

NATUR UND LANDSCHAFT

Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege

96. Jahrgang 2021 Heft

Seiten

DOI:

Möglichkeiten der Optimierung einjähriger Blühstreifen für blütenbesuchende Insekten

Eine Fallstudie aus der nordwestdeutschen Agrarlandschaft

Options for optimising annual flower strips for flower-visiting insects

A case study in agricultural landscapes of north-western Germany

Swantje Grabener, Simon Hein, Werner Härdtle, Thorsten Assmann, Estève Boutaud, Martin Kubiak, Fee Vera Luck, Christian Schmid-Egger, Torben Scholz, Axel Ssymank, Karin Ullrich, Pascal Zumstein und Claudia Drees

Zusammenfassung

Die Anlage von Blühstreifen in Agrarlandschaften verfolgt das Ziel, einem voranschreitenden Verlust an biologischer Vielfalt entgegenzuwirken. Allerdings gibt es noch großen Verbesserungsspielraum. Ausgehend von den Befunden eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens wird dargestellt, wie Blühstreifen optimiert werden können und dadurch die Vielfalt an blütenbesuchenden Insektenarten erhöht werden kann. Die zur Ansaat übliche Verwendung nicht standortangepasster Standardmischungen birgt das Risiko, dass sich viele Pflanzenarten – insbesondere bei ungünstiger Witterung im Frühjahr – nicht etablieren. Zudem werden durch die in Standardmischungen oftmals verwendeten Neophyten und Kulturarten überwiegend ubiquitäre Insektenarten gefördert, während heimische und standortangepasste Segetalarten sowohl ubiquitäre als auch spezialisierte Blütenbesucher aufweisen und damit ein besonders breites Spektrum an Insektenarten fördern. Artenreiche Saatmischungen aus standortangepassten Pflanzenarten (möglichst regiozertifiziert) könnten wesentlich besser als Standardmischungen zum Segetal- und Insektenartenschutz in Agrarlandschaften beitragen.

Agrarlandschaft – Agrarumweltmaßnahme – Bestäuber – Blühmischung – Blütenbesucher – Insektendiversität – Segetalart

Abstract

Flower strips in agricultural landscapes are planted to counteract an ongoing loss of biodiversity. However, there is still much room for improvement. Based on the findings of a research project, this paper shows how flower strips can be optimised and thus increase the diversity of flower-visiting insect species. The common use of standard seed mixtures comprising plant species that are not adapted to local conditions presents a risk that many plant species do not establish – especially under unfavourable weather conditions in spring. In addition, neophytes and cultivated species often used in standard seed mixtures predominantly support ubiquitous insect species, whereas native and site-adapted segetal species interact with both ubiquitous and specialised flower visitors and thus support a particularly broad range of insect species. Species-rich seed mixtures of site-adapted plant species (preferably of regional origin) could contribute much better to segetal and insect species conservation in agricultural landscapes.

Agricultural landscape – Agri-environmental scheme – Pollinator – Seed mixture – Flower visitor – Insect diversity – Segetal species

Manuskripteinreichung: 9.1.2021, Annahme: 7.9.2021

DOI: 10.19217/NuL2021-12-01

1 Einleitung

Im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen wird derzeit die Anlage von Blühstreifen vor allem mit dem Ziel gefördert, dem dramatischen Verlust einer für extensiv genutzte Agrarlandschaften typischen Artenvielfalt und -abundanz entgegenzuwirken. Vom Rückgang besonders betroffen sind dabei viele der für Agrarlandschaften typischen Tier- und Pflanzentaxa (Albrecht et al. 2020; Grabener et al. 2020; für Segetalarten – auch Ackerwildkräuter oder Ackerunkräuter genannt – von der Decken et al. 2017; Metzging et al. 2018; Oppermann et al. 2020).

Blühstreifen sollen dabei als Ersatz für eine ehemals extensiv genutzte Agrarlandschaft fungieren. Ziele sind beispielsweise der Schutz seltener Ackerbegleitkräuter durch den Verzicht auf Herbizide sowie eine erhöhte Verfügbarkeit floraler Ressourcen für blütenbesuchende Insekten, die ihrerseits von einer diversen Pflanzengemeinschaft und dem Pestizid-

verzicht profitieren. Blühstreifen bieten zudem als „Verbundstrukturen“ die Möglichkeit, Offenland-Lebensräume zu vernetzen und damit die Aussterbewahrscheinlichkeit von Populationen durch eine Erhöhung der lokalen genetischen Vielfalt zu minimieren. Jüngere Untersuchungen zeigen allerdings, dass viele Blühstreifen in ihrer jetzigen Form und Anlage keine optimale Wirkung entfalten, mithin also die mit ihrer Anlage verbundenen Ziele unzureichend oder gar nicht erfüllen (Haaland et al. 2011; Amy et al. 2018; Albrecht et al. 2020; Grabener et al. 2021).

Problematik von Standard-Saatmischungen für einjährige Blühstreifen

Derzeit werden in einjährigen Blühstreifen vielfach (auf „Auswahl-listen“ fußende) Standard-Saatmischungen verwendet, in denen



Abb. 1: a) Einjähriger Blühstreifen entstanden nach Einsaat einer artenreichen Saatmischung (Sondermischung). b) Männchen einer Hosenbiene (*Dasygaster hirtipes*) auf dem Blütenstand einer Ringelblume (*Calendula arvensis*) in diesem Blühstreifen. Beide Aufnahmen in Bispingen in der Lüneburger Heide Anfang August 2017. (Fotos: Swantje Grabener)

Fig. 1: a) Annual flower strip grown up after sowing a species-rich seed mixture (special mixture). b) Male individual of a pantaloon bee (*Dasygaster hirtipes*) on the inflorescence of a field marigold (*Calendula arvensis*) in this flowering strip. Both photos taken in Bispingen in the Lüneburg Heath in early August 2017.

Tab. 1: Pflanzenarten der beiden Saatmischungen und spontan auf den Blühstreifen wachsende Arten, auf denen Blütenbesuche nachgewiesen wurden.

Table 1: Plant species in the two seed mixtures and species growing spontaneously on the flower strips on which flower visits were detected.

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Abkürzung	Familie ²	Herkunft ³	Ellenberg-Feuchtezahl ⁴	Soziale Bienen (N/S) ⁵	Solitäre Wildbienen (N/S) ⁵	Schwebfliegen (N/S) ⁵	Tagfalter (N/S) ⁵	Nektar- und Pollenwert ⁶	Blühzeit (Monate) ⁷
Standardmischung											
<i>Helianthus annuus</i> L.	Sonnenblume	Hlna	Aste	N	K. A.	186/6	0/0	22/4	4/2	3/3 *	VII – IX
<i>Linum usitatissimum</i> L.	Saat-Lein	Lnmu	Lina	N	K. A.	18/5	0/0	0/0	0/0	1/1 *	VI – VII
<i>Ornithopus sativus</i> BROT.	Seradella	Orns	Faba	N	K. A.	111/4	0/0	0/0	0/0	2/2 *	VI – VIII
<i>Phacelia tanacetifolia</i> BENTH.	Rainfarn-Phacelie	Phct	Bora	N	K. A.	551/6	2/1	2/1	0/0	4/3 *	VI – IX
<i>Raphanus sativus</i> L.	Ölrettich	Rsp.	Bras	N	K. A.	142/6	0/0	3/2	10/4	3/2 *	V – VII
<i>Sinapis alba</i> L.	Gelbsenf	Snpa	Bras	N	K. A.	5/3	11/7	0/0	3/2	2 – 3/3 *	VI – IX
<i>Trifolium alexandrinum</i> L.	Alexandrienerklee	Trfa	Faba	N	K. A.	60/5	0/0	0/0	0/0	1/2 *	VI – IX
Sondermischung											
<i>Anthemis tinctoria</i> L.	Färberkamille	Antt	Aste	H	3	10/3	2/1	16/3	4/4	2/2 *	VI – IX
<i>Borago officinalis</i> L.	Borretsch	Brgo	Bora	N	K. A.	21/4	0/0	0/0	0/0	4/2 *	VI – IX
<i>Calendula officinalis</i> L.	Ringelblume	Clna	Aste	N	K. A.	44/3	22/7	14/4	20/2	2/2 *	VI – IX
<i>Centaurea cyanus</i> L.	Kornblume	Cntc	Aste	H	K. A.	374/6	0/0	2/1	3/2	3/2 *	VI – IX
<i>Coriandrum sativum</i> L.	Koriander	Apia	N	K. A.	0/0	0/0	1/1	0/0	1/1	4/1 **	VI – VII ***
<i>Daucus carota</i> L.	Wilde Möhre	Dcsc	Apia	H	4	0/0	37/11	11/8	0/0	2/2 *	VI – IX
<i>Fagopyrum esculentum</i> MOENCH	Buchweizen	Fgpe	Poly	N	K. A.	3/1	0/0	0/0	1/1	4/3 *	VII – IX
<i>Glebionis segetum</i> (L.) FOURN.	Saatwucherblume	Glbs	Aste	H	5	13/2	65/19	52/7	5/5	2/K. A. ***	VII – X
<i>Helianthus annuus</i> L.	Sonnenblume						Siehe oben				
<i>Linum usitatissimum</i> L.	Saat-Lein						Siehe oben				
<i>Malva sylvestris</i> L.	Wilde Malve	Mlvs	Malv	H	4	5/2	0/0	0/0	1/1	K. A.	VI – IX
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	Echte Kamille	Mtrc	Aste	H	5	0/0	18/8	1/1	1/1	1/2 *	V – VIII
<i>Medicago lupulina</i> L.	Hopfenklee		Faba	H	4	1/1	0/0	0/0	0/0	3/1 **	V – X ***
<i>Papaver dubium</i> L.	Saat-Mohn		Papa	H	4	0/0	0/0	0/0	0/0	0/3 **	V – VI
<i>Papaver rhoeas</i> L.	Klatschmohn	Ppvr	Papa	H	5	21/2	0/0	0/0	0/0	0***/3 **	V – VIII
<i>Phacelia tanacetifolia</i> BENTH.	Rainfarn-Phacelie						Siehe oben				
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Acker-Rettich	Rsp.	Bras	H	5		Siehe <i>R. sativus</i>			3/2 *	VI – VII
<i>Sinapis arvensis</i> L.	Acker-Senf		Bras	H	K. A.	0/0	0/0	0/0	0/0	2/2 *	VI – VII

Tab. 1: Fortsetzung.

Table 1: Continued.

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Abkürzung ¹	Familie ²	Herkunft ³	Ellenberg-Feuchtezahl ⁴	Soziale Bienen (N/S) ⁵	Solitäre Wildbienen (N/S) ⁵	Schwebfliegen (N/S) ⁵	Tagfalter (N/S) ⁵	Nektar- und Pollenwert ⁶	Blühzeit (Monate) ⁷
<i>Trifolium incarnatum</i> L.	Inkarnatklee	Trfi	Faba	N	K. A.	27/4	0/0	0/0	2/2	K. A.	V – VIII
<i>Vicia sativa</i> L.	Futterwicke		Faba	N	K. A.	1/1	0/0	0/0	0/0	3/1 *	VI – VIII
<i>Viola arvensis</i> MURRAY	Acker-Stiefmütterchen	Vlar	Viol	H	K. A.	6/3	0/0	0/0	1/1	1/1 *	III – VIII
Spontan auftretende Arten											
<i>Achillea millefolium</i> L.	Schafgarbe		Aste	H	4	0/0	0/0	1/1	1/1	1/2 *	VI – IX
<i>Anthemis arvensis</i> L.	Acker-Hundskamille		Aste	H	4	0/0	1/1	0/0	0/0	2/2 – 3 *	VI – IX
<i>Chenopodium album</i> L.	Weißer Gänsefuß	Chna	Amar	H	4	1/1	0/0	6/1	1/1	1/2 ***	VII – X
<i>Cirsium arvense</i> (L.) SCOP.	Acker-Kratzdistel	Crsa	Aste	H	K. A.	1/1	0/0	2/1	1/1	3/2 *	VI – VIII
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. LÖVE	Windenknöterich		Poly	H	5	0/0	0/0	0/0	1/1	3/2 *	VII – IX
<i>Persicaria maculosa</i> GRAY	Floh-Knöterich		Poly	H	5	1/1	0/0	0/0	0/0	K. A.	K. A.
<i>Pisum sativum</i> L.	Erbse		Faba	N	K. A.	2/2	0/0	0/0	0/0	1–2/1 **	V – VII
<i>Scorzonoides autumnalis</i> (L.) MOENCH	Herbst-Löwenzahn		Aste	H	5	0/0	3/1	0/0	0/0	2/K. A. ***	VII – IX
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	Rainfarn	Tncv	Aste	H	5	0/0	16/4	0/0	0/0	2/2 *	VII – IX
<i>Trifolium pratense</i> L.	Wiesenklee		Faba	H	5	1/1	0/0	0/0	0/0	3/3 *	VI – IX

1 Abkürzungen der Namen der Pflanzenarten sind die in [Abb. 3](#), S. 566, und [Abb. 4](#), S. 567, verwendeten Artabkürzungen.

2 Abkürzungen der Pflanzenfamilien: Amar = Amaranthaceae, Apia = Apiaceae, Aste = Asteraceae, Bora = Boraginaceae, Bras = Brassicaceae, Faba = Fabaceae, Lina = Linaceae, Malv = Malvaceae, Papa = Papaveraceae, Poly = Polygonaceae, Viol = Violaceae

3 Angaben zur Herkunft: N = neophytisch, H = heimisch (nach [FloraWeb 2019](#))

4 Ellenberg-Feuchtezahl: nach [Ellenberg, Leuschner \(2010\)](#)

5 Nachgewiesene Anzahl der Blütenbesucher (N) und der Arten (S) getrennt nach sozialen Bienen, solitären Wildbienen, Schwebfliegen und Tagfaltern. Blüten der Arten *Raphanus sativus* und *R. raphanistrum* wurden im Feld bei der Dokumentation der Blütenbesuche nicht unterschieden, weshalb die Angaben für die Blütenbesuche für beide Arten zusammen gelten.

6 Die Nektar- und Pollenwerte geben Auskunft über die Qualität und Menge von Nektar und Pollen. Diese Angaben richten sich nach [*Pritsch \(2018\)](#) und die Werte reichen von 0 = „nichts“ bis 4 = „sehr gut“. Sie wurden ergänzt durch [**MLR \(2019\)](#) und [***BioFlor \(2020\)](#), wobei die beiden letzten Quellen eine fünfstufige Skala von „–“ bis „sehr gut“ bzw. von 1–5 verwenden. Um eine Vergleichbarkeit der Werte zu ermöglichen, wurden die schriftlichen Ausformulierungen in Werte von 0–4 übersetzt bzw. die Werte durch Abzug von 1 angepasst.

7 Wenn nicht anders angegeben, entspricht die Quelle für die Blühzeit der für die Nektar- und Pollenwerte.

K. A. = keine Angabe

Neophyten (nach [FloraWeb 2019](#)) einen erheblichen Anteil besitzen (zumeist 100 %). Die Verwendung solcher Standard-Saatmischungen für die Ansaat einjähriger Blühstreifen ist in verschiedener Hinsicht problematisch. Abgesehen von juristischen Grauzonen bei der Ausbringung von Neophyten in die Landschaft ([Fischer-Hüftle 2018](#)) sind etliche der verwendeten Arten nicht oder nur begrenzt standortangepasst (und zeigen demzufolge niedrige Etablierungsraten).

Gleichzeitig führt die Wahl sehr wachstumsstarker Kulturarten (z. B. Rainfarn-Phacelie – *Phacelia tanacetifolia* BENTH., Seradella – *Ornithopus sativus* BROT. oder Garten-Rettich – *Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* PERS.) dazu, dass gegebenenfalls in der Samenbank vorhandene Segetalarten nicht zur Saatreife gelangen, da sie konkurrenzschwächer sind. In vielen Fällen ist die Samenbank intensiv genutzter Ackerstandorte allerdings bereits weitestgehend erschöpft. Da das Saatgut der in einjährigen Blühmischungen enthaltenen Pflanzenarten nicht winterhart ist, führt deren Einsatz zu keiner nachhaltigen Erhöhung der Phytodiversität. Letzteres hat wiederum zur Folge, dass sich auch eine davon abhängige Insektenfauna nicht optimal entwickeln kann. Viele Neophyten stellen für heimische Insektenarten (insbesondere für Spezialisten) keine geeignete Nahrungsgrundlage dar (vgl. [Abschnitt 4](#), S. 566 f.). Dies gilt insbesondere für blütenbesuchende Insekten, die auf eine bestimmte durch eine ähnliche Blütenmorphologie charakterisierte oder phylogenetisch zusammengehörige Gruppe von Blühpflanzen spezialisiert sind, wie oligolektische (ausschließlich die Pollen nah verwandter Pflanzarten sammelnde) Wildbienen ([Westrich 2019](#)), aber auch für Arten innerhalb anderer Insektentaxa wie z. B. Schwebfliegen ([Szymank 2001](#)).

Blüten der in Standardmischungen enthaltenen Neophyten können zumeist nur von Ubiquisten genutzt werden, unter diesen auch polylektische (Pollen verschiedener Pflanzenfamilien sammelnde) Bienenarten mit breitem Wirtspflanzenspektrum (wie Honigbiene – *Apis mellifera* LINNAEUS, 1758) und häufige Hummelarten (u. a. Baumhummel – *Bombus hypnorum* LINNAEUS, 1758, Steinhummel – *B. lapidarius* LINNAEUS, 1758, Erdhummel – *B. lucorum* agg., Ackerhummel – *B. pascuorum* SCOPOLI, 1763, Wiesenhummel – *B. pratorum* LINNAEUS, 1761). Diese Arten sind jedoch selbst in der intensiv genutzten Kulturlandschaft noch vergleichsweise häufig anzutreffen, wohingegen Spezialisten, die als Zielarten eine hohe Gewichtung bei der Anlage von Blühstreifen haben sollten, meist selten und/oder gefährdet sind ([Bogusch et al. 2020](#)).

Forschungsdefizit bei einjährigen Blühmischungen

Obwohl das Thema „Blühstreifen“ in den letzten Jahren durch die Sensibilisierung der Gesellschaft für den Insektenrückgang an Wahrnehmung gewonnen hat, gibt es Vorgaben für Landwirtinnen und Landwirte, die deutlichen Optimierungsbedarf haben. Theoretisch ist hinreichend bekannt, welche Pflanzenarten bei welchen Bedingungen wachsen können und ein großes Wissen besteht auch über das Wirtspflanzenspektrum gefährdeter Blütenbesucherarten. Uns ist allerdings zum Zeitpunkt dieser Veröffentlichung keine Studie bekannt, in der Etablierungsraten von Pflanzenarten sowie Insekt-Blüte-Interaktionen bei unterschiedlichen Insektenartengruppen auf einjährigen Blühstreifen untersucht wurden. Insbesondere der Vergleich verschiedener einjähriger

Blühmischungen mit und ohne heimische Kräuter ist noch nicht hinreichend untersucht (Dietzel et al. 2019). Die vorliegende Studie kann daher die Frage beantworten, welchen Effekt die Auswahl der Saatmischung für die Vegetationsausprägung eines einjährigen Blühstreifens hat und welche blütenbesuchenden Insekten davon profitieren können.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, aus ökologischer Sicht derzeit bestehende Defizite (wie oben beschrieben) bei der Anlage einjähriger Blühstreifen aufzuzeigen und Empfehlungen zu formulieren, wie sich deren Ausgestaltung im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen verbessern ließe. Die nachfolgend präsentierten Ergebnisse fußen auf einem vom Bundesamt für Naturschutz geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (F + E-Vorhaben), in dem die „Minderung der Barrierewirkung von Agrarflächen mittels halboffener Verbundkorridore“ unter anderem durch die Anlage einjähriger Blühstreifen untersucht wurde (Grabener et al. 2021). Folgende Fragen sollen erörtert werden:

- Wie lassen sich einjährige Blühstreifen aus vegetationsökologischer Sicht optimieren?
- Welche Pflanzenarten fördern eine hohe Blütenbesucher-Diversität und welche Hinweise für die Saatgut-Zusammensetzung lassen sich ableiten?
- Wie unterscheidet sich das Blütenbesucher-Artenspektrum zwischen Neophyten und heimischen Segetalarten?

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet und -design

Die Datengrundlage für die hier vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen des oben genannten F + E-Vorhabens erhoben. Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Nordwestdeutschen Tiefland (Lüneburger Heide). Es wurden 10 einjährige Blühstreifen als Untersuchungsflächen mit je zwei unterschiedlichen Blühmischungen auf Teilflächen von 2017 bis 2019 jährlich neu eingesät. Dabei handelte es sich zum einen um eine „Standardmischung“, die die im Untersuchungsgebiet am häufigsten verwendete Mischung zur Anlage einjähriger Blühstreifen darstellte und 7 Arten (ausschließlich Kulturarten bzw. Neophyten) enthielt, sowie eine „Sondermischung“ mit 21 Arten (bestehend aus neun Kulturarten bzw. Neophyten sowie 12 heimischen krautigen Acker-/Wiesenarten, siehe Abb. 1a, S. 562). Dabei erfolgte eine Einteilung der Pflanzenarten in „Neophyt“ oder „heimisch“ (nach FloraWeb 2019), wobei unter „heimischen“ Pflanzenarten auch Archäophyten subsummiert wurden. Über Details zur Zusammensetzung der Mischungen informiert Tab. 1, S. 562 f.

Eine Fläche musste im zweiten Untersuchungsjahr gewechselt werden, da sie durch Sturmschäden am angrenzenden Wald nicht mehr in das Untersuchungsdesign integrierbar war. Abweichungen vom Untersuchungsdesign auf einzelnen Flächen resultierten in unterschiedlicher Zahl von Untersuchungsflächen pro Jahr im tierökologischen Projektteil. Dies hat für die hier durchgeführten tierökologischen Analysen keine Relevanz, da sie kein balanciertes Design voraussetzen. Eine detaillierte Beschreibung von Versuchsaufbau und -durchführung ist dem zugehörigen Endbericht des Projekts zu entnehmen (Grabener et al. 2021).

Die Phytodiversität aller auf den Flächen vorkommenden Pflanzenarten und der sich daraus ergebende Etablierungserfolg der angesäten Arten wurde für die Standardmischung für die Jahre 2017

Tab. 2: Vergleich der in den Blühstreifen mit Standardmischung und Sondermischung in den beiden Extremjahren (Nassjahr: 2017, Trockenjahr: 2018) nachgewiesenen Gefäßpflanzenarten; Mittelwerte (MW) und Standardfehler (SF) aus jeweils sieben Blühstreifenflächen.

Table 2: Comparison of the vascular plant species detected in the flower strips with standard seed mixture (Standardmischung) and special seed mixture (Sondermischung) in the two extreme years (wet year: 2017, dry year: 2018); mean values (MW) and standard error (SF) from seven flower strip areas each.

Untersuchungsjahr	Standardmischung				Sondermischung			
	2017		2018		2017		2018	
	MW	SF	MW	SF	MW	SF	MW	SF
AZ angesät total	7,0		7,0		21,0		21,0	
AZ insgesamt	22,0	1,8	19,6	2,5	32,3	2,7	23,7	2,3
AZ angesät + etabliert	6,9	0,1	6,0	0,2	17,1	0,6	12,4	1,6
AZ spontan	15,1	1,9	13,6	2,5	15,1	2,4	11,3	1,2
Wasserdefizit [mm]	+24,9		-188,1		+24,9		-188,1	

AZ angesät total = Anzahl der pro Jahr angesäten Arten, **AZ insgesamt** = Anzahl der pro Jahr in den Blühstreifen insgesamt nachgewiesenen Arten, **AZ angesät + etabliert** = Anzahl der angesäten Arten, die sich tatsächlich etablierten, **AZ spontan** = Anzahl spontan auftretender Arten (aus Samenbank oder durch natürliche Verbringung), **Wasserdefizit** = Niederschlagsdefizit als Differenz aus tatsächlich gefallenem Niederschlag und der potenziellen Evapotranspiration (in mm über die Monate von April bis Juni)

und 2018 und für die Sondermischung für die Jahre 2017 bis 2019 auf insgesamt 7 Untersuchungsflächen quantifiziert (aufgrund von Sturmschäden oder Problemen bei der Saatgutbeschaffung konnten nicht alle 10 angelegten Flächen über die betrachteten Untersuchungsjahre ausgewertet werden). Der Zusammenhang zwischen Etablierungserfolg und dem im Frühjahr bestehenden Niederschlagsdefizit – d. h. Niederschlag minus potenzielle Evapotranspiration (Summe aus Verdunstung und Wasserdampfabgabe durch Pflanzen, vgl. Thornthwaite 1948) – wurde mit einem verallgemeinerten linearen gemischten Modell (GLMM) untersucht (Brooks et al. 2017). Die Gesamtzahl an Pflanzenarten, die auf den mit Standard- und Sondermischungen angesäten Flächen vorgefunden wurden, wurde für die hinsichtlich ihrer Witterung extremen Jahre 2017 und 2018 miteinander verglichen.

2.2 Blütenbesuchende Insekten: Auswahl und Analysen

Bei einer Erfassung der blütenbesuchenden Insekten (siehe Abb. 1b, S. 562) wurden folgende Taxa berücksichtigt: Bienen (Apiformes), Schwebfliegen (Syrphidae) und Tagfalter (Lepidoptera, partim). Alle dokumentierten Insekten wurden, sofern möglich, auf Artebene bestimmt. Die Nomenklatur der Arten richtet sich dabei nach Fauna Europaea (de Jong et al. 2014). Alle Schwebfliegen und solitären Wildbienen sind in eine Referenzsammlung der AG Tierökologie der Leuphana Universität Lüneburg integriert. Die Bestimmungen der Bienen wurde durch Dr. Christian Schmid-Egger überprüft, jene der Schwebfliegen durch Dr. Axel Ssymank. Tagfalter, Honigbienen und Hummeln wurden – soweit möglich – im Feld bestimmt. Hummeln wurden dabei anhand ihrer Färbung Morphotypen zugeordnet. Auf den Blühstreifen wurden zeitgleich Gelbschalen (Vrdoljak, Samways 2012) betrieben. Da hierin, neben zwei Arten der *Bombus*-Untergattung *Psithyrus* (ca. 2 % der Gesamt-Individuenzahl aller Hummeln), nur die in der Einleitung genannten Hummelarten gefunden wurden und Arten der Kuckuckshummeln *Psithyrus* auf dieselben Pflanzenarten wie ihre Wirtsarten angewiesen sind, kann von einer für die vorliegende Studie ausreichend sicheren Bestimmung der Hummeln anhand der Morphotypen ausgegangen werden.

Die Bienen wurden für die Analysen gruppiert in (1) soziale Bienen, die die Generalisten Honigbiene und Hummeln umfassen sowie in (2) solitäre Wildbienen, die alle weiteren Arten innerhalb der Bienen umfassen. Bei insgesamt 76 standardisierten Transektläufen, die während der Hauptblühperiode der Blühstreifen zwischen Juli und September durchgeführt wurden, wurden die blütenbesuchenden Insekten auf der von ihnen besuchten Blüte dokumentiert. Da

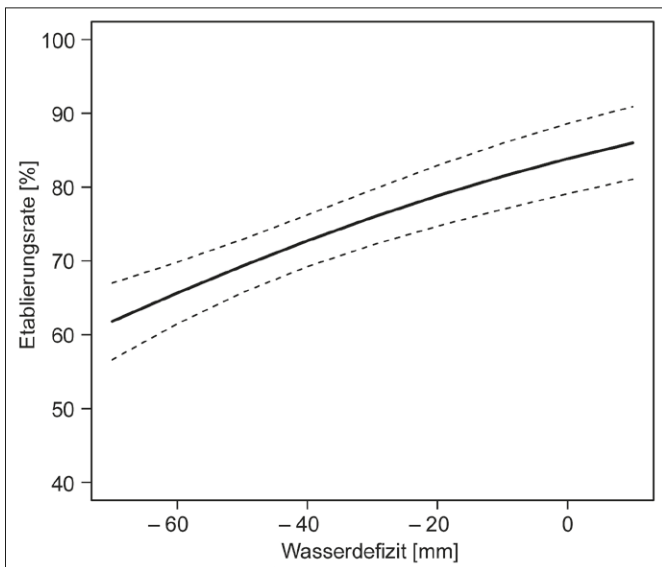


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Etablierungsrate (Keimung und Überleben bis zum Samenansatz) der in den Blühstreifen angesäten Arten und dem Wasserdefizit (gefallener Niederschlag minus potenzielle Evapotranspiration) summiert über die Monate von April bis Juni und kalkuliert für die Jahre von 2017 bis 2019. Eine Etablierungsrate von 100 % würde bedeuten, dass sich alle im entsprechenden Jahr angesäten Arten in den Blühstreifen etabliert haben. Im Diagramm beruht die durchgezogene Regressionslinie auf der Vorhersage eines verallgemeinerten linearen gemischten Modells (GLMM), die gestrichelten Linien zeigen den 95 %-Vertrauensbereich (fußend auf Daten von Grabener et al. 2021). Das Modell ist hochsignifikant ($P < 0,001$) und zeigt, dass das Wasserdefizit im Frühjahr ein besonders wichtiger Prädiktor für die Etablierungsrate der angesäten Arten ist (60 % der Varianz der Etablierungsrate werden nur durch diesen Prädiktor erklärt; $R^2_{\text{marg}} = 0,60$).

Fig. 2: Relationship between the establishment rate (germination and survival until seed set) of species sown in the flower strips and the water deficit (precipitation minus potential evapotranspiration) summed up over the months April to June and calculated for the years 2017 to 2019. An establishment rate of 100 % would mean that all species sown in the corresponding year established in the flower strips. The solid regression line is based on the prediction of a generalised linear mixed model (GLMM), the dashed lines show the 95 % confidence interval (based on data from Grabener et al. 2021). The model is highly significant ($P < 0.001$) and shows that spring water deficit is an important predictor for the plants' establishment rate (explaining 60 % of the variance of the response variable; $R^2_{\text{marg}} = 0.60$).

die Artenzahl der Blütenbesucher, die auf Blüten einer Pflanzenart erfasst wird, auch von der Anzahl der dokumentierten Blütenbesucher-Pflanze-Interaktionen abhängig ist und die Wahrscheinlichkeit des Nachweises einer weiteren Art mit zunehmender Anzahl erfasster Interaktionen steigt, wurde mittels Rarefaction die Artenzahl auf den Blüten der häufiger angeflogenen Pflanzenarten standardisiert; damit konnten die Blütenbesucher-Artenzahlen bei gleichen Interaktionszahlen miteinander verglichen werden. Zudem wurde eine nichtmetrische multidimensionale Skalierung (NMDS) auf Basis einer „Morisita-Horn“-Distanzmatrix für Zähldaten der Blütenbesucher-Pflanze-Interaktionen zur Visualisierung von Präferenzmustern der Blütenbesuchergruppen angefertigt (z. B. Baldock et al. 2015).

3 Ergebnisse

Insgesamt war der relative Etablierungserfolg der Pflanzenarten in der Standardmischung höher als in der Sondermischung; im

Trockenjahr 2018 ging dieser aber in beiden Saatmischungen zurück, tendenziell allerdings stärker in der Sondermischung (Tab. 2). In den Modellen erweist sich das Wasserdefizit im Frühjahr (April bis Juni) als besonders wichtiger Prädiktor für den Etablierungserfolg der angesäten Arten ($P < 0,001$). Allgemein lässt sich somit schlussfolgern, dass der Etablierungserfolg angesäter Arten in Blühstreifen umso größer ist, je geringer das Niederschlagsdefizit im Frühjahr ausfällt (Abb. 2). Enge Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnisse und ein hohes Basenangebot im Boden verbessern grundsätzlich die Etablierungsraten der angesäten Arten (Grabener et al. 2021).

Die Gesamtzahl der Pflanzenarten der Blühstreifen wird – neben den angesäten Arten – durch solche ergänzt, die sich entweder aus der Samenbank etablieren oder durch natürliche Verbringung der Samen in die Flächen gelangen, wobei dieser Anteil mitunter erheblich sein kann (Ullrich 2001; vgl. Tab. 2). Der relative Anteil dieser „spontan“ auftretenden Arten an der Gesamtartenzahl unterschied sich zwischen den beiden Saatmischungen nicht signifikant (Grabener et al. 2021). Interessanterweise hatten aber auch hier geringe Frühjahrs-Niederschläge einen signifikant negativen Einfluss auf die Anzahl der in den Blühstreifen spontan auftretenden Pflanzenarten ($P = 0,049$; Grabener et al. 2021).

Die untersuchten Pflanzenarten unterschieden sich sowohl hinsichtlich der Artenzahl blütenbesuchender Insekten als auch in der Gesamtzahl der Blütenbesuche mitunter deutlich voneinander (Tab. 1, S. 562 f.; Grabener et al. 2021). Die Tabelle 1, S. 562 f., informiert dabei sowohl über die in den Saatmischungen enthaltenen Arten als auch die zusätzlichen von Insekten besuchten Pflanzenarten. Die höchste Anzahl blütenbesuchender Insektenarten wurde bei heimischen Pflanzenarten (Wilde Möhre – *Daucus carota* L.) sowie der Segetalart Saat-Wucherblume – *Glebionis segetum* (L.) FOURN. nachgewiesen (Abb. 3, S. 566). Die Rarefaction-Analyse zeigt für diese Artengruppe einen linearen Anstieg der Artenzahl mit jedem weiteren Blütenbesuch. Die bei voller Erfassung des Besucherartenspektrums zu erwartende Sättigung ist nicht annähernd erreicht. Das Besucherartenspektrum ist damit vermutlich deutlich größer als in dieser Studie erfasst. Eine annähernde Sättigung der Kurve und somit ein nahezu vollständiges Arteninventar konnte bei Segetalarten nur in Ausnahmefällen (Kornblume – *Centaurea cyanus* L.) ermittelt werden.

Die mit Abstand größte Anzahl der Blütenbesuche wurde auf der Kulturart Rainfarn-Phacelie (*Phacelia tanacetifolia* BENTH.) dokumentiert. Die Kennzahl lag mitunter um das Zehnfache über den Blütenbesuchswerten autochthoner Pflanzenarten (siehe z. B. die Anzahl der Blütenbesuche auf der Rainfarn-Phacelie im Vergleich zu Besuchen auf der Wilden Möhre, Abb. 3, S. 566). Die errechnete Rarefaction-Kurve ähnelt bei zwei weiteren Kulturarten (Seradella und Alexandriner-Klee – *Trifolium alexandrinum* L.) einer Sättigungskurve, sodass auch bei weiterer Erfassung der Blütenbesucher-Pflanze-Interaktionen auf diesen Arten nur wenige weitere Insektenarten erwartet werden können (Abb. 3, S. 566). Über die Diversität der Blütenbesucher weiterer in Abb. 3, S. 566, aufgeführter Pflanzenarten wie Klatschmohn (*Papaver rhoeas* L.), Borretsch (*Borago officinalis* L.) und Inkarnatsklee (*T. incarnatum* L.) kann die Rarefaction-Analyse aufgrund überlappender Konfidenzintervalle bei gleichzeitig geringer Anzahl dokumentierter Blütenbesuche keine verlässliche Aussage treffen.

Die verschiedenen Blütenbesuchergruppen unterscheiden sich in ihren Blütenpräferenzen voneinander (Abb. 4, S. 567). Heimische Pflanzenarten sowie typische Segetalarten zeigten ein größeres Blütenbesucherspektrum, erkennbar durch die größere Fläche, die diese Arten in der Visualisierung der ersten beiden NMDS-Achsen umspannt. Die Fläche der heimischen Pflanzenarten (inkl. Segetalarten) umfasst auch nahezu vollständig die Fläche der Kulturarten. Insbesondere die Gruppe der solitären Wildbienen besuchte überwiegend Blüten heimischer Pflanzenarten sowie von Segetalarten, aber auch ein großer Teil der Schwebfliegen und ein kleinerer Anteil der Tagfalter finden sich ebenfalls außerhalb der von Kulturarten aufgespannten Fläche. Lediglich die Gruppe der sozialen Bienen, zu denen die Honigbiene

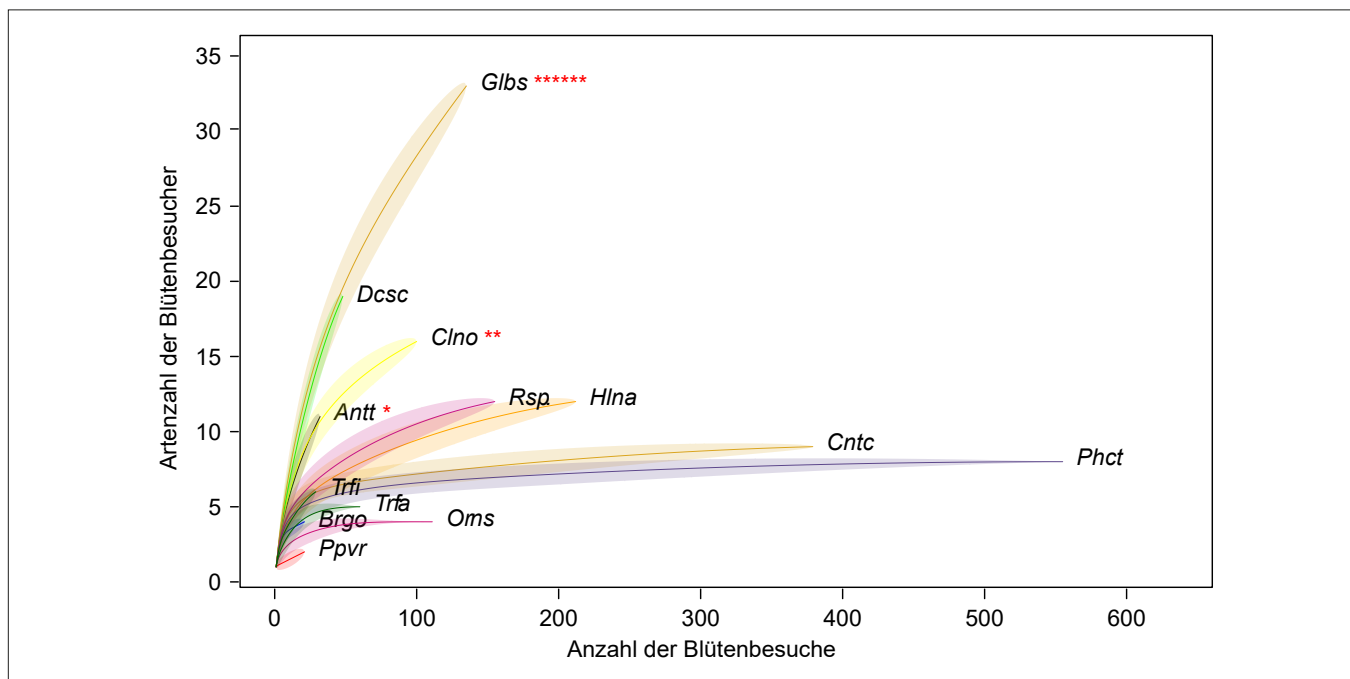


Abb. 3: Mit Rarefaction ermittelte Artenzahl der Blütenbesucher aus den Gruppen der Bienen, Schwebfliegen und Tagfalter auf Infloreszenzen von Pflanzenarten, auf denen insgesamt mehr als 20 Blütenbesuche dokumentiert wurden. Die durchgezogenen farbigen Linien zeigen die gemittelte Artenzahl, schattierte Bereiche in der gleichen Farbe den 95 %-Vertrauensbereich. Die Zahl der roten Sternchen hinter den Pflanzenartenkürzeln gibt die Artenzahl der Blütenbesucher an, die nach Roter Liste Niedersachsen und/oder Deutschland (Stuke et al. 1997; Theunert 2002; Lobenstein 2004; Reinhardt, Bolz 2011; Ssymank et al. 2011; Westrich et al. 2011) als gefährdet gelten (Rote-Liste-Kategorien 3, 2, 1, G) oder auf der Vorwarnliste geführt werden (V). Insgesamt wurden 1 858 Blütenbesuche von 61 Insektenarten ausgewertet. Für Abkürzungen der Namen der Pflanzenarten siehe Tab. 1, S. 562 f.

Fig. 3: Rarefaction was used to determine the number of flower visitor species from the groups of bees, hoverflies and butterflies on inflorescences of those plant species on which a total of more than 20 flower visits were documented. The solid-coloured lines indicate the averaged species number of flower visitors, shaded areas in the same colour show the 95 % confidence interval. The number of red asterisks behind the plant species abbreviations indicates the number of flower visitor species that are classified as near threatened or endangered in Lower Saxony and/or Germany based on their Red List status (Stuke et al. 1997; Theunert 2002; Lobenstein 2004; Reinhardt, Bolz 2011; Ssymank et al. 2011; Westrich et al. 2011). A total of 1,858 flower visits from 61 insect species were evaluated. For abbreviations of plant species names see Table 1, p. 562 f.

und häufige Hummelarten (Wald-, Stein-, Erd-, Acker- sowie Wiesenhummel) gehören und die als Generalisten zusammengefasst werden können, clustern innerhalb der Kulturpflanzenarten (Abb. 4).

4 Diskussion

Die geschilderten Befunde legen nahe, dass die in der Sondermischung enthaltenen Pflanzenarten bezüglich ihrer Etablierung etwas sensibler auf Frühjahrs-Trockenheit reagieren, als dies für jene in der Standardmischung der Fall ist. Tatsächlich können einige Arten der Sondermischung, legt man die Ellenberg-Feuchtezahlen zugrunde (Ellenberg et al. 1991), als durchaus trockenheitsempfindlich erachtet werden (z. B. Wilde Malve – *Malva sylvestris* L., Echte Kamille – *Matricaria recutita* L., Hopfenklee – *Medicago lupulina* L.). Dies erklärt möglicherweise, warum der Etablierungserfolg der in der Sondermischung enthaltenen ange säten Arten im Jahr 2018 besonders deutlich zurückging (von 17 auf 12 Arten).

Für die Anlage von Blühstreifen lässt sich schlussfolgern, dass die für Blühmischungen verwendeten Pflanzenarten idealerweise autochthon und – in edaphischer (bodenbedingter) und lokal-klimatischer Hinsicht – standortangepasst sein sollten. Nur so lässt sich gewährleisten, dass ausgebrachte Samen nicht nur hohe Keimraten erzielen, sondern die aufgelaufenen Sämlinge auch bis zur Samenreife überleben und sich reproduzieren. Dabei sollten

grundsätzlich möglichst artenreiche Mischungen verwendet werden, da diese im Sinne einer Risikostreuung mögliche Ausfälle kompensieren können (Kirmer et al. 2016). Eine Verwendung standortangepasster Pflanzenarten bei Ansaaten gewinnt zudem unter dem Aspekt der sich abzeichnenden Klimaveränderungen (mit Extrem-Witterungsverhältnissen wie Trockenheit oder hohen Frühjahrs-Temperaturen) an Bedeutung, aber auch in Hinblick auf erschöpfte Samenbanken an langjährig intensiv genutzten Ackerstandorten.

Die dargestellten Ergebnisse legen nahe, dass für die Förderung eines diversen Blütenbesucherspektrums Pflanzenarten mit leicht erreichbaren Nektarquellen durch offene Nektarien und kurze Kronröhren – wie die hier erfassten weiß und gelb blühenden Asteraceae oder die Wilde Möhre (Apiaceae) – von besonderer Bedeutung sind. Der Vergleich der mit Rarefaction standardisierten Blütenbesucherartenzahlen, die auf den jeweiligen Pflanzenarten nachgewiesen wurden, zeigte deutlich, dass Vertreter der heimischen Segetalflora im Vergleich zu Kulturarten die meisten Blütenbesucherarten aufwiesen. Aus der NMDS-Visualisierung lässt sich darüber hinaus ableiten, dass durch die Kulturarten kaum ein zusätzliches Blütenbesucherspektrum gefördert wird bzw. dass alle Insektenarten, die die Kulturarten besuchen, auch heimische Pflanzenarten besuchen können. Umgekehrt ist dies aber nicht der Fall. Hohe Nektar- und Pollenverfügbarkeit fallen zwar mit hohen Blütenbesucherzahlen sozialer Bienen zusammen, spielen hingegen für die anderen untersuchten Gruppen eine untergeordnete Rolle (Tab. 1, S. 562 f.) und sollten daher bei der Auswahl

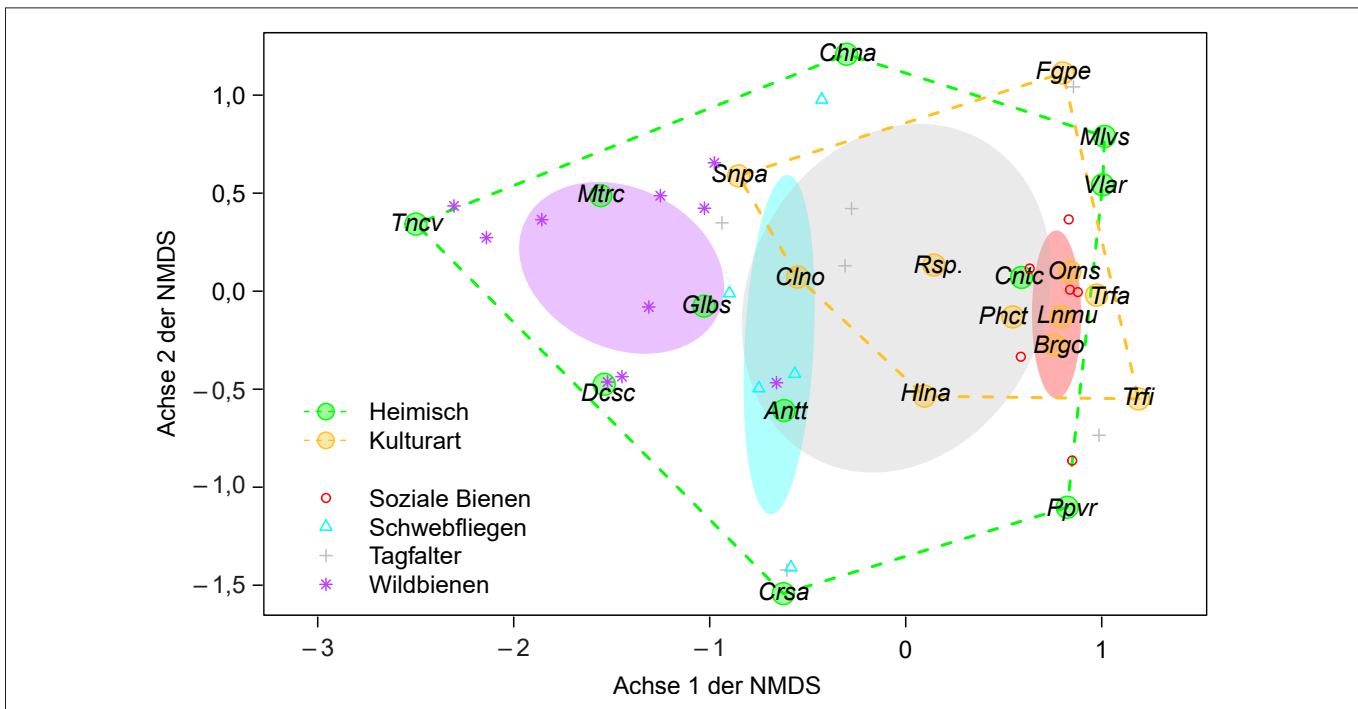


Abb. 4: Nichtmetrische multidimensionale Skalierung (NMDS) der Blütenbesuche auf den Pflanzenarten, auf denen mehr als drei Blütenbesuche dokumentiert wurden. Soziale Bienen umfassen die Art *Apis mellifera* LINNAEUS, 1758 und Arten der Gattung *Bombus* LATREILLE, 1802. Als solitäre Wildbienen werden apiforme Hymenoptera ohne die vorher genannten Arten bezeichnet. Es sind nur Insektenarten einbezogen, von denen mindestens drei Individuen erfasst wurden. Die schattierten Bereiche um die Blütenbesuchergruppen geben das 95 %-Konfidenzintervall um das Zentrum der jeweiligen Gruppe an. Die Kategorisierung der Pflanzenarten folgt FloraWeb (2019), wobei „heimische“ Pflanzenarten auch archäophytische Segetalarten umfassen. Die NMDS basiert auf einer „Morisita-Horn“-Distanzmatrix, Stress = 0,14. Dargestellt sind die ersten beiden Achsen der NMDS. Für Abkürzungen der Namen der Pflanzenarten siehe Tab. 1, S. 562f.

Fig. 4: Non-metric multidimensional scaling (NMDS) of flower visits on plant species with at least three flower visits. Social bees include the species *Apis mellifera* LINNAEUS, 1758 and species of the genus *Bombus* LATREILLE, 1802. Wild bees are bee-like Hymenoptera excluding the above-mentioned species. Only those insect species are included of which at least three individuals were recorded. The shaded areas around the flower visitor groups indicate the 95 % confidence interval around the centroid of each group. Plant species are grouped following FloraWeb (2019), whereby "native" plant species also include archaeophytic segetal species. The NMDS is based on a "Morisita-Horn" distance matrix, stress = 0.14. The first two NMDS axes are shown. For abbreviations of plant species names see Table 1, p. 562 f.

der Pflanzenarten nicht hauptsächlich herangezogen werden. Fragen der Oligolektie (der speziellen Blütenbindung bestimmter Wildbienenarten) sind dabei noch gar nicht behandelt, weil sie nicht Gegenstand dieser Untersuchung sind. Doch auch hieraus lassen sich deutliche Argumente für artenreiche, einheimische Blühmischungen ableiten (Schmid-Egger 2014).

5 Empfehlungen zur ökologischen Optimierung von Blühstreifen

Eine Anlage von Blühstreifen sollte idealerweise Saatmischungen standortangepasster Pflanzenarten (unter Ausschluss von Neophyten – siehe unten) verwenden, um so die Etablierungschancen der angesäten Arten zu optimieren (siehe zu den Empfehlungen auch Kasten 1). Wünschenswert wäre dabei die Verwendung regiozertifizierten Saatguts. Ansaaten sind besonders dann erforderlich, wenn aufgrund langjährig-intensiver Bewirtschaftung und des Einsatzes von Herbiziden eine Samenbank nicht mehr oder nur noch sehr eingeschränkt vorhanden ist.

Blühstreifen zur Förderung einer artenreichen Bestäubergemeinschaft sollten grundsätzlich ein breites Spektrum einheimischer Pflanzenarten enthalten und darüber hinaus möglichst Vertreter unterschiedlicher Blütenmorphologien und Blühzeitpunkte berücksichtigen, wobei Blühpflanzen mit leicht erreichbaren Nektarien einen besonders hohen Anteil an einer Saatmischung aufweisen sollten. Dabei bietet sich an, die Pflanzenauswahl im ersten Schritt

anhand der Ansprüche der oligolektischen Wildbienen auszurichten (Westrich 2019). Bereits mit der Bereitstellung der folgenden sechs Pflanzenfamilien – Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Apiaceae und Campanulaceae –, die sehr viele für Blühmischungen

Kasten 1: Empfehlungen für die Praxis zur Anlage von Blühstreifen.

Box 1: Recommendations for establishing flower strips.

- Möglichst regiozertifiziertes Saatgut standortangepasster Pflanzenarten unter Ausschluss von Neophyten
- Saatmischungen mit mindestens 25–40 Arten, je nach Ausprägung der vorhandenen Samenbank
- Vertreter aus allen der folgenden Pflanzenfamilien: Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Apiaceae und Campanulaceae
- Hoher Anteil von Blühpflanzen mit leicht erreichbaren Nektarquellen
- Bereitstellung von Blütenressourcen über die gesamte Saison
- Anlage langfristig bestehender (mehrjähriger) Blühstreifen zur Schaffung eines Mosaiks verschieden alter (Blühstreifen-)strukturen
- Anlage angrenzend an strukturreiche Landschaftselemente (z. B. Feldraine, Hecken, Baumgruppen)

geeignete Pflanzenarten enthalten, lassen sich die Ansprüche der meisten oligolektischen Wildbienen erfüllen. Auch ein Großteil der übrigen wenig spezialisierten blütenbesuchenden Insektenarten kann solche Pflanzenarten sehr gut als Nahrungsquelle nutzen (Schmid-Egger 2014). Insbesondere die Kompaktinfloreszenzen des Doldentyps (v. a. Apiaceae, Blumentyp II nach Ssymank 2001) oder des Körbchentyps (Blumentyp IV, z. B. Asteraceae, Dipsacaceae) sowie radiärsymmetrische Einzelblumen (Blumentyp I) fördern dabei viele Schwebfliegenarten und weniger spezialisierte Insektenarten. Für langrüsselige Nachtfalter oder andere spezielle Anspruchstypen müssten ggf. noch weitere Pflanzenarten, z. B. aus der Familie der Nelkengewächse (Caryophyllaceae), ergänzt werden.

Blühmischungen sollten mindestens 25–40 verschiedene Pflanzenarten enthalten, nach Möglichkeit auf die Ansprüche der im jeweiligen Gebiet anzutreffenden Nahrungsspezialisten unter den Insekten zugeschnitten sein und idealerweise in der gesamten Vegetationsperiode ein ausreichendes Blütenangebot gewährleisten. Wenn auch nicht Gegenstand dieser Studie, aber in der Diskussion um die Förderung blütenbesuchender Insekten in Agrarlandschaften dennoch wichtig, sei hier noch auf folgenden Aspekt hingewiesen: Die mehrjährige Anlage von Blühstreifen lässt weitaus positivere Effekte erwarten als die einjährige (Sommer, Zehm 2020), da sich eine artenreiche Bestäubergemeinschaft mitunter erst nach einer längeren Etablierungsphase einstellen kann und besonders die Überwinterungs- und Juvenilstadien zahlreicher Insektenarten auf überdauernde Strukturen angewiesen sind. Zudem gelangen viele mehrjährige Pflanzenarten erst im zweiten Jahr zur Blüte. Auch sollten Habitate für die Larvalentwicklung der Insekten in räumlicher Nähe, möglichst angrenzend, zu den Blühflächen liegen. Insbesondere für Arten, bei denen adulte Tiere ihre Nachkommen verproviantieren, betragen sogenannte Fouragier-Radien (Distanz, die vom Nest zur Beschaffung der Larvennahrung zurückgelegt wird) meist nur wenige hundert Meter (Zurbuchen et al. 2010; Krewenka et al. 2011).

Für eine Umsetzung dieser Empfehlungen in die Praxis ist entscheidend, dass für Landwirtinnen und Landwirte bei der Verwendung regiozertifizierten Saatguts eine Kostendeckung gewährleistet ist. Zudem sollte auf eine ausreichende Produktion entsprechenden Saatguts hingewirkt werden, sodass eine steigende Nachfrage zukünftig gedeckt werden kann. Übergangsweise sind artenreiche, nicht-regiozertifizierte Mischungen mit Segetalarten solchen mit Neophyten vorzuziehen.

6 Literatur

- Albrecht M., Kleijn D. et al. (2020): The effectiveness of flower strips and hedges on pest control, pollination services and crop yield: A quantitative synthesis. *Ecology Letters* 23(10): 1488–1498. DOI: 10.1111/ele.13576
- Amy C., Noel G. et al. (2018): Flower strips in wheat intercropping system: Effect on pollinator abundance and diversity in Belgium. *Insects* 9(3): 114. DOI: 10.3390/insects9030114
- Baldock K.C., Goddard M.A. et al. (2015): Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282: 20142849. DOI: 10.1098/rspb.2014.2849
- BiolFlor (2020): Datenbank biologisch-ökologischer Merkmale der Flora von Deutschland. <https://www.ufz.de/biolflor/index.jsp> (aufgerufen am 15.11.2020).
- Bogusch P., Bláhová E., Horák J. (2020): Pollen specialists are more endangered than non-specialised bees even though they collect pollen on flowers of non-endangered plants. *Arthropod-Plant Interactions* 14: 759–769. DOI: 10.1007/s11829-020-09789-y
- Brooks M.E., Kristense K. et al. (2017): glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed models. *The R Journal* 9(2): 378–400.
- Decken H. von der, Jessel B. et al. (Red.) (2017): *Agrar-Report 2017. Biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft.* Bundesamt für Naturschutz. Bonn: 62 S.

- De Jong Y. et al. (2014): Fauna Europaea – All European animal species on the web. *Biodiversity Data Journal* 2: e4034.
- Dietzel S., Sauter F. et al. (2019): Blühstreifen und Blühflächen in der landwirtschaftlichen Praxis – eine naturschutzfachliche Evaluation. *ANLiegen Natur* 41(1): 73–86.
- Ellenberg H., Leuschner C. (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen.* 6. Aufl. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart: 1334 S.
- Ellenberg H., Weber H.E. et al. (1991): *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.* Scripta Geobotanica, Bd. 18. Goltze-Verlag, Göttingen: 262 S.
- Fischer-Hüftle P. (2018): Rechtliche Anforderungen an die Auswahl des Saatguts auf Blühflächen und Blühstreifen. *ANLiegen Natur* 40(2): 113–116.
- FloraWeb (2019): FloraWeb – Daten und Informationen zu Wildpflanzen Deutschlands. <https://www.floraweb.de/> (aufgerufen am 13.11.2019).
- Grabener S., Hein S. et al. (2021): Minderung der Barrierewirkung von Agrarflächen mittels halboffener Verbundkorridore. Abschlussbericht eines vom Bundesamt für Naturschutz geförderten F+E-Vorhabens (Förderkennzeichen: 35 16 820 300): in Bearbeitung.
- Grabener S., Oldeland J. et al. (2020): Changes in phenology and abundance of suction-trapped Diptera from a farmland site in the UK over four decades. *Ecological Entomology* 45(5): 1215–1219. DOI: 10.1111/een.12873
- 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
- Kirmer A., Pfau M. et al. (2016): Erfolgreiche Anlage mehrjähriger Blühstreifen auf produktiven Standorten durch Ansaat wildkrautreicher Samenmischungen und standortangepasste Pflege. *Natur und Landschaft* 91(3): 109–118.
- Krewenka K.M., Holzschuh A. et al. (2011): Landscape elements as potential barriers and corridors for bees, wasps and parasitoids. *Biological Conservation* 144(6): 1816–1825.
- Lobstein U. (2004): Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Großschmetterlinge mit Gesamtartenverzeichnis. 2. Fassung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 3/04: 32 S.
- Metzing D., Hofbauer N. et al. (Red.) (2018): *Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands.* Bd. 7: Pflanzen. Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(7): 784 S.
- MLR/Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2019): *Bienenweidekatalog – Verbesserung der Bienenweide und des Artenreichtums.* 6. aktualisierter Nachdruck. MLR. Stuttgart: 129 S.
- Oppermann R., Chalwatzis D. et al. (2020): *Biodiversität in der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU nach 2020.* Institut für Agrarökologie und Biodiversität (IFAB), Thünen Institut. Mannheim, Braunschweig: 12 S.
- Pritsch G. (2018): *Bienenweide. 220 Trachtpflanzen erkennen und bewerten.* Kosmos Verlag. Stuttgart: 304 S.
- Reinhardt R., Bolz R. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Tagfalter (Rhopalocera) (Lepidoptera: Papilionoidea et Hesperioidea) Deutschlands. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70(3): 167–194.
- Schmid-Egger C. (2014): Vielfalt in der Feldflur. *Bauernzeitung* 55(5): 29–30.
- Sommer M., Zehm A. (2021): Hochwertige Lebensräume statt Blühflächen. In wenigen Schritten zu wirksamem Insektenschutz. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 53(1): 20–27.
- Ssymank A. (2001): *Vegetation und blütenbesuchende Insekten in der Kulturlandschaft. Pflanzengesellschaften, Blühphänologie, Biotopbindung und Raumnutzung von Schwebfliegen (Diptera, Syrphidae) im Drachenfelder Ländchen sowie Methodenoptimierung und Landschaftsbewertung. Tierwelt in der Zivilisationslandschaft, Teil V. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 64: 513 S.
- Ssymank A., Doczkal D. et al. (2011): *Rote Liste und Gesamtartenverzeichnis der Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae) Deutschlands.* 2. Fassung. Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(3): 13–83.
- Stuke J.-H., Wolff D., Malec F. (1997): *Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Schwebfliegen.* 1. Fassung. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 1/98: 16 S.

- Theunert R. (2002): Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Wildbienen mit Gesamtartenverzeichnis. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 3/02: 138 – 160.
- Thorntwaite C.W. (1948): An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38(1): 55 – 94.
- Ullrich K.S. (2001): The influence of wildflower strips on plant and insect (Heteroptera) diversity in an arable landscape. Doktorarbeit. ETH Zürich. Zürich: 127 S.
- Vrdoljak S.M., Samways M.J. (2012): Optimising coloured pan traps to survey flower visiting insects. Journal of Insect Conservation 16(3): 345 – 354.
- Westrich P. (2019): Die Wildbienen Deutschlands. 2. Aufl. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart: 824 S.
- Westrich P., Frommer U. et al. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen (Hymenoptera, Apidae) Deutschlands. 5. Fassung. Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(3): 373 – 416.
- Zurbuchen A., Landert L. et al. (2010): Maximum foraging ranges in solitary bees: Only few individuals have the capability to cover long foraging distances. Biological Conservation 143(3): 669 – 676.

Förderung

Die im vorliegenden Beitrag vorgestellten Ergebnisse fußen auf einem vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln der Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) geförderten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit dem Titel „Minderung der Barrierewirkung von Agrarflächen mittels halboffener Verbundkorridore“ (Förderkennzeichen: 35 16 820 300).

Swantje Grabener
Korrespondierende Autorin
 Leuphana Universität Lüneburg
 Institut für Ökologie
 Universitätsallee 1
 21335 Lüneburg
 und
 Thünen-Institut für Biodiversität
 Bundesallee 65
 38116 Braunschweig
 E-Mail: grabener@leuphana.de



Von 2009 bis 2017 studierte die Autorin an der Universität Hamburg Biologie mit Schwerpunkt „Ökologie und Biodiversität“. Seit 2017 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Ökologie der Leuphana Universität Lüneburg tätig, wo sie u. a. in dem vom Bundesamt für Naturschutz geförderten Projekt „Minderung der Barrierewirkung von Agrarflächen mittels halboffener Verbundkorridore“ mitarbeitete. Zudem ist sie am Thünen-Institut für Biodiversität im Projekt MonVIA (Monitoring der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften) tätig.

Simon Hein
 Leuphana Universität Lüneburg
 Institut für Ökologie
 Universitätsallee 1
 21335 Lüneburg
 E-Mail: simon.hein@leuphana.de

Prof. Dr. Werner Härdtle
 Leuphana Universität Lüneburg
 Institut für Ökologie
 Universitätsallee 1
 21335 Lüneburg
 E-Mail: haerdtle@leuphana.de

Prof. Dr. Thorsten Assmann
 Leuphana Universität Lüneburg – Institut für Ökologie
 Universitätsallee 1
 21335 Lüneburg
 E-Mail: thorsten.assmann@leuphana.de

Estève Boutaud
 Leuphana Universität Lüneburg – Institut für Ökologie
 Universitätsallee 1
 21335 Lüneburg
 E-Mail: boutaud@leuphana.de

Dr. Martin Kubiak
 Biosphärenreservatsamt Schaalsee-Elbe
 Dezernat 3 – Gebietsmanagement und Betreuung Schaalsee
 Wittenburger Chaussee 13
 19246 Zarrentin am Schaalsee
 E-Mail: m.kubiak@bra-schelb.mvnet.de

Fee Vera Luck
 Leuphana Universität Lüneburg – Institut für Ökologie
 Universitätsallee 1
 21335 Lüneburg
 E-Mail: fee.luck@posteo.de

Dr. Christian Schmid-Egger
 Fischerstraße 1
 10317 Berlin
 E-Mail: christian@bembix.de

Torben Scholz
 Leuphana Universität Lüneburg
 Institut für Ökologie
 Universitätsallee 1
 21335 Lüneburg
 E-Mail: torben-scholz@gmx.de

Dr. Axel Ssymank
 Bundesamt für Naturschutz
 Fachgebiet II 2.2 „FFH-Richtlinie/Natura 2000“
 Konstantinstraße 110
 53179 Bonn
 E-Mail: axel.ssymank@bfn.de

Dr. Karin Ullrich
 Bundesamt für Naturschutz
 Fachgebiet II 2.3 „Nationales Naturerbe,
 dynamische Systeme und Klimawandel“
 Konstantinstraße 110
 53179 Bonn
 E-Mail: karin.ullrich@bfn.de

Pascale Zumstein
 Leuphana Universität Lüneburg
 Institut für Ökologie
 Universitätsallee 1
 21335 Lüneburg
 E-Mail: zumstein@leuphana.de

Dr. Claudia Drees
 University of Sussex – School of Life Sciences
 Brighton BN1 9QG
 GROSSBRITANNIEN
 E-Mail: c.drees@sussex.ac.uk