



Wildbienenenschutz – von der Wissenschaft zur Praxis

Antonia Zurbuchen / Andreas Müller

■ Haupt



BRISTOL-STIFTUNG
Ruth und Herbert Uhl-Forschungsstelle
für Natur- und Umweltschutz

Bristol-Schriftenreihe Band 33



BRISTOL-STIFTUNG
Ruth und Herbert Uhl-Forschungsstelle
für Natur- und Umweltschutz

■ Haupt

Herausgeber
Ruth und Herbert Uhl-Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz,
Bristol-Stiftung, Zürich
www.bristol-stiftung.ch

Antonia Zurbuchen und Andreas Müller

Wildbienenenschutz – von der Wissenschaft zur Praxis

! Haupt

Verantwortlich für die Herausgabe

Bristol Stiftung. Stiftungsrat: Dr. René Schwarzenbach, Herrliberg;

Dr. Mario F. Broggi, Triesen; Prof. Dr. Klaus Ewald, Gerzensee; Martin Gehring, Zürich

Managing Editor

Dr. Ruth Landolt, WSL, Birmensdorf

Adresse der Autoren

Dr. Antonia Zurbuchen und Dr. Andreas Müller

ETH Zürich, Institut für Agrarwissenschaften, Angewandte Entomologie,

Schmelzbergstrasse 9/LFO, 8092 Zürich

antonia.zurbuchen@pronatura.ch, andreas.mueller@ipw.agrl.ethz.ch

Layout

Jacqueline Annen, Maschwanden

Umschlag und Illustration

Atelier Silvia Ruppen, Vaduz

Zitierung

ZURBUCHEN, A.; MÜLLER, A. 2012: Wildbienenschutz – von der Wissenschaft zur Praxis.

Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 162 S.

ISBN 978-3-258-07722-2 (Buch)

ISBN 978-3-258-47722-0 (E-Book)

Alle Rechte vorbehalten

Copyright © 2012 by Haupt Berne

Jede Art der Vervielfältigung ohne Genehmigung des Verlages ist unzulässig.

www.haupt.ch

Abstract

Conservation of wild bees: translating research into practice

Bees are among the most important pollinators providing enormous economic and ecological benefits. To safeguard the pollination of crop and wild plants, both bee abundance and bee species diversity are highly important. The bee fauna of Central Europe consists of about 750 species, many of which are endangered due to the loss and degradation of natural and semi-natural habitats. Depending on the region, 25 % to 68 % of the Central European bee species are currently red-listed. The present study intends to translate the results of the extensive scientific literature on bee conservation into a catalogue of practical measures to enhance a diverse and individual rich bee fauna and to conserve endangered species. In addition, it points out important fields for future research. To successfully reproduce, bees need i) flowers as pollen and nectar sources, ii) suitable nesting sites and iii) a close neighbourhood of these two key resources within a distance of few hundred metres only. Flowers of the Asteraceae, Fabaceae, Brassicaceae and Lamiaceae as well as of *Campanula*, *Salix* and *Echium* rank among the most important pollen sources of the endangered Central European bee species. Open soil, dead wood, dry stone walls and erect stems are of high significance as nesting sites. As the preferences for host plants and nesting sites strongly differ between the different bee species and as bees need enormous pollen quantities for reproduction, both a high diversity and a high abundance of foraging and nesting resources in close proximity to each other are crucial to support a rich bee fauna. In addition, a continuous flower supply at landscape scale from spring to fall is essential as the activity period of most bees lasts only few weeks and the species strongly differ in their seasonal appearance. Hence, the preservation of landscapes composed of a mosaic of differently used habitats providing a diverse, high and continuous flower supply in close neighbourhood to suitable nesting sites is of prime importance for the conservation of bees. Furthermore, all practical measures that increase the supply of flower and nesting resources at landscape scale are a substantial contribution to safeguard bee communities in both agroecosystems and settlement areas.

Keywords: bee conservation, biodiversity, honeybee competition, native bees, pollination, pollination crisis, practical conservation measures, urban habitats, Central Europe

Vorwort

Den sprichwörtlichen «Bienenfleiss» kennen wir von unserer Honigbiene. Ein durchschnittliches Honigbienenvolk sammelt pro Jahr 120 bis 180 kg Nektar und 20 bis 30 kg Pollen. Wir wissen auch um die Bedeutung der Honigbiene für die Befruchtung vieler Nutzpflanzen. Ihr volkswirtschaftlicher Nutzwert wird allein in der Schweiz auf jährlich 330 Millionen Franken geschätzt. Die Imker sind mit ihren Erfahrungen und Kenntnissen über die Veränderungen in unserer Landschaft gut informiert. Dank der Honigbiene als «Frühwarnsystem» wissen sie bereits seit langem, dass die Blütenvielfalt auf unseren Wiesen seit Jahrzehnten im Schwinden begriffen ist.

Im Schatten der Honigbiene stehen die 750 weiteren mitteleuropäischen Bienenarten, die Wildbienen. Auch sie erbringen viel an Bestäubungsleistung, auch sie bedürfen einer grossen und vielfältigen Blütentracht sowie geeigneter Nistplätze. Im Vergleich zur Honigbiene leiden sie noch mehr unter der Banalisierung der Landschaft. Entsprechend alarmierend ist ihre Gefährdungssituation.

Es ist Antonia Zurbuchen und Andreas Müller vom Institut für Agrarwissenschaften der ETH Zürich gelungen, die fachlichen Grundlagen für die Erhaltung der Wildbienen in der mitteleuropäischen Landschaft übersichtlich darzustellen. In einer eindrücklichen Auswertung der weltweiten Literatur präsentieren sie uns erfolgversprechende Schutzmassnahmen und identifizieren Felder mit weiterem Handlungsbedarf. Sie bieten damit auch dem Nicht-Spezialisten eine Fülle von Daten, Fakten und Hintergründen.

Die gegenwärtigen Kenntnisse zu den Ansprüchen der mitteleuropäischen Wildbienen bezeichnen die Autoren als ausreichend, um erfolgversprechende Schutzmassnahmen in die Wege zu leiten. Wir können uns also hier nicht mit einem weiteren Forschungsbedarf herausreden. Im Gegenteil, die Autoren bezeichnen deutlich und prioritär die entscheidenden Massnahmen, um die Wildbienendiversität zu fördern und gefährdete Arten zu erhalten. Das wichtigste Erfordernis von kleinräumig strukturierten Landschaften, die sich mosaikartig aus unterschiedlich stark genutzten Lebensräumen zusammensetzen, kommt im übrigen nicht nur der artenreichen Wildbienenfauna zu Gute.

Die Bristol-Stiftung dankt den beiden Autoren für die sorgfältige Darlegung und Aufbereitung des aktuellen Wissens zum Wildbienenschutz. Das vorliegende Buch gibt uns Mitwelt-Bewegten gute Argumente für unser tägliches Wirken.

Mario F. Broggi
Stiftungsrat Bristol-Stiftung, Zürich

Dank

Wir bedanken uns herzlich bei Mario F. Broggi und der Bristol-Stiftung für die Finanzierung dieses Projektes, bei Silvia Dorn für die Bereitstellung von Arbeitsplatz und Infrastruktur, für die Unterstützung beim Projektantrag sowie für hilfreiche Kommentare zum Manuskript, beim Competence Center Environment and Sustainability (CCES) für die finanzielle Unterstützung eines Forschungsprojektes, dessen Ergebnisse in dieses Buchprojekt eingeflossen sind, bei Ruth Landolt für das Lektorieren des Textes, bei Jacqueline Annen für das Layouten des Buches und bei Christian Hossli für die Überarbeitung der Literaturliste. Herbert Billing, Jörg Gensch, Peter Kernen, Claude Meier, Bruno Schelbert und Gabriela Uehlinger verdanken wir wertvolle Rückmeldungen zur Praxisrelevanz unseres Projektes. Albert Krebs hat sein grosses Bildmaterial zur Illustration dieses Buches zur Verfügung gestellt, Felix Amiet und die WAB-Mauerbienenzucht (Mike Herrmann) überliessen uns das Bild einer Holzbiene bzw. der Mauerbiene *Osmia cornuta*. Jim Cane, Andrée Hamm und Karen Goodell erlaubten uns Einblicke in noch unveröffentlichte Manuskripte und Doktorarbeiten. Felix Amiet, Franz-Xaver Dillier, Mike Herrmann, Albert Krebs, Chris Saure und Paul Westrich liessen uns wichtige Fachinformationen zukommen. Mike Herrmann, Michael Widmer, Urs Weibel sowie Mare Haider, Claudio Sedivy und Franziska Schmid vom Wildbienteam der ETH verdanken wir viele lehrreiche Diskussionen zu Wildbienen- und Naturschutzfragen.

Dieses Buch ist dem Andenken an Hans Minder († 20.2.2012) gewidmet, der sich jahrzehntelang intensiv und erfolgreich für die Erhaltung einer artenreichen einheimischen Tier- und Pflanzenwelt eingesetzt hat.

Antonia Zurbuchen
und Andreas Müller

Inhalt

Abstract	5
Vorwort	7
Dank	8
1 Einleitung	11
1.1 Bestäubungssicherheit dank Bienenvielfalt	13
1.2 Handicap der Wildbienen: totale Abhängigkeit von zwei Ressourcen und geringe Fortpflanzungsrate	15
1.3 Veränderungen in der Landschaft – Pollination Crisis	15
1.4 Inhalt des Buches	18
2 Wichtige Blütenpflanzen als Nahrungsquellen	23
2.1 Hintergrund	24
2.2 Wissenschaftliche Erkenntnisse	25
2.2.1 Wichtige Pollenquellen für die gefährdeten Wildbienen	25
2.2.2 Bedeutung von nicht-einheimischen Zierpflanzen als Nahrungsquellen für die Wildbienen	31
2.2.3 Blütenpräferenzen von Generalisten am Beispiel der Hummeln (<i>Bombus</i>)	36
2.3 Schutzmassnahmen	41
2.4 Forschungsbedarf	41
3 Quantitativer Blütenbedarf	43
3.1 Hintergrund	44
3.2 Wissenschaftliche Erkenntnisse	45
3.2.1 Pollenbedarf für die Brutversorgung	45
3.2.2 Auswirkung eines reduzierten Blütenangebotes auf den Fortpflanzungserfolg	49
3.2.3 Blühende Massentrachten	50
3.3 Schutzmassnahmen	52
3.4 Forschungsbedarf	53
4 Wichtige Kleinstrukturen als Nistplätze	55
4.1 Hintergrund	56
4.2 Wissenschaftliche Erkenntnisse	57
4.2.1 Wichtige Kleinstrukturen für die gefährdeten Wildbienen	57
4.2.2 Qualitative Anforderungen an den Nistplatz	64
4.2.3 Auswirkungen des Nistplatzangebotes auf Diversität, Populationsgrösse und Fortpflanzung	65
4.3 Schutzmassnahmen	68
4.4 Forschungsbedarf	68
5 Räumliche Anordnung von Nist- und Nahrungshabitaten	69
5.1 Hintergrund	70
5.2 Wissenschaftliche Erkenntnisse	70
5.2.1 Maximale Sammelflughdistanzen	70
5.2.2 Auswirkung zunehmender Sammelflughdistanzen auf den Fortpflanzungserfolg	77

5.3	Schutzmassnahmen	80
5.4	Forschungsbedarf	80
6	Landschaftsstrukturen als Hindernisse für nahrungssammelnde Wildbienen	83
6.1	Hintergrund	84
6.2	Wissenschaftliche Erkenntnisse	84
6.2.1	Wälder und Hecken	85
6.2.2	Offene Wasserflächen	86
6.2.3	Strassen	87
6.2.4	Hügel	87
6.3	Schutzmassnahmen	88
6.4	Forschungsbedarf	88
7	Wildbienenreiche Landschaften und wertvolle Wildbienenlebensräume	89
7.1	Hintergrund	90
7.2	Wissenschaftliche Erkenntnisse	90
7.2.1	Wildbienenreiche Landschaften	90
7.2.2	Wertvolle Lebensräume für die Wildbienen	92
7.2.3	Extensive versus intensive Nutzung, biologischer versus konventioneller Landbau	99
7.3	Schutzmassnahmen	103
7.4	Forschungsbedarf	103
8	Wildbienen im Siedlungsraum	105
8.1	Hintergrund	106
8.2	Wissenschaftliche Erkenntnisse	106
8.2.1	Vergleich der Wildbienendiversität zwischen Siedlungsgebiet und ländlichem Raum	106
8.2.2	Wildbienenrelevante Eigenschaften des Siedlungsraumes	111
8.2.3	Potential von Privatgärten und städtischen Parks für die Förderung einer artenreichen Wildbienenfauna	117
8.3	Schutzmassnahmen	120
8.4	Forschungsbedarf	120
9	Nahrungskonkurrenz zwischen Honigbiene und Wildbienen	125
9.1	Hintergrund	126
9.2	Wissenschaftliche Erkenntnisse	127
9.2.1	Überlappung in der Nutzung der Nahrungsquellen	129
9.2.2	Ausweichen auf andere Nahrungsquellen	131
9.2.3	Reduktion der Fortpflanzungsleistung	134
9.3	Schutzmassnahmen	136
9.4	Forschungsbedarf	137
10	Synthese	139
10.1	Ansprüche der Wildbienen und Fördermöglichkeiten	140
10.2	Schutzmassnahmen im Überblick	142
11	Literatur	145

1 Einleitung

Der starke Rückgang des Angebotes an Blüten und Kleinstrukturen in weiten Teilen Mitteleuropas führte in den vergangenen Jahrzehnten zu einem alarmierenden Rückgang der Wildbienen. Da es für die langfristige Sicherung der Bestäubung der Wild- und Kulturpflanzen nicht nur der Honigbiene, sondern auch einer artenreichen Wildbienenfauna bedarf, sind Massnahmen zur Erhaltung und Förderung der Wildbienen dringend notwendig. Das vorliegende Buch beinhaltet die Aufarbeitung der wissenschaftlichen Fachliteratur zu Fragen des Wildbienenschutzes, leitet daraus erfolgversprechende Schutzmassnahmen ab und identifiziert Felder mit einem dringenden Forschungsbedarf.



Abb. 1. Bienen sind die wichtigsten Bestäuber von Wild- und Kulturpflanzen. Im Bild die Wollbiene *Anthidium manicatum* auf der Muskatellersalbei (*Salvia sclarea*).



Abb. 2. a) Adulte Bienen sind nicht nur für ihre eigene Ernährung, sondern auch für die Fortpflanzung vollständig von Blütenprodukten abhängig. Im Bild eine Brutzelle der bodennistenden Sandbiene *Andrena vaga* mit einem Ei auf dem Pollen-Nektar-Vorrat. b) Die Honigbiene (*Apis mellifera*) ist lediglich eine von rund 750 mitteleuropäischen Bienenarten. c) Die Luzerne (*Medicago sativa*) wird von Wildbienen wie beispielsweise der Sägehornbiene *Melitta leporina* bestäubt, nicht dagegen von der Honigbiene. d) Die Mauerbiene *Osmia cornuta* ist ein deutlich effizienterer Bestäuber von Obst als die Honigbiene.

1.1 Bestäubungssicherheit dank Bienenvielfalt

Insekten sind die wichtigsten Bestäuber der Blütenpflanzen und erbringen damit einen enormen ökonomischen und ökologischen Nutzen für Mensch und Natur (BUCHMANN und ASCHER 2005). So wird der wirtschaftliche Wert der Bestäuberleistung in der Nahrungsmittelproduktion pro Jahr weltweit auf 153 Milliarden Euro und in Grossbritannien auf 400 Millionen Pfund geschätzt (GALLAI *et al.* 2009; POST 2010), von den weltweit 109 wichtigsten Kulturpflanzen sind nicht weniger als 87 vollständig von tierischen Bestäubern abhängig (KLEIN *et al.* 2007) und 78 Prozent aller Blütenpflanzenarten der gemässigten Breiten sind für ihre Bestäubung auf Insekten angewiesen (OLLERTON *et al.* 2011). Obwohl windbestäubte Kulturpflanzen wie beispielsweise Getreide 60 Prozent des gesamten jährlichen Produktionsvolumens ausmachen (KLEIN *et al.* 2007), weisen gewisse insektenbestäubte Früchte und Gemüse einen fünfmal grösseren Wert pro Tonne auf und gehören damit zu den ökonomisch interessantesten Nahrungsmitteln (ASHWORTH *et al.* 2009; GALLAI *et al.* 2009). Nicht weniger bedeutend, aber deutlich schwieriger zu erfassen ist der monetäre Wert der Bestäuberleistungen in natürlichen Ökosystemen. So wurde der jährliche wirtschaftliche Wert bestäubender Insekten in Graslandökosystemen auf rund 25 US\$ pro Hektare veranschlagt (COSTANZA *et al.* 1997).

Bienen sind die wichtigste Bestäubergruppe unter den Insekten (MICHENER 2007; Abb. 1). Ihre zentrale Bedeutung als Blütenbestäuber verdanken sie nicht nur der Tatsache, dass sie mit weltweit 20 000 bis 30 000 Arten ausgesprochen artenreich sind und in vielen Lebensräumen in hohen Individuendichten auftreten, sondern vor allem dem Umstand, dass sie neben den Pollenwespen (Masarinae) die einzigen Blütenbesucher sind, die nicht nur für die eigene Ernährung, sondern auch für die Fortpflanzung gänzlich von Blütenprodukten abhängig sind (Abb. 2a). Um genügend grosse Mengen von Pollen und Nektar für die Versorgung ihrer Larven zu sammeln, müssen Bienen im Vergleich zu anderen Bestäubergruppen somit deutlich häufiger Blüten besuchen.

Die Westliche Honigbiene (*Apis mellifera*) gilt in Mitteleuropa als der wichtigste Bestäuber von Kultur- und Wildpflanzen (Abb. 2b). Ihre Völker enthalten bis zu mehrere Zehntausend Arbeiterinnen, die vom zeitigen Frühling bis spät in den Herbst aktiv sind. Als ausgesprochener Generalist nutzt die Honigbiene ein sehr breites Blütenspektrum, entwickelt aber oftmals eine temporäre Blütenstetigkeit, was die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Bestäubung erhöht (FREE 1963). Ihre Fähigkeit zur Kommunikation der präzisen Lage günstiger Nahrungsplätze mittels Tanzsprache ermöglicht eine gezielte und effiziente Nutzung günstiger Nahrungsquellen (GOULSON 2003; PICKHARDT und FLURI 2000). Mit einem Aktionsradius von über 10 km sammeln Honigbienen zudem in einem sehr grossen Umkreis um ihren Stock Pollen und Nektar (BEEKMAN und RATNIEKS 2000). Diese honigbientypischen Eigenschaften erklären den hohen volkswirtschaftlichen Wert der durch die Honigbiene erbrachten Bestäubungsleistung, der jährlich mit mindestens drei Milliarden Euro in Deutschland und rund 260 Millionen Franken in der Schweiz veranschlagt wird (FLURI und FRICK 2005; FLURI *et al.* 2004).

Die Honigbiene ist nur eine von knapp 2100 in Europa heimischen Bienenarten (POLASZEK 2010) und allein in Mitteleuropa (Deutschland, Liechtenstein, Österreich und Schweiz) kommen neben der Honigbiene rund 750 weitere Bienenarten vor (Kap. 2, 4; siehe «Wildbienen – ein kurzer Steckbrief»). Diese sogenannten *Wildbienen* können im Vergleich zur Honigbiene je nach geographischer Region, Wetterbedingungen oder Blütenbau ebenbürtige, effizientere oder gar die alleinigen Bestäuber bestimmter Blütenpflanzen sein (FREE 1993; FREITAS und PAXTON 1998; WASER *et al.* 1996). So hat in den vergangenen Jahren die Bedeutung der Honigbiene als Bestäuber in Regionen, die heute deutlich weniger stark imkerlich genutzt werden als früher oder stark vom Honigbienensterben

betroffen sind, deutlich abgenommen. Hummeln (*Bombus*) sowie mehrere früh im Jahr fliegende Vertreter der Sandbienen (*Andrena*) und Mauerbienen (*Osmia*) sind bei kühler Witterung noch immer aktiv, wenn die Honigbienenarbeiterinnen bereits nicht mehr ausfliegen, und spielen entsprechend während längerer Schlechtwetterperioden eine wichtige Rolle bei der Bestäubung beispielsweise von Obst (SCHINDLER und PETERS 2011; WESTRICH 1990). Blüten mit tief verborgenem Nektar wie Wiesenklees (*Trifolium pratense*) oder Eisenhut (*Aconitum*), kompliziertem Blütenbau wie Läusekraut (*Pedicularis*) oder explosiver Pollendarbietung wie Luzerne (*Medicago sativa*) werden von der Honigbiene kaum besucht (WESTRICH 1990; Abb. 2c). Dasselbe gilt für viele Vertreter der Nachtschattengewächse (Solanaceae) und Borretschgewächse (Boraginaceae), deren Blüten nur durch eine spezielle Technik, das sogenannte Vibrationssammeln («buzzing»), ausgebeutet werden können, das die Honigbiene nicht beherrscht (FREE 1993; WESTRICH 1990). Da die Honigbienenarbeiterinnen im Gegensatz zu den Wildbienen nicht gleichzeitig Nektar und Pollen sammeln und während der Nektaraufnahme eine Berührung mit den Staubbeuteln vermeiden, sind Honigbienen oftmals wenig effiziente Bestäuber (WESTERKAMP 1991). Verglichen mit der Honigbiene besuchen die Weibchen der Mauerbiene *Osmia cornuta* pro Zeiteinheit mehr Blüten des Apfels (*Malus domestica*) und des Mandelbaumes (*Prunus dulcis*), kommen deutlich häufiger in Kontakt mit den Narben und fliegen bereits bei geringeren Strahlungs- und Temperaturwerten und sind damit die deutlich effizienteren Bestäuber von Obst (BOSCH und BLAS 1994; VICENS und BOSCH 2000a, b; Abb. 2d). So reichen für eine erfolgreiche Bestäubung einer Hektare Apfel- beziehungsweise Mandelanbaufläche bereits 530 beziehungsweise 750 nistende Weibchen von *Osmia cornuta*, während es für die gleiche Fläche Obst mindestens 1 bis 2,5 starke Honigbienenenvölker mit vielen Tausenden von Arbeiterinnen braucht (BOSCH und KEMP 2001; CALZONI und SPERANZA 1998; VICENS und BOSCH 2000a).

Diese Beispiele verdeutlichen, dass die Honigbiene nicht als der alleinige Bestäuber in mitteleuropäischen Ökosystemen fungieren kann, sondern dass vielmehr eine artenreiche Bienenfauna die besten Voraussetzungen für eine sichere Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen bietet. Überhaupt dürfte die Bestäubungsleistung der Honigbiene, der bis zu 80 Prozent der globalen Bestäubungsdienste in landwirtschaftlichen Kulturen zugeschrieben wurde (CARRECK und WILLIAMS 1998), stark überschätzt worden sein. So hat die gesamte im Jahr 2007 in Grossbritannien ansässige Honigbienenpopulation höchstens einen Drittel der gesamten Bestäubungsleistung abgedeckt, der Rest dürfte auf das Konto von wilden Bestäubern gegangen sein, insbesondere von Wildbienen und Schwebfliegen (BREEZE *et al.* 2011). Zu einem ähnlichen Schluss kam eine kürzliche Studie, die klar aufzeigte, dass blütenbesuchenden Wildbienen und Schwebfliegen auch dann eine wichtige Rolle bei der Bestäubung von landwirtschaftlichen Kulturen zukommt, wenn die Honigbiene häufig ist (GARIBALDI *et al.* 2011). Tatsächlich erwies sich die Anzahl verschiedener Bienenarten als wichtigster Faktor für die erfolgreiche Bestäubung der Kaffeepflanze (*Coffea arabica*) (KLEIN *et al.* 2003). So nahm der Anteil befruchteter Kaffeoblüten linear mit der Anzahl blütenbesuchender Bienenarten zu, nicht jedoch mit der Anzahl Bienenindividuen. Bei zwanzig verschiedenen blütenbesuchenden Bienenarten erwiesen sich 90 Prozent aller Blüten als befruchtet, während bei drei Arten der Anteil befruchteter Blüten lediglich 60 Prozent betrug. Interessanterweise können auch Interaktionen zwischen mehreren gleichzeitig nahrungssammelnden Bienenarten zu einer besseren Bestäubung führen. So verdoppelte sich die Effizienz, mit der Honigbienen die Sonnenblume (*Helianthus annuus*) bestäubten, dank der Anwesenheit blütenbesuchender Wildbienen (GREENLEAF und KREMEN 2006). Weil sowohl anfliegende als auch nahrungssammelnde Wildbienen Ausweichmanöver der Honigbiene auslösten, erhöhte sich wahrscheinlich die Anzahl Bewegungen zwischen Blütenköpfen im männlichen und solchen im weiblichen

Stadium, welche für eine erfolgreiche Bestäubung notwendig sind. Im Endeffekt war der indirekte Beitrag der Wildbienen zur Bestäubung der Sonnenblume fünfmal grösser als die direkt durch die Wildbienen verursachte Bestäubung. Eine artenreiche Bienenfauna dürfte auch nach Lebensraumveränderungen oder anthropogenen Störungen die Bestäubungssicherheit auf längere Sicht gewährleisten als eine artenarme Bienenfauna. So reagierten verschiedene Bienenarten auf Feldern mit angebauten Wassermelonen (*Citrus lanatus*) ganz unterschiedlich auf den Verlust natürlicher Vegetation in der Umgebung (WINFREE und KREMEN 2009). Während die Populationen einzelner Arten gestärkt wurden, nahm die Populationsgrösse anderer Arten unterschiedlich stark ab. Für die langfristige Sicherung der Bestäubung von Wild- und Kulturpflanzen in naturnahen und anthropogen beeinflussten Ökosystemen bedarf es also nicht nur einer individuenreichen, sondern insbesondere auch einer artenreichen Bienenfauna (KLEIN *et al.* 2003; KREMEN *et al.* 2002; STEFFAN-DEWENTER *et al.* 2005).

1.2 Handicap der Wildbienen: totale Abhängigkeit von zwei Ressourcen und geringe Fortpflanzungsrate

Wildbienen betreiben eine ausgeprägte Brutfürsorge und sind für ihre Fortpflanzung auf Gedeih und Verderben von zwei Hauptressourcen abhängig: geeignete Pollen- und Nektarquellen für die Versorgung der Larven sowie geeignete Kleinstrukturen für die Anlage der Nester. Nahrungs- und Nistressourcen liegen in der Regel mehr oder weniger weit voneinander entfernt, so dass die Wildbienenweibchen während der Verproviantierung der Brutzellen andauernd zwischen Nest und Nahrungspflanzen hin und her fliegen müssen. Je nach Bienenart sind zwei bis fünfzig Pollensammelflüge notwendig, um einen einzigen Nachkommen mit genügend Proviant zu versorgen, wobei die Mehrheit der Arten zwischen zehn und dreissig Sammelflüge für die Verproviantierung einer Brutzelle benötigt (DANFORTH 1990; FROHLICH und PARKER 1983; GIOVANETTI und LASSO 2005; MÜLLER 1994; NEFF 2008; ZURBUCHEN *et al.* 2010b). Es erstaunt daher wenig, dass Wildbienen während ihrer nur wenige Wochen dauernden Fortpflanzungsperiode auch bei gutem Ressourcenangebot und idealen Witterungsbedingungen eine geringe Fortpflanzungsrate von maximal 10 bis 30 verproviantierte Brutzellen pro Weibchen besitzen (MÜLLER *et al.* 1997). Bei ungünstigem Angebot an Nahrungs- und Nistressourcen, schlechten Witterungsbedingungen oder hohem Parasitendruck liegt die Anzahl lebensfähiger Nachkommen aber meist deutlich tiefer (PETERSON und ROITBERG 2006a, b; SEIDELMANN 2006; WESTRICH 1990; ZURBUCHEN *et al.* 2010b). Entsprechend empfindlich reagieren Wildbienenpopulationen auf alle Landschafts- und Lebensraumveränderungen, die zu einer Verringerung oder zu einer räumlichen Veränderung des Angebotes an Blüten und Kleinstrukturen führen.

1.3 Veränderungen in der Landschaft – Pollination Crisis

Seit den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts hat sich die Landschaft in weiten Teilen Mitteleuropas stark verändert. Der rasante Siedlungsbau und die grossflächige Bodenversiegelung führten zu einer Beeinträchtigung und Zerstörung zahlreicher blüten- und kleinstrukturreicher Lebensräume (SCHWICK *et al.* 2010). Die Intensivierung und Mechanisierung der Landwirtschaft hatten ihrerseits einen drastischen Verlust an Kleinstrukturen und strukturreicher Kleinstlebensräume sowie einen grossflächigen Rückgang