

Kurze Flugdistanzen zwischen Nist- und Nahrungshabitaten fördern eine reiche Wildbienenfauna

Antonia Zurbuchen, Andreas Müller und Silvia Dorn, ETH Zürich, Institut für Pflanzen-, Tier- und Agrarökosystem-Wissenschaften, Angewandte Entomologie, 8092 Zürich

Auskünfte: Antonia Zurbuchen, E-Mail: antonia.zurbuchen@ipw.agrl.ethz.ch, Tel. +41 44 632 39 26



Foto: Albert Krebs, Winterthur

Abb. 1 | Weibchen der Natterkopf-Mauerbiene (*Hoplitis adunca*) am Pollensammeln auf Natterkopf (*Echium vulgare*). Um Brutzellen mit Pollen als Larvenproviand zu versorgen, sammelt diese spezialisierte Biene ausschliesslich Pollen auf der Pflanzengattung *Echium*. Als Teilsiedlerin ist sie auf ein reiches Wirtspflanzenangebot innerhalb ihres Flugradius um den Neststandort angewiesen.

Einleitung

Nebst der bekannten Honigbiene gibt es in der Schweiz rund 600 verschiedene Wildbienenarten. Auch sie sind sehr wichtige Bestäuber von Wild- und Nutzpflanzen und leisten damit einen äusserst wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Stabilisierung verschiedener Landökosysteme und der Nahrungsmittelvielfalt. In den vergangenen fünf Jahrzehnten haben aber sowohl die Artenvielfalt als auch die Populationsgrössen der Wildbienen in Mitteleuropa stark abgenommen. In der Schweiz sind mindestens 45% der Wildbienenarten gefährdet (Amiet

1994). Die meisten Bienen sind typische Teilsiedler und nutzen häufig unterschiedliche Lebensräume für den Nestbau einerseits und für das Sammeln von Pollen und Nektar als Larvenproviand andererseits. Für den Nestbau geeignete Kleinstrukturen sind z.B. Totholz, Trockenmauern oder offene und gut besonnte Bodenstellen. Eine gute Nahrungsgrundlage sind artenreiche Blumenwiesen. Der quantitative Pollenbedarf der Bienen ist enorm gross. Um nur einen einzigen Nachkommen zu erzeugen, brauchen zahlreiche Wildbienenarten den gesamten Pollengehalt von mehreren hundert Blüten (Müller *et al.* 2006). Dazu müssen die Weibchen je nach Bienenart zwei- bis 50mal zwischen ihren Nestern und geeigneten Futterpflanzen hin und her fliegen (Neff 2008, Zurbuchen *et al.* 2010a).

Durch den zunehmenden Flächenverlust, die Fragmentierung der Landschaft und die Intensivierung der Landwirtschaft gehen vermehrt Kleinstrukturen und artenreiche Blumenwiesen verloren, mit negativen Auswirkungen auf den Fortpflanzungserfolg vieler Bienenarten. Das Verschwinden von geeigneten Nist- und Nahrungshabitaten hat auch zur Folge, dass sich die räumliche Anordnung der entsprechenden Ressourcen verändert und die Bienen zwingt, grössere Flugdistanzen zwischen Nest und Futterpflanzen zurückzulegen. Wachsende Flugdistanzen können dazu führen, dass Bienen mit eingeschränktem Flugradius geeignete Blütenressourcen ausserhalb dieses Radius nicht mehr nutzen können und deshalb ihren Neststandort aufgeben müssen. In vielen Fällen dürften Bienen jedoch fähig sein, sich bis zu einem gewissen Mass an grössere Sammelflugdistanzen anzupassen, was aber mit erheblichen Kosten einhergehen dürfte (Williams und Kremen 2007). Damit die Wildbienenbestände langfristig erhalten und gefördert werden können, ist es wichtig zu wissen, wie unterschiedliche Arten auf räumliche Veränderungen des Ressourcenangebotes reagieren. Eine erste Zielsetzung dieser Arbeit war es herauszufinden, wie weit pollensammelnde Weibchen der Natterkopf-Mauerbiene (*Hoplitis adunca*) und der Lauch-Maskenbiene (*Hylaeus punctulatus*) maximal fliegen und wie gross die Distanzen zwischen Nest und Futterquellen sein dürfen, damit die Wirtspflanzen noch von einem beträchtlichen

Anteil der Individuen einer Population besammelt werden können. Eine zweite Zielsetzung war es, den Einfluss von zunehmenden Sammelflugdistanzen auf die Flugzeiten und die daraus resultierenden Fortpflanzungsleistungen der Natterkopf-Mauerbiene (*Hoplitis adunca*) und der Glockenblumen-Scherenbiene (*Chelostoma rapunculi*) experimentell zu quantifizieren.

Material und Methode

Für die vorliegende Untersuchung wurden drei Wildbienenarten unterschiedlicher Grösse ausgewählt, die für die Versorgung ihrer Brutzellen nur auf je einer einzigen Pflanzengattung Pollen sammeln: die Natterkopf-Mauerbiene (*Hoplitis adunca*) (Körperlänge 11–13mm, Trockengewicht 19,7mg) (Abb. 1), die Glockenblumen-Scherenbiene (*Chelostoma rapunculi*) (8–10mm, 8,6mg) und die Lauch-Maskenbiene (*Hylaeus punctulatus*) (6–8mm, 5,3mg). Die Natterkopf-Mauerbiene ist auf Natterkopf (*Echium*) spezialisiert, die Glockenblumen-Scherenbiene sammelt Pollen ausschliesslich auf Glockenblumen (*Campanula*) und die Lauch-Maskenbiene ist ein Spezialist von Zwiebeln (*Allium*). Bei allen drei Arten handelt es sich um solitär lebende Wildbienen, die ihre Fortpflanzungsperiode im Sommer (Juni-August) haben und in Hohlräumen nisten, was ihre Ansiedlung in künstlichen Nisthilfen relativ einfach ermöglicht.

Die drei Bienenarten wurden in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft bei Selzach (SO) angesiedelt, in der die artspezifischen Wirtspflanzen fehlten. Dazu wurden verschlossene Bienenester, die im Jahr zuvor in hohlen Bambusstäben angelegt worden waren, an unterschiedlichen Niststandorten im Untersuchungsgebiet ausgebracht. Diese Niststandorte enthielten ein grosses Angebot an künstlichen Nestgängen in Form von Bohrlöchern in Hartholzblöcken (Abb. 2). Als einzige geeignete Pollenquellen für die drei Bienenarten im Umkreis von 1600m dienten blühende Pflanzen des Gemeinen Natterkopfes (*Echium vulgare*), der Rapunzel-Glockenblume (*Campanula rapunculus*) und der Küchenzwiebel (*Allium cepa*), welche in transportierbaren Töpfen in das Gebiet gebracht und bei Untersuchungsbeginn direkt neben den Niststandorten platziert wurden. Frischgeschlüpfte Bienenweibchen wurden individuell mit verschiedenen Farbcodes markiert, die mit Modellbaufarben auf Thorax und Abdomen aufgebracht wurden.

Maximale Sammelflugdistanzen

Um die maximale Sammelflugdistanz der Natterkopf-Mauerbiene und der Lauch-Maskenbiene zu bestimmen, wurden die Töpfe mit den blühenden Wirtspflanzen an

Zusammenfassung Wildbienen haben als unverzichtbare Bestäuber von Wild- und Kulturpflanzen einen hohen ökologischen und ökonomischen Nutzen. Rund die Hälfte der 600 Wildbienenarten der Schweiz ist jedoch gefährdet. Anhaltender Flächenverbrauch und die Intensivierung der Landwirtschaft führen zu einem reduzierten Angebot geeigneter Nist- und Nahrungshabitate. Dies wiederum zwingt die Bienen, Pollen und Nektar in zunehmenden Distanzen von ihren Nestern zu sammeln. In dieser Studie wurden maximale Sammelflugdistanzen ausgewählter Wildbienenarten untersucht und die Auswirkung von zunehmenden Flugdistanzen auf deren Fortpflanzungsleistung analysiert. Bienenarten, die auf eine einzige Pflanzengattung als Pollenquelle angewiesen sind, wurden in einem Gebiet ohne geeignete Wirtspflanzen dazu gebracht, Pollen auf Topfpflanzen in unterschiedlichen Distanzen von ihren Nestern zu sammeln. Einige wenige Individuen der Natterkopf-Mauerbiene (*Hoplitis adunca*) und der Lauch-Maskenbiene (*Hylaeus punctulatus*) erwiesen sich als Langstreckenflieger, die mehr als 1000 m zwischen Nest und Nahrungspflanzen zurücklegten. Die Mehrheit der Individuen hatte aber bereits bei einer Distanz von 100–300 m ihre Nistaktivität aufgegeben. Zunehmende Flugdistanzen zwischen Nest und Futterpflanzen scheinen hohe Kosten zu verursachen. Tatsächlich hatten Distanzzunahmen ab 150 m eine substantielle Reduktion der Fortpflanzungsleistung bei der Natterkopf-Mauerbiene und der Glockenblumen-Scherenbiene (*Chelostoma rapunculi*) zur Folge. Kurze Distanzen zwischen geeigneten Nist- und Nahrungshabitaten könnten wesentlich zur Förderung einer arten- und individuenreichen Wildbienenfauna beitragen.



Abb. 2 | Die drei untersuchten Bienenarten wurden in einer intensiv bewirtschafteten Agrarlandschaft bei Selzach (SO) in künstlichen Nisthilfen angesiedelt. Im ganzen Untersuchungsgebiet fehlten natürliche Bestände der artspezifischen Wirtspflanzen. Die einzigen nutzbaren Wirtspflanzen wurden in Töpfen ins Gebiet gebracht. Durch das Verschieben der Töpfe konnten die Bienen dazu gebracht werden, Pollen in genau bestimmten Distanzen von ihren Nistplätzen zu sammeln.

jeweils zwei verschiedenen Standorten schrittweise von den Nestern der Bienen weggerückt. Die Bienen hatten jeweils einen Tag Zeit, um sich an den neuen Pflanzenstandort zu gewöhnen. Nach dieser Gewöhnungsphase wurden auf den Wirtspflanzen und an den Nestern während jeweils zwei Stunden alle markierten Bienen registriert. Alle Individuen, die sowohl auf den Wirtspflanzen beim Pollensammeln als auch am Niststandort beim Polleintragen beobachtet werden konnten, wurden als Individuen gewertet, die bei der getesteten Sammelflugdistanz noch Brutzellen verproviantierten. Anschliessend wurden die Pflanzentöpfe erneut weiter von den Nestern weggerückt. Das Experiment wurde so lange weitergeführt, bis alle Bienen ihre Nistaktivitäten aufgegeben hatten.

Einfluss von Sammelflugdistanzen auf die Fortpflanzung

Um den Einfluss von zunehmenden Sammelflugdistanzen auf die Fortpflanzungsleistung zu untersuchen, wurden die Natterkopf-Mauerbiene an zwei und die Glockenblumen-Scherenbiene an drei Niststandorten angesiedelt. Für beide Arten wurde jeweils ein einzelner grosser Wirtspflanzenbestand in Form von Topfpflanzen so im Untersuchungsgebiet platziert, dass die Weibchen an den zwei beziehungsweise drei verschiedenen Niststandorten unterschiedliche Flugdistanzen zurücklegen mussten, um auf demselben Pflanzenbestand unter den gleichen Bedingungen Pollen zu sammeln. Durch das

Verschieben des Pflanzenbestandes konnten die Sammelflugdistanzen verändert werden. Es wurden drei unterschiedliche Distanzpaare für die Natterkopf-Mauerbiene und ein Distanztriolett für die Glockenblumen-Scherenbiene getestet. An den verschiedenen Niststandorten wurden gleichzeitig durch je einen Beobachter die individuellen Sammelflugzeiten pollensammelnder Weibchen ermittelt und daraus die durchschnittliche Dauer eines Pollensammelfluges für jede Sammelflugdistanz berechnet. Da in einem vorgängigen Experiment gezeigt werden konnte, dass die transportierte Pollenmenge einer Biene unabhängig von der Flugdistanz ist, kann davon ausgegangen werden, dass alle Bienen einer Art ungefähr gleich viele Pollensammelflüge brauchen, um eine Brutzelle mit einer durchschnittlichen Pollenmenge zu versorgen. Für jede Sammelflugdistanz wurde die durchschnittliche Zeit für die Verproviantierung einer einzelnen Brutzelle bestimmt, indem die durchschnittliche Sammelflugdauer mit der vorgängig ermittelten durchschnittlichen Anzahl Pollensammelflüge multipliziert wurde, die für die Verproviantierung einer Brutzelle notwendig ist.

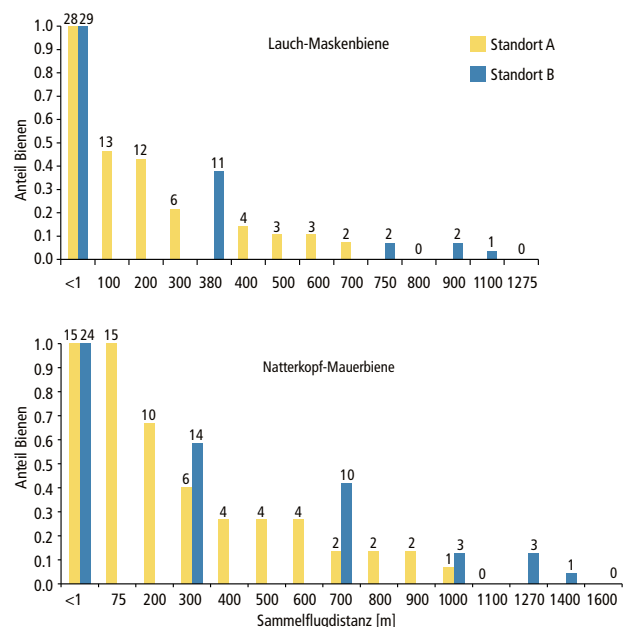


Abb. 3 | Anteil der ursprünglich markierten Weibchen der Lauch-Maskenbiene (*Hylaeus punctulatus*) und der Natterkopf-Mauerbiene (*Hoplitis adunca*), die im zweiten Untersuchungsjahr beim Pollensammeln auf Topfpflanzen in zunehmenden Distanzen von ihrem Nistplatz beobachtet wurden. Die Experimente wurden an je zwei Standorten mit verschiedenen Distanzintervallen durchgeführt. Daten für die Lauch-Maskenbiene wurden während 32 Tagen, jene für die Natterkopf-Mauerbiene während 45 Tagen erhoben (Zurbuchen et al. 2010b). Die Zahlen über den Balken geben die Anzahl beobachteter Individuen an.

Tab. 1 | Reduktion der Fortpflanzungsleistung der Natterkopf-Mauerbiene (*Hoplitis adunca*) und der Glockenblumen-Scherenbiene (*Chelostoma rapunculi*) bei unterschiedlich langen Sammelflugdistanzen unter gleichen äusseren Bedingungen. Basierend auf den durchschnittlichen Messwerten für die Dauer eines Pollensammelfluges (t_{Flug}) und der Anzahl Pollensammelflüge, die für die Verproviantierung einer Brutzelle benötigt wird ($F_{\text{Brutzelle}}$), konnte der Zeitaufwand für die Verproviantierung einer Brutzelle ($t_{\text{Brutzelle}} = t_{\text{Flug}} \times F_{\text{Brutzelle}}$) abgeschätzt werden. Die Reduktion der Fortpflanzungsleistung bezieht sich auf die Anzahl Brutzellen, die bei unterschiedlichen Sammelflugdistanzen pro Zeiteinheit mit Pollen versorgt werden können (Zurbuchen *et al.* 2010a). Unterschiedliche Buchstaben geben einen signifikanten Unterschied an. n=Anzahl Individuen, die getestet wurden.

Bienenart	n	Distanzpaar/-triplett [m]	t_{Flug} [h:min:s]	$t_{\text{Brutzelle}}$ [h:min]	Brutzelle pro Stunde	Reduktion der Fortpflanzungsleistung bei längerer Distanz [%]	Statistik
Natterkopf-Mauerbiene	18	225	0:27:35a	21:09	0,047	23 (375 m vs. 225 m)	t-Test, p<0,01
	17	375	0:35:51b	27:29	0,036		
Natterkopf-Mauerbiene	9	100	0:18:27a	14:09	0,071	31 (300 m vs. 100 m)	t-Test, p<0,01
	17	300	0:26:49b	20:34	0,049		
Natterkopf-Mauerbiene	18	150	0:33:15a	25:30	0,039	26 (450 m vs. 150 m)	t-Test, p<0,001
	25	450	0:44:50b	34:22	0,029		
Glockenblumen-Scherenbiene	11	400	0:18:10a	5:42	0,174	36 (1000 m vs. 400 m)	ANOVA, p<0,05 mit TukeyHSD
	6	500	0:15:04a	4:46	0,210		
	6	1000	0:27:28b	8:41	0,114	46 (1000 m vs. 500 m)	

Resultate & Diskussion

Maximale Sammelflugdistanzen

Aufgrund früherer Studien, die einen positiven Zusammenhang zwischen Körpergrösse und maximaler Sammelflugdistanz nachweisen konnten (Gathmann und Tscharrntke 2002, Greenleaf *et al.* 2007), wurde zu Beginn der Untersuchung eine maximale Sammelflugdistanz von 400m-600 m für die grosse Natterkopf-Mauerbiene und eine maximale Sammelflugdistanz von 100 m-250 m für die kleine Lauch-Maskenbiene erwartet. Mit 1400 m respektive 1100 m waren die ermittelten maximalen Sammelflugdistanzen sowohl der Lauch-Maskenbiene als auch der Natterkopf-Mauerbiene erstaunlich lang (Abb. 3). Allerdings wurden diese langen Sammelflugdistanzen bei beiden Bienenarten nur von wenigen Individuen zurückgelegt. Die Mehrheit der getesteten Individuen erwies sich dagegen als Kurzstreckenflieger. So hatte die Hälfte der Weibchen der Natterkopf-Mauerbiene bereits bei einer Sammelflugdistanz von 300 m ihre Nistaktivitäten aufgegeben und die Hälfte der Weibchen der Lauch-Maskenbiene flog nicht weiter als 225 m im ersten und 100 m im zweiten Untersuchungsjahr. Dass diese Weibchen nicht Opfer von Feinden wurden oder altershalber starben, zeigte sich daran, dass viele Weibchen beider Arten zwar noch am Niststandort, aber nicht mehr beim Pollensammeln auf den Wirtspflanzen beobachtet werden konnten. Andere Weibchen, die ihre Nistaktivitäten an den Niststandorten aufgegeben hatten, dürften sich wohl neue Neststandorte und Pollenquellen gesucht haben.

Die Resultate der vorliegenden Untersuchung zeigen deutlich, dass es bezüglich der Sammelflugdistanzen individuelle Unterschiede innerhalb der untersuchten Wildbienenpopulationen gab. Mit zunehmenden Sammelflugdistanzen nahm der Anteil Bienenweibchen, die Brutzellen verproviantierten, stark ab, was im Endeffekt zu starken lokalen Bestandeseinbussen führen kann. ➤

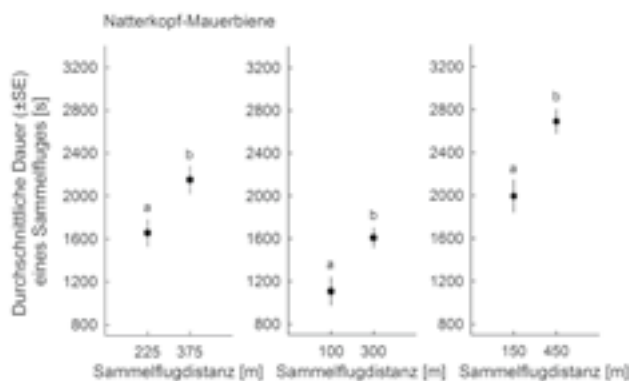


Abb. 4 | Durchschnittliche Dauer (\pm Standardfehler) eines Pollensammelfluges der Natterkopf-Mauerbiene (*Hoplitis adunca*) für sechs verschiedene Distanzen. Es wurden jeweils zwei Distanzen gleichzeitig und unter identischen Bedingungen getestet. Unterschiedliche Buchstaben geben einen signifikanten Unterschied an (Zurbuchen *et al.* 2010a). t-Tests: 225 m/375 m, p<0,01, $n_{225}=18$, $n_{375}=17$; 100 m/300 m, p<0,01, $n_{100}=9$, $n_{300}=17$; 150 m/450 m, p<0,001, $n_{150}=18$, $n_{450}=25$.

Einfluss von Sammelflugdistanzen auf die Fortpflanzung

Die Zunahme der Sammelflugdistanz um 150 m bis 600 m verlängerte die durchschnittliche Dauer für einen Pollensammelflug signifikant (Abb. 4, Tab. 1). So benötigte die Natterkopf-Mauerbiene bei einer Zunahme der Flugdistanz um 150 m, 200 m beziehungsweise 300 m rund acht bis zwölf Minuten länger für einen Pollensammelflug, und die Sammelflugdauer der Glockenblumen-Scherenbiene verlängerte sich bei einer Distanzzunahme um 400 m beziehungsweise 500 m um rund neun bis zwölf Minuten (Tab. 1). Die Natterkopf-Mauerbiene musste durchschnittlich 46 Pollensammelflüge absolvieren, um eine einzige Brutzelle mit genügend Pollen zu füllen, die Glockenblumen-Scherenbiene brauchte dazu rund 19 Pollensammelflüge (Abb. 5). Bei längeren Sammelflugdistanzen führte die zusätzlich benötigte Zeit für einen einzelnen Sammelflug deshalb zu einem deutlich grösseren Zeitaufwand für die Verproviantierung einer einzelnen Brutzelle und entsprechend zu einer geringeren Anzahl Nachkommen während einer Fortpflanzungssaison. Die Natterkopf-Mauerbiene versorgte bei einer Zunahme der Flugdistanz um 150 m, 200 m beziehungsweise 300 m rund 23 %, 31 % respektive 26 % weniger Brutzellen. Bei der Glockenblumen-Scherenbiene reduzierte sich bei einer Zunahme der Flugdistanz um 500 m bzw. 600 m die Anzahl Brutzellen um 46 % respektive 36 %. Mehrere Untersuchungen zeigten, dass bei den Bienen mit erhöhter Flugaktivität der Alterungsprozess beschleunigt und die Lebensdauer reduziert wird (Torchio und Tepedino 1980, Schmid-Hempel und Wolf 1988). Diese Aspekte wurden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Es ist also bei zunehmenden Flugdistanzen in Wirklichkeit mit noch grösseren Fortpflanzungseinbussen zu rechnen. Wachsende Sammelflugdistanzen haben aber nicht nur negative Auswirkungen auf die Fortpflanzungsleistung der adulten Bienenweibchen, sondern dürften auch die Mortalität der Larven erhöhen. Je länger ein offenes Nest unbeaufsichtigt bleibt, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Brutzellen durch natürliche Feinde parasitiert werden (Goodell 2003, Seidelmann 2006). In einer Studie mit der Luzerne-Blattschneiderbiene (*Megachile rotundata*) wurde der tatsächliche Fortpflanzungserfolg bei zwei unterschiedlichen Sammelflugdistanzen unter Berücksichtigung von Alterungsprozessen und dem Einfluss von Parasiten untersucht (Peterson und Roitberg 2006). Bienenweibchen, die 150 m weit fliegen mussten, um Pollen zu sammeln, produzierten rund 74 % weniger lebensfähige Nachkommen als Weibchen, deren Nester sich direkt neben den Pollenquellen befanden.



Foto: Stephanie Cheesman

Abb. 5 | Geöffnete Nester der Glockenblumen-Scherenbiene (*Cheilosoma rapunculi*) (oben) und der Natterkopf-Mauerbiene (*Hoplitis adunca*) (unten). Sichtbar sind die Brutzellen, die beidseits durch Zellwände aus Erde begrenzt und mit einem Gemisch aus Pollen und Nektar als Proviant für die Larven gefüllt sind. Für die Verproviantierung einer einzigen Brutzelle benötigt die Glockenblumen-Scherenbiene im Durchschnitt rund 19, die Natterkopf-Mauerbiene rund 46 Pollensammelflüge.

Schlussfolgerungen

Für die Erhaltung und Förderung arten- und individuenreicher Wildbienenbestände sollten geeignete Nest- und Nahrungshabitats nicht weiter als 100 m bis 300 m voneinander entfernt liegen. Kurze Sammelflugdistanzen erhöhen den Fortpflanzungserfolg der Wildbienen wesentlich, indem sie es den pollensammelnden Weibchen ermöglichen, die Nahrungsressourcen effizient zu nutzen. Durch gezielte Förderungsmassnahmen auf Landschaftsebene, wie zum Beispiel der Schaffung von blütenreichen Flächen und Kleinstrukturen in enger Nachbarschaft zueinander, hat die Landwirtschaft die Chance, einen grossen Beitrag zur Erhaltung und Förderung einer reichen Wildbienenfauna zu leisten. Eine arten- und individuenreiche Wildbienenfauna ist wiederum Garant für die sichere Bestäubung von Wild- und Nutzpflanzen. Die grossartige Unterstützung dieser Forschungsarbeit durch ausnahmslos alle Betriebsleiter in der Selzacher Witi zeigt das grosse Interesse der Landwirtschaft an einer reichen Bestäuberfauna deutlich auf. ■

Diese Arbeit wurde durch das Competence Centre Environment and Sustainability (CCES) finanziell unterstützt.

Riassunto**Distanze brevi tra il luogo di nidificazione e le zone di bottinatura favoriscono le api selvatiche**

Le api selvatiche sono impollinatori indispensabili della flora selvatica e coltivata. Esse ricoprono anche un ruolo importante sul piano ecologico ed economico. Circa metà delle 600 specie d'api selvatiche presenti in Svizzera sono minacciate. Il crescente sfruttamento delle superfici e l'intensificazione dell'agricoltura riducono gli ambienti adatti alla nidificazione e alla bottinatura. Le api devono quindi percorrere distanze sempre maggiori per raccogliere nettare e polline. Questo studio mira a determinare la distanza massima che alcune specie d'api selvatiche riescono a percorrere per la bottinatura e ad analizzare l'impatto delle crescenti distanze sulla riproduzione. Delle specie d'api selvatiche, strettamente infeudate a un genere di piante, sono state poste in un ambiente privo di appropriate piante ospite, inducendole a bottinare su specie in vaso poste a diverse distanze dagli alveari. Alcuni individui delle specie *Hoplitis adunca* e *Hylaeus punctulatissimus* hanno percorso lunghe distanze, superando i 1000 metri, tra il nido e la pianta nutrice. La maggior parte degli individui ha abbandonato l'attività di nidificazione già quando la distanza era tra i 100 – 300 metri. L'aumentare delle distanze di bottinatura sembra quindi comportare costi elevati. A partire da una distanza di 150 metri, la capacità riproduttiva è sostanzialmente ridotta, sia per individui della specie *Hoplitis adunca* che per quelli della specie *Chelostoma rapunculi*. Distanze brevi tra il sito di nidificazione e zone di bottinatura potrebbero contribuire considerevolmente a favorire la diversità delle specie e la crescita delle popolazioni di api selvatiche.

Literatur

- Amiet F., 1994. Rote Liste der gefährdeten Bienen der Schweiz. In: Rote Listen der gefährdeten Tierarten in der Schweiz. (Ed. P. Duelli). BUWAL, Bern, 38–44.
- Gathmann A. & Tschardt T., 2002. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 71, 757–764.
- Goodell K., 2003. Food availability affects *Osmia pumila* (Hymenoptera: Megachilidae) foraging, reproduction, and brood parasitism. *Oecologia* 134, 518–527.
- Greenleaf S.S., Williams N.M., Winfree R. & Kremen C., 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia* 153, 589–596.
- Müller A., Diener S., Schnyder S., Stutz K., Sedivy C. & Dorn S., 2006. Quantitative pollen requirements of solitary bees: Implications for bee conservation and the evolution of bee-flower relationships. *Biological Conservation* 130, 604–615.
- Neff J.L., 2008. Components of nest provisioning behavior in solitary bees (Hymenoptera: Apoidea). *Apidologie* 39, 30–45.
- Peterson J.H. & Roitberg B.D., 2006. Impacts of flight distance on sex ratio and resource allocation to offspring in the leafcutter bee, *Megachile rotundata*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 59, 589–596.

Summary**Close neighbourhood of nesting sites and foraging habitats enhances a diverse fauna of native bees**

Native bees are essential pollinators of wild and crop plants providing high ecological and economical benefits. However, half of the 600 native bee species of Switzerland are endangered. Ongoing soil sealing and intensification of agricultural land use result in fewer suitable nesting sites and foraging habitats, which is expected to force female bees to cover longer distances between nest and flower-rich patches. In this study, maximum foraging distances of selected solitary bee species were investigated and the effect of increasing foraging distances on their reproduction was analyzed. Bee species, which restrict pollen foraging to a single plant genus, were established in an agricultural landscape lacking their specific host plants. Females were forced to collect pollen on potted host plants at different distances from their nests. Only few individuals of *Hoplitis adunca* and *Hylaeus punctulatissimus* covered long distances of more than 1000 m to collect pollen. The majority of females already discontinued foraging at a distance of 100–300 m, which indicates that long distances between nesting sites and flower resources impose high costs on reproduction. In fact, increased distances by 150 m and more substantially reduced the number of progeny produced by females of *Hoplitis adunca* and *Chelostoma rapunculi*. Thus, a close neighbourhood of nesting and foraging habitats clearly contributes to a diverse native bee fauna and to an increase of bee population sizes.

Key words: foraging distance, bee conservation, fitness cost, habitat fragmentation.

- Schmid-Hempel P. & Wolf T., 1988. Foraging effort and life-span of workers in a social insect. *Journal of Animal Ecology* 57, 509–521.
- Seidelmann K., 2006. Open-cell parasitism shapes maternal investment patterns in the Red Mason bee *Osmia rufa*. *Behavioral Ecology* 17, 839–848.
- Torchio P.F. & Tepedino V.J., 1980. Sex-ratio, body size and seasonality in a solitary bee, *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera: Megachilidae). *Evolution* 34, 993–1003.
- Williams N.M. & Kremen C., 2007. Resource distributions among habitats determine solitary bee offspring production in a mosaic landscape. *Ecological Applications* 17, 910–921.
- Zurbuchen A., Cheesman S., Klaiber J., Müller A., Hein S. & Dorn S., 2010a. Long foraging distances impose high costs on offspring production in solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 79, 674–681.
- Zurbuchen A., Landert L., Klaiber J., Müller A., Hein S. & Dorn S., 2010b. Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation* 143, 669–676.