



## Bienen und andere Bestäuber: Bedeutung für Landwirtschaft und Biodiversität

Honigbienen und andere Insekten bestäuben viele Pflanzen und sind damit unerlässlich für eine produktive Landwirtschaft, gesunde Ernährung und eine vielfältige Natur. Die Blütenbestäuber sind jedoch in Bedrängnis, auch in der Schweiz. Die Honigbiene hat mit zahlreichen Problemen zu kämpfen, und wildlebende Bestäuber zeigen bedenkliche Abnahmen ihrer Individuen- und Ar-

tenzahlen. Heutige Massnahmen wirken zwar teilweise, doch reichen sie nicht aus, um die bestäubenden Insekten und ihre Leistungen langfristig zu erhalten. Dieses Faktenblatt der Akademien der Wissenschaften Schweiz zeigt den aktuellen Wissensstand und Handlungsoptionen auf.

### Bedeutung der Bestäubung

#### Landwirtschaft und Ernährung

Honigbienen und andere Insekten erbringen durch die Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen enorme Leistungen. Sie ermöglichen oder verbessern die Frucht- und Samenbildung von ca. drei Viertel der weltweit meistgehandelten Nahrungspflanzen.<sup>1-3</sup> Die mengenmässig wichtigsten Nahrungspflanzen (z. B. Weizen, Reis, Mais) werden jedoch durch den Wind bestäubt, und viele der übrigen Kulturpflanzen sind nur teilweise auf eine Tierbestäubung angewiesen. Deshalb dürfte ein Fehlen der Blütenbestäuber kurzzeitig lediglich zu einem Ausfall von 3-8 Prozent der weltweit produzierten Menge an Nahrungsmitteln führen.<sup>4</sup> Betroffen wären jedoch Nahrungsmittel, die besonders wichtig für unsere Versorgung mit Vitaminen sind (z. B. Obst, Beeren und Gemüse)<sup>5</sup> und deren Produktionsanteil seit 50 Jahren stetig zunimmt.<sup>6-8</sup> Die indirekten und längerfristigen Verluste durch das Ausbleiben der Blütenbestäuber, insbesondere über den Rückgang der natürlichen Vielfalt, wären bedeutend grösser. Für die Landwirtschaft ist nicht nur die Individuenzahl blütenbestäubender Insekten wichtig, sondern auch die Vielfalt an Arten (siehe Kasten). Eine grössere Vielfalt von Insektenarten bestäubt Pflanzen effizienter und zuverlässiger.

#### Volkswirtschaft

Der Wert der Bestäubung durch Insekten beträgt in Europa rund 11 Prozent des Produktionswerts der 100 meistgehandelten Nahrungsmittel.<sup>9</sup> In der Schweiz wurde der Beitrag der Honigbiene zum Erntewert für Obst und Beeren für 2002 auf ca. 271 Millionen Franken geschätzt.<sup>10,11</sup> Dazu kommt die Bestäubungsleistung für Ackerbau und die Saatgutproduktion. Der Wert der Imkereiprodukte beläuft sich jährlich auf ca. 64,7 Millionen Franken.<sup>10</sup> Nicht berücksichtigt sind dabei die Bestäubung von Wildpflanzen sowie die Leistungen von Wildbestäubern, die gemäss neueren Studien bisher stark unterschätzt wurden.<sup>8,12-14</sup>

#### Ökosysteme

Für das Funktionieren der Landökosysteme sind Bestäuber unerlässlich. In den gemässigten Breiten werden ca. 80 Prozent der Blütenpflanzen durch Insekten bestäubt.<sup>15</sup> Sie sind damit unabdingbar für das Überleben vieler Pflanzen und ihrer genetischen Vielfalt.<sup>16</sup> Letztere ist notwendig, damit Pflanzen sich verändernden Umweltbedingungen anpassen können. Die Bestäuber sichern auch die Existenz der Tiere, die auf Samen und Früchte als Nahrung angewiesen sind.

## Vielfalt als Grundlage für die Bestäubung

Neben der Honigbiene sind viele andere Organismen für die Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen wichtig. In Europa sind dies Insekten, insbesondere Wildbienen, die in der Schweiz mit über 600 Arten vertreten sind. Doch auch Schwebfliegen, Käfer oder Schmetterlinge tragen zur Bestäubung bei. Welcher Anteil der Bestäubung bei Kulturpflanzen von der Honigbiene bzw. Wildbestäubern übernommen wird, hängt vor allem von der Pflanzenart, der Anzahl gehaltener Honigbienenvölker sowie dem Anteil naturnaher Flächen in der Umgebung ab. Die Forschung zeigt, dass die Bestäubung und folglich der Fruchtansatz am höchsten sind, wenn die Kulturen sowohl von Honigbienen als auch von Wildbestäubern besucht werden.<sup>13,17-22</sup> Die verschiedenen Bestäubergruppen lassen sich nur bedingt gegenseitig ersetzen, da sie sich in ihren Leistungen ergänzen. Je vielfältiger Bestäubergesellschaften sind, desto höher sind Stabilität, Quantität und Qualität der Bestäubung und damit normalerweise die Frucht- und Samenproduktion, denn

- verschiedene Arten reagieren unterschiedlich auf Veränderungen des Lebensraums,<sup>20</sup> fliegen zu anderen Tages-<sup>18,19,23</sup> oder Jahreszeiten,<sup>24</sup> sind bei unterschiedlichen Wetterbedingungen aktiv<sup>25-27</sup> oder treten von Jahr zu Jahr in unterschiedlicher Häufigkeit auf;<sup>28</sup>
- verschiedene Arten sind unterschiedlich gut für die Bestäubung bestimmter Pflanzen geeignet. So werden gewisse Pflanzenarten nur durch Insekten mit einer langen Zunge bestäubt (z.B. Hummeln auf Wiesenklees); andere sind auf eine spezielle Art der Bestäubung angewiesen, die nicht alle Insekten beherrschen (z.B. Vibrationssammeln von Pollen bei Heidelbeeren);<sup>29,30</sup>
- die gleichzeitige Anwesenheit verschiedener Arten erhöht die Aktivität der Bestäuber während des Blütenbesuchs.<sup>31,32</sup>

**Erhaltung und Förderung der Vielfalt von Wildbestäubern und gesunder Honigbienenbestände sind essenziell für Landwirtschaft und Ökosysteme.**



Blüten- und kleinstrukturreiche Landschaften mit einem auf das Nötigste begrenzten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln sind für Honigbiene und Wildbestäuber essenziell.

## Bestäuber in Bedrängnis

### Völkerverluste von Honigbienen

In Europa und anderen gemässigten Klimazonen treten Verluste von Honigbienenvölkern vor allem über den Winter auf. Seit 2003 nahmen die Honigbienenbestände in Zentraleuropa wie auch in der Schweiz stark ab.<sup>33-36</sup> In der Schweiz wurden von Ende Sommer 2011 bis Frühling 2012 fast 50 Prozent verlorene oder unproduktive Völker festgestellt.<sup>37</sup> Dies ist ein europaweiter Rekord.<sup>35</sup> In den USA werden seit längerem jährliche Verluste um 30 Prozent beobachtet.<sup>38-41</sup> Darüber hinaus nahm die Anzahl der gehaltenen Völker in den letzten 60 Jahren in Mitteleuropa<sup>42</sup> und auch in der Schweiz<sup>11</sup> ab und befindet sich im Vergleich zur langjährigen Entwicklung auf tiefem Stand. Vor der Einschleppung der parasitischen Milbe *Varroa destructor* kamen in Europa auch wildlebende Honigbienenvölker vor, heute existieren diese aber vermutlich kaum mehr.<sup>43-45</sup> Trotz all dem weist die Schweiz im Vergleich zu anderen europäischen Ländern noch eine hohe Völkerdichte auf.<sup>11</sup>

### Rückgang der Wildbestäuber

In Europa und den USA wurde eine Abnahme der Artenvielfalt von Bienen, der wichtigsten Bestäubergruppe, beobachtet.<sup>46-48</sup> Auf bestimmte Pflanzen und Lebensräume spezialisierte Insekten sind besonders betroffen.<sup>49,50</sup> In der Schweiz sind gemäss Einschätzung in der Roten Liste von 1994 45 Prozent der rund 600 Wildbienenarten gefährdet.<sup>51</sup> Die Situation ist in anderen mitteleuropäischen Ländern vergleichbar.<sup>29</sup> Ähnliches gilt für Schmetterlinge<sup>52,53</sup> und, je nach Region, für Schwebfliegen<sup>49</sup>. Die Bestände der Wildbestäuber scheinen sich aber seit den 1990er Jahren in mehreren westeuropäischen Ländern auf tiefem Niveau stabilisiert zu haben.<sup>54</sup> Die Angaben sind jedoch unsicher, da nur wenig über die Bestandesentwicklung von Bestäubern bekannt ist.<sup>38,55-57</sup>

### Ursachen des Bestäuber-Rückgangs

Für die erhöhten Völkerverluste bei der Honigbiene und den Rückgang der Wildbestäuber ist ein Zusammenwirken mehrerer Ursachen verantwortlich.<sup>33,38,55,58,59</sup> Dabei kann ein Faktor (z.B. Pestizide) die Empfindlichkeit der Bestäuber gegenüber einem anderen Faktor (z.B. Krankheiten) erhöhen.<sup>38,60-63</sup>

Die Völkerverluste von Honigbienen sind vorwiegend durch folgende Faktoren verursacht:

- Schwächung durch Parasiten (*Varroa destructor*) und Krankheiten (z.B. *Nosema* spp. oder Viren)<sup>33,58,64-66</sup>
- geringe genetische Diversität und fehlende Vitalität<sup>67-70</sup>
- ungenügendes kontinuierliches Blüten- und damit Nahrungsangebot von Frühling bis Herbst<sup>58,71,72</sup>
- Mängel bei der Bienenhaltung,<sup>58</sup> insbesondere eine ungenügende Kontrolle der *Varroa*-Milbe

Hauptursachen für den Rückgang der Wildbienen sind:

- Rückgang von Blütenvielfalt und -menge und damit ein zunehmender Mangel an Nahrung<sup>73-75</sup>
- Verlust von Kleinstrukturen und Lebensräumen,<sup>22,29,55,56,58</sup> die für die Fortpflanzung benötigt werden

Honigbienen und Wildbestäuber können auch durch Pestizide ernsthaft geschädigt werden.<sup>76-85</sup> Honigbienen sind dabei weniger pestizidanfällig als Wildbestäuber.<sup>86,87</sup> Weil sie als Kolonien überwintern, besitzen sie bessere Puffereigenschaften als einzeln lebende Insekten oder Hummeln, bei denen nur begattete Königinnen überwintern. Allerdings ist die Rolle von Pestiziden noch nicht genügend gut verstanden.

Das ungenügende Blüten- und damit Nahrungsangebot ist ebenfalls eine gemeinsame Gefährdungsursache von Honigbienen und Wildbestäubern. So ging in der Schweiz die Fläche der blütenreichen Trockenwiesen seit 1900 um 95 Prozent zurück,<sup>88</sup> und die grossflächige Herbizidanwendung und die Stickstoff-Überdüngung führten zu einem massiven Rückgang des Blütenangebots.<sup>28,29,89,91</sup> Wenig genutzte Randflächen mit Niststrukturen wurden grösstenteils aus der Landschaft entfernt.<sup>92,93</sup>

Für eine erfolgreiche Fortpflanzung der Wildbienen ist zudem ein enges Nebeneinander von Nistplätzen und Nahrungspflanzen besonders wichtig.<sup>29,94-100</sup> Entsprechend sind Anzahl und Häufigkeit von Bestäubern in einer Obstkultur oder Wiese, die weit von Nistmöglichkeiten entfernt sind, geringer als in nahe gelegenen Flächen;<sup>101,102</sup> Blüten werden damit seltener besucht.<sup>14,94,101,103</sup> Davon besonders betroffen sind Bestäuber, die auf Blüten einer oder weniger Pflanzenarten spezialisiert sind.<sup>104</sup>

## Auswirkungen

### Landwirtschaft

Ein Verlust der Bestäuber und ihrer Leistungen hätte unbestritten negative Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion und die Ernährung der Menschheit.<sup>1,4,105,106</sup> Ob die Nahrungsmittelproduktion in Mitteleuropa durch die aktuelle Bestäubungsleistung begrenzt ist, wird aber kontrovers diskutiert.<sup>6,107,108</sup>

In gewissen Ländern oder beim grossflächigen Anbau einzelner Kulturen sind ungenügende Bestäubungsleistungen bekannt. Meistens werden diese durch eine zu intensive Produktion, eine ungenügende Honigbienenendichte oder durch Verlust geeigneter Lebensräume für die Bestäuber verursacht.<sup>1,109-111</sup> In der Schweiz wird die Dichte und geographische Verteilung der Honigbienenvölker mit Ausnahme einiger Obstbaugebiete als ausreichend für die Bestäubung eingeschätzt.<sup>11</sup> In den am stärksten von Völkerverlust betroffenen Gebieten haben die Dichten aber vermutlich einen kritischen Wert erreicht.<sup>112</sup> Gehen die Wildbestäuber und die Anzahl Honigbienenvölker weiter zurück, sind Verluste in der landwirtschaftlichen Produktion nicht auszuschliessen.

### Ökosysteme

Parallel zum Rückgang von Bestäubern wurden in Populationen von Pflanzen, die auf bestimmte Bestäubergruppen angewiesen sind, Abnahmen festgestellt.<sup>49,113,114</sup> Dies verursacht eine Verarmung des betroffenen Lebensraumes. Wenn eine Bestäuberart verschwindet, kann in vielen Fällen eine andere deren Aufgabe übernehmen.<sup>115</sup> Verschwinden jedoch Bestäuber, die viele verschiedene Pflanzenarten besuchen (z.B. Honigbienen oder Hummeln), kann dies zu Populationsrückgängen bestimmter Pflanzenarten führen.<sup>116,117</sup> Denn geringere Individuenzahlen und der Verlust einzelner Bestäuberarten führen zu weniger Blütenbesuchen und damit zu einem geringeren Samenansatz.<sup>46,118</sup>



Eine nachhaltige Imkerei und ein bewusster Einbezug der Ansprüche der Bestäuber in die landwirtschaftliche Praxis fördern die Bestäubung von Kultur- und Wildpflanzen.

Eine geringe Bestäubung kann auch auf die Fragmentierung des Lebensraumes zurückgehen.<sup>107,119,120</sup> Diese erschwert es den Bestäubern, zwischen Nistplätzen und Nahrungsquellen hin und her zu wechseln.

Insgesamt bestehen aber noch grosse Wissenslücken zu den Auswirkungen des Bestäuberrückgangs auf Wildpflanzen oder ganze Ökosysteme.

## Massnahmen

In der Schweiz werden bereits wirksame Massnahmen für Bestäuber umgesetzt (z.B. ökologische Ausgleichsflächen, Konzept für die Bienenförderung).<sup>103,112,121</sup> Um die Vielfalt der Bestäuber zu erhalten und ihre Leistungen für die landwirtschaftliche Produktion und Ökosysteme langfristig zu sichern, müssten aber weitergehende Massnahmen ergriffen werden. Dabei sollten Wildbestäuber und Honigbienen möglichst gemeinsam gefördert werden, denn ihre Rückgänge haben zum Teil dieselben Ursachen.<sup>21</sup> Eine grosse Vielfalt an Lebensräumen, ein vielfältiges, hohes und kontinuierliches Blütenangebot von Frühjahr bis Herbst, ein hohes Angebot an Kleinstrukturen sowie ein zurückhaltender Einsatz von Pestiziden, Herbiziden und Dünger sind wichtig für Bestäuber.<sup>29,58,121-124</sup> Zusätzlich sollten Haltung und Zucht der Honigbiene in nachhaltiger Weise erfolgen.<sup>112</sup>

Erfolgreich getestete Massnahmen<sup>125-131</sup> lassen sich relativ einfach umsetzen. So haben bereits kleinere Flächen mit einem vielfältigen Blütenangebot<sup>103,127</sup> oder blühende Wildpflanzen auf Ackerflächen<sup>131,132</sup> positive Effekte auf die Bestäuber, was wiederum die Bestäubung von Kulturen fördert.<sup>133</sup>

### Allgemeine Massnahmen

- Minimierung des Lebensraumverlustes<sup>55</sup> und Neuschaffung blüten- und kleinstruktureicher Flächen<sup>72</sup>
- Anreize für Bestäuber-fördernde Massnahmen (z. B. Beiträge für Blühstreifen)
- Verschärfung der Zulassungsverfahren von Pestiziden auch unter Berücksichtigung nicht-tödlicher Auswirkungen bei Honigbienen und anderen Bestäubern<sup>38, 58, 134–136</sup>

### Wissensvermittlung, Bildung und Beratung

- Verstärkte Ausbildung und Beratung bezüglich des Schutzes und der Förderung von Bestäubern für alle relevanten Berufe und Tätigkeiten (z. B. [www.bluehende-landschaft.de](http://www.bluehende-landschaft.de)),<sup>112</sup> inklusiv der Lehre an Hochschulen
- Verbesserung der Kommunikation zwischen Wissenschaft, Politik und Praxis<sup>134, 137</sup>
- Information der Öffentlichkeit mit Bildungsprojekten wie z. B. HOBOS ([www.hobos.de](http://www.hobos.de))

### Landwirtschaft

- Bestäuberfreundliche Bewirtschaftung der Kulturen (z. B. bienenschonender Einsatz von Pflanzenschutzmitteln,<sup>138</sup> Reduktion des Pestizid-, Herbizid- und Stickstoffeinsatzes, gestaffelte Mahd, bienenschonende Mähtechnik<sup>29, 139, 140</sup>)
- Erhaltung und Anlage blüten- und kleinstruktureicher Flächen möglichst in Abständen von weniger als 200 – 300 Metern<sup>29, 55, 72, 126, 138, 141–144</sup>

- Einplanung von Honigbienen und Wildbestäubern bei der Bewirtschaftung<sup>21, 143, 144</sup>

### Siedlungsraum

- Bestäuberfreundliche Gestaltung und Unterhalt von Grünanlagen, Verkehrsrandflächen, Industriearealen und privaten Gärten<sup>29, 127</sup>
- Schaffung von Netzwerken mit blüten- und kleinstruktureichen Flächen und einem hohen Anteil unversiegelter Böden<sup>29</sup>

### Honigbienenhaltung

- Nachhaltige, die Gesundheit der Honigbienen fördernde Haltung und Zucht<sup>71, 145</sup>

### Forschung und Monitoring

- Analyse der aktuellen Gefährdungssituation der Wildbestäuber (Rote Liste)<sup>134, 137</sup>
- Überwachung der Honigbienen- und Wildbestäuberbestände<sup>134, 137</sup>
- Erarbeitung von Massnahmen für eine nachhaltige Imkerei<sup>112, 146</sup>
- Forschung zur Ökologie und Gesundheit der Bestäuber,<sup>55, 57, 58, 137, 138</sup> insbesondere zu kurz- bis langfristigen Einflüssen von potenziellen und teilweise wechselwirkenden Gefährdungsfaktoren<sup>58, 61, 134</sup>
- Untersuchung der Ursachen für die Verluste von Honigbienenvölkern<sup>58</sup>

## Fazit

- **Bedeutung:** Viele Kulturpflanzen sind entweder vollständig auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen, oder der Ertrag und die Qualität ihrer Früchte und Samen werden durch die tierische Bestäubung erhöht.
- **Wert der Vielfalt:** Bestäuber ergänzen sich in ihrer Leistung: Eine hohe Vielfalt an Bestäubern fördert Stabilität, Quantität und Qualität der Bestäubung und die Produktivität von Kulturen.
- **Rückgänge:** In verschiedenen Regionen der Welt inklusive Mitteleuropa und der Schweiz wurden teils bedenkliche Abnahmen sowohl der Honigbiene als auch der Wildbestäuber beobachtet.
- **Ursachen und Folgen:** Der Rückgang der Bestäuber wird durch Lebensraumverlust, mangelndes Angebot an Blüten (Nahrung) und Kleinstrukturen (Nistplätze) sowie Krankheiten, Parasiten und Pflanzenschutzmittel verursacht. Allerdings kommt es in

der Schweiz wohl derzeit noch nicht zu relevanten Produktionseinbussen. Ausnahmen können allerdings in bestäuber-abhängigen Intensivkulturen auftreten.

- **Massnahmenbedarf:** Soll die Vielfalt der Bestäuber gefördert und eine langfristig stabile Bestäubungsleistung erhalten werden, sind Massnahmen nötig. Im Zentrum stehen dabei die Minimierung des Lebensraumverlustes, die Neuschaffung blüten- und struktureicher Flächen sowie Sicherstellung der Gesundheit der Bestäuber.

## Literatur

<sup>1–146</sup> Eine Version des Factsheets mit Literaturangaben findet sich unter [www.biodiversity.ch/d/publications/position\\_papers](http://www.biodiversity.ch/d/publications/position_papers)

### IMPRESSUM

#### AUTOREN

Jodok Guntern<sup>1</sup>, Maiann Suhner<sup>1</sup>,  
Peter Neumann<sup>2</sup>, Andreas Müller<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Forum Biodiversität Schweiz,  
Akademie der Naturwissenschaften Schweiz

<sup>2</sup> Institut für Bienengesundheit, Universität Bern

<sup>3</sup> Institut für Agrarwissenschaften, ETH Zürich

#### REVIEWER

Jean-Daniel Charrière (Agroscope, Zentrum für Bienenforschung), Jürgen Tautz (Biozentrum Universität Würzburg, BEEgroup), Ingolf Steffan-Dewenter (Biozentrum Universität Würzburg, Lehrstuhl für Tierökologie und Tropenbiologie)

#### HERAUSGEBER UND KONTAKT

Akademie der Naturwissenschaften Schweiz  
(SCNAT), Forum Biodiversität Schweiz  
Schwarztorstrasse 9, 3007 Bern  
Tel. +41 (0)31 312 02 75  
[biodiversity@scnat.ch](mailto:biodiversity@scnat.ch), [www.biodiversity.ch](http://www.biodiversity.ch)

#### GRAFIK UND GESTALTUNG

[aplus.caruso.kaeppli.gmbh](http://aplus.caruso.kaeppli.gmbh), Olivia Zwygart

#### BILDNACHWEIS

[photocase.com](http://photocase.com); ETH Zürich/Albert Krebs; [zoonar.de](http://zoonar.de)

[www.akademien-schweiz.ch/factsheets](http://www.akademien-schweiz.ch/factsheets)

#### ZITIERVORSCHLAG

Akademien der Wissenschaften Schweiz (2014)  
Bienen und andere Bestäuber: Bedeutung für  
Landwirtschaft und Biodiversität. Swiss Academies  
Factsheets 9 (1).

Dieses Factsheet wurde vom Forum Biodiversität der Akademie der Naturwissenschaften erarbeitet.

sc | nat 

Swiss Academy of Sciences  
Akademie der Naturwissenschaften  
Accademia di scienze naturali  
Académie des sciences naturelles

## Literaturverzeichnis

- 1 Klein A-M, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274: 303–313.
- 2 Williams IH (1994) The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agricultural Zoology Reviews* 6: 229–257.
- 3 Tscharntke T, Dormann CF, Holzschuh A, Klein A-M, Thies C (2010) Bedeutung und Management der Bestäubung in Kulturlandschaften. *Fokus Biodiversität. Wie Biodiversität in der Kulturlandschaft erhalten und nachhaltig genutzt werden kann.* oekom, München, pp 175–180.
- 4 Aizen MA, Garibaldi LA, Cunningham SA, Klein A-M (2009) How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany* 103: 1579–1588.
- 5 Eilers EJ, Kremen C, Smith Greenleaf S, Garber AK, Klein A-M (2011) Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLoS one* 6: e21363.
- 6 Aizen MA, Garibaldi LA, Cunningham SA, Klein A-M (2008) Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current Biology* 18: 1572–1575.
- 7 Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J, Dormann CF (2012) Spatial and temporal trends of global pollination benefit. *PLoS one* 7: e35954.
- 8 Breeze T, Bailey A (2011) Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 142: 1–14.
- 9 Gallai N, Salles J-M, Settele J, Vaissière BE (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68: 810–821.
- 10 Fluri P, Frick R (2005) L'apiculture en Suisse: état et perspectives. *Revue Suisse d'Agriculture* 12: 104–109.
- 11 Fluri P, Schenk P, Frick R (2004) Bienenhaltung in der Schweiz. *ALP forum* 8: 1–52.
- 12 Losey JE, Vaughan M (2006) The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience* 56: 311–323.
- 13 Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, et al (2013) Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science* 339: 1608–1611.
- 14 Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Kremen C, et al (2011) Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* 14: 1062–1072.
- 15 Ollerton J, Winfree R, Tarrant S (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321–326.
- 16 Van der Niet T, Johnson SD (2012) Phylogenetic evidence for pollinator-driven diversification of angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution* 27: 353–361.
- 17 Klein A-M, Steffan-Dewenter I, Tscharntke T (2003) Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 270: 955–961.
- 18 Albrecht M, Schmid B, Hautier Y, Müller C (2012) Diverse pollinator communities enhance plant reproductive success. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 4845–4852.
- 19 Höhn P, Tscharntke T, Tylianakis JM, Steffan-Dewenter I (2008) Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275: 2283–2291.
- 20 Winfree R, Kremen C (2009) Are ecosystem services stabilized by differences among species? A test using crop pollination. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276: 229–237.
- 21 Aebi A, Vaissière BE, VanEngelsdorp D, Delaplane KS, Roubik DW, Neumann P (2012) Back to the future: *Apis* versus non-*Apis* pollination – a response to Ollerton et al. *Trends in Ecology & Evolution* 27: 142–143.
- 22 Holzschuh A, Dudenhöffer J-H, Tscharntke T (2012) Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biological Conservation* 153: 101–107.
- 23 Rader R, Edwards W, Westcott DA, Cunningham SA (2013) Diurnal effectiveness of pollination by bees and flies in agricultural *Brassica rapa*: Implications for ecosystem resilience. *Basic and Applied Ecology* 14: 20–27.
- 24 Amiet F, Krebs A (2012) *Bienen Mitteleuropas. Gattungen, Lebensweise, Beobachtung.* Haupt Verlag AG, Bern, pp 424.
- 25 Brittain C, Kremen C, Klein A-M (2013) Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Global Change Biology* 19: 540–547.
- 26 Corbett S, Fussell M, Ake R, Fraser A, Gunson C, Savage A, Smith K (1993) Temperature and the pollinating activity of social bees. *Ecological Entomology* 18: 17–30.
- 27 Vicens N, Bosch J (2000) Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology* 29: 413–420.
- 28 Kremen C, Williams NM, Thorp RW (2002) Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 16812–16816.
- 29 Zurbuchen A, Müller A (2012) *Wildbienschutz – von der Wissenschaft zur Praxis.* Bristol Stiftung, Zürich; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, pp 162.

- 30 FAO (2008) Rapid Assessment of Pollinators' Status. A Contribution to the International Initiative for the Conservation and Sustainable Use of Pollinators. Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Rome, pp 112.
- 31 Greenleaf SS, Kremen C (2006) Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103: 13890–13895.
- 32 Brittain C, Williams NM, Kremen C, Klein A-M (2013) Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280: 1471–2954.
- 33 Neumann P, Carreck NL (2010) Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research* 49: 1–6.
- 34 Charrière J-D, Neumann P (2010) Surveys to estimate winter losses in Switzerland. *Journal of Apicultural Research* 49: 132–133.
- 35 Van der Zee R, Pisa L, Andonov S, et al (2012) Managed honey bee colony losses in Canada, China, Europe, Israel and Turkey, for the winters of 2008-9 and 2009-10. *Journal of Apicultural Research* 51: 100–114.
- 36 Sieber R, Charrière J-D (2013) Geringere Winterverluste 2012/2013. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 136: 26–27.
- 37 Sieber R, Charrière J-D (2012) Massive Völkerverluste im vergangenen Winter. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 135: 14–17.
- 38 Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution* 25: 345–53.
- 39 Spleen AM, Lengerich EJ, Rennich K, Caron D, Rose R, Pettis JS, Henson M, Wilkes JT, Wilson M, Stitzinger J, Lee K, Andree M, Snyder R, VanEngelsdorp D (2013) A national survey of managed honey bee 2011-12 winter colony losses in the United States: results from the Bee Informed Partnership. *Journal of Apicultural Research* 52: 44–53.
- 40 VanEngelsdorp D, Caron D, Hayes J, Underwood R, Henson M, Rennich K, Spleen AM, Andree M, Snyder R, Lee K, Roccasecca K, Wilson M, Wilkes JT, Lengerich EJ, Pettis JS (2012) A national survey of managed honey bee 2010-11 winter colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership. *Journal of Apicultural Research* 51: 115–124.
- 41 VanEngelsdorp D, Meixner MD (2010) A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology* 103: 80–95.
- 42 Potts SG, Roberts SPM, Dean R, Marris G, Brown M, Jones R, Neumann P, Settele J (2010) Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research* 49: 15–22.
- 43 Jaffé R, Dietemann V, Allsopp MH, Costa C, Crewe RM, Dall'olio R, De la Rúa P, El-Niweiri MAA, Fries I, Kezic N, Meusel MS, Paxton RJ, Shaibi T, Stolle E, Moritz RFA (2010) Estimating the density of honeybee colonies across their natural range to fill the gap in pollinator decline censuses. *Conservation Biology* 24: 583–593.
- 44 Moritz RFA, Kraus FB, Kryger P, Crewe RM (2007) The size of wild honeybee populations (*Apis mellifera*) and its implications for the conservation of honeybees. *Journal of Insect Conservation* 11: 391–397.
- 45 Kraus B, Page RE (1995) Effect of *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae) on feral *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in California. *Environmental Entomology* 24: 1473–1480.
- 46 Burkle LA, Marlin JC, Knight TM (2013) Plant-pollinator interactions over 120 years: loss of species, co-occurrence, and function. *Science* 339: 1611–1615.
- 47 Cameron SA, Lozier JD, Strange JP, Koch JB, Cordes N, Solter LF, Griswold TL (2011) Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108: 662–667.
- 48 Bommarco R, Lundin O, Smith HG, Rundlöf M (2012) Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 309–315.
- 49 Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, Schaffers a P, Potts SG, Kleukers R, Thomas CD, Settele J, Kunin WE (2006) Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313: 351–354.
- 50 Bommarco R, Biesmeijer JC, Meyer B, Potts SG, Pöyry J, Roberts SPM, Steffan-Dewenter I, Öckinger E (2010) Dispersal capacity and diet breadth modify the response of wild bees to habitat loss. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277: 2075–2082.
- 51 Amiet F (1994) Rote Liste der gefährdeten Bienen der Schweiz. Rote Listen der gefährdeten Tierarten in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, pp 38–44.
- 52 Settele J, Kudrna O, Harpke A, Kuehn I, van Swaay C, Verovnik R, Warren MS, Wiemers M, Hanspach J, Hickler T, Kühn E, van Halder I, Veling K, Vliegthart A, Wynhoff I, Schweiger O (2008) Climatic risk atlas of european butterflies. BIORISK – Biodiversity and Ecosystem Risk Assessment. Pensoft, Sofia-Moscow, pp 710.
- 53 European Environment Agency (2013) The european grassland butterfly indicator: 1990–2011. EEA Technical report. pp 34.
- 54 Carvalheiro LG, Kunin WE, Keil P, et al (2013) Species richness declines and biotic homogenisation have slowed down for NW-European pollinators and plants. *Ecology Letters* 16: 870–878.
- 55 Brown MJF, Paxton RJ (2009) The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie* 40: 410–416.
- 56 Winfree R, Aguilar R, Vázquez DP, Leuhn G, Aizen MA (2009) A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90: 2068–2076.
- 57 Steffan-Dewenter I, Schiele S (2008) Do resources or natural enemies drive bee population dynamics in fragmented habitats? *Ecology* 89: 1375–1387.
- 58 Vanbergen AJ, The Insect Pollinators Initiative (2013) Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: 251–259.

- 59 Szabo ND, Colla SR, Wagner DL, Gall LF, Kerr JT (2012) Do pathogen spillover, pesticide use, or habitat loss explain recent North American bumblebee declines? *Conservation Letters* 5: 232–239.
- 60 Vidau C, Diogon M, Aufauvre J, Fontbonne R, Viguès B, Brunet J-L, Texier C, Biron DG, Blot N, El Alaoui H, Belzunces LP, Delbac F (2011) Exposure to sublethal doses of fipronil and thiacloprid highly increases mortality of honeybees previously infected by *Nosema ceranae*. *PLoS one* 6: e21550.
- 61 González-Varo JP, Biesmeijer JC, Bommarco R, Potts SG, Schweiger O, Smith HG, Steffan-Dewenter I, Szentgyörgyi H, Woyciechowski M, Vilà M (2013) Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends in Ecology & Evolution* 28: 524–530.
- 62 Fauser-Misslin A, Sadd BM, Neumann P, Sandrock C (2013) Influence of combined pesticide and parasite exposure on bumblebee colony traits in the laboratory. *Journal of Applied Ecology*, in press.
- 63 Pettis JS, VanEngelsdorp D, Johnson J, Dively G (2012) Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. *Die Naturwissenschaften* 99: 153–158.
- 64 Dainat B, Evans JD, Chen YP, Gauthier L, Neumann P (2012) Predictive markers of honey bee colony collapse. *PLoS one* 7: e32151.
- 65 Dainat B, Evans JD, Chen YP, Gauthier L, Neumann P (2012) Dead or alive: deformed wing virus and *Varroa destructor* reduce the life span of winter honeybees. *Applied and Environmental Microbiology* 78: 981–987.
- 66 Genersch E, von der Ohe W, Kaatz H, Schröder A, Otten C, Büchler R, Berg S, Ritter W, Mühlen W, Gisder S, Meixner M, Liebig G, Rosenkranz P (2010) The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie* 41: 332–352.
- 67 Rúa P, Jaffé R, Muñoz I (2013) Conserving genetic diversity in the honeybee: Comments on Harpur et al. (2012). *Molecular Ecology* 22: 3208–3210.
- 68 Meixner MD, Costa C, Kryger P, Hatjina F, Bouga M, Ivanova E, Büchler R (2010) Conserving diversity and vitality for honey bee breeding. *Journal Of Apicultural Research* 49: 85–92.
- 69 Mattila HR, Seeley TD (2007) Genetic diversity in honey bee colonies enhances productivity and fitness. *Science* 317: 362–364.
- 70 Evison SEF, Fazio G, Chappell P, Foley K, Jensen AB, Hughes WOH (2013) Host-parasite genotypic interactions in the honey bee: the dynamics of diversity. *Ecology and Evolution* 3: 2214–2222.
- 71 Brodschneider R, Crailsheim K (2010) Nutrition and health in honey bees. *Apidologie* 41: 278–294.
- 72 Decourtye A, Mader E, Desneux N (2010) Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. *Apidologie* 41: 264–277.
- 73 Roulston TH, Goodell K (2011) The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review of Entomology* 56: 293–312.
- 74 Larsson M, Franzen M (2007) Critical resource levels of pollen for the declining bee *Andrena hattorfiana* (Hymenoptera, Andrenidae). *Biological Conservation* 134: 405–414.
- 75 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.
- 76 Henry M, Béguin M, Requier F, Rollin O, Odoux J-F, Aupinel P, Aptel J, Tchamitchian S, Decourtye A (2012) A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science* 336: 348–350.
- 77 Krupke CH, Hunt GJ, Eitzer BD, Andino G, Given K (2012) Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. *PLoS one* 7: e29268.
- 78 Whitehorn PR, O'Connor S, Wackers FL, Goulson D (2012) Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science* 336: 351–352.
- 79 Blacquièrre T, Smagghe G, van Gestel CAM, Mommaerts V (2012) Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology* 21: 973–992.
- 80 Gill RJ, Ramos-Rodríguez O, Raine NE (2012) Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature* 491: 105–108.
- 81 Brittain C, Potts SG (2011) The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. *Basic and Applied Ecology* 12: 321–331.
- 82 Sandrock C, Tanadini LG, Pettis JS, Biesmeijer JC, Potts SG, Neumann P (2013) Sublethal neonicotinoid insecticide exposure reduces solitary bee reproductive success. *Agricultural and Forest Entomology*. In press.
- 83 Elston C, Thompson HM, Walters KFA (2013) Sub-lethal effects of thiamethoxam, a neonicotinoid pesticide, and propiconazole, a DMF fungicide, on colony initiation in bumblebee (*Bombus terrestris*) micro-colonies. *Apidologie* 44: 563–574.
- 84 Laycock I, Lenthall KM, Barratt AT, Cresswell JE (2012) Effects of imidacloprid, a neonicotinoid pesticide, on reproduction in worker bumble bees (*Bombus terrestris*). *Ecotoxicology* 21: 1937–1945.
- 85 Mommaerts V, Reynders S, Boulet J, Besard L, Sterk G, Smagghe G (2010) Risk assessment for side-effects of neonicotinoids against bumblebees with and without impairing foraging behavior. *Ecotoxicology* 19: 207–215.
- 86 Cresswell JE, Page CJ, Uygun MB, Holmbergh M, Li Y, Wheeler JG, Laycock I, Pook CJ, de Ibarra NH, Smirnoff N, Tyler CR (2012) Differential sensitivity of honey bees and bumble bees to a dietary insecticide (imidacloprid). *Zoology* 115: 365–371.
- 87 Scott-Dupree CD, Conroy L, Harris CR (2009) Impact of currently used or potentially useful insecticides for canola agroecosystems on *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae), *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae), and *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Economic Entomology* 102: 177–182.

- 88 Lachat T, Blaser F, Bösch R, Bonnard L, Gimmi U, Grünig A, Roulier C, Gioia S, Stöcklin J, Volkart G (2010) Verlust wertvoller Lebensräume. Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Bristol-Stiftung, Zürich; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, pp 22–63.
- 89 Gabriel D, Tschardt T (2007) Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118: 43–48.
- 90 Stoate C, Boatman ND, Borralho RJ, Rio Carvalho C, de Snoo GR, Eden P (2001) Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63: 337–365.
- 91 BAFU (2011) Stickstoffeintrag aus der Luft verändert Vielfalt. BDM-FACTS 3: 1–4.
- 92 Ewald K, Klaus G (2009) Die ausgewechselte Landschaft. Vom Umgang der Schweiz mit ihrer wichtigsten natürlichen Ressource. Haupt Verlag, Bern, pp 752.
- 93 Walter T, Klaus G, Altermatt F, et al. (2010) Landwirtschaft. Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Bristol-Stiftung, Zürich; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, pp 64–122.
- 94 Steffan-Dewenter I, Tschardt T (1999) Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia* 121: 432–440.
- 95 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. *Biological Conservation* 143: 669–676.
- 96 Marion B, Helmut H, Angelika S (2008) Analysis of pollen loads in a wild bee community (Hymenoptera: Apidae) – a method for elucidating habitat use and foraging distances. *Apidologie* 39: 456–467.
- 97 Ghazoul J (2005) Pollen and seed dispersal among dispersed plants. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 80: 413–443.
- 98 Tschardt T, Klein A-M, Krüss A, Steffan-Dewenter I, Thies C (2005) Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857–874.
- 99 Zurbuchen A, Cheesman S, Klaiber J, Müller A, Hein S, Dorn S (2010) Long foraging distances impose high costs on offspring production in solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 79: 674–681.
- 100 Peterson JH, Roitberg BD (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.
- 101 Ricketts TH, Regetz J, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Bogdanski A, Gemmill-Herren B, Greenleaf SS, Klein A-M, Mayfield MM, Morandin L, Ochieng' A, Potts SG, Viana BF (2008) Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters* 11: 499–515.
- 102 Krewenka KM, Holzschuh A, Tschardt T, Dormann CF (2011) Landscape elements as potential barriers and corridors for bees, wasps and parasitoids. *Biological Conservation* 144: 1816–1825.
- 103 Albrecht M, Duelli P, Müller C, Kleijn D, Schmid B (2007) The Swiss agri-environment scheme enhances pollinator diversity and plant reproductive success in nearby intensively managed farmland. *Journal of Applied Ecology* 44: 813–822.
- 104 Aizen MA, Sabatino M, Tylianakis JM (2012) Specialization and rarity predict nonrandom loss of interactions from mutualist networks. *Science* 335: 1486–1489.
- 105 Allen-Wardell G, et al. (1998) The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology* 12: 8–17.
- 106 Kremen C, Ricketts TH (2000) Global perspectives on pollination disruptions. *Conservation Biology* 14: 1226–1228.
- 107 Ghazoul J (2005) Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology & Evolution* 20: 367–73.
- 108 Steffan-Dewenter I, Potts SG, Packer L (2005) Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology & Evolution* 20: 651–652.
- 109 Richards A (2001) Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? *Annals of Botany* 88: 165–172.
- 110 Kevan PG, Phillips TP (2001) The economic impacts of pollinator declines: An approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology* 5: 1–15.
- 111 Abrol DP (2012) Pollination biology. Biodiversity conservation and agricultural production. Springer, pp 792.
- 112 BLW (2008) Konzept für die Bienenförderung in der Schweiz. Bericht der vom BLW beauftragten Arbeitsgruppe zur Motion Gadiant «Förderung der Bienen in der Schweiz.» Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern, pp 46.
- 113 Kleijn D, Raemakers I (2008) A retrospective analysis of pollen host plant use by stable and declining bumble bee species. *Ecology* 89: 1811–1823.
- 114 Carvell C, Roy D, Smart SM, Pywell RF, Preston CD, Goulson D (2006) Declines in forage availability for bumblebees at a national scale. *Biological Conservation* 132: 481–489.
- 115 Bascompte J, Jordano P, Melián CJ, Olesen JM (2003) The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100: 9383–9387.
- 116 Memmott J, Waser NM, Price M V (2004) Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271: 2605–2611.
- 117 Kaiser-Bunbury CN, Muff S, Memmott J, Müller C, Cafisch A (2010) The robustness of pollination networks to the loss of species and interactions: a quantitative approach incorporating pollinator behaviour. *Ecology Letters* 13: 442–452.
- 118 Brosi BJ, Briggs HM (2013) Single pollinator species losses reduce floral fidelity and plant reproductive function. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 13044–13048.



- 119 Aguilar R, Ashworth L, Galetto L, Aizen MA (2006) Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters* 9: 968–980.
- 120 Goverde M, Schweizer K, Baur B, Erhardt A (2002) Small-scale habitat fragmentation effects on pollinator behaviour: experimental evidence from the bumblebee *Bombus veteranus* on calcareous grasslands. *Biological Conservation* 104: 293–299.
- 121 Knop E, Kleijn D, Herzog F, Schmid B (2006) Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. *Journal of Applied Ecology* 43: 120–127.
- 122 Billeter RC, Liira J, Bailey D, et al (2007) Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* 45: 141–150.
- 123 Steffan-Dewenter I, Münzenberg U, Bürger C, Thies C, Tscharrntke T (2002) Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology* 83: 1421–1432.
- 124 Aviron S, Herzog F, Klaus I, Schüpbach B, Jeanneret P (2011) Effects of wildflower strip quality, quantity, and connectivity on butterfly diversity in a Swiss arable landscape. *Restoration Ecology* 19: 500–508.
- 125 Carvell C, Pywell RF, Meek B, Heard MS, Nowakowski M (2004) Enhancing habitats for bumblebees and other pollinators in intensive agricultural landscapes. RAPS Case study contribution 1–7.
- 126 Carvell C, Meek WR, Pywell RF, Goulson D, Nowakowski M (2006) Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. *Journal of Applied Ecology* 44: 29–40.
- 127 Dicks L V, Showler DA, Sutherland WJ (2010) Bee conservation: evidence for the effects of interventions. Centre for evidence based conservation, pp 116.
- 128 Smith BM, Hughes B, Gill JA, Holland JM (2013) Do legume-rich habitats provide improved farmland biodiversity resources and services in arable farmland? *Aspects of Applied Biology* 118: 239–246.
- 129 Scheper J, Holzschuh A, Kuussaari M, Potts SG, Rundlöf M, Smith HG, Kleijn D (2013) Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss – a meta-analysis. *Ecology Letters* 16: 912–920.
- 130 Batary P, Baldi A, Saropataki M, Kohler F, Verhulst J, Knop E, Herzog F, Kleijn D (2010) Effect of conservation management on bees and insect-pollinated grassland plant communities in three European countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 136: 35–39.
- 131 Holzschuh A, Steffan-Dewenter I, Tscharrntke T (2008) Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos* 117: 354–361.
- 132 Carvalheiro LG, Veldtman R, Shenkute AG, Tesfay GB, Pirk CWW, Donaldson JS, Nicolson SW (2011) Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity. *Ecology Letters* 14: 251–259.
- 133 Blitzer EJ, Dormann CF, Holzschuh A, Klein A-M, Rand T a., Tscharrntke T (2012) Spillover of functionally important organisms between managed and natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 146: 34–43.
- 134 Vanbergen AJ, et al. (2012) Insect pollinators: linking research and policy. Workshop report. Church House Conference Centre, Dean's Yard, Westminster, London 14 February 2012. pp 35.
- 135 Thompson HM, Hunt L V. (1999) Extrapolating from honeybees to bumblebees in pesticide risk assessment. *Ecotoxicology* 8: 147–166.
- 136 European Food Safety Authority (2013) Guidance on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus spp.* and solitary bees). *EFSA Journal* 11: 266.
- 137 Grünewald B (2010) Is pollination at risk? Current threats to and conservation of bees. *GAIA* 19: 61–67.
- 138 Murray TE, Kuhlmann M, Potts SG (2009) Conservation ecology of bees: populations, species and communities. *Apidologie* 40: 211–236.
- 139 Fluri P, Frick R, Jaun A (2000) Bienenverluste beim Mähen mit Rotationsmäherwerken. Schweizerisches Zentrum für Bienenforschung, Mitteilung 39: 1–21.
- 140 Humbert J-Y, Richner N, Sauter J, Walter T, Ghazoul J (2010) Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna. *ART-Bericht* 724: 1–12.
- 141 Gathmann A, Tscharrntke T (2002) Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* 71: 757–764.
- 142 Kohler F, Verhulst J, Van Klink R, Kleijn D (2007) At what spatial scale do high-quality habitats enhance the diversity of forbs and pollinators in intensively farmed landscapes? *Journal of Applied Ecology* 45: 753–762.
- 143 Schindler M, Peters B (2011) Eignen sich die Mauerbienen *Osmia bicornis* und *Osmia cornuta* als Bestäuber im Obstbau? *Erwerbs-Obstbau* 52: 111–116.
- 144 Smith P, Ashmore M, Black H, et al (2011) Regulating Services. UK National Ecosystem Assessment: Technical Report. pp 535–596.
- 145 De la Rúa P, Jaffé R, Dall'Olio R, Muñoz I, Serrano J (2009) Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. *Apidologie* 40: 263–284.
- 146 Diemann V, Pflugfelder J, Anderson D, et al (2012) *Varroa destructor*: research avenues towards sustainable control. *Journal of Apicultural Research* 51: 125–132.