

Eignen sich die Mauerbienen *Osmia bicornis* und *Osmia cornuta* als Bestäuber im Obstbau?

Matthias Schindler · Britta Peters

Eingegangen: 28. Oktober 2010 / Angenommen: 2. Dezember 2010 / Online publiziert: 12. Januar 2011
© Springer-Verlag 2010

Zusammenfassung Verschiedene Mauerbienenarten werden seit vielen Jahrzehnten in Japan und in den USA erfolgreich für die Bestäubung von Obstkulturen eingesetzt. Die in Europa heimische Rote Mauerbiene (*Osmia bicornis*) und Gehörnte Mauerbiene (*Osmia cornuta*) finden in Deutschland als Bestäuber von Kulturpflanzen in jüngster Zeit vermehrt Beachtung. Die potentielle Eignung dieser Bienenarten als Bestäuber ist unumstritten. Wir untersuchten in Obstplantagen mit unterschiedlicher Landschaftskomposition die Zusammensetzung des Pollens in den Brutzellen dieser Mauerbienen. In acht Untersuchungsgebieten wurden an jeweils einem Standort Nisthilfen aufgestellt und Kokons von *O. bicornis* und *O. cornuta* ausgebracht. Aus den Nisthilfen wurden während der Obstblüte in 14-tägigen Abständen Pollenproben entnommen und der Anteil an Rosaceen-Pollen bestimmt. Außerdem wurden verschiedene Landschaftsparameter in einem Radius von 250 m um die Nisthilfen herum erfasst.

In allen Untersuchungsgebieten wurden von *O. bicornis* und *O. cornuta* Obstgehölze als Pollenquelle genutzt. Vor allem in Untersuchungsgebieten mit hohem Flächenanteil an Obstkulturen und geringem Anteil an sonstigen Nahrungshabitaten wiesen die Pollenproben einen beachtlichen Anteil an Rosaceen-Pollen auf. In Untersuchungsgebieten mit vielfältigerem Angebot an Nahrungsressourcen war der Anteil an Rosaceen-Pollen geringer. Die Ergebnisse zeigen, dass *O. bicornis* und *O. cornuta* in großflächigen, intensiv bewirtschafteten Obstbaugebieten, effiziente Bestäuber von Obstkulturen sein können. Allerdings stellen

solche Obstplantagen nicht ausreichend Ressourcen zur Verfügung, um natürliche Populationen von Mauerbienen aufzubauen. Aus diesem Grund ist die Einbringung von Mauerbienen zur Gewährleistung einer ausreichenden Bestäubung unerlässlich.

Schlüsselwörter Bestäubung · Rote Mauerbiene · Gehörnte Mauerbiene · *Osmia bicornis* · *Osmia cornuta* · Nahrungssuche · Rosaceen-Pollen · Landschaftskomposition

Mason Bees *Osmia Bicornis* and *Osmia Cornuta* as Suitable Orchard Pollinators?

Abstract Mason bees have been successfully managed as orchard pollinators in Japan and USA for many decades. Recently, the European species *Osmia bicornis* (L.) and *Osmia cornuta* (Latr.) attract more interest as pollinators in fruit orchards in Germany. Several studies indicate the potential of these mason bees as pollinators of pome and stone fruit. Here, we investigated the composition of the pollen loads in the brood cells of these two mason bees in fruit orchards different in habitat characteristics. At eight study sites, trap nests and cocoons of *O. bicornis* and *O. cornuta* were installed. During fruit tree blossom, pollen was sampled every two weeks and the percentage of Rosaceae pollen was identified. Landscape characteristics were assessed in a radius of 250 m from the trap nests.

At all eight study sites, *O. bicornis* and *O. cornuta* collected pollen of Rosaceae. The percentage of Rosaceae pollen in the samples and the local habitat quality of the foraging sites were negatively correlated. In fruit orchards with a low diversity of suitable foraging habitats, brood cells contained a relatively high percentage of fruit tree pollen.

Dr. M. Schindler (✉) · B. Peters
Institut für Nutzpflanzenkunde und Ressourcenschutz (INRES),
Fachbereich Ökologie der Kulturlandschaft, Universität Bonn,
Melbweg 42, 53127 Bonn, Deutschland
E-Mail: m.schindler@uni-bonn.de

These results indicate the potential of *O. bicornis* and *O. cornuta* as efficient pollinators in intensively managed fruit orchards. However, intensive fruit orchards appear less suitable as habitats for these mason bees to establish an endogenous pollinator population. Hence, the introduction and management of mason bees in orchards will improve pollination.

Key words *Osmia bicornis* · *Osmia cornuta* · Foraging · Landscape characteristics · Mason bee · Pollen · Pollination · Rosaceae

Einleitung

Sowohl der Ertrag als auch die Qualität vieler Ernteprodukte hängen von einer ausreichenden Bestäubung der Kulturpflanzen ab. Die meisten Obstkulturen sind als Fremdbefruchter auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen (Kremen 2008). Honigbienen und die Dunkle Erdhummel werden heute in großem Umfang gezielt für die Bestäubung verschiedener Kulturpflanzen eingesetzt (Guerra-Sanz 2008). Nicht erst seit der Dezimierung der Bienenvölker und dem Rückgang der Imkerzahlen in vielen Regionen Deutschlands wird über die Bedeutung von Wildbienen als alternative Bestäuber im Obstbau diskutiert (z. B. Havenith 2000). Solitäre Wildbienen, wie die Mauerbienen *Osmia bicornis* (L.) und *Osmia cornuta* (Latr.), finden in Deutschland als Bestäuber von Kulturpflanzen in jüngster Zeit vermehrt Beachtung (Herrmann 2010).

In verschiedenen Obstbaugebieten in Deutschland werden die Mauerbienen *O. bicornis* und *O. cornuta* als Bestäuber z. B. von Stein- und Kernobst in die Plantagen ausgebracht. *O. bicornis* und *O. cornuta* gehören zu den Solitärbienen, deren Lebenszyklus sich etwa auf die Monate März bis Mai beschränkt. Die Weibchen bauen nach der Paarung ihre Nester in oberirdische Hohlräume. Jedes Weibchen versorgt seine Brutzellen eigenständig mit Pollen. Unter günstigen Umständen kann dabei pro Tag eine Brutzelle fertig gestellt werden. Die Mauerbienen-Weibchen sterben nach etwa vier bis sechs Wochen, die Nachkommen schlüpfen erst im darauf folgenden Jahr. Die Größe wild lebender Populationen können durch verschiedene Krankheiten und Parasiten beeinträchtigt werden. Außerdem können sich ungünstige Witterungsbedingungen zumindest regional negativ auf die Populationsstärke auswirken. Um termingerecht zu Beginn der Obstblüte Mauerbienen in entsprechend großer Individuenzahl für die Bestäubung nutzen zu können, sind ein Management und eine gezielte Ausbringung deshalb von Vorteil (Herrmann 2010).

Die potentielle Eignung von Mauerbienen als Bestäuber wurde in verschiedenen Arbeiten belegt (z. B. Klug und Bünemann 1985; Bosch und Blas 1994; Bosch und Kemp

1999; Vicens und Bosch 2000; Wittmann et al. 2005). Ergebnisse unterschiedlicher Studien zeigen, dass diese Mauerbienen im Vergleich zur Honigbiene auch bei niedrigeren Temperaturen fliegen und Obstblüten besuchen. Auch die ungerichteten Sammelflüge in der Plantage werden als Vorteil gesehen, da auf diese Weise eine Übertragung von Pollen zwischen unterschiedlichen Sorten eher gewährleistet wird. Honigbienen sammeln oft sehr ortstet und besuchen dabei unter Umständen Blüten derselben Sorte. Dies kann sich auf den Fruchtansatz bzw. die Fruchtqualität auswirken. Wenige Erkenntnisse liegen bislang über den Einfluss bestimmter Landschaftsparameter auf das Pollensammelverhalten von *O. bicornis* und *O. cornuta* in Obstplantagen vor. Bei einem effizienten Bestäuber ist ein hoher Anteil an Obstpollen in den Pollenladungen zu erwarten.

Hier werden Ergebnisse zum Pollensammelverhalten von *O. bicornis* und *O. cornuta* während der Blüte von Stein- und Kernobst in Plantagen mit unterschiedlich strukturierter Umgebung vorgestellt. Ziel war es, den möglichen Einfluss der Landschaftskomposition (sensu Lang und Blaschke 2007) auf die Zusammensetzung des Pollens in den Brutzellen zu untersuchen.

Material und Methoden

Standort und Ausbringen von Mauerbienen in die Obstplantagen

Die Untersuchungen wurden an 8 Standorten in Obstplantagen mit unterschiedlich strukturierter Umgebung im Wachtberger Ländchen südlich von Bonn durchgeführt. In jedem Untersuchungsgebiet wurden an jeweils einem Standort Nisthilfen aufgestellt (Abb. 1). Insgesamt wurden sechs Buchenholzplatten verwendet, die Nistgänge mit einem Durchmesser von 8 und 10 mm aufwiesen (Wittmann et al. 2005). Die Nistgänge waren nach oben geöffnet, um Pollen aus den Brutzellen entnehmen zu können. Jedes Brett wurde mit einer Folie abgedeckt, auf der der Brutverlauf mit Folienstiften markiert werden konnte. Die Öffnung der Wetterschutzkästen wurde nach Süd-Osten ausgerichtet und mit Maschendraht als Schutz gegen Vogelfraß versehen. In die Wetterschutzkästen wurden Pappschachteln mit Kokons von *O. bicornis* und *O. cornuta* aus dem Raum Bonn ausgebracht [25.3.2010: 20 Kok. *O. bicornis*, 40 Kokons *O. cornuta*. 23.4.2010: 20 Kokons *O. bicornis*, 10 Kok. *O. cornuta*].

Witterungsbedingungen und Blühphänologie

Die Obstblüte im Frühjahr 2010 (Abb. 2) war im April durch eine kalte und trockene Witterungsperiode geprägt. Während der Apfelblüte setzte eine niederschlagsreichere

Abb. 1 Nisthilfen in einer Obstplantage bei Wachtberg-Kürrighoven. In den Wetter-schutzkästen befinden sich Buchenholznistblöcke und eine Pappschachtel mit Mauerbienen-Kokons. Kleines Bild A: *Osmia cornuta* ♂, Kleines Bild B: *Osmia bicornis* ♀

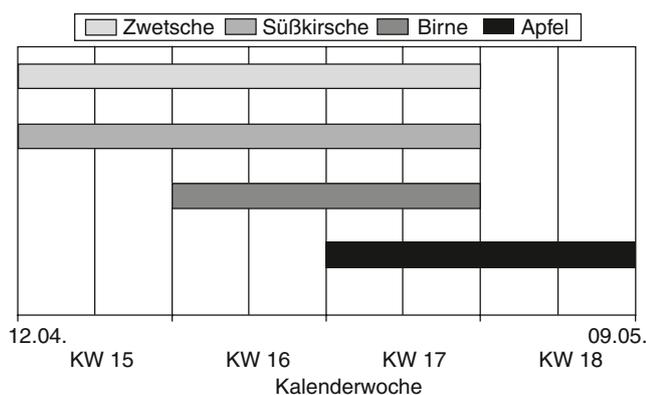


Abb. 2 Blühphänologie heimischer Obstarten im Raum Meckenheim (schriftl. Mitt. A. Kunz, Lehr- und Forschungsstation Klein-Alten-dorf)

Witterungsperiode ein. Es traten Spätfröste mit bis zu 50 % Blütenschädigung bei Birne, Zwetsche und Apfel auf.

Pollenanalyse

In 14-tägigen Intervallen wurde die Bruttätigkeit dokumentiert sowie Pollenproben entnommen (jeweils $n=5$). Der Pollen wurde in Eppendorf-Caps überführt und in 70 % Ethanol bis zur Analyse aufbewahrt. Pollenproben wurden lichtmikroskopisch analysiert und die Anteile der Pollentypen mit einem Zählgitter bestimmt (Determination bei 400 \times , Quantifizierung bei 100 \times , Okular-Netzplatte 454087 der Fa. Zeiss). Hierbei wurden pro Brutzelle zwei Präparate angefertigt. Je Präparat wurden an drei Positionen die Pollenkörner in den mittleren vier Zählfeldern ausgewertet. Bei

den Rosaceen-Pollen wurde aufgrund der Morphologie, des Blühzeitraumes der Obstkulturen und der Landschaftskomposition angenommen, dass es sich um Pollen von Stein- und Kernobst handelt. Bei der vorliegenden Auswertung konnten Proben aus Brutzellen von *O. bicornis* und *O. cornuta* nicht unterschieden werden.

Erfassung der Landschaftskomposition

In einem Radius von 250 m um den Neststandort wurde die Landschaftskomposition erfasst. Aus verschiedenen Studien zum Aktionsradius von Wildbienen lässt sich ableiten, dass *O. bicornis* und *O. cornuta* überwiegend in einem Umkreis von 200 bis 300 m um den Neststandort Nahrung suchen (Gathmann und Tschardtke 2002; Zurbuchen et al. 2010). Die Biotoptypen wurden hinsichtlich ihrer Funktion als Nahrungshabitat während der Reproduktionsphase von *O. bicornis* und *O. cornuta* beurteilt. Hierbei wurden folgende Klassen gebildet: Klasse 0=keine Funktion als Nahrungshabitat, Klasse 1=zeitlich eingeschränkte Funktion als Nahrungshabitat, Klasse 2=Nahrungshabitat. Die Eignung der Gebiete als Nahrungshabitat für *O. bicornis* und *O. cornuta* wurde auf einer Skala von 1 (geringe Eignung als Nahrungshabitat) bis 5 (hohe Eignung als Nahrungshabitat) bewertet. Bei der Bewertung wurden die Flächenanteile der entsprechenden Klassen und die Verfügbarkeit der Nahrungshabitate während der Reproduktionsphase der Mauerbienen mit einbezogen (Klasse 0=0 % Verfügbarkeit, Klasse 1=25 % Verfügbarkeit, Klasse 2=100 % Verfügbarkeit). Die Analyse der Landschaftskomposition erfolgte mit Esri® Arc-Map™ und dem Freeware Programm HawthTools.

Tab. 1 Pollentypen in den Brutzellen von *O. bicornis* und *O. cornuta* während der Obstblüte bei Wachtberg/Bonn in 2010 [5 Proben pro Station und Erfassungszeitraum]

	Untersuchungsgebiet							
	0	1	2	3	4	5	7	8
<i>Anzahl Pollentypen</i>	34	34	24	29	38	28	37	21
9.4. bis 23.4.	18	17	8	7	12	8	13	10
23.4. bis 6.5.	16	23	17	18	18	15	16	14
6.5. bis 20.5.	15	9	11	18	18	21	22	10
<i>Anteil Salix-Pollen in %</i>	68,6	27,2	23,7	48,8	11,7	0,1	26,0	14,6
<i>Anteil Rosaceen-Pollen in %</i>	6,4	37,3	38,6	27,0	34,5	50,1	20,2	43,3
9.4. bis 23.4.	4,3	18,9	24,9	11,1	49,7	63,6	17,4	40,1
23.4. bis 6.5.	9,1	34,0	24,8	18,3	22,2	40,9	15,3	26,7
6.5. bis 20.5.	27,8	71,7	75,7	70,4	32,9	51,0	30,4	82,5

Statistische Auswertung

Die Effekte verschiedener Parameter der Landschaftskomposition auf den Anteil Rosaceen-Pollen in den Pollenproben wurden in einer Pearson-Korrelationsanalyse berechnet.

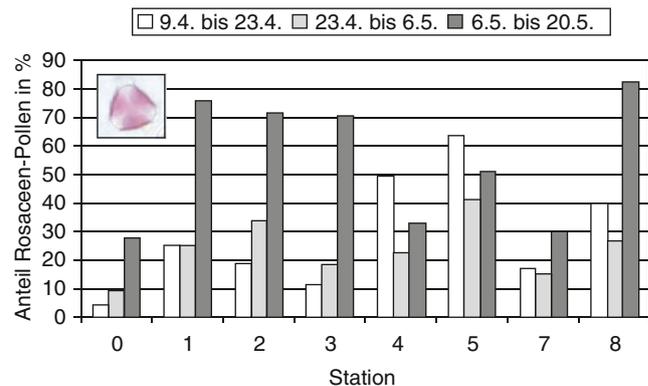
Ergebnisse

Pollentypen in den Brutzellen der Mauerbienen

In den Pollenproben der Untersuchungsgebiete wurden zwischen 21 und 38 Pollentypen identifiziert (Tab. 1). Die häufigsten Pollentypen waren Weiden (*Salix* sp.)- und Rosaceen-Pollen. Im dritten Erfassungszeitraum nahm der Anteil des Rosaceen-Pollens in allen Gebieten deutlich zu (Abb. 3).

Landschaftskomposition und Habitatfunktion

Die Umgebung der Neststandorte in den Untersuchungsgebieten bei Wachtberg Adendorf, Wachtberg-Werthhoven und Wachtberg-Kürrighoven wurde in unterschiedlicher Weise genutzt (Tab. 2). Auf den Ackerflächen werden Getreide,

**Abb. 3** Relativer Anteil von Rosaceen-Pollen in Brutzellen von *O. bicornis* und *O. cornuta* während der Obstblüte (Anzahl Proben n=5 pro Station und Erfassungszeitraum) und lichtmikroskopische Aufnahme eines Rosaceen-Pollens

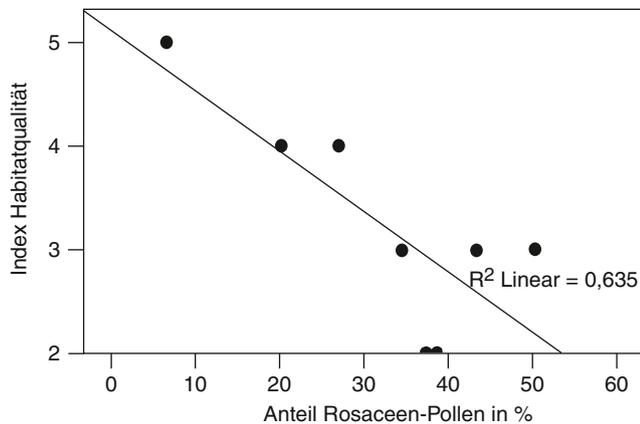
Zuckerrüben und Mais angebaut. Diese Kulturen haben keine Funktion als Nahrungshabitat für *O. bicornis* und *O. cornuta* (Tab. 3). Raps wurde 2010 nur in einem Untersuchungsgebiet angebaut und ist eine gute Nahrungsquelle für die beiden Mauerbienenarten, die allerdings nur zwei bis drei Wochen zur Verfügung steht. In den Obstanlagen befinden sich überwiegend Apfelbäume, in geringerem Umfang

Tab. 2 Relativer Anteil der Biotoptypen im Umkreis von 250 m um die Neststandorte

Biotoptypen	Habitat-eignung	Untersuchungsgebiet							
		0	1	2	3	4	5	7	8
Beerenobst	1	0,0	3,6	2,3	0,0	10,5	2,1	31,7	6,3
Brache	2	0,0	0,0	0,7	2,9	0,0	1,6	0,0	0,0
Folientunnel	0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	22,9
Gehölze	2	5,7	0,0	0,0	5,4	0,0	5,9	1,9	1,8
Getreide	0	30,2	13,2	30,5	34,9	17,0	0,0	9,9	0,0
Mais	0	0,0	9,0	0,0	1,5	22,4	7,7	2,6	0,0
Obstplantagen	1	3,3	74,1	36,0	26,4	39,2	55,7	26,7	59,5
Raps	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0
Schnittblumen	0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Siedlung/Gärten	2	2,7	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,2	0,0
Streuobstwiese	2	3,6	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Weide	1	35,4	0,0	0,0	14,6	2,1	9,0	19,9	7,4
Wiese	1	12,8	0,0	0,0	1,0	0,0	5,5	5,7	2,1
Zuckerrüben	0	6,3	0,0	28,2	6,6	8,7	12,5	0,0	0,0

Tab. 3 Relativer Anteil von Flächen mit unterschiedlicher Funktion als Nahrungshabitat für *Osmia bicornis* und *Osmia cornuta* im Umkreis von 250 m um die Neststandorte

Flächenanteil in %	Untersuchungsgebiet							
	0	1	2	3	4	5	7	8
Keine Funktion als Nahrungshabitat (z. B. Getreide, Mais)	36,5	22,2	61,0	43,1	48,2	20,2	12,5	22,9
Eingeschränkte Funktion als Nahrungshabitat (z. B. Obstplantagen, Raps)	54,2	77,8	38,3	44,3	51,8	72,3	85,66	75,3
Nahrungshabitat (z. B. Streuobstwiesen, Gehölze)	9,3	0,0	0,7	12,6	0,0	7,5	1,9	1,9

**Abb. 4** Korrelation zwischen der Qualität der Nahrungshabitate der Untersuchungsgebiete ($r=250$ m um die Neststandorte) und dem Anteil an Rosaceen-Pollen in den Brutzellen von *O. bicornis* und *O. cornuta*

Birnen-, Pflaumen- und Kirschkplantagen. Auch diese Niederstammkulturen bieten nur temporär ein reichhaltiges Nahrungsangebot. Günstige Voraussetzungen als Nahrungshabitat haben Streuobstwiesen und Gehölze mit Baum- oder Straucharten mit unterschiedlicher Blühphänologie. Diese Biotope bieten über den gesamten Reproduktionszeitraum der Mauerbienen (Anfang März bis Anfang Juni) ausreichend Nahrungsquellen.

Die Qualität der Nahrungshabitate für die beiden Mauerbienenarten und der Anteil an Rosaceen-Pollen in den Brutzellen waren negativ korreliert (Abb. 4). In Untersuchungsgebieten mit vielfältigeren Nahrungshabitaten wurde gegenüber Gebieten mit geringem Anteil an Nahrungshabitaten weniger Rosaceen-Pollen in den Brutzellen gefunden. Es bestand ein positiver Zusammenhang zwischen dem Anteil an Obstkulturen im Umfeld der Neststandorte und dem Anteil an Rosaceen-Pollen in den Proben (r^2 Linear=0,682).

Diskussion

In allen Untersuchungsgebieten wurden von *Osmia bicornis* und *Osmia cornuta* Obstgehölze in beträchtlichem Umfang als Pollenquelle genutzt. Damit werden die Ergebnisse von

Wittmann et al. (2005) gestützt, die in den Brutzellen von *O. bicornis* und *O. cornuta* in großem Umfang Obstpollen fanden. Márquez et al. (1994) fanden in Mandelplantagen in Brutzellen von *O. cornuta* Anteile von Rosaceen-Pollen zwischen 77 und 99 %. In einer anderen Studie in Birnenplantagen wurden von Monzon et al. (2004) in Brutzellen von *O. cornuta* mehr als 90 % Birnenpollen nachgewiesen. Bei Untersuchungen von Biliński und Teper (2004) lag der Anteil von Obstpollen in den Pollenladungen von *O. bicornis* bei etwa 30 %. Die genannten Studien zeigen, dass beide Mauerbienenarten sehr effiziente Bestäuber von Obstkulturen sein können. Der hohe Anteil an Obstpollen in den Pollenladungen der Mauerbienen belegt, dass diese in den Obstplantagen mit einer hohen Stetigkeit an Obstblüten Pollen sammeln. Bei den meisten Blütenbesuchen werden die Obstblüten von den Mauerbienen auch bestäubt (Kremen 2008).

Durch die Einbeziehung der Landschaftsparameter konnte in dieser Arbeit eine differenziertere Bewertung der Effizienz von *O. bicornis* und *O. cornuta* als Bestäuber von Obstkulturen erfolgen. Beide Mauerbienen werden als ausgesprochene Nahrungsgeneralisten beschrieben, die sehr unterschiedliche Pflanzen als Pollenquelle nutzen (Westrich 1989). Aus diesem Grund wurde erwartet, dass Mauerbienen in Gebieten mit vielfältigeren Nahrungsressourcen an einem breiteren Spektrum von Pflanzen Pollen sammeln. Die Ergebnisse bestätigen, dass die Verfügbarkeit unterschiedlicher Trachtpflanzen und damit die Qualität der Nahrungshabitate im Umfeld der Neststandorte einen Einfluss auf das Pollensammelverhalten der Mauerbienen hat. In Obstplantagen mit einem größeren Angebot an Nahrungsressourcen war der Anteil von Obstpollen insgesamt geringer. An Standorten mit Gehölzen wurden in den ersten beiden Erfassungsintervallen in großem Umfang Weiden-Pollen (*Salix* sp.) in die Brutzellen eingetragen. Aus Untersuchungen von Hamm (2008) ist bekannt, dass insbesondere *O. cornuta* in großem Umfang Weiden als Pollenquelle nutzt. Es zeigte sich aber, dass mit Ende der Weidenblüte und Beginn der Apfelblüte die Anteile an Rosaceen-Pollen in den Brutzellen der Mauerbienen deutlich ansteigen.

Fazit

Osmia bicornis und *Osmia cornuta* können in großflächigen, intensiv bewirtschafteten Obstbaugebieten effiziente Bestäuber von Obstkulturen sein. Allerdings stellen intensiv bewirtschaftete Obstplantagen meist nicht ausreichend Ressourcen zur Verfügung, um natürliche Populationen von Mauerbienen aufzubauen (Wittmann et al. 2005). Es bleibt ein kaum kalkulierbarer Unsicherheitsfaktor, zu Beginn der Obstblüte eine ausreichende Anzahl an Individuen in der Plantage zur Verfügung zu haben. Aus diesem Grund ist die Einbringung von Mauerbienen aus Zuchten zur Gewährleistung einer ausreichenden Bestäubung unerlässlich. Herrmann (2010) empfiehlt den Einsatz von 600 bis 1.000 *Osmia*-Weibchen/ha für Intensivobstanlagen. Darüber hinaus können Obstanlagen durch eine Verbesserung der Nistmöglichkeiten und des Trachtpflanzenangebotes als Lebensraum für Mauerbienen optimiert und damit die natürlichen Populationen gefördert werden (vgl. Wittmann et al. 2005).

Wir danken Herrn S. Schneider (Wachtberg-Kürrighoven), Herrn J. Wiesel (Wachtberg-Adendorf und Herrn H. Wolf (Wachtberg-Werthhoven) und der Aktionsgemeinschaft für den Schutz der Landschaft in Wachtberg und Umgebung e. V. für Ihre Unterstützung bei den Untersuchungen. Herrn A. Kunz, Campus Klein-Altendorf danken wir für die Mitteilung der Blühphänologie von Obstkulturen, Herrn Dr. M. Blanke (Universität Bonn) für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Literatur

- Biliński M, Teper D (2004) Rearing and utilization of the red mason bee – *Osmia rufa* L. (Hymenoptera, Megachilidae) for orchard pollination. *J Apic Sci* 48(2):69–73
- Bosch J, Blas M (1994) Foraging behaviour and pollinating efficiency of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* an almond (Hymenoptera, Megachilidae and Apidae). *Appl Entomol Zool* 29(1):1–9
- Bosch J, Kemp W (1999) Exceptional cherry production in an orchard pollinated with blue orchard bees. *Bee World* 80(4):163–173
- Gathmann A, Tschamtker T (2002) Foraging ranges of solitary bees. *J Anim Ecol* 71:757–764
- Guerra-Sanz JM (2008) Crop pollination in greenhouses. In: James RR, Pitts-Singer TL (Hrsg.) *Bee pollination in agricultural ecosystems*. Oxford University Press, New York, S 27–47
- Hamm A (2008) Pollenquellen der Wild- und Honigbienen. Fallstudien zur Ressourcennutzung und Konkurrenz. Dissertation an der Math-Nat. Fakultät der Rhein, Friedrich-Wilhelms Universität Bonn. S 123
- Havenith C (2000) Bestäubung durch Wildbienen – eine Option für den Obstbau. *Erwerbsobstbau* 42:44–50
- Herrmann M (2010) Zucht und Einsatz von Mauerbienen (*Osmia* sp.) als Bestäuber im Obstbau. *Beitr. Hymenopt.-Tagung Stuttgart* [2010], 10–12.
- Klug M, Bünemann G (1985) Die Leistungsfähigkeit solitärer Bienen als Bestäuber von Kernobstblüten I. Das Verhalten der Bienen beim Blütenbesuch. *Gartenbauwissenschaft* 50(5):212–216
- Kremen C (2008) Crop pollination services from wild bees. In: James RR, Pitts-Singer TL (Hrsg.) *Bee pollination in agricultural ecosystems*. Oxford University Press, New York, S 10–26
- Lang S, Blaschke T (2007) *Landschaftsanalyse mit GIS*. Ulmer, Stuttgart
- Márquez J, Bosch J, Vicens N (1994) Pollens collected by wild and managed populations of the potential orchard pollinator *Osmia cornuta* (Latr.) (Hym., Megachilidae). *J Appl Entomol* 117:353–359
- Monzon VH, Bosch J, Retana J (2004) Foraging behaviour and pollinating effectiveness of *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae) and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) on „Comice“ pear. *Apidologie* 35:575–585
- Vicens N, Bosch J (2000) Pollinating efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on ‘Red Delicious’ apple. *Environm Entomol* 29:1–6
- Westrich P (1989) *Die Wildbienen Baden-Württembergs*, Bd 1, 2. Ulmer, Stuttgart
- Wittmann D, Klein D, Schindler M, Sieg V, Blanke M (2005) Sind Obstanlagen geeignete Nahrungs- und Nisthabitate für Wildbienen? *Erwerbsobstbau* 47:27–36
- Zurbuchen A, Landert L, Klaiber J, Müller A, Hein S, Dorn S (2010) Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biol Conserv* 143:669–676.