

DISS. ETH Nr. 18852

**Distance matters: impact of increasing foraging distances on
population dynamics in native bees**

a dissertation submitted to

ETH ZURICH

for the degree of

DOCTOR OF SCIENCES

presented by

ANTONIA ZURBUCHEN

Dipl. Umwelt-Natw. ETH Zürich
born 3 August 1978
Habkern (BE)

accepted on the recommendation of

Prof. Silvia Dorn, examiner
Dr. Carsten Thies, co-examiner
Dr. Andreas Müller, co-examiner

2010

1 Summary

Insects and especially bees are the world's major pollinator group providing enormous economic and ecological benefits to flowering plants, wildlife and humans. Effective pollination services as well as the stabilisation of ecosystem services against human disturbance is highly supported by diverse pollinator assemblages. Yet, bees have suffered a considerable decline in population size and local species diversity in the last few decades. The ongoing loss, fragmentation and degradation of habitats result in a decrease of resources needed for successful bee reproduction such as nesting sites and flowering plants as pollen and nectar sources. Bees as central place foragers have to commute multiple times between nesting and foraging habitats while provisioning brood cells for offspring production. Thus, changing spatial resource availability is expected to be an important factor affecting population dynamics of bees.

A new experimental approach was applied in this PhD study to analyse spatial effects of resource distribution on foraging solitary bees. Oligolectic bee species, which exclusively collect pollen on a single plant genus to feed their larvae, were established in a host plant free area. This procedure allowed to confine bees to foraging on host plants that either occurred naturally across different landscape structures or were arranged in pots that could be moved to locations in distinct distances from bee nesting stands.

The first objective of this PhD study was to document whether hills, forests, rivers and motorways act as insurmountable barriers for foraging female bees. *Chelostoma florissomne* and *Hoplitis adunca* were tested in mark-recapture studies at a hilly, forested site and at a site with open water and a motorway, respectively. We found

that landscape structures such as hills, forests, a river and a motorway did not act as insurmountable barriers for the two bee species *C. florisomne* and *H. adunca*.

The second objective was to experimentally investigate species specific maximum foraging distances as well as average distances, at which a sizable proportion of individuals of a population was still capable of foraging. *Hylaeus punctulatissimus*, *Chelostoma rapunculi* and *H. adunca* were forced to collect pollen on potted host plants that were successively placed in increasing distance from fixed nesting stands in a structurally poor landscape. The small bee species *H. punctulatissimus*, the medium sized *C. rapunculi* and the large *H. adunca* foraged maximum distances of 1100m, 1275m and 1400m, respectively. However, half of the individuals only foraged at substantially shorter distances of 100-225m and 300m for *H. punctulatissimus* and *H. adunca*, respectively. Thus, increasing foraging distances may impose high foraging costs causing bees to discontinue nesting activity.

The third objective was to experimentally quantify the impact of increased foraging distance on the duration of foraging bouts and on the number of brood cells provisioned per time unit for *Hoplitis adunca* and *Chelostoma rapunculi*. Females nesting at different sites foraged under the same environmental conditions on a single large and movable flowering host plant patch in distinct distances from the nesting sites. Additionally, the impact of different spatial host plant arrangements on the duration of foraging bouts was investigated for *H. adunca*. Foraging costs in terms of duration of a foraging bout were found to increase with increased distances between nest and host plants in both *H. adunca* and *C. rapunculi*. The extrapolated number of brood cells provisioned per time unit by *H. adunca* was found to decrease by 23%, 31% and 26% with an increase in the foraging distance by 150m, 200m and 300m, respectively. The extrapolated number of brood cells provisioned by *C. rapunculi*

decreased by 46% and 36% with an increase in foraging distance by 500m and 600m, respectively. Contrary to expectation, a widely scattered arrangement of host plants did not result in longer mean duration of a foraging bout in *H. adunca* compared to a highly aggregated arrangement, which might be due to a reduced flight directionality combined with a high rate of revisitation of already depleted flowers in the aggregated plant arrangement or by a stronger competition and disturbance by other flower visitors.

In summary, this PhD study shows that spatial separation of nesting and foraging habitat of no more than few hundred meters seems essential for bee population persistence. Habitat diversity leading to resource availability within few hundred metres will have to be considered in future bee conservation policy with the potential to enhance not just bee species richness but biodiversity and ecosystem resilience in general.

2 Zusammenfassung

Insekten, insbesondere Bienen, übernehmen den grössten Teil der Bestäubung von Blütenpflanzen und haben einen unverzichtbaren Nutzen für die Natur und den Menschen. Artenreiche Bestäuber-Gesellschaften haben das Potential für eine effektive Bestäubung, dies auch in Ökosystemen, die vom Menschen stark beeinträchtigt sind. Allerdings haben Populationen von Bienen in den letzten Jahrzehnten Rückgänge erlitten, und die lokale Artenvielfalt ist mancherorts stark rückläufig. Durch die Fragmentierung und Zerstörung von Habitaten gehen vermehrt Nistplätze und Pollenquellen verloren. Beides sind unverzichtbare Ressourcen für die erfolgreiche Fortpflanzung von Bienen. Um eine Brutzelle mit Pollen zu versorgen, müssen Bienen mehrfach zwischen ihren Nestern und geeigneten Futterpflanzen hin und her fliegen. Zunehmende Distanzen zwischen den beiden Ressourcen könnten sich demnach negativ auf die Populationsdynamik der Bienen auswirken.

Ein neuartiges experimentelles Design wurde in dieser Arbeit gewählt, um die Auswirkung von unterschiedlichen räumlichen Verteilungen von Ressourcen auf Bienen zu untersuchen. Spezialisierte Bienenarten, die für die Versorgung von Brutzellen nur auf je einer ganz bestimmten Pflanzengattung Pollen sammeln, wurden in Gebieten untersucht, in denen die entsprechenden Wirtspflanzen fehlten. Die Bienen wurden in Nisthilfen etabliert, die so in der Landschaft platziert wurden, dass bestimmte Landschaftsstrukturen die Bienen von geeigneten Wirtspflanzenbeständen trennte. Alternativ wurden in einer strukturarmen Landschaft Topfpflanzen in ganz bestimmten Distanzen zu den Nisthilfen aufgestellt.

Eine erste Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war es, herauszufinden, ob Hügel, Wälder, Flüsse und Autobahnen für Bienen unüberwindbare Hindernisse darstellen.

Dazu wurden Markier- und Wiederfang-Experimente mit zwei Bienenarten durchgeführt. *Chelostoma florissomne* wurde in einer Landschaft mit Hügeln und Wäldern getestet, wohingegen *Hoplitis adunca* an einem Flussufer in unmittelbarer Nähe einer Autobahn untersucht wurde. Wir konnten zeigen, dass Hügel, Wälder, ein Fluss und eine Autobahn für die zwei getesteten Bienenarten *C. florissomne* und *H. adunca* keine unüberwindbaren Hindernisse darstellen.

Eine zweite Zielsetzung war es, herauszufinden, wie weit Bienen einer Art maximal fliegen, um Pollen zu sammeln, und wie gross die durchschnittlichen Distanzen zwischen Nest und Wirtspflanzen sein dürfen, damit Wirtspflanzen noch von einer beträchtlichen Anzahl Bienen auf ihren Pollensammelflügen angefliegen werden. *Hylaeus punctulatus*, *Chelostoma rapunculi* und *H. adunca* wurden gezwungen in zunehmenden Distanzen Pollen zu sammeln, indem Wirtspflanzen in portablen Töpfen schrittweise von einem fixen Nistplatz weggerückt wurden. Die kleine Bienenart *H. punctulatus* flog maximal 1100m weit, wohingegen die Hälfte der Individuen bereits bei 100-225m ihre Pollensammelaktivität einstellte. Die grosse Bienenart *H. adunca* flog maximal 1400m weit, wohingegen die Hälfte der Individuen bereits bei 300m keine Pollensammelflüge mehr unternahm. Für die mittelgrosse Bienenart *C. rapunculi* wurde eine maximale Sammelflugdistanz von 1275m nachgewiesen. Die Zunahme der Flugdistanz zwischen den Ressourcen scheint grosse Kosten zu verursachen und zwingt die Bienen allmählich ihre Nistaktivität aufzugeben.

Eine dritte Zielsetzung war es, den Einfluss von Sammelflugdistanzen auf die Flugzeiten sowie die daraus resultierenden Fortpflanzungserfolge der beiden Bienenarten *H. adunca* und *C. rapunculi* experimentell zu quantifizieren. Dazu wurden Wirtspflanzen in portablen Töpfen an einer Stelle, in bestimmten Distanzen

zu den unterschiedlichen Niststandorten, aufgestellt. Die Weibchen verschiedener Niststandorte sammelten somit Pollen in verschiedenen Flugdistanzen, unter exakt gleichen Umweltbedingungen. Zusätzlich wurde der Einfluss von verschiedenen räumlichen Anordnungen der Wirtspflanzen auf die Flugzeiten von *H. adunca* untersucht. Wir konnten zeigen, dass der Zeitaufwand für einen Pollensammelflug mit zunehmenden Flugdistanzen grösser wird. Entsprechend kann eine Biene pro Zeiteinheit weniger Brutzellen versorgen. *H. adunca* versorgte bei einer Zunahme der Flugdistanz um 150m, 200m oder 300m rund 23%, 31% und 26% weniger Brutzellen. Ähnlich ist das Bild für die Fortpflanzungseinbusse bei *C. rapunculi* mit 46% und 36% weniger Brutzellen bei einer Zunahme der Flugdistanz um 500m beziehungsweise 600m. Wider Erwarten führte die weit verstreute Anordnung der einzelnen Wirtspflanzen, verglichen mit einer stark aggregierten Anordnung, bei *H. adunca* nicht zu längeren Sammelflugzeiten. Offenbar fliegen Bienen in der aggregierten Anordnung die einzelnen Blüten weniger zielgerichtet ab, und weisen eine höhere Rate von Zweitbesuchen auf bereits besammelten Blüten auf. Weiter könnte die stärkere Konkurrenz oder eine gegenseitige Belästigung unter Blütenbesuchern, in dicht stehenden Wirtspflanzen, einen Einfluss auf das Sammelverhalten haben.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Schutzmassnahmen für Bienen zukünftig räumliche Aspekte der Ressourcenverfügbarkeit besser berücksichtigen und eine grössere Habitatsvielfalt erwirken sollten, so dass Nistplätze und geeignete Pflanzenressourcen nicht weiter als wenige hundert Meter voneinander entfernt vorkommen. Solche Massnahmen würden nicht nur Bienen, sondern die Artenvielfalt allgemein und somit auch die Widerstandsfähigkeit von Ökosystemen fördern.