

Auswahlkriterien für Pflanzenarten zur Förderung sächsischer Wildbienen und Ableitung einer Pflanzenartenliste

Florian Meerheim¹ & Matthias Nuß^{1,2}

Senckenberg Museum für Tierkunde, Königsbrücker Landstr. 159, 01109 Dresden

¹florian.meerheim@htw-dresden.de, ²matthias.nuss@senckenberg.de

Zusammenfassung. Wildbienen ernähren sich obligatorisch von Blütenpollen und -nektar. Bemühungen um ihren Schutz bzw. ihre Förderung müssen daher das Angebot von geeigneten Blütenpflanzen einbeziehen. So ist die Anlage von ein- und mehrjährigen Blühflächen in den zurückliegenden Jahren sehr populär geworden, wobei in zahlreichen Empfehlungen für die Pflanzenauswahl einheimische Arten nicht oder zumindest unterrepräsentiert vertreten sind und eine transparente Methodik für die Erstellung dieser Artenlisten ist nicht erkennbar.

Da das Spektrum von einheimischen Wildbienenarten genutzter Blütenpflanzenarten sehr umfangreich und zugleich regional unterschiedlich ist, wird mit dieser Publikation eine regionale und hinsichtlich der Methodik der Pflanzenartenauswahl transparente Artenliste für Sachsen zur Diskussion gestellt. Als Kriterien finden Verwendung: (1) gesicherter Nachweis der Wildbienenarten in Sachsen, (2) Pflanzenarten, die bekannte Nahrungsgrundlage für oligolektische Wildbienenarten sind, (3) Pflanzenarten mit besonderer Bedeutung für polylektische Wildbienenarten und (4) in Sachsen indigene oder archäophytische Pflanzenarten.

Unter den 412 aus Sachsen bisher nachgewiesenen Wildbienenarten befinden sich 90 oligolektische Arten. Diese Wildbienen sind in ihrer Ernährung obligatorisch auf den Pollen von insgesamt 160 Pflanzenarten aus 24 Pflanzenfamilien angewiesen. Besonders häufig vertreten sind Korb- und Schmetterlingsblütler. *Campanula rotundifolia*, *Lotus corniculatus* und *Picris hieracioides* stellen jeweils für 10 oder mehr oligolektische Wildbienenarten eine Pollenquelle dar. Für 11 oligolektische Wildbienenarten steht in Sachsen jeweils nur eine Blütenpflanzenart als Pollenquelle zur Verfügung.

Darüber hinaus enthält die Liste 21 weitere Pflanzenarten, die für polylektische Wildbienenarten von besonderer Bedeutung sind. Fünf Pflanzenarten werden nicht für die allgemeine Verwendung vorgeschlagen, da sie als Problemunkräuter gelten oder giftig sind. Damit enthält die Liste 176 einheimische Blütenpflanzenarten, die wir als Minimalanforderung für den praktischen Wildbienenschutz in Sachsen empfehlen. Darunter sind nur vier einjährige Pflanzenarten enthalten, was die Bedeutung mehrjähriger Blühflächen für die Förderung von Wildbienen unterstreicht. Um für den jeweiligen Standort eine geeignete Pflanzenartenauswahl vornehmen zu können, wird eine Excel-Tabelle zur Verfügung gestellt, in der unter anderem nach den Standortfaktoren Licht, Bodenfeuchte und Nährstoffversorgung gefiltert werden kann. Für die praktische Anwendung sind außerdem Informationen über die Blütezeit, Lebensdauer und Wuchsform enthalten. Ein

Abgleich mit Katalogen von Anbietern für gebietseigenes Saatgut zeigt, dass der von uns aufgezeigte Mindestumfang von Pflanzenarten für die Wildbienenförderung gegenwärtig auf dem Markt nicht erhältlich ist.

Abstract. *Selection criteria for plant species to promote wild bees in Saxony with a list of plant species.* – Wild bees feed obligatory on pollen and nectar. Therefore, efforts to protect or promote wild bees must include the supply of suitable flowering plants. The creation of annual and perennial flowering areas has become very popular in recent years, although indigenous species are not or at least underrepresented in numerous recommendations and a transparent method for creating such plant lists is not discernible.

Since the spectrum of flowering plant species used by native wild bee species is very large and at the same time regionally different, this publication presents a regional list of species for Saxony that is transparent with regard to the methodology of plant species selection. The following criteria are used: (1) reliable evidence of the occurrence of wild bee species in Saxony, (2) plant species that are known food sources for oligolectic wild bee species, (3) plant species of particular importance for polylectic wild bee species and (4) indigenous or archaeophytic plant species in Saxony.

90 of the 412 wild bee species recorded from Saxony are oligolectic. These wild bees depend on the pollen of a total of 160 plant species from 24 plant families. Asteraceae and Fabaceae are particularly often used. *Campanula rotundifolia*, *Lotus corniculatus* and *Picris hieracioides* each represent a pollen source for 10 or more oligolectic wild bee species. For 11 oligolectic wild bee species is available only one flowering plant species each.

In addition, the list contains 21 other plant species that are of particular importance for polylectic wild bee species. Five plant species are not suggested for general use because they are considered as problematic weeds or are poisonous. Eventually, the list contains 176 indigenous flowering plant species, which we recommend as a minimum requirement for practical wild bee protection in Saxony. The list contains only four annual plant species, which underlines the importance of perennial flowering plant species for the promotion of wild bees. In order to be able to select a suitable plant species for a respective locality, an Excel table is provided with selection criteria for light, soil moisture and nutrient supply. For practical use, information about the flowering time, lifespan and growth habit is also included. The minimum number of plant species we here suggest for supporting wild bees is currently not available from commercial suppliers.

Einleitung

Mit dem Phänomen des Colony Collapse Disorder (CCD), bei dem die Mehrheit der Arbeiterinnen eines Volkes der Westlichen Honigbiene (*Apis mellifera*) ausbleibt und ein Volk mit Königin, Brut, Ammenbienen und Nahrung zurücklässt, kam im Jahr 2006 das Wort „Bienensterben“ auf (van Engelsdorp et al. 2009; Dainat et al. 2012). Acht Jahre später zeigten Fischer et al. (2014), dass dieses Phänomen durch die Einwirkung von Neonicotinoiden auf

das Nervensystem der Honigbiene und damit deren beeinträchtigt Heimfindervermögen zum Stock erklärt werden kann. Tatsächlich konzentrierte sich ein Großteil der Forschungen zu den Auswirkungen von Neonikotinoiden auf die Honigbiene. Whitehorn et al. (2012) zeigten, dass Hummelkolonien, die freilandrealistischen Mengen von Imidacloprid, einem Neonikotinoid, ausgesetzt waren, im Vergleich zu Kontrollkolonien ein signifikant reduziertes Wachstum und eine Reduktion des Königinnennachwuchses um 85 % aufwiesen. Weitere Arbeiten zum Rückgang von Wildbienen, verursacht durch Neonikotinoide, folgten (z. B. Rundlöf et al. 2015; Woodcock et al. 2016; Ellis et al. 2017), doch wurde auch deutlich, dass weitere Faktoren wie Habitatverlust und -fragmentierung, Strukturverarmung der Landschaft und damit einhergehend ein mangelndes Blütenangebot sowie Pathogene, fremdländische Arten, Klimawandel und Interaktionen zwischen diesen Faktoren zum Rückgang der Wildbienen beitragen (Potts et al. 2010; Brown et al. 2016; Dance et al. 2017). In Deutschland ist der Rückgang der Wildbienen durch die Roten Listen dokumentiert. Von den 585 einheimischen Arten der Wildbienen gelten 39 Arten als ausgestorben oder verschollen (Westrich et al. 2012; Scheuchl et al. 2018), in Sachsen sind es sogar 59 Arten (Burger 2005; Münze et al. 2006; Adam et al. 2017; Wintergerst & Nuß 2020).

Der Colony Collapse Disorder der Westlichen Honigbiene und der Rückgang der Wildbienen hat große öffentliche Aufmerksamkeit erreicht, weil Honig- wie Wildbienen wichtige Bestäuber unserer Kulturpflanzen sind (Westerkamp 1991; Batra 1995; Kearns et al. 1998; Ollerton et al. 2012). Der Marktwert der Bestäubungsleistung dieser und weiterer tierischer Bestäuber wurde für das Jahr 2015 weltweit auf 235 bis 577 Mrd. US \$ geschätzt (IPBES 2016). Ollerton et al. (2011) gehen davon aus, dass in unseren Breiten fast 80 % der einheimischen Pflanzenarten bei der Bestäubung auf Insekten angewiesen sind.

Wichtige Requisiten im Lebensraum der Wildbienen sind Nistplätze und Nahrungsangebot, insbesondere Pollenquellen (Westrich et al. 2012). Verfügbarkeit und Diversität von Nahrungspflanzen haben einen entscheidenden Einfluss auf Wildbienenpopulationen (Gathmann et al. 1994; Tschardt et al. 1998; Kremen et al. 2002; Potts et al. 2003; Hines & Hendrix 2005; Batáry et al. 2010), zumal sowohl für die Larven als auch für die Imagines der meisten Wildbienen Pollen und Nektar die primären Energielieferanten sind (Roulston & Goodell 2011).

Um dem Rückgang der Wildbienen entgegenzuwirken, schlagen Klein et al. (2007) unter anderem vor, das Nahrungsangebot durch ein diverses Angebot angeeigneter Pflanzenarten zu verbessern. Verschiedene Beispiele beweisen bereits, dass es dadurch möglich ist, die Wildbienen Diversität und -abundanz zu steigern (Wojcik et al. 2008; Pawelek et al. 2009; Blackmore & Goulson 2014). Die von der EU geförderten Agrarumweltmaßnahmen (z. B. Blühstreifen) kommen allerdings hauptsächlich den größtenteils polyektischen Hummeln zugute (Carvell et al. 2007; Pywell et al. 2006), andere Wildbienen profitieren weniger oder kaum davon (Scheper et al. 2015; Wood et al. 2015, 2017).

In Deutschland wurden bereits verschiedene Pflanzenlisten publiziert, die für Wildbienen wichtige Pollen- und Nektarquellen enthalten. Allen gemein ist allerdings die nicht oder nicht komplett nachvollziehbare Methodik bei der Auswahl der Pflanzenarten. Zurbuchen

& Müller (2012) legen für den gesamten deutschsprachigen Raum eine Liste mit 124 Pflanzenangaben (113 auf Art-, 11 auf Gattungsebene) für 745 Wildbienenarten vor. Für die 473 Wildbienenarten Baden-Württembergs (Scheuchl et al. 2018) und die Westliche Honigbiene werden 444 Pflanzenarten, einschließlich Kulturpflanzen aufgelistet, wobei keine Zuordnung zwischen Pflanzen- und Wildbienenarten vorgenommen wird (Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg 2018). Das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2017, 2018 a) empfiehlt für die Anlage eines „Bienengartens“ bzw. für die Auswahl „insektenfreundlicher Pflanzen“ von vornherein nur Kultur- und Zierpflanzen. Im landwirtschaftlichen Bereich hatte die Verwendung gebietseigener Pflanzen bei der Anlage mehrjähriger Blühflächen im Rahmen der AUK-Förderung bislang nur empfehlenden Charakter (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 2018 b). Aktuell werden erfreulicherweise Mindestanforderungen gestellt, welche die Verwendung einheimischer Arten einschließen. Allerdings können diese zusammen mit anderen ackerbaulich relevanten Arten wie Buchweizen, *Phacelia* und Futtererbse ausgebracht werden und es ist nicht geregelt, wie groß der Anteil einheimischer Pflanzenarten in der Samenmischung sein muss (Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft 2020). Im Folgenden werden Kriterien für Minimalanforderungen bei der Auswahl von Pflanzenarten für die Wildbienenförderung sowie daraus ableitend anhand von Literaturdaten eine Pflanzenartenliste erarbeitet, die wir sowohl als Grundlage für die praktische Förderung einheimischer Wildbienenarten als auch zur Diskussion und Weiterentwicklung empfehlen.

Material und Methoden

Die Pflanzenartenliste wurde in folgenden Schritten erarbeitet.

Zunächst erfolgte eine Eingrenzung auf Wildbienenarten, deren Vorkommen für Sachsen belegt ist. Dafür wurde auf den aktuellen Arbeitsstand der „Checkliste der Wildbienen Deutschlands“ zurückgegriffen (Scheuchl et al. 2018).

Eine zweite Eingrenzung der Wildbienenarten erfolgt anhand der Oligolektie nach Westrich (2018), wobei die dortigen Angaben „eingeschränkt polylektisch“ bzw. „polylektisch mit deutlicher Bevorzugung einer Pflanzenfamilie“ hier als polylektisch sowie „möglicherweise oder vielleicht oligolektisch“ hier als oligolektisch behandelt werden. Es wird bei diesem Schritt unterstellt, dass sich polylektische Wildbienenarten ebenfalls von den Pflanzenarten ernähren können, die oligolektische Arten nutzen.

Bei der Nahrungsspezialisierung unterscheidet Westrich (2018) zwischen oligolektischen und streng oligolektischen Wildbienenarten. Erstere sind auf die Pflanzenarten einer Familie, letztere auf eine Gattung spezialisiert. In beiden Fällen würde die Nennung aller Pflanzenarten der betreffenden Familie oder Gattung zu einer langen Artenliste führen. Tatsächlich liegen aus der Natur aber Beobachtungen von deutlich weniger Pflanzenarten vor. Im dritten Arbeitsschritt werden diese bei Westrich (2018) aufgelisteten Pflanzenarten übernommen, eingeschränkt auf die in Sachsen indigenen und Archäophyten. Dabei ist zu beachten, dass viele dieser Angaben auf Beobachtungen zurückgehen, die außerhalb

Sachsens gemacht worden sind. Angaben von Westrich (2018) auf Gattungsebene wurden nicht in die Liste eingearbeitet. Ob die jeweiligen Pflanzenarten in Sachsen indigen oder Archäophyten sind, wurde aus Schulz (2013) entnommen.

In einem vierten Schritt wurde überprüft, ob die Pollenquellen polylektischer Wildbienenarten mit der Liste der Pflanzenarten für oligolektische Wildbienenarten abgedeckt sind. Dafür wurden die Artsteckbriefe bei Westrich (2018) für jede aus Sachsen bekannte, polylektische Bienenart durchgesehen und Pflanzenarten in unserer Liste ergänzt, wenn die jeweilige Pflanzenfamilie bzw. -art darauf noch nicht vertreten war. Außerdem wurden Pflanzenarten in die Liste aufgenommen, die für 10 oder mehr sächsische Wildbienen als Pollenquellen dienen.

Die so entstandene Pflanzenliste wurde um einige Angaben erweitert. Blütezeiten und Lebensdauer der Pflanzenarten sowie Angaben zu Lebensform und Standortansprüchen wurden Ellenberg et al. (2001) und Jäger (2017) entnommen. Eine Einschätzung zum Vorkommen der Pflanzenarten in den fünf Herkunftsregionen beziehungsweise drei Produktionsräumen nach Prasse et al. (2010) wurde auf Basis des Artenfilters von Prasse (2019) in Kombination mit dem Florenatlas (Hardtke & Ihl 2000) und der Roten Liste (Schulz 2013) von Sachsen vorgenommen. Die Nomenklatur der Pflanzen richtet sich nach Schulz (2013). Dabei gibt es Abweichungen zu der von Westrich (2018) verwendeten Nomenklatur. Die Synonyme wurden, soweit nicht bei Schulz (2013) vermerkt, in FloraWeb (Bundesamt für Naturschutz 2000–2018) recherchiert.

Aus verschiedenen Gründen können nicht alle Pflanzen uneingeschränkt empfohlen werden. Dies betrifft zum einen als Problemunkräuter geltende Arten wie den Giersch (*Aegopodium podagraria*), die Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense*) und die Ackerwinde (*Convolvulus arvensis*), zum anderen den sehr giftigen Gefleckten Schierling (*Conium maculatum*) sowie das Jakobs-Greiskraut (*Senecio jacobaea*), welches derzeit aufgrund seiner giftigen Inhaltsstoffe keine Akzeptanz bei Imkern, Tierhaltern und Landwirten findet. Diese Pflanzenarten wurden aus der endgültigen Liste entfernt.

Die Daten wurden in einer Exceldatei zusammengetragen (Suppl. 1). Darin enthält Tabelle 1 die Checkliste der Wildbienen Deutschlands mit den Nachweisdaten der Wildbienenarten aus Sachsen (Scheuchl et al. 2018) und den Grad der Nahrungsspezialisierung (Westrich 2018). Tabelle 2 enthält alle aus Sachsen bekannten, oligolektischen Wildbienenarten, ergänzt um deren bei Westrich (2018) genannten Pollenquellenpflanzen, soweit diese in Sachsen als Indigene oder Archäophyten vorkommen. Tabelle 3 enthält diese in Sachsen indigenen oder archäophytischen Pflanzenarten, ergänzt um deren Blütezeit, Lebensform und -dauer sowie die Samenverfügbarkeit bei der Rieger-Hofmann GmbH. Außerdem wurden Pflanzenarten polylektischer Bienen ergänzt, sofern diese nicht bereits durch die Liste der Pflanzenarten für oligolektische Bienenarten abgedeckt sind.

Ergebnisse

Aus Sachsen ist das Vorkommen von 412 verschiedenen Wildbienenarten bekannt, von denen 90 Arten als oligolektisch gelten. Von diesen nutzen 32 Wildbienenarten den Pollen von Pflanzenarten einer Gattung, 58 von Pflanzenarten einer Pflanzenfamilie.

Insgesamt sind für die 90 oligolektischen Wildbienenarten Sachsens 160 Pflanzenarten aus 24 Pflanzenfamilien bekannt. Am häufigsten vertreten sind die Korbblütengewächse (Asteraceae) mit 45 Arten, gefolgt von den Schmetterlingsblütengewächsen (Fabaceae) mit 21 Arten und den Doldenblütengewächsen (Apiaceae) mit 14 Arten. Drei Pflanzenarten, die Rundblättrige Glockenblume (*Campanula rotundifolia*), der Gewöhnliche Hornklee (*Lotus corniculatus*) und das Gewöhnliche Bitterkraut (*Picris hieracioides*) werden jeweils von 10 oder mehr oligolektischen Wildbienenarten genutzt. Elf Blütenpflanzenarten sind jeweils die einzigen in Sachsen etablierten Pollenquellen einer oligolektischen Wildbienenart. Darüber hinaus enthält die Liste 21 weitere Pflanzenarten, die für polylektische Wildbienenarten von besonderer Bedeutung sind, weil 10 oder mehr polylektische Wildbienenarten diese Pflanzenarten nutzen oder im Fall der polylektischen Arten *Andrena strohmeella* und *Hylaeus trinotatus* die genannten Pflanzenarten die einzigen sind, die für diese Wildbienenarten bekannt sind und in Sachsen vorkommen. Vier Pflanzenarten werden aus oben genannten Gründen nicht allgemein für die Aussaat empfohlen. Damit enthält die Liste 176 einheimische Blütenpflanzenarten, die wir für den praktischen Wildbienenschutz empfehlen. Die Mehrheit dieser Pflanzenarten sind krautig (148 Arten), von denen wiederum die meisten ausdauernd sind (100 Arten). Mit denen in der Liste enthaltenen Pflanzenarten kann ein ganzjähriges Blütenangebot geschaffen werden (vergleiche Tab. 3).

Diskussion

Mit 176 für Wildbienen gelisteten Pflanzenarten ist die hier vorgestellte Liste recht umfangreich, stellt aber nur einen kleinen Ausschnitt der 511 bei Westrich (2018) als Pollenquellen genannten Pflanzenarten und erst recht der 1.742 in Sachsen einheimischen Farn- und Samenpflanzenarten (Indigene und Archäophyten nach Schulz 2013) dar. Für die praktische Anwendung kommt es zudem darauf an, aus dieser Liste eine sinnvolle Auswahl insbesondere anhand der vorliegenden Standortfaktoren zu treffen, aber auch anhand von Wuchsformen, Lebensdauer und Blütezeiten, die auf die spätere Bewirtschaftung der Fläche abgestimmt sein sollte. Die Liste enthält auch die Information über den Rote-Liste-Status der Pflanzenarten, darunter 30 Arten, die ausgestorben oder verschollen, vom Aussterben bedroht oder stark gefährdet sind. Diese Pflanzenarten sind weniger für eine Standardmischung gedacht, könnten aber bei gezielten Artenschutzmaßnahmen und Wiederansiedlungen eine Rolle spielen. All diese Eigenschaften können in der Excel-Tabelle (Suppl. 1) gefiltert werden.

Die vorgestellte Pflanzenliste spiegelt den derzeitigen Kenntnisstand wider. Sie wird in der Zukunft aber fortgeschrieben werden müssen, weil sich die Zusammensetzung der Wildbienenfauna in Sachsen insbesondere aufgrund des Klimawandels verändern wird sowie neue Pollenquellen bekannt werden. So sind die zugrunde liegenden Auflistungen von Pollenpflanzen bei Westrich (2018) bei jenen oligolektischen Arten, die auf eine Pflanzenfamilie spezialisiert sind, naturgemäß unvollständig. Beispielsweise werden bei den Korbblütlerspezialisten viele Pflanzenarten, die aus dieser Familie genutzt werden

dürften, aufgrund der Artenfülle und Schwierigkeiten bei der Artbestimmung, z. B. in der artenreichen Gruppe der Habichtskräuter, noch nicht als Pollennahrungspflanzen erfasst sein. Die über 10 polylektischen Bienenarten, welche sich vom Zweigriffligen Weißdorn (*Crataegus laevigata*) ernähren, auch den häufigeren Eingriffligen Weißdorn (*Crataegus monogyna*) und weitere Sippen der Gattung nutzen. Die hier aufgestellte Pflanzenartenliste wird aber auch aus botanischer Sicht einer kritischen Prüfung bedürfen, da beispielsweise *Laserpitium latifolium* und *Odontites luteus* nicht mehr zur sächsischen Flora gehören (Andreas Ihl, schriftl. Mitt.).

Mit der hier vorgelegten Arbeit geht es vor allem darum, Kriterien für die Auswahl von Pflanzenarten für die Förderung von Wildbienen aufzustellen und daraus eine Pflanzenartenliste für Sachsen abzuleiten. Ein exemplarischer Vergleich mit einem Anbieter für gebietseigenes Saatgut, Rieger-Hofmann, zeigt, dass 74 dieser Pflanzenarten derzeit nicht im Angebot sind. Somit zeigt die hier vorgestellte Pflanzenliste auch einen fachlichen Bedarf für die Erzeugung von gebietseigenem Saat- und Pflanzgut auf.

Danksagung

Wir danken Dr. Andreas Scholz für eine konstruktive und kritische Diskussion zu unserem Manuskript.

Literatur

- Adam, M., M. E. Lewis & M. Fritzsche 2017: Wiederfund der in Sachsen verschollenen Östlichen Zwergwollbiene *Pseudoanthidium nanum* (Moscáry, 1879) (Hymenoptera). – Entomologische Nachrichten und Berichte 61 (3–4): 230–231.
- Batáry, P., A. Báldi, M. Sárospataki, F. Kohler, J. Verhulst, E. Knop, F. Herzog & D. Kleijn 2010: Effect of conservation management on bees and insect-pollinated grassland plant communities in three European countries. – Agriculture, Ecosystems & Environment 136 (1–2): 35–39.
- Batra, S. W. T. 1995: Bees and pollination in our changing environment. – Apidologie 26 (5): 361–370.
- Blackmore, L. M. & D. Goulson 2014: Evaluating the effectiveness of wildflower seed mixes for boosting floral diversity and bumblebee and hoverfly abundance in urban areas. – Insect Conservation and Diversity 7 (5): 480–484.
- Brown, M. J. F., L. V. Dicks, R. J. Paxton, K. C. R. Baldock, A. B. Barron, M.-P. Chauzat, B. M. Freitas, D. Goulson, S. Jepsen, C. Kremen, J. Li, P. Neumann, D. E. Pattemore, S. G. Potts, O. Schweiger, C. L. Seymour & J. C. Stout 2016: A horizon scan of future threats and opportunities for pollinators and pollination. – PeerJ 4:e2249; DOI 10.7717/peerj.2249
- Bundesamt für Naturschutz 2000–2018: Floraweb. – www.floraweb.de
- Burger, F. 2005: Rote Liste Wildbienen. – Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden. 44 S.
- Carvell, C., W. R. Meek, R. F. Pywell, D. Goulson & M. Nowakowski 2007: Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. – Journal of Applied Ecology 44 (1): 29–40.
- Dainat, B., D. van Engelsdorp & P. Neumann 2012: Colony collapse disorder in Europe. – Environmental Microbiology Reports 4 (1): 123–125.
- Dance, C., C. Botías & D. Goulson 2017: The combined effects of a monotonous diet and exposure to thiamethoxam on the performance of bumblebee micro-colonies. – Ecotoxicology and Environmental Safety 139: 194–201.
- Ellenberg, H., H. E. Weber, R. Düll, V. Wirth & W. Werner 2001: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – Scripta Geobotanica 18: 262 S.

- Ellis, C., K. J. Park, P. Whitehorn, A. David & D. Goulson 2017: The neonicotinoid insecticide thiacloprid impacts upon bumblebee colony development under field conditions. – *Environmental Science and Technology* 51 (3): 1727–1732.
- Fischer, J., T. Müller, A. K. Spatz, U. Greggers, B. Grünewald & R. Menzel 2014: Neonicotinoids interfere with specific components of navigation in honeybees. – *PLOS ONE* 9 (3): e91364.
- Gathmann, A., H.-J. Greiler & T. Scharntke 1994: Trap-nesting bees and wasps colonizing set-aside fields: succession and body size, management by cutting and sowing. – *Oecologia* 98: 8–14.
- Hardtke, H.-J. & A. Ihl 2000: Atlas der Farn- und Samenpflanzen Sachsens. In: *Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. – Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege*. Dresden. 806 S.
- Hines, H. M. & S. D. Hendrix 2005: Bumble Bee (Hymenoptera: Apidae) Diversity and Abundance in Tallgrass Prairie Patches: Effects of Local and Landscape Floral Resources. – *Environmental Entomology* 34 (6): 1477–1484.
- IPBES 2016: Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V. Dicks, L. A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A. J. Vanbergen, M. A. Aizen, S. A. Cunningham, C. Eardley, B. M. Freitas, N. Gallai, P. G. Kevan, A. Kovács-Hostyánszki, P. K. Kwapong, J. Li, X. Li, D. J. Martins, G. Nates-Parra, J. S. Pettis, R. Rader, and B. F. Viana (eds.). S. 1–28. https://www.ipbes.net/system/tfd/downloads/pdf/ipbes_4_19_annex_ii_spm_pollination_en.pdf?file=1&type=node&id=28363
- Jäger, E. J. 2017: Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. – Springer-Spektrum, Berlin, Heidelberg. 924 S.
- Kearns, C. A., D. W. Inouye & N. M. Waser 1998: Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. – *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 29: 83–112.
- Klein, A.-M., B. E. Vaissière, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen & T. Scharntke 2007: Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. – *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*: 303–313.
- Kremen, C., N. M. Williams & R. W. Thorp 2002: Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99 (26):16815–16816.
- Ministerium für ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg 2018: *Bienenweidekatalog: Verbesserung der Bienenweide und des Artenreichtums*. – Stuttgart. 129 S.
- Münze, R., D. Langner & M. Nuß 2006: Die Bienenfauna des Botanischen Gartens Dresden (Hymenoptera: Apidae). – *Sächsische Entomologische Zeitschrift* 1: 45–69.
- Ollerton, J., R. Winfree & S. Tarrant 2011: How many flowering plants are pollinated by animals? – *Oikos* 120 (3): 321–326.
- Ollerton, J., V. Price, W. S. Armbruster, J. Memmott, S. Watts, N. M. Waser, Ø. Totland, D. Goulson, R. Alarcón, J. C. Stout & S. Tarrant 2012: Overplaying the role of honey bees as pollinators: A comment on Aebi and Neumann (2011). – *Trends in Ecology and Evolution* 27 (3): 141–142.
- Pawelek, J. C., G. W. Frankie, R. W. Thorp & M. Przybylski 2009: Modification of a community garden to attract native bee pollinators in urban San Luis Obispo, California. – *Cities and the Environment* 2 (1): 1–20.
- Potts, S. G., J. C. Biesmeijer, C. Kremen, P. Neumann, O. Schweiger & W. E. Kunin 2010: Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. – *Trends in Ecology & Evolution* 25 (6): 345–353.
- Potts, S., B. Vulliamy, A. Dafni, G. Ne'eman & P. Willmer 2003: Linking bees and flowers: How do floral communities structure pollinator communities? – *Ecology* 84 (10): 2628–2642.
- Prasse, R., D. Kunzmann & R. Schröder 2010: Entwicklung und praktische Umsetzung naturschutzfachlicher Mindestanforderungen an einen Herkunftsnachweis für gebietseigenes Wildpflanzensaatgut krautiger Pflanzen. – Abschlussbericht DBU-Projekt AZ 23931, Hannover. 166 S.
- Prasse, R. 2019: Regiosaat- und Regiopflanzgut-Konzept. – <https://regionalisierte-pflanzenproduktion.de/artenfilter.htm>
- Pwyell, R. F., E. A. Warman, L. Hulmes, S. Hulmes, P. Nuttall, T. H. Sparks, C. N. R. Critchley, A. Sherwood 2006: Effectiveness of new agri-environment schemes in providing foraging resources for bumble-

- bees in intensively farmed landscapes. – *Biological Conservation* 129 (2): 192–206.
- Rieger-Hofmann 2018: Samen und Pflanzen gebietseigener Wildblumen und Wildgräser aus gesicherten Herkünften. – <https://www.rieger-hofmann.de/home.html>
- Roulston, T. H. & K. Goodell 2011: The Role of Resources and Risks in Regulating Wild Bee Populations. – *Annual Review of Entomology* 56: 293–312.
- Rundlöf, M., G. K. S. Andersson, R. Bommarco, I. Fries, V. Hederström & L. Herbertsson 2015: Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. – *Nature* 521 (7550): 77–162.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 2017: Der Bienengarten im Lehr- und Versuchsgut Köllitsch. Anregungen zur Pflanzenauswahl. – Dresden, 11 S. URL: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/29814> [abgerufen am 03.10.2020]
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 2018 a: Insektenfreundliche Pflanzen im Garten. Standortgerechte Auswahl von Stauden und Gehölzen. – Dresden, 19 S. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/30234> [abgerufen am 03.10.2020]
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 2018 b: Fachliche Hinweise und Empfehlungen zur RL AUK/2015 – AL 5c Mehrjährige Blühflächen. – URL: https://www.smul.sachsen.de/foerderung/download/AL_5c.pdf [abgerufen am 03.10.2020]
- Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft 2020: Antragstellung 2020. Hinweise zum Antragsverfahren Direktzahlungen und flächenbezogene Agrarförderung. – Dresden, 115 S. – URL: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11318> [abgerufen am 03.10.2020]
- Scheper, J., R. Bommarco, A. Holzschuh, S. G. Potts, V. Riedinger, S. P. M. Roberts, M. Rundlöf, H. G. Smith, I. Steffan-Dewenter, J. B. Wickens, V. J. Wickens & D. Kleijn 2015: Local and landscape-level floral resources explain effects of wildflower strips on wild bees across four European countries. – *Journal of Applied Ecology* 52 (5): 1165–1175.
- Scheuchl, E., H. R. Schwenninger & M. Kuhlmann 2018: Aktualisierung der Checkliste der Bienen Deutschlands. – Kommission zur Taxonomie Wildbienen des Arbeitskreises Wildbienen-Kataster. – Online: <http://www.wildbienen-kataster.de/login/downloads/checkliste.pdf> [Stand 10.09.2018]
- Schulz, D. 2013: Rote Liste und Artenliste Sachsens - Farn- und Samenpflanzen. – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden. 304 S.
- Tscharntke, T., A. Gathmann & I. Steffan-Dewenter 1998: Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. – *Journal of Applied Ecology* 35 (5): 708–719.
- Van Engelsdorp, D., J. D. Evans, C. Saegerman, C. Mullin, E. Haubruge, B. Kim Nguyen, M. Frazier, J. Frazier, D. Cox-Foster, Y. Chen, R. Underwood, D. R. Tarpay & J. S. Pettis 2009: Colony Collapse Disorder: A Descriptive Study. – *PlosOne* 4 (8): e6481.
- Westerkamp, C. 1991: Honeybees are poor pollinators – why? – *Plant Systematics and Evolution* 177: 71–75.
- Westrich, P. 2018: Die Wildbienen Deutschlands. – Eugen Ulmer, Stuttgart. 824 S.
- Westrich, P., U. Frommer, K. Mandery, H. Riemann, H. Ruhnke, C. Saure & J. Voith 2012 („2011“): Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen (Hymenoptera, Apidae) Deutschlands. – In: Binot-Hafke, M.; S. Balzer; N. Becker; H. Gruttker; H. Haupt; N. Hofbauer, G. Ludwig, G. Matzke-Hajek & M. Strauch 2012: Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 3: Wirbellose Tiere (Teil 1). – Münster (Landwirtschaftsverlag). – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70 (3): 373–416.
- Whitehorn, P. R., S. O'Connor, F. L. Wackers & D. Goulson 2012: Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee growth and queen production. – *Science* 336 (6079): 351–352.
- Wintergerst, J. & M. Nuß 2020: Quantitative Erfassung von Insekten auf Schmetterlingswiesen. – *Sächsische entomologische Zeitschrift* 10: 34–53.
- Wood, T. J., J. M. Holland & D. Goulson 2015: Pollinator-friendly management does not increase the diversity of farmland bees and wasps. – *Biological Conservation* 187: 120–126.

- Wood, T. J., J. M. Holland & D. Goulson 2017: Providing foraging resources for solitary bees on farmland: current schemes for pollinators benefit a limited suite of species. – *Journal of Applied Ecology* 54 (1): 323–333.
- Woodcock, B. A., N. J. B. Isaac, J. M. Bullock, D. B. Roy, D. G. Garthwaite, A. Crowe & R. F. Pywell 2016: Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. – *Nature Communications* 7: 12459.
- Wojcik, V. A., G. W. Frankie, R. W. Thorp & J. L. Hernandez 2008: Seasonality in bees and their floral resource plants at a constructed urban bee habitat in Berkeley, California. – *Journal of the Kansas Entomological Society* 81: 15–28.
- Zurbuchen, A. & A. Müller 2012: Wildbienenschutz – von der Wissenschaft zur Praxis. – Bristol-Stiftung – Haupt, Zürich. 162 S.

Supplement 1

Die in Sachsen einheimischen Wildbienenarten, deren Nahrungsspezialisierung und die Eigenschaften der Pflanzenarten für den praktischen Wildbienenschutz. Die Exceldatei mit drei Tabellen befindet sich zusammen mit der Onlineversion dieser Publikation unter <https://sez.nabu-sachsen.de/>.