



© Krahnstöver

Literaturstudie zum Thema Bienengesundheit:

Geht es den Bienen in Städten
beziehungsweise stadtnahen Gebieten
besser als auf dem Land?

Im Auftrag der Bundestagsfraktion
Bündnis 90/ Die Grünen

Autoren:
Monika Krahnstöver ¹ &
Dr. Benedikt Polaczek ²

¹ E-Mail: monika.krahnstoever@gmx.de
Abschluss des Studiums der Veterinärmedizin

² E-Mail: benedikt.polaczek@gmx.de
Imkermeister

Januar 2017

Inhalt

Zusammenfassung	1
Einleitung	4
Bienenpopulationen in „Stadt“ und „Land“	5
Bestäubungsleistung von Bienen	9
Ursachen für den Artenrückgang	10
Landschaftsstrukturelle Unterschiede von „Stadt“ und „Land“	12
Pflanzenangebot von Stadt und Land und die Auswirkungen auf Bienen	14
Krankheiten von Honigbienen in „Stadt“ und „Land“	19
Belastungen durch Pflanzenschutzmittel sowie deren Auswirkungen auf die Bienengesundheit	21
Rückstände in Bienenprodukten von Honigbienen in „Stadt“ und „Land“	25
Gesundheitszustände der Bienen von „Stadt“ und „Land“ im direkten Vergleich	27
Zukünftige Untersuchungen zur Bienengesundheit	29
Literaturverzeichnis	31

Zusammenfassung

Über die letzten Jahrzehnte wurde in Deutschland ein deutlicher Rückgang von Insekten beobachtet, welcher sich ebenfalls in den Populationsgrößen von Bienen widerspiegelt und bereits zu Verlusten von ganzen Arten geführt hat. In Deutschland sind mittlerweile über die Hälfte aller Bienenarten gefährdet.

Eine der bekanntesten und zugleich die einzige Bienenart, die zur Honiggewinnung genutzt werden kann, ist die Honigbiene. Seit geraumer Zeit ist die Haltung der Honigbiene vor allem in Städten stark angestiegen, welches maßgeblich zur Erholung der Populationszahlen in Deutschland beigetragen hat. Nichtsdestotrotz, der starke Rückgang der Populationen insgesamt sowie die Beobachtungen von Bienenhaltern weisen auf eine Gesundheitsproblematik der Bienen hin. Als logische Konsequenz stellt sich die Frage

nach dem wirklichen Gesundheitszustand der Biene. Wie aber lässt sich dieser Gesundheitszustand erfassen?

Um diesbezüglich Aussagen treffen zu können müssen besonders die Populationszahlen, die Niststellen, die Pollen- und Nektarquellen, sowie Krankheiten, Parasiten und Kontakte mit belastenden Stoffen untersucht werden. Honigbienen werden in der Stadt sowie auf dem Land durch Imker in Bienenstöcken gehalten, wodurch sie im Gegensatz zu anderen Bienenarten vergleichbaren Nistplatzvoraussetzungen ausgesetzt sind. Dies ist eine wichtige Grundvoraussetzung um aussagekräftige Vergleiche über Existenzbedingungen der Honigbiene in beiden unterschiedlichen Habitaten (Stadt versus Land) treffen zu können. Das in diesem Artikel beschriebene Thema der Bienengesundheit offenbart ein immer wichtiger werdendes Forschungsfeld, um Auswirkungen von Umwelteinflüssen durch beispielsweise landwirtschaftliche Nutzungsintensität besser beurteilen zu können.

Kurzum: Die zunehmende landwirtschaftliche Nutzungsintensität scheint zu einer Reduktion bienenfreundlicher Vegetation und damit zu Mängeln in der Nahrungsversorgung von Bienen zu führen. Dies kann mit mangelnder Vielfalt und der zeitlich begrenzten Verfügbarkeit von blühenden Pflanzen in landwirtschaftlichen Gebieten begründet werden. Im Zusammenhang mit intensiver Landwirtschaft wurden bereits Nahrungsengpässe für Honigbienen beschrieben. Dabei spielt neben der Menge auch die Qualität der Nahrung eine Rolle. Entstehende Nahrungsmängel führen zur Schwächung der Bienen, zu einer verminderten Reproduktion und können bis zum Sterben ganzer Bienenvölker führen. Diesen - zumindest temporär auftretenden Mangelerscheinungen - ist die Kontinuität und Blütenvielfalt in städtischen Lebensräumen, wie zum Beispiel in Gärten und Parks, entgegenzusetzen. Folglich können Honigbienen in Siedlungsgebieten über einen längeren Zeitraum Nahrung sammeln. Die Auswirkungen durch Unterschiede der Nahrungsverfügbarkeit auf die Honigbienen sind deutlich: Ihre Honigerträge sind in urbanen Gebieten doppelt so hoch wie in landwirtschaftlichen Gebieten.

Zusätzlich zum reduzierten Nahrungsangebot der Landwirtschaft erschwert der Kontakt mit Pflanzenschutzmitteln das Überleben der Biene. Selbst bei geringer Dosierung können

lebensnotwendige Funktionen von Bienen ausfallen. Die deutlich geringere Exposition von Bestäubern mit Pflanzenschutzmitteln in Stadtgebieten ist ein wichtiger Teilfaktor, der zur Erklärung der gesünderen Lebensbedingungen von Bienen in urbanen Räumen beiträgt.

Der Standort Stadt kann für viele Bienenarten einen Lebensraum bieten. Jedoch birgt die zunehmende Entwicklung der Honigbienenhaltung in der Stadt ebenfalls Nachteile für die Honigbiene. Mit zunehmender Urbanisierung zeichnen sich Gesundheitsrisiken für die Honigbiene ab, welche unter anderem mit einer höheren Bienendichte, steigender Unerfahrenheit der Bienenhalter sowie erhöhtem Krankheitsaufkommen zu erklären sind.

Ausdrücklich muss darauf hingewiesen werden, dass beide Standorte, urbaner und landwirtschaftlicher Raum, für Bienen einen Kompromiss darstellen. Im ländlichen Raum nimmt die Zahl dieser Bestäuber jedoch stetig ab und es zeigen sich bereits Bestäubungsdefizite, obwohl gerade hier die Bestäubungsleistung für die Nahrungsmittelproduktion wichtig ist.

Forschungsergebnisse legen nahe, dass vegetationsreiche Städte für Honigbienen geeignetere Standorte darstellen als Gebiete in intensiver Landwirtschaft. Eine derartige Beurteilung lässt sich aufgrund der fehlenden Datengrundlage für Wildbienen nicht treffen. Jedoch werden diese vermutlich durch dieselben Faktoren beeinflusst, welche eine Leistungsschwächung der Honigbienen an landwirtschaftlichen Standorten hervorrufen.

Insgesamt verdeutlicht der aktuelle Erkenntnisstand den dringenden Forschungsbedarf dieser Thematik. Um detailliertere Aussagen über die hier beschriebenen Zusammenhänge treffen zu können, verlangt es nach flächendeckenden Untersuchungen. Die Einflüsse auf die Bestäubergemeinschaften müssen in Stadt und Land eingehend analysiert werden, um anschließend fundierte Maßnahmen zur Förderung der Bienenpopulationen vornehmen zu können.

Einleitung

Weltweit ist die Agrarwirtschaft einem bedeutenden Rückgang der bestäubenden Insektenpopulationen gegenübergestellt und muss sich daher mit den Konsequenzen für die Nahrungsmittelproduktion auseinandersetzen (Gallai, Salles, Settele & Vaissière, 2009). In Deutschland werden Bienen, die einen großen Anteil an der Bestäubungsleistung ausmachen, alle zehn Jahre für die *Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands* gezählt. Insgesamt wurde hier in den vergangenen Jahrzehnten eine deutliche Abnahme der Artenzahlen beobachtet. Für das Jahr 2011 wurde das Vorkommen von 561 Bienenarten ermittelt (Westrich et al., 2011). Eine dieser Arten ist die bekannte Honigbiene *Apis mellifera*. Eher unbekannt sind die weiteren 560 Arten, die als Wildbienen bezeichnet werden. Der Großteil der Wildbienen ist auf bestimmte Pflanzen und besondere Niststellen spezialisiert. Die glänzende Natterkopf-Mauerbiene *Osmia adunca* ist beispielsweise auf die Blütenpollen des Natterkopfes angepasst. Ihre Nachkommen ernähren diese ausschließlich mit Pollen dieser Pflanzenart (Westrich, 2016). Je spezialisierter ein Organismus ist, desto empfindlicher reagiert er auf Lebensraumveränderungen. Die Auswirkungen der Lebensraumveränderungen, die sich bei Bestäubern zeigen, haben Konsequenzen für die Nahrungsmittelproduktion des Menschen.

Die Vielfalt an bestäubenden Insekten ist von hohem ökologischen Wert und ist Bedingung für eine langfristig gesicherte Bestäubung von Nahrungspflanzen. Der starke Rückgang der Bienen folgt aus natürlichen Veränderungen sowie menschlicher Einflussnahme. Die Ursachen für den Rückgang der Arten und der Populationsgrößen sind vielfältig. Sie sind auf die Umgestaltung der Landschaft und ihrer Vegetation, auf Befall mit Parasiten, Erkrankungen, Klimawandel und den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zurückzuführen (Rișcu & Bura, 2013).

Die Bestäubung der Nahrungspflanzen ist ein wichtiger Faktor für die Versorgung von Mensch und Tier. Bestäubende Insekten sollten daher im landwirtschaftlich geprägten Raum präsent sein. Für den Vergleich *Stadt* und *Land* kann der Honigertrag der Honigbiene stellvertretend für die Bestäubungsleistung aller Bienen angesehen werden.

Bienenhalter bemerken, dass die im Siedlungsbereich gehaltenen Bienen mehr Honig sammeln als ländlich lebende Honigbienen. Sie schlussfolgern anhand der Honigerträge, dass es den Bienen in der *Stadt* besser gehe. Es heißt sogar, dass die Honigbienen auf dem *Land* hungern würden (Friedrich, 2009; Deutsches Bienen-Journal, 2016). Dies begründet die Notwendigkeit für einen umfangreichen Überblick zu aktuellen Forschungsergebnissen.

Bienenpopulationen in „Stadt“ und „Land“

Die Bienenpopulationen setzen sich aus den Honigbienen und den Wildbienen zusammen. Die meist einzeln auftretenden Wildbienen umfassen eine Vielzahl an Arten, die einen hohen Aufwand für repräsentative Populationszählungen erfordern. Die quantitative Erfassung der Honigbienen ist durch die Bildung von Bienenstaaten und die mögliche Haltung in Bienenstöcken erleichtert. Für Wildbienen begrenzen sich die bekannten Zählungen vorwiegend auf die Daten der *Roten Liste*. Für die Honigbiene liegen weitere Datenquellen vor. Die Statistiken über die Honigbiene sowie über die Wildbienen dokumentieren insgesamt eine Abnahme der Bienenarten und der Populationsgrößen einzelner Arten.

In Deutschland sind 561 verschiedenen Arten von Bienen etabliert, von denen 52,6% der Bienenarten auf der *Roten Liste* geführt werden. Von den bewerteten Arten sind 39 Arten (7%) bereits nicht mehr auffindbar. Die dort angegebene langfristige Entwicklung sieht für 26,6% der Bienenarten einen mäßigen Rückgang, für 12,6% einen starken Rückgang, für 0,4% einen sehr starken Rückgang, sowie für 2,3% einen Rückgang mit unbekanntem Ausmaß vor. Lediglich für fünf der 561 Bienenarten (0,9%) wird zukünftig eine Zunahme erwartet (Westrich et al., 2011).

Durch die Haltungsbedingungen der Honigbiene in menschlicher Obhut und die daraus resultierende Beeinflussung der Honigbienen durch Bienenhalter ist die Auswertung nur bedingt auf die gesamte Bienenpopulation übertragbar. Aufgrund regelmäßiger Zählungen der Honigbiene können zeitliche Entwicklungen festgemacht werden, wobei

beachtet werden muss, dass Folgen des politischen Umbruchs in Deutschland und fehlende Datenübermittlungen die Zählungen beeinflusst haben (Moritz, 2014).

Für Honigbienenvölker ergab eine Analyse von weltweiten Daten der *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) einen Rückgang von circa 45% innerhalb der letzten fünf Jahrzehnte (Aizen & Harder, 2009). Die Organisation verzeichnet im Jahr 1990 für Deutschland 1.605.000 Bienenvölker, im Jahr 2000 insgesamt 902.000, im Jahr 2010 noch 685.441 und im Jahr 2013 eine Anzahl von 700.000 Bienenvölkern (FAO, 2016). Demnach sind im Jahr 2013 relativ zum Jahr 1990 in Deutschland weniger als halb so viele Bienenvölker gezählt worden. Seit den letzten Jahren stabilisiert sich die Anzahl von Bienenvölkern wieder, sodass ein leichter Aufwärtstrend beobachtet werden konnte. An den *Deutschen Imkerbund* wurden Völkerzahlen gemeldet, die einen bundesweiten Zuwachs von 5,58% zwischen 2013 und 2014 dokumentieren (Friedrich & Löwer, 2015). Um Honigbienenhaltung zu quantifizieren, wurden für die genannten Zählungen Bienenvölker statt Individuen als Einheit zugrunde gelegt. Die erleichterte Zählweise von Honigbienen gegenüber Wildbienen wird dadurch deutlich.

In einem Bienenstock sind jedoch die Zahlen der Individuen variabel. Durch seine langjährige Arbeit mit Bienen ist es dem Imkermeister Herrn Dr. Polaczek möglich einen Vergleich zur Situation vor mehreren Jahrzehnten zu ziehen. Er beobachtet, dass einst im Winter weniger Honigbienen das Volk verlassen haben als es heute der Fall ist. Kranke und schwache Bienen verlassen das Bienenvolk und sterben außerhalb, sodass Krankheiten nicht übertragen werden und das Volk geschützt wird (Dettli, 2009). Eine erhöhte Sterblichkeit und eine damit verbundene verkürzte Lebenszeit der Individuen im Vergleich zur damaligen Zeit ist möglich.

Die Verteilung der verschiedenen Bienenarten und ihrer Populationsgrößen an den Standorten *Stadt* und *Land* ist kaum vergleichend untersucht. Es konnte allerdings gezeigt werden, dass der Standort *Stadt* für viele Bienenarten als Lebensraum relevant ist. Entlang des urbanen Gradienten der Stadt Posen in Polen bleibt die Vielfalt und die Häufigkeit von Bienen stabil. Kleine Bienenarten, die nicht solitär auftreten, wurden dort vermehrt in der Stadtmitte angetroffen (Banaszak-Cibicka & Żmihorski, 2012). In Lyon

konnte ein Drittel aller Bienenarten aus Frankreich entlang des urbanen Gradienten gefunden werden. Am artenreichsten waren weniger stark urbanisierte Gegenden - doch auch bei intensiver Urbanisierung konnte eine Vielzahl von Bienenarten angetroffen werden (Fortel et al., 2014). In einer Studie von Dorn (1984, zitiert nach Kratochwil & Klatt, 1989, S. 379) wurde ein Viertel dieser Hautflügler ausschließlich in urbanen Räumen gefunden. Im Jahr 2005 wurden in Berlin 298 verschiedene Bienenarten dokumentiert. Des Weiteren wurde ein Anteil von 39,9% gefährdeter Arten festgestellt (Saure, 2005) und im Siedlungsbereich konnten sogar sehr seltene Arten registriert werden (Kratochwil & Klatt, 1989; Saure, 2005). Die verschiedenen Bienenarten zeigen heterogene Reaktionen auf Urbanisierung. Der überwiegende Teil untersuchter Arten reagierte neutral auf Urbanisierung, ein kleiner Teil hingegen negativ (Fischer, Eichfeld, Kowarik & Buchholz, 2016). Es kann geschlussfolgert werden, dass der Standort *Stadt* für Bienen einen Lebensraum bieten kann. Dabei wurde jedoch für gefährdete Wildbienen ein negativer Trend in der Stadt Berlin erfasst, da im Jahr 2005 8% weniger dieser Arten gezählt wurden als im Jahr 1997 (Saure, 2005). Ob die Daten der Großstädte auf alle Siedlungsgebiete übertragen werden können ist fraglich.

Vergleichende Daten für die beiden zu untersuchenden Standorte liegen nur für die Honigbiene vor. Es zeigt sich eine Korrelation der Siedlungsdichte mit der Dichte der Honigbienenhaltung. Die Honigbienenendichte ist in den Bundesländern Berlin, Hamburg sowie in Baden-Württemberg mit 3,7 bis 5,7 Völker pro km² am höchsten, gefolgt vom Saarland und Bayern mit 3,3 bis 3,6 Völker pro km² (Beckedorf, 2015). Parallel dazu sind die Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile 2014 in den Stadtstaaten mit über 50% am höchsten, in Nordrhein-Westfalen machen sie bis zu 23% aus und im Saarland bis maximal 21% (Umweltbundesamt, 2016a). Auffällig ist der starke Kontrast der Bienenendichte von Berlin und den umliegenden Bundesländern, da Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt mit 0,6 bis 0,9 Völkern pro km² die geringste Bienenendichte aufweisen (Beckedorf, 2015). Bei den letztgenannten Bundesländern fällt die Korrelation der niedrigen Bienenendichte mit einem hohen Anteil von Betrieben mit ackerbaulicher Nutzung auf (Blumöhr et al., 2011). Deutschlandweit liegt der Durchschnitt bei 2,79 Honigbienenenvölkern je km². Der Schnitt halbiert sich etwa, sobald Hamburg, Berlin, Köln und München nicht in die Rechnung miteinbezogen werden

(Löwe, 2016). Vermutlich sind die Zahlen der Bienenhaltungen in den Großstädten sogar noch größer, da sich hier viele Bienenhalter einer Registrierung entziehen (Koithan, 2002). Insgesamt zeigen die Zahlen die aktuelle Verteilung der Honigbienen in Deutschland.

Zusätzlich zur aktuellen Verteilung kann eine Entwicklung der Populationen der letzten Jahre beschrieben werden. Die enge Verknüpfung der Honigbienen an die Bienenhalter muss in diesem Zusammenhang hervorgehoben werden. Insgesamt wird die Problematik für Bienenhalter, die Völkerzahlen auf einem stabilen Niveau zu halten, deutlich. Zwischen den Jahren 1991 und 2015 zeigen sich trotz ähnlicher Zahlen der Mitglieder Verluste der Honigbienenstöcke in einigen Landesverbänden. In Württemberg stiegen die Mitgliederzahlen innerhalb des Zeitraumes zwar um circa 16%, dennoch sanken die Völkerzahlen um über 30% (Kremerskothen, 2016). Somit wird ersichtlich, dass trotz gleichbleibender oder sogar steigender Zahlen von Bienenhaltern die Anzahl der Bienen sinkt. Dies wird besonders durch die Zahlen aus Sachsen-Anhalt deutlich, wo die Mitgliederzahlen über 30% sanken und die Völkerzahlen im Jahr 2015 nur noch knapp ein Drittel der Völker von 1991 ausmachten (Kremerskothen, 2016).

Ein Grund für die Abnahme der Bienenhalter von ländlich gelegenen Verbänden kann in mangelndem Engagement der Bienenhalter oder einer erschwerten Reproduktion der Honigbienen begründet sein. Ebenso können die Überalterung der Bienenhalter, die besseren Nahrungsquellen in urbaner Nähe, die schlechtere Erreichbarkeit des ländlichen Gebietes und der damit verbundene höhere Zeitaufwand der Bienenhaltung Gründe für den Rückgang sein (Bürger, 2004). Aufgrund des hier aufgeführten Gesamtkontextes bezüglich der Bienengesundheit liegt jedoch der schlechtere Zustand der Biene als Grund für die signifikante Abnahme der Bienenpopulation nahe. Die Völkerzahlen stiegen nur bei den Landesverbänden in Weser-Ems, Sachsen, Hamburg, Berlin und im Saarland (Kremerskothen, 2016). Auffällig ist, dass der Zuwachs der Honigbienen nur in Kombination mit ansteigenden Mitgliederzahlen auftritt. Der leichte Aufwärtstrend nach dem starken Abfall der Honigbienzahlen in Deutschland ist demnach auf die Zunahme der Honigbienenhaltung in urbanen Gebieten zurückzuführen. Der aufkommende Trend zur Bienenhaltung findet besonders in Städten und Großstädten Anhänger (Lorenz & Stark, 2015). Insgesamt entwickelt die Bienenhaltung eine Dynamik von ländlichen hin zu urbanen Gebieten (VDL-Bundesverband, 2015).

Bestäubungsleistung von Bienen

Die globalen Ernteerträge hängen zu 35% von der Bestäubung durch Tiere ab (Klein et al., 2007). Insekten sind zu 84% an der Bestäubung von 264 Kulturpflanzen der Europäischen Union beteiligt (Williams, 1994). Eine Untersuchung an Standorten weltweit hat ergeben, dass die Bestäubergemeinschaft - zu der auch Wildbienen zählen - enormes Potential für Bestäubungsleistung bietet. Die Leistung verbesserte sich signifikant bei 14% der 41 geprüften Erntesysteme, sobald die Honigbiene zusätzlich in die bestehende Bestäubergemeinschaft integriert wurde (Garibaldi et al., 2013). Dabei wird die Bedeutung schon von allein einer einzelnen Bienenart hervorgehoben. Eine hohe Vielfalt und Anzahl von Bestäubern wirkt sich nicht nur positiv auf die Bestäubungsquantität, sondern auch auf die Bestäubungsqualität aus, zum Beispiel bei Erdbeerkulturen (Andersson, Rundlöf, & Smith, 2012).

Die Bedeutung der Bienen und ihrer Bestäubungsleistung kann überdies monetär ausgedrückt werden. Für das Jahr 2005 wurde die weltweite Bestäubungsleistung auf 153 Milliarden Euro geschätzt (Gallai et al., 2009).

Es macht sich jedoch seit einigen Jahren eine Abnahme der Bestäubungsleistung bemerkbar. Mit der weltweiten Reduktion der Honigbiene von etwa 45% innerhalb der letzten 50 Jahre geht eine Zunahme von über 300% der zu bestäubenden Agrarflächen einher (Aizen & Harder, 2009). In Mitteleuropa kann durch den Mangel von Honig- und Wildbienen eine lückenlose Bestäubungsleistung der Agrarflächen nicht erbracht werden (Steffan-Dewenter, 2014). Die Wildbienenpopulationen sind so weit zurückgegangen, dass die Honigbienenhaltung durch den Menschen keinen Ausgleich mehr darstellen kann (Moritz, 2014).

Ein konkreter Mangel an Bestäubern wurde 2007 im Vereinigten Königreich festgestellt, welcher auf einer Verringerung der Honigbienenpopulation bei gleichzeitigem Anstieg der zu bestäubenden Kulturpflanzen basiert. Die Analyse der Honigbienzahlen ergibt, dass 70% im Jahr 1984 und nur noch 34% der erforderlichen Bestäubungsleistung im Jahr 2007 erbracht werden konnte. Seit 1984 sind dort die Flächen der zu bestäubenden Kulturpflanzen um 54% angestiegen (Breeze, Bailey, Balcombe & Potts, 2011).

Wenn Hintergründe für den Rückgang der Arten nicht aufgeklärt und eingeschränkt werden und Lebensräume der Bestäuber nicht wiederhergestellt werden, dann steht in landwirtschaftlich intensiv genutzten Räumen eine Bestäuberkrise bevor (Krewenka, 2011). Dass eine solche Bestäuberkrise in Deutschland bereits begonnen hat, beweist eine Untersuchung für den Landkreis Göttingen. Diese Untersuchung führt die Versorgung der Landwirtschaft mit der Bestäubungsleistung speziell von Bienen auf. Für das Jahr 2002 war bereits eine Unterversorgung der Bestäubung von 30% festzustellen. Ein Zukunftsszenario für Göttingen stellt den Abfall der potentiellen Bestäubungsleistung von Bienen dar. Bei weiterer Abnahme der Bienenhalter und Bienenpopulationen bis zum Jahr 2022 werden 40% der landwirtschaftlichen Flächen unterversorgt sein (Bürger, 2004).

Ursachen für den Artenrückgang

In der *Roten Liste* werden die Ursachen für den Rückgang der Bienen auf starke menschliche Einflussnahme, insbesondere auf die Verringerung von Niststellen und Nahrungsquellen, zurückgeführt (Westrich et al., 2011). Die Abnahme der Bestäuber basiert unter anderem auf der Zunahme der Landwirtschaft, weshalb eher politische und ökonomische als biologische Gründe ursächlich sind (Aizen & Harder, 2009). Da Verschmutzungen der Habitate Grund für den Rückgang von Insekten im Allgemeinen sind (Feldhaar, 2016), haben sie ebenso entsprechenden Einfluss auf Bienenpopulationen. Für die Honigbiene wurden zahlreiche Faktoren für die Abnahme der Population konkretisiert, wie zum Beispiel Parasiten, Krankheiten, klimatische Faktoren oder die Reduktion von relevanter Flora. Dass die Problematik der Bienenpopulation auf multifaktoriellen Einflüssen beruht, mit Pestiziden in einer Schlüsselrolle, ist anzunehmen (Rișcu & Bura, 2013).

Die Raumforderung durch den Mensch konkurriert mit der natürlichen Landschaft, die vielseitige Lebensräume für Bienen inkludiert. Die ursprüngliche Naturlandschaft ist der geeignetste Lebensraum für die verschiedenen Bienenspezies, doch wird diese besonders durch Landwirtschaft und Urbanisierung beschnitten. In Deutschland wurden im Jahr 2014

51,7% der Gesamtfläche für landwirtschaftliche Zwecke genutzt, weitere 13,7% für Siedlungs- und Verkehrsflächen. Darüber hinaus nehmen Siedlungs- und Verkehrsflächen stetig zu. In den Jahren 2000 bis 2014 stieg ihr Anteil um 10,1% der Gesamtfläche Deutschlands (Umweltbundesamt, 2016a). Durch die netzförmige Verteilung der Verkehrsflächen werden Landschaften und Lebensräume in kleine Felder untergliedert. Diese Untergliederung, auch Fragmentierung genannt, wirkt sich nachteilig auf Insektenpopulationen aus (Feldhaar, 2016). Häufig werden große Flächen strukturarm und einfach angelegt. Neben Fragmentierungen erschweren auch Vereinfachungen der Landschaft das Überleben von Bienen (Krewenka, 2011).

Beispielhaft für die negativen Auswirkungen ist eine Untersuchung über Hummeln, bei der Ende Juli eine Abnahme der Individuen in vereinfachten und eine Zunahme von Hummeln in komplexen Landschaften beobachtet wurde. Die Untersuchung legt eine geminderte Reproduktion der Hummeln in einfachen Landschaften nahe (Persson & Smith, 2013). Um die Folgen menschlichen Eingreifens auf die Bienenpopulationen darzulegen, wird als weiteres Beispiel der Straßenverkehr genannt. Bei einer Untersuchung im Sommer 1986 an einem Rotkleefeld nahe Luckau zeigte sich, dass besonders Hummeln durch die Straßennetze bedroht sind. Hierfür wurden an einer Fernverkehrsstraße alle toten Insekten gezählt, von denen Hummeln einen Anteil von 72,4% ausmachten (Donath, 1987). Der Straßenverkehr schränkt die räumliche Bewegungen von Hummeln nicht nur ein, sondern verhindert nahezu vollständig, dass Hummeln Straßen überqueren (Bhattacharya, Primack, & Gerwein, 2003). Es ist anzunehmen, dass die negativen Folgen des Ausbaus der Verkehrsnetze sowohl landwirtschaftlich als auch urban genutzte Gebiete betreffen. Einflüsse auf die Bienenpopulationen, die nach den Standorten *Stadt* oder *Land* unterschieden werden können, werden in den folgenden Kapiteln näher erörtert.

Landschaftsstrukturelle Unterschiede von „Stadt“ und „Land“

Für verschiedene Habitate einzelner Insektenarten muss die Kategorisierung von Landschaften über die Einteilung in *Stadt* und *Land* hinausgehen. Genau wie sich für den Begriff *Stadt* unterschiedlich stark urbanisierte Räume definieren lassen, so wird unter *Land* einerseits der landwirtschaftlich genutzte, aber auch der naturbelassene Raum verstanden, welche sich beide ebenso in unterschiedlicher Ausprägung finden.

Die intensive Landwirtschaft mit reinkulturellem und großflächigem Anbau wirkt sich negativ auf die Bienenspezies aus (Le Féon et al., 2010; Donkersley, Rhodes, Pickup, Jones & Wilson, 2014). Insbesondere bei Viehzucht zeigt sich im Vergleich zum Anbau von Kulturpflanzen eine Verringerung der Bienenpopulationen und ihrer Vielfalt. Die Solitärbiene scheinen besonders sensibel auf diese Umgebung zu reagieren (Le Féon et al., 2010). Hohe Viehzahlen und Düngung auf den Weiden ziehen den Rückgang von Pflanzen-, Schmetterlings- und Bienenarten nach sich. Gleichzeitig gehen die Veränderungen mit einer Zunahme von Fliegen einher (Blüthgen, 2014; Feldhaar, 2016).

Um eine Verbesserung der Situation für Wildbienen in Agrarökosystemen zu erwirken, ist die Steigerung der Menge qualitativ hochwertiger umgebender Habitate in Kombination mit ökologischem Management sowie angelegter Vielfalt der Felder wesentlich (Holzschuh, Steffan-Dewenter, Kleijn & Tscharnkte, 2007). Ökologisch geführte Agrarflächen beheimaten eine höhere Biodiversität im Vergleich zu konventioneller Landwirtschaft. Die Artenvielfalt ist um 30% und die Populationsgrößen sind um circa 50% erhöht (Bengtsson, Ahnström, & Weibull, 2005). Speziell für Bienen kann ebenso eine positive Tendenz aufgeführt werden (Pfiffner, 2005; Holzschuh et al., 2007). Ökologisch geführte Betriebe weisen bis zu 46-72% mehr naturnahe Flächen als konventionelle Anlagen auf (Pfiffner, 2005). Ein hoher Anteil naturnaher Flächen ist förderlich für Bienenpopulationen. Von Bedeutung sind Brachflächen, Magerrasen- und Grünflächen sowie das Vorkommen von Obstbäumen und Hecken (Bürger, 2004). Ebenso haben Blühflächen einen positiven Einfluss auf die Diversität - beziehungsweise die Vielfalt - von Insekten in der Agrarwirtschaft, da durch diese eine Zunahme der Insekten auch auf umgebene Flächen stattfindet (Wagner, Holzschuh & Wieland, 2014). Untersuchungen zu Unterschieden der Landschaftsstruktur von ökologischen und konventionellen Betriebsweisen wurden an verschiedenen Standorten in Deutschland

durchgeführt. Sie wiesen übereinstimmend positivere Ergebnisse für die ökologische Betriebsweise auf, obwohl anzumerken ist, dass regionale Unterschiede die Artenvielfalt der Bienen stark bestimmten (Holzschuh et al., 2007).

Eine große Anzahl kleiner Lebensräume ist sehr wichtig für die regionale Erhaltung der Artenvielfalt. Darüber hinaus wird die Gemeinschaftsstruktur von Arten durch den Landschaftskontext beeinflusst (Tschardt, Steffan-Dewenter, Kruess & Thies, 2002). Solitäre Wildbienen legen sehr begrenzte Strecken von circa 500 Metern innerhalb ihres Lebensraumes zurück. Hummeln fliegen zwischen ihrem Nistplatz und den Nahrungsquellen bis zu 1000 Meter und Honigbienen circa 3000 Meter (Bürger, 2004). Dementsprechend muss die Anwesenheit von lebensnotwendigen Voraussetzungen im jeweiligen Lebensraum gegeben sein. Folglich ist Kleinräumigkeit besonders für solitäre Wildbienen essentiell. Auch das warme Mikroklima der *Stadt* bietet neben der kleinräumigen Strukturierung Vorteile für Bienen (Gallmann et al., 2014). Obwohl städtische Gebiete oft als einheitlich betrachtet werden, sind sie durch ein heterogenes Mosaik gekennzeichnet, welches sich sowohl in geeignete als auch in ungeeignete Bereiche für die Tierwelt untergliedert. Blütenreiche Regionen in Städten können den für Bienen geeigneten Bereichen zugeordnet werden (Matteson, Grace & Minor, 2013). Dies belegen Untersuchungen der Stadt New York (Matteson et al., 2013) und der Stadt Zürich (Hennig & Ghazoul, 2012). Biodiversität wird innerstädtisch durch spontane Vegetation gefördert, die sich besonders auf Brachflächen, Freiflächen oder an Ruderalstandorten entwickelt (Kratowil & Klatt, 1989; Kowarik, 1992; Saure, 2005). Auf der anderen Seite bieten intensiv geschnittene Zierräsen wenig Grundlage für eine ausgeprägte Artenvielfalt (Kowarik, 1992).

An urbanisierten Standorten konnte die Anwesenheit von gefährdeten Wildbienenarten beobachtet werden. Dort wurden Nistmöglichkeiten beschrieben, wie zum Beispiel Mauern und Fachwerk von Gebäuden, Holz sowie Stängel von Pflanzen (Kratowil & Klatt, 1989). Durch den schnellen Wandel in der Stadt sind viele Habitate nur für kurze Zeit bewohnbar, dennoch schaffen zum Beispiel diverse Arten von Stechimmen die Besiedlung von sich stetig ändernden Lebensräumen (Cölln, Jakubzik & Jacobi, 2014). Neben dem schnellen Wandel einiger Gemeinschaften von Pflanzen und Bestäubern kann die Anpassung solcher Gemeinschaften auch über mehrere Jahre andauern. Solche Bereiche urbaner Räume sollten

geschützt werden (Kratochwil & Klatt, 1989).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in Regionen intensiver Landwirtschaft selbst anspruchslose Bienenarten mittlerweile nur schwerlich existieren können (Westrich et al., 2011). Dagegen können Gärten in Vorstädten, verglichen mit agrarwirtschaftlichen Reinkulturen, für Bienen sogar an Futterquellen gleich- oder höherwertig sein (Kaluza, Wallace, Heard, Klein & Leonhardt, 2016).

Pflanzenangebot von Stadt und Land und die Auswirkungen auf Bienen

Pflanzen und Tiere müssen sich in Städten mit anderen Bedingungen auseinandersetzen als im Umland. In Städten ist im Vergleich zum Umland das Grundwasser tiefer, die Temperatur höher und die Luftfeuchtigkeit geringer. Zudem ist die Bodenversiegelung stärker, die Schadstoffbelastung der Luft höher und der Sauerstoffmangel im Boden größer (Brandes, 1983). Je größer die Städte sind, desto ausgeprägter ist der Effekt der Erwärmung (Oke, 1973). Beispielsweise führt die Urbanisierung in Berlin zu einer Erhöhung der Untergrundtemperatur bis in eine Tiefe von etwa 60 Metern - statt der üblichen 20 Meter (Henning & Limberg, 2012). Die gesteigerte Temperatur *städtischer Wärmeinseln* kann sich direkt auf die Bienen auswirken, da viele Bienenarten wärmeliebend sind (Kratochwil & Klatt, 1989; Westrich et al., 2011). Der direkte Einfluss der genannten Aspekte auf Bienen ist jedoch weitgehend ungeklärt. Weiterhin wirkt das veränderte Klima der Städte indirekt auf die Bienenpopulationen, wie beispielsweise durch eine veränderte Entwicklung von Pflanzen. Die Pflanzen passen sich den Gegebenheiten der *städtischen Wärmeinseln* an, was zur Folge hat, dass sich ihre jahreszeitliche Entwicklung sowie ihre Fortpflanzung verändern kann (Luo, Sun, Ge, Xu & Zheng, 2007). Dies bedeutet, dass zum Beispiel die Blühzeiten von Pflanzen in Städten und im Umland unterschiedlich sein können.

Gründe für den Rückgang der Pflanzenvielfalt in der Landwirtschaft sind die großflächige Gestaltung der Agrarflächen mit Reinkulturen und das Management bezüglich Boden- und Pflanzenbearbeitung. Durch die Auswahl der angebauten Pflanzen, die gezielte Düngung,

die Mahd und die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln greift die Landwirtschaft sehr stark in das Vegetationsvorkommen ein. Blütenreiche Lebensräume, wie extensiv genutzter Magerrasen, gehen verloren (Feldhaar, 2016).

Dabei ist ein kontinuierliches Nahrungsangebot für die Entwicklung eines starken Bienenvolkes mit gesunden Individuen fundamental. Beispielsweise wirkt sich die Blütenmenge auf die Brutleistung und somit auf die Reproduktion der Honigbiene aus (Brodschneider & Crailsheim, 2010). An stark bewirtschafteten Standorten sind Bienen jedoch abnehmender Pollenverfügbarkeit ausgesetzt. Proteine der Pollen sind nicht nur für die Aufzucht der Nachkommen wesentlich, sondern ebenso für die Entwicklung bieneneigener Organe, wie die der Futtersaftdrüse. Bei erhöhter Diversität und erhöhtem Proteingehalt von aufgenommenen Pollen sind die Überlebenschancen von kranken Bienen größer (Di Pasquale et al., 2013). Die Ernährung von Pollen mehrerer Pflanzenarten zeigt gegenüber der Diät mit Pollen einer Pflanzenart einen messbaren Mehrwert für das Immunsystem der Bienen und somit für ihre Gesundheit (Alaux, Ducloz, Crauser & Le Conte, 2010). Durch Pollenmangel kann innerhalb des Bienenvolkes Kannibalismus begünstigt werden. Des Weiteren kann einseitige Ernährung durch Dauerkulturen das Verhungern von Bienenvölkern herbeiführen (Brodschneider & Crailsheim, 2010). Entscheidend für die Bienen ist demnach die Quantität und die Diversität von Nahrungspflanzen.

In intensiv bewirtschafteten Ackerbauregionen in Frankreich und Dänemark konnte ein temporärer Nahrungseingpass dokumentiert werden (Odoux, Aupinel, Gateff, Requier, Henry & Bretagnolle, 2014; Lecocq, Kryger, Vejsnæs & Jensen, 2015). Dieser Zeitraum ist durch die Blüte von Raps und Sonnenblume determiniert (Odoux et al., 2014). Für das *Deutsche Bienenmonitoring* wurden Honige des gesamten Jahres 2014 auf ihre pflanzliche Herkunft untersucht. Im Durchschnitt wurden 45,3% der Pollen im Honig auf die Rapspflanze zurückgeführt (DeBiMo, 2015). In ländlichen Räumen sinkt im Frühjahr die Pollenvielfalt bei gleichzeitig relativ steigendem Anteil von Rapspollen (Bienefeld et al., 2013). Aufgrund des hohen Rapsanbaus in Brandenburg konnte im Frühlingshonig in den Regionen wie Putlitz, Schlieben sowie Bestensee sogar ein Rapsanteil von 95% und mehr nachgewiesen werden (Geobee, 2016a). Die Rapspflanze macht demnach einen großen

Anteil der Nahrung von Bienen aus, weshalb eine hohe Abhängigkeit der Bienen von den angebauten Kulturpflanzen ersichtlich wird. Die Ergebnisse aus Dänemark und Frankreich über temporäre Nahrungsmittelknappheit in ländlichen Räumen lassen vermuten, dass diese Limitierung ebenso auf ländliche Räume in Deutschland übertragen werden kann. Beispielsweise ist in Brandenburg der Wechsel des Anbaus von Raps zu Sonnenblume ebenfalls sehr ausgeprägt und somit mit den genannten Studien vergleichbar. Nur wenige Wochen nach dem von Bienen gut besuchten Rapsanbau machen Sonnenblumen dort einen Großteil der Kulturpflanzen aus (Geobee, 2016b).

Honigbienen, in deren Habitat hauptsächlich Sonnenblumen in Reinkulturen vorhanden sind, sollten alternative Quellen als Nahrungsergänzung für die Erhaltung der Gesundheit zur Verfügung stehen (Schmidt, Schmidt, Rao, Wang & Xu, 1995). Die intensive Nutzung der Biene von Zwischenfruchtfeldern und Blühstreifen an landwirtschaftlichen Flächen veranschaulicht die Notwendigkeit dieser Nahrungsquellen für Bienen (Von der Ohe et al., 2016a). Die Anlage und die Pflege dieses Beitrags für Biodiversität stehen besonders in ökologisch geführten Betrieben im Vordergrund (BMEL, 2016).

Die Menge von Nektar und Pollen im Bienenstock entspricht der Sammelleistung von Honigbienen. Diese messbare Leistung kann als Vitalitätsparameter angesehen werden, weswegen eine hohe Sammelleistung für einen gesunden Zustand der Bienen sprechen würde.

Ein in Australien durchgeführter Versuch belegt, dass der Zuckereintrag der Honigbienen in Gärten von Vorstädten zwei- bis dreimal höher war als in Agrarkulturen (Kaluza et al., 2016). Bei einer Untersuchung in Dänemark waren Honigbienenvölker an einem Standort mit über 50% Urbanisierung in der Lage, signifikant größere Mengen Nahrung zu sammeln als Völker, die an einem Standort mit über 50% Landwirtschaft angesiedelt waren. Dabei brachten die Völker der urbanen Gebiete im Durchschnitt 11,6kg mehr Gewicht in den Bienenstock (Lecocq et al., 2015). Deutschlandweit dokumentieren die Statistiken des *Deutschen Imkerbundes* die Honigerträge von einer Vielzahl von Bienenhaltern. In Berlin wurden demnach bis zu 47kg Honig pro Volk geschleudert. In Hamburg produzierten die Bienen bis 40kg Honig, dabei lag der Durchschnitt in Deutschland pro Jahr und Volk bei 30kg (Kohfink, 2010). Eine Untersuchung, die in Deutschland über vier Jahre durchgeführt wurde, ergab, dass in einer Großstadt durchschnittlich 65kg Honig pro Volk geerntet

werden konnten. Bei der verglichenen landwirtschaftlichen Nutzfläche waren es pro Volk nur 32kg und in zwei von vier Sommern wurde ebenda ein Nektarmangel festgestellt (Von der Ohe et al., 2016a).

Bei der bereits vorgestellten Untersuchung aus Australien sammelten Bienen in Wäldern doppelt so viele Pollen und in Gärten sogar fünffach so viele Pollen wie Bienen an landwirtschaftlichen Flächen (Kaluza et al., 2016). Die unterschiedliche Pollenverfügbarkeit im Vereinigten Königreich spiegelt sich am Proteingehalt von gesammeltem Pollen wider, der mit der relativen Menge von Ackerland in der Umgebung des Bienenstocks negativ korreliert. Dabei wurde eine positive Korrelation im Zusammenhang mit urbaner Umwelt und Gärten festgestellt (Donkersley et al., 2014).

Um die Herkunft von Pollen zu untersuchen, kann eine Analyse von in Honig enthaltenen Pollen durchgeführt werden. Durch die Pollenuntersuchung kann eine Aussage über die von Honigbienen angeflogenen Blüten getroffen werden. Eine Analyse von Berliner Honig erfasste durchschnittlich 33,6 verschiedene Pollenarten. Honig aus einer Region im Spreewald, welche neben einem Biosphärenreservat außerdem durch ökologischen Landbau geprägt ist, wies durchschnittlich 35,6 verschiedene Pollenarten auf. Dagegen konnten in Honigproben aus der Region Freiburger Mulde im Osterzgebirge, welche durch Bergbau geprägt ist und eher zu den strukturarmen Landschaften gehört, nur durchschnittlich 23 verschiedene Pollen nachgewiesen werden (Bienefeld et al., 2013). Somit kann die Vielfalt der Pollen zu bestimmten Jahreszeiten in der *Stadt* ähnlich gut sein wie im Biosphärenreservat und deutlich besser als in eher vereinfachten Landschaften.

Im Vergleich zum Standort Spreewald finden sich im Honig aus Berlin deutlich mehr Pollen von Bäumen - wie zum Beispiel Pollen der Linde oder der Edelkastanie (Bienefeld et al., 2013). Diverse Baumarten können eine besondere Aromatisierung des Honigs hervorrufen (Von der Ohe, Janke, Campbell & Von der Ohe, 2016b). Dies könnte ein Grund sein, weshalb Honig aus der *Stadt* als geschmacklich auffallend beschrieben wird. Zudem kann Honig aus großen Städten, wie zum Beispiel aus der Stadt Paris, einen hohen Anteil von Pollen nicht heimischer Pflanzenarten aufweisen, weswegen vermutet wird, dass fremdländische Pflanzenarten ebenso zum Geschmack von Stadthonig beitragen (Eimer, 2010).

Urbanisierte Räume sind Zentren für die Ausbreitung nicht heimischer Pflanzenarten, die in Städten signifikant häufiger auftreten als in ländlichen Regionen (Sukopp, 1976). Von den abnehmenden Pflanzenarten Berlins der letzten 120 Jahre machen heimische Arten 78,0% aus. 65,8% der zunehmenden Pflanzenarten sind Neophyten, also nicht heimische Pflanzenarten (Kowarik, 1992). Für Honigbienen ist ein breites Angebot von blühenden Pflanzen vorteilhaft. Heimische Wildbienen können jedoch eher auf heimische Pflanzenarten angepasst sein und daher stärker auf bestimmte Blüten spezialisiert sein als Honigbienen. Das Vorkommen einheimischer Pflanzenarten ist in ländlichen Gebieten deutlich ausgeprägter als in urbanisierten Gebieten (Sukopp, 1976). Die Zahl aller Pflanzenarten, ob heimisch oder nicht, nimmt innerhalb der urbanen Gebiete vom Stadtrand hin zur Innenstadt ab. Fußgängerzonen beherbergen die geringste Pflanzenvielfalt (Brandes, 1983).

Bei diesem räumlichen Vergleich können nicht nur Pflanzenvorkommen, sondern auch Inhaltsstoffe von Pflanzen variieren. Dies zeigt sich bereits beim Vergleich von Produkten aus ökologischem und konventionellem Anbau. Ökologisch hergestellte Produkte beinhalten nicht nur mehr Trockensubstanz- und Vitamingehalte, sondern auch mehr sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe. In Fütterungsversuchen mit ökologisch hergestellten Produkten konnte bei Tieren eine positive Auswirkung auf die Gesundheit dokumentiert werden (Schindlegger, 2004). Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Inhaltsstoffe von Blüten ebenfalls variieren können. Vergleichende Untersuchungen zu Inhaltsstoffen jeweiliger Blütenarten an den verschiedenen Standorten *Stadt* und *Land* sind bisher nicht bekannt. Ob ein unterschiedlicher Fokus der Bestäubung Auswirkungen auf die Bienengesundheit hat, beziehungsweise welche Auswirkungen dies mit sich bringt, ist bislang unklar. Die Wirkungen verschiedener Honiginhaltsstoffe auf die Entwicklung von Bienenlarven werden derzeit untersucht (LIB, 2016).

Dass sich die Pflanzen in städtischen und ländlichen Regionen unterscheiden können, ist somit deutlich. Es kann resümiert werden, dass Städte Honigbienen eine bessere Nahrungsquelle bieten können als es intensiv genutzte landwirtschaftliche Gebiete vermögen. Die Sammelleistung der Honigbienen an landwirtschaftlichen Standorten ist im Vergleich zu den städtischen Regionen geschwächt, wobei das reduzierte

Blütenvorkommen einen großen Teil zu diesem Unterschied beiträgt. Für spezialisierte Wildbienen muss beim Vergleich der Standorte im Einzelfall entschieden werden. Diese Arten sind stark von dem Pflanzenvorkommen abhängig, auf welches sie angepasst sind.

Krankheiten von Honigbienen in „Stadt“ und „Land“

Die Bienenhaltung in urbanen Räumen zeigt eine Entwicklung zu mehr Bienenhaltern mit nur einem einzigen Bienenvolk, was aus den Zahlen der geringen Völker je Imker hervorgeht. Der Landesverband des Saarlandes verzeichnet durchschnittlich 5,4 und der von Hamburg 5,1 Völker je Imker. Der Landesverband von Berlin liegt mit 4,8 Völkern je Imker am weitesten unter dem bundesweiten Schnitt von 6,9 Völkern je Imker (Friedrich & Löwer, 2015). Der Einstieg in die Bienenhaltung erfolgt meist mit nur einem Bienenvolk. Somit ist bei den genannten Zahlen ist ein höherer Anteil von Einsteigern denkbar, welche sich entsprechend mit Bienenkrankheiten und -management auseinandersetzen müssen. Gerade in Großstädten ist die Seuchenbekämpfung bei Honigbienen schwierig, da sich hier nur wenige Bienenhalter in Strukturen wie Imkervereinen organisieren und sich bei den Veterinärämtern anmelden. Demzufolge finden sich hier zahlreiche nicht angemeldete Bienenhalter, welche bei Behandlungen durch flächendeckende Maßnahmen der Veterinärämter nicht erfasst werden (Koithan, 2002).

Innerhalb des Untersuchungszeitraumes einer Studie über die gefährliche Bienenkrankheit *Amerikanische Faulbrut* wiesen die Stadtstaaten Berlin und Hamburg den höchsten Anteil von Völkern mit dieser Erkrankung auf (Koithan, 2002). Bei zunehmender Urbanisierung unterliegen Honigbienen einer erhöhten Wahrscheinlichkeit der Krankheitsübertragung. Zudem sinkt die Überlebenschancen von Arbeiterinnen der Honigbienen erheblich (Youngsteadt, Appler, López-Urbe, Tarpy & Frank, 2015).

Eine weitere Erkrankung der Honigbiene ist der starke Befall mit Varroa-Milben. Sie schwächt die Bienenvölker und überträgt Krankheitserreger (Dettli, 2009). Der Befall der Varroa-Milbe kann mit den Zahlen der Winterverluste korrelieren (DeBiMo, 2015). Die Analyse der Winterverluste von Honigbienen zum Jahreswechsel 2016 ergab einen durchschnittlichen Verlust von 8,6% in Deutschland. Jeweils bezogen auf die Fläche hatten

die Regionen Rheinland-Pfalz, Berlin, Saarland, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Hamburg Verluste über dem Bundesdurchschnitt. Die Reihenfolge der Aufzählung entspricht dem Anstieg der Verluste und ist in Hamburg mit 13,8% am höchsten (Deutscher Imkerbund e.V., 2016).

Generell lässt sich für den Standort *Stadt* aufgrund der erhöhten Bienendichte, der genannten Schwierigkeiten der Seuchenbekämpfung sowie der höheren Winterverluste ein erhöhtes Gesundheitsrisiko für Bienen ableiten.

Durch die Korrelation der Winterverluste mit dem Milbenbefall der Honigbienen kann sich jedoch ein Widerspruch zu einer weiteren Studie ergeben (DeBiMo, 2015). Diese zeigt auf, dass die Honigbienen aus der Stadt in geringerem Ausmaß von Varroa-Milben befallen sein können (Von der Ohe et al., 2016a). Neben unbekanntem Faktoren kann die Erfahrung der Bienenhalter hierfür relevant sein. Es ist anzumerken, dass sich die beiden Untersuchungen in der Erfassung der Daten unterscheiden. Für die erste Untersuchung wurden im Rahmen einer Umfrage rückblickend Verluste des vergangenen Winters von erfahrenen und unerfahrenen Bienenhaltern aus ganz Deutschland erfasst. Die zweite Studie ermittelte bei standardisiertem Vorgehen über vier Jahre Unterschiede an den Standorten *Stadt* und *Land*, weshalb hierbei involvierten Bienenhaltern Professionalität und Erfahrung unterstellt werden kann. Die Analyse der ersten Untersuchung basiert auf einer höheren Anzahl von Bienenvölkern als die zweite Untersuchung und ihre Aussage kann durch den Einbezug aller Bienenhalter als realitätsnaher gewertet werden. Jedoch zeigt die zweite Untersuchung, dass bei sachgemäßem Vorgehen eine Minderung des Milbenbefalls in Siedlungsgebieten beobachtet werden kann.

Für die Gesundheit der Honigbienen ist offensichtlich auch Erfahrung und Fachwissen im Umgang mit ihnen entscheidend. Es darf nicht ungeachtet bleiben, dass für die Bienenhaltung ein Ausbildungsberuf vorgesehen ist. Bei dem Beruf *Tierwirt mit Fachrichtung Imkerei* handelt es sich um eine dreijährige Ausbildung, wodurch der Umfang von Aufwand und Wissen zum Thema Bienenhaltung beschrieben wird. Die große Mehrheit der Bienenhalter betreibt die Imkerei jedoch als Hobby (DBIB, 2013). Eine gewisse Grundkenntnis ist für jede Form von Tierhaltung eine wichtige Voraussetzung. Auch mit dem Nutztier Biene sollte adäquat umgegangen werden. Kenntnisse sind gerade

im Zusammenhang mit der Varroa-Milbe notwendig, da Honigbienen in Deutschland ohne diese Milbenbehandlung - also ohne die Obhut des Imkers - nur eingeschränkt überleben können (Dettli, 2009; Rosenkranz, Aumeier & Ziegelmann, 2010). Unter anderem erfordert die Behandlung mit Arzneimitteln bei starkem Befall der Bienen mit Varroa-Milben Fachkenntnis, da Bienenhalter durch falsche Behandlungen ursächlich für Schäden der Bienen (Beckedorf, 2016) und für Rückstandsproblematiken bei Bienenprodukten sein können (Bogdanov, 2006). Da die Stärke des Milbenbefalls mit der Höhe der Winterverluste einhergeht, wird stetigen Kontrollen durch den Bienenhalter eine entsprechende Bedeutung beigemessen (DeBiMo, 2015). Die Behandlungen gegen die Milbenseuche ist sogar durch die Bienenseuchen-Verordnung für Bienenhalter verpflichtend (BMJV, 2014). Die gesetzliche Verpflichtung der Milbenbehandlung durchzusetzen und die Ausbildung von Bienenhaltern zu fördern, kann ein wirksamer Weg sein, um die Gesundheit von Honigbienen zu verbessern.

Für die verschiedenen Wildbienenarten können in Bezug auf das Krankheitsaufkommen bei zunehmender Urbanisierung aufgrund mangelnder Daten keine Aussagen gemacht werden.

Belastungen durch Pflanzenschutzmittel sowie deren Auswirkungen auf die Bienengesundheit

Ein zusätzliches Risiko für Bienen ist der verbreitete Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Der deutsche Inlandsabsatz der Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln lag im Jahr 1994 bei 29.769 Tonnen und steigerte sich bis ins Jahr 2014 um über 50%. Im Jahr 2014 waren 776 verschiedene Mittel mit 276 unterschiedlichen Wirkstoffen zugelassen (Umweltbundesamt, 2016b). Die Wechselwirkung dieser Stoffe sind für Bienen kaum erforscht (Mullin, Chen, Fine, Frazier & Frazier, 2015). Das Risiko für die Biene durch die Aufnahme verschiedener Stoffe von unterschiedlich behandelten Feldern ist jedoch nicht außer Acht zu lassen, da sich beispielsweise der Bewegungsraum eines Honigbienenvolkes bis über circa 50km² erstreckt (Friedrich & Löwer, 2015). Weltweit wurden Belastungen

von Honigbienen mit verschiedenen Wirkstoffen dokumentiert (Bonmatin et al., 2015).

Eine Wirkstoffgruppe der Insektizide ist die Gruppe der Neonikotinoide, die Nerven von Insekten irreversibel hemmt (EASAC, 2015). Diese Gruppe ist nicht unumstritten und soll hier zur Veranschaulichung als Extrembeispiel dienen, um ein stärkeres Bewusstsein für die vielfältige Problematik zu schaffen. Der Einsatz von Neonikotinoiden ist beträchtlich - im Jahr 2010 machten Neonikotinoide ein Drittel der weltweiten Insektizide aus (EASAC, 2015). Eine Evaluierung der *Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit* für die Zulassung dieser Stoffe ist bisher nicht abgeschlossen (EFSA, 2016).

Auf die negativen Wirkungen der Neonikotinoide wird im Folgenden eingegangen. Grundsätzlich sind verschiedene Stoffe der Gruppe der Neonikotinoide hochwirksam und können bis zu 10.800fach toxischer sein als DDT (Bonmatin, 2009). Dass Bienen in Deutschland mit Neonikotinoiden in Kontakt kommen, kann beispielsweise durch Spuren des Neonikotinoids Thiacloprid in jeder dritten Probe aus Vorräten von Honigbienenvölkern belegt werden (DeBiMo, 2015). Die weltweit häufig für Sattgutbehandlungen eingesetzten Neonikotinoide haben Halbwertszeiten von 200 bis 1000 Tagen und können im Boden akkumulieren (Goulson, 2013). Eine Langzeitstudie aus England (Untersuchungszeitraum 18 Jahre) konnte der langanhaltenden Wirkung von Neonikotinoiden eine Verantwortlichkeit am Rückgang der Bestäuber zuweisen (Woodcock et al., 2016). Zukünftige Beeinträchtigungen der Bestäuber, damit auch am Ökosystem, durch bisher eingesetzte Neonikotinoide sind daher zu erwarten.

Der Kontakt mit Pflanzenschutzmitteln beeinflusst die Bienengesundheit beträchtlich, da sie unter anderem eingesetzt werden, um Insekten zugunsten der angebauten Kulturpflanzen zu töten. Jedoch können einige Wirkstoffe bereits in niedriger Dosis zu entscheidenden Defiziten lebensnotwendiger Fähigkeiten vieler Insekten führen.

Es wurde bereits eine Vielzahl sogenannter *subletaler Effekte* bei geringer Dosierung festgestellt, welche mitunter zu einer reduzierten Lebenszeit und einer erhöhten Brutsterblichkeit führen können. Eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit der Honigbienen für die Varroa-Milbe wird ebenfalls vermutet (Wu, Anelli & Sheppard, 2011). Schaden nimmt die Honigbienenpopulation zum Beispiel durch eine Erhöhung der Wintermortalität, eine Reduktion des Heimfindevermögens (Henry et al., 2012; Nahar & Ohtani, 2015), durch

Veränderungen der Bewegungsmuster und des Sozialverhaltens (Nahar & Ohtani, 2015) sowie durch die veränderte Ausbildung von inneren Organen (Heylen, Gobin, Arckens, Huybrechts & Billen, 2010).

Beispielsweise wirkt das in Deutschland eingesetzte Thiaclopid bereits bei landwirtschaftlich angewandten Dosierungen auf das Immunsystem, indem die Wundheilung, die antimikrobielle Aktivität und die Zahl der Blutkörper sinkt (Brandt, Gorenflo, Siede, Meixner & Büchler, 2016). Zudem reduziert sich die Sammeltätigkeit, es treten gehäuft Abweichungen bei der Tanz-Kommunikation auf und die Navigation wird geschwächt (Menzel, 2014). Selbst Glyphosat, das als Herbizid in der Landwirtschaft gegen unerwünschte Pflanzen eingesetzt wird, beeinträchtigt das Orientierungsvermögen dieser Tiere (Balbuena, Tison, Hahn, Greggers, Menzel, & Farina, 2015).

Bei einer Anhörung im *Umweltausschuss des Deutschen Bundestages* äußerte Herr Tumbrinck vom *Naturschutzbund Nordrhein-Westfalen* die Annahme eines Zusammenhangs zwischen dem aktuell zu beobachtenden Zusammenbruch von Insektenbeständen und dem Einsatz von Neonikotinoiden, da die Verluste nicht allein mit dem Landschaftswandel zu erklären seien. Dabei stellte Herr Nies vom *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit* fest, dass die größten Problematiken für die Umwelt weniger durch einzelne Gruppen von Pflanzenschutzmitteln ausgelöst werden, sondern vielmehr durch die erhebliche Menge des gesamten Wirkstoffeinsatzes (Deutscher Bundestag, 2016).

Die Absatzmengen für das Jahr 2014 umfassen laut Angaben des *Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* für Neonikotinoide, Fipronil und Glyphosat insgesamt 5633,4 Tonnen Wirkstoff. Hiervon wurden lediglich 96,6 Tonnen - beziehungsweise 1,7% - für die private Verwendung erworben. Zu diesen Zahlen muss die Anmerkung gemacht werden, dass der Bundesregierung keine Zahlen für in Deutschland produzierte Mengen vorliegen (Deutscher Bundestag, 2015). Die Angaben für den Gebrauch von Pflanzenschutzmitteln beruhen in Deutschland auf freiwilliger Basis (Roßberg & Hommes, 2014). Studienergebnisse zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Häusern und Gärten sollen Ende des Jahres 2016 veröffentlicht werden (BDG, 2016). Für

Österreich ergab eine Schätzung für den Einsatz von Pestiziden in urbanen Räumen einen Anteil von circa 10% des Gesamtverbrauchs (Sattelberger, 2001).

Mehrere Baumarktunternehmen haben die inzwischen umstrittenen Produkte auf Basis von Glyphosat oder Neonikotinoiden aus ihrem Sortiment genommen, woraus eine erschwerte Verfügbarkeit für die private Anwendung folgt (Handelsblatt, 2015). Zwar findet in Städten auch eine Ausbringung von Pestiziden durch berufliche Anwender statt, dennoch ist insgesamt davon auszugehen, dass in weiten Teilen der Städte keine oder eine deutlich niedrigere Pestizidverwendung stattfindet als in der Landwirtschaft.

Wildbienen können aufgrund solitärer Lebensweise - beziehungsweise deutlich kleinerer Volksstärken - Vergiftungsfälle durch Pestizide schlechter kompensieren als Honigbienen-völker (Wu-Smart & Spivak, 2016). Dabei ist schon für Honigbienen das Potential für Entgiftungsprozesse sehr limitiert (Claudianos et al., 2006). Forderungen für weitere Forschung zu kommenden und bereits zugelassenen Pflanzenschutzmitteln sind demnach begründet, da zurzeit gesetzlich verpflichtende Untersuchungen für die Zulassung von Wirkstoffen nur bezüglich der Honigbiene vorgesehen sind. Um Risiken für die Umwelt zu minimieren, sollten laut Herrn Nies außerdem Untersuchungen für Zulassungsverfahren in Bezug auf die Vielfalt der Insekten ausgeweitet werden (Deutscher Bundestag, 2016). Forschungen zur Stärke der Einflüsse von Pflanzenschutzmitteln sind dringend notwendig, um die Gründe für die hohen Insektenverluste einschätzen zu können (Sorg, Schwan, Stenmans & Müller, 2013).

Wie bereits in vorhergehenden Kapiteln beschrieben, unterscheiden sich intensive und ökologische Landwirtschaft in Bezug auf das Insektenvorkommen. Der Einsatz chemisch synthetischer Pflanzenschutzmittel ist in ökologischen Betriebsweisen stark beschränkt. Eine Relevanz der Pflanzenschutzmittel am Rückgang der Bienen ist folgerichtig, jedoch ist das Ausmaß bisher nicht bestimmt.

Aufgrund des reduzierten Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln in Stadtgebieten sind die Bienen einer geringeren Belastung ausgesetzt.

Rückstände in Bienenprodukten von Honigbienen in „Stadt“ und „Land“

Die Verdichtung urbaner Gebiete geht mit einem erhöhten Straßenverkehr, vermehrtem Heizungsbetrieb und einem erhöhten Anteil von Industrie einher, sodass im Vergleich zum Umland eine verstärkte Schadstoffproduktion stattfindet (Falk, 2001). In Bezug auf den Schadstoffausstoß sind die Werte eines größeren Flughafens ähnlich den Werten einer Kleinstadt (Flughafen München, 2014). Daher werden vergleichende Untersuchungen für verschiedene Flughäfen und für Referenzstandorte, wie das Biosphärenreservat Schorfheide, herangezogen. Diese wurden zur Bewertung der Qualität von Bienenprodukten für den menschlichen Verzehr durchgeführt. Wie die Honige des natürlichen Referenzstandortes sind die Honige des Flughafens München und des Flughafens Berlin Schönefeld gleichermaßen qualitativ hochwertig und für den menschlichen Verzehr geeignet (Wäber, 2016). Eine weitere vergleichende Untersuchung von Berliner Honigsorten mit solchen aus dem Spreewald kommt ebenfalls zu diesem Schluss (Bienefeld et al., 2013). Da selbst bei den genannten extremen Standorten die Ergebnisse der Rückstandsuntersuchungen des Honigs die Verträglichkeit für den Mensch bestätigen, verwundert der geringe Anteil von 2,67% auffälligen Proben bei den Untersuchungen im Jahr 2011 für den Nationalen Rückstandskontrollplan nicht. Im Jahr 2012 wurden 1,88% auffällige Proben registriert, wohingegen im Folgejahr keine Proben mit Rückständen gefunden wurden. Basierend auf diesen Daten kann eine positive Tendenz bei den untersuchten Stoffen im Honig festgestellt werden. Bei den getesteten Proben wurden Rückstände verbotener Stoffe, antibakteriell wirksamer Stoffe, Umweltkontaminanten und sonstiger Tierarzneimittel geprüft (BVL, 2015).

Auch wenn bei den genannten Daten keine Grenzwerte risikobehafteter Stoffe im Honig überschritten werden, so kann eine geographische Zuordnung der Herkunft solcher Stoffe detektiert werden. Eine italienische Untersuchung führt auf, dass 94% der untersuchten Honigproben mit mindestens einem Pestizid belastet waren und dass bestimmte Komponenten in Proben aus industrialisierten Gebieten gehäuft auftraten. Lediglich Honige aus Bergregionen, die in der Nähe von ökologischem Anbau gewonnen wurden, waren frei von Rückständen (Panseri et al., 2014). Bei einem direkten Vergleich von Honigen traten in landwirtschaftlich genutzten Regionen bis zu drei Pflanzenschutzmittel

gleichzeitig auf, wohingegen in urbanen Gebieten keine Belastung gefunden wurde (Von der Ohe et al., 2016a).

Honig ist im Gegensatz zu Pollen wasserlöslich. Lipidlösliche Pflanzenschutzmittel und Schadstoffe reichern sich daher vorzugsweise in Pollen an. Gebietsbezogen wurden in einer Studie Pflanzenschutzmittel in Pollen detektiert. In dieser wurden 25% der Pollenproben aus dem Stadtgebiet positiv getestet, wohingegen Pollen aus landwirtschaftlich geprägter Region zu 80% Pflanzenschutzmittel enthielten. In der ländlichen Region wurden bis zu 15 verschiedene Wirkstoffe in Pollen gefunden. In den Proben der städtischen Regionen waren bis zu drei Wirkstoffe parallel zu finden, wobei hier teils die Nähe zu behandelten Rapsfeldern ursächlich war (Von der Ohe et al., 2016a).

Die Schadstoffbelastungen mit Schwermetallen und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAKs), die beim Straßenverkehr durch unvollständige Verbrennung entstehen, sind in Pollen häufig höher konzentriert als im Honig selbst (Von der Ohe et al., 2016a). Eine finnische Untersuchung zu Schwermetallen in Honig ergibt vergleichbare Werte für städtische beziehungsweise industrielle Gebiete sowie für natürliche Referenzgebiete (Fakhimzadeh & Lodenius, 2000). Die Ergebnisse der Honiguntersuchung ähneln sich selbst bei stärkerer Verkehrsbelastung, wie die Bewertung der Honigbienenprodukte aus flughafennahen Standorten zeigt (Wäber, 2016). Grund für die Reinheit des Honigs ist, dass die Honigbienen selbst bei der Verarbeitung dieses Produktes als Filter für Schadstoffe fungieren (Fakhimzadeh & Lodenius, 2000; Wallner, 2016). Das Vorkommen der belastenden Stoffe in der Umwelt kann durch eine mögliche Anreicherung im Organismus schädliche Folgen auf ihn haben. Die Verkürzung der Lebenszeit mit zunehmender Urbanisierung (Youngsteadt et al., 2015) kann nicht nur mit dem Krankheitsaufkommen verknüpft werden, sondern kann ebenso in Beziehung mit einer erhöhten Schadstoffbelastung in Städten gesetzt werden. Bei der Beurteilung von Fremdstoffen in Bienenprodukten ist fraglich, ob alle Grenzwerte, die weitestgehend für den menschlichen Verzehr bestimmt wurden, auf die Biene übertragbar sind.

Gesundheitszustände der Bienen von „Stadt“ und „Land“ im direkten Vergleich

Die Gesundheit der Bienen lässt sich anhand einiger Merkmale einschätzen. Hierzu zählen die Populationszahlen, die Artenvielfalt und die Reproduktion der Biene. Außerdem müssen Voraussetzungen für ein gesundes Leben wie Nahrungsquellen, Niststellen sowie Belastungen mit Krankheiten, Parasiten und schädlichen Stoffen in Bezug auf Bienengesundheit bewertet werden. Der Großteil der hier genannten Aspekte wurde in den vorangestellten Kapiteln ausführlicher behandelt. In diesem Kapitel erfolgt eine Zusammenfassung von Ergebnissen mit gegebener Vergleichbarkeit.

Die Zunahme der Honigbienen in der *Stadt* und die Präsenz verschiedener Wildbienenarten belegt, dass der Standort *Stadt* ein möglicher Lebensraum für viele Bienenarten ist (Saure, 2005; Fortel et al., 2014; Kremerskothen, 2016). Das stetige Vorkommen verschiedener Bienenarten ist ein wesentlicher Aspekt, der auf die Reproduktion der Bienenpopulationen schlussfolgern lässt. Zum Beispiel kommen im Verlauf der Zeit gefährdete Wildbienen in der wachsenden Stadt Berlin vermindert vor (Saure, 2005). Dies kann andeuten, dass bei zu intensiver Urbanisierung die Reproduktion von Wildbienen in Städten rückläufig ist. Auch eine Studie der Großstadt Lyon zeigt einen Zusammenhang von stark urbanisierten Regionen mit dem Rückgang von Bienen. Förderlich für Wildbienen kann hingegen moderate Urbanisierung sein (Fortel et al., 2014). Innerstädtische spontane Vegetation beziehungsweise vegetationsreiche Gebiete von Städten können sich ebenso vorteilig auswirken (Kratochwil & Klatt, 1989).

Urbane Standorte scheinen eine geeignetere Nahrungsgrundlage für Honigbienen bieten zu können als landwirtschaftlich intensiv genutzte Gebiete (Kaluza et al., 2016). Honigbienen können in Siedlungsgebieten etwa doppelt so viel Honig produzieren wie in landwirtschaftlichen Gebieten (Kohfink, 2010; Kaluza et al., 2016; Von der Ohe et al., 2016a). Zusätzlich sind die Einträge von wertvollem Pollen größer (Kaluza et al., 2016).

In der Landwirtschaft wird zudem ein deutlich höherer Anteil von Pflanzenschutzmitteln eingesetzt (Sattelberger, 2001; Deutscher Bundestag, 2015), der Bienen auf vielfältigen Wegen schadet. Selbst geringe Dosierungen können bei Honigbienen zur Reduktion lebensnotweniger Funktionen führen, ihre Anatomie verändern und bis zu ihrem Tode

führen (Heylen et al., 2010; Nahar & Ohtani, 2015). Pflanzenschutzmittel sind für solitär lebende Wildbienen vermutlich noch schädlicher als für Honigbienen (Wu-Smart & Spivak, 2016). Verschiedene Rückstände in Bienenprodukten konnten mit landwirtschaftlichen Gebieten in Verbindung gebracht werden (Von der Ohe et al., 2016a). Die Rückstandsmengen überschreiten zwar keine Grenzwerte für den menschlichen Verzehr, ob diese Grenzwerte jedoch auf Bienen übertragbar sind, ist weitestgehend nicht untersucht.

Für die Honigbienen wurde bei zunehmender Urbanisierung ein erhöhtes Überlebensrisiko festgestellt, das sich durch eine erhöhte Krankheitsübertragung begründet (Youngsteadt et al., 2015). Zudem kann mangelnde Erfahrung der Bienenhalter und die Schwächungen der Bienen durch Schadstoffe vermutet werden.

Der hohe Anteil verfügbaren Proteins in Städten könnte für Honigbienen ein wesentlicher Zugewinn sein, der andere negative Faktoren der Urbanisierung ausgleicht (Donkersley et al., 2014). Bestärkt wird diese Aussage durch eine ähnliche Annahme bei Hummeln (Hülsmann, von Wehrden, Klein, Leonhardt, 2015).

Für das Projekt FIT-BEE, das sich mit der Gesundheit von Honigbienen in *Stadt* und *Land* beschäftigt, wurde unter Einbezug aller untersuchten Kriterien resümiert, dass die Gesundheitsparameter der Honigbienen des getesteten urbanen Raumes besser zu bewerten waren als die Parameter der Honigbienen nahe landwirtschaftlichen Nutzflächen (Von der Ohe et al., 2016a). Die Bewertung fügt sich gut in das Bild ein, das eine Studie über bestäubende Insekten im Allgemeinen darstellt. Diese verglich im Vereinigten Königreich urbane, landwirtschaftliche und natürliche Standorte. Die Zusammensetzung der Bestäuber an urbanen Standorten ist homogener gewesen als in landwirtschaftlichen und natürlichen Gebieten, wobei sich konkret für Bienen eine höhere Artenvielfalt in urbanen als in landwirtschaftlichen Gebieten zeigte. Gleichzeitig ist die Spezialisierung für Blütenbesuche in Städten geringer als in agrarwirtschaftlichen Regionen, was durch die höhere Blütenvielfalt in Städten beeinflusst werden kann (Baldock et al., 2015). Für die Honigbiene als Generalist in Bezug auf Nahrung kann anhand der vorliegenden Ergebnisse geschätzt werden, dass für die Honigbiene die positiven Aspekte des Siedlungsgebietes überwiegen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass viele Faktoren die Gesundheit der Bienen beeinflussen und dass für eine abschließende Beurteilung Forschungsbedarf besteht. Aufgrund der geringen Datenlage wäre es eine unverhältnismäßige Aussage, dass Honigbienen in jeder Stadt

Deutschlands gesünder leben als in agrarindustriell geprägten Räumen. Die vorliegenden Daten lassen jedoch den Schluss zu, dass vegetationsreiche Städte im Vergleich zu intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten Vorteile für die Gesundheit von Honigbienen bieten können. Für Wildbienen kann aufgrund der Vielfältigkeit ihrer Ansprüche keine pauschale Aussage für alle Arten formuliert werden. In Deutschland sind Bestäubungsmängel offensichtlich, sodass insgesamt nicht von einem gesunden Zustand der Bienengemeinschaft ausgegangen werden kann.

Zukünftige Untersuchungen zur Bienengesundheit

Für die Evaluierung der Aussage dieser Studie müssten anhand aller relevanter Kriterien Standortvergleiche von *Stadt* und *Land* in repräsentativer Anzahl durchgeführt werden.

Dass in Deutschland die Zahlen der Insekten in den letzten Jahren sogar in naturnahen Bereichen rasant abfallen, zeigt laut Herrn Tumbrinck die Dringlichkeit für Forschungsergebnisse (Deutscher Bundestag, 2016). Zudem muss für Untersuchungen zunehmend die Vielfalt der Bestäuber berücksichtigt werden, denn nur durch die Untersuchung der gesamten Bestäubergemeinschaft können klare Aussagen über den Einfluss der Landschaft auf die Bestäubungsleistung gemacht werden (Nielsen et al., 2012). Nicht nur die Artenvielfalt muss für eine weitergehende Bewertung näher untersucht werden, sondern auch Faktoren wie Niststellen, Krankheitsvorkommen, Schadstoffe, Lichtverschmutzung und Folgen der Klimaerwärmung.

Trotz bisheriger Restriktionen für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Bemühungen für ökologische Ausgleichsflächen gehen die Zahlen der Bienen weiter zurück (Westrich et al., 2011). Um die Bedeutung der einzelnen Faktoren zu definieren, muss eine genaue Dokumentation der möglichen Ursachen erfolgen. Der Wissensstand zur Verteilung der Wildbienen in Deutschland ist im Vergleich zu dem der Honigbiene marginal, was durch den ungemein höheren Aufwand allein bei der Bestimmung der Populationsgröße einer Art verständlich wird. Unterlassung weiterer Forschung auf dem Gebiet kann dadurch jedoch nicht gerechtfertigt werden. Monitoring über die gesamte Europäische Union für alle Bienenarten, beziehungsweise allgemein für tierische Bestäuber, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht verfügbar, wobei Hinweise für den Bedarf von entsprechenden Untersuchungen vorhanden sind (Alix & Garrido, 2015). Faktoren für Morbidität

und Mortalität von Bienen sollten analysiert und zusätzlich eine adäquate Überwachung von entsprechenden Risiken entwickelt und langfristig angewendet werden (Lee, Steinhauer, Travis, Meixner & Deen, 2015). Fundierte Ergebnisse erfordern eine repräsentative Datenerfassung, weshalb Erleichterungen durch eine gesetzliche Grundlage und eine verbesserte Finanzierung für die Erhebung aussagekräftiger Daten geschaffen werden sollten. Oftmals beruhen Untersuchungen auf den Angaben Freiwilliger, beispielsweise bei den Artenzählungen der *Rote Liste* (Westrich et al., 2011) und bei Angaben der Landwirte zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, wie sie für die Erstellung der *NEPTUN* - oder *PAPA* -Erhebungen gemacht werden (Roßberg & Hommes, 2014).

Eine örtliche und zeitliche Dokumentation mit anschließender Analyse für Maßnahmen der Landwirtschaft sollte mit der Lokalisation von unbelasteten Nistplätzen und Nahrungsquellen verknüpft werden. Die Konsequenz der Maßnahmen muss sein, dass Schutzbereiche für Bienen eingerichtet werden. Zudem sollte, um die Honigbienenenvölker rechtzeitig vor Kontakt mit Pflanzenschutzmitteln von Agrarflächen an unbelastete Standorte umzusetzen, Transparenz der zu erfassenden Daten für die Honigbienenhalter geschaffen werden. Die durch das Projekt *Geobee* vorgegebene Richtung verschafft dem Bienenhalter bereits einen Einblick in das mögliche Umfeld von Bienen, dennoch muss die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit in diese Entwicklung einbezogen werden. Das Vertrauen der Bienenhalter in die Agrarwirtschaft kann dadurch gefördert, die Bienenhaltung in ländlichen Regionen unterstützt und somit die Bestäubung der Kulturpflanzen verbessert werden.

Städte gewinnen durch ihr stetiges Wachstum an Bedeutung für die Arterhaltung von bestäubenden Insekten, sodass auch in urbanen Räumen der Förderung dieser Tiere mehr Aufmerksamkeit zukommen sollte (Baldock et al., 2015).

Literaturverzeichnis

- Aizen, M. A., & Harder, L. D. (2009). The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current biology*, *19*(11), 915-918. doi:10.1016/j.cub.2009.03.071
- Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D., & Le Conte, Y. (2010). Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters*. doi:10.1098/rsbl.2009.0986
- Alix, A. & Garrido, C. (2015). Monitoring effects of pesticides on pollinators-a review of methods and outcomes by the ICPPR working group. *Julius-Kühn-Archiv*, *450*, 284-295
- Andersson, G. K., Rundlöf, M., & Smith, H. G. (2012). Organic farming improves pollination success in strawberries. *PloS one*, *7*(2), e31599. doi:10.1371/journal.pone.0031599
- Balbuena, M. S., Tison, L., Hahn, M. L., Greggers, U., Menzel, R., & Farina, W. M. (2015). Effects of sublethal doses of glyphosate on honeybee navigation. *Journal of Experimental Biology*, *218*(17), 2799-2805. doi:10.1242/jeb.117291
- Baldock, K. C. R., Goddard, M. A., Hicks, D. M., Kunin, W. E., Mitschunas, N., Osgathorpe, L. M., ...& Memmott, J. (2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* *282*, 20142849. doi: 10.1098/rspb.2014.2849
- Banaszak-Cibicka, W., & Żmihorski, M. (2012). Wild bees along an urban gradient: winners and losers. *Journal of Insect Conservation*, *16*(3), 331-343. doi:10.1007/s10841-011-9419-2
- BDG (02. Mai 2016). *Pflanzenschutz im Haus- und Kleingarten*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Bundesverband Deutscher Gartenfreunde e. V. – BDG. URL: <http://www.kleingarten-bund.de/de/der-bdg-informiert/news/Pflanzenschutz/>
- Beckedorf, S. (2015). Der Boom hält an. *Deutsches Bienen-Journal*, *23*(11), 6-7.
- Beckedorf, S. (2016). Der Erfinder. *Deutsches Bienen-Journal*, *24*(7), 14-19.
- Bengtsson, J., Ahnström, J., & Weibull, A. C. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of applied ecology*, *42*(2), 261-269. doi:10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x
- Bhattacharya, M., Primack, R. B., & Gerwein, J. (2003). Are roads and railroads barriers to bumblebee movement in a temperate suburban conservation area? *Biological Conservation*, *109*(1), 37-45. doi:10.1016/S0006-3207(02)00130-1

- Bienefeld, K., Genersch, E., Radtke, J., Lichtenberg-Kraag, B., Ehrhardt, K., Wegener, J., ... & Schreck, E. (2013). Institut für Bienenkunde Hohen Neuendorf e. V.- Tätigkeitsbericht 2012. *Deutsches Bienen-Journal*, 21 (7), Institutsbericht 1-8.
- Blumöhr, T., Brandl, M., Breitenfeld, J., Dahl, S., Führer, J., Gabka, D., & Troegel, T. (2011). Agrarstrukturen in Deutschland, Einheit in Vielfalt, Regionale Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010. *Statistische Ämter des Bundes und der Länder*. URL: http://www.statistikportal.de/Statistik-Portal/landwirtschaftszaehlung_2010.pdf
- Blüthgen, N. (2014). Auswirkung der Landnutzung auf Bestäubernetzwerke. Soziale Insekten in einer sich wandelnden Welt. *Rundgespräche der Kommission für Ökologie*, 43, 99-109. München: Dr. Friedrich Pfeil.
- BMEL (August 2016). *Ökologischer Landbau in Deutschland*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft - BMEL. URL: https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachhaltige-Landnutzung/Oekolandbau/_Texte/Oekologischer-LandbauDeutschland.html
- BMJV (2014). *Bienenseuchen-Verordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2004 (BGBl. I S. 2738), die zuletzt durch Artikel 7 der Verordnung vom 17. April 2014 (BGBl. I S. 388) geändert worden ist*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Bundesministerium für Justiz und für Verbraucherschutz-BMJV. URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/bienseuchv/BJNR005940972.html>
- Bogdanov, S. (2006). Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37(1), 1-18. doi:10.1051/apido:2005043
- Bonmatin, J. M. (2009). *Neonicotinoid Pesticides and Honeybees*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: <http://www.moraybeedinosaurs.co.uk/neonicotinoid.html>
- Bonmatin, J. M., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreuzweiser, D. P., Krupke, C., ... & Noome, D. A. (2015). Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 35-67. doi:10.1007/s11356-014-3332-7
- Brandes, D. (1983). Stadtvegetation als Unterrichtsgegenstand. *Prax. Naturwiss. Biol.*, 32 (2), 35-55.
- Brandt, A., Gorenflo, A., Siede, R., Meixner, M., & Büchler, R. (2016). The neonicotinoids thiacloprid, imidacloprid, and clothianidin affect the immunocompetence of honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of insect physiology*, 86, 40-47. doi:10.1016/j.jinsphys.2016.01.001
- Breeze, T. D., Bailey, A. P., Balcombe, K. G., & Potts, S. G. (2011). Pollination services in the UK: How important are honeybees?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142(3), 137-143. doi:10.1016/j.agee.2011.03.020

- Brodtschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41(3), 278-294.
doi:10.1051/apido/2010012
- Bürger, C. (2004). *Die Bedeutung der Landschaftsstrukturen für die Bienendiversität und Bestäubung auf unterschiedlichen räumlichen Skalen*. (Dissertation) Georg-August-Universität Göttingen, Deutschland.
- BVL (08. April 2015). *Jahresbericht 2013 zum Nationalen Rückstandskontrollplan (NRKP)*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit - BVL. URL: http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01_Lebensmittel/08_nrkp_erkp/nrkp2013_bericht.pdf?__blob=publicationFile&v=11
- Claudianos, C., Ranson, H., Johnson, R. M., Biswas, S., Schuler, M. A., Berenbaum, M. R., ... & Oakeshott, J. G. (2006). A deficit of detoxification enzymes: pesticide sensitivity and environmental response in the honeybee. *Insect molecular biology*, 15(5), 615-636.
- Cölln, K., Jakubzik, A., Jacobi, J. (2014). Raumbedarf der Stechimmen in fragmentierter Landschaft (Hymenoptera: Aculeata). *Mainzer naturwiss. Archiv*, 51, 393–406.
- DBIB (2013). *Ausbildung zum Berufsimker*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Deutscher Berufs- und Erwerbssimkerbund e.V.- DBIB. URL: <http://www.berufsimker.de/index.php/der-dbib/ausbildung-zum-berufsimker>
- DeBiMo (2015). *Zwischenbericht eingereicht bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)*. Projektzeitraum: 01/2014 - 12/2014. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Deutsches Bienenmonitoring – DeBiMo. URL: https://bienenmonitoring.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/bienenmonitoring/Dokumente/Zwischenbericht_DeBiMo_1-12_2014.pdf
- Dettli, M. (2009). Bienen und Milben–eine höchst komplexe Beziehung. *Schweizerische Bienenzeitung*, 12, 26-30.
- Deutscher Bundestag (28. Oktober 2015). *Drucksache 18/6490. Folgen aus der Gefährdung von Bestäubern und der Umwelt durch Neonikotinoide und andere Pestizidwirkstoffe*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: <http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/18/064/1806490.pdf>
- Deutscher Bundestag (13. Januar 2016). *Wortprotokoll der 73. Sitzung. Öffentliches Fachgespräch zu dem Thema "Ursachen und Auswirkungen des Biodiversitätsverlustes bei Insekten"*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: <https://www.bundestag.de/blob/416200/27ef1e1f3f6a34d1a9374f8702249dbf/protokoll-18-73-data.pdf>

- Deutsches Bienen-Journal (04. Juli 2016). *Wenig Frühtrachthonig: Bienen hungern*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: <http://www.bienenjournal.de/aktuelles/meldungen/wenig-fruehtrachthonig-bienen-hungern/>
- Deutscher Imkerbund e.V. (2016). Winterverluste erfreulich gering. *D.I.B. Aktuell*, 2016 (2), 18. URL: http://deutscherimkerbund.de/userfiles/DIB_Aktuell/2016/aktuell2016-2.pdf
- Di Pasquale, G., Salignon, M., Le Conte, Y., Belzunces, L. P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., ... & Alaux, C. (2013). Influence of pollen nutrition on honey bee health: do pollen quality and diversity matter?. *PloS one*, 8(8), e72016. doi:10.1371/journal.pone.0072016
- Donath, H. (1987). Insektenverluste durch Straßenverkehr im Bereich eines Rotkleeefeldes im Sommer 1986. *Entomologische Nachrichten und Berichte*, 31(4), 169.
- Donkersley, P., Rhodes, G., Pickup, R. W., Jones, K. C., & Wilson, K. (2014). Honeybee nutrition is linked to landscape composition. *Ecology and evolution*, 4(21), 4195-4206. doi:10.1002/ece3.1293
- EASAC (April 2015). *Ecosystem services, agriculture and neonicotinoids*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von European Academies' Science Advisory Council- EASAC. URL: http://www.easac.eu/fileadmin/Reports/Easac_15_ES_web_complete_01.pdf
- EFSA (11. Januar 2016). *Pestizide und Bienen: EFSA aktualisiert Bewertungen von Neonicotinoiden*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von European Food Safety Authority- EFSA. URL: <https://www.efsa.europa.eu/de/press/news/160111>
- Eimer, A. (01. Juli 2010). *Honig mit Stadtaroma. Forscher wollen klären, warum es Bienenvölkern in Ballungsräumen besonders gut geht*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Die Zeit. URL: <http://www.zeit.de/2010/27/N-Beton-Honig>
- Fakhimzadeh, K., & Lodenius, M. (2000). Heavy metals in Finnish honey, pollen and honey bees. *Apiacta*, 35(2), 85-95.
- Falk, G. C. (2001). Prima Klima in Berlin?–Klimatische Besonderheiten des Berliner Stadtgebietes. In: G. C. Falk, D. Lehmann (Hrsg.). *Berlin: Stadtextkursionen* (S. 22-27). Gotha, Stuttgart: Klett Perthes. URL: https://www.researchgate.net/profile/Gregor_Falk/publication/282577391_Prima_Klima_in_Berlin_-_Klimatische_Besonderheiten_des_Berliner_Stadtgebiets_Urban_Climate_Berlin/links/57691cb008ae7d2478cd5cd3.pdf
- FAO (03. August 2016). *FAOSTAT beta*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Food and Agriculture Organization of the United Nations- FAO. URL: <http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx>

- Feldhaar, H. (2016). Gewinner und Verlierer in der bayerischen Flora und Fauna in den letzten 50 Jahren: Insekten. *Rundgespräche der Kommission für Ökologie*, 44, 43-52. München: Dr. Friedrich Pfeil.
- Fischer, L. K., Eichfeld, J., Kowarik, I., & Buchholz, S. (2016). Disentangling urban habitat and matrix effects on wild bee species. *PeerJ*, 4, e2729. doi:10.7717/peerj.2729
- Flughafen München (2014). *Umwelterklärung 2014. Umwelt am Flughafen München*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Flughafen München GmbH. URL: http://www.munich-airport.de/media/download/general/publikationen/de/umwelterklaerung_2014.pdf
- Fortel, L., Henry, M., Guilbaud, L., Guirao, A. L., Kuhlmann, M., Mouret, H., ... & Vaissière, B. E. (2014). Decreasing abundance, increasing diversity and changing structure of the wild bee community (Hymenoptera: Anthophila) along an urbanization gradient. *PLoS one*, 9(8), e104679. doi:10.1371/journal.pone.0104679
- Friedrich, P. (05. August 2009). *Bienen hungern im Sommer*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Deutscher Imkerbund e.V.. URL: http://www.deutscherimkerbund.de/download/0-224-Bienen_hungern-pdf
- Friedrich, P. & Löwer, B. (2015). Ohne Honigbienen geht es nicht. *Umweltjournal Rheinland-Pfalz*, 58, 42-45.
- Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*, 68(3), 810-821. doi:10.1016/j.ecolecon.2008.06.014
- Gallmann, P., Charrière, J.-D., Dietemann, V., Albrecht, M., Knauer, K., Neumann, P., ...& Cordillot, F. (Mai 2014). *Expertenbericht-Vorschläge für Massnahmen zur Förderung der Gesundheit der Bienen*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: [http://wildbee.ch/uploads/Expertenbericht_Massnahmenplan_Bienengesundheit_20140505_d%20\(1\).pdf](http://wildbee.ch/uploads/Expertenbericht_Massnahmenplan_Bienengesundheit_20140505_d%20(1).pdf)
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... & Bartomeus, I. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611. doi:10.1126/science.1230200
- Geobee (2016a). *Pollenuntersuchung Maximalwerte*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: http://geobee.jki.bund.de/geobee-map/?appconfig=pollen_max
- Geobee (2016b). *Imkern in Brandenburg*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: <http://geobee.jki.bund.de/index.php?id=161>

- Goulson, D. (2013). Review: An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 977-987. doi:10.1111/1365-2664.12111
- Handelsblatt (22. September 2015). *Baumärkte nehmen Glyphosat aus Regalen*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Handelsblatt GmbH. URL: <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/obi-toom-hornbach-und-co-baumaerkte-nehmen-glyphosat-aus-regalen/12353840.html>
- Hennig, E. I., & Ghazoul, J. (2012). Pollinating animals in the urban environment. *Urban Ecosystems*, 15(1), 149-166. doi:10.1007/s11252-011-0202-7
- Henning, A., & Limberg, A. (2012). Veränderung des oberflächennahen Temperaturfeldes von Berlin durch Klimawandel und Urbanisierung. *Brandenburgische Geowiss. Beitr.*, 19(1), 81-92.
- Henry, M., Beguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J. F., Aupinel, P., ... & Decourtye, A. (2012). A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*, 336(6079), 348-350. doi:10.1126/science.1215039
- Heylen, K., Gobin, B., Arckens, L., Huybrechts, R., & Billen, J. (2010). The effects of four crop protection products on the morphology and ultrastructure of the hypopharyngeal gland of the European honeybee, *Apis mellifera*. *Apidologie*. doi:10.1051/apido/2010043. URL: <http://www.apidologie.org/articles/apido/pdf/first/m09080.pdf>
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D., & Tschardtke, T. (2007). Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology*, 44(1), 41-49. doi:10.1111/j.1365-2664.2006.01259.x
- Hülsmann, M., von Wehrden, H., Klein, A.M., Leonhardt, S.D. (2015). Plant diversity and composition compensate for negative effects of urbanization on foraging bumble bees. *Apidologie* 46,760-770. doi: 10.1007/s13592-015-0366-x
- Kaluza, B. F., Wallace, H., Heard, T. A., Klein, A. M., & Leonhardt, S. D. (2016). Urban gardens promote bee foraging over natural habitats and plantations. *Ecology and evolution*, 6(5), 1304-1316. doi:10.1002/ece3.1941
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tschardtke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313. doi:10.1098/rspb.2006.3721
- Kohfink, M.-W. (2010). *Bienen halten in der Stadt*. Stuttgart: Ulmer.

- Koithan, F. (2002). *Das aktuelle Gefahrenpotential der Amerikanischen Faulbrut, Ursachen und mögliche Bekämpfungsstrategien*. (Dissertation) Justus-Liebig-Universität Giessen, Deutschland.
- Kowarik, I. (1992). Das Besondere der städtischen Flora und Vegetation. *Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflge*, 61, 33-47.
- Kratochwil, A., & Klatt, M. (1989). Apoide Hymenopteren an Ruderalstellen der Stadt Freiburg i. Br.(BRD) – submediterrane Faunenelemente an Standorten kleinräumig hoher Persistenz. *Zool. Jb. Syst*, 116, 379-389.
- Kremerskothen, D. (2016). *Völkerzahlen in Deutschland*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: http://www.berufsimkerei-kremerskothen.de/produkte_zahlen.php
- Krewenka, K. M. (2011). *Landscape context of bee, wasp and parasitoid diversity: grass-strip corridors, fallows and food webs*. (Dissertation) Georg-August-Universität Göttingen, Deutschland.
- Lecocq, A., Kryger, P., Vejsnæs, F., & Jensen, A. B. (2015). Weight watching and the effect of landscape on honeybee colony productivity: Investigating the value of colony weight monitoring for the beekeeping industry. *PLoS one*, 10(7), e0132473. doi:10.1371/journal.pone.0132473
- Lee, K., Steinhauer, N., Travis, D. A., Meixner, M. D., & Deen, J. (2015). Honey bee surveillance: a tool for understanding and improving honey bee health. *Current Opinion in Insect Science*, 10, 37-44. doi:10.1016/j.cois.2015.04.009
- Le Féon, V., Schermann-Legionnet, A., Delettre, Y., Aviron, S., Billeter, R., Bugter, R., ... & Burel, F. (2010). Intensification of agriculture, landscape composition and wild bee communities: a large scale study in four European countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137(1), 143-150. doi:10.1016/j.agee.2010.01.015
- LIB (2016). *Einfluss von Honiginhaltsstoffen auf die Entwicklung von Bienen*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Länderinstitut für Bienenkunde Hohen Neuendorf e.V. - LIB. URL: <http://www2.hu-berlin.de/bienenkunde/index.php?id=212>
- Lorenz, S., & Stark, K. (2015). Saving the honeybees in Berlin? A case study of the urban beekeeping boom. *Environmental Sociology*, 1(2), 116-126. doi:10.1080/23251042.2015.1008383
- Löwe, R. (Oktober 2016). *Gedanken, die man sich machen müsste*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Imkerverein Berlin-Zehlendorf und Umgebung e.V.. URL: <http://www.ivbzuev.de/gedanken-die-man-sich-machen-muesste/>

- Luo, Z., Sun, O. J., Ge, Q., Xu, W., & Zheng, J. (2007). Phenological responses of plants to climate change in an urban environment. *Ecological Research*, 22(3), 507-514. doi:10.1007/s11284-006-0044-6
- Matteson, K. C., Grace, J. B., & Minor, E. S. (2013). Direct and indirect effects of land use on floral resources and flower-visiting insects across an urban landscape. *Oikos*, 122(5), 682-694. doi:10.1111/j.1600-0706.2012.20229.x
- Menzel, R. (2014). Wie Pestizide (Neonicotinoide) die Navigation, die Tanz-Kommunikation und das Lernverhalten von Bienen verändern. Soziale Insekten in einer sich wandelnden Welt. *Rundgespräche der Kommission für Ökologie*, 43, 75-83. München: Dr. Friedrich Pfeil.
- Moritz, R. F. (2014). Die Ursachen des weltweiten Bienensterbens. Soziale Insekten in einer sich wandelnden Welt. *Rundgespräche der Kommission für Ökologie*, 43, 87-94. München: Dr. Friedrich Pfeil.
- Mullin, C. A., Chen, J., Fine, J. D., Frazier, M. T., & Frazier, J. L. (2015). The formulation makes the honey bee poison. *Pesticide biochemistry and physiology*, 120, 27-35. doi:10.1016/j.pestbp.2014.12.026
- Nahar, N., & Ohtani, T. (2015). Imidacloprid and Fipronil induced abnormal behavior and disturbed homing of forager honey bees *Apis mellifera*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3 (2), 65-72.
- Nielsen, A., Dauber, J., Kunin, W. E., Lamborn, E., Jauker, B., Moora, M., ... & Settele, J. (2012). Pollinator community responses to the spatial population structure of wild plants: A panEuropean approach. *Basic and Applied Ecology*, 13(6), 489-499. doi:10.1016/j.baae.2012.08.008
- Odoux, J. F., Aupinel, P., Gateff, S., Requier, F., Henry, M., & Bretagnolle, V. (2014). ECOBEE: a tool for long-term honey bee colony monitoring at the landscape scale in West European intensive agroecosystems. *Journal of Apicultural Research*, 53(1), 57-66. doi:10.3896/IBRA.1.53.1.05
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* (1967), 7(8), 769-779. doi:10.1016/0004-6981(73)90140-6
- Panseri, S., Catalano, A., Giorgi, A., Arioli, F., Procopio, A., Britti, D., & Chiesa, L. M. (2014). Occurrence of pesticide residues in Italian honey from different areas in relation to its potential contamination sources. *Food Control*, 38, 150-156. doi:10.1016/j.foodcont.2013.10.024
- Persson, A. S., & Smith, H. G. (2013). Seasonal persistence of bumblebee populations is affected by landscape context. *Agriculture, ecosystems & environment*, 165, 201-209. doi:10.1016/j.agee.2012.12.008
- Pfiffner, L. (2005). *Biolandbau fördert die Biodiversität*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: <https://shop.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1524-biodiversitaet.pdf>

- Rișcu (Jivan), A., Bura, M. (2013). The impact of pesticides on honey bees and hence on humans. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 46(2), 272-277.
- Rosenkranz, P., Aumeier, P., & Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of invertebrate pathology*, 103, 96-119. doi:10.1016/j.jip.2009.07.016
- Roßberg, D., & Hommes, M. (2014). NEPTUN-Gemüsebau 2013. *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut*, 175, 1-36.
- Sattelberger, R. (2001). *Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Biozid-Produkten im nicht-land-und forstwirtschaftlichen Bereich*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Umweltbundesamt GmbH (Wien). URL: <http://ww3.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M146.pdf>
- Saure C. (2005). *Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen und Wespen (Hymenoptera part.) von Berlin mit Angaben zu den Ameisen (ed. by Der Landesbeauftragte für Naturschutz und Landschaftspflege/Senatsverwaltung für Stadtentwicklung), Rote Listen der gefährdeten Pflanzen und Tiere von Berlin*. CD-ROM. URL: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/natur_gruen/naturschutz/downloads/artenschutz/rotelisten/24_bienen_print.pdf
- Schindlegger, G. H. (2004). *Nahrungsmittel aus konventionellem Anbau versus biologischen Landbau: Inhaltsstoffe und mögliche Auswirkungen unterschiedlicher Kultivierungs- und Verarbeitungsformen auf die Gesundheit des Menschen, unter besonderer Berücksichtigung des Gastrointestinaltraktes und des neuroendokrinen Systems*. (Diplomarbeit) Universität Salzburg, Österreich.
- Schmidt, L. S., Schmidt, J. O., Rao, H., Wang, W., & Xu, L. (1995). Feeding preference and survival of young worker honey bees (Hymenoptera: Apidae) fed rape, sesame, and sunflower pollen. *Journal of Economic Entomology*, 88(6), 1591-1595.
- Sorg, M., Schwan, H., Stenmans, W. & Müller, A. (2013). Ermittlung der Biomassen flugaktiver Insekten im Naturschutzgebiet Orbroicher Bruch mit Malaise Fallen in den Jahren 1989 und 2013. *Mitteilungen aus dem Entomologischen Verein Krefeld*, 1, 1-5.
- Steffan-Dewenter, I. (2014). Der Einfluss von Klimawandel und Habitatverlust auf Bestäuber und ihre Funktionen. *Rundgespräche der Kommission für Ökologie*, 43, 113-122. München: Dr. Friedrich Pfeil.
- Sukopp, H. (1976). Dynamik und Konstanz in der Flora der Bundesrepublik Deutschland. *Schr. R Vegetationskde.* 10, 9-27.

Tscharntke, T., Steffan-Dewenter, I., Kruess, A., & Thies, C. (2002). Characteristics of insect populations on habitat fragments: a mini review. *Ecological research*, 17(2), 229-239. doi:10.1046/j.1440-1703.2002.00482.x

Umweltbundesamt (22. Februar 2016a). *Struktur der Flächennutzung*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/flaechennutzung/struktur-der-flaechennutzung>

Umweltbundesamt (03. Februar 2016b). *Pflanzenschutzmitteleinsatz in der Landwirtschaft*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/landforstwirtschaft/landwirtschaft/pflanzenschutzmitteleinsatz-in-der-landwirtschaft>

VDL-Bundesverband (26. März 2015). *Bienen-Landflucht bringt Probleme*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Berufsverband Agrar, Ernährung, Umwelt e.V. - VDL-Bundesverband. URL: http://www.vdl.de/VDL_Journal_online/schwerpunkte/2015/01/11_Bienefeldneu.php

Von der Ohe, W. et al. (16. Juni 2016a). *Institut für Bienenkunde Celle Jahresbericht 2015*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von LAVES - Institut für Bienenkunde Celle. URL: http://www.laves.niedersachsen.de/download/108148/Jahresbericht_2015.pdf

Von der Ohe, W., Janke, M., Campbell, S. M., & Von der Ohe, K. (August 2016b). *Das Bieneninstitut Celle informiert (44) Was ist ein Sortenhonig?* Abgerufen am 23. Dezember 2016, von LAVES - Institut für Bienenkunde Celle. URL: <http://www.laves.niedersachsen.de/download/43094/Sortenhonig.pdf>

Wäber, M. (Februar 2016). *Flughafen Berlin Brandenburg - Bericht Bienenmonitoring 2011-2015*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, von Flughafen Berlin Brandenburg GmbH. URL: http://www.berlin-airport.de/de/_dokumente/unternehmen/umwelt/FBB2015_Bienenmonitoring-Bericht.pdf

Wagner, C., Holzschuh, A., & Wieland, P. (2014). Der Beitrag von Blühflächen zur Arthropodendiversität in der Agrarlandschaft. *Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft*, 1(2014), 45-64.

Wallner, K. (2016). Die Biene, ein lebender Filter. *Deutsches Bienen-Journal*, 24(5), 7.

Westrich, P., Frommer, U., Mandery, K.; Riemann, H., Ruhnke, H., Saure, C., & Voith, J. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen (Hymenoptera, Apidae) Deutschlands. In: M. Binot-Hafke, S. Balzer, N. Becker, H. Gruttke, H. Haupt, N. Hofbauer, G. Ludwig, G. Matzke-Hajek & M. Strauch (Red.), *Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands* (Band 3, Wirbellose Tiere (Teil 1), Naturschutz und Biologische Vielfalt), 70 (3), 373-416. Münster: Landwirtschaftsverlag.

Westrich, P. (2016). *Oligolektie*. Abgerufen am 23. Dezember 2016, URL: <http://www.wildbienen.info/bluetenbesuch/oligolektie.php>

- Williams, I. H. (1994). The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agricultural Zoology Reviews*, *6*, 229–257.
- Woodcock, B. A., Isaac, N. J., Bullock, J. M., Roy, D. B., Garthwaite, D. G., Crowe, A., & Pywell, R. F. (2016). Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. *Nature Communications*, *7*, e12459. doi:10.1038/ncomms12459
- Wu, J. Y., Anelli, C. M., & Sheppard, W. S. (2011). Sub-lethal effects of pesticide residues in brood comb on worker honey bee (*Apis mellifera*) development and longevity. *PloS one*, *6*(2), e14720. doi:10.1371/journal.pone.0014720
- Wu-Smart, J., & Spivak, M. (2016). Sub-lethal effects of dietary neonicotinoid insecticide exposure on honey bee queen fecundity and colony development. *Scientific Reports*, *6*, e32108. doi:10.1038/srep32108
- Youngsteadt, E., Appler, R. H., López-Urbe, M. M., Tarpy, D. R., & Frank, S. D. (2015). Urbanization increases pathogen pressure on feral and managed honey bees. *PloS one*, *10*(11), e0142031. doi:10.1371/journal.pone.0142031