschaft leisten. Mit Ausnahme einer Art wurden alle auf Blühstreifen und Feldsäumen im Winter- und Sommerhalbjahr mittels Linien-Transektkartierung nachgewiesenen 29 Vogelarten auf den Blühstreifen nachgewiesen. Dagegen konnten auf den Feldsäumen im Sommer nur die Hälfte der insgesamt nachgewiesenen Vogelarten beobachtet werden, im Winter nur knapp ein Drittel. Zudem wurden Wintervögel wesentlich häufiger auf den Blühstreifen beobachtet als auf den Feldsäumen. Die statistischen Paarvergleiche zwischen den verschiedenen Blühstreifentypen und Feldsäumen ergaben bei vielen Kombinationen signifikante Unterschiede, sowohl im Sommer- als auch im Winterhalbjahr und sowohl beim gesamten Artenspektrum als auch bei den Agrarvogelarten. Die Methoden-Kombination von Fotofallen und Linien-Transekten sicherte dieses Ergebnis ab: Denn sowohl mit Kamerafallen als auch mit Linien-Transekten konnten in den Blühstreifen signifikant mehr Arten nachgewiesen werden als in den Feldsäumen (im Durchschnitt über die verschiedenen Jahreszeiten; Kamerafalle $p=0,0471$, Linien Transekte $p=0,0005$).

Auf den Blühstreifen wurden ebenso alle insgesamt – auf Blühstreifen und Feldsäumen – nachgewiesenen 20 Tagfalterarten beobachtet, fünf davon sogar ausschließlich dort. Keine Tagfalterart wurde dagegen ausschließlich auf den Feldsäumen beobachtet. Die Blühstreifen wurden von Tagfaltern zudem auch deutlich intensiver genutzt als die Feldsäume. Die statistischen Paarvergleiche zwischen den Blühstreifentypen und den Feldsäumen ergaben auch bei den Tagfaltern (Arten- und Individuenzahlen) z.T. signifikante Unterschiede.

Die unterschiedliche Breite von Blühstreifen beeinflusste vor allem die Wintervögel. Auf den Blühflächen konnte eine höhere Artenvielfalt und deutlich intensivere Nutzung belegt werden als auf den 6 m breiten Blühstreifen. Für die Agrarvögel und überwiegend pflanzenfressenden Vogelarten waren die Unterschiede zum Häufigkeitsindex nahezu signifikant ($p=0,056$), ebenso nutzten Rote-Liste-Arten die Blühflächen intensiver. Außerdem reduzierten sich die Vogelbeobachtungen auf den Blühflächen über den Verlauf des Winterhalbjahrs hinweg weniger stark als auf den anderen Blühstreifentypen, zum Teil mit signifikanten Unterschieden. Tagfalter nutzten die Blühstreifen auch viel intensiver als die Blühflächen, aber im Hinblick auf die Artenanzahl hatte die Breite keinen Einfluss.

Das Alter der Blühstreifen wirkte sich vorwiegend auf die Tagfalterfauna und die Vegetation aus. Die Tagfaltervorkommen waren auf den Blühstreifen im ersten Standjahr deutlich höher als auf denen im zweiten Standjahr. Für den Häufigkeitsindex waren die Unterschiede signifikant ($p=0,04$), für die Artenzahl nahezu signifikant ($p=0,07$). Die Blühstreifen im ersten Standjahr wiesen ein höheres Blütenangebot auf als die im zweiten Standjahr, wobei sich das gute Auflaufen der Blütmischung im ersten Standjahr für die Ausprägung im Folgejahr als wichtig erwies. Zudem belegen die Analysen zur Vegetationsentwicklung, dass die Blühstreifen je nach Standzeit unterschiedliche strukturelle und floristische Merkmale aufwiesen und sich im jahreszeitlichen Verlauf optimal ergänzten. Denn das Aufkommen der Vegetation benötigt eine gewisse Zeit, so dass die neu angelegten Blühstreifen erst etwa ab Juli einen Beitrag zum Blüten- und Strukturangebot leisten können. Da aber zum Ende des Sommers

viele krautige Pflanzen der Blühstreifen im zweiten Standjahr bereits verblüht sind, können die Blühstreifen im ersten Standjahr mit ihrer guten Blüten- und Strukturvielfalt den Mangel kompensieren.

Sowohl das lineare gemischte Model für Blühstreifen als auch das für Feldsäume zeigte für die Anzahl der blühenden krautigen Pflanzen einen hoch signifikanten Effekt auf die Tagfaltervorkommen (Arten- und Individuenzahl). Für die Blühstreifen konnte darüber hinaus ein zusätzlicher signifikanter positiver Effekt der blühenden Arten der Blühmischung auf die Tagfalterarten- und Individuenzahl belegt werden und ein negativer signifikanter Effekt der Habitat-Vielfalt der umliegenden Landschaft.

Um die positiven Auswirkungen von Blühstreifen zu optimieren, sind aufgrund dieser Ergebnisse verschiedene Gestaltungsmerkmale zu berücksichtigen:

1,5-jährige Blühstreifen können artengruppenübergreifend empfohlen werden, auch wenn sich dies nicht direkt an Arten- und Individuenzahl der Vogel- und Tagfaltererfassung dieser Studie abzeichnet. Aber es konnte belegt werden, dass Blühstreifen erst ab einer Standzeit von 1,5 Jahren ein kontinuierlich in der Landschaft vorhandenes Blüten- und Strukturangebot und somit Nahrungs-, Deckungs- oder Brutplatzangebot bieten können. Die beiden untersuchten Altersstadien unterschieden sich bezüglich der Pflanzen- und Strukturvielfalt und ergänzten sich im jahreszeitlichen Verlauf ideal. Es empfiehlt sich daher, ein Mosaik verschiedener Standzeiten in einem Landschaftsausschnitt anzulegen, so dass unterschiedliche Altersstadien in räumlich-funktionaler Nähe vorhanden sind. Außerdem ermöglicht nur eine Standzeit von mindestens 1,5 Jahren das vollständige Durchlaufen eines Reproduktionszyklus vieler Insekten, da mit dem Umbruch im Februar die Nachkommen von Insekten vernichtet werden können. Während der Standzeit der Blühstreifen werden dort keine Arbeiten durchgeführt. Mehrjährige Blühstreifen zeichnen sich daher durch eine höhere Störungsfreiheit aus.

Als wesentlicher Aspekt in Bezug auf die Standzeit zeigte sich, dass auch in Folgejahren ein hohes Blütenangebot sichergestellt werden muss. Denn für die Verbesserung der Habitat-Qualität für Tagfalter war primär ein reichhaltiges Blütenangebot entscheidend. Allerdings hatte sich dies im zweiten Standjahr auf einigen Blühstreifen bereits stark reduziert, was deutlich geringere Tagfaltervorkommen zur Folge hatte. Wie zuvor erläutert, darf die Zeitspanne zwischen Aussaat und Umbruch der Blühstreifen keinesfalls zu kurz sein, um den Lebenszyklus der Tagfalter nicht zu stören. Es darf hier also nicht die Konsequenz gezogen werden, dass eine kurze Standzeit der Blühstreifen für Tagfalter bzw. Insekten generell die beste Variante ist. Vielmehr muss das Ziel sein, eine mehrjährige Standzeit und zugleich ein hohes Blütenangebot in den Blühstreifen zu gewährleisten. Da die Sukzession bei gut aufgelaufenen Blühstreifen langsamer voranschreitet, ist eine gute Basis bei der Anlage von Blühstreifen maßgeblich. Um Empfehlungen zur konkreten Standzeit in Kombination mit ggf. erforderlichen Pflegemaßnahmen aussprechen zu können, besteht weiterer Forschungsbedarf, denn in dieser Studie betrug die maximale Standzeit 1,5 Jahre.

Im Hinblick auf die Breite zeigten sich artengruppenspezifische Anforderungen zur Optimierung von Blühstreifen. Für die Vogelwelt empfiehlt sich die Anlage von breiteren Blühflächen, was vor allem die Feldstudien zu den Wintervögeln klar belegen. Im Sommerhalbjahr konnte anhand der Vogeldaten zwar kein entscheidender Einfluss der Breite von Blühstreifen belegt werden, aber andere Studien konnten nachweisen, dass sich das Prädationsrisiko in linearen, schmalen Habitatstrukturen erhöht. Für Blühstreifen bzw. Feldsäume wird daher eine Breite von 10 m bis 40 m empfohlen. Im Rahmen der Dissertation konnte für die Tagfalter belegt werden, dass eine Breite von 6 m ausreichend ist. Zudem hat eine gute Vernetzung der Landschaft, die auch durch eine hohe Anzahl von Blühstreifen in einem

Landschaftsausschnitt gefördert werden kann, einen positiven Effekt auf Tagfalter. Bei gleicher Flächeninanspruchnahme und gleichem Mitteleinsatz kann durch die Anlage von Blühstreifen aber ein wesentlich engeres Netz geschaffen werden als durch die Anlage von Blühflächen, wodurch der Vernetzungseffekt bei Blühstreifen höher ist als bei Blühflächen.

Die umfassende Faktorenanalyse zu den Tagfaltern zeigte, dass der Effekt von Blühstreifen in strukturell einfachen Landschaften am höchsten ist. Dort sollten Blühstreifen gezielt angelegt werden.

Für die Optimierung von Blühstreifen lässt sich zusammenfassen, dass 1,5-jährige Blühstreifen (Standzeit April/ Mai bis Ende September des darauffolgenden Jahres) für die Fauna einen höheren Wert gegenüber überjährigen Blühstreifen (Standzeit April/ Mai bis Ende Februar) haben. Um gezielt die Avifauna zu fördern, empfehlen sich große Blühflächen. Für eine Schwerpunktsetzung auf die Verbesserung der Lebensraumvernetzung sind Blühstreifen effizienter. Ein hohes Blütenangebot kann die positive Wirkung von Blühstreifen für alle Artengruppen noch zusätzlich steigern. Um dem Effekt des Landschaftskontexts und den artengruppenspezifischen Anforderungen gerecht werden zu können, müssen Gebietskulissen erarbeitet und für diese prioritäre Zielsetzungen (Zielarten) formuliert werden.

Zudem konnte deutlich gezeigt werden, dass Blühstreifen für Vögel und Tagfalter einen höheren Wert als herkömmliche Feldsäume haben. Der naturschutzfachliche Wert von Feldsäumen hängt aber stark von deren jeweiliger Ausprägung ab, und die untersuchten Feldsäume wiesen nur eine schlechte bis mäßige Ausprägung auf. Um den Artenverlusten in der Agrarlandschaft entgegen zu wirken, stellt die Verbesserung von Feldsäumen daher ebenfalls eine Option dar. Angesichts der Tatsache, dass das Blütenangebot für Tagfalter der grundlegende Einflussfaktor ist, können Feldsäume in diese Richtung gezielt aufgewertet werden. Der wesentliche Vorteil von Feldsäumen gegenüber den Blühstreifen ist deren kontinuierliches, dauerhaftes Vorhandensein in der Landschaft. Aber auch trotz des rotierenden Prinzips der Blühstreifen ist der naturschutzfachliche Wert von Blühstreifen für die Fauna über dem von strukturarmen Feldsäumen auf nährstoffreichen Standorten einzuordnen, er liegt aber unter dem von struktur- und artenreichen Feldsäumen auf nährstoffärmeren Standorten.

Um das Artenspektrum zuverlässiger zu erfassen, erwies sich die Methodenkombination von Linien-Transsektkartierung (viele Wiederholungen (Tage) mit kurzer Verweildauer auf den Untersuchungsflächen) und Fotofallen (wenige Tagen über dann viele Stunden) als gut geeignet. Durch die Methodenkombination konnten in Blühstreifen und Feldsäumen signifikant mehr Arten nachgewiesen werden. Allerdings hängt der Mehrgewinn der Methodenkombination von dem Lebensraumtyp und der angewandten Methode ab. In Blühstreifen wurden durch die Linientranssekt-Kartierung signifikant mehr Arten erfasst als durch Kamerafallen ($p < 0,000$), so dass die Methodenkombination hier nur einen geringen zusätzlichen Gewinn erbringen konnte. Dahingegen hatte die Methode in den Feldsäumen keinen signifikanten Einfluss auf die Artenzahlen. Beide Methoden trugen zu dem Vorteil der Kombination von Methoden in gleichem Maße bei. Somit eignet sich die Methodenkombination von Fotofallen und Transekt-Kartierungen insbesondere für Untersuchungsgebiete mit geringer Vogeldichte und Vogelaktivität wie z.B. in Feldsäumen.

Abstract

Keywords: flower strips, biodiversity, field studies, camera trapping, winter

The intensification of agriculture is one of the main causes of biodiversity loss, leading to considerable declines in flora and fauna. The plight of biodiversity in the agricultural landscape has been known for a long time, legal conditions for biodiversity conservation are available and various nature conservation measures have already been implemented. Nevertheless, it has so far not been possible to stop biodiversity loss in the agricultural landscape. The contribution of agriculture to biodiversity conservation is essential. Agricultural regions, however, are in conflict with the interests of various users. This situation is aggravated by the long-lasting trend towards increased cultivation of renewable raw materials. Although amendments to the EEG since 2012 (EEG 2012, 2014 and 2017) have counteracted the "biogas boom", there is still a very high land requirement for the cultivation of energy crops. For example, 21% of Germany's farmland is used for the agricultural cultivation of energy crops, with maize as the dominant crop.

These facts undeniably demonstrate that a more efficient design of conservation measures is absolutely necessary. Although an adequate evaluation of existing conservation measures is an indispensable prerequisite, it is not sufficiently implemented. Flower strips are considered as an appropriate measure for the promotion of biodiversity. However, they can be created in many variations, and there is a considerable lack of knowledge about the effects of the different types of flower strips. It is precisely the relevance of individual design variations that is decisive for deriving transferable recommendations. For this reason, a differentiated ecological efficiency control is required for flower strips. Even winter, with its extreme weather conditions, lack of coverage and food scarcity, is a particularly critical time for many animal species. However, year-round studies of flower strips are rare.

In light of these issues, the overall aim of this doctoral thesis is to investigate the effects of different types of flower strips during summer and winter and on different species groups (vegetation, breeding birds, winter birds and butterflies). Field margins were examined as a reference. In this context, the following research questions arise:

1. How does the vegetation (food supplied by flowers, spatial structure) alter due to certain characteristics of flower strips (seed mixture and age) and due to seasonal changes?
2. How do certain characteristics of flower strips (seed mixture, location, width and age) affect the occurrence (number of species and individuals) of breeding birds, winter birds and butterflies?

For a solid knowledge base, two detailed aspects were decisive which were resolved exemplarily for one species group. On the one hand, certain species are often underrepresented due to traditional survey methods with short examinations at study sites. So far, there were no observations of several hours in flower strips. On the other hand, previous studies indicate that various factors of different spatial scales are decisive for the occurrence of species. It can be assumed that the different types of flower strips are not the only factor that determines species diversity of flower strips. These deficits were addressed in the following research questions:

3. What are the advantages and limits of using of time-triggered cameras (continuous shooting function with a short interval of 20 seconds) for bird surveys?

4. Which factors of different spatial scales (local habitat level and landscape context) determine the occurrence of butterflies in flower strips and field margins? What effect do the individual factors have?

Based on the results, three further research questions were raised in order to evaluate the effect of flower strips on vegetation, birds and butterflies compared to field margins:

5. How do species diversity and vegetation of the different types of flower strips differ from those of the field margins?
6. Which cross-species and species-specific recommendations for the creation of flower strips can be derived?
7. What nature conservation value do the different types of flower strips have in comparison to field margins?

A key component of the doctoral thesis are the multi-year field studies in the district of Rotenburg (Wümme), a region in which the problem of energy crop cultivation is intensifying. The administrative district Rotenburg (Wümme) is a district in the federal state of Lower Saxony and has the second highest land requirement for energy crop cultivation for biogas production. It is also one of the main regions for maize cultivation in Germany.

During two winters (2012/13 and 2013/14), two summers (2013 and 2014), one autumn (2013) and one spring (2014), vegetation characteristics, breeding birds, winter birds and butterflies were recorded on flower strips (n=20) and field margins (n=20). The flower strip variation included different seed mixtures (Rotenburger mixture 2012 and Rotenburger mixture 2013), different location (open landscape and along rows of trees), different width (6 m wide flower strips and 30-80 m wide flower strips) and different age (flower strips with a life span of one year (April/May to the end of February) and with a life span of 1.5 years (April/May to the end of September of the following year)). As references, field margins along maize fields and along flower strips in the first and second life spans were recorded.

Transects or sample quadrats were used for the vegetation surveys (species lists, amount of flowering resources and vegetation structure). Line transects were used for faunistic surveys (number of species as a proxy for species richness and number of individuals as a proxy for abundance). The analysis of the effects of the flower strips on the avifauna and butterflies was carried out by statistical pairwise comparisons to the species and individual numbers of the different types of flower strips and references, the field margins. In both winters, summer and autumn of 2013, birds were additionally recorded by time-triggered cameras using a continuous shooting function with a short interval of 20 seconds. In order to assess the results of camera traps and improve this method for use in bird surveys, the results of the camera traps were calibrated with those of the traditionally used line transects, which were conducted on the same study areas and at the same time period. The comparison of methods was carried out using statistical pairwise comparisons and linear mixed-effect models.

For factor analysis, environmental variables likely to be decisive for the occurrence of butterflies were identified. They were identified on the basis of a literature research and a principal component analysis: year of the investigation, width of the study site, age/ life span of flower strips, open-ground proportion, dominant height of vegetation, maximum height of vegetation, number of flowering herbaceous plant species, number of flowering herbaceous plant species of the seed mixture, adjacent areas, habitat diversity and connectivity of the surrounding landscape. These variables were recorded during

the field studies or determined from topographic maps and from orthophotos. Linear mixed models were used to test the effect of these variables for both flower strips and field margins.

The dissertation clearly proved that flower strips make a decisive contribution to the promotion of butterflies and avifauna in the agricultural landscape. All 29 bird species detected by line transects (in flower strips and field margins; during summer and winter) were recorded on the flower strips, with the exception of one species. In contrast, only half of all recorded bird species could be observed on the field margins in summer and in winter only about a third. In addition, winter birds were observed much more frequently on the flower strips than on the field margins. The statistical pairwise comparisons between the different types of flower strips and field margins showed significant differences for many combinations, both in summer and winter and for all species as well as for farmland birds. The combination of methods, camera traps and line transects, confirmed this result: Both camera traps and line transects were able to record significantly more species in the flower strips than in the field margins (on average over the level of season; camera trap $p=0.0471$, line transects $p=0.0005$).

All 20 in total (flower strips and field margins) recorded butterfly species could be observed on the flower strips, five of them solely there. No butterfly species, however, was observed solely on the field margins. Butterflies were also recorded more frequently on flower strips than on field margins. Statistical pairwise comparisons between the different types of flower strips and the field margins also revealed significant differences for the butterflies (number of species and individuals).

The different widths of the flower strips mainly affected winter birds. The wider flower strips (width 30-80 m) had higher species diversity and were used much more frequently than the 6 m wide flower strips. For farmland birds and predominantly herbivorous bird species, the differences in the frequency index were close to significant ($p=0.056$). Red List species were also observed more frequently on the wider flower strips. In addition, bird observations on wider flower strips decreased less than on the other types of flower strips over the course of the winter, in some cases with significant differences. Butterflies were also detected much more frequently on the 6 m wide flower strips than on the wider flower strips. However, with regard to the number of butterfly species, the width had no effect.

The age of the flower strips mainly affected the butterfly fauna and the vegetation. The butterfly occurrences were considerably higher on the flower strips in the first growing season than on those in the second growing season. The differences were significant for the frequency index ($p=0.04$) and close to significant for the number of species ($p=0.074$). The flower strips in the first growing season had a higher number of flowering plants than those in the second growing season. The good growth of the seed mixture in the first year proved to be important for the appearance of flowering plants in the following year. In addition, the analyses of vegetation development showed that the flower strips had different structural and floristic characteristics depending on their life span and complement each other during seasonal change. Since the emergence of the vegetation takes a certain amount of time, the newly created flower strips can only make a contribution to the supply of flowers and structures from around July onwards. At this time, the flower strips in the second growing season can provide a good supply of flowers and structure. However, since many of the flower strips herbaceous plants are already withered at the end of summer in the second growing season, flower strips in their first year with good flower and structure variety can compensate for the lack.

For the number of flowering herbaceous plant species, a highly significant effect on butterfly occurrences (number of species and individuals) was demonstrated both in the linear mixed model for flower strips and in the model for field margins. Furthermore, an additional significant positive effect

of the seed mixture's flowering species on butterflies (number of species and individuals) for the flower strips could be demonstrated, as could a significant negative effect on the habitat diversity in the surrounding landscape.

In order to improve the positive effects of flower strips, various design features must be considered on the basis of these results:

Flower strips with a life span of 1.5 years can be recommended across species groups, even though this was not directly apparent in the occurrence of birds and butterflies in this study. However, flower strips can only provide a continuous supply of flowers and structures in the landscape (and thus food, cover or breeding sites) from a life span of 1.5 years onwards. As the seasonally differentiated analysis of vegetation showed, the different age stages vary in terms of plant and structural diversity and complemented each other most optimally over the course of the season. Therefore, it is optimal that flower strips with different life spans are arranged as a mosaic within a section of landscape, so that different age stages are present in spatial-functional proximity. In addition, only flower strips with a minimum life span of 1.5 years allow many insects to pass through a complete reproduction cycle, as the upheaval in February can completely destroy the offspring of insects. Since no work is carried out during the life span of the flower strips, the disturbance on perennial flower strips is less.

With regard to the age of flower strips, a high supply of flowering resources must be ensured for subsequent years. For the improvement of the habitat quality for butterflies, a high supply of flowering resources was the most fundamental factor. Nevertheless, in the second growing season, the supply of flowers had already been greatly reduced on some flower strips, which also resulted in considerably fewer butterflies. As explained in the previous paragraph, however, the time between sowing and ploughing of the flower strips should not be too short so as not to disturb the life cycle of butterflies. Thus, it must not be concluded that a short life span of flower strips is generally the best variant for butterflies or insects. Rather, the supply of flowering resources in flower strips must be ensured over several years. Since a good growth of the seed mixture can slow down the rapid progress of succession, a good basis is essential for the creation of flower strips. In order to be able to give recommendations on the specific life span of flower strips in combination with any necessary maintenance operations, there is a need for further research as the maximum life span of flower strips in this study was constrained to 1.5 years.

With regard to width, species-specific requirements should be taken into account when improving flower strips. Wider flower strips are particularly suitable for promoting birds, as the field studies on winter birds particularly clearly show. In summer, no decisive influence of width could be demonstrated on the basis of the bird data of this study. However, other studies have shown that the predation risk increases in linear, narrow habitat structures, and thus a width of 10 m to 40 m is recommended for flower strips or field margins. In the context of the dissertation, it could be proven that a width of 6 m is sufficient for the butterflies. In addition, a good connectivity of the landscape, which can be fostered by a high number of flower strips in a landscape section, has a positive effect on butterflies. With the same land use and the same use of funds, a much better network can be created with 6 m wide flower strips rather than with much wider flower strips e.g. on whole fields. Ultimately, a habitat network of 6 m wide flower strips is more efficient.

The comprehensive factor analysis for butterflies showed that the effect of flower strips is highest in structurally simple landscapes. So, flower strips should be applied specifically in such landscapes.

The following can be summarised for the optimisation of flowering strips. 1.5 year-old flower strips have a higher value for fauna than annual flower strips. 6 m wide flower strips are more efficient in improving habitat connectivity. Much wider flower strips are recommended in order to specifically promote the avifauna. A high supply of flowering resources can additionally increase the positive effect of flower strips for all species groups. In order to be able to cope with the landscape context and the species-specific requirements, target areas must be developed and these priority objectives (target species) must be defined.

In addition, for birds and butterflies, it was clearly shown that flower strips have a higher value for nature conservation than field margins. The value for nature conservation of field margins, however, depends strongly on their respective characteristics. The field margins investigated were only poorly structured. In order to counteract the loss of species in the agricultural landscape, the improvement of field margins is therefore also an option. In light of the fact that the supply of flowering resources is the fundamental factor for the occurrence of butterflies, field margins can be upgraded in this direction. The main advantage of field margins over flower strips is their continuous, permanent presence in the landscape. But even despite the rotary principle of flower strips and their related fauna, their value for nature conservation can be classified above that of poorly structured field margins on nutrient-rich sites, but it is lower than that of structurally-rich and species-rich field margins on nutrient-poor sites.

In order to record the bird communities more reliably, the combination of line transects (repetitive over many days with short examinations of the study sites) and camera traps (a few days over many hours) proved to be well suited. When using both methods, the number of recorded species increased significantly in flower strips as well as in field margins. However, the benefits of multi-methods depend on both the habitat type and the applied method. In flower strips, significantly more species were recorded by line transect than by camera trapping and ($p < 0.000$), consequently, the combination of methods only provided a small additional profit. On the other hand, in field margins, the applied method had no significant influence on the number of species and both methods contributed to the advantage of the combination of methods to an equal extent. Thus, the combination of camera trapping and line transects is particularly suitable in study sites with low avian activity, like field margins.

1 Einleitung und Hintergrund

Über die Hälfte der Landesfläche der Bundesrepublik Deutschland wird landwirtschaftlich genutzt (DESTATIS 2017). Agrarlandschaften stellen wichtige Lebensräume für zahlreiche wildlebende Tiere und Pflanzen dar, endemische und gefährdete Arten eingeschlossen (EEA 2010; STOATE et al. 2009). Dementsprechend trägt die Landwirtschaft eine hohe Verantwortung und hat einen erheblichen Einfluss auf die Biodiversität (BMUB 2015). Der Beitrag der Landwirtschaft zum Schutz der Biodiversität ist somit unerlässlich (TSCHARNTKE et al. 2005).

Bereits seit Mitte des 20. Jahrhunderts erfährt die Landwirtschaft einen wesentlichen Wandel (BAESSLER & KLOTZ 2006; ECKART & WOLLKOPF 1994; STOATE et al. 2001; VOIGTLÄNDER et al. 2001). Die Modernisierung und Intensivierung der landwirtschaftlichen Praxis (z.B. Vergrößerung der Ackerschläge, Ausbau des Wegenetzes, Grünlandumbruch, Vereinfachung der Fruchtfolgen, erhöhter Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden) führte zu erheblichen Verlusten von Lebensräumen, zur Fragmentierung von Lebensräumen (z.B. Verlust von strukturbildenden Elementen wie Hecken, Feldrainen) und zur Reduktion der Lebensraumqualität (z.B. durch Nährstoff- und Pestizidbelastung). Das einst feingliedrige Landnutzungs mosaik der Kulturlandschaft entwickelte sich zu einer homogenen Agrarlandschaft mit wenig verbleibenden natürlichen oder halbnatürlichen Landschaftselementen (BAESSLER & KLOTZ 2006; TSCHARNTKE et al. 2005). Zugleich stehen Agrarregionen im Spannungsfeld verschiedener Nutzungsinteressen. Denn landwirtschaftliche Flächen werden von verschiedensten Wirtschaftssektoren beansprucht: Erzeugung von Nahrungs-, Futtermitteln und nachwachsenden Rohstoffen sowie Flächeninanspruchnahme durch Siedlung-, Infrastruktur- und Verkehrsprojekte (BMEL 2015).

Durch den langjährigen Trend des vermehrten Anbaus nachwachsender Rohstoffe (NaWaRo) verschärfen sich die Nutzungskonflikte, und die Intensivierung der Landschaft schreitet weiter fort (DBFZ 2011). Der drastische Flächenzuwachs von NaWaRo-Anbauflächen ist auf die administrativen Rahmenbedingungen des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) zurückzuführen. Vor allem die Novellierung des EEGs von 2004 und 2009 (EEG 2004, 2009) führten innerhalb einer kurzen Zeitspanne zu einer sehr hohen Anlagendichte und einem hohen Biomassenbedarf, da dort durch erhöhte Vergütungssätze für Strom aus regenerativen Energien verstärkte Anreize zur Nutzung von Energiepflanzen in Biogasanlagen geschaffen wurden (3N 2017; DBFZ 2011; FNR 2016). Die Novellierungen des EEGs seit 2012 (EEG 2012, 2014, 2017) wirkten dem „Biogasboom“ entgegen. Seitdem schreitet der Zuwachs von NaWaRo-Anlagen wesentlich moderater voran (3N 2017). Dennoch besteht für den Anbau von Energiepflanzen nach wie vor ein hoher Flächenbedarf: Der Anbau landwirtschaftlicher Nutzpflanzen zur Energiegewinnung nimmt 15 Prozent der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland ein bzw. etwa 21 Prozent der Ackerfläche in Deutschland (HEMMERLING et al. 2017). Unter den Energiepflanzen dominiert Mais (DBFZ 2011; HEMMERLING et al. 2017), und vielfach wird die Problematik der „Vermaisung“ der Landschaft diskutiert (LINHART & DHUNGEL 2013).

Zahlreiche Studien konnten bereits belegen, dass die Intensivierung der Landwirtschaft einen erheblichen Rückgang des Artenreichtums von Flora und Fauna zur Folge hat; oftmals wird sie als eine der Hauptursachen des Biodiversitätsverlusts genannt (BAESSLER & KLOTZ 2006; BIRDLIFE INTERNATIONAL 2013a; BRITAIN et al. 2010; BUBOVÁ et al. 2015; DONALD et al. 2001; EEA 2010; FLADE et al. 2011; FOX et al. 2015; GEIGER et al. 2010; GÜNTHER et al. 2005; HEIßENHUBER et al. 2015; TSCHARNTKE et al. 2005; WARREN et al. 2001; WILSON et al. 1999). Durch die oben dargestellte „Energie-Agrarwende“ und die Abschaffung der obligatorischen Flächenstilllegungen hat sich die Lage noch verschärft (DZIEWIATY et al. 2013; FLADE 2012; FLADE & SCHWARZ 2013; STOATE et al. 2009). Ein entscheidender Punkt ist, dass bereits

1985 in einem Sondergutachten des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU 1985) der Artenrückgang infolge der Intensivierung der Landwirtschaft dargelegt und Empfehlungen zur Minderung der negativen Auswirkungen der Landwirtschaft formuliert wurden, die u.a. eine umweltschonende Landwirtschaft beinhalteten (siehe auch ARNDT et al. 2015; HEIßENHUBER et al. 2015). Zwischenzeitlich wurden zahlreiche gesetzliche Rahmenbedingungen zum Biodiversitätsschutz geschaffen. Z.B. wird in der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt die deutliche Erhöhung der Biodiversität in Agrarökosystemen bis zum Jahre 2020 als konkrete Vision für die Landwirtschaft festgehalten (BMUB 2015). Zudem wurde durch Vertragsnaturschutz und Agrarumweltprogramme (AUM) bzw. Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) die natur- und umweltverträgliche landwirtschaftliche Praxis gezielt gefördert. Trotz alledem konnte der Biodiversitätsverlust in der Agrarlandschaft bis heute nicht gestoppt werden (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2013b; HEIßENHUBER et al. 2015; KLEIJN et al. 2011).

Nutzungskonflikte, Flächenknappheit und voranschreitender Biodiversitätsverlust in der Agrarlandschaft belegen eindeutig, dass eine effizientere Gestaltung von Schutzmaßnahmen unausweichlich ist (BMUB 2015: 84; EKROOS et al. 2014). Dies setzt eine geeignete Evaluierung der Schutzmaßnahmen voraus, deren Durchführung aber oftmals kritisiert wird (DICKS et al. 2014; KLEIJN & SUTHERLAND 2003). Blühstreifen, die durch die Einsaat einer Saatgutmischung auf Ackerflächen angelegt werden, sind eine aktuell häufig umgesetzte Schutzmaßnahme in der Agrarlandschaft (HAALAND et al. 2011).

Die Erwartungen an Blühstreifen zur Aufwertung der Agrarlandschaft sind vielfältig. So sollen sie z.B. zur Förderung der Biodiversität beitragen (HAALAND & GYLLIN 2010; HUUSELA-VEISTOLA et al. 2016; KIRMER et al. 2016; SUTTER et al. 2017; UYTENBROECK et al. 2015), die Funktion als lineare Vernetzungselemente übernehmen (LFL 2011; STIFTUNG WESTFÄLISCHE KULTURLANDSCHAFT 2016) oder das Landschaftsbild und das Image der Landwirte verbessern (BAUMGARTNER 2005; NENTWIG 2000a).

Es besteht dringender Forschungsbedarf, um Blühstreifen bestmöglich gestalten zu können (UYTENBROECK et al. 2017; ZOLLINGER et al. 2013). Die konkreten Auswirkungen von Blühstreifen auf Biodiversität sind jedoch wenig erforscht, vor allem fehlt es an systematischen Feldstudien, in denen verschiedene Artengruppen zusammen berücksichtigt werden. Faunistische Untersuchungen zur tages- und jahreszeitlichen Nutzung sind methodisch schwierig und aufwendig. Ganzjährige oder ganztägige Beobachtungen in Blühstreifen liegen kaum vor und zudem fehlt es dafür an geeigneten Erfassungsmethoden (z.B. ROBERTS & SCHNELL 2006). Die Übertragung von Ergebnissen anderer halbnatürlicher Lebensräume der Agrarlandschaft auf Blühstreifen ist unzulänglich, da Blühstreifen bisher nicht vorkommende Landschaftselemente darstellen (WAGNER & VOLZ 2014). Zudem können Blühstreifen gezielt in verschiedenen Varianten angelegt werden, so durch die zahlreichen verschiedenen Saatgutmischungen (z.B. Göttinger Mischung, Visselhöveder Insektenparadies, Blühende Landschaft) oder die stark variierende Standzeit der Blühstreifen von wenigen Jahren (LK ROW 2014) bis zu einer Standzeit von zehn oder zwölf Jahren (AVIRON et al. 2011; ZOLLINGER et al. 2013). Der Einfluss einzelner Gestaltungsvariablen ist aber weitgehend unbekannt. Außerdem konnten verschiedene Studien belegen, dass sowohl die lokale Lebensraumqualität als auch der Landschaftskontext das Vorkommen von Arten bestimmen (CARVELL et al. 2011; LUPPI et al. 2018; SCHIRMEL et al. 2018). Es muss davon ausgegangen werden, dass die Artenvielfalt der Blühstreifen nicht allein von den unterschiedlichen Blühstreifentypen bestimmt wird. Aktuell gibt es aber nur wenige Studien, in denen Blühstreifentypen und Landschaftskontext berücksichtigt werden.

Übergeordnetes Ziel der Dissertation ist daher, den konkreten Einfluss verschiedener Blühstreifentypen auf Vegetation, Brutvögel, Wintervögel und Tagfalter zu ermitteln. Ergänzend sollte der naturschutzfachliche Wert der Blühstreifentypen eingeordnet sowie artengruppenübergreifende und -spezifische Möglichkeiten zur Optimierung von Blühstreifen abgeleitet werden. Außerdem sollte der Einsatz von Fotofallen als Erfassungsmethode am Beispiel der Brut- und Wintervögel erprobt und der Einfluss weiterer Umweltfaktoren am Beispiel der Tagfalterfauna analysiert werden. Als Referenzflächen wurden Feldsäume betrachtet.

Die konkreten Zielsetzungen, die Forschungsfragen, das methodische Vorgehen und der Aufbau der Arbeit werden in Kapitel 3 und 4 erläutert. Zuvor werden die dazu erforderlichen fachlichen Grundlagen vermittelt und es wird der Forschungsbedarf eingegrenzt.

2 Fachliche Grundlagen und Stand der Forschung

2.1 Methodik

Die Darstellung des aktuellen Wissenstands zum Themengebiet Blühstreifen basiert auf einer systematischen Literaturrecherche innerhalb der Literatur-Datenbank Web of Science (englische Begriffe) und DNL-online (Datenbank des BfN, deutsche Begriffe), um sowohl die internationale als auch die nationale Ebene zu berücksichtigen. Die Recherche erfolgte mit den Suchbegriffen *flower* strip**, *wildflower* strip**, Blühstreifen, Blühfläche, Buntbrache oder Rotationsbrache in den Kategorien „Titel“, „Zusammenfassung“ und „Schlagwörter“. Berücksichtigt sind die Erscheinungsjahre von 2005 bis 2018. Weitere Publikationen und graue Literatur (z.B. Gutachten, Abschlussberichte) wurden durch das Schneeballsystem ergänzt, wobei zusätzlich geeignete Literaturquellen aufgenommen wurden, die sich durch die Auswertung der Literaturverzeichnisse der gefundenen Artikel ergaben.

2.2 Was sind Blühstreifen?

Blühstreifen werden durch die Einsaat einer Saatgutmischung auf Ackerflächen, an der Schlaggrenze oder auch innerhalb eines Schlages angelegt. Es gibt eine Reihe von Saatgutmischungen, die sich für bestimmte Aussaatzeitpunkte (Frühjahr, Spätsommer), Standzeiten (einjährige und mehrjährige Mischungen) und Standortbedingungen (trockene, frische Standorte) eignen oder im Hinblick auf bestimmte Förderziele (Insekten oder auch speziell Bienen, Wildäsung- und Wilddeckung, Landschaftsbild) entwickelt wurden. Die Saatgutmischungen setzten sich aus Kulturpflanzen und/ oder Wildkräutern zusammen, und auch Gräser können anteilig in der Saatgutmischung enthalten sein. Nicht als Blühstreifen definiert werden hier Einsaaten, die mit ausschließlich aus Gräsern bestehenden Saatgutmischungen angelegt werden (z.B. FIELD et al. 2005).

Die Blühstreifen können entweder streifenförmig oder flächig eingesät werden, wobei letztere als Blühflächen bezeichnet werden. In der vorliegenden Arbeit wird auf diese begriffliche Differenzierung weitgehend verzichtet; unter dem Begriff Blühstreifen sind auch die flächig angelegten Blühflächen zu verstehen. Nur bei den Analysen zum Einfluss der Breite werden die beiden Varianten unterschieden und es wird explizit von Blühflächen gesprochen.

Die Standzeit der Blühstreifen variiert von wenigen Jahren (LK ROW 2014) bis zu fünf Jahren (ML 2018b). In der Schweiz werden Blühstreifen sogar für über 10 Jahre angelegt (AVIRON et al. 2011; KORPELA et al. 2013; NENTWIG 2000a; ZOLLINGER et al. 2013). In der Literatur ebenso wie bei den Saatgutmischungen wird in der Regel nur zwischen einjährigen und mehrjährigen Blühstreifen unterschieden. Im Hinblick auf den naturschutzfachlichen Wert von Blühstreifen ist jedoch eine genauere Differenzierung

der einjährigen Blühstreifen erforderlich. Entsprechend werden hier Blühstreifen, die noch vor dem Winter umgebrochen werden, als einjährige Blühstreifen (Standzeit von Frühjahr bis Herbst) bezeichnet und Blühstreifen, die noch über den Winter hinweg stehen bleiben, als überjährige Blühstreifen (Standzeit von Frühjahr bis Ende Februar). Blühstreifen ab einer Standzeit von 1,5 Jahren (Standzeit von Frühjahr bis Ende September des darauffolgenden Jahres) zählen zu den mehrjährigen Blühstreifen.

Je nach Entwicklung des Blühstreifens oder auch durch eine längere Standzeit können Pflegemaßnahmen in den Blühstreifen erforderlich werden. Diese können die Mahd, die gezielte Bekämpfung einzelner Problemunkräuter, das partielle Mulchen oder im Extremfall – bei zu starker Vergrasung oder Auftreten von Problemunkräutern – auch den Umbruch und die Neueinsaat des gesamten Blühstreifens umfassen (CAUWER et al. 2005; MUCHOW et al. 2007; PYWELL et al. 2011a).

Diese vielen verschiedenen Anlagemöglichkeiten von Blühstreifen führen zu einer mannigfaltigen Palette von Blühstreifentypen.

Blühstreifen können zum einem auf freiwilliger Basis angelegt werden. Es gibt zahlreiche Verbände, Vereine, Organisationen, Landkreise oder Jägerschaften, die die Anlage von Blühstreifen unterstützen (z.B. LK ROW 2014; RAUH & WIESHEU 2012; Stiftung Rheinische Kulturlandschaft, Netzwerk, Blühende Landschaft e.V., Bunte Felder e.V., Fachverband Biogas e.V.). In Deutschland (z.B. Niedersachsen: BS1, BS2; Bayern: KULAP B47, B48) und anderen Ländern (Belgien, Estland, Finnland, Griechenland, Großbritannien, Irland, Niederlande, Österreich, Schweden, Schweiz, Tschechische Republik, s. HAALAND et al. 2011; RUNDLÖF & BOMMARCO 2011) werden Blühstreifen auch als AUM angeboten. Zudem können Blühstreifen im Rahmen des Greenings als ökologische Vorrangfläche (ÖVF) angelegt werden (z.B. Greening-Brache mit aktiver Begrünung, Feldrand- und Pufferstreifen, DZIEWIATY et al. 2013).

Bei den AUM und ÖVF müssen bestimmte Auflagen berücksichtigt werden, und auch bei der Förderung von Verbänden, Vereinen usw. werden bestimmte Auflagen vertraglich festgelegt. Diese betreffen zumeist die Saatgutmischung oder den Aussaatzeitpunkt (AGRIDEA 2017; LK ROW 2014; ML 2018a, 2018b). Es kann auch die Ernte der Blühstreifen und deren Nutzung zur Biogaserzeugung gestattet (STIFTUNG WESTFÄLISCHE KULTURLANDSCHAFT 2016) oder untersagt werden (ML 2018a, 2018b). Der Einsatz von Pestiziden und Dünger in den Blühstreifen ist in der Regel nicht gestattet (AVIRON et al. 2007; LK ROW 2014; ML 2018a, 2018b; STIFTUNG WESTFÄLISCHE KULTURLANDSCHAFT 2016).

In Deutschland wird die Eignung von Blühstreifen als (produktionsintegrierte) Kompensationsmaßnahme (PIK) im Zuge der Eingriffsregelung diskutiert (MANTE et al. 2010; STIFTUNG WESTFÄLISCHE KULTURLANDSCHAFT 2016; TLL 2014). Hierbei ist ein wesentliches Charakteristikum zu beachten: Blühstreifen können mit einem rotierenden Prinzip angelegt werden. D.h. während der Dauer der Kompensation kann der Blühstreifen (nach einer zuvor festgelegten Standzeit) umgebrochen und einer anderen Stelle neu angelegt werden. Die nicht lagegenaue Verpflichtung erhöht die Akzeptanz und Bereitschaft der Landwirte zur Anlage von Blühstreifen. Verschiedene Quellen thematisieren aktuell auch den Wert von Blühstreifen im Hinblick Ökosystemdienstleistungen, wie z.B. die Förderung von Bestäubern (CAMPBELL et al. 2017; SUTTER et al. 2017; SUTTER et al. 2018).

In der deutschsprachigen Literatur sind die Begriffe Blühstreifen und Blühfläche gängig. In der englischsprachigen Literatur gibt es zwar keinen feststehenden Begriff (HAALAND et al. 2011: 61), aber zumeist wird (sown) wildflower strips (WFS) verwendet. In der Schweiz gebraucht man auch die Begriffe Rotationsbrachen für Flächen, die für ein bis zwei Jahre auf den gesamten Ackerschlägen angelegt werden,

oder Buntbrachen für Flächen, die langfristig als Säume entlang von Äckern angelegt werden (PFIFFNER & SCHAFFNER 2000: 41). Seit 2008 wurde noch eine weitere Art von Blühstreifen in das Schweizer Agrarumweltprogramm aufgenommen, die sogenannten „improved field margins“ (IFM) (EGGENSCHWILER et al. 2013; JACOT et al. 2007). Sie werden ebenfalls durch die Einsaat einer Saatgutmischung aus ein-, mehrjährigen Kräutern und einheimischen Gräsern angelegt, wobei hier die jährliche Mahd der Hälfte des Streifens empfohlen wird. Zudem sollen sie dauerhaft in der Landschaft bestehen bleiben und sich zu artenreichen Beständen mit langanhaltendem Blütenangebot entwickeln (JACOT et al. 2005).

2.3 Funktionen von Blühstreifen

Die Anlage von Blühstreifen wird häufig als geeignete Maßnahme zur naturschutzfachlichen Aufwertung der Agrarlandschaft genannt (BERGER & PFEFFER 2011; FENCHEL et al. 2015; NENTWIG 2000b; STIFTUNG WESTFÄLISCHE KULTURLANDSCHAFT 2016). Das Aufwertungspotenzial wird in vielen verschiedenen Bereichen gesehen.

Zum einen können Blühstreifen die Biodiversität der Ackerbiozöosen fördern. Es wird davon ausgegangen, dass durch die Anlage von Blühstreifen neue Lebensräume für Flora und Fauna in der ausgeräumten Agrarlandschaft geschaffen werden bzw. die Habitatqualität verbessert wird (z.B. Flora: CAUWER et al. 2005; EGGENSCHWILER et al. 2004; GÜNTER 2000; HOTZE et al. 2009; KIRMER et al. 2016; PYWELL et al. 2011b; UYTENBROECK et al. 2015; Fauna: AVIRON et al. 2011; HAALAND et al. 2011; HAALAND & GYLLIN 2010; HUUSELA-VEISTOLA et al. 2016; MUCHOW et al. 2007; SUTTER et al. 2017; WAGNER et al. 2014a; ZOLLINGER et al. 2013). Somit sollen Blühstreifen auch dem Lebensraum- und Nahrungsmangel von Bestäubern in der Agrarlandschaft entgegen wirken (z. B. CAMPBELL et al. 2017; CARRECK et al. 1999; KORPELA et al. 2013; OUVARD et al. 2018; SUTTER et al. 2017; SUTTER et al. 2018).

Darüber hinaus wird durch die Anlage von Blühstreifen – als linearen Vernetzungselementen – eine Verbesserung der Lebensraumvernetzung erwartet (LFL 2011; UM & LUBW 2017; STIFTUNG WESTFÄLISCHE KULTURLANDSCHAFT 2016; TLL 2008).

Ein weiterer positiver Einfluss von Blühstreifen wird im Hinblick auf die biologische Schädlingsbekämpfung gesehen, da durch Blühstreifen Nützlinge gefördert werden können (z.B. BALZAN & MOONEN 2014; HATT et al. 2017a; MANSION-VAQUIE et al. 2017; VAN RIJN & WACKERS 2016).

Aber auch in Bezug auf die Jagd sollen Blühstreifen einen positiven Beitrag leisten. Denn sie werden vom Wild als Äsungstreifen und zur Deckung aufgesucht (z.B. KÖPPL et al. 2014; WAGNER et al. 2014b) und tragen zur „Lösung der Bejagungsschwierigkeiten von Schwarzwild im Mais“ bei (RAUH & WIESHEU 2012: 10).

Des Weiteren eignen sich Blühstreifen zur Verbesserung des Landschaftsbilds (BAUMGARTNER 2005; DJV et al. 2014; MELLIFERA E.V. 2011; NENTWIG 2000a; RODE 2016). Zum einen können sie zur Erhöhung der Lebensqualität und zu dem Erholungswert der Landschaft beitragen, was sowohl der Bevölkerung als auch dem Tourismus zugutekommt. Zum andern können sie dadurch auch das Image der Landwirte und Biogasbetreiber aufwerten.

Ferner wirkt sich die Anlage von Blühstreifen positiv auf den Boden und das Grund- und Oberflächenwasser aus (FENCHEL et al. 2015; SCHAFFNER et al. 2000; TLL 2008; WALTER 2014; WEIDINGER 2011). Da auf den Blühstreifen keine Düngung und kein Pflanzenschutzmitteleinsatz stattfinden, die Bodenbearbeitung und der Maschineneinsatz im Vergleich zu Ackerflächen dort wesentlich geringer ist und sie über

einen langen Zeitraum eine Bodenbedeckung aufweisen, verbessern sich durch deren Anlage die natürliche Ertragsfunktion der Böden, der Erosionsschutz und die Wasserqualität.

2.4 Stand der Forschung und Forschungsbedarf

Blühstreifen sind bereits intensiv diskutiert worden: Die Literaturrecherche ergab rund 230 Quellen. Die steigende Anzahl der Publikationen in den letzten Jahren (Abb. 1) belegt die hohe Aktualität und Bedeutsamkeit des Themas. Trotz der kürzeren Zeitspanne liegt die höchste Anzahl von Publikation in dem jüngsten Zeitraum „ab 2015“.

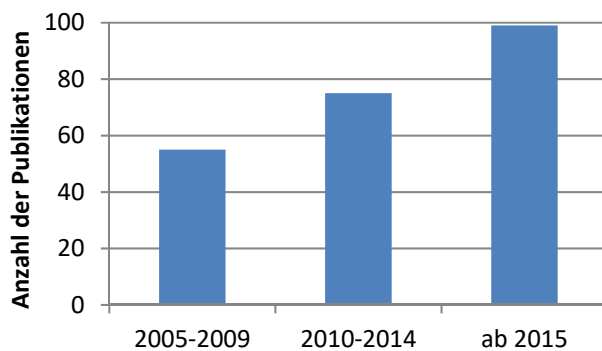


Abb. 1: Anzahl der Publikationen zu Blühstreifen differenziert nach dem Erscheinungsjahr (n=229 Quellen).

Den ersten Schritt zur Herleitung des Forschungsbedarfs bildet die Eingrenzung des aktuellen Forschungsstands (Abb. 2): Studien außerhalb Europas eignen sich aufgrund der biogeografischen Unterschiede nur eingeschränkt als Referenz (Abb. 2, X 1). Da Feldstudien die wissenschaftliche Basis weiterführender Studien darstellen, liegt der Fokus der Dissertation auf Feldstudien. (Abb. 2, X 2). Bei Blühstreifen sind sowohl landwirtschaftliche als auch naturschutzfachliche Belange von Interesse. So verteilen sich die 132 vorliegenden Feldstudien auf verschiedene Bereiche, die unter vier Themenschwerpunkten zusammengefasst werden können: „Artenvielfalt (Flora und Fauna)“, „Natürliche Schädlingsbekämpfung/ Nützlinge“, „Schädlinge für Ackerkulturen“ und „Boden“. Die Dissertation zielt auf die naturschutzfachlichen Aspekte ab, zu denen 93 Veröffentlichungen vorliegen, in denen die floristische und faunistische Artenvielfalt in Blühstreifen untersucht wurden (Abb. 2, X 3). Hierzu zählen auch Studien, die die Artendiversität von Nützlingen in Blühstreifen untersucht und analysiert haben. Denn im Unterschied dazu wurden die dem Themenfeld „Natürliche Schädlingsbekämpfung/ Nützlinge“ zugeordneten Feldstudien nicht auf den Blühstreifen selbst durchgeführt, sondern auf den landwirtschaftlichen Flächen, die sich im Umfeld der Blühstreifen befanden. Zudem standen hier die landwirtschaftlichen Interessen im Vordergrund und nicht Fragen der Artenvielfalt, d.h. Gegenstand der Untersuchung war der Einfluss von Blühstreifen auf die Schädlingsbekämpfungsleistungen, die Auswirkungen von Blühstreifen auf den Ernteertrag in den angrenzenden Kulturen oder die Einwanderung von Nützlingen aus den Blühstreifen in die Kultur (z.B. ALBERT et al. 2017; CAMPBELL et al. 2017; LAMBION & FRANOUX 2017; TOIVONEN et al. 2018; TSCHUMI et al. 2016). Diese Fragen wurden in knapp einem Viertel der Studien thematisiert. Die Auswirkungen von Blühstreifen bezüglich der Förderung von Schädlingen für Ackerkulturen (z.B. Schnecken, Maulwurf) wurde in vier Studien untersucht (z.B. BRINER et al. 2005; HATT et al. 2017b). Allein WEIDINGER (2011) hat die Auswirkungen von Blühstreifen auf Bodeneigenschaften untersucht. Wie im vorherigen Kapitel dargestellt, werden noch weitere positive Auswirkungen von Blühstreifen erwartet, z.B. auf das Oberflächen- und Grundwasser oder das Landschaftsbild. Allerdings liegen hierzu keine Feldstudien vor; diese positiven Auswirkungen können nur aus anderen Erkenntnissen abgeleitet werden.

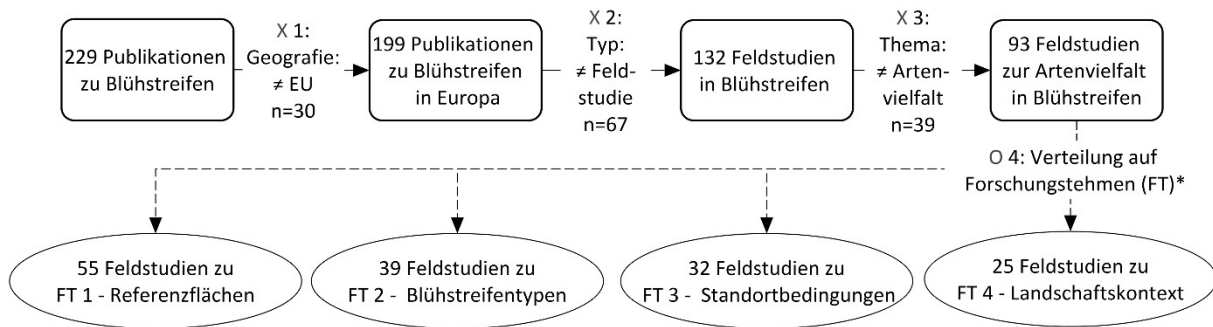


Abb. 2: Herleitung des Forschungsbedarfs Teil 1 (Teil 2 s. Abb. 4): Abgrenzung und Analyse des Forschungsstands. X: Veröffentlichungen wurden ausgeschlossen, n=Anzahl der Veröffentlichungen, O: Differenzierte Analyse der Studien im Hinblick auf die Forschungsthemen (FT), wobei Mehrfachnennungen möglich waren (*).

Die Feldstudien zur Artenvielfalt in Blühstreifen fokussieren unterschiedliche Forschungsthemen (FT, Abb. 2). Die meisten Studien (55 Studien) untersuchten Blühstreifen im Vergleich zu anderen Lebensräumen der Agrarlandschaft (Abb. 2, FT 1 - Referenzflächen). Zumeist wurden herkömmliche Feldsäume, Ackerschläge und Grünland als Referenzflächen herangezogen (z.B. HAALAND & BERSIER 2011; RASRAN et al. 2017; SUTTER et al. 2018; WAGNER et al. 2014a). Blühstreifen können auf vielfältigste Weise angelegt werden (vgl. Kap. 2.2). Unterschiedliche Blühstreifentypen waren daher ein häufiger Untersuchungsgegenstand der Feldstudien (39 Studien, Abb. 2, FT 2 - Blühstreifentypen) ebenso wie die Auswirkungen von Blühstreifen auf die Biodiversität im Zusammenhang mit verschiedenen Standortbedingungen (33 Studien, Abb. 2, FT 3 - Standortbedingungen), die das Blüten-, Nektar- und Pollenangebot, die Vegetationsstruktur und die direkte Umgebung umfassen. In einem großräumigen Landschaftskontext wurden Blühstreifen bisher am wenigsten untersucht (25 Studien, Abb. 2, FT 4 - Landschaftskontext, z.B. GOTTSCHALK & BEEKE 2013; HEARD et al. 2007), und nur einige Studien davon betrachteten auch verschiedene Maßstäbe (z. B. AVIRON et al. 2011; HAALAND & BERSIER 2011; HAENKE et al. 2009; HOLLAND et al. 2015; PYWELL et al. 2006).

Die 93 Veröffentlichungen über Feldstudien zur Artenvielfalt in Blühstreifen verteilen sich aber nicht nur auf verschiedene Forschungsthemen, sondern auch auf verschiedene Artengruppen. Die Anzahl der Studien zu den einzelnen Artengruppen variiert sehr stark (Abb. 3). Flora und Vegetation wurden zumeist auch im Hinblick auf die Habitatqualität für die Fauna erfasst, wodurch sich die mit Abstand höchste Anzahl der Quellen erklärt. Explizite Auswertungen zu Ackerwildkräutern oder der Strukturvielfalt in Blühstreifen sind deutlich seltener (z.B. KIEHL & JESCHKE 2016; KIRMER et al. 2016; WAGNER et al. 2014a). Der Forschungsstand zu Hautflüglern in Blühstreifen ist bereits sehr gut, sie sind die mit Abstand am meisten untersuchte Tierartengruppe (33 Studien). Am häufigsten wurden hier Hummeln und Bienen untersucht (21 bzw. 19 Studien), aber auch zu Wespen und Stechimmen liegen einzelne Veröffentlichungen vor. Die hohe Anzahl der Studien zu Hautflüglern ist auf die aktuelle Problematik des globalen Rückgangs der Bestäuber zurückzuführen (CARVELL et al. 2006a; GOULSON et al. 2008). Blühstreifen werden häufig im Zusammenhang mit der Verbesserung der Lebensraumqualität für Bestäuber diskutiert (Kap. 2.3), wofür sich die Artengruppe der Hautflügler besonders gut anbietet. Aber auch Schmetterlinge, Käfer und Zweiflügler spielen bei der Thematik eine Rolle, und auch für diese Artengruppen liegen mehrere Untersuchungen vor (14 bis 19 Studien). Bei den Zweiflüglern wurden am häufigsten die Schwebfliegen untersucht, bei den Käfern die Laufkäfer. Vögel, Spinnentiere und sonstigen Arthropoden wurden in acht bis elf Studien untersucht. Alle übrigen Artengruppen wurden in nur weniger als fünf Publikationen behandelt. Bei den meisten Untersuchungen wird die Lebens-

raumeignung von Blühstreifen für eine oder zwei ausgewählte Tierartengruppen untersucht. Eine zusammenschließende Betrachtung mehrerer Tierartengruppen erfolgte in nur knapp 9% der Publikationen, wie z.B. in den Studien von WAGNER et al. (2014a), HOLLAND et al. (2015), MUCHOW et al. (2007) und JACOT et al. (2007).

Die in den Blühstreifen durchgeführten faunistischen Erfassungen basieren zumeist auf Erfassungsmethoden, die mit einer kurzen Verweildauer auf den Untersuchungsflächen verbunden sind. Aktuell liegen nur für das Rebhuhn umfangreiche Erfassungen (Transekt-Kartierungen und Telemetrie) im Göttinger Raum vor (GOTTSCHALK & BEEKE 2013).

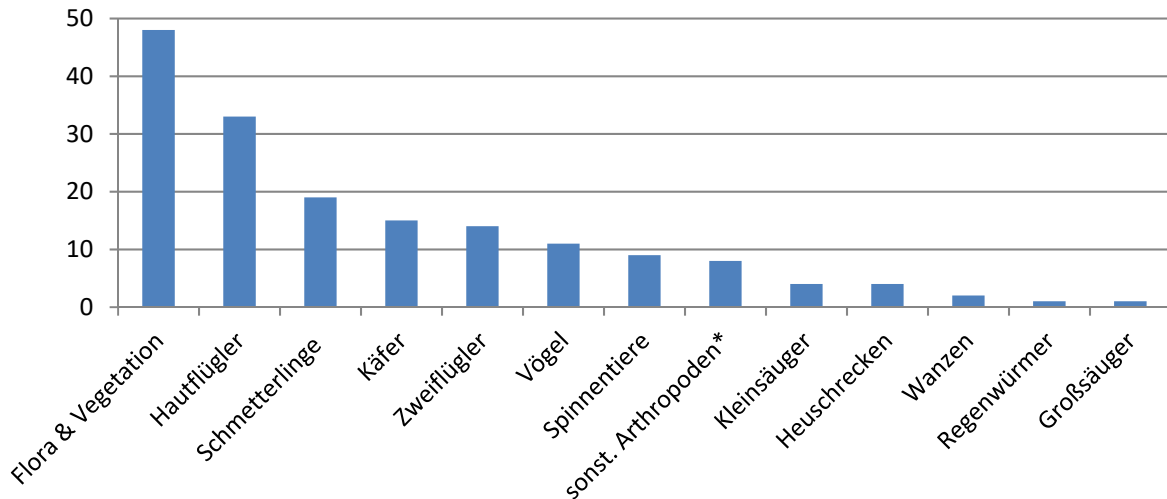


Abb. 3: Untersuchte Artengruppen in Blühstreifen (n=93 Quellen, die Feldstudien zur Artenvielfalt in Blühstreifen durchgeführt haben, Mehrfachnennungen möglich, * sonstige Arthropoden wurden in der Literatur nicht weiter klassifiziert).

Bei der ökologischen Effizienz-Kontrolle von Blühstreifen müssen aber nicht nur die unterschiedlichen Anforderungen der verschiedenen Artengruppen berücksichtigt werden, sondern auch die verschiedenen Blühstreifentypen. Wie die Literaturübersicht in Tabelle 1 für den FT -1 Blühstreifentypen zeigt, ist dies jedoch nur selten erfolgt. Nur fünf Studien (BRAUN-REICHERT 2010; HOLLAND et al. 2015; JACOT et al. 2007; MUCHOW et al. 2007; STAHL & SCHMIDT 2016) haben vier bis sechs verschiedene Artengruppen untersucht, beschränken sich aber auf nur einen Blühstreifentyp. Über zwei Drittel der Studien untersuchen nur einen Blühstreifentyp, knapp ein Drittel zwei verschiedene Blühstreifentypen. Lediglich zwei Studien untersuchen drei verschiedene Blühstreifentypen (KORPELA et al. 2013; NOORDIJK et al. 2010). In den meisten Studien wurden unterschiedliche Blühmischungen untersucht (26 Studien). Ursache ist das vielfältige Angebot von Saatgutmischungen für Blühstreifen (z.B. Göttinger Mischung, MEKA-Mischungen, Visselhöveder Insektenparadies, Blühende Landschaft) sowie die zahlreichen Anbieter (z.B. Deutsche Saatveredelung AG, Saaten Zeller GmbH & Co. KG, Rieger-Hoffmann GmbH). Die beiden anderen Blühstreifentypen wurden ähnlich häufig in 12 bis 15 Studien untersucht.

Tab. 1: Übersicht der Publikationen zur Artenvielfalt in Blühstreifentypen (n=39). Zeile Artengruppen: Anzahl der verschiedenen Artengruppen, die in den Publikationen behandelt wurden. Zeile Blühstreifentypen: Anzahl der verschiedenen Blühstreifentypen, die in den Publikationen behandelt wurden. (Ziffer) bei den jeweiligen Artengruppen bzw. Blühstreifentypen: Anzahl der Publikationen, die die jeweilige Artengruppe bzw. den jeweiligen Blühstreifentyp behandeln.

	STAHL & SCHMIDT 2016	MUCHOW et al. 2007	JACOT et al. 2007	HOLLAND et al. 2015	BRAUN-REICHERT 2010	PYWELL et al. 2011a	FRANK et al. 2009	RAMSEIER et al. 2016b	NOORDIJK et al. 2010	MEINDL et al. 2012	AVIRON et al. 2011	BLAKE et al. 2013	WOODCOCK et al. 2008	HAALAND & BERSIER 2011	FRANK et al. 2012	OPFERMANN et al. 2013	MARSHALL 2007	WOODCOCK et al. 2005	CARVELL et al. 2006b	RAMSEIER et al. 2016a	KORPELA et al. 2013	HAALAND & GYLIN 2010	KIRMER et al. 2016	ZOLLINGER et al. 2013	FRANK et al. 2007	CAUWER et al. 2005	BIRREK et al. 2013	HUIJSELA-VEISTOLA et al. 2016	PACHINGER 2012	FLUGSTALLER et al. 2018	UYTTENBROECK et al. 2017	UYTTENBROECK et al. 2015	GOTTSCHALK & BEEKE 2013	HOTZE et al. 2009	HAENKE et al. 2009	WARZECHA et al. 2018	KIEHL & JESCHKE 2016	HEARD et al. 2007	PYWELL et al. 2006						
Artengruppen	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Flora & Vegetation (25)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X			X						X													
Hautflügler (16)	X	X		X	X		X		X						X				X	X	X								X						X				X	X					
Schmetterlinge (9)		X	X	X	X	X					X		X							X	X																								
Käfer (9)	X	X	X				X					X		X				X							X																				
Zweiflügler (5)	X			X	X																															X	X								
Spinnentiere (5)	X	X	X				X				X																																		
Vögel (3)																								X		X								X											
Wanzen und Zikaden (3)	X						X																				X																		
sonst. Arthropoden* (2)								X	X																																				
Heuschrecken (2)			X															X																											
Blühstreifen - typen	1	1	1	1	1	1	2	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Saatgut-mischung (26)	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alter (15)	X					X		X	X	X			X	X							X	X	X	X	X	X	X																X		
Flächengröße (12)						X		X	X								X				X	X	X	X	X	X	X	X							X										

Üblicherweise werden Vögel und Tagfalter bei naturschutzfachlichen und ökologischen Fragestellungen häufig untersucht, da sie gut zu erfassende Artengruppen sind, für die ein fundiertes ökologisches Fachwissen und standardisierte, erprobte Erfassungsmethoden vorliegen. Umso erstaunlicher ist ihr geringer Erfassungsstand in den Blühstreifen, insbesondere der zur Avifauna (Abb. 4). Zu den meisten Forschungsthemen liegen nur zwei bis vier Studien zu Brutvögeln vor und nur zu FT 1- Referenzflächen gibt es sieben Studien über Brutvögel. Hier muss zudem berücksichtigt werden, dass sich einige Studien auf einzelne Arten konzentrieren, so wird z.B. in der Studie von GOTTSCHALK & BEEKE (2013) nur das Rebhuhn betrachtet. Im Hinblick auf die Brutvögel ist allerdings noch die Studie von STAHL & SCHMIDT (2016) zu nennen. Darin werden zwar die Flora und Arthropoden in Blühstreifen untersucht, aber das Forschungsvorhaben zielt auf die Verbesserung des Nahrungs- und Deckungsangebots für Vögel in der Agrarlandschaft ab. Bei fast allen Studien zur Avifauna liegt der Forschungsfokus auf dem Brutzeitraum. Zu Wintervögeln liegen insgesamt nur zwei Studien zu FT 1 - Referenzflächen vor. Und auch nur WAGNER (2014) hat Wintervögel auf Blühflächen im Vergleich zu Maisäckern in Bayern untersucht. Die Studie von BUNER et al. (2005) aus der Schweiz beschränkt sich auf das Rebhuhn, das dort auf Blühstreifen im Vergleich zu anderen Habitaten der Agrarlandschaft im Winter erfasst wurde. Zudem wurde die Avifauna mit einer unterschiedlichen Erfassungsgenauigkeit untersucht, und einzelne Ergebnisse können nur als „richtungsweisend gewertet werden, da ihnen keine nach wissenschaftlichen Kriterien

erhobenen Daten zu Grunde liegen“ (KELM 2012: 7). Mit 15 Studien zählt auch bei den Tagfaltern FT 1 - Referenzflächen zu den am besten untersuchten. Aber auch auf verschiedenen Blühstreifentypen (FT 2) wurden noch vergleichsweise viele Studien zu Tagfaltern durchgeführt (9 Studien). Zu den beiden anderen Aspekten (FT 3 - Standortbedingungen und FT 4 - Landschaftskontext) ist die Anzahl mit vier bis sechs Studien am geringsten. Flora und Vegetation wurden in allen Themenbereichen am häufigsten untersucht. Allerdings ist wieder zu beachten, dass in nur wenigen Studien der Forschungsschwerpunkt explizit auf der Flora liegt (z.B. CAUWER et al. 2005; HOTZE et al. 2009; KIEHL & JESCHKE 2016; KIRMER et al. 2016; UYTENBROECK et al. 2015; UYTENBROECK et al. 2017). In dem Großteil der Studien wurde die Flora zur Charakterisierung der Habitate im Hinblick auf faunistische Erhebungen durchgeführt. So trifft auf fast alle Studien, die mehrere Artengruppen betrachten, stets die Kombination von einer Tierartengruppe mit der Flora und Vegetation zu (Tab. 1).

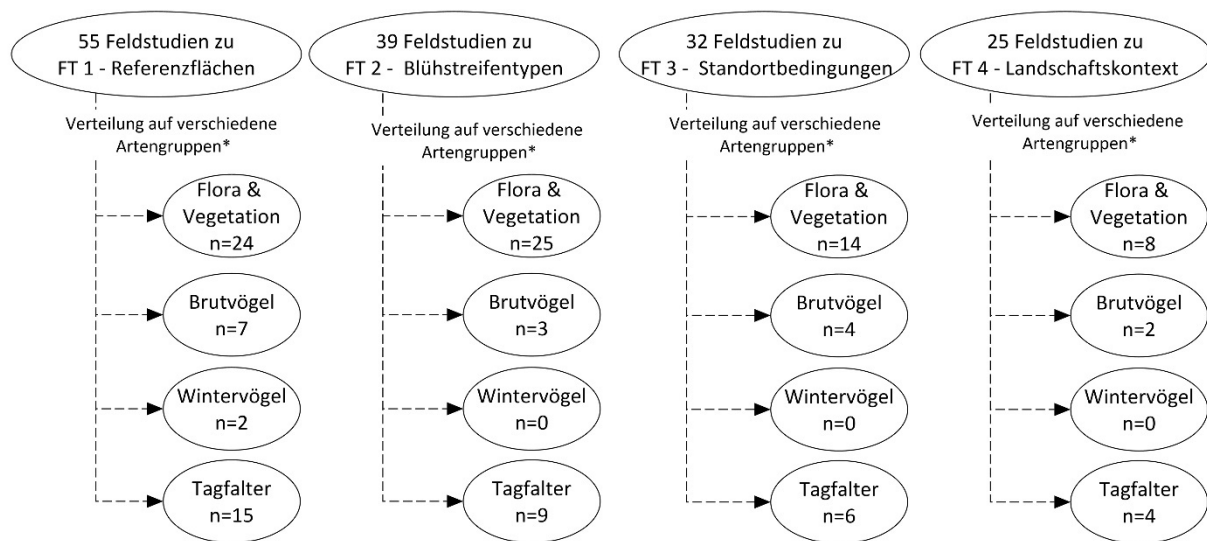


Abb. 4: Herleitung des Forschungsbedarfs Teil 2 (Teil 1 s. Abb. 2): Darstellung des Forschungsstands zu ausgewählten Artengruppen und differenziert nach den vier Forschungsthemen (FT), wobei Mehrfachnennungen möglich waren (*).

Anhand der vorliegenden Feldstudien konnte belegt werden, dass Blühstreifen im Vergleich zu anderen Strukturen in der Agrarlandschaft einen positiven Einfluss auf verschiedene Artengruppen haben (CAMPBELL et al. 2017; JONSSON et al. 2015; WAGNER et al. 2014a).

Wenig erforscht sind allerdings die konkreten Faktoren, die das Aufwertungspotenzial der Blühstreifen ausmachen. Erschwerend kommt hinzu, dass Blühstreifen in einer Vielzahl verschiedener Varianten gestaltet werden können (Saatgutmischung, Standzeit, usw.), welche die Biodiversität in Blühstreifen unterschiedlich beeinflussen können. In Relation zu den insgesamt vorliegenden Veröffentlichungen ist der Anteil von Feldstudien, die verschiedene Blühstreifentypen untersucht haben, mit 17% sehr gering (n=39). Aber gerade das Wissen über den ökologischen Wert einzelner Blühstreifentypen ist entscheidend, um konkrete und übertragbare Handlungsempfehlungen ableiten zu können. Ein weiterer Gesichtspunkt kommt hinzu: Studien, die Faktorenanalysen zum Artenvorkommen in den Blühstreifen durchgeführt haben, zeigen, dass die relevanten Faktoren auf zwei Maßstäben liegen. Zum einen sind die konkreten Standortbedingungen (Blüten-, Pollen- und Nektarangebot, Vegetationsstruktur und angrenzende Strukturen) des Lebensraums entscheidend (z.B. VAN RIJN & WACKERS 2016; ZURBRUGG & FRANK 2006). Zum anderen beeinflusst der großräumigere Landschaftskontext die Artenvielfalt (z.B. CARVELL et al. 2011; HEARD et al. 2007; HERBERTSSON et al. 2018; HOFFMANN et al. 2018). Studien, die bei der Faktorenanalyse beide Maßstäbe berücksichtigt haben, sind selten (13 Studien, z.B. BURGIO & SOMMAGGIO 2007; FABIAN et al. 2013; FISCHER & WAGNER 2016; SCHEPER et al. 2015; SCHIRMEL

et al. 2018). Auf den Einfluss von Blühstreifen für die Biodiversität wirken sich aber alle Faktoren aus. Zudem stellen Blühstreifen für verschiedene Artengruppen mit unterschiedlichen Habitatanforderungen potenziell geeignete Habitate dar. Erhebliche Wissensdefizite zur Eignung von Blühstreifen als Lebensraum bestehen vor allem für Wintervögel. Aber auch Brutvögel und Tagfalter wurden in bisherigen Studien zur Artenvielfalt in Blühstreifen erstaunlich selten untersucht.

Fundierte Kenntnisse zu den (Wechsel-)Wirkungen der einzelnen Faktoren sind die essentielle Basis, um Empfehlungen zur effizienten Gestaltung von Blühstreifen ableiten zu können. Auch ZOLLINGER et al. (2013) und UYTENBROECK et al. (2017) formulieren einen dringenden Forschungsbedarf zur Optimierung von Blühstreifen. Kenntnisse solcher Optimierungsmöglichkeiten ermöglichen zudem, das Ausmaß des positiven Einflusses von Blühstreifen zu identifizieren. Hier sehen CAMPBELL et al. (2017) erhebliche Wissenslücken.

Außerdem besteht dringender Forschungsbedarf, ob durch Erfassungsmethoden mit einer ganztägigen Beobachtungsdauer der Untersuchungsflächen ein anderes Artenspektrum nachgewiesen werden kann als durch traditionelle Erfassungsmethoden mit kurzer Verweildauer auf den Untersuchungsflächen (Transekt-Kartierungen, Punkt-Stopp-Zählungen). Für Erfassungen mit einem langen Beobachtungszeitraum bietet sich der Einsatz von Fotofallen an. Doch zur besseren Evaluierung der Ergebnisse von Fotofallen-Studien besteht dringender Forschungsbedarf. BURTON et al. (2015), GLEN et al. (2013) und PIRIE et al. (2016) fordern daher einen multiplen Methoden-Ansatz, d.h. die Ergebnisse von Fotofallen-Erfassungen mit den Ergebnissen von Erfassungen, die gleichzeitig mit anderen, traditionellen Methoden durchgeführt wurden, abzugleichen.

3 Zielsetzung, Forschungsfragen und Vorgehen

3.1 Zielsetzung und Forschungsfragen

Wie die differenzierte Betrachtung des Forschungsstands zeigt, bestehen erhebliche Forschungsdefizite zu den Einflüssen verschiedener Blühstreifentypen auf unterschiedliche Artengruppen. Vor allem die Avifauna, aber auch die Tagfalter wurden in Blühstreifen bisher nur selten untersucht.

Das übergeordnete Ziel der Dissertation ist daher, die konkreten Auswirkungen verschiedener Blühstreifentypen auf Vegetation, Brutvögel, Wintervögel und Tagfalter zu ermitteln.

Dafür war es zunächst erforderlich, eine fachlich fundierte Bewertungsgrundlage für verschiedene Artengruppen in mehrjährigen Feldstudien zu erheben. Die dargestellten Wissensdefizite stellten zudem zwei weitere Detailspekte heraus, die beispielhaft für jeweils eine Tierartengruppe aufgelöst wurden. Brut- und Wintervögeln sollten erstmalig ganztägig auf Blühstreifen und Feldsäumen mittels intervallgetakteter Fotofallen (Serienbildfunktion) beobachtet werden. Über einen Methodenvergleich (Linien-Transektkartierung vs. Fotofallen) sollte der Einsatz von Fotofallen zur Erfassung der Avifauna evaluiert werden. Am Beispiel der Tagfalterfauna sollte eine umfassende Faktoren-Analyse erfolgen, die neben den verschiedenen Blühstreifen noch weitere Umweltvariablen einbezieht. Um die ökologische Effizienz von Blühstreifen einordnen zu können, ist der Vergleich zu Referenzflächen, hier: Feldsäumen, entscheidend. Auf den Ergebnissen aufbauend können abschließend Empfehlungen zur optimalen Gestaltung von Blühstreifen formuliert und der naturschutzfachliche Wert abgeleitet werden.

Unter diesen Prämissen lassen sich folgende Forschungsfragen ableiten:

1. Wie verändert sich die Vegetation (Blütenangebot, Raumstruktur) durch verschiedene Gestaltungsvariablen von Blühstreifen
 - a. Saatgutmischungen
 - b. Standzeit
 - c. und wie im jahreszeitlichen Verlauf?
2. Wie sind die Auswirkungen bestimmter Gestaltungsvariablen von Blühstreifen (Saatgutmischung, Lage, Breite und Standzeit) auf das Vorkommen (Arten- und Individuenzahlen) von
 - a. Brutvögeln
 - b. Wintervögeln und
 - c. Tagfaltern?
3. Welche Möglichkeiten und Grenzen bietet der Einsatz von Fotofallen (Serienbildfunktion) zur Erfassung von Vögeln im Sommer- und Winterhalbjahr?
4. Welche weiteren Faktoren verschiedener Maßstäbe (lokale Habitat-Ebene und Landschaftskontext) bestimmen das Vorkommen von Tagfaltern in Blühstreifen und Feldsäumen? Welche Relevanz haben die einzelnen Faktoren?
5. Wie unterscheiden sich das Artenvorkommen und die Vegetation der verschiedenen Blühstreifentypen von denen der Feldsäume?
6. Welche artengruppenübergreifenden und -spezifischen Empfehlungen zur Anlage von Blühstreifen können abgeleitet werden?
7. Welchen naturschutzfachlichen Wert haben die verschiedenen Blühstreifentypen im Vergleich zu Feldsäumen?

3.2 Vorgehen

Basis der Dissertation stellen die mehrjährigen Feldstudien in Blühstreifen und Feldsäumen im Landkreis Rotenburg (Wümme) im Norden Niedersachsens dar, da sich hier die Problematik des Energiepflanzenanbaus zuspitzt. Rund 70% seiner Gesamtfläche werden landwirtschaftlich genutzt (LSN 2018) und aktuell werden dort auf ca. 20% der landwirtschaftlich genutzten Fläche Energiepflanzen für die Biogaserzeugung angebaut. Mit 141 Biogasanlagen als NaWaRo-Anlagen weist Rotenburg (Wümme), nach dem Landkreis Emsland mit 168 NaWaRo-Anlagen (Stand 2016), den höchsten Anlagenbestand in Niedersachsen auf (3N 2017). Da Mais zu den Hauptenergiepflanzen zählt, wird auf rund 40% der landwirtschaftlich genutzten Fläche Mais angebaut, so dass dieser Landkreis deutschlandweit zu einer der Schwerpunktregionen für den Maisanbau zählt (DMK 2016).

Entsprechend den herausgearbeiteten Forschungsdefiziten lag der Schwerpunkt auf Vögeln, Tagfaltern und der Vegetation. Agrarvögel stellen zudem die Vogelartengruppe dar, die deutschland- und europaweit am stärksten von andauernden Bestandsrückgängen betroffen sind (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2013a; DONALD et al. 2001; FLADE et al. 2011; NEWTON 2004; WAHL et al. 2015; WILSON et al. 2009). Aber gerade im Zusammenhang mit dem Rückgang von Bestäubern in der Agrarlandschaft werden häufig auch Tagfalter thematisiert (BUBOVÁ et al. 2015; EEA 2010; FOX et al. 2015; POTTS et al. 2010; WARREN et al. 2001). Da Tagfalter sehr schnell auf die Veränderung der Lebensraumqualität reagieren, sind sie besonders von der Intensivierung der Agrarlandschaft betroffen (HAMBLER et al. 2011; THOMAS et al. 2004; WARREN et al. 2001). Sogar weit verbreitete Tagfalterarten weisen starke Bestandsrückgänge auf (DYCK et al. 2009; FOX et al. 2015; LEON-CORTES et al. 2000; LEÓN-CORTÉS et al. 1999; WALLISDEVRIES et al. 2012). Die Aufnahme der Vegetation ist erforderlich, um auch die faunistischen Daten umfassender interpretieren zu können.

In zwei Wintern (2012/13 und 2013/14), zwei Sommern (2013 und 2014), einem Herbst (2013) und einem Frühling (2014) wurden Vegetation, Brut- und Wintervögel und Tagfalter erfasst (Tab. 2). Die Erfassung der Vegetation (Blühaspekt, Artenlisten und Vegetationsstruktur) erfolgte anhand von Transekten oder Probequadraten. Die faunistischen Erfassungen erfolgten anhand von Linien-Transektkartierungen, wobei Artenanzahl (als Maß für Artenvielfalt) und Individuenanzahl (als Maß für Häufigkeiten/ Nutzungsintensitäten) aufgenommen wurden. Die Vögel wurden in den Wintern 2012/13 und 2013/14 sowie im Sommer und Herbst 2013 zusätzlich durch Fotofallen mittels intervall-getakteter Serienbildfunktion von 20 Sekunden erfasst, d.h. die Kameras lösten unabhängig vom Bewegungsmelder alle 20 Sekunden automatisch aus.

Tab. 2: Übersicht zu den Zeiträumen, zum Untersuchungsgegenstand und zur Erfassungsmethode der Feldstudien.

	Winter 2012/13	Sommer 2013	Herbst 2013	Winter 2013/14	Frühling 2014	Sommer 2014	Erfassungsmethode
Vegetation	x	X	x	X	x	x	Zufalls-Quadrate, Transkete
Vögel	x	X	x	X	x	x	Linien-Transekte, Fotofallen
Tagfalter		X				x	Linien-Transekte

Die Untersuchungen wurden auf verschiedenen Blühstreifentypen (Lage, Breite, Standzeit und Saatgutmischung) und Saumtypen als Referenzflächen durchgeführt (Tab. 3).

Tab. 3: Übersicht zu den verschiedenen Blühstreifen- und Saumtypen. n = Anzahl der Untersuchungsflächen, RM = Rotenburger Saatgutmischung 2012 bzw. 2013.

Flächentyp (Abk.)	Jahr	Angrenzende Strukturen		Breite	Standjahr	Saatgutmischung	
		1. Längsseite	2. Längsseite				
B1 (n=5)	Blühstreifen	2012/13	Maisschlag	Baumreihe	6 m	1. Standjahr	
B2 (n=5)							
B3 (n=5)	Blühfläche: Rand	2013		30-80m			
B4 (n=5)					Blühfläche: Mitte		
B5 (n=5)	Blühstreifen	2014		6 m		2. Standjahr	
B6 (n=5)							
B7 (n=5)							
S0 (n=5)	Saum	2012/13		offene Strukturen (liegen in der freien Landschaft)	1-5m	Mehrjährig, dauerhafte Strukturen	
S1 (n=5)		2013					
S2 (n=5)		2014					Blühstreifen 1. Standjahr
S3 (n=5)			Blühstreifen 2. Standjahr				
S4 (n=5)							

Im Winter 2012/13 wurden Blühstreifen untersucht, die in der freien Landschaft lagen, sowie Blühstreifen, die mit einer Längsseite an Baumreihen angrenzten (Tab. 3). Im Jahr 2013 lag der Forschungsschwerpunkt auf der Breite von Blühstreifen. Die Blühstreifen waren 6 m breit, die Breite der Blühflächen variierte zwischen 30 und 80 m. Aufgrund ihrer Breite wurden Blühflächen sowohl am Rand (B3) als auch in der Mitte (B4) erfasst. Im Jahr 2014 lag der Fokus auf der Standzeit der Blühstreifen. Die maximale Standzeit der vom Landkreis Rotenburg (Wümme) geförderten Blühstreifen betrug 1,5 Jahre (LK ROW 2014). Die untersuchten Blühstreifen befanden sich daher im ersten oder zweiten Standjahr. Es wurden zwei verschiedene Blühmischungen untersucht, die sich hinsichtlich der Artenzusammensetzung und der Aussaatstärke unterschieden. 2013 wurden gezielt überwinterte zwei- bis mehrjährige Pflanzenarten ergänzt und die Aussaatstärke von 10-12 kg/ha auf 8 kg/ha verringert (zur Artenzusammensetzung der Saatgutmischungen s. Kap. 8, Artikel 4, Tab. A.1). Als Referenzflächen wurden Feldsäume entlang von Maisschlägen untersucht. Um die Wirkung von Blühstreifen auf benachbarte Flächen einschätzen zu können, wurden im Jahr 2014 zudem die direkt an die Blühstreifen angrenzenden Säume mit erfasst. Je Flächentyp wurden immer fünf Untersuchungsflächen erfasst.

Auf Basis der Forschungsfragen und den in Feldstudien erhobenen Daten wurden drei Arbeitsblöcke ausgearbeitet (Abb. 5). Der erste Arbeitsblock setzte sich mit den Forschungsfragen 1a-c, 2a-c, 5, 6 und 7 auseinander (grüner Rahmen). Da es entscheidend war, sowohl die artengruppenübergreifenden als auch die artengruppenspezifischen Kernpunkte herauszuarbeiten, wurde der Einfluss von Blühstreifen auf Brut-, Wintervögel und Tagfalter zunächst getrennt und abschließend zusammen betrachtet. Der zweite Arbeitsblock, Methodenvergleich und -kombination erfolgte am Beispiel der Avifauna (Abb. 5, blauer Rahmen, Forschungsfrage 3). Hierbei wurden die Ergebnisse der Fotofallen-Erfassung mit denen der Linien-Transektkartierungen, die im gleichen Zeitraum und auf den identischen Untersuchungsflächen durchgeführt wurden, verglichen und kombiniert. Da die Avifauna auf Blühstreifen und Feldsäumen zu verschiedenen Jahreszeiten erfasst wurde (Tab. 2), konnten hier auch unterschiedliche Habitate und jahreszeitliche Aspekte analysiert werden. Der dritte Arbeitsblock stellt die Faktorenanalyse dar (Abb. 5, oranger Rahmen, Forschungsfrage 4), durchgeführt am Beispiel der Tagfalterfauna. Hier wurden standortspezifische Merkmale (Blühstreifentyp, Vegetationsstruktur, Blütenangebot, basierend auf den Feldstudien zur Vegetation) sowie der umliegende Landschaftskontext (Habitat-Diversität und Konnektivität der Landschaft) zusammen analysiert. Da Feldsäume in allen Arbeitsblöcken als Referenzflächen herangezogen wurden, ist die Forschungsfrage 5 in allen Arbeitsblöcken relevant (Abb. 5 gestrichelte blaue und orange Pfeile). Für alle drei Arbeitsblöcke wurde als Grundlage eine Literaturrecherche durchgeführt. Die erhobenen Daten wurden statistisch und/ oder räumlich analysiert. Die Vorgehensweise zur Beantwortung der einzelnen Forschungsfragen findet sich in Tabelle 4 im folgenden Kapitel.

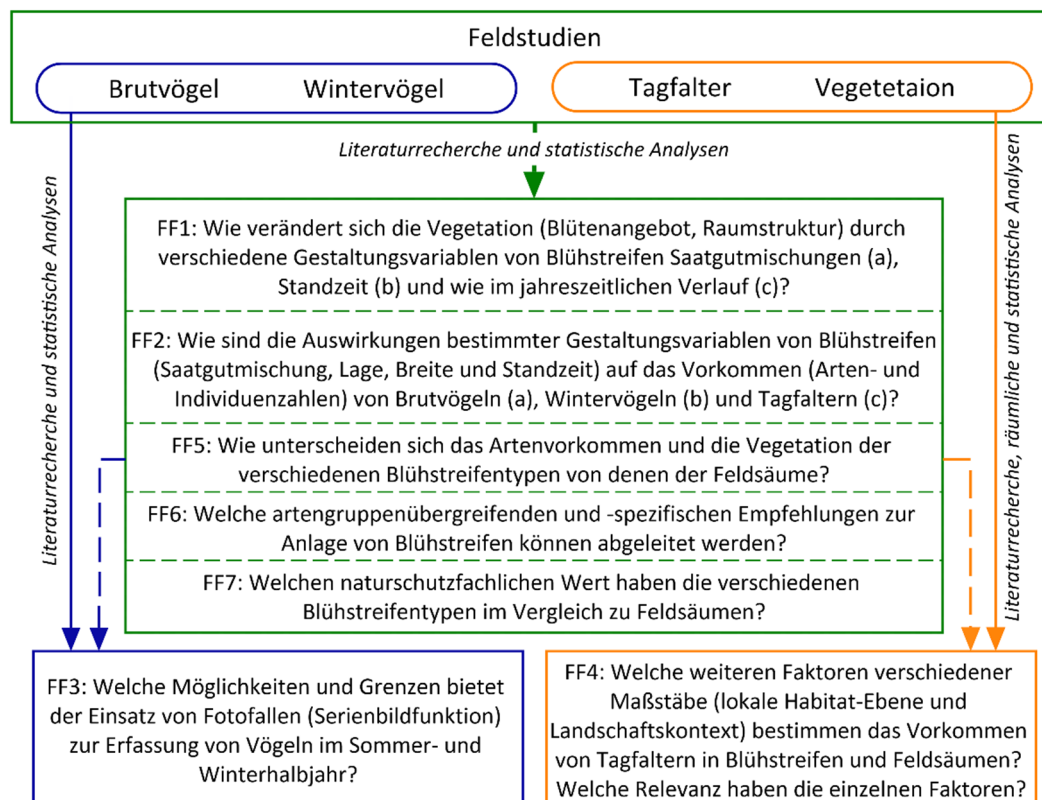


Abb. 5: Vereinfachte Übersicht zur Vorgehensweise und zu den drei Arbeitsblöcken der kumulativen Dissertation. Grüne Umrandung: Arbeitsblock 1, blaue Umrandung: Arbeitsblock 2, orange Umrandung: Arbeitsblock 3, FF: Forschungsfrage.

4 Aufbau der kumulativen Dissertation

Die kumulative Dissertation basiert auf sieben Einzelarbeiten, von denen fünf bereits veröffentlicht und zwei eingereicht wurden. Alle Artikel sind in sich abgeschlossene Arbeiten, die jeweils ihr eigenes Abbildungs-, Tabellen- und Literaturverzeichnis aufweisen. Die Quellenangaben zum Rahmentext der kumulativen Dissertation finden sich am Ende in Kapitel 13. In Abbildung 6 wird dargestellt, wie die einzelnen Kapitel und Artikel zueinander in Bezug stehen und wie sich die Forschungsfragen eingliedern. Tabelle 4 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Artikel und die jeweils angewandten Methoden, die zur Beantwortung der einzelnen Forschungsfragen verwendet wurden. Eine ausführliche Methodenbeschreibung findet sich in den jeweiligen Artikeln.

Artikel 1 (Kapitel 5) beinhaltet die in Feldstudien erhobenen Ergebnisse zur Vegetation der Blühstreifen und Feldsäume (Forschungsfragen 1a-c, 5, 6, Abb. 6). Diese Ergebnisse stellen auch die Datenbasis zur Interpretation der faunistischen Erfassungen dar und fließen in die Diskussion der Artikel 2, 3, 5 und die Synthese im Kapitel 11.2 mit ein (graue Pfeile). Artikel 2 (Kapitel 6) setzt sich mit den Feldstudien zu den Brutvögeln (Forschungsfragen 2a, 5, 6, 7), Artikel 3 (Kapitel 7) mit den Feldstudien zu den Wintervögeln (Forschungsfragen 2b, 5, 6, 7) in Blühstreifen und Feldsäumen auseinander. In Artikel 4 (Kapitel 8) wird der Einsatz von Fotofallen zur Erfassung von Vögeln in Blühstreifen und Feldsäumen erläutert (Forschungsfragen 3, 5). Zudem wurden die Ergebnisse der Artikel 2 und 3 hier mit eingebunden, so dass ein Methodenvergleich von Fotofallen und Linien-Transektkartierungen zur Erfassung von Vögeln erfolgen konnte (Abb. 6, schwarze Pfeile). Artikel 5 (Kapitel 9) beschäftigt sich mit den Feldstudien zur Tagfalterfauna in Blühstreifen im Vergleich zu der in Feldsäumen (Forschungsfragen 2c, 5, 6, 7). Aufbauend auf Artikel 5 liefert Artikel 6 (Kapitel 10) eine umfassende Faktoren-Analyse, um das Vorkommen von Tagfaltern in Blühstreifen und Feldsäumen zu erklären (Forschungsfragen 4, 5). Hierbei werden u.a. die Ergebnisse zur Vegetationserfassung des Artikels 1 als Umweltvariablen einbezogen (Abb. 6, schwarzer Pfeil).

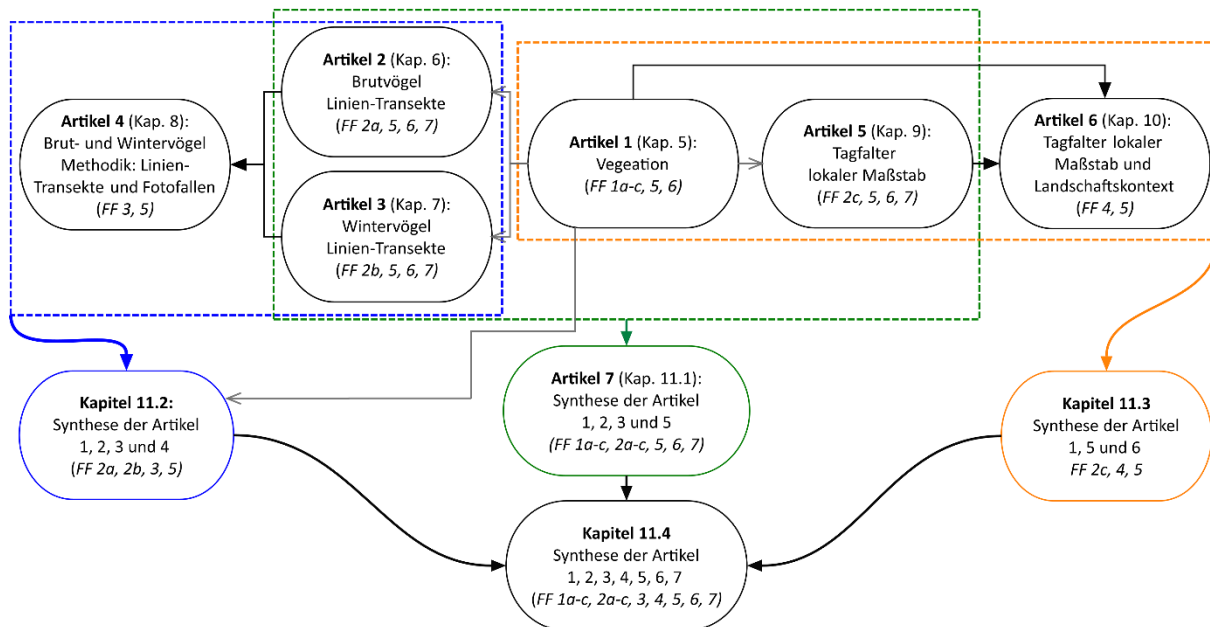


Abb. 6: Überblick zum Aufbau der kumulativen Dissertation: Bezüge zwischen den einzelnen Artikeln sowie der zusammenfassenden Ergebnisdarstellung und Diskussion. In den farbigen Rechtecken finden sich die jeweiligen Artikel der drei Arbeitsblöcke (Grüne Umrandung: Arbeitsblock 1, blaue Umrandung: Arbeitsblock 2, orange Umrandung: Arbeitsblock 3), FF: Forschungsfrage.

Die Artikel 1, 2, 3 und 5 wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens „Nutzungsorientierte Ausgleichsmaßnahmen bei der Biogasproduktion – Untersuchung der Effektivität von nutzungsintegrierten Maßnahmen zur Kompensation von Eingriffen am Beispiel von Blühstreifen“ erarbeitet. In dem Forschungsprojekt wurden noch weitere Artengruppen in Blühstreifen untersucht. Demensprechend handelt sich bei Artikel 7 (Kapitel 11.1, Abb. 6, grüne Umrandung und grüner Pfeil) um eine erweiterte Synthese, in die sämtliche Artengruppen und Schutzgüter des Forschungsprojekts einbezogen wurden: Flora (RODE et al. 2018), Vegetation (Artikel 1), Groß- und Mittelsäuger (WIX & REICH 2018), Brutvögel (Artikel 2), Wintervögel (Artikel 3), Fledermäuse (REICH et al. 2018), Laufkäfer (REICH & HILGENDORF 2018), Tagfalter (Artikel 5), Landschaftsbild (RODE 2018b) und Boden (RODE 2018a). In diesem Kapitel werden die Forschungsfragen 1, 2, 5, 6 und 7 zusammengeführt. In Kapitel 11.2 werden die Auswirkungen von Blühstreifen auf die Avifauna im Sommer- und Winterhalbjahr zusammengefasst. Die zusätzlichen Erkenntnisse, die durch die Anwendung eines multiplen Methodenansatzes (Fotofallen und Linien-Transektkartierung) gewonnen werden konnten, werden mit einbezogen (Abb. 6, blaue Umrandung und blauer Pfeil: Synthese der Artikel 1, 2, 3 und 4, Forschungsfragen 2a, 2b, 3 und 5). Die Relevanz von Blühstreifen und Feldsäumen für Tagfalter wird in Kapitel 11.3 zusammenfassend dargestellt, wobei die relevanten Umweltvariablen der verschiedenen Maßstäbe, die das Vorkommen von Tagfaltern bestimmen, einfließen (Abb. 6, orange Umrandung und oranger Pfeil: Synthese der Artikel 1, 5 und 6, Forschungsfragen 2c, 4 und 5). In Kapitel 11.4 fließen alle Ergebnisse zusammen. Hier wird abschließend dargestellt, inwieweit die Resultate der zusätzlichen Erfassungsmethodik (Artikel 4) und der umfassenden Faktorenanalyse (Artikel 6) die Synthese der Ergebnisse aus Artikel 7 beeinflussen.

Die Artikel wurden auch in Zusammenarbeit mit anderen Autoren verfasst. Am Ende dieser Gesamtarbeit wird der Beitrag der Autorin bei den einzelnen Veröffentlichungen aufgeführt.

Tab. 4: Strukturierung der Forschungsfragen, der Vorgehensweise (im Hinblick auf angewandte Methodik, Untersuchungsgegenstand, -fläche und -zeitraum) und der veröffentlichten Artikel zu den drei Arbeitsblöcken (s. auch Abb. 5). Zu den Abkürzungen der Untersuchungsflächen (UF) s. Tab. 3.

	Forschungsfrage	Methodik	Untersuchungsgegenstand	UF	Untersuchungszeitraum	Ergebnisse
	1. Wie verändert sich die Vegetation (Blütenangebot, Raumstruktur) durch verschiedene Gestaltungsvariablen von Blühstreifen a. Saatgutmischungen b. Standzeit c. und wie im jahreszeitlichen Verlauf?	Feldstudien: Tranekte und Pro-bequadrat	Vegetation: Artenzahl, Blühaspekt und Vegetationsstruktur	Blühstreifen: B1, B2, B3/4, B5, B6, B7 Feldsäume: S0, S1, S2, S3, S4	Winter 2012/13, Sommer 2013, Herbst 2013, Winter 2013/14, Frühling 2014, Sommer 2014	Umwelt und Raum, alleinige Autorin (Artikel 1)
Arbeitsblock 1	a. Brutvögeln	Feldstudien: Linien-Tranekte 125m; Statistische Analysen in SPSS	Brutvögel: Artenzahl	Blühstreifen: B3, B4, B5, B6, B7 Feldsäume: S1, S2, S3, S4	Sommer 2013, Frühling 2014, Sommer 2014	Umwelt und Raum, Hauptautorin (Artikel 2)
	b. Wintervögeln und	Feldstudien: Linien-Tranekte 125m; Statistische Analysen in SPSS und R	Wintervögel: Arten- und Individuenzahlen	Blühstreifen: B1, B2, B3, B4, B5 Feldsäume: S1	Winter 2012/13, Herbst 2013, Winter 2013/14	Umwelt und Raum, Hauptautorin (Artikel 3)
	c. Tagfaltern?	Feldstudien: Linien-Tranekte 125m; Statistische Analysen in SPSS	Tagfalter: Arten- und Individuenzahlen	Blühstreifen: B3, B4, B5, B6, B7 Feldsäume: S1, S2, S3, S4	Sommer 2013, Frühling 2014, Sommer 2014	Umwelt und Raum, Hauptautorin (Artikel 5)
	5. Wie unterscheiden sich das Artenvorkommen und die Vegetation der verschiedenen Blühstreifentypen von denen der Feldsäume? 6. Welche artengruppenübergreifenden und -spezifischen Empfehlungen zur Anlage von Blühstreifen können abgeleitet werden? 7. Welchen naturschutzfachlichen Wert haben die verschiedenen Blühstreifentypen im Vergleich zu Feldsäumen?	Datenbasis s. FF 1a-c und 2a-c; Literaturrecherche; Statistische Analysen in SPSS	Brutvögel, Wintervögel, Tagfalter, Vegetation (s. FF2a-c.)			in alle Artikel eingeflossen Umwelt und Raum, Hauptautorin (Artikel 7)
Arbeitsblock 2	3. Welche Möglichkeiten und Grenzen bietet der Einsatz von Fotofallen (Serienbildfunktion) zur Erfassung von Vögeln im Sommer- und Winterhalbjahr?	Feldstudien: s. FF 1c und Fotofallen: Serienbildfunktion, 20-Sek.-Intervall; Statistische Analysen in R: Lineare gemischte Modelle	Brut- und Wintervögel: Arten- und Individuenzahlen	Blühstreifen: B1, B2, B3/4, B5 Feldsäume: S0, S1, S2, S3, S4	Winter 2012/13, Sommer 2013, Herbst 2013, Winter 2013/14	Bird Study, Hauptautorin (Artikel 4)
Arbeitsblock 3	4. Welche weiteren Faktoren verschiedener Maßstäbe (lokale Habitat-Ebene und Landschaftskontext) bestimmen das Vorkommen von Tagfaltern in Blühstreifen und Feldsäumen? Welche Relevanz haben die einzelnen Faktoren?	Datenbasis s. FF 2c; Literaturrecherche; Räumliche Analysen in GIS; Statistische Analysen in R: Hauptkomponentenanalyse, lineare gemischte Modelle	Tagfalter: Arten- und Individuenzahlen	Blühstreifen: B3, B4, B5, B6, B7 Feldsäume: S1, S2, S3, S4	Sommer 2013, Frühling 2014, Sommer 2014	Heliyon, Hauptautorin (Artikel 6)

5 Artikel 1: Die Blühstreifen im Landkreis Rotenburg (Wümme) – ihre Struktur und ihr Blütenangebot

Wix, Nana (2018): Die Blühstreifen im Landkreis Rotenburg (Wümme) – ihre Struktur und ihr Blütenangebot. Umwelt und Raum 9 (2018): 47-79. <https://doi.org/10.15488/3692>

Zusammenfassung

Die Entwicklung der Vegetationsstruktur und des Blütenangebots von Blühstreifen ist im jahreszeitlichen Verlauf bisher wenig erforscht. Dieses Wissen ist aber entscheidend, auch um faunistische Untersuchungsergebnisse interpretieren zu können. Eines der Ziele des Forschungsvorhabens „Nutzungsorientierte Ausgleichsmaßnahmen bei der Biogasproduktion“ war es daher, charakteristische Merkmale verschiedener Blühstreifentypen herauszuarbeiten, um dann in Verbindung mit floristischen und faunistischen Untersuchungen Empfehlungen zur Anlage von Blühstreifen abzuleiten. Dazu wurden auf sechs unterschiedlichen Blühstreifentypen Vegetationsstruktur und floristische Merkmale über verschiedene Jahreszeiten zwischen 2012 und 2014 erfasst. Als Referenzflächen wurden zudem vier Saumtypen untersucht. Vor allem im ersten Standjahr weisen Blühstreifen ein wesentlich höheres Blütenangebot als die Säume auf. Ferner kann durch die Anlage von Blühstreifen die Strukturvielfalt erhöht werden, insbesondere wenn sie einen gewissen Offenbodenanteil aufweisen.

Die Vegetation auf Blühstreifen unterschiedlicher Standzeiten entwickelt sich zeitlich versetzt, und die verschiedenen Altersstadien ergänzen sich im jahreszeitlichen Verlauf. Das gute Auflaufen der Blühmischung im 1. Standjahr ist auch für die Ausprägung im Folgejahr wichtig. In einem Landschaftsausschnitt sollte deshalb ein Mosaik unterschiedlich alter Blühstreifen geschaffen werden, so dass ein optimales Verhältnis der verschiedenen Strukturen und Blütenangebote über das gesamte Jahr vorhanden ist.

6 *Artikel 2: Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel während der Brutzeit*

Wix, Nana & Reich, Michael (2018): Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel während der Brutzeit. Umwelt und Raum 9: 115-148. <https://doi.org/10.15488/3693>

Zusammenfassung

Die Lebensraumbedingungen für Vögel der Agrarlandschaft haben sich in den letzten Jahrzehnten dramatisch verschlechtert. Die Anlage von Blühstreifen wird als eine Möglichkeit gesehen, dieser Entwicklung entgegen zu wirken, wobei deren Effizienz bislang wenig erforscht ist.

Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, wie Blühstreifen ausgestaltet werden müssen, um Vögel der Agrarlandschaft während der Brutzeit bestmöglich zu fördern. Der Fokus lag dabei auf dem Einfluss der Breite und der Standzeit von Blühstreifen. Mittels Transektkartierungen wurden 2013 und 2014 verschiedene Blühstreifentypen untersucht und mit Säumen als Referenzflächen verglichen.

Insgesamt konnten 23 Vogelarten auf den Blühstreifentypen nachgewiesen werden, 12 davon ausschließlich dort. Auf den Säumen konnten 12 Arten beobachtet werden, von denen bis auf eine Art auch alle auf den Blühstreifentypen beobachtet werden konnten. Die Ergebnisse zeigen, dass Blühstreifen zur Aufwertung der intensiv genutzten Agrarlandschaft beitragen. Aufgrund der Blühstreifen-Aussaat Ende April/ Mai stehen im Frühjahr nur die Blühstreifen im 2. Standjahr zur Verfügung. Das kontinuierliche Vorhandensein ist der entscheidende Vorteil von Säumen. Trotz des rotierenden Prinzips der Blühstreifen sind diese aber wertvoller als nur mäßig ausgeprägte Säume. Blühstreifen verschiedener Altersstadien erzeugen vielförmige Lebensraumstrukturen, so dass in einem Landschaftsausschnitt ein Mosaik unterschiedlicher Standzeiten angelegt werden sollte.

7 **Artikel 3: Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel im Herbst und Winter**

Wix, Nana & Reich, Michael (2018): Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel im Herbst und Winter. Umwelt und Raum 9: 149-187. <https://doi.org/10.15488/3694>

Zusammenfassung

Die zu beobachtenden Bestandsrückgänge bei den Vogelarten der Agrarlandschaft sind auch auf Faktoren außerhalb des Brutzeitraumes zurückzuführen. Allerdings liegen zu diesem Aspekt und insbesondere zur Rolle der Blühstreifen im Winterhalbjahr nur wenige Studien vor. Wir haben deshalb in zwei Wintern (2012-14) und einem Herbst (2013) die Vogelwelt auf fünf verschiedenen Blühstreifentypen, die sich hinsichtlich ihrer angrenzenden Strukturen und Breite unterscheiden, mittels Linien-Transektkartierung untersucht. Zum Vergleich wurden herkömmliche Feldsäume mit der gleichen Methode untersucht. Insgesamt konnten 21 Vogelarten nachgewiesen werden. Alle wurden auf Blühstreifen, aber nur sechs auf den Feldsäumen erfasst. Die meisten Vogelarten konnten auf den Blühstreifen auch häufiger beobachtet werden als auf den Säumen. Zudem konnten auf den Blühstreifen eine in Niedersachsen stark gefährdete, zwei gefährdete und fünf potenziell gefährdete Arten nachgewiesen werden, auf den Säumen hingegen nur eine gefährdete und drei potenziell gefährdete Arten. Blühstreifen können, sofern gewisse Aspekte berücksichtigt werden, einen wichtigen Beitrag zur Reduktion des Nahrungs- und Deckungsmangels in der ausgeräumten Agrarlandschaft auch bis zum Ende des Winters hin leisten. Der naturschutzfachliche Wert von Blühstreifen im Winterhalbjahr ist dann über dem von Feldsäumen und Äckern einzuordnen.

8 *Artikel 4: Time-triggered camera traps versus line transects – advantages and limitations of multi-method studies for bird surveys*

Wix, Nana & Reich, Michael (2019): Time-triggered camera traps versus line transects – advantages and limitations of multi-method studies for bird surveys. *Bird Study* 66 (2): 207-223.
<https://doi.org/10.1080/00063657.2019.1654975>

Abstract

Capsule: Time-triggered camera traps and line transects were compared in order to identify advantages and limitations of multi-method studies for bird surveys.

Aims: To test whether, compared to traditional line transects, the use of time-triggered cameras with a short trigger interval of 20 s is an effective method for monitoring farmland birds, and to provide a detailed description of this monitoring method.

Methods: We set up camera traps in flower strips and field margins in the county of Rotenburg, Germany, during winter (2012/13, 2013/14), summer (2013) and autumn (2013). In order to assess the results of camera traps, we conducted a comparative study by using line transects at the same study sites.

Results: In total, we observed 20 bird species by camera trapping and 20 species by line transects but only 14 of these species were observed with both methods. Combining both methods leads to a higher number of 26 species. In flower strips, however, significantly more species were recorded by line transects than by camera traps. On the other hand, in field margins, line transects and camera traps contributed equally, indicating the advantage of combining the methods.

Conclusions: The combination of camera traps and line transects is recommended for more reliable recording of bird communities. This combination was particularly beneficial in study sites with low bird densities and bird activity, such as field margins. However, in order to achieve reliable bird detections using time-triggered camera traps, a short interval between the pictures is needed. The limiting factor of time-triggered camera traps is the time-consuming viewing of the recorded images. Nevertheless, the benefit is that it can be conducted independently of time and space and it is weather- and researcher-independent. Moreover, camera traps allow multi-hour observations and necessary field-work time is short.

9 *Artikel 5: Die Tagfalterfauna von Blühstreifen*

Wix, N. & Reich, M.: Die Tagfalterfauna von Blühstreifen. In: Umwelt und Raum 9 (2018), S. 223-253.
<https://doi.org/10.15488/3696>

Zusammenfassung

Blühstreifen gelten als geeignete Maßnahme, um die Biodiversität in der Agrarlandschaft zu fördern. Ihre Bedeutung für die Tagfalterfauna, insbesondere der Einfluss von Breite und Alter, sind jedoch weitgehend unerforscht. Um ihre Eignung als Naturschutz- oder produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme für die Tagfalterfauna bewerten zu können, wurden im Landkreis Rotenburg (Wümme) verschiedene Blühstreifentypen im Vergleich zu Feldsäumen untersucht. Der Fokus lag auf unterschiedlich breiten und alten Blühstreifen sowie auf Säumen entlang von Maisschlägen und entlang der Blühstreifen. Es konnten insgesamt 20 Arten auf den Blühstreifen nachgewiesen werden, davon fünf Arten ausschließlich dort. Auf den Säumen wurden 15 Arten nachgewiesen, die alle auch auf den Blühstreifen auftraten. Blühstreifen stellen also eine Bereicherung für die Tagfalter in der intensiv genutzten Agrarlandschaft dar, wobei jedoch überwiegend Generalisten nachgewiesen wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass Blühstreifen mit 6m Breite als Vernetzungselement geeignet sind. Zahlreiche Tagfalterarten können Blühstreifen als Nektarhabitat nutzen. Damit sich Blühstreifen auch als Fortpflanzungshabitate eignen, ist eine mehrjährige Standzeit ausschlaggebend, ebenso wie das Vorkommen der Raupenfutterpflanzen. Letzteres wird von den üblicherweise eingesetzten Saatmischungen nicht optimal abgedeckt. Zur dauerhaften Sicherung vieler Tagfalterarten sind deshalb ergänzende Maßnahmen erforderlich.

10 *Artikel 6: Butterfly richness and abundance in flower strips and field margins: the role of local habitat quality and landscape context*

Wix, N.; Reich, M. & Schaarschmidt, F. (2019): Butterfly richness and abundance in flower strips and field margins: the role of local habitat quality and landscape context. *Heliyon* 5 (5): e01636.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01636>

Abstract

Flower strips are considered to have high potential to counteract species decline of butterflies in the agricultural landscape. However, what remains largely unexplored is which factors (design of flower strips, habitat quality, landscape context) determine the occurrence of butterflies in flower strips. Therefore, butterflies were surveyed in various types of flower strips (a total of 20 flower strips differing in width and age). In order to highlight the special features of flower strips, 20 field margins were examined as a reference. The field studies were conducted during two summers (2013 and 2014) in Lower Saxony (Germany). In addition, based on a literature study, 17 environmental variables likely to be decisive for the occurrence of butterflies were identified and recorded during these field studies or analysed in GIS. Supported by a principal component analyse, 10 of these environmental variables for flower strips and 9 for field margins, were selected and included in linear mixed-effects models in order to calculate their effect on butterflies.

In the flower strips, we documented all 20 butterfly species and 1,695 individuals. In the field margins, we recorded 15 species and 526 individuals. The supply of flowering resources was the most fundamental factor for the occurrence of butterflies - both on flower strips and field margins. The flower supply may also be influenced by the age of the flower strips. The diversity of the surrounding landscape (Shannon-Index H) had an additional significant influence on the occurrence of butterflies in flower strips, with more species and individuals being observed on areas with a lower Shannon-Index H.

The special feature of flower strips is their high abundance of flowering plants, which allows them to particularly enhance the agricultural landscape. In order to promote butterflies optimally, flower strips must have a good supply of flowers even over several years. The study indicates that flower strips have a particularly high effect in structurally simple landscapes, however, this issue needs further research. Field margins showed considerably fewer butterflies, but at the same time a much smaller supply of flowering plants. Knowing that the amount of flowering resources is crucial, field margins should also be improved in this direction.

11 Zusammenfassende Ergebnisdarstellung und Diskussion

11.1 *Artikel 7: Auswirkungen von Blühstreifen auf die Biodiversität und Einordnung ihres naturschutzfachlichen Werts*

Wix, Nana; Rode, Michael & Reich, Michael (2018): Auswirkungen von Blühstreifen auf die Biodiversität und ihre Eignung als produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme bei der Biogasproduktion. Umwelt und Raum 9: 7-46. doi: <https://doi.org/10.15488/3691>

Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Nutzungsorientierte Ausgleichsmaßnahmen bei der Biogasproduktion – Untersuchungen zur Effektivität von nutzungsintegrierten Maßnahmen zur Kompensation von Eingriffen am Beispiel von Blühstreifen“ (gefördert durch das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) wurden im Landkreis Rotenburg (Wümme) in den Jahren 2012-2014 die Auswirkungen verschiedener Blühstreifenvarianten auf Biodiversität, Boden und Landschaftsbild in der intensiv genutzten Agrarlandschaft untersucht. Folgende Empfehlungen zur Gestaltung und zur Einstufung ihrer Eignung als produktionsintegrierte Kompensation konnten daraus abgeleitet werden:

- Die Böden von Blühstreifen sollten vor ihrer Anlage konservierend bearbeitet werden.
- Blühstreifen sollten vor ihrer Aussaat (und während ihrer gesamten Standzeit) nicht gedüngt und nicht mit Pflanzenschutzmitteln behandelt werden.
- Die Zahl der Überfahrten bei der Anlage von Blühstreifen sollte auf ein Minimum beschränkt bleiben.
- Um ein gutes Auflaufen der Blühmischung zu ermöglichen und das Aufkommen der Spontanvegetation zu verringern, sollte die Ausbringung des Saatguts unmittelbar im Anschluss an die Saatbettvorbereitung erfolgen.
- Die Menge konkurrenzstarker, stark deckender Arten in der Blühmischung sollte begrenzt sein.
- Die Aussaatdichte sollte 8 kg/ha nicht überschreiten.
- Die in der Saatgutmischung verwendeten Arten und Varianten sollten maximal eine Wuchshöhe von 1,5m erreichen.
- Blühstreifen sollten eine Standzeit von mindestens 1,5 Jahren (Standzeit April/ Mai bis Ende September des darauffolgenden Jahres) haben, denn die Artenvielfalt (Flora, Laufkäfer) hat sich im zweiten Standjahr erhöht.

- Um eine ungestörte Entwicklung von Flora und Fauna zu ermöglichen und die Bodenbelastung durch Überfahrten zu minimieren, sind Pflegeeingriffe bei 1,5-jährigen Blühstreifen zu vermeiden.
- Ein Nebeneinander von 1,5-jährigen Blühstreifen, die sich in der ersten Vegetationsperiode befinden, und denen, die die zweite Vegetationsperiode durchlaufen, erhöht die floristische Diversität am effektivsten und gewährt den besten Schutz für Ackerwildkrautarten.
- Auch unter faunistischen Gesichtspunkten sollte bei der Anlage von Blühstreifen berücksichtigt werden, dass in einem Landschaftsausschnitt unterschiedliche Altersstadien der Blühstreifen mosaikartig vorhanden sind. Nur so kann stets ein ausreichendes Angebot von Nahrungs-, Deckungs- und Fortpflanzungshabitaten zur Verfügung stehen.
- Die Blühstreifen unterschiedlicher Altersstadien sollten in räumlich-funktionaler Nähe zueinander liegen, dabei können sie auch direkt aneinandergrenzen.
- Damit Blühstreifen als Reproduktionshabitate von verschiedenen Wirbelosengruppen (z.B. Tagfalter, Laufkäfer, Heuschrecken) genutzt werden und zur dauerhaften Sicherung der Populationen beitragen können, muss eine ungestörte Überwinterung auf der Fläche möglich sein. Andernfalls lockt das hohe Blütenangebot Insekten an, deren Reproduktionszyklus im Frühjahr des Folgejahrs durch die Wiederaufnahme der normalen ackerbaulichen Nutzung unterbrochen wird.
- Zur effektiveren Aufwertung des Landschaftsbildes sollten bei 1,5-jährigen Blühstreifen in die Saatgutmischungen zwei- und mehrjährige Pflanzenarten, die nicht zur Ausbildung von Dominanzbeständen neigen, integriert werden.
- 1,5-jährige Blühstreifen eignen sich besser zum Schutz der bodengebundenen Landschaftsfunktionen als überjährige Blühstreifen (Standzeit April/ Mai bis Ende Februar).
- Im Hinblick auf eine Aufwertung des Landschaftsbildes und für die Tagfalterfauna sind 6m breite Blühstreifen ausreichend. Breitere Streifen verbessern das Landschaftsbild nur geringfügig.
- Für die Avifauna sind auch breitere Blühflächen von Bedeutung, die Festlegung einer maximalen Breite ist hier deshalb nicht sinnvoll.
- Werden Blühstreifen zur Aufwertung des Landschaftsbildes und des Naturerlebens angelegt, sollten dazu Flächen entlang von Erholungswegen ausgewählt werden.
- Durch die Anlage aller betrachteten Blühstreifentypen (Breite: 6m und >6m, Standzeit: überjährige und 1,5-jährige) können für alle untersuchten Schutzgüter intensiv genutzte (Mais-) Äcker naturschutzfachlich aufgewertet werden. Die 1,5-jährigen Blühstreifen stellen für die meisten Schutzgüter eine höhere Aufwertung als die überjährigen Blühstreifen dar.
- Im Vergleich zu weiteren Biotoptypen in der Agrarlandschaft sind die Blühstreifen im Hinblick auf die Fauna zwischen struktur- und artenarmen Feldsäumen und struktur- und artenreichen Feldsäumen einzuordnen. Aufgrund des rotierenden Prinzips der Blühstreifen wird ihr naturschutzfachlicher Wert für die Tierwelt unter dem von dauerhaften, ungestörten Strukturen in der Agrarlandschaft wie Hecken bewertet.

- Unter floristischen Merkmalen betrachtet ist der naturschutzfachliche Wert von Blühstreifen mit Ackerrandstreifen und Ackerstandorten mit standorttypischer Wildkrautflora vergleichbar.
- In Bezug auf das Landschaftsbild sind Blühstreifen wie blütenreiche Staudensäume zu bewerten.
- Im Hinblick auf ihre Wirkung auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen sind Blühstreifen wie mäßig gedüngte Acker-Dauerkulturen ohne PSM-Einsatz, aber geringer als Hecken und Staudensäume einzuordnen.
- Somit eignen sich Blühstreifen ab einer Standzeit von einem Jahr und einer Mindestbreite von 6 Metern als produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme.
- Unter Berücksichtigung aller Schutzgüter und Funktionen sind die 1,5-jährigen Blühstreifen der Wertstufe III zuzuordnen. Aufgrund der kürzeren Standzeit kommt den überjährigen Blühstreifen nur eine gewisse Bedeutung als Lebensraum zu und sie sind mit der Wertstufe II zu bewerten.

11.2 Auswirkungen von verschiedenen Blühstreifentypen auf die Avifauna unter Berücksichtigung des Aspekts von Sommer- und Winterhalbjahr und des multiplen Methoden-Ansatzes von Fotofallen und Linien-Transektkartierungen

Alle im Sommer- und Winterhalbjahr mittels Linien-Transektkartierung nachgewiesenen 29 Vogelarten konnten auf den verschiedenen Blühstreifentypen nachgewiesen werden – mit Ausnahme einer Art (Kap. 6-7). Dagegen konnten auf den Feldsäumen im Sommer nur die Hälfte der insgesamt nachgewiesenen Vogelarten beobachtet werden, im Winter nur knapp ein Drittel. Außerdem konnten auf den Blühstreifentypen zu allen Jahreszeiten auch mehr Agrarvogelarten beobachtet werden als auf den Feldsäumen. Zudem wurden die Blühstreifentypen von den Wintervögeln deutlich intensiver aufgesucht als die Feldsäume. Die statistischen Paarvergleiche zwischen den Blühstreifentypen und den Feldsäumen ergaben im Sommer und Winter zumeist signifikante Unterschiede, für das gesamte Artenspektrum ebenso wie für Agrarvogelarten.

Auch im Hinblick auf Rote-Liste-Arten Niedersachsens erwiesen sich die Blühstreifentypen als vorteilhaft gegenüber den Feldsäumen. So konnten auf den verschiedenen Blühstreifentypen über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg zehn Rote-Liste Arten (RL2, RL3 und RL V) dokumentiert werden (Kap. 6-7). Demgegenüber konnten auf den Feldsäumen nur etwa halb so viele Rote-Liste-Arten beobachtet werden (sechs Arten, RL3 und RLV) und auch keine in Niedersachsen stark gefährdete Art. Denn die einzige in Niedersachsen stark gefährdete nachgewiesene Art, das Rebhuhn, wurde nur auf den Blühstreifentypen beobachtet. Auf einer Blühfläche konnte sogar eine Rebhuhn-Henne mit neun Küken nachgewiesen werden, was als Beleg für die Nutzung des Blühstreifens als Brutrevier gilt (SÜDBECK et al. 2005: 289). Somit stellen Blühstreifen – unter Berücksichtigung bestimmter Gestaltungsvorgaben – auch geeignete Bruthabitate für das Rebhuhn dar. Angesichts der Tatsache, dass die Untersuchungsflächen in einer seit Jahrzehnten intensiv genutzten Agrarlandschaft liegen und im Rahmen der vorliegenden Dissertation keine Brutvogel- oder Revierkartierungen durchgeführt wurden, sind diese Nachweise als ein klarer positiver Einfluss von Blühstreifen zu bewerten.

Die Ergebnisse der linearen gemischten Modelle zu verschiedenen Erfassungsmethoden bekräftigen dieses Ergebnis. Denn sowohl mit Kamerafallen als auch mit Linien-Transekten konnten in den Blühstreifen signifikant mehr Arten nachgewiesen werden als in den Feldsäumen (im Durchschnitt über die verschiedenen Jahreszeiten; Kamerafalle $p=0,0471$, Linien Transekte $p=0,0005$, Kap. 8).

Somit bestätigt die Synthese der drei Feldstudien zur Avifauna (Kap. 6-8) eindeutig, dass die Anlage von Blühstreifen für die Vogelwelt der Agrarlandschaft eine Aufwertung darstellt, im Sommer ebenso wie im Winter.

Wie zum Stand der Forschung erläutert, bestehen insbesondere zu den Auswirkungen von Blühstreifen auf Wintervögel große Defizite (Kap. 2.4). Verschiedene Autoren haben bereits darauf hingewiesen, dass zum Schutz der Avifauna dem Winterhalbjahr mehr Beachtung geschenkt werden muss (BOATMAN et al. 2003; MOORCROFT et al. 2002; ROBERTS & SCHNELL 2006; STOATE et al. 2004). Die Ergebnisse der Dissertation unterstützen diese Forderung. Für eine fundierte Bewertung von Blühstreifen war die ganzjährige Untersuchung entscheidend. Zum einen wurden die Blühstreifen je nach Jahreszeit von einem anderen Artenspektrum genutzt. Im Sommer wurden in Blühstreifen am häufigsten und stetigsten insektenfressende Arten wie Dorngrasmücke, Goldammer, Gartengrasmücke, Bachstelze, Wiesen-schafstelze und Rauchschwalbe beobachtet (Kap. 6). Denn das hohe Blütenangebot der Blühstreifen zieht zahlreiche Insekten an (Kap. 5, 9 und 10), und Blühstreifen stellen ein ideales Nahrungshabitat

für diese Artengruppe dar. Dies bestätigt die Studie von STAHL & SCHMIDT (2016), die Arthropodenerfassungen zur Bewertung des Nahrungs- und Deckungsangebots für Vögel in der Agrarlandschaft u.a. in Blühstreifen in Sachsen durchgeführt haben. Sie konnten eine hohe Anzahl blütenbesuchender Insekten und vor allem eine hohe Gesamtindividuenzahl der verschiedenen Arthropodentaxa in Blühstreifen nachweisen (Spinnen, Blattläuse, Zikaden, Wanzen, sonst. Zweiflügler, Schwebfliegen, sonst. Hautflügler und Käfer). In der vorliegenden Studie wurde die Dorngrasmücke mit Abstand am regelmäßigsten in den Blühstreifen nachgewiesen und nur für sie konnte aufgrund der regelmäßigen Nachweise von einem Brutverdacht ausgegangen werden (Kap. 6). Für sie stellen strukturreiche Blühstreifen mit dichter Vegetation geeignete Habitate dar (BAUER et al. 2005; WASSMANN & GLUTZ VON BLOTZHEIM 2001). Von WAGNER (2014), die eine Studie über Blühflächen in Bayern durchgeführt hat, wird die Dorngrasmücke sogar als Charakterart der Blühflächen Bayerns bezeichnet. Im Winter hingegen konnte die Dorngrasmücke in den Blühstreifen im Landkreis Rotenburg (Wümme) nur sehr selten beobachtet werden, ebenso wie die Gartengrasmücke oder Bachstelze (Kap. 7). Rauchschnalbe und Wiesenschafstelze wurden im Winter gar nicht mehr nachgewiesen. Im Winterhalbjahr dominierten überwiegend pflanzenfressende Singvögel (v.a. Grünfink und Feldsperling) das Artenspektrum und stellten damit die Zielartengruppe von Blühstreifen zu dieser Jahreszeit dar. Auch der Fasan wurde mittels Linien-Transekten nur im Winterhalbjahr in Blühstreifen beobachtet, im Sommer gar nicht. Bei der Feldstudie mit Fotofallen wurde der Fasan ebenfalls nur im Winter mit einer langen Präsenzzeit in den Blühstreifen beobachtet, im Sommer hingegen nur kurzzeitig (Kap. 8).

Zudem war die Betrachtung von Brut- und Wintervögeln wichtig, da je nach Jahreszeit unterschiedliche Ansprüche an die Blühstreifen beobachtet werden konnten. Zwischen Sommer- und Winterhalbjahr zeigten sich zwar keine grundlegend verschiedenen Anforderungen an die Blühstreifen, aber einzelne Gestaltungsmerkmale hatten je nach Erfassungszeitraum eine höhere Relevanz. Dies zeigt die nachstehende Darstellung, bei der auf Basis der Linien-Transektkartierung (Kap. 6, 7) und unter Berücksichtigung der Vegetationsentwicklung (Kap. 5) verschiedene Aspekte abgeleitet wurden, um Blühstreifen möglichst effektiv für Vögel im Sommer- und Winterhalbjahr gestalten zu können.

Im Winter konnte auf den Blühflächen eine höhere Artenvielfalt und deutlich intensivere Nutzung nachgewiesen werden als auf den nur 6 m breiten Blühstreifen. Das gilt insgesamt, für Agrarvogelarten und für Rote-Liste-Arten. Zudem reduzierten sich die Vogelnachweise im Verlauf des Winterhalbjahrs auf den Blühflächen deutlich weniger als auf den Blühstreifen, sowohl die Artenvielfalt als auch die Häufigkeiten betreffend. Dies ist von entscheidender Bedeutung, da der Mangel an Nahrung und Deckung sich gerade zum Ende des Winters hin zuspitzt (SIRIWARDENA et al. 2008). In der vorliegenden Studie deutet sich an, dass Blühflächen mit einer hohen Flächengröße (ca. 5.500 - 6.000 m²) von Wintervögeln bevorzugt werden. Einen positiven Effekt zwischen Artenvielfalt und Größe der Blühflächen konnte auch WAGNER (2014) nachweisen. Ebenso stellten BOATMAN et al. (2003) in Großbritannien fest, dass „Wild Bird Cover“-Flächen, bei denen einzelne Kulturarten oder Mischungen aus diesen flächig oder als Streifen ausgesät werden, eine gewisse Flächengröße haben müssen, damit sie über das gesamte Winterhalbjahr ein ausreichendes Nahrungsangebot abdecken können.

Im Sommerhalbjahr konnte anhand der Artenzahlen kein entscheidender Einfluss der Breite von Blühstreifen belegt werden (Kap. 6). Aber in einzelnen Punkten erwiesen sich die Blühflächen dennoch als vorteilhaft, wie z.B. das vermehrte Vorkommen von Rote-Liste-Arten oder von Vögeln mit hohen Steigtigkeiten. Zudem muss berücksichtigt werden, dass im Rahmen dieser Studie keine Bruterfolge erfasst oder Verhaltensbeobachtungen durchgeführt wurden. Andere Studien belegen jedoch, dass eine

Breite der Blühstreifen von 6 m nicht angemessen ist, da sich das Prädationsrisiko in linearen, schmalen Habitatstrukturen erhöht (DZIEWIATY & BERNARDY 2007; EVANS 2004; GOTTSCHALK & BEEKE 2014).

Somit ist für die Vogelwelt im Sommer- und Winterhalbjahr die Anlage von breiteren Blühflächen zu empfehlen, und in den Förderbedingungen sollten Blühstreifen daher nicht auf eine Breite von 6 m begrenzt werden. Auch andere Studien empfehlen im Hinblick auf Brutvögel 10 m bis 40 m breite Blühstreifen bzw. Feldsäume (CONOVER et al. 2007; DZIEWIATY & BERNARDY 2007; DZIEWIATY & BERNARDY 2010; GOTTSCHALK & BEEKE 2017). Und für das Rebhuhn empfehlen GOTTSCHALK & BEEKE (2017) Blühflächen ab 1 ha Größe.

Das Alter der Blühstreifen hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Vogelvorkommen im Sommerhalbjahr (Kap. 6). Im Winterhalbjahr waren diese Blühstreifentypen nicht Gegenstand der Untersuchungen (Tab. 4). Dennoch ist die Standzeit der Blühstreifen ein entscheidender Gestaltungsaspekt. Denn zum einen werden Blühstreifen erst im Mai ausgesät, weshalb neu angelegte Blühstreifen im Frühjahr noch gar nicht in der Landschaft vorhanden sind und dementsprechend keinen Beitrag zur Verbesserung des Nahrungs-, Deckungs- oder Brutplatzangebots leisten können. Erst ab einer Standzeit von 1,5 Jahren können Blühstreifen im Winter und Frühjahr als Nahrungs- und Deckungsangebot zur Verfügung stehen. Dies ist entscheidend, wie die Studie von SIRIWARDENA et al. (2008) zeigt, die das Nahrungsangebot in der Agrarlandschaft für Vögel von November bis März in England untersucht haben. Hier stellten sich Februar und März als die Monate mit den größten Nahrungsengpässen heraus, genau die Zeit, in der die überjährigen Blühstreifen im Landkreis Rotenburg umgebrochen wurden (Umbruch Ende Februar, LK ROW 2014). Zudem kann durch die Anlage mehrjähriger Blühstreifen das Struktur- und Blütenangebot in einem Landschaftsausschnitt optimiert werden. Denn die jahreszeitlich differenzierte Analyse zeigte, dass sich unterschiedliche Altersstadien (Blühstreifen im ersten und zweiten Standjahr) im Hinblick auf die Pflanzen- und Strukturvielfalt unterscheiden und sie sich zudem im jahreszeitlichen Verlauf optimal ergänzen (Kap. 5). Eine hohe Strukturvielfalt ist für die Avifauna entscheidend, da eine lückige Vegetation ebenso wichtig ist wie die Sukzession (BIRNER et al. 2013; WAGNER 2014; ZOLLINGER et al. 2013) und nur eine strukturelle und floristische Vielfalt eine gute Nahrungsverfügbarkeit gewährleistet (VICKERY et al. 2009).

Außerdem werden während der Standzeit der Blühstreifen dort keinerlei Arbeiten durchgeführt, so dass eine längere Standzeit auch eine größere Störungsfreiheit bedeutet. Somit empfiehlt sich für die Avifauna die Anlage von mehrjährigen Blühstreifen. Auch GOTTSCHALK & BEEKE (2017) sprechen sich im Hinblick auf die Eignung von Blühstreifen für das Rebhuhn für mehrjährige Blühstreifen aus, und ZOLLINGER et al. (2013) konnten in der Schweiz die höchste Anzahl von Revieren und Brutvögeln auf Blühstreifen im Alter von vier Jahren beobachten. Zudem sollte ein Mosaik verschiedener Standzeiten in einem Landschaftsausschnitt angelegt werden, so dass verschiedene Altersstadien in räumlich-funktionaler Nähe vorhanden sind. Zum Beispiel sind für Rebhühner zur Küken-Aufzucht offene, wenig verfilzte Bereiche aufgrund der Bewegungsfreiheit und des trockenen Mikroklimas entscheidend (GOTTSCHALK & BEEKE 2017; TILLMANN 2006). Als Nisthabitat eignen sich wegen des Deckungsangebots höhere Vegetationsbestände. Wichtig ist zudem, dass die Blühstreifen in einem Landschaftsausschnitt unterschiedliche Umbruchzeiten aufweisen, damit auch kontinuierlich ein ausreichendes Nahrungs-, Deckungs- und Nistplatzangebot zur Verfügung steht.

Die mit der „Rotenburger Mischung 2012“ angelegten Blühstreifen zeigten eine starke Dominanz von Senf (*Sinapis alba*) und somit eine geringere Artenvielfalt (Kap. 5). Der Winteraspekt dieser Blühstreifen

fen war durch abgeknickte, niederliegende Senfpflanzen infolge von Witterung und Wildwechsel charakterisiert. Dementsprechend konnten sie nur wenige Sitzwarten und geringe Deckung bieten. Zudem ist das am Boden liegende Nahrungsangebot, das u.U. noch von anderen Pflanzen oder Schnee verdeckt wird, für Vögel schwerer aufzufinden und aufzunehmen (BIRRER et al. 2013; ZOLLINGER et al. 2013). Die Blühstreifen der „Rotenburger Mischung 2013“ hingegen zeichneten sich durch das durchmischte Nebeneinander von verschiedenen Pflanzenarten aus. Da einige dieser Pflanzen stabilere Stängel hatten, z.B. Futtermalve (*Malva sylvestris*) oder Markstammkohl (*Brassica oleracea* var. *medullosa*), knickten diese nicht so leicht ab, und auch die Senfpflanzen standen zwischen diesen etwas windgeschützter und stabiler. Somit waren auf diesen Blühstreifen auch im Winter noch zahlreiche aufrechtstehende Pflanzen vorhanden, die Deckung, Sitzwarten und gut geeignete Nahrungsquellen darstellten. Die optimierte „Rotenburger Mischung 2013“ erwies sich gegenüber der im ersten Untersuchungsjahr eingesetzten „Rotenburger Mischung 2012“ (Optimierung durch Reduktion der Aussaatstärke und stark deckender, konkurrenzstarker Arten) für die Avifauna somit als wesentlich vorteilhafter.

Die direkt an die Blühstreifen angrenzenden Strukturen (Baumreihe vs. offene Landschaft) hatten keinen Einfluss auf die Vogelvorkommen, was auf die hohe Mobilität der Vögel zurückzuführen ist.

Zusammenfassend konnte im Rahmen der Dissertation belegt werden, dass 1,5-jährige, über 6 m breite Blühflächen im Sommer- und Winterhalbjahr für die Avifauna eine deutlich höhere Habitatqualität aufweisen als überjährige, 6 m breite Blühstreifen. Eine hohe Strukturvielfalt kann den naturschutzfachlichen Wert von Blühflächen noch zusätzlich steigern.

Wie eingangs erläutert, konnte im Rahmen der Dissertation klar belegt werden, dass Blühstreifen einen höheren Wert als herkömmliche Feldsäume haben. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die untersuchten Feldsäume nur eine schlechte bis mäßige Ausprägung aufwiesen, der naturschutzfachliche Wert von Feldsäumen aber stark von deren jeweiliger Ausprägung abhängt (VICKERY et al. 2009). Auch Feldsäume können wichtige Rückzugsorte darstellen, und ihre Verbesserung könnte auch eine Option sein, um den Artenverlusten der Agrarvögel entgegen zu wirken (MARSHALL & MOONEN 2002; VICKERY et al. 1999; VICKERY et al. 2009). Ihr kontinuierliches, dauerhaftes Vorhandensein in der Landschaft ist der wesentliche Vorteil von Feldsäumen gegenüber den Blühstreifen. Trotz des rotierenden Prinzips der Blühstreifen ist der naturschutzfachliche Wert von Blühstreifen für die Avifauna über dem von strukturarmen Feldsäumen auf nährstoffreichen Standorten einzuordnen. Er liegt aber unter dem von struktur- und artenreichen Feldsäumen auf nährstoffärmeren Standorten.

Im Forschungsbedarf zeichneten sich im Hinblick auf die Wintervögel nicht nur Defizite zur Nutzung der Blühstreifen, sondern auch zu geeigneten Erfassungsmethoden ab. Denn aufgrund der geringen Vogelaktivität im Winter sind vermehrte Nullnachweise durch traditionelle Erfassungsmethoden mit kurzer Verweildauer auf den Untersuchungsflächen nicht selten (HENDERSON et al. 2003; RÜHMKORF & REICH 2011; WAGNER 2014). Für Erfassungen mit einem langen Beobachtungszeitraum bietet sich der Einsatz von Fotofallen an. Aber nicht nur für das Winterhalbjahr stellt sich die Frage, ob durch Fotofallen ein anderes Artenspektrum nachgewiesen werden kann als durch herkömmliche Methoden wie Linien-Transekte. Zudem besteht die grundsätzliche Frage, inwiefern sich Kamerafallen zur Erfassung der Avifauna eignen.

Die verschiedenen Erfassungsmethoden, Linien-Transektkartierung und Fotofallen, zeigten im Gesamtergebnis (alle Jahreszeiten, Blühstreifen und Feldsäume zusammen betrachtet) keine Unterschiede: Insgesamt konnten 20 Vogelarten durch Kamerafallen und 20 Arten durch Linien-Transekte beobachtet werden (Kap. 8). Aber nur 14 dieser Arten wurden mit beiden Methoden beobachtet. Die

Kombination von Kamerafallen mit Linientransekten führte zu einer deutlich höheren Anzahl von 26 Arten. Die Kombination von mehrstündigen Beobachtungen durch Kamerafallen und häufig wiederholten kurzen Begehungen der Untersuchungsflächen durch Linien-Transekten kann daher empfohlen werden, um das Artenspektrum zuverlässiger erfassen zu können.

Der Vergleich der linearen gemischten Modelle zeigt, dass der Lebensraumtyp und die angewandte Methode einen signifikanten Einfluss auf die Vogelnachweise haben (Lebensraumtypen: $p=0,001$, Methode: $p=0,003$). So konnten in den Blühstreifen höchst signifikant mehr Arten durch Linien-Transekte als durch Kamerafallen erfasst werden ($p<0,000$). In den Feldsäumen hingegen unterschieden sich die beiden Methoden nicht signifikant voneinander ($p=0,853$). Aber in beiden Lebensraumtypen erwies sich die Methodenkombination als vorteilhaft: Mit ihr konnten signifikant mehr Arten nachgewiesen werden (Blühstreifen: gegenüber Kamerafallen $p<0,000$; gegenüber Linien-Transekten $p=0,008$; Feldsäume: gegenüber Kamerafallen $p<0,000$; gegenüber Linien-Transekten $p=0,01$). Besonders vorteilhaft war die Methodenkombination von Fotofallen und Linien-Transekten in Untersuchungsgebieten mit geringer Vogeldichte und Vogelaktivität wie in den Feldsäumen. Auch DINATA et al. (2008) nutzten Kamerafallen, um schwer zu entdeckende seltene Arten zu erfassen (Dinata et al. 2008), was mit der Situation geringer Vogelaktivität oder -dichte vergleichbar ist.

Um eine jahreszeitliche differenzierte Eignung von Fotofallen abschätzen zu können, waren die Vogelnachweise zu gering, vor allem im Winter. Daher kann nicht abschließend geklärt werden, ob auch der Zeitraum (Wintermonate) Ursache der geringen Vogelaktivität sein kann und sich entsprechend die Methodenkombination dort als besonders günstig erweist. Die Ergebnisse deuten allerdings darauf hin, dass dies der Fall ist. Denn von den vier im Winter auf den Feldsäumen nachgewiesenen Arten wurden zwei Arten mittels Linien-Transektkartierung und zwei durch Fotofallen erfasst. Und auch von den sieben auf den Blühstreifen im Winter nachgewiesenen Arten wurde nur eine Art von beiden Methoden erfasst, zwei durch Kamerafallen und vier durch Linientransekte.

Die meisten Vögel hielten sich nur kurz vor der Kamera auf, und die Hälfte der Vogelaufnahmen dauerte weniger als eine Minute. Ein Drittel der Aufzeichnungen wurde sogar mit nur einem Foto aufgenommen, was einer Präsenzzeit von nur maximal 20 Sekunden entspricht. Um eine zuverlässige Vogelerkennung mit intervall-getakteten Kamerafallen zu erreichen, ist ein kurzes Intervall zwischen den Bildern erforderlich. Somit ist der limitierende Faktor bei intervall-getakteten Kamerafallen der hohe Arbeitsaufwand für die Sichtung des Bildmaterials. Der Vorteil ist jedoch, dass die Sichtung zeitlich und räumlich unabhängig durchgeführt werden kann. Der zusätzliche Arbeitsaufwand dieses Multimethodenansatzes muss jedoch im Verhältnis zum Mehrgewinn stehen. In Lebensräumen mit geringer Vogelaktivität ist der Einsatz von Kamerafallen effizienter als in Lebensräumen mit hoher Vogelaktivität.

11.3 Auswirkungen von verschiedenen Blühstreifentypen auf die Tagfalterfauna unter Berücksichtigung zusätzlicher Umweltvariablen verschiedener Maßstäbe

Alle auf Blühstreifen und Feldsäumen insgesamt nachgewiesenen 20 Tagfalterarten konnten auf den Blühstreifen beobachtet werden, fünf davon sogar ausschließlich dort (Kap. 9). Demensprechend gab es keine Art, die ausschließlich auf den Feldsäumen angetroffen werden konnte, und die Artenzahl lag dort bei 15 Arten. Die Blühstreifen wurden zudem auch deutlich intensiver genutzt als die Feldsäume. Insgesamt wurden vermehrt Generalisten (wie *Aglais io*, *Aglais urticae*, *Maniola jurtina*, *Pieris napi* oder *Pieris rapae*) nachgewiesen und nur sehr wenige Rote-Liste-Arten (*Polyommatus amandus* RL 2, *Polygonia c-album* und *Issoria lathonia* RL V in Niedersachsen nach LOBENSTEIN 2004). Der Beitrag von Blühstreifen zum Schutz gefährdeter Arten ist gering. Die niedrige Zahl gefährdeter Arten kann aber

auch an dem begrenzten Besiedlungspotenzial des Umlands liegen. Andere Studien belegten ebenfalls, dass Blühstreifen primär Generalisten fördern (AVIRON et al. 2011; HAALAND & BERSIER 2011; KORPELA et al. 2013). Da aber auch Generalisten und ehemals weit verbreitete Tagfalterarten erhebliche Bestandsrückgänge in der Agrarlandschaft verzeichnen (FOX et al. 2015; HAALAND & GYLLIN 2011; WALLISDEVRIES et al. 2012), ist die Anlage von Blühstreifen durchaus eine geeignete Maßnahme zur Verbesserung der Lebensraumbedingungen von Tagfaltern in der Agrarlandschaft.

Wie zum Stand der Forschung erläutert, wirken sich verschiedene Faktoren unterschiedlicher Maßstäbe auf die Artenvielfalt von Blühstreifen aus. Durch die Kombination von Feldstudien (Kap. 9), räumlichen Analysen in GIS und umfassenden statistischen Analysen (Kap. 10), bei denen sowohl der Einfluss der Habitat-Qualität (Blühstreifentypen, Blüten- und Strukturvielfalt der Blühstreifen) als auch die Relevanz der umliegenden Landschaft (Diversität und Konnektivität) einbezogen wurden, konnten fundierte Aussagen zur optimalen Gestaltung von Blühstreifen hergeleitet werden:

Die Ergebnisse des linearen gemischten Modells belegen, dass für die Verbesserung der Habitat-Qualität auf lokaler Ebene vor allem ein reichhaltiges Blütenangebot der grundlegendste Faktor ist (Kap. 10). Sowohl in dem Modell für Blühstreifen als auch in dem für Feldsäume konnte ein höchst signifikanter Effekt des Blütenangebots auf die Arten- und Individuenzahl nachgewiesen werden (in allen Fällen $p < 0,000$).

Auch das Alter der Blühstreifen ist im Zusammenhang mit dem Blütenangebot zu sehen. Die vorliegende und andere Studien belegen, dass das Blütenangebot mit zunehmendem Alter abnimmt und sich infolge der Sukzession der Anteil von Gräsern erhöht (Kap. 5, FRANK et al. 2012; HUUSELA-VEISTOLA & VASARAINEN 2000; PYWELL et al. 2011a). Bei den im Rahmen der Dissertation durchgeführten Feldstudien konnte auf den Blühstreifen im ersten Standjahr eine deutlich höhere Tagfalterartenzahl und intensivere Nutzung beobachtet werden als auf den Blühstreifen im zweiten Standjahr (Kap. 6). Die statistischen Paarvergleiche ergaben hier für den Häufigkeitsindex einen signifikanten Unterschied ($p=0,04$), für die Artenzahl einen nahezu signifikanten ($p=0,07$). Dennoch darf daraus nicht die Konsequenz gezogen werden, dass eine kurze Standzeit der Blühstreifen für Tagfalter bzw. Insekten generell die beste Variante ist. Denn im Hinblick auf den Lebenszyklus der Tagfalter (und anderer Insekten auch) darf die Zeitspanne zwischen Aussaat und Umbruch der Blühstreifen keinesfalls zu kurz sein, da sie dann als ökologische Falle wirken können: Durch das hohe Blütenangebot werden im Sommer zahlreiche Tagfalter angelockt, aber mit dem Umbruch der Blühstreifen Ende Februar wird der Reproduktionszyklus unterbrochen und die präimaginalen Entwicklungsstadien werden vernichtet (HAALAND & BERSIER 2011). Das Ziel muss daher sein, eine mehrjährige Standzeit und zugleich ein hohes Blütenangebot zu gewährleisten. Die in Kapitel 5 vorgestellten Ergebnisse und die von AVIRON et al. (2011) zeigen, dass die Sukzession bei gut aufgelaufenen Blühstreifen langsamer voran schreitet. Um ein hohes Blütenangebot in den Blühstreifen über eine längere Zeit zu gewährleisten, ist als Grundlage die Auswahl einer geeigneten, standortgerechten Blütmischung und deren erfolgreiche Etablierung (gründliche Saatbettvorbereitung) maßgeblich (s. auch RODE et al. 2018). Um Empfehlungen zur konkreten Standzeit in Kombination mit ggf. erforderlichen Pflegemaßnahmen aussprechen zu können, besteht weiterer Forschungsbedarf. Denn in den vorliegenden, im niedersächsischen Landkreis Rotenburg (Wümme) durchgeführten Studien betrug die maximale Standzeit der Blühstreifen 1,5 Jahre und in anderen Studien gehen die Aussagen zur optimalen Standzeit weit auseinander. HAALAND & BERSIER (2011) empfehlen eine Mindest-Standzeit von fünf Jahren. PYWELL et al. (2011a) beobachteten, dass Blühstreifen nach einer Standzeit von drei bis vier Jahren – trotz durchgeführter Pflegeeingriffe – kein

optimales Blütenangebot mehr aufweisen können. In der Schweiz werden Blühstreifen mit einer wesentlich längeren Standzeit von etwa 10 Jahren angelegt (AVIRON et al. 2011). Eine direkte Übertragung der Ergebnisse ist aufgrund der unterschiedlichen biogeografischen Bedingungen nicht möglich. So befinden sich die von AVIRON et al. (2011) untersuchten Blühstreifen in der Berggebietsregion „Schweizer Mittelland“. Diese Standortbedingungen sind nicht mit denen einer intensiv genutzten Agrarlandschaft Nordwestdeutschlands vergleichbar. Die Sukzession verläuft unterschiedlich und dementsprechend sind Standzeit und Pflegeeingriffe anzupassen.

Im Hinblick auf die Saatgutmischung ist für Tagfalter ein weiterer entscheidender Aspekt zu beachten. Damit die Blühstreifen nicht nur als Nektarhabitat, sondern auch als Fortpflanzungshabitat fungieren können, müssen die Ansprüche der Imagines und der Larven (Raupenfutterpflanzen) bei der Artensammensetzung der Saatgutmischungen berücksichtigt werden (FEBER et al. 1996; HAALAND & BERSIER 2011; PYWELL et al. 2011a). Die „Rotenburger Mischung 2013“ und auch andere üblicherweise eingesetzten Mischungen stellen nur für einige häufige Arten, die in ihrer Entwicklung auf Brassicaceae oder Papilionaceae angewiesen sind, potenzielle Fortpflanzungshabitate dar (*Anthocharis cardamines*, *Pieris brassicae*, *Pieris napi*, *Pieris rapae*, *Colias crocea* oder *Polyommatus icarus*, Kap. 9). Aber auf den Blühstreifen in Rotenburg (Wümme) konnten auch verschiedene monophage Tagfalterarten nachgewiesen werden (*Aglais urticae*, *Araschnia levana*, *Vanessa atalanta*, *Issoria lathonia* und *Lycaena phlaeas*), die Brennnesseln (*Urtica spec.*), Veilchen (*Viola spec.*) oder Ampfer (*Rumex spec.*) als Wirtspflanzen nutzen. Diese Pflanzen zählen aber zu den Acker- / Problemunkräutern (HOFMEISTER & GARVE 2006; KLAAREN & FREITAG 2004). Dementsprechend wäre es nicht zielführend, diese in die Blühmischungen aufzunehmen. Das Vorkommen von Raupenfutterpflanzen können diese Mischungen also nicht optimal abdecken. Dieses Defizit kann zum Teil von der Spontanvegetation abgefangen werden. Nur kann die Spontanvegetation nicht zielgerichtet gesteuert werden, und eine starke Verunkrautung der Blühstreifen steht dem Zweck eines Blühstreifens entgegen. Eine geeignetere Option wäre, die Blühstreifen in einem Landschaftskontext so einzugliedern, dass Tagfalter in räumlich-funktionaler Nähe die notwendigen Wirtspflanzen vorfinden können.

Vorherige Studien belegen, dass die Vernetzung der Landschaft einen Effekt auf die Tagfaltermvorkommen hat (BRÜCKMANN et al. 2010; DELATTRE et al. 2010; DELATTRE et al. 2013). Allerdings zeigt das lineare gemischte Modell der hier vorliegenden Arbeit keinen signifikanten Einfluss der Konnektivität der Landschaft auf das Vorkommen der Tagfalter, weder in Blühstreifen noch in Feldsäumen (Kap. 10). Diese gegensätzlichen Ergebnisse lassen sich dadurch erklären, dass die im Landkreis Rotenburg (Wümme) untersuchten Blühstreifen anscheinend bereits ausreichend gut vernetzt waren –zumindest für eine so mobile Artengruppe wie die Tagfalter. Denn zusätzlich zu den in den GIS-Analysen erfassten linearen Elementen (Feldsäume, Grabenränder, Straßen- und Wegränder) kommen noch die Blühstreifen in der umliegenden Landschaft hinzu. Diese waren auf der Datengrundlage in GIS-Analysen nicht verzeichnet. Und gerade zu dem Zeitraum, in dem die Untersuchungen durchgeführt wurden, wurden dort Blühstreifen von verschiedenen Organisationen stark gefördert (LK ROW 2014; LANDVOLKINITIATIVE BUNTE FELDER E.V. 2016). Somit zeichnete sich das Untersuchungsgebiet durch eine hohe Anzahl von Blühstreifen in der Landschaft aus. Dies legt nahe, dass Blühstreifen zur Lebensraumvernetzung beitragen können. Auch AVIRON et al. (2011) konnten für Käfer einen positiven Einfluss durch einen hohen Anteil von Blühstreifen in einem Landschaftsausschnitt in der Schweiz belegen.

Vor diesem Hintergrund ist auch die Analyse zum Einfluss der Breite von Blühstreifen zu sehen, die ergab, dass eine Breite von 6 m für Tagfalter ausreichend ist und breite Blühflächen keinen Vorteil haben (Kap. 9 und 10). Auch KORPELA et al. (2013) konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen

unterschiedlich breiten Blühstreifen feststellen. Bei gleicher Flächeninanspruchnahme und gleichem Mitteleinsatz kann durch die Anlage von Blühstreifen aber ein wesentlich engeres Netz geschaffen werden als durch die Anlage von Blühflächen. Somit ist der Vernetzungseffekt bei Blühstreifen höher als bei Blühflächen.

Die statistischen Analysen zum Landschaftskontext in Kap. 10 zeigen, dass Blühstreifen den größten Effekt in einfachen Landschaften haben. Einfache Landschaften definieren sich nach SCHEPER et al. (2013) über einen Anteil von 1-20% an halbnatürlichen Habitaten. Gerade dort ist das Vorhandensein halbnatürlicher Lebensräume besonders wichtig. Zudem weisen solche Landschaften noch einen ausreichenden Artenpool und eine hinreichende Vernetzung auf, so dass diese Habitate auch besiedelt werden können. Die halbnatürlichen Lebensräume müssen allerdings eine gewisse Qualität aufweisen. Denn die Habitat-Diversität der umliegenden Landschaft hatte nur bei den Tagfaltervorkommen in Blühstreifen einen signifikanten Effekt, auf die der Feldsäume hingegen hatte sie keinen. Auch andere Studien konnten für AUM den größten Einfluss in einfachen Landschaften nachweisen (u.a. für Blühstreifen SCHEPER et al. (2015), für den ökologischen Landbau ROSCHEWITZ et al. (2005)).

Alle Tagfalterarten, deren Raupenfutterpflanzen Gräser darstellen (*Aphantopus hyperantus*, *Maniola jurtina*, *Thymelicus lineola* und *Thymelicus sylvestris*), konnten auf den Feldsäumen häufiger beobachtet werden als auf den Blühstreifen (Kap. 9). Somit sind Feldsäume für diese Tagfalterarten sehr wichtig. Angesichts der Tatsache, dass das Blütenangebot für Tagfalter der grundlegende Einflussfaktor ist (Kap. 10), können auch Feldsäume gezielt aufgewertet werden. Insgesamt wiesen die untersuchten Blühstreifen aber eine höhere Tagfaltervielfalt als die Feldsäume auf und wurden zudem auch deutlich intensiver genutzt, teilweise mit signifikanten Unterschieden (Kap. 9). Auch andere Studien konnten eine höhere Tagfalterarten- und/ oder Individuenzahl in Blühstreifen gegenüber Feldsäumen nachweisen (HAALAND & GYLLIN 2010; KORPELA et al. 2013; POTTS et al. 2009; SCHINDLER 2006, 2012). Der naturschutzfachliche Wert der Blühstreifen ist also über den von herkömmlichen Feldsäumen einzuordnen. Allerdings ist das Ausmaß des positiven Effekts stark vom jeweiligen Blühstreifentyp abhängig, ebenso wie der naturschutzfachliche Wert von Feldsäumen stark von deren Nutzungsintensität und Ausprägung abhängt (FEVER et al. 1996; JACOT et al. 2007). Die Säume, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden, waren von schlechter bis mittlerer Ausprägung. Allerdings haben Feldsäume einen entscheidenden Vorteil gegenüber Blühstreifen: Sie sind dauerhaft in der Landschaft vorhanden.

Zusammenfassend ist der naturschutzfachliche Wert der untersuchten Blühstreifen für die Tagfalter daher zwischen Feldsäumen mit schlechter Ausprägung und Feldsäumen mit guter Ausprägung einzuordnen. 1,5-jährige, 6 m breite Blühstreifen haben für die Tagfalterfauna einen höheren Wert gegenüber überjährigen über 6 m breiten Blühflächen (im Hinblick auf die Vernetzung der Landschaft). Bei der Anlage von Blühstreifen zur Förderung der Tagfalter sind ein hohes Blütenangebot, das Vorkommen der Wirtspflanzen in räumlich-funktionaler Nähe, eine ausreichend lange Standzeit zum vollständigen Durchlaufen eines Reproduktionszyklus und der Landschaftskontext (strukturell einfach ausgestaltete Landschaften) zu berücksichtigen.

11.4 Abschließende Darstellung der Auswirkungen von Blühstreifen auf Vögel und Tagfalter

Verschiedene Artengruppen haben unterschiedliche Ansprüche an Blühstreifen. Für Insekten sind beispielweise das Pollen- und Nektarangebot und die Pflanzenarten primär relevant, für Vögel die Vegetationsstruktur für die Nahrungssuche und das Deckungsangebot. Die verschiedenen Blühstreifentypen wiesen unterschiedliche floristische Vegetationsmerkmale auf. Dementsprechend zeichneten sich artengruppenspezifische Anforderungen an die verschiedenen Blühstreifentypen ab, die bei der Bewertung von Blühstreifen zu beachten sind.

Allerdings werden die verschiedenen Ansprüche der Artengruppen nur selten berücksichtigt (Kap. 2.4). Die Studien, die mehrere Artengruppen untersucht haben, bestätigen jedoch die Notwendigkeit. MUCHOW et al. (2007), die Laufkäfer, Spinnen, Wildbienen und Tagfalter in Blühstreifen im ersten und zweiten Standjahr in der Kölner-Bucht untersucht haben, konnten artengruppenspezifische Unterschiede beobachten: Die Artenzahl der Wildbienen und Laufkäfer nahm zum zweiten Standjahr hin zu, die der Spinnen reduzierte sich leicht. BRAUN-REICHERT (2010) konnten bei ihren Untersuchungen zu blütenbesuchenden Insektengruppen (Honigbiene, Wildbiene, Hummel, Diptere und Schmetterlingen) auf Blühstreifen in Bayern artengruppenspezifische Präferenzen für bestimmte Blühmischungen nachweisen. In der Schweiz konnten JACOT et al. (2007) in IFM mehr Tagfalter und Heuschrecken beobachten als in den WFS. Bei den Käfern und Spinnen wurden allerdings in den WFS mehr Arten und Individuen beobachtet als in den IFM.

Im Rahmen der Dissertation konnte zudem belegt werden, dass vielstündige Beobachtungen durch Fotofallen vorteilhaft sind (Kap. 8), besonders in den Feldsäumen. Der Einsatz von Fotofallen zur Erfassung der Avifauna und deren weitere Evaluierung können dringend empfohlen werden.

Zusammenfassend gilt, dass nur durch die Berücksichtigung verschiedener Artengruppen, Blühstreifentypen und Erfassungsmethoden eine fundierte ökologische Effizienz-Kontrolle von Blühstreifen erfolgen kann. Im Gesamtergebnis unterstützen sowohl die zusätzliche Erfassungsmethode (Kap. 11.2) als auch die umfassende Faktorenanalyse (Kap. 11.3) die in Kapitel 11.1 abgeleiteten Empfehlungen zur Optimierung von Blühstreifen und den definierten naturschutzfachlichen Wert von Blühstreifen. Durch den Einbezug weiterer Umweltvariablen in der Faktorenanalyse am Beispiel der Tagfalterfauna konnten zwei Hauptaspekte identifiziert werden, die eine hohe Relevanz für den Erfolg von Blühstreifen haben. Denn die verschiedenen Blühstreifentypen sind nicht der einzige Faktor, der das Artenvorkommen in Blühstreifen bestimmt. Hier erwies sich vor allem ein hohes Blütenangebot als ausschlaggebend. Ebenso spielt auch der Landschaftskontext eine entscheidende Rolle, und der Effekt von Blühstreifen ist in einfach strukturierten Landschaften am höchsten. Diesen beiden Faktoren muss bei der Gestaltung von Blühstreifen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Als Fazit gilt:

- a) Die Anlage von Blühstreifen stellt für die Vogelwelt (Brut- und Wintervögel) und die Tagfalterfauna eine naturschutzfachliche Aufwertung der intensiv genutzten Agrarlandschaft dar.
- b) Die Standzeit von 1,5 Jahren hat für Brut-, Wintervögel und Tagfalter einen höheren Wert gegenüber einer kürzeren Standzeit.
- c) Für Brut- und Wintervögel empfiehlt sich die Anlage von großen Blühflächen. Für Tagfalter ist eine Breite von 6 m ausreichend, die sich auch zur besseren Vernetzung der Landschaft anbietet.

d) Im Vergleich zu weiteren Biotoptypen sind die Blühstreifen für Brut-, Wintervögel und Tagfalter zwischen struktur- und artenarmen Feldsäumen nährstoffreicher Böden und struktur- und artenreichen Feldsäumen nährstoffarmer Standorte einzuordnen.

e) Ein mehrjährig hohes Blütenangebot der Blühstreifen muss durch Saatgutmischung und gutes Auflaufen der Blütmischung gewährleistet werden.

f) Um dem Effekt des Landschaftskontexts gerecht werden zu können, müssen Gebietskulissen (einfach strukturierte Landschaften) räumlich definiert werden, in denen Blühstreifen vorrangig angelegt werden sollen.

12 Ausblick

Aktuelle Veröffentlichungen sowie die Strategie zur biologischen Vielfalt (BfN 2017; BMUB 2015) zeigen, dass auch zukünftig der Biodiversitätsschutz in der Agrarlandschaft eine wesentliche Aufgabe des Naturschutzes sein wird. Die Entwicklung geeigneter effizienter Schutzmaßnahmen ist weiterhin ein wichtiges Thema (KLEIJN & SUTHERLAND 2003). Die Literaturstudie zum Stand der Forschung belegt deutlich die Aktualität und Relevanz von Blühstreifen als Schutzmaßnahme (Kap.2.4), und eine weitere Auseinandersetzung mit dieser Schutzmaßnahme erscheint erfolgsversprechend. Im Hinblick auf die Optimierung von Blühstreifen für bestimmte Zielvorgaben oder Zielarten leistet die vorliegende Arbeit einen wichtigen Beitrag. Da in dieser Arbeit die Relevanz einzelner Faktoren herausgearbeitet wurde, können die gewonnenen Erkenntnisse nicht nur als Grundlage zur Optimierung von Blühstreifen dienen, sie können auch auf andere Strukturelemente der Agrarlandschaft übertragen werden. Durch die gezielte Verbesserung von Feld-, Weg- und Straßenrändern im Hinblick auf ihre Breite, ihr Blütenangebot und ihre Arten- und Strukturvielfalt könnte die Biodiversität in der Agrarlandschaft ebenfalls gefördert werden.

Bedingt durch die Vielzahl der Blühstreifentypen und beeinflussenden Faktoren müssen jedoch weitere Aspekte mit der erforderlichen Detailschärfe untersucht werden und es besteht entsprechend weiterer Forschungsbedarf.

Im Rahmen dieser Arbeit konnten sowohl artengruppenübergreifende als auch artengruppenspezifische Anforderungen zur optimalen Anlage von Blühstreifen definiert und ein Einfluss des Landschaftskontextes belegt werden. Daher müssen Gebietskulissen erarbeitet und für diese prioritäre Zielsetzungen (Zielarten) formuliert werden. Dem Gebiet und der Zielsetzung entsprechend muss der optimale Blühstreifentyp umgesetzt werden.

Eine kurze Standzeit von Blühstreifen erwies sich für die Flora und die meisten der untersuchten Tierartengruppen ebenso wie für den Boden als nachteilig. Allerdings fehlt es an Studien, die eine längere Standzeit auf typischen Agrarstandorten Deutschlands erproben und auch mögliche Pflegemaßnahmen mit einbeziehen.

Nicht alle Artengruppen reagieren so schnell auf Landschaftsveränderungen wie Tagfalter oder sind so hoch mobil wie Vögel, dass sie neue Habitate schnell besiedeln können. Somit ist der langfristige Effekt von Blühstreifen auf die Biodiversität ein entscheidender Aspekt. Ein Langzeit-Monitoring in Landschaften, in denen Blühstreifen bereits über einen langen Zeitraum angelegt wurden, ist daher drin-

gend erforderlich, zumal auch für Vögel und Tagfalter die Langzeit-Effekte von Blühstreifen nicht bekannt sind. Es stellt sich die Frage, ob mit der Zeit auch gefährdete oder spezialisierte Arten in die Blühstreifen einwandern und den naturschutzfachlichen Wert von Blühstreifen noch erhöhen.

Die Rotenburger Mischung 2013 und üblich eingesetzte Blühmischungen aus Kulturarten können die Anforderungen von Tagfaltern bezüglich der Raupenfutterpflanzen nicht optimal abdecken und können daher primär nur eine Funktion als Nektarhabitat übernehmen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, ob Blühmischungen, die auch Wildkräuter beinhalten, ein anderes Tagfalterartenspektrum beherbergen und das Spektrum der erforderlichen Raupenfutterpflanzen abdecken können. Zudem bedarf es geeigneter Konzepte, um die Blühstreifen zielgerichtet in den Landschaftskontext einzubinden und einen räumlich-funktionalen Austausch mit potenziellen Reproduktionshabitaten zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang wären auch Tagfaltererfassungen (Präimaginalstadien) in Blühstreifen im Winterhalbjahr aufschlussreich.

Die umfassende Faktorenanalyse, die in der vorliegenden Arbeit am Beispiel der Tagfalterfauna erfolgte, ergab entscheidende Ergebnisse zur Optimierung von Blühstreifen im Hinblick auf diese Artengruppe. Auch für andere Artengruppen ist dies von großem Interesse und hoher Wichtigkeit. Denn auch bei den Vögeln zeigte sich sowohl im Sommer- als auch im Winterhalbjahr eine starke Varianz innerhalb eines Blühstreifentyps. Dementsprechend muss auch bei dieser Artengruppe davon ausgegangen werden, dass das Artenvorkommen noch von weiteren Faktoren beeinflusst wird.

Zum Einsatz von Fotofallen zur Erfassung der Vögel zeichnete sich sowohl weiterer Forschungs- als auch Anwendungsbedarf ab. Denn die Erfassung von Vögeln, auch von mittelgroßen bis kleinen Singvögeln, erwies sich mit Fotofallen als vorteilhaft. Durch den Fortschritt der Technik kann davon ausgegangen werden, dass Fotofallen mit immer besserer Bildauflösung angeboten werden und sich die Erfassung von Vögeln weiterhin verbessern wird. Gerade in Lebensräumen und Jahreszeiten mit geringer Aktivität und Dichte von Vögeln sollten zukünftig Fotofallen eingesetzt und weiter erprobt werden, wofür Methoden-Vergleiche entscheidend sind.

Durch die vorliegende Arbeit wurde zudem Forschungsbedarf aufgedeckt, der über das Thema der Blühstreifen hinausgeht. Der Einfluss des Landschaftskontexts auf Tagfaltervorkommen konnte nicht abschließend geklärt werden. Einige Studien zeigen, dass eine geringe Diversität der umliegenden Landschaft Tagfaltervorkommen fördert, andere belegen dies für eine hohe Diversität der umliegenden Landschaft. Die gegensätzlichen Ergebnisse bedürfen einer genauen systematischen Analyse, die berücksichtigt, wie sich die Studien hinsichtlich verschiedener Aspekte voneinander unterscheiden, z.B. hinsichtlich der Maßeinheiten der Diversität (Shannon-Index, prozentualer Anteil verschiedener Biotoptypen) oder der Radii, um die umliegende Landschaft abzugrenzen.

13 Literaturverzeichnis

- 3N (2017): Biogas in Niedersachsen Inventur 2016. Aufgerufen am 06.09.2018, https://www.3-n.info/media/4_Downloads/pdf_WssnSrcv_Srcv_Biogas_BiogasinventurNiedersachsen2016.pdf
- AGRIDEA (2017): Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge. Aufgerufen am 13.09.2018, <https://www.agridea.ch/de/publikationen/publikationen/umwelt-natur-landschaft/naturnahe-lebensraeume-im-ackerland/bluehstreifen-fuer-bestaeuher-und-andere-nuetzlinge/>
- ALBERT, L., FRANCK, P., GILLES, Y. & PLANTEGENEST, M. (2017): Impact of Agroecological Infrastructures on the Dynamics of *Dysaphis plantaginea* (Hemiptera Aphididae) and Its Natural Enemies in Apple Orchards in Northwestern France. *Environmental Entomology* 46 (3): 528–537. doi:10.1093/ee/nvx054
- ARNDT, T., BALZER, S., BENZLER, A., BÖHMER, F., BÖTTCHER, M., BRUKER, J. & DIETRICH, K. (2015): Fachinformation des BfN zur „Naturschutz-Offensive 2020“ des Bundesumweltministeriums. Status, Trends und Gründe zu den prioritär eingestuften Zielen der NBS. *BfN-Skripten* (418)
- AVIRON, S., HERZOG, F., KLAUS, I., LUKA, H., PRÄFFNER, L. & SCHUPBACH, B. (2007): Effects of Swiss agri-environmental measures on arthropod biodiversity in arable landscapes. *Aspects of Applied Biology* 81: 101–109.
- AVIRON, S., HERZOG, F., KLAUS, I., SCHUEPBACH, B. & JEANNERET, P. (2011): Effects of Wildflower Strip Quality, Quantity, and Connectivity on Butterfly Diversity in a Swiss Arable Landscape. *Restoration Ecology* 19 (4): 500–508. doi:10.1111/j.1526-100X.2010.00649.x
- BAESSLER, C. & KLOTZ, S. (2006): Effects of changes in agricultural land-use on landscape structure and arable weed vegetation over the last 50 years. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 115 (1-4): 43–50. doi:10.1016/j.agee.2005.12.007
- BALZAN, M. V. & MOONEN, A.-C. (2014): Field margin vegetation enhances biological control and crop damage suppression from multiple pests in organic tomato fields. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 150 (1): 45–65. doi:10.1111/eea.12142
- BAUER, H. G., BEZZEL, E. & FIEDLER, W. (2005): Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. 2. Aufl., VI, 622 S., Wiebelsheim: Aula-Verl.
- BAUMGARTNER, U. (2005): Abschlussbericht des Projektes „Blühender Chiemgau“ im Rahmen von Region aktiv Chiemgau-Inn-Salzach. Aufgerufen am 08.02.2018, <http://www.bluehende-landschaft.de/fix/docs/files/bericht-BCG.pdf>
- BERGER, G. & PFEFFER, H. (2011): Naturschutzbrachen im Ackerbau. Praxishandbuch für die Anlage und optimierte Bewirtschaftung kleinflächiger Lebensräume für die biologische Vielfalt. 1. Aufl., 160 S, Rangsdorf: Natur & Text.
- BfN (2017): Agrar-Report 2017 Biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft. Aufgerufen am 26.10.2018, https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/landwirtschaft/Dokumente/BfN-Agrar-Report_2017.pdf
- BIRDLIFE INTERNATIONAL (2013a): Europe-wide monitoring schemes highlight declines in widespread farmland birds. Aufgerufen am 11.10.2018, <http://www.birdlife.org>
- BIRDLIFE INTERNATIONAL (2013b): State of the world's birds 2013: Indicators for our changing world, Cambridge, UK: BirdLife International.
- BIRNER, S., JENNY, M., KORNER-NIEVERGELT, F., MEICHTRY-STIER, K., PRÄFFNER, L., ZELLWEGGER-FISCHER, J. & ZOLLINGER, J.-L. (2013): Ökologische Vorrangflächen fördern Kulturlandvögel. *Julius-Kuhn-Archiv* 442: 138-150.
- BLAKE, R. J., WOODCOCK, B. A., WESTBURY, D. B., SUTTON, P. & POTTS, S. G. (2013): Novel management to enhance spider biodiversity in existing grass buffer strips. *Agricultural and Forest Entomology* 15 (1): 77–85. doi:10.1111/j.1461-9563.2012.00593.x
- BMEL (2015): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2015. Aufgerufen am 09.10.2018, https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/user_upload/monatsberichte/DFB-0010010-2015.pdf
- BMUB (2015): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007. Aufgerufen am 09.10.2018, https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/biologischerdiversitaet/Dokumente/broschuere_biolog_vielfalt_strategie_bf.pdf
- BOATMAN, N. D., STOATE, C. & HENDERSON, I.G. (2003): Designing crop/plant mixtures to provide food for seed-eating farmland birds in winter. *BTO research report* (339)
- BRAUN-REICHERT, R. (2010): Blütenangebot und Blütenbesuchergemeinschaft von vier handelsüblichen Saatmischungen für Blühflächen in der Landwirtschaft. *Beiträge zur bayerischen Entomofaunistik* 10: 91-101.
- BRINER, T., NENTWIG, W. & AIROLDI, J. P. (2005): Habitat quality of wildflower strips for common voles (*Microtus arvalis*) and its relevance for agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105 (1-2): 173–179. doi:10.1016/j.agee.2004.04.007

- BRITAIN, C. A., VIGHI, M., BOMMARCO, R., SETTELE, J. & POTTS, S. G. (2010): Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology* 11 (2): 106–115. doi:10.1016/j.baae.2009.11.007
- BRÜCKMANN, S. V., KRAUSS, J. & STEFFAN-DEWENTER, I. (2010): Butterfly and plant specialists suffer from reduced connectivity in fragmented landscapes. *J Appl Ecol* 47 (4): 799–809. doi:10.1111/j.1365-2664.2010.01828.x
- BUBOVÁ, T., VRABEC, V., KULMA, M. & NOWICKI, P. (2015): Land management impacts on European butterflies of conservation concern: a review. *J Insect Conserv* 19 (5): 805–821. doi:10.1007/s10841-015-9819-9
- BUNER, F., JENNY, M., ZBINDEN, N. & NAEF-DAENZER, B. (2005): Ecologically enhanced areas - a key habitat structure for re-introduced grey partridges *Perdix perdix*. *Biological Conservation* 124 (3): 373–381. doi:10.1016/j.biocon.2005.01.043
- BURGIO, G. & SOMMAGGIO, D. (2007): Syrphids as landscape bioindicators in Italian agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120 (2-4): 416–422. doi:10.1016/j.agee.2006.10.021
- BURTON, A. C., NEILSON, E., MOREIRA, D., LADLE, A., STEENWEG, R., FISHER, J. T., BAYNE, E., BOUTIN, S. & STEPHENS, P. (2015): REVIEW. Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *J Appl Ecol* 52 (3): 675–685. doi:10.1111/1365-2664.12432
- CAMPBELL, A. J., WILBY, A., SUTTON, P. & WACKERS, F. (2017): Getting More Power from Your Flowers. Multi-Functional Flower Strips Enhance Pollinators and Pest Control Agents in Apple Orchards. *Insects* 8 (3). doi:10.3390/insects8030101
- CARRECK, N. L., WILLIAMS, I. H. & OAKLEY, J. N. (1999): Enhancing farmland for insect pollinators using flower mixtures. *Aspects of Applied Biology* 54: 101–108.
- CARVELL, C., OSBORNE, J. L., BOURKE, A. F. G., FREEMAN, S. N., PYWELL, R. F. & HEARD, M. S. (2011): Bumble bee species' responses to a targeted conservation measure depend on landscape context and habitat quality. *Ecological Applications* 21 (5): 1760–1771. doi:10.1890/10-0677.1
- CARVELL, C., ROY, D. B., SMART, S. M., PYWELL, R. F., PRESTON, C. D. & GOULSON, D. (2006a): Declines in forage availability for bumblebees at a national scale. *Biological Conservation* 132 (4): 481–489. doi:10.1016/j.biocon.2006.05.008
- CARVELL, C., WESTRICH, P., MEEK, W. R., PYWELL, R. F. & NOWAKOWSKI, M. (2006b): Assessing the value of annual and perennial forage mixtures for bumblebees by direct observation and pollen analysis. *Apidologie* 37 (3): 326–340. doi:10.1051/apido:2006002
- CAUWER, B. de, REHEUL, D., D'HOOGE, K., NIJS, I. & MILBAU, A. (2005): Evolution of the vegetation of mown field margins over their first 3 years. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 109 (1-2): 87–96. doi:10.1016/j.agee.2005.02.012
- CONOVER, R. R., BURGER, L. W. & LINDER, E. T. (2007): Winter Avian Community and Sparrow Response to Field Border Width. *Journal of Wildlife Management* 71 (6): 1917–1923. doi:10.2193/2006-119
- DBFZ (2011): Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der Biomassenutzung. *DBFZ Report* (4)
- DELATTRE, T., PICHANCOURT, J.-B., BUREL, F. & KINDLMANN, P. (2010): Grassy field margins as potential corridors for butterflies in agricultural landscapes: A simulation study. *Ecological Modelling* 221 (2): 370–377. doi:10.1016/j.ecolmodel.2009.10.010
- DELATTRE, T., VERNON, P. & BUREL, F. (2013): An agri-environmental scheme enhances butterfly dispersal in European agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 166: 102–109. doi:10.1016/j.agee.2011.06.018
- DESTATIS (STATISTISCHES BUNDESAMT) (2017): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2016. Fachserie 3 Reihe 5.1 - 2016. Aufgerufen am 09.10.2018, https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/Flaechennutzung/Bodenflaechennutzung2030510167004.pdf?__blob=publicationFile
- DICKS, L. V., HODGE, I., RANDALL, N. P., SCHARLEMANN, J. P. W., SIRIWARDENA, G. M., SMITH, H. G., SMITH, R. K. & SUTHERLAND, W. J. (2014): A Transparent Process for “Evidence-Informed” Policy Making. *Conservation Letters* 7 (2): 119–125. doi:10.1111/conl.12046
- DINATA, Y., NUGROHO, A., ACHMAD HAIDIR, I. & LINKIE, M. (2008): Camera trapping rare and threatened avifauna in west-central Sumatra. *Bird Con. Int.* 18 (01). doi:10.1017/S0959270908000051
- DJV (DEUTSCHER JAGDVERBAND E.V.), DeWiSt (DEUTSCHE WILDTIER STIFTUNG) & CIC (INTERNATIONALER RAT ZUR ERHALTUNG DES WILDES UND DER JAGD) (2014): Energie aus Wildpflanzen. Praxisempfehlungen für den Anbau von Wildpflanzen zur Biomasseproduktion. Aufgerufen am 16.08.2018, https://lebensraum-brache.de/wp-content/uploads/2014/02/NLF_Praxisratgeber_April14.pdf
- DMK (DEUTSCHES MAISKOMITEE E.V.) (2016): Karten zum Maisanbau. Aufgerufen am 06.09.2018, <https://www.maiskomitee.de/Fakten/Statistik/Deutschland/Maisanbau>

- DONALD, P. F., GREEN, R. E. & HEATH, M. F. (2001): Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 268 (1462): 25–29. doi:10.1098/rspb.2000.1325
- DYCK, H. van, STRIEN, A. J. van, MAES, D. & SWAAY, C. A. M. van (2009): Declines in Common, Widespread Butterflies in a Landscape under Intense Human Use. *Conservation Biology* 23 (4): 957–965. doi:10.1111/j.1523-1739.2009.01175.x
- DZIEWIATY, K. & BERNARDY, P. (2007): Auswirkungen zunehmender Biomassenutzung (EEG) auf die Artenvielfalt - Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für den Schutz der Vögel der Agrarlandschaft - Endbericht -. Aufgerufen am 08.02.2018, http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/endbericht_biomasse_vogelschutz.pdf
- DZIEWIATY, K. & BERNARDY, P. (2010): Bioenergie und Naturschutz im UNESCO Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe - ein Leitfaden., Hitzacker.
- DZIEWIATY, K., BERNARDY, P., OPPERMANN, R., SCHÖNE, F. & GELHAUSEN, J. (2013): Ökologische Vorrangflächen – Anforderungen an das Greening-Konzept aus avifaunistischer Sicht. *Julius-Kuhn-Archiv* (442): 126–137.
- ECKART, K. & WOLLKOPF, H.-F. (1994): Landwirtschaft in Deutschland. Veränderungen der regionalen Agrarstruktur in Deutschland zwischen 1960 und 1992, 204 S., Leipzig: Inst. für Länderkunde.
- EEA (2010): 10 messages for 2010. Agricultural ecosystems, Luxembourg. Aufgerufen am 29.10.2018, <https://www.eea.europa.eu/publications/10-messages-for-2010-agricultural-ecosystems>
- EEG (2004): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) vom 21. Juli 2004 (BGBl. I S. 1918), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. November 2006 (BGBl. I S. 2550).
- EEG (2009): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz -EEG) vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S. 2074), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1634) geändert worden ist.
- EEG (2012): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG). Konsolidierte (unverbindliche) Fassung des Gesetzestextes mit den Änderungen durch das „Gesetz zur Änderung des Rechtsrahmens für Strom aus solarer Strahlungsenergie und weiteren Änderungen im Recht der erneuerbaren Energien“ (sog. PV-Novelle)* Grundlage: Gesetzentwurf nach BT-Drucks. 17/8877 vom 6.3.2012, Beschluss des Bundestages auf Grund der Beschlussempfehlung der Ausschüsse nach BT-Drucks. 17/9152 vom 28.3.2012 und Beschluss des Bundestages auf Grund der Beschlussempfehlung des Vermittlungsausschusses nach BT-Drucks. 17/10103 vom 27.6.2012.
- EEG (2014): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2014. Nicht-amtliche Lesefassung des EEG in der ab 1. August 2014 geltenden Fassung (unter Zugrundelegung der Bundestags-Beschlüsse vom 27. Juni 2014 und 4. Juli 2014; die Fassung ist unverbindlich – nur die Veröffentlichung im Bundesgesetzblatt ist verbindlich).
- EEG (2017): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2017). „Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Juni 2018 (BGBl. I S. 862) geändert worden ist“.
- EGGENSCHWILER, L., JACOT, K., STUDER, S. & EDWARDS, P. (2004): Influence of seed mixtures on the development of the seed bank of wildflower strips and rotational fallows and the persistence of species in the subsequent crop. *Botanica Helvetica* 114 (1): 49–66.
- EGGENSCHWILER, L., SPEISER, B., BOSSHARD, A. & JACOT, K. (2013): Improved field margins highly increase slug activity in Switzerland. *Agronomy for Sustainable Development* 33 (2): 349–354. doi:10.1007/s13593-012-0101-1
- EKROOS, J., OLSSON, O., RUNDLÖF, M., WÄTZOLD, F. & SMITH, H. G. (2014): Optimizing agri-environment schemes for biodiversity, ecosystem services or both? *Biological Conservation* 172: 65–71. doi:10.1016/j.biocon.2014.02.013
- EVANS, K. L. (2004): The potential for interactions between predation and habitat change to cause population declines of farmland birds. *Ibis* 146 (1): 1–13. doi:10.1111/j.1474-919X.2004.00231.x
- FABIAN, Y., SANDAU, N., BRUGGISSER, O. T., AEBI, A., KEHRLI, P., ROHR, R. P., NAISBIT, R. E. & BERSIER, L.-F. (2013): The importance of landscape and spatial structure for hymenopteran-based food webs in an agro-ecosystem. *Journal of Animal Ecology* 82 (6): 1203–1214. doi:10.1111/1365-2656.12103
- FEBER, R. E., SMITH, H. & MACDONALD, D. W. (1996): The Effects on Butterfly Abundance of the Management of Uncropped Edges of Arable Fields. *Journal of Applied Ecology* 33 (5): 1191. doi:10.2307/2404698
- FENCHEL, J., BUSSE, A., REICHARDT, I., ANKLAM, R., SCHRÖDER, M., TISCHEW, S., MANN, S. & KIRMER, A. (2015): Hinweise zur erfolgreichen Anlage und Pflege mehrjähriger Blühstreifen und Blühflächen mit gebietseigenen Wildarten, 46 S., Magdeburg, https://lebensraum-brache.de/wp-content/uploads/2016/03/15_handempfehl_bluestreifen-1.pdf
- FIELD, R. G., GARDINER, T., MASON, C. F. & HILL, J. (2005): Agri-environment schemes and butterflies. The utilisation of 6 m grass margins. *Biodiversity & Conservation* 14 (8): 1969–1976. doi:10.1007/s10531-004-2125-6

- FISCHER, C. & WAGNER, C. (2016): Can agri-environmental schemes enhance non-target species? Effects of sown wildflower fields on the common hamster (*Cricetus cricetus*) at local and landscape scales. *Biological Conservation* 194: 168–175. doi:10.1016/j.biocon.2015.12.021
- FLADE, M. (2012): Von der Energiewende zum Biodiversitäts-Desaster – zur Lage des Vogelschutzes in Deutschland. *Vogelwelt* 133: 149–158.
- FLADE, M. & SCHWARZ, J. (2013): Bestandsentwicklung von Vogelarten der Agrarlandschaft in Deutschland 1991-2010 und Schlüsselfaktoren. *Julius-Kuhn-Archiv* (442): 8–17.
- FLADE, M., SUDFELD, C., DZIEWIATY, K., HÖTKER, H., HOFFMANN, J., BERNADY, P., LUDWIGS, J. D., JOEST, R., LANGGEMACH, T., ACHILLES, L., RÜHM-KORF, H., TÜLLINGHOFF, R., GIEBLING, B., KRAMER, M., TRAUTMANN, S. & DANKELMANN, M. (2011): Positionspapier zur aktuellen Bestandssituation der Vögel der Agrarlandschaft. *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen* 42: 175–184.
- FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V.) (Hrsg.) (2016): Leitfaden Biogas. Von der Gewinnung zur Nutzung, 244 S. 6. Aufl., Rostock: Druckerei Weidner.
- FOX, R., BRERETON, T.M., ASHER, J., AUGUST, T.A., BOTHAM, M.S., BOURN, N.A.D., CRUICKSHANKS, K.L., BULMAN, C.R., ELLIS, S., HARROWER, C.A., MIDDLEBROOK, I., NOBLE, D.G., POWNEY, G.D., RANDLE, Z., WARREN, M.S. & ROY, D.B. (2015): The State of the UK's Butterflies 2015. Butterfly Conservation and the Centre for Ecology & Hydrology., Wareham, Dorset.
- FRANK, T., AESCHBACHER, S., BARONE, M., KUENZLE, I., LETHMAYER, C. & MOSIMANN, C. (2009): Beneficial arthropods respond differentially to wildflower areas of different age. *Annales Zoologici Fennici* 46 (6): 465–480. doi:10.5735/086.046.0607
- FRANK, T., AESCHBACHER, S. & ZALLER, J. G. (2012): Habitat age affects beetle diversity in wildflower areas. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 152: 21–26. doi:10.1016/j.agee.2012.01.027
- FRANK, T., KEHRLI, P. & GERMANN, C. (2007): Density and nutritional condition of carabid beetles in wildflower areas of different age. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 120 (2-4): 377–383. doi:10.1016/j.agee.2006.10.012
- FÜGLISTALLER, D., LADRACH, C., RAMSEIER, C., RAUCH, M., ETTER, F. W., BURREN, A., KORNER-NIEVERGELT, P. & RAMSEIER, H. (2018): Ecological Fall Effect of annual Flowering Strips - Ground Beetle as Eco-indicator. *Agrarforschung Schweiz* 9 (6): 214–217.
- GEIGER, F., BENGTSOON, J., BERENDSE, F., WEISSER, W. W., EMMERSON, M., MORALES, M. B., CERYNGIER, P., LIIRA, J., TSCHARNTKE, T., WINQVIST, C., EGGERS, S., BOMMARCO, R., PÄRT, T., BRETAGNOLLE, V., PLANTEGENEST, M., CLEMENT, L. W., DENNIS, C., PALMER, C., OÑATE, J. J., GUERRERO, I., HAWRO, V., AAVIK, T., THIES, C., FLOHRE, A., HÄNKE, S., FISCHER, C., GOEDHART, P. W. & INCHAUSTI, P. (2010): Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* 11 (2): 97–105. doi:10.1016/j.baae.2009.12.001
- GLEN, A. S., COCKBURN, S., NICHOLS, M., EKANAYAKE, J. & WARBURTON, B. (2013): Optimising camera traps for monitoring small mammals. *PLOS ONE* 8 (6): e67940. doi:10.1371/journal.pone.0067940
- GOTTSCHALK, E. & BEEKE, W. (2013): Das Rebhuhnschutzprojekt im Landkreis Göttingen - Blühstreifenmanagement für das Rebhuhn. *Julius-Kuhn-Archiv* (442): 104-111.
- GOTTSCHALK, E. & BEEKE, W. (2014): Wie ist der drastische Rückgang des Rebhuhns (*Perdix perdix*) aufzuhalten? Erfahrungen aus zehn Jahren mit dem Rebhuhnschutzprojekt im Landkreis Göttingen. *Berichte zum Vogelschutz* 51: Seite 95-116.
- GOTTSCHALK, E. & BEEKE, W. (2017): Rebhuhnschutz vor Ihrer Haustür. Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Göttinger Rebhuhnschutzprojekt, <http://www.rebhuhnschutzprojekt.de/Leitfaden%20Rebhuhnschutz%20vor%20Ihrer%20Haustuer%20November%202017%20aktualisiert.pdf>
- GOULSON, D., LYE, G. C. & DARVILL, B. (2008): Decline and conservation of bumble bees. *Annual review of entomology* 53: 191–208. doi:10.1146/annurev.ento.53.103106.093454
- GÜNTER, M. (2000): Sukzession von Buntbrachen. In: Seite 55-76. Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder
- GÜNTHER, A., NIGMANN, U., ACHTZIGER, R. & GRUTTKE, H. (2005): Analyse der Gefährdungsursachen planungsrelevanter Tiergruppen in Deutschland, 605 S., Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- HAALAND, C. & BERSIER, L.-F. (2011): What can sown wildflower strips contribute to butterfly conservation? An example from a Swiss lowland agricultural landscape. *Journal of Insect Conservation* 15 (1-2): 301–309. doi:10.1007/s10841-010-9353-8
- HAALAND, C. & GYLLIN, M. (2010): Butterflies and bumblebees in greenways and sown wildflower strips in southern Sweden. *Journal of Insect Conservation* 14 (2): 125–132. doi:10.1007/s10841-009-9232-3
- HAALAND, C. & GYLLIN, M. (2011): Sown Wildflower Strips - A Strategy to Enhance Biodiversity and Amenity in Intensively Used Agricultural Areas. In: LÓPEZ-PUJOL, J. (Hrsg.): Importance of Biological Interactions in the Study of Biodiversity. 155–172. Importance of Biological Interactions in the Study of Biodiversity: InTech

- HAALAND, C., NAISBIT, R. E. & BERSIER, L.-F. (2011): Sown wildflower strips for insect conservation. A review. *Insect Conservation and Diversity* 4 (1): 60–80. doi:10.1111/j.1752-4598.2010.00098.x
- HAENKE, S., SCHEID, B., SCHAEFER, M., TSCHARNTKE, T. & THIES, C. (2009): Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology* 46 (5): 1106–1114. doi:10.1111/j.1365-2664.2009.01685.x
- HAMBLER, C., HENDERSON, P. A. & SPEIGHT, M. R. (2011): Extinction rates, extinction-prone habitats, and indicator groups in Britain and at larger scales. *Biological Conservation* 144 (2): 713–721. doi:10.1016/j.biocon.2010.09.004
- HATT, S., MOUCHON, P., LOPES, T. & FRANCIS, F. (2017a): Effects of Wildflower Strips and an Adjacent Forest on Aphids and Their Natural Enemies in a Pea Field. *Insects* 8 (3). doi:10.3390/insects8030099
- HATT, S., UYTENBROECK, R., LOPES, T., MOUCHON, P., CHEN, J., PIQUERAY, J., MONTY, A. & FRANCIS, F. (2017b): Do flower mixtures with high functional diversity enhance aphid predators in wildflower strips? *European Journal of Entomology* 114: 66–76. doi:10.14411/eje.2017.010
- HEARD, M.S., CARVELL, C., CARRECK, N.L., ROTHERY, P., OSBORNE, J.L. & BOURKE, A.F.G. (2007): Landscape context not patch size determines bumble-bee density on flower mixtures sown for agri-environment schemes. *Biology Letters* 3 (6): 638–641. doi:10.1098/rsbl.2007.0425
- HEIBENHUBER, A., HABER, W. & KRÄMER, C. (2015): 30 Jahre SRU -Sondergutachten „Umweltprobleme der Landwirtschaft“ - eine Bilanz. *Texte 28 / 2015*. Aufgerufen am 09.10.2018, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_28_2015_umweltprobleme_der_landwirtschaft.pdf
- HEMMERLING, U., PASCHER, P. & NAß, S. (2017): Situationsbericht 2017/18. Trends und Fakten zur Landwirtschaft, 232 Seiten, Berlin.
- HENDERSON, I. G., VICKERY, J. A. & CARTER, N. (2003): The relative abundance of birds on farmland in relation to game-cover and winter bird crops, 1 volume, Thetford: British Trust for Ornithology.
- HERBERTSSON, L., JONSSON, A. M., ANDERSSON, G. K. S., SEIBEL, K., RUNDLOF, M., EKROOS, J., STJERNMAN, M., OLSSON, O. & SMITH, H. G. (2018): The impact of sown flower strips on plant reproductive success in Southern Sweden varies with landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 259: 127–134. doi:10.1016/j.agee.2018.03.006
- HOFFMANN, U. S., JAUKER, F., LANZEN, J., WARZECHA, D., WOLTERS, V. & DIEKOETTER, T. (2018): Prey-dependent benefits of sown wildflower strips on solitary wasps in agroecosystems. *Insect Conservation and Diversity* 11 (1): 42–49. doi:10.1111/icad.12270
- HOFMEISTER, H. & GARVE, E. (2006): *Lebensraum Acker*. 2. Aufl., 327 S., Remagen: Verlag Kessel.
- 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: 215–222. doi:10.1016/j.biocon.2014.12.009
- HOTZE, C., ELSÉN, T. van, HAASE, T., HEß, J. & OTTO, M. (2009): Ackerwildkraut-Blühstreifen zur Integration autochthoner Ackerwildkräuter in ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen. In: MAYER, J., ALFÖLDI, T., LEIBER, F., DUBOIS, D., FRIED, P., HECKENDORN, F., HILLMANN, E., KLOCKE, P., LÜSCHER, A., RIEDEL, S., STOLZE, M., STRASSER, F. & VAN DER HEIJDEN, M. u. W. H. (Hrsg.): *Werte – Wege – Wirkungen: Biolandbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. Band 1: Boden, Pflanzenbau, Agrartechnik, Umwelt- und Naturschutz, Biolandbau international, Wissensmanagement, Berlin: Dr. Köster
- HUUSELA-VEISTOLA, E., HYVONEN, T., NORRDAHL, K., RINNE, V., SAARIJARVI, I. & SODERMAN, G. (2016): Different response of two Hemiptera species groups to sown wildflower strips. True bugs and leafhoppers. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 222: 93–102. doi:10.1016/j.agee.2016.01.046
- HUUSELA-VEISTOLA, E. & VASARAINEN, A. (2000): Plant succession in perennial grass strips and effects on the diversity of leafhoppers (Homoptera, Auchenorrhyncha). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 80 (1-2): 101–112. doi:10.1016/S0167-8809(00)00143-2
- 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: 277–281.
- JACOT, K., JUNGE, X., BOSSHARD, A. & LUKA, H. (2005): Säume als neues ökologisches Ausgleichselement? *Hot Spot* (11): 10–11.
- JONSSON, A. M., EKROOS, J., DANHARDT, J., ANDERSSON, G. K. S., OLSSON, O. & SMITH, H. G. (2015): Sown flower strips in southern Sweden increase abundances of wild bees and hoverflies in the wider landscape. *Biological Conservation* 184: 51–58. doi:10.1016/j.biocon.2014.12.027

- KELM, H. (2012): Das Blühstreifenprojekt in der Bioenergie-Region Wendland-Elbetal in Zusammenarbeit mit dem Landschaftspflegeverband Wendland-Elbetal. Aufgerufen am 05.01.2018, http://www.bioenergie-wendland-eltetal.de/fileadmin/downloads/2012-08-29-Dokumentation-BI%C3%BChstreifen_final.pdf
- KIEHL, K. & JESCHKE, D. (2016): Artenreiche Säume aus gebietseigenem Wildpflanzensaatgut. *Natur in NRW* 41: 28-32.
- KIRMER, A., PFAU, M., MANN, S., SCHRÖDTER, M. & TISCHEW, S. (2016): Erfolgreiche Anlage mehrjähriger Blühstreifen auf produktiven Standorten durch Ansaat wildkräuterreicher Samenmischungen und standortangepasste Pflege. *Natur und Landschaft* 91: 109-118.
- KLAABEN, H. & FREITAG, J. (2004): Ackerunkräuter und Ackergräser rechtzeitig erkennen, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
- KLEIJN, D., RUNDLÖF, M., SCHEPER, J., SMITH, H. G. & TSCHARNTKE, T. (2011): Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? *Trends in ecology & evolution* 26 (9): 474–481. doi:10.1016/j.tree.2011.05.009
- KLEIJN, D. & SUTHERLAND, W. J. (2003): How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *Journal of Applied Ecology* 40 (6): 947–969. doi:10.1111/j.1365-2664.2003.00868.x
- KÖPPL, A., ROTH, M. & WAGNER, R. (2014): Der Einfluss von Blühflächen auf den Niederwildbestand in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft in Südostbayern. *Faunistische Evaluierung von Blühflächen*: 127–138.
- KORPELA, E.-L., HYVONEN, T., LINDGREN, S. & KUUSSAARI, M. (2013): Can pollination services, species diversity and conservation be simultaneously promoted by sown wildflower strips on farmland? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 179: 18–24. doi:10.1016/j.agee.2013.07.001
- LAMBION, J. & FRANOUX, L. (2017): Agroecological infrastructures to enhance the presence of natural enemies against aphids. In: OZETKIN, G. B. & TUZEL, Y. (Hrsg.): III International Symposium on Organic Greenhouse Horticulture. 419–424. *Acta Horticulturae*
- LANDVOLKINITIATIVE BUNTE FELDER E.V. (2016): Landvolkinitiative Bunte Felder e.V., <http://www.bunte-felder.de/>
- LEON-CORTES, J. L., COWLEY, MATTHEW J. R. & THOMAS, C. D. (2000): The distribution and decline of a widespread butterfly *Lycaena phlaeas* in a pastoral landscape. *Ecol Entomol* 25 (3): 285–294. doi:10.1046/j.1365-2311.2000.00271.x
- LEÓN-CORTÉS, J. L., COWLEY, MATTHEW J. R. & THOMAS, C. D. (1999): Detecting Decline in a Formerly Widespread Species: How Common Is the Common Blue Butterfly *Polyommatus icarus*? *Ecography* 22 (6): 643–650. doi:10.2307/3683318
- LFL (2011): Blühstreifen und Blühflächen richtig anlegen, Oberaudorf.
- LINHART, E. & DHUNGEL, A.-K. (2013): Das Thema Vermaischung im öffentlichen Diskurs. *Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 91 (2). doi:10.12767/buel.v91i2.22.g67
- LK ROW (2014): Naturschutz-Projekte im Landkreis Rotenburg (Wümme) - Steckbrief - „Blühstreifen“, https://www.lk-row.de/downloads/datei/MTY2NzstOy91c3IvbG9jYWwvaHR0cGQvdmh0ZG9jcy9sa3Jvdj9sa3Jvdj9tZWZWRpZW4vZG9rdW1lbnRIL3N0ZWNRyNjZlZmYxZWZhdHJlaWZlbi5wZGY%3D/steckbrief_bluehstreifen.pdf
- LOBENSTEIN, U. (2004): Rote Liste der in Niedersachsen gefährdeten Großschmetterlinge mit Gesamtartenverzeichnis, 2. Fassung, Stand 1.8.2004. *Inform.d. Naturschutz Niedersachs.* 24 (3): 1–32.
- LSN (LANDESAMT FÜR STATISTIK NIEDERSACHSEN) (2018): Bodenflächen in Niedersachsen nach Art der tatsächlichen Nutzung 2016 – Stand: 31.12.2015 –. Statistische Berichte Niedersachsen. Aufgerufen am 06.09.2018, http://www.statistik.niedersachsen.de/themenbereiche/flaechennutzung_gebietsstand/themenbereich-flaechennutzung-gebietsstand---statistische-berichte-87671.html
- LUPPI, M., DONDINA, O., ORIOLI, V. & BANI, L. (2018): Local and landscape drivers of butterfly richness and abundance in a human-dominated area. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 254: 138–148. doi:10.1016/j.agee.2017.11.020
- MANSION-VAQUIE, A., FERRANTE, M., COOK, S. M., PELL, J. K. & LOVEI, G. L. (2017): Manipulating field margins to increase predation intensity in fields of winter wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Applied Entomology* 141 (8): 600–611. doi:10.1111/jen.12385
- MANTE, J., WAGNER, A., CZYBULKA, D. & GEROWITT, B. (2010): Blühstreifen als Kompensationsmaßnahmen auf dem Acker - naturschutzfachliche Einschätzung und rechtliche Bewertung am Beispiel von intensiv genutzten Agrarregionen in drei Bundesländern. *Berichte über Landwirtschaft* 88: 37-56.
- MARSHALL, E. J.R. & MOONEN, A. C. (2002): Field margins in northern Europe. Their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89 (1-2, SI): 5–21. doi:10.1016/S0167-8809(01)00315-2

- MARSHALL, G. M. (2007): The effect of arable field margin structure and composition on Orthoptera assemblages. *Aspects of Applied Biology* (81): 231–238.
- MEINDL, P., PACHINGER, B. & SEIBERL, M. (2012): Bewertung von Blühstreifen und Biodiversitätsflächen in den Maßnahmen Biologische Wirtschaftsweise und Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen. *Ländlicher Raum* (02): 1–10.
- MELLIFERA E.V. (2011): Netzwerk Blühende Landschaft - Insektenfreundliche Blühstreifen. Aufgerufen am 23.07.2012, <http://www.bluehende-landschaft.de/nbl/nbl.handlungsempfehlungen/nbl.landwirtschaft/index.html>
- ML (2018a): BS 1 - Anlage von einjährigen Blühstreifen auf Ackerland. Aufgerufen am 13.09.2018, https://www.ml.niedersachsen.de/themen/landwirtschaft/agrafoerderung/agrarumweltmassnahmen_aum/aum_details_zu_den_massnahmen/bs1_einjaehrige_bluehstreifen_bs11_bs12/bs-1---anlage-von-einjaehrigen-bluehstreifen-auf-ackerland-122369.html
- ML (2018b): BS 2 - Anlage von mehrjährigen Blühstreifen, www.ml.niedersachsen.de/download/85021/BS_2_-_Merkblatt_Anlage_von_mehrjaehrigen_Bluehstreifen_.pdf
- MOORCROFT, D., WHITTINGHAM, M. J., BRADBURY, R. B. & WILSON, J. D. (2002): The selection of stubble fields by wintering granivorous birds reflects vegetation cover and food abundance. *J Appl Ecol* 39 (3): 535–547. doi:10.1046/j.1365-2664.2002.00730.x
- MUCHOW, T., BECKER, A., SCHINDLER, M. & WETTERICH, F. (2007): Abschlussbericht zum Projekt „Naturschutz in Börde-Landschaften durch Strukturelemente am Beispiel der Kölner-Bucht“. Aufgerufen am 08.02.2018, www.galk.de/arbeitskreise/ak_landwirt/down/dbv_boerdeprojekt_endbericht_0505.pdf
- NENTWIG, W. (2000a): Die Bedeutung von streifenförmigen Strukturen in der Kulturlandschaft. In: NENTWIG, W. (Hrsg.): Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft. Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder. 11–40, Bern: VAÖ - Verlag Agrarökologie
- NENTWIG, W. (Hrsg.) (2000b): Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft. Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder, 293 Seiten, Bern: VAÖ - Verlag Agrarökologie.
- NEWTON, I. (2004): The recent declines of farmland bird populations in Britain. An appraisal of causal factors and conservation actions. *Ibis* 146 (4): 579–600. doi:10.1111/j.1474-919X.2004.00375.x
- NOORDIJK, J., MUSTERS, C. J. M., VAN DIJK, J. & SNOO, G. R. de (2010): Invertebrates in field margins. Taxonomic group diversity and functional group abundance in relation to age. *Biodiversity and Conservation* 19 (11): 3255–3268. doi:10.1007/s10531-010-9890-1
- OPPERMANN, R., HAIDER, M., KRONENBITTER, J., SCHWENNINGER, H.R. & TORNIER, I. (2013): Blühflächen in der Agrarlandschaft - Untersuchungen zu Blühmischungen, Honigbienen, Wildbienen und zur praktischen Umsetzung. Gesamtbericht zu wissenschaftlichen Begleituntersuchungen im Rahmen des Projekts Syngenta Bienenweide. Aufgerufen am 24.08.2018, www.ifab-mannheim.de
- OUVARD, P., TRANSON, J. & JACQUEMART, A.-L. (2018): Flower-strip agri-environment schemes provide diverse and valuable summer flower resources for pollinating insects. *Biodiversity and Conservation* 27 (9): 2193–2216. doi:10.1007/s10531-018-1531-0
- PACHINGER, B. (2012): Bees (Hymenoptera. Apidae) on flower strips in Lower Austria and Burgenland (Austria). *Beitrage zur Entomofaunistik* 13: 39–54.
- PIFFNER, L. & SCHAFFNER, D. (2000): Anlage und Pflege von Ackerkrautstreifen. In: NENTWIG, W. (Hrsg.): Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft. Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder. 41–53, Bern: VAÖ - Verlag Agrarökologie
- PIRIE, T. J., THOMAS, R. L. & FELLOWES, M. D. E. (2016): Limitations to recording larger mammalian predators in savannah using camera traps and spoor. *Wildlife Biology* 22 (1): 13–21. doi:10.2981/wlb.00129
- POTTS, S. G., BIESMEIJER, J. C., KREMEN, C., NEUMANN, P., SCHWEIGER, O. & KUNIN, W. E. (2010): Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution* 25 (6): 345–353. doi:10.1016/j.tree.2010.01.007
- POTTS, S. G., WOODCOCK, B. A., ROBERTS, S. P. M., TSCHULIN, T., PILGRIM, E. S., BROWN, V. K. & TALLOWIN, J. R. (2009): Enhancing pollinator biodiversity in intensive grasslands. *Journal of Applied Ecology* 46 (2): 369–379. doi:10.1111/j.1365-2664.2009.01609.x

- PYWELL, R. F., MEEK, W. R., HULMES, L., HULMES, S., JAMES, K. L., NOWAKOWSKI, M. & CARVELL, C. (2011a): Management to enhance pollen and nectar resources for bumblebees and butterflies within intensively farmed landscapes. *Journal of Insect Conservation* 15 (6): 853–864. doi:10.1007/s10841-011-9383-x
- PYWELL, R. F., MEEK, W. R., LOXTON, R. G., NOWAKOWSKI, M., CARVELL, C. & WOODCOCK, B. A. (2011b): Ecological restoration on farmland can drive beneficial functional responses in plant and invertebrate communities. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 140 (1-2): 62–67. doi:10.1016/j.agee.2010.11.012
- PYWELL, R. F., WARMAN, E. A., HULMES, L., HULMES, S., NUTTALL, P., SPARKS, T. H., CRITCHLEY, C.N.R. & SHERWOOD, A. (2006): Effectiveness of new agri-environment schemes in providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biological Conservation* 129 (2): 192–206. doi:10.1016/j.biocon.2005.10.034
- RAMSEIER, H., FÜGLISTALLER, D., LÄDRACH, C., RAMSEIER, C., RAUCH, M. & WIDMER ETTER, F. (2016a): Blühstreifen fördern Honig- und Wildbienen. *Agrarforschung Schweiz* 7 (7): 276–283.
- RAMSEIER, H., RAMSEIER, C., LÄDRACH, C. & FÜGLISTALLER, D. (2016b): Versuchsbericht Blühstreifen 2015. Aufgerufen am 17.08.2018, https://www.hafl.bfh.ch/fileadmin/docs/Forschung_Dienstleistungen/Agrarwissenschaften/Pflanzen/Versuchsbericht_Bluehstreifen_2015.pdf
- RASRAN, L., DIENER, A., PACHINGER, B. & BERNHARDT, K.-G. (2017): Vergleich von Blühstreifen innerhalb von Weingärten und Grünlandflächen in Weinbaugebieten am Stadtrand von Wien hinsichtlich Blütenangebot und Bestäubervielfalt. *Acta ZooBot Austria*: 133-143.
- RAUH, S. & WIESHEU, M. (2012): FIF – Farbe ins Feld. Blühstreifen von Flensburg bis Oberstdorf. *BIOGAS Journal* (Sonderheft Energiepflanzen): 10–11.
- REICH, M. & HILGENDORF, G. (2018): Die Laufkäfer von Blühstreifen im ersten und zweiten Standjahr. *Umwelt und Raum*, 9: 213–221. doi: <https://doi.org/10.15488/3701>
- REICH, M., SCHIMKE, C. & SCHNEIDER, S. (2018): Fledermausaktivität über Blühstreifen und Maisfeldern. *Umwelt und Raum*, 9: 207-211. doi: <https://doi.org/10.15488/3700>
- ROBERTS, J. P. & SCHNELL, G. D. (2006): Comparison of survey methods for wintering grassland birds. *J Field Ornithology* 77 (1): 46–60. doi:10.1111/j.1557-9263.2006.00024.x
- RODE, M. (2016): Nature Conservation as Part of a Multifunctional Use of Suburban Landscapes. In: WANG, F. & PROMINSKI, M. (Hrsg.): *Urbanization and Locality*. 323–343, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg
- RODE, M. (2018a): Auswirkung von Blühstreifen auf bodengebundene Landschaftsfunktionen. *Umwelt und Raum*, 9: 281–305. doi: <https://doi.org/10.15488/3699>
- RODE, M. (2018b): Auswirkung von Blühstreifen auf das Landschaftsbild. *Umwelt und Raum*, 9: 255-280. doi: <https://doi.org/10.15488/3698>
- RODE, M., LISCHKA, A. & SCHULZ, G. (2018): Auswirkung von Blühstreifen auf die Biodiversität der Ackerbegleitflora in maisdominierten Agrarlandschaften. *Umwelt und Raum*, 9: 81-114. doi: <https://doi.org/10.15488/3698>
- ROSCHIEWITZ, I., GABRIEL, D., TSCHARNTKE, T. & THIES, C. (2005): The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. *J Appl Ecol* 42 (5): 873–882. doi:10.1111/j.1365-2664.2005.01072.x
- RÜHMKORF, H. & REICH, M. (2011): Einfluss des Energiepflanzenanbaus auf rastende und überwinterte Vögel in der Börde. In: REICH, M. & RÜTER, S. (Hrsg.): *Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft. Ergebnisse eines Forschungsvorhabens*. 91–129. *Umwelt und Raum*, Bd. 2, Göttingen: Cuvillier
- RUNDLÖF, M. & BOMMARCO, R. (2011): STEP. Deliverable 4.1: Report on the Uptake of Mitigation Strategies Counteracting Pollinator Loss Across Europe., Uppsala, Sweden. Aufgerufen am 09.11.2018, http://www.step-project.net/files/DOWNLOAD2/STEP_D4%201.pdf
- SCHAFFNER, D., GÜNTER, M. & HÄNI, F. (2000): *Ökologische Ausgleichsflächen in der Landwirtschaft. Ergebnisse mehrjähriger Versuche zur Anlage und Pflege blütenreicher Buntbrachen*, 84 Seiten, Zürich: Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau <Zürich>.
- SCHAPER, J., BOMMARCO, R., HOLZSCHUH, A., POTTS, S. G., RIEDINGER, V., ROBERTS, S. P. M., RUNDLOF, M., SMITH, H. G., STEFFAN-DEWENTER, I., WICKENS, J. B., WICKENS, V. J. & KLEIJN, D. (2015): Local and landscape-level floral resources explain effects of wildflower strips on wild bees across four European countries. *Journal of Applied Ecology* 52 (5): 1165–1175. doi:10.1111/1365-2664.12479

- SCHEPER, J., HOLZSCHUH, A., KUUSSAARI, M., POTTS, S. G., RUNDLÖF, M., SMITH, H. G. & KLEIJN, D. (2013): Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss—a meta-analysis. *Ecology Letters* 16 (7): 912–920. doi:10.1111/ele.12128
- SCHINDLER, M. (2006): Begleituntersuchungen zum DBV-Bördeprojekt. Wildbienen- und Tagfalterzönosen von Blühstreifen auf Ackerstandorten der Kölner Börde (2004-2006). Aufgerufen am 25.06.2014, http://www.rheinische-kulturlandschaft.de/downloads/srk/Abschlussbericht_DBV-Boerdeprojekt_Anhang.pdf
- SCHINDLER, M. (2012): Faunistischer Fachbeitrag Heuschrecken und Tagfalter auf Blühstreifen des „Grünen C“ (Regionale 2010). Abschlussbericht, Bonn. Aufgerufen am 11.12.2015, http://www.rheinische-kulturlandschaft.de/downloads/srk/Abschlussbericht_Bluehstreifenprojekt_final.pdf
- SCHIRMEL, J., ALBRECHT, M., BAUER, P.-M., SUTTER, L., PFISTER, S. C. & ENTLING, M. H. (2018): Landscape complexity promotes hoverflies across different types of semi-natural habitats in farmland. *Journal of Applied Ecology* 55 (4): 1747–1758. doi:10.1111/1365-2664.13095
- SIRIWARDENA, G. M., CALBRADE, N. A. & VICKERY, J. A. (2008): Farmland birds and late winter food: does seed supply fail to meet demand? *Ibis* 150 (3): 585–595. doi:10.1111/j.1474-919X.2008.00828.x
- SRU (1985): Umweltprobleme der Landwirtschaft. Sondergutachten, März 1985, 423 S., Stuttgart: Kohlhammer.
- STAHL, H. & SCHMIDT, W. (Hrsg.) (2016): Lebensräume für Vögel mit der Landwirtschaft gestalten. Ergebnisse faunistischer Untersuchungen zu landwirtschaftlichen Maßnahmen zur Verbesserung des Nahrungs- und Habitatangebots für Vögel der Agrarlandschaft, 137 S. 13. Aufl., Dresden: Sachsen / Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.
- STIFTUNG WESTFÄLISCHE KULTURLANDSCHAFT (2016): Produktionsintegrierte Naturschutzmaßnahmen: Umsetzungshandbuch für die Praxis, Münster.
- STOATE, C., BÁLDI, A., BEJA, P., BOATMAN, N. D., HERZON, I., VAN DOORN, A., SNOO, G. R. de, RAKOSY, L. & RAMWELL, C. (2009): Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe—a review. *Journal of environmental management* 91 (1): 22–46. doi:10.1016/j.jenvman.2009.07.005
- STOATE, C., BOATMAN, N. D., BORRALHO, R. J., CARVALHO, C. R., SNOO, G. R. de & EDEN, P. (2001): Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of environmental management* 63 (4): 337–365.
- STOATE, C., HENDERSON, I. G.A.N. & PARISH, D. M.B. (2004): Development of an agri-environment scheme option. Seed-bearing crops for farmland birds. *Ibis* 146 (Suppl. 2): 203–209. doi:10.1111/j.1474-919X.2004.00368.x
- SÜDBECK, P., ANDRETTZKE, H., FISCHER, S., GEDEON, K., SCHIKORE, T., SCHRÖDER, K. & SUDFELDT, C. (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands., Radolfzell.
- 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. doi:10.1111/1365-2664.12977
- SUTTER, L., JEANNERET, P., BARTUAL, A. M., BOCCI, G. & ALBRECHT, M. (2017): Enhancing plant diversity in agricultural landscapes promotes both rare bees and dominant crop-pollinating bees through complementary increase in key floral resources. *Journal of Applied Ecology* 54 (6): 1856–1864. doi:10.1111/1365-2664.12907
- THOMAS, J. A., TELFER, M. G., ROY, D. B., PRESTON, C. D., GREENWOOD, J. J. D., ASHER, J., FOX, R., CLARKE, R. T. & LAWTON, J. H. (2004): Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science* 303 (5665): 1879–1881. doi:10.1126/science.1095046
- TILLMANN, J. E. (2006): Das ökologische Profil des Rebhuhns (*Perdix perdix* L.) und Konsequenzen für die Gestaltung von Ansaatbrachen zur Lebensraumverbesserung. *Beiträge zur Jagd- und Wildtierforschung* (31): 265–274.
- TLL (2008): Blühflächen, Blühstreifen und Schonstreifen auf dem Ackerland. KULAP 2007, Maßnahme L3. Aufgerufen am 15.08.2018, <http://www.tll.de/www/daten/publikationen/merkblaetter/kul30209.pdf>
- TLL (2014): Produktionsintegrierte Kompensation (PIK). Maßnahmenvorschläge. Aufgerufen am 30.03.2016, http://www.tll.de/www/daten/agraroekologie/kulturlandschaft/pik_massnahmenvorschlaege.pdf
- TOIVONEN, M., HUUSELA-VEISTOLA, E. & HERZON, I. (2018): Perennial fallow strips support biological pest control in spring cereal in Northern Europe. *Biological Control* 121: 109–118. doi:10.1016/j.biocontrol.2018.02.015
- TSCHARNTKE, T., KLEIN, A. M., KRUESS, A., STEFFAN-DEWENTER, I. & THIES, C. (2005): Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* (8): 857–874. doi:10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x

- 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. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 220: 97–103. doi:10.1016/j.agee.2016.01.001
- UM & LUBW (2017): Grüne Infrastruktur. Biotopverbund in Baden-Württemberg. Aufgerufen am 15.08.2018, https://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/263060/gruene_infrastruktur_biotopverbund_in_baden_wuerttemberg.pdf?command=downloadContent&filename=gruene_infrastruktur_biotopverbund_in_baden_wuerttemberg.pdf
- UYTTENBROECK, R., HATT, S., PIQUERAY, J., PAUL, A., BODSON, B., FRANCIS, F. & MONTY, A. (2015): Creating Perennial Flower Strips. Think Functional! *Conference Agriculture for Life, Life for Agriculture* 6: 95–101. doi:10.1016/j.aaspro.2015.08.044
- 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: 144–155. doi:10.1016/j.agee.2017.08.014
- VAN RIJN, P. C. J. & WACKERS, F. L. (2016): Nectar accessibility determines fitness, flower choice and abundance of hoverflies that provide natural pest control. *Journal of Applied Ecology* 53 (3): 925–933. doi:10.1111/1365-2664.12605
- VICKERY, J. A., FEBER, R. E. & FULLER, R. J. (2009): Arable field margins managed for biodiversity conservation. A review of food resource provision for farmland birds. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 133 (1-2): 1–13. doi:10.1016/j.agee.2009.05.012
- VICKERY, J. A., FULLER, R. J., HENDERSON, I. G., CHAMBERLAIN, D., MARSHALL, E. J. P. & POWELL, W. (1999): Use of cereal fields by birds. A review in relation to field margin managements, [ii], 111, Thetford, Norfolk: BTO, National Centre for Ornithology.
- VOIGTLÄNDER, U., SCHELLER, W. & MARTIN, C. (2001): Ermittlung von Ursachen für die Unterschiede im biologischen Inventar der Agrarlandschaft in Ost- und Westdeutschland als Grundlage für die Ableitung naturschutzverträglicher Nutzungsverfahren. Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 808 02 005 des Bundesamtes für Naturschutz, Münster: Landwirtschaftsverl.
- WAGNER, C. (2014): Blühflächen. Ein Instrument zur Erhöhung der Biodiversität von Vögeln der Agrarlandschaft. *Faunistische Evaluierung von Blühflächen*: 79–102.
- WAGNER, C., BACHL-STAUDINGER, M., BAUMHOLZER, S., BURMEISTER, J., FISCHER, C., KARL, N., KÖPPL, A., VOLZ, H., WALTER, R. & WIELAND, P. (Hrsg.) (2014a): Faunistische Evaluierung von Blühflächen. Ergebnisse des Forschungsprojekts „Evaluierung und Optimierung von KULAP-A36 - Agrarökologische Ackernutzung und Blühflächen - zur Verbesserung der Wildlebensräume und zur Steigerung der Biodiversität in Bayern, 150 Seiten. 2. Aufl., Freising-Weißenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft <Freising>.
- WAGNER, C., KARL, N. & SCHÖNFELD, F. (2014b): Blühflächen als Habitat für Niederwild. *Faunistische Evaluierung von Blühflächen*: 117–126.
- WAGNER, C. & VOLZ, H. (2014): Das Projekt „Faunistische Evaluierung von Blühflächen“. *Faunistische Evaluierung von Blühflächen*: 17–32.
- WAHL, J., DRÖSCHMEISTER, R., GERLACH, B., GRÜNEBERG, C., LANGGEMACH, T., TRAUTMANN, S. & SUDFELDT, C. (2015): Vögel in Deutschland – 2014, Münster.
- WALLISDEVRIES, M. F., SWAAY, C. A. M. van & PLATE, C. L. (2012): Changes in nectar supply: A possible cause of widespread butterfly decline. *Current Zoology* 58 (3): 384.
- WALTER, R. (2014): Evaluierung des Regenwurmbestands zweijähriger Blühflächen. *Faunistische Evaluierung von Blühflächen*: 33–43.
- WARREN, M. S., HILL, J. K., THOMAS, J. A., ASHER, J., FOX, R., HUNTLEY, B., ROY, D. B., TELFER, M. G., JEFFCOATE, S., HARDING, P., JEFFCOATE, G., WILLIS, S. G., GREATORX-DAVIES, J. N., MOSS, D. & THOMAS, C. D. (2001): Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature* 414: 65–69. doi:10.1038/35102054
- WARZECHA, D., DIEKOETTER, T., WOLTERS, V. & JAUKER, F. (2018): Attractiveness of wildflower mixtures for wild bees and hoverflies depends on some key plant species. *Insect Conservation and Diversity* 11 (1): 32–41. doi:10.1111/icad.12264
- WASSMANN, R. & GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (2001): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Das grösste elektronische Nachschlagewerk zur Vogelwelt Mitteleuropas, 1 CD-ROM +, Wiebelsheim: Vogelzug-Verlag.
- WEIDINGER, C. (2011): Untersuchungen zur Wirkung von Blühflächen auf Bodeneigenschaften, Technische Universität München. Bachelorarbeit.
- WILSON, J. D., EVANS, A. D. & GRICE, P. V. (2009): Bird conservation and agriculture. 1. Aufl., VIII, 394 S: Cambridge University Press.

- WILSON, J. D., MORRIS, A. J., ARROYO, B. E., CLARK, S. C. & BRADBURY, R. B. (1999): A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 75 (1-2): 13–30. doi:10.1016/S0167-8809(99)00064-X
- WIX, N. & REICH, M. (2018): Einsatz von Fotofallen zur Analyse der Präsenz von Vögeln und Groß- und Mittelsäugetern in Blühstreifen. *Umwelt und Raum* 9: 189–206. doi: <https://doi.org/10.15488/3695>
- WOODCOCK, B. A., WESTBURY, D. B., POTTS, S. G., HARRIS, S. J. & BROWN, V. K. (2005): Establishing field margins to promote beetle conservation in arable farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 107 (2-3): 255–266. doi:10.1016/j.agee.2004.10.029
- WOODCOCK, B. A., WESTBURY, D. B., TSCHULIN, T., HARRISON-CRIPPS, J., HARRIS, S. J., RAMSEY, A. J., BROWN, V. K. & POTTS, S. G. (2008): Effects of seed mixture and management on beetle assemblages of arable field margins. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 125 (1-4): 246–254. doi:10.1016/j.agee.2008.01.004
- ZOLLINGER, J.-L., BIRRER, S., ZBINDEN, N. & KORNER-NIEVERGELT, F. (2013): The optimal age of sown field margins for breeding farmland birds. *Ibis* 155 (4): 779–791. doi:10.1111/ibi.12072
- ZURBRUGG, C. & FRANK, T. (2006): Factors influencing bug diversity (Insecta: Heteroptera) in semi-natural habitats. *Biodiversity and Conservation* 15 (1): 275–294. doi:10.1007/s10531-004-8231-7

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Dissertation selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben. Die Arbeit wurde noch nicht als Dissertation oder als Prüfungsarbeit vorgelegt.

Teile der Dissertation wurden mit Zustimmung der Betreuer, Prof. Dr. Michael Reich und Prof. Dr. Michael Rode, in folgenden Beiträgen vorab veröffentlicht.

Wix, N. (2018): Die Blühstreifen im Landkreis Rotenburg (Wümme) – ihre Struktur und ihr Blütenangebot. *Umwelt und Raum 9*: 47-79. doi: <https://doi.org/10.15488/3692>

Wix, N. & REICH, M. (2018): Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel während der Brutzeit. *Umwelt und Raum 9*: 115-148. doi: <https://doi.org/10.15488/3693>

Wix, N. & REICH, M. (2018): Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel im Herbst und Winter. *Umwelt und Raum 9*: 149-187. doi: <https://doi.org/10.15488/3694>

Wix, N. & REICH, M. (2019): Time-triggered camera traps versus line transects – advantages and limitations of multi-method studies for bird surveys. *Bird Study* 66 (2): 207-223. <https://doi.org/10.1080/00063657.2019.1654975>

Wix, N. & REICH, M. (2018): Die Tagfalterfauna von Blühstreifen. In: *Umwelt und Raum 9* (2018), S. 223-253. doi: <https://doi.org/10.15488/3696>

Wix, N.; REICH, M. & SCHAARSCHMIDT, F. (2019): Butterfly richness and abundance in flower strips and field margins: the role of local habitat quality and landscape context. *Heliyon* 5 (5): e01636. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01636>

Wix, N.; RODE, M. & REICH, M. (2018): Auswirkungen von Blühstreifen auf die Biodiversität und ihre Eignung als produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme bei der Biogasproduktion. *Umwelt und Raum 9*: 7-46. doi: <https://doi.org/10.15488/3691>

Karlsruhe, den 10. November 2019

Nana Wix

Beitrag der Autorin zu den Veröffentlichungen

Wix, N. (2018): Die Blühstreifen im Landkreis Rotenburg (Wümme) – ihre Struktur und ihr Blütenangebot. *Umwelt und Raum 9* (2018): 47-79. <https://doi.org/10.15488/3692>

Dieser Artikel wurde durch die Autorin alleine verfasst.

Wix, N. & REICH, M. (2018): Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel während der Brutzeit. *Umwelt und Raum 9*: 115-148. <https://doi.org/10.15488/3693>

Die Erstautorin entwickelte in Diskussion mit dem Koautor M. Reich die Forschungsidee und das Untersuchungsdesign. Ausschließlich von der Erstautorin durchgeführt wurden die Feldstudien, die Datenauswertung und das Schreiben des Manuskripts. Der Koautor M. Reich stand für die Diskussion der Ergebnisse beratend zur Seite und korrigierte das Manuskript.

Wix, N. & REICH, M. (2018): Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel im Herbst und Winter. *Umwelt und Raum 9*: 149-187. <https://doi.org/10.15488/3694>

Es bestehen von Seiten der Erstautorin und des Koautors M. Reich die gleichen Eigenanteile wie in dem vorherigen Artikel.

Wix, N. & REICH, M. (2019): Time-triggered camera traps versus line transects – advantages and limitations of multi-method studies for bird surveys. *Bird Study* 66 (2): 207-223. <https://doi.org/10.1080/00063657.2019.1654975>

Die Erstautorin entwickelte in Diskussion mit dem Koautor M. Reich die Forschungsidee. Von der Erstautorin wurde die statistische Auswertungsmethode entwickelt und durchgeführt. Das Schreiben des Manuskripts wurde ebenfalls von der Erstautorin durchgeführt. Der Koautor M. Reich stand für die Diskussion der Ergebnisse beratend zur Seite und korrigierte das Manuskript.

Wix, N. & REICH, M. (2018): Die Tagfalterfauna von Blühstreifen. In: *Umwelt und Raum 9* (2018), S. 223-253. <https://doi.org/10.15488/3696>

Die Erstautorin entwickelte in Diskussion mit dem Koautor M. Reich die Forschungsidee und das Untersuchungsdesign. Ausschließlich von der Erstautorin durchgeführt wurden die Feldstudien, die Datenauswertung und das Schreiben des Manuskripts. Der Koautor M. Reich stand für die Diskussion der Ergebnisse beratend zur Seite und korrigierte das Manuskript.

Wix, N.; REICH, M. & SCHAARSCHMIDT, F. (2019): Butterfly richness and abundance in flower strips and field margins: the role of local habitat quality and landscape context. *Heliyon* 5 (5): e01636. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01636>

Die Erstautorin entwickelte in Diskussion mit dem Koautor M. Reich die Forschungsidee. In Diskussion mit dem Koautor F. Schaarschmidt wurde die statistische Auswertungsmethode entwickelt. Von der

Erstautorin durchgeführt wurden die statistische Datenauswertung und das Schreiben des Manuskripts. Die Koautoren M. Reich und F. Schaarschmidt standen bei der Diskussion der Ergebnisse (M. Reich: naturschutzfachliche Aspekte, F. Schaarschmidt: Statistik) beratend zur Seite und gaben Korrekturvorschläge für das Manuskript.

Wix, N.; RODE, M. & REICH, M. (2018): Auswirkungen von Blühstreifen auf die Biodiversität und ihre Eignung als produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme bei der Biogasproduktion. *Umwelt und Raum 9*: 7-46. <https://doi.org/10.15488/3691>

Die Konzeption des Artikels wurde von der Autorin und den Autoren gemeinschaftlich erarbeitet. Der Rahmen des Artikels (Hintergrund, Zielsetzung, Vorstellung der Blühstreifen-Projekte, des Untersuchungsprogramms und der Untersuchungsgebiete) wurde von der Erstautorin verfasst. Bei den Empfehlungen zur Anlage von Blühstreifen und deren Bewertung als produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme war die Erstautorin hauptverantwortlich für die Ergebnisse zur Vegetation, Brut-, Wintervögel und Tagfalter, M. Rode für die zur Flora, zum Landschaftsbild und zum Boden, M. Reich für die zu den Fledermäusen und Laufkäfern.

