

Mainzer naturwiss. Archiv	57	S. 261–294	9 Abb., 5 Tab.	Mainz 2020
---------------------------	----	------------	----------------	------------

Die Bienenfauna (Hymenoptera: Anthophila) des Botanischen Gartens der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

NOEL SILLO & EVA MARIA GRIEBELER

Kurzfassung

Im Rahmen der vorliegenden Studie haben wir das Artenspektrum der Bienen (Anthophila) des Botanischen Gartens auf dem Campus der Johannes Gutenberg-Universität Mainz aufgenommen und ökologische Informationen zu den dort vorkommenden Bienenarten gesammelt. Im Laufe des Untersuchungsjahres 2019 konnten von uns insgesamt 181 verschiedene Bienenarten im Botanischen Garten nachgewiesen werden. Von diesen finden sich 37 bzw. 51 auf den Roten Listen Deutschlands bzw. von Rheinland-Pfalz. Das Artenspektrum entspricht 31 % bzw. 41 % der Bienenarten, die für ganz Deutschland bzw. Rheinland-Pfalz nachgewiesen sind. Wir konnten für *Andrena bicolor* FABRICIUS, 1775 und *Megachile pilidens* ALFKEN, 1924 eine Aktualisierung ihrer phänologischen Daten für Rheinhessen vornehmen. Des Weiteren wurden Anomalien in der Phänologie von drei weiteren Wildbienenarten beobachtet. In diesem Beitrag diskutieren wir den hohen Artenreichtum des Botanischen Gartens in räumlicher und zeitlicher Hinsicht vor dem Hintergrund des in Rheinhessen vorherrschenden überdurchschnittlich warmen Klimas und den im Botanischen Garten vorhandenen unterschiedlichen Lebensräumen. Diese Studie stellt die erste solide Datenbasis für zukünftige Untersuchungen der Bienenfauna im Mainzer Botanischen Garten dar und kann zukünftig zur Bewertung von Umgestaltungsmaßnahmen des Gartens genutzt werden.

Abstract

The bee fauna (Hymenoptera: Anthophila) of the botanical garden located at the Johannes Gutenberg-Universität Mainz (SW Germany, Rhineland-Palatinate)

In this study we analysed the bee species (Anthophila) in the botanical garden of the Johannes Gutenberg-Universität Mainz in Rheinhessen (Rhineland-Palatinate, SW Germany). We studied species richness and collected ecological information. During our survey in 2019, we recorded 181 bee species. Out of these, 37 (51) are red listed species of Germany (Rhineland-Palatinate). Bee species observed cover 31 % (41 %) of those known for Germany (Rhineland-Palatinate). We were able to update the phenology of *Andrena bicolor* FABRICIUS, 1775 and *Megachile pilidens* ALFKEN, 1924 for Rheinhessen. Additionally, anomalies in the phenology of three other bee species were found. Finally, we discuss the high species richness observed for the botanical garden in Mainz. We consider aspects of time and space with respect to the predominant warm climate seen in Rheinhessen and the garden's high habitat diversity. Our study represents the first solid database for future investigations of this garden's bee fauna. It also provides a basis for evaluating future constructional changes planned for this garden.

Key words

Andrena bicolor, Apoidea, climate change, Hymenoptera, Mainz Basin, *Megachile pilidens*, Rheinhessen, Rhineland-Palatine

1. Einleitung

Der Begriff „Biene“ wird fälschlicherweise häufig als Synonym für die Westliche Honigbiene (*Apis mellifera* LINNAEUS, 1758) verwendet. Dass derzeit aber allein in Deutschland 585 Wildbienenarten gemeldet sind (SCHEUCHL et al. 2015), ist den meisten Menschen nicht bewusst. Bienen sind sogenannte „keystone species“, da sie durch ihre hohe Bestäubungsleistung eine essenzielle Funktion in Ökosystemen übernehmen (KRATOCHWIL 2003). Daher sollte ihnen ein hohes Interesse hinsichtlich des Erhalts ihres Artenreichtums zukommen. Dennoch wird die Bestäubungsleistung der Wildbienen im Gegensatz zur offensichtlich wirtschaftlich relevanten Westlichen Honigbiene oft vernachlässigt. Gleichzeitig zeigen verschiedene wissenschaftliche Veröffentlichungen den Rückgang der Insektenvielfalt weltweit auf und betonen die Bestäubungsleistung von Wildbienen, sowohl für die Agrarwirtschaft als auch im Rahmen des Naturschutzes (BIESMEIJER et al. 2006, WENZEL et al. 2006, BREEZE et al. 2011, GOULSON et al. 2015, HALLMANN et al. 2017, HOMBURG et al. 2019).

Botanische Gärten stellen oft Lebensräume für verschiedenste Tiergruppen dar, besonders für solche, die von Pflanzen abhängig sind. Daher sind Botanische Gärten oft sehr reich an Arten und Individuen. Ebenfalls kommen oftmals oligolektische Bienenarten (Pollen-spezialisten) in Botanischen Gärten in höherer Zahl vor, die in diesen Gärten mit den dort kultivierten Nahrungspflanzen gut geeignete Lebensräume finden. Auch sonst seltene Bienenarten finden in Botanischen Gärten oft einen geeigneten Lebensraum (WESTRICH 2018). So konnte bereits in zahlreichen Botanischen Gärten im deutschsprachigen Raum ein hoher Reichtum an Bienenarten festgestellt werden (DORN 1977, KÜPPER 1999, BEMBE et al. 2001, AUGSTBURGER & ZETTEL 2002, WALGE & LUNAU 2002, DÖTTERL & HARTMANN 2003, DIESTELHORST & LUNAU 2007, DONIE 2008, MÜNZE et al. 2015, SCHEDL 2015, TEPPNER et al. 2016, HOFMANN et al. 2018). Der Botanische Garten für den bisher mit 157 Arten die meisten Bienenarten nachgewiesen

wurden befindet sich in Berlin-Dahlem (SAURE 2012, SAURE et al. 2019).

Der Mainzer Botanische Garten liegt auf dem Campus der Johannes Gutenberg-Universität. Mainz gehört mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 10,7 °C (Lerchenberg, opendata.dwd.de, 1981-2010) zu den wärmebegünstigten Standorten in Deutschland, so dass in diesem Garten viele wärmeliebende Pflanzen kultiviert werden. Zudem fördert der Botanische Garten die Kultivierung von regional seltenen Pflanzen aus Rheinland-Pfalz. Das Klima in Mainz wird durch seine Lage im Mainzer Becken, dem paläogeographischen Äquivalent des heutigen Rheinhessens, geprägt. Das Mainzer Becken ist im Tertiär durch die Einsenkung einer ca. 5200 km² großen Scholle entstanden und wird von den umliegenden Gebirgen umgrenzt. Der aus dieser Beckenlage resultierende Föhneffekt führt dazu, dass stärkere Niederschläge meist nur an diesen Gebirgen auftreten. Dies verursacht eine verstärkte Wolkenauflösung im Anschluss an die Niederschläge, was wiederum zu einer Erhöhung des Strahlungshaushaltes und damit zur Erhöhung der Temperatur im Mainzer Becken führt (AMBOS & KANDLER 1987). Der durchschnittliche Jahresniederschlag liegt bei 620 mm (Mainz-Lerchenberg, opendata.dwd.de, 1981-2010).

Sowohl aufgrund seiner wärmebegünstigten Lage, aber auch wegen seiner hohen Struktur- und Blütenvielfalt wählten wir den Mainzer Botanischen Garten zur Darstellung seiner Bienenfauna. Bis zum heutigen Zeitpunkt existieren nahezu keine Daten zu dieser Artengruppe für den Garten. Die wenigen vorhandenen Daten stammen aus der Sammlung von Dr. Christian WESTERKAMP, der im Rahmen seiner Dissertation in den 1980er Jahren Bienen im Botanischen Garten beobachtet und gesammelt hat (WESTERKAMP 1987). Wenige weitere Daten finden sich in SCHMIDT & WESTRICH (1987). Ihre kommentierte Artenliste nennt Vorkommen einiger Bienenarten aus dem Bereich der Mainzer Universität. Daher lag der Fokus dieser Studie darauf, das Artenspektrum der Bienen im Mainzer Botanischen Garten möglichst vollständig darzustellen. Sie stellt damit die Basis

zukünftiger Studien dar, die die Entwicklung der Bienenfauna im Botanischen Garten dokumentieren und erklären. Weiterhin haben wir ökologische Informationen über die dort vorkommenden Bienenarten gesammelt und wollten damit zur Verbesserung des für den Schutz solcher Arten notwendigen ökologischen Basiswissens beitragen.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Der Mainzer Botanische Garten, gelegen zwischen Mainz-Bretzenheim und Mainz-Hartenberg-Münchfeld, wurde zwischen 1946 und 1957 auf einer zuvor landwirtschaftlich genutzten Fläche und einem ehemaligen Militärübungs Gelände gegründet. Aktuell beherbergt der Botanische Garten 8.235 verschiedene Pflanzenarten aus 2.530 Gattungen und 298 Familien, die sich auf verschiedene Bereiche des Gartens aufteilen. Der Garten ist in vier größere räumlich getrennte Bereiche gegliedert: Den Hauptfreilandbereich (Abb. 1A-G), den Bereich der Gewächshäuser (Abb. 1H), die Biologische Abteilung (Abb. 1I) und das Alpium (Abb. 1J). Der Hauptfreilandbereich nimmt die größte Fläche ein. In ihm befinden sich die Systematische Abteilung (Abb. 2F), in der Beete nach dem Verwandtschaftsgrad der in ihnen vorkommenden Pflanzenarten angeordnet sind, und ein großer Rabattenbereich mit Zierpflanzen (Abb. 1C). Außerdem befindet sich dort ein großes Arboretum – eine Art Wäldchen – mit verschiedenen Gehölzen (Abb. 1A, Abb. 2H), es gibt dort aber auch Nachbauten verschiedener Kultur- und Naturlandschaften. Als Nachbildungen existieren im Hauptfreilandbereich folgende Naturlandschaften: der Mainzer Sand (Abb. 2A), eine osteuropäische und ungarische Steppe (Abb. 2G), ein Gesteinsgarten mit besonderen regionalen Gesteinen und der dort vorkommenden Flora (Abb. 2C), ein Feuchtgebiet mit Pflanzen des Laubenheimer Rieds, ein Gebiet mit Pflanzen des Orients und ein Bereich, der Trockenstandorte in Rheinhessen nachbildet.

Als Kulturlandschaften sind im Hauptfreilandbereich Ackerflächen mit verschiedenen „Un“krautgesellschaften, eine Streuobstwiese (Abb. 2E), ein Weinberg und ein Bauerngarten angelegt. Des Weiteren befindet sich im Hauptfreilandbereich eine große Nisthilfe für Insekten, die sich im Laufe des Untersuchungsjahres 2019 aber im Umbau befand. Das Alpium (Abb. 2B) enthält verschiedene Gebirgspflanzen aus unterschiedlichen Teilen der Welt mit einem besonderen Fokus auf die Arten der südeuropäischen und westasiatischen Gebirgsflora. Dieser Bereich zeichnet sich durch eine strukturreiche Gestaltung mit vielen Hochbeeten aus, bei denen der Erdschicht meist eine Kiesschicht aufliegt. Das Fundament des Alpinums besteht aus Hydrobienkalk-Steinen, die 1950 aus dem Aushub eines Universitätsheizwerkes auf der gegenüberliegenden Straßenseite angefallen waren. Inzwischen finden sich dort aber verschiedene Gesteinstypen, die sich über die Jahre angesammelt haben und oft in die Beete eingearbeitet sind und/oder sie als Trockenmauer umranden. Im Bereich der 21 Gewächshäuser (Abb. 1H) gibt es zusätzlich einen überdachten und einen offenen Beetbereich, in dem sich ein Beet mit verschiedenen Salbei-Arten befindet sowie ein Anzuchtgelände. Die Biologische Abteilung (Abb. 1I, 2D) befindet sich in einem nach Süden offenen Hof eines alten Kasernengebäudes, in dem jetzt verschiedene Biologische Institute der Universität untergebracht sind. In ihr befinden sich eine Blütenbiologische Abteilung, der Garten der Gesundheit mit Arzneipflanzen, aber auch verschiedene Wasser-, Strand- und Küstenpflanzen.

2.2 Freilanduntersuchung

In dieser Studie wurde die Bienenfauna (Anthophila) des kompletten Botanischen Gartens mit Ausnahme der Gewächshäuser selbst, die nicht frei zugänglich sind, untersucht. Der Garten ist auf dem Campus der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz gelegen. Für die Auswertung der erhobenen Daten zur Bienenfauna wurde diese Unter-

Tabelle 1: Flächengröße, Beobachtungszeitraum, Summe der Erfassungszeiten und Gesamtanzahl der Erfassungstage der elf verschiedenen untersuchten Teilflächen des Botanischen Gartens der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz im Untersuchungsjahr 2019. FB: Freilandbereich, BG: Botanischer Garten, U: angrenzende Umgebung des BG.

Teilfläche im BG	Größe (m²)	Zeitraum	Erfassungszeit	Erfassungstage
Arboretum (FB)	35405	22.03.-14.10.2019	12:39 h	19
Systematische Abteilung (FB)	7431	28.03.-04.10.2019	39:47 h	34
Eingangsbereich, Rosarium & Kompost (FB)	3357	28.02.-14.10.2019	4:57 h	15
Naturlandschaften (FB)	3192	22.03.-14.10.2019	27:29 h	39
Nicht genutzte Wiesen (FB)	2758	18.03.-14.10.2019	10:36 h	28
Rabatten (FB)	2116	22.03.-14.10.2019	6:44 h	16
Kulturlandschaften (FB)	1594	22.03.-14.10.2019	6:56 h	20
Biologische Abteilung	5135	22.03.-14.10.2019	21:19 h	30
Alpinum	2224	18.03.-14.10.2019	25:23 h	22
Gewächshausbereich	1595	02.04.-14.10.2019	6:11 h	16
Direkte Umgebung des BG (U)	1566	19.03.-14.10.2019	1:04 h	8
Gesamt	66374	28.02.-14.10.2019	163:05 h	74

suchungsfläche dann nachträglich wieder in elf Teilflächen unterteilt (Tabelle 1, Abb. 1). Acht von ihnen gehören zum Hauptfreilandbereich (Abb. 1A-G) und jeweils eine zum Gewächshausbereich (Abb. 1H), zur Biologischen Abteilung (Abb. 1I) und zum Alpinum (Abb. 1J). Eine dieser Teilflächen befindet sich nicht auf der Hauptfläche des Botanischen Gartens, sondern grenzt unmittelbar an diese an (Abb. 1K).

Insgesamt wurden zwischen dem 28. Februar und dem 14. Oktober 2019 an 74 Tagen Erfassungen auf den Flächen des Botanischen Gartens selbst und auf diesen Flächen in der „direkten Umgebung des Botanischen Gartens“ mittels Transektläufen durchgeführt, um ein möglichst vollständiges Artenspektrum der Bienenfauna zu erfassen. Diese Transektläufe folgten der Methode „variable Transekte“, die in WESTPHAL et al. (2008) und NIELSEN et al. (2011) beschrieben ist. Bei dieser Methode bewegt sich der Erfasser stets langsam durch das Untersuchungsgebiet. Er verfolgt dabei keine vorgegebene Route, sondern wählt die als interessant erachteten Stellen situationsbedingt aus und verbringt dort mehr Zeit zur Erfassung der Arten (Tab. 1). In Abhängigkeit von der Dichte und dem Ausmaß der als in-

teressant erachteten Stellen und den Wetterbedingungen sind daher die elf Teilbereiche des Botanischen Gartens in unterschiedlicher Intensität abgelaufen worden (Tab. 1). Auch sind die Teilflächen in der „direkten Umgebung des Botanischen Gartens“ generell weniger intensiv untersucht worden als die Hauptfläche. Methodisch bedingt unterscheiden sich die Erfassungszeiten aller Teilflächen daher stark und variierten zwischen einer und 40 Stunden. Da der Botanische Garten zu groß ist, um ihn an einem Tag vollständig zu sichten, wurden an einem Erfassungstag immer nur Teile des Gartens begangen. Daher sind die verschiedenen Teilbereiche des Botanischen Gartens auch an unterschiedlichen Tagen und zu unterschiedlichen Tageszeiten erfasst worden. An 16 der 74 Tage wurden lediglich Einzelbeobachtungen durchgeführt. Das bedeutet, dass beim Ablaufen des Untersuchungsgebietes nur einzelne Beobachtungen von Bienenarten gemacht wurden und nicht längere Zeit an artenreichen Stellen verweilt wurde. Alle abgelaufenen Routen im Botanischen Garten wurden stets mithilfe der Smartphone-App „A-GPS Tracker“ (Gio-Bat) aufgezeichnet. Dies ermöglichte uns die Beobachtungen den Teilflächen zuzuordnen.

Um möglichst bestandsschonend vorzugehen und gleichzeitig aber so viele ökologische Informationen über die Bienenfauna wie möglich sammeln zu können, wurde als Nachweismethode stets die Sichtbeobachtung bzw. der Sichtfang mit einem Insektenkescher angewendet, statt auf Fallen zurückzugreifen. Die Beobachtungen der verschiedenen Bienenarten wurden in „A-GPS Tracker“ georeferenziert, mit einem Sprachrekorder aufgezeichnet und am selben Tag in Excel-Tabellen (Microsoft Office Version 18.2002.1101.0) übertragen. Alle Bienen wurden im Freiland unter Benutzung einer Handlupe mit Vergrößerungsfaktor 10 oder 20 so gut wie möglich taxonomisch eingeordnet. Bei Individuen, die schwer in der Hand zu halten waren, wurde dazu ein Insektenbeobachtungswürfel verwendet (KRAUSCH et al., in prep.), in dem die Bienen fixiert werden und damit einfacher mit der Lupe betrachtet werden können. Sofern eine sichere Bestimmung bis auf Art-

niveau im Freiland nicht möglich war, wurden die Bienen mit Ethylacetat getötet und zur Präparation und späteren Bestimmung mit dem Stereomikroskop mitgenommen. Die im Rahmen dieser Studie gesammelten Bienen befinden sich in der Sammlung des Erstautors.

Eine Ausnahmegenehmigung von den Verboten des § 44 Abs. 1 Nr. 1 BNatSchG und § 4 Abs. 1 Nr. 1 BArtSchV zum Sammeln und ggf. Töten der Bienen wurde von Frau Prof. Dr. Regine CLASSEN-BOCKHOFF beantragt und gemäß § 45 Abs. 7 Ziffer 3 BNatSchG i.V.m. § 4 Abs. 3 Nr. 3 BArtSchV von der Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd, Neustadt an der Weinstraße erteilt.

Die verwendete Nomenklatur folgt SCHEUCHL et al. (2015). Die Bestimmung der verschiedenen Biengruppen erfolgte nach verschiedenen einschlägigen Publikationen (SCHMID-EGGER & SCHEUCHL 1997, SCHEUCHL 2000, 2006, AMIET et al. 2001, 2004, 2007a, b,



Abb. 1: Luftbild des Botanischen Gartens auf dem Campus der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. Die elf untersuchten Teilflächen sind weiß umrandet und mittels Buchstaben identifizierbar. Arboretum (A), Systematische Abteilung (B), Rabatte (C), nicht genutzte Wiesen (D), Kulturlandschaften (E), Naturlandschaften (F), Eingangsbereich, Rosarium & Kompost (G), Gewächshausbereich (H), Biologische Abteilung (I), Alpinum (J), und Grünflächen in direkter Umgebung des Botanischen Gartens (K). Karte aus Google Earth ©.

2010, 2014, SCHWENNINGER 2009, 2013, STRAKA & BOGUSCH 2011, BOGUSCH & STRAKA 2012, DATHE et al. 2016). Da die Arten der Untergattung *Bombus* s. str. (hier: *Bombus terrestris* (LINNAEUS, 1758) und *Bombus lucorum* (LINNAEUS, 1761)) nach AMIET et al. (2007b) nur mit Königinnen und Männchen sicher auf Artniveau bestimmt werden können und wir aus Artenschutzgründen auf das Sammeln von Königinnen verzichten wollten, wurden nur die Männchen der Untergattung bis auf Artebene identifiziert, während die Weibchen als *Bombus terrestris* agg. bestimmt wurden.

2.3 Datenauswertung

Angaben zur Gefährdung der beobachteten Bienenarten beziehen sich auf WESTRICH et al. (2011) und SCHMID-EGGER et al. (1995) aber auch auf die von SCHEUCHL et al. (2015) veröffentlichte Checkliste, da die in der Letzteren enthaltenen Arten teilweise auf den offiziellen Roten Listen fehlen und die von SCHMID-EGGER et al. (1995) veröffentlichte Rote Liste eine „inoffizielle“ Rote Liste ist. Um zu ermitteln, wann und wie lange welche phänologischen Bienengruppen in unserem Beobachtungszeitraum aktiv waren, wurden alle beobachteten Bienenarten phänologisch anhand von Literaturangaben (WESTRICH 2018) und mit Hilfe der Phänogramme auf der Homepage des Arbeitskreises „Hautflügler Rheinland-Pfalz“ (www.aculeata-rlp.de) in „ganzjährige“ und „bivoltine“ Arten sowie in univoltine „Frühlings“- , „Frühsommer“- , und „Sommer“-arten eingeteilt.

Zur Darstellung von möglichen Unterschieden zwischen den elf Teilflächen hinsichtlich der Ernährungsweisen der dort gefundenen Bienen, wurden sie ferner nach WESTRICH (2018) in Pollenspezialisten (oligolektisch), Pollengeneralisten (polylektisch) und parasitische Arten eingeteilt.

Um verschiedene Zusammenhänge zwischen der Flächengröße und dem Artenreichtum der elf verschiedenen Teilflächen des Botanischen Gartens inklusive der angrenzenden Teilflächen zu prüfen, haben wir die Flächengröße der verschiedenen Teilflächen be-

rechnet. Dies erfolgte mit dem Programm Fields Area Measure PRO Version 3.8.8 (Studio Noframe: Kaunas, Litauen) und basierte auf einer Google Maps Karte des Botanischen Gartens (Abb. 1). Welche Artenzahlen jeweils in den elf verschiedenen Teilflächen anhand der Flächengröße zu erwarteten waren, wurde aus der Größe der gesamten Untersuchungsfläche, der Gesamtartenzahl im Untersuchungsgebiet und der Größe der Teilfläche per Dreisatz runterskaliert. Hierbei wurde implizit eine homogene Habitategnung der Gesamtfläche für alle Arten angenommen und Unterschiede in den Populationsgrößen von Arten (beeinflussen die Beobachtungswahrscheinlichkeit) wurden vernachlässigt. Wir verwendeten die erwartete Artenzahl, um herauszufinden, ob im Vergleich zum gesamten Untersuchungsgebiet eine (kleinere) Teilfläche ärmer oder reicher an Arten ist.

Alle statistischen Analysen wurden mit Past 4.0 (HAMMER et al. 2001) durchgeführt. Zur Bewertung des Erfassungserfolgs wurde eine „Rarefaction“ Kurve der gefundenen Bienenarten im Untersuchungsgebiet für das Untersuchungsjahr 2019 erstellt. Diese Kurve beschreibt die Zunahme des Artenreichtums mit zunehmender Stichprobengröße (kumulierte beprobte Fläche, kumulierte Beobachtungszeit). Um herauszufinden, durch welches mathematische Modell man die Zunahme der beobachteten Artenzahl über den Untersuchungszeitraum am besten beschreiben kann, wurde eine nichtlineare Regressionsanalyse mit sechs in Past 4.0 angebotenen asymptotischen Modellen (quadratisch, von Bertalanffy, Gompertz, logistisch, Hill, Michaelis-Menten) und eine lineare Regression (Test auf asymptotische Zunahme) durchgeführt. Zur Auswahl des besten dieser Modelle haben wir das Akaike-Informationskriterium (AIC) genutzt (BURNHAM & ANDERSON 2002). Das Modell mit dem kleinsten AIC-Wert ist das beste Modell für die eigenen Daten. Weitere gute Modelle für die Daten werden durch die ΔAIC -Werte (Differenz zwischen dem AIC des Modells und dem des besten Modells) ermittelt, wobei Modelle mit $\Delta AIC > 10$ als unpassend angenommen werden (BURNHAM & ANDERSON 2002).



Abb. 2: Verschiedene Teilflächen des Botanischen Gartens auf dem Campus der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. Nachbau des Mainzer Sandes (A), Alpinum (B), Gesteinsgarten (C), Biologische Abteilung (D), Streuobstwiese (E), Systematische Abteilung (F), Nachbildung der osteuropäischen Steppe (G) und Arboretum (H). Bilder B, D, F, H: Ralf OMLOR.

Tabelle 2: Artenzahlen (AZ), Anzahl der Beobachtungen (B), Anzahl der gefährdeten Arten (stehen auf der Roten Liste, SCHMID-EGGER et al. 1995, WESTRICH et al. 2011, SCHEUCHL et al. 2015) in Deutschland (D) inklusive solcher auf der Vorwarnliste (VWL), Anzahl der gefährdeten Arten in Rheinland-Pfalz (RLP), Anzahl der oligolektischen Arten und Anzahl der parasitischen Arten. Diese Werte sind gelistet für die verschiedenen Teilflächen des Botanischen Gartens (BG) auf dem Campus der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz und wurden 2019 erhoben.

Teilfläche des BG	AZ	B	Gefährdet D + VWL	Gefährdet RLP	Oligo- lektisch	Parasitisch
Arboretum (FB)	75	362	14	12	11	19
Systematische Abteilung (FB)	123	1307	33	25	28	19
Eingangsbereich, Rosarium & Kompost (FB)	39	205	2	3	4	1
Naturlandschaften (FB)	107	568	35	31	24	16
nicht genutzte Wiesen (FB)	76	526	17	15	15	19
Rabatten (FB)	43	164	8	7	6	4
Kulturlandschaften (FB)	58	185	12	12	8	9
Biologische Abteilung	72	224	13	16	13	3
Alpinum	96	786	21	22	17	21
Gewächshausbereich	38	133	3	3	9	2
Direkte Umgebung des BG	12	14	2	2	1	0
Gesamt	181	4474	51	53	39	44

Die Abbildung der besten „Rarefaction“ Kurve wurde ebenfalls mit Past 4.0 erstellt und mit Microsoft Powerpoint (Microsoft Office Version 18.2002.1101.0) weiterbearbeitet. Alle anderen Abbildungen wurden komplett mit Hilfe der Microsoft Office Programme (Version 18.2002.1101.0) erstellt.

3. Ergebnisse

Insgesamt konnten 181 Arten von Bienen (Anthophila) aus 30 Gattungen im Bereich des Botanischen Gartens und seiner unmittelbaren Umgebung im Untersuchungsjahr 2019 nachgewiesen werden (Tabelle 4). Dies entspricht rund 31 % bzw. 41 % der Arten, die für ganz Deutschland bzw. ganz Rheinland-Pfalz nachgewiesen sind (SCHEUCHL et al. 2015). Davon stehen 37 bzw. 51 Arten auf der Roten Liste von Deutschland bzw. Rheinland-Pfalz (SCHMID-EGGER et al. 1995, WESTRICH et al. 2011, SCHEUCHL et al. 2015) (Tabelle 4). Zusätzlich sind 24 Arten auf der Vorwarnliste von Deutschland. Von den 181 nachgewiesenen Bienenarten waren 44 (24 %) Brutparasiten von anderen pollensammelnden Wildbienenarten. Die restlichen 137 Arten sind alle auf das Sammeln von Blütenpollen angewiesen. Von ihnen waren

wiederrum 39 Arten (28 %) oligolektisch, also spezialisiert auf den Blütenpollen weniger Pflanzenarten einer Pflanzenfamilie, während die restlichen 98 Arten (72 %) Generalisten (polylektisch) waren (Tabelle 4). Insgesamt wurden 4474 einzelne Beobachtungen im Botanischen Garten selbst und auf den angrenzenden Flächen gemacht. Hiervon waren 3661 Individuen bei der Nahrungsaufnahme, 664 Individuen zeigten eine allgemeine Verhaltensweise (fliegen, ruhen, laufen), 80 Individuen patrouillierten an Pflanzen und 67 Individuen waren an einem Nest. Zwei Individuen waren Totfunde. Es wurden Bienen an insgesamt 781 unterschiedlichen Pflanzenarten bei der Nahrungsaufnahme beobachtet.

3.1 Zeitlicher Verlauf des Artenreichtums

Zu Beginn der Erfassung Ende Februar und Anfang März wurden zunächst nur vereinzelt neue Arten gefunden. Ab Mitte März stieg die Zahl neu gefundener Arten deutlich an. Während des gesamten Beobachtungszeitraums gab es mehrfach Perioden, in denen die Zunahme der Neufunde von Arten deutlich absank, der danach aber eine starke Zunahme folgte (Abb. 3). Etwa ab Mitte Juli sank die Zahl der Neufunde so weit ab, dass

die „Rarefaction“ Kurve sich den insgesamt 181 gefundenen Arten (Asymptote) deutlich annäherte, bevor sie dann Anfang September tatsächlich erreicht wurde (Abb. 3). Die stärkste Artenzunahme wurde am 30. April und am 1. Mai beobachtet. An diesen beiden Tagen wurden insgesamt 25 neue Arten gefunden. Danach nahm die Anzahl der neu gefundenen Arten deutlich ab. Am 31. Mai und 1. Juni stieg dann die Zahl der neu gefundenen Arten erneut, sodass an diesen Tagen insgesamt 24 neue Arten gefunden wurden. Die empirische „Rarefaction“ Kurve kann am besten durch die sigmoidale Gompertz-Kurve wiedergegeben werden (nichtlineare Regressionsanalyse, Tabelle 3).

3.2 Phänologie

Die am häufigsten zu beobachtenden phänologischen Bienengruppen waren ganzjährige Arten (Abb. 4). Sie erschienen erstmalig am 22.03.2019 und wurden zuletzt am 14.10.2019 beobachtet. Auch die insgesamt am häufigsten beobachteten Bienenarten waren ganzjährig aktive Arten. Unter diesen hatte *Apis mellifera* mit 789 die höchste Anzahl der insgesamt 4474 Beobachtungen, gefolgt von *Bombus terrestris* agg. (238 Beobachtungen von *B. terrestris* und/oder *B. lucorum*). Am dritthäufigsten wurde *B. pascuorum* (SCOPOLI, 1763) beobachtet (191 Beobachtungen). Es gab aber auch 35 Arten, die lediglich ein ein-

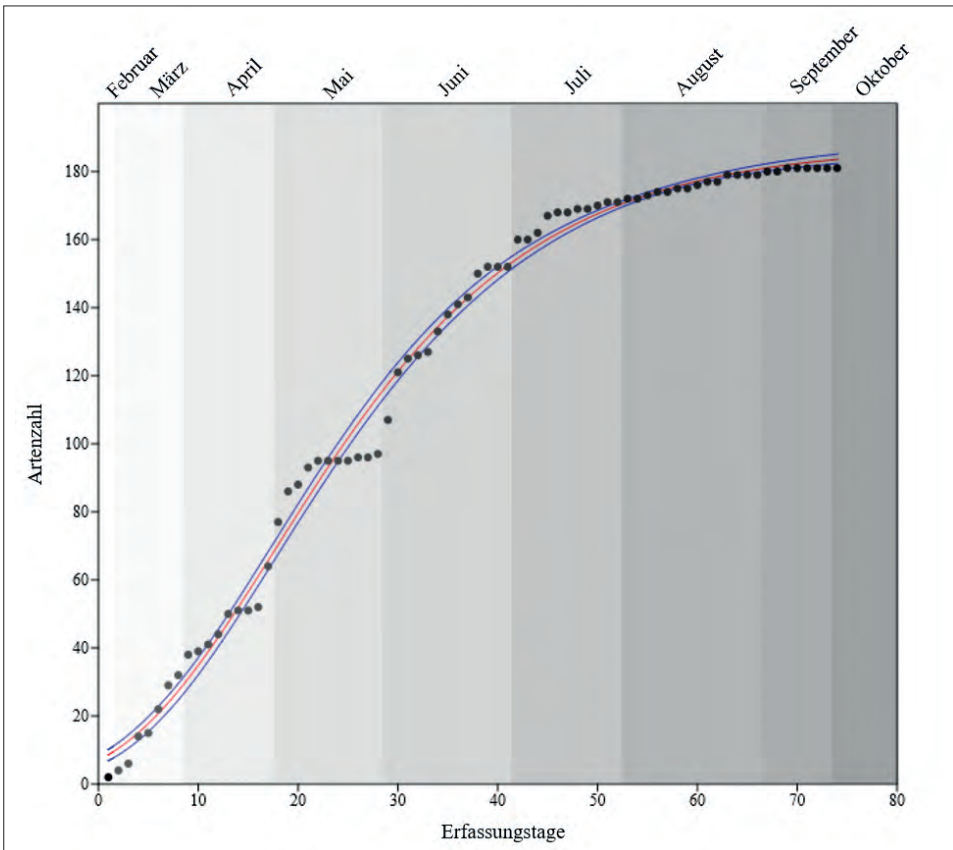


Abb. 3: „Rarefaction“ Kurve der im Untersuchungszeitraum 2019 erfassten Arten im Botanischen Garten und seiner unmittelbaren Umgebung. Gezeigt sind die empirischen Daten (Punkte) zusammen mit dem angepassten sigmoidalen Gompertz-Modell (rot) und seinem 95 % Konfidenzintervall (blau). Diese sigmoidale Funktion lieferte die beste Anpassung an die empirischen Daten (kleinster AIC-Wert, Tabelle 3)

Tabelle 3: Ergebnisse der nichtlinearen Regressionsanalyse zur Anpassung der „Rarefaction“ Kurve. Das sigmoidale Gompertz-Modell bildet eindeutig am besten den Zuwachs der kumulativen Artenanzahl über den Untersuchungszeitraum ab. Die ΔAIC -Werte aller anderen Modelle inklusive des Wertes des linearen Modells, das keine Asymptote realisiert, liegen sehr weit über 10 (Burnham & Anderson, 2002). x = Anzahl Erfassungstage, y = kumulierte Artenzahl.

Modell	Funktion	ΔAIC
Gompertz	$y = 187,76 \cdot \exp(-3,30 \cdot \exp(-0,07 \cdot x))$	0
Quadratisch	$y = -0,04x^2 + 5,68x - 13,23$	332,2
Hill	$y = 10,11 + (206,88 - 10,11) / (1 + (26,30/x)^{2,08})$	506,7
Logistisch	$y = 180,98 / (1 + 11,01 \cdot \exp(-0,10 \cdot x))$	530,9
Von Bertalanffy	$y = 218,16 \cdot (1 - 1,08 \cdot \exp(-0,03 \cdot x))$	2126,7
Michaelis-Menten	$y = 373,53x / (66,36 + x)$	5044,0
Linear	$y = 3,04 \cdot x$	33351,0

ziges Mal im gesamten Untersuchungsraum beobachtet werden konnten (Tabelle 5). Die ersten Bienen im Untersuchungszeitraum waren Frühlingsarten und bivoltine Arten. Sie erschienen erstmals am 28.02.2019 im Untersuchungsgebiet (*Osmia cornuta* (Latreille, 1805) als Frühlingsart und *Andrena bicolor* Fabricius, 1775 als bivoltine Art). Die letzte Beobachtung von Frühlingsarten war am 04.07.2019. Allerdings wurde am 14.10.2019 erneut je ein Individuum von zwei Frühlingsarten (*Andrena gravida* Imhoff, 1832 ♂ und *A. strobilmella* Stöckert, 1928 ♀) beobachtet.

Die letzte Beobachtung von bivoltinen Arten war am 03.09.2019 (*A. minutuloides* Perkins, 1914). Frühsommerarten erschienen ab dem 11.04.2019 und wurden bis zum 06.07.2019 nachgewiesen. Allerdings wurden am 14.10.2019 erneut zwei männliche Individuen einer Frühsommerart (*A. chrysosceles* (Kirby, 1802)) erfasst. Sommerarten konnten zwar bereits ab dem 13. Mai beobachtet werden, aber bis zum 31. Mai konnten dann nur noch drei weitere Beobachtungen registriert werden und erst danach bis zum 22. September waren diese Arten unter allen Beobachtungen sehr häufig.

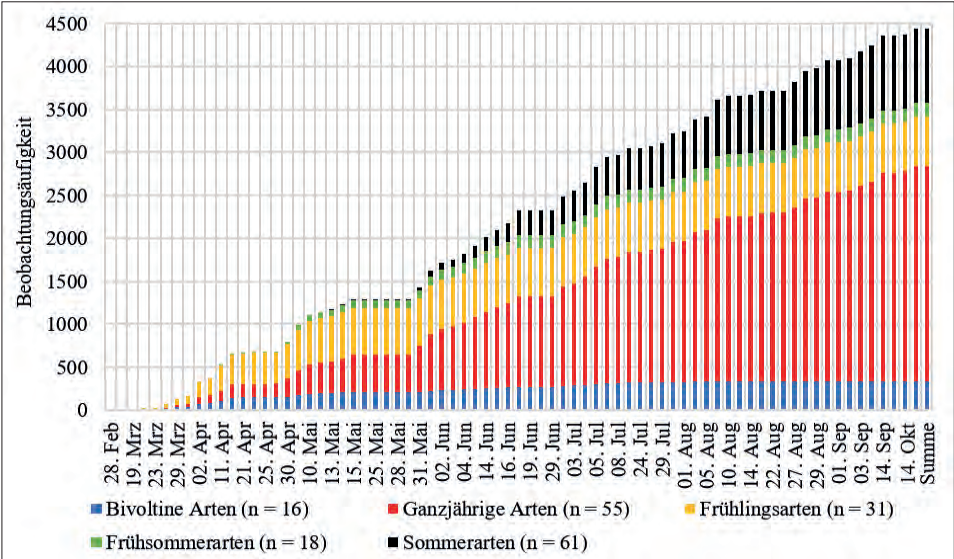


Abb. 4: Zeitliche Entwicklung der Beobachtungshäufigkeit von verschiedenen phänologisch klassifizierten Bienen- gruppen im Botanischen Garten und seinen angrenzenden Flächen im Untersuchungs- jahr 2019. Informationen zur Klassifizierung der Arten sind in Tabelle 4.

Wir haben hier vier Bienenarten, von denen viele Beobachtungsdaten vorliegen, ausgewählt, für die exemplarisch ihre Phänologie dargestellt werden soll (Abb. 5). Die erste Generation der bivoltinen Sandbiene *Andrena bicolor* wurde vom 28.02.2019 bis zum 15.04.2019 und die zweite vom 28.05.2019 bis zum 03.07.2019 beobachtet. Das Auftreten ihres Parasiten, der Wespenbiene *Nomada fabriciana* (LINNAEUS, 1767), überschneit sich in beiden Zeiträumen/Generationen mit der ihres Wirtes. Die Große Wollbiene *Anthidium manicatum* (LINNAEUS, 1758) hatte ebenfalls zwei Aktivitätsmaxima (31.05.2019–05.07.2019 und 30.07.2019–06.09.2019). Die Flugzeiten von *Megachile pilidens* ALFKEN, 1924 reichten vom 03.06.2019 bis zum 14.09.2019, wobei ein eindeutiges Abnehmen und eine darauffolgende Zunahme ihrer Häufigkeit nicht beobachtet werden konnte.

3.3 Arten der Teilflächen

Die meisten Arten wurden in der Systematischen Abteilung (123) nachgewiesen, gefolgt von den Naturlandschaften (107) und dem Alpium (96). Die wenigsten Arten wurden in unmittelbarer Umgebung des Botanischen Gartens (12) und im Gewächshausbereich

(38) nachgewiesen. Die Anzahl der in den Teilflächen beobachteten Pollenspezialisten unterschied sich deutlich zwischen den Flächen (Abb. 6). Die meisten oligolektischen Bienenarten wurden in der Systematischen Abteilung (28) nachgewiesen, gefolgt von den Naturlandschaften (24) und dem Alpium (17). Diese drei Teilflächen hatten außerdem die größte Beobachtungshäufigkeit von oligolektischen Bienenarten. Insgesamt waren die gefundenen Bienenarten auf 13 verschiedene Pflanzenfamilien als Nahrungsquelle spezialisiert. Die Systematische Abteilung war die einzige Teilfläche, auf der Pollenspezialisten von allen 13 Pflanzenfamilien beobachtet wurden. Die Pflanzenfamilien, an denen am häufigsten solche spezialisierten Bienenarten beobachtet werden konnten, waren in absteigender Häufigkeit Asteraceae, Campanulaceae und Fabaceae. In den Naturlandschaften wurden mehr Asteraceae-Spezialisten gefunden als in allen anderen Teilflächen, während Fabaceae-Spezialisten dort die zweithäufigste Gruppe darstellten. Nur im Arboretum konnten noch mehr Fabaceae-Spezialisten festgestellt werden. Die meisten Brassicaceae-Spezialisten wurden in der Biologischen Abteilung beobachtet (Abb. 6).

Des Weiteren konnten im Alpium, in den Naturlandschaften und in der Systematischen

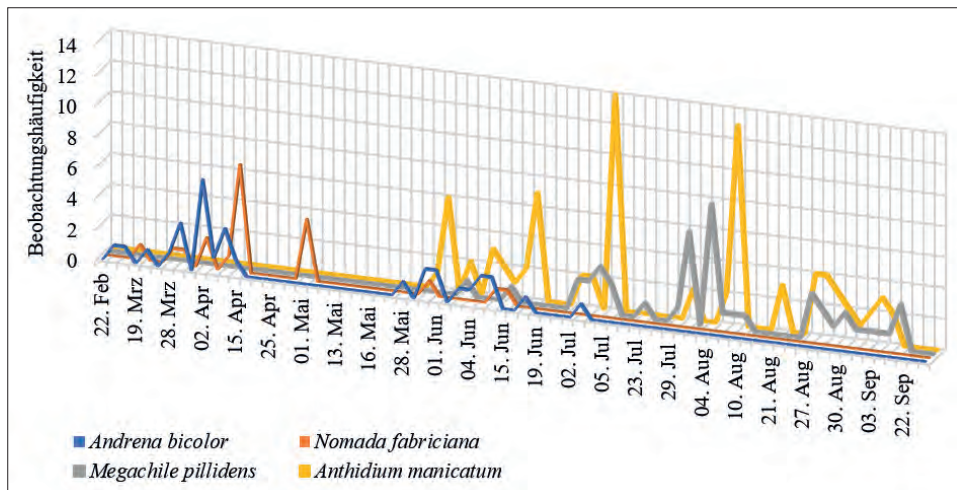


Abb. 5: Phänologie von vier ausgewählten Bienenarten im Botanischen Garten und seinen angrenzenden Flächen im Untersuchungsjahr 2019.

Abteilung mehr seltene Arten (sie wurden höchstens auf zwei Teilflächen gefunden) nachgewiesen werden als in allen anderen Teilflächen. Ebenfalls wurden in diesen drei Teilflächen die meisten gefährdeten Arten nachgewiesen (38 für Deutschland, 46 für Rheinland-Pfalz), wobei die Naturlandschaften den größten Anteil an sowohl in Deutschland (22 %) als auch in Rheinland-Pfalz (29 %) Rote Liste-Arten (SCHMID-EGGER et al. 1995, WESTRICH et al. 2011, SCHEUCHL et al. 2015) besaßen. Die Zahl der parasitischen Bienen war im Alpinum am höchsten (21) gefolgt von der Systematischen Abteilung (19), den „nicht genutzten Wiesen“ (19) und dem Arboretum (19) (Abb. 7). Die Größe der elf untersuchten Teilflächen korrelierte nicht mit der auf ihnen gefundenen Gesamtartenanzahl (Spearman'sche Rangkorrelation, $R_s = 0,59$, $p > 0,05$). So wurden z. B. im Arboretum mit der größten

Fläche ($35405 \text{ m}^2 = 53,3 \%$ der Gesamtfläche) nur 75 Arten (41,1 % aller 181 Arten) gefunden. Während zu Beginn des Jahres viele Arten insbesondere Kuckucksbienen im Arboretum beobachtet wurden, die auch in vielen anderen Teilflächen nicht zu finden waren, nahm die Anzahl der dort beobachteten Arten im Laufe des Sommers immer weiter ab. Das Arboretum war die einzige Fläche, bei der die erwartete die tatsächliche Artenzahl unterschritt (Abb. 8). Relativ zu ihrer Größe zeigten einige Teilflächen sehr hohe Artenzahlen. Bei den Naturlandschaften war die Artenzahl (107) etwa dreimal höher als erwartet (3192 m^2 und 36 Arten). Im Alpinum war die Artenzahl viermal höherer (96) als erwartet (2224 m^2 und 25 Arten) und in der Systematischen Abteilung wurden gar mehr als sechsmal so viele Arten beobachtet (123) als erwartet waren (7431 m^2 und 20 Arten). Im Alpinum war die Artendichte (Anzahl Arten pro m^2) am größten.

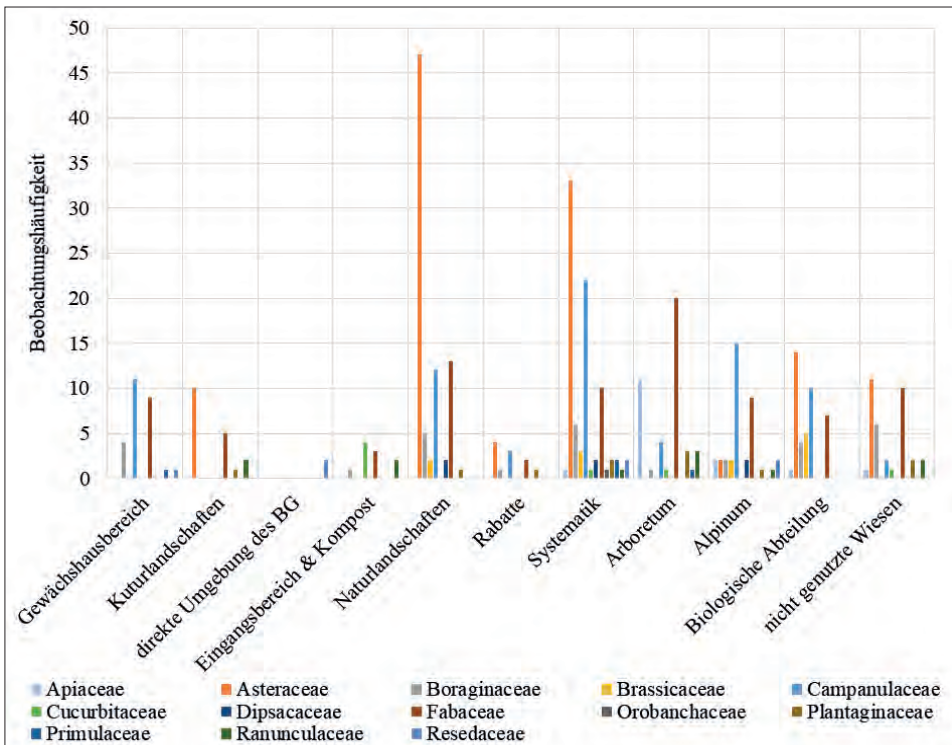


Abb. 6: Beobachtungshäufigkeit der Pollenspezialisten in 2019. Die Häufigkeit ist dargestellt für die verschiedenen von ihnen genutzten Pflanzenfamilien und für die verschiedenen Teilflächen des Untersuchungsgebiets.

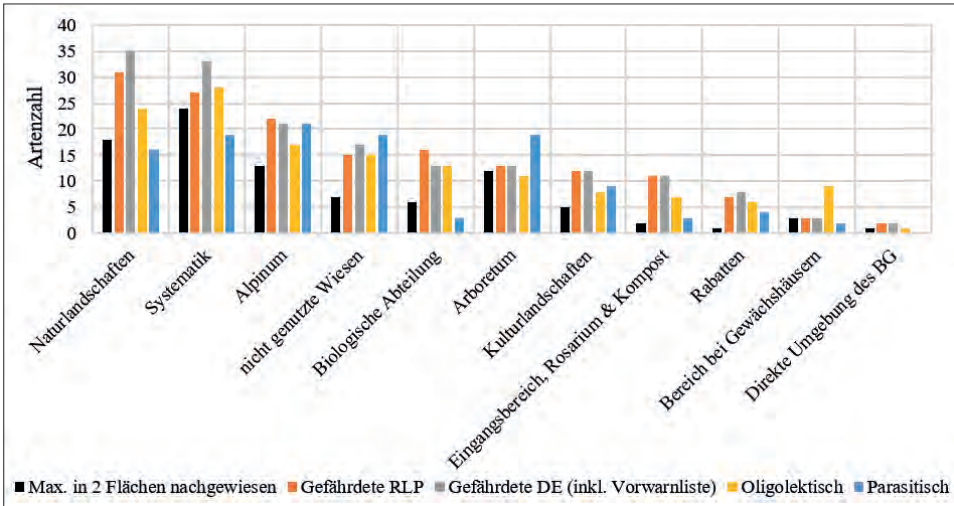


Abb. 7: Vergleich der seltenen, in Deutschland (DE) und Rheinland-Pfalz (RLP) gefährdeten sowie spezialisierten (oligolektisch) und parasitischen Arten der verschiedenen Teilflächen. Als selten werden solche Arten angenommen, die maximal auf zwei Teilflächen des Botanischen Gartens und den angrenzenden Flächen gefunden wurden. Gefährdete Arten stehen auf Roten Listen oder Vorwarnlisten (SCHMID-EGGER et al. 1995, WESTRICH et al. 2011, SCHEUCHL et al. 2015). Informationen zur Gefährdung und Ernährung der Arten finden sich in Tabelle 4.

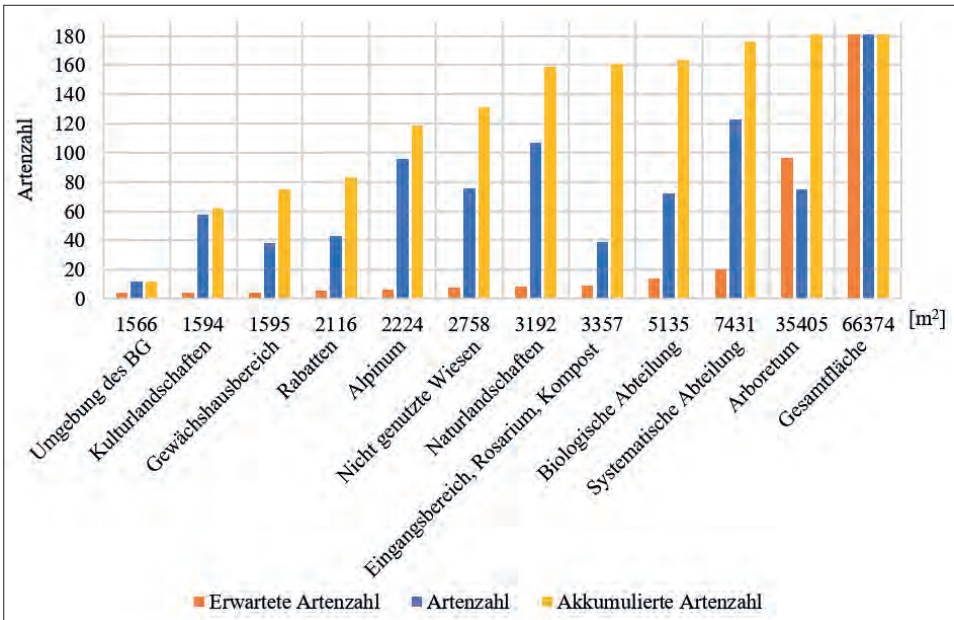


Abb. 8: Von der Flächengröße her erwartete Artenzahlen (orange), beobachtete Artenzahlen der verschiedenen Teilflächen (blau) und über die untersuchten Teilflächen (von klein nach groß) kumulierte Artenzahlen (gelb) im Botanischen Garten und den angrenzenden Flächen im Untersuchungsjahr 2019.

3.4 Besonderheiten

Im Folgenden wird auf fünf unerwartete und damit besonders eindrucksvolle Funde genauer eingegangen.

Aglaopis tridentata (NYLANDER, 1848)

Die sehr seltene Kuckucksbiene *Aglaopis tridentata* (Dunkle Zweizahnbienne, Abb. 9A) wurde zweimal (01.06.2019 und 16.06.2019) auf den Flächen des Gesteinsgartens beobachtet. Beide Male flog sie unmittelbar über einer Schieferhalde, wahrscheinlich auf der Suche nach Nestern von Wirtsbienen. Auf der und um die Schieferfläche herum wuchsen verschiedene bienenfreundliche Blütenpflanzen wie *Stachys recta*, *Anthemis tinctoria*, *Centaurea jacea*, *Ononis repens* und *Bupleurum falcatum*. In Deutschland und in Rheinland-Pfalz gilt diese Art als stark gefährdet. Meist ist sie in Gebieten zu finden, die über ausreichend steinige Strukturen verfügen (wie Steinbrüche o. Ä.) und zusätzlich Nahrungspflanzen für ihre Wirtsarten bereithalten. Für die angrenzenden Bundesländer Hessen und Nordrhein-Westfalen sowie für das Stadtgebiet von Mainz ist die Art bisher noch nicht nachgewiesen.

Andrena curvungula THOMSON, 1870

Als Besiedlerin trockenwarmer Habitate mit Beständen von Glockenblumen, ist auch die Braunschuppige Sandbiene *Andrena curvungula* (Abb. 9B) in Deutschland gefährdet und gilt in Rheinland-Pfalz sogar als stark gefährdet. Diese auf Pollen von Glockenblumen spezialisierte Art kommt schwerpunktmäßig an Trockenhängen oder an warmen und blütenreichen Waldrändern vor. Sie wird aber auch bei geeigneten Bedingungen vereinzelt in Siedlungsbereichen gefunden. So wurde sie ebenfalls im Botanischen Garten in Tübingen nachgewiesen (WESTRICH 2018). Der Fang in Mainz sowohl von Männchen als auch Weibchen dieser Fröhsommerart erfolgte an Glockenblumen (31.05.2019 und 17.06.2019). Die als ihr Parasit vermutete Wespenbiene

Nomada succincta PANZER, 1798 konnte in der gleichen Teilfläche (Alpinum) nachgewiesen werden.

Andrena decipiens SCHENCK, 1859

Das Taxon, dessen Artstatus erst durch MANDERY et al. (2008) abschließend bestätigt wurde, und das geographisch nur sehr zerstreute Nachweise besitzt, ist in Deutschland nur aus Bayern, Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz bekannt und gilt in ganz Deutschland als stark gefährdet (WESTRICH et al. 2011, SCHEUCHL et al. 2015). Obwohl die Mannstreu-Sandbiene *Andrena decipiens* (Abb. 9C) bis in die 1960er Jahre in der Pfalz noch weit verbreitet war (WARNCKE 1984), konnte sie danach nicht wiedergefunden werden und galt daher in der Roten Liste für Rheinland-Pfalz (SCHMID-EGGER et al. 1995) als verschollen. Allerdings gelang REDER (2016) der Wiederfund für Rheinland-Pfalz und am gleichen Fundort 2017 ein weiterer Nachweis (Gerd REDER, schriftl. Mitteilung). Nun gibt es einen zweiten aktuellen Fundort in Rheinland-Pfalz, der im Botanischen Garten in Mainz liegt. Gefunden wurde ein Männchen am 29.07.2019 bei der Nahrungsaufnahme an den Blüten des Amethyst-Mannstreu *Eryngium amethystinum* in der systematischen Abteilung.

Andrena marginata FABRICIUS, 1776

Die Skabiosen-Sandbiene *Andrena marginata* (Abb. 9D) ist in Deutschland ebenfalls geographisch sehr zerstreut verbreitet und aufgrund der Gefährdung ihres Lebensraumes im Rückgang befindlich (WESTRICH 2018). Der Lebensraum dieser Art besteht meist aus Wiesen mit größeren Beständen geeigneter Kardengewächse wie *Scabiosa* spp. als Nahrungsquelle und lückig bewachsenen Stellen in Sand- oder Lössböden, die als Nistplatz genutzt werden. Aufgrund dieser Bindung an diese heutzutage seltenen Lebensräume gilt die Art in Deutschland und in Rheinland-Pfalz als stark gefährdet



A



B



C



D



E



F

Abb. 9: Seltene Bienenarten im Botanischen Garten in Mainz. Weibchen der Dunklen Zweizahnbiene *Aglaopis tridentata* (NYLANDER, 1848) (A), Weibchen der Braunen Schuppensandbiene *Andrena curvungula* THOMSON, 1870 (B), Männchen der Mannstreu-Sandbiene *Andrena decipiens* SCHENCK, 1859 (C), Weibchen der Skabiosen-Sandbiene *Andrena marginata* FABRICIUS, 1776 (D), Weibchen der Sand-Blattschneiderbiene *Megachile maritima* (KIRBY, 1802) (E), und Weibchen der Sandrasen Kegelbiene *Coelioxys conoidea* (ILLIGER, 1806) (F). Bilder B, D-F: Heike STRÜCKER.

(SCHMID-EGGER et al. 1995, WESTRICH et al. 2011). In Hessen und Nordrhein-Westfalen ist sie sogar vom Aussterben bedroht (ESSER et al. 2010, TISCHENDORF et al. 2011). Im Botanischen Garten konnte am 01.09.2019 ein Weibchen bei der Nahrungsaufnahme an *Scabiosa canescens* auf der Nachbildung des Mainzer Sandes gefangen werden. Für diese Art ist ein Vorkommen im NSG Mainzer Sand bekannt. Sie wurde dort 1967 und 1982 an *Scabiosa canescens* dokumentiert (SCHMIDT & WESTRICH 1987, Sammlung Christian WESTERKAMP).

Megachile maritima (KIRBY, 1802)

Die Sand-Blattschneiderbiene *Megachile maritima* (Abb. 9E) hat ihren Siedlungsschwerpunkt in Sandgebieten. Sie hat in Deutschland den Rote Liste Status 3 (WESTRICH et al. 2011), während sie in Rheinland-Pfalz als stark gefährdet (RL 2) gilt (SCHMID-EGGER et al. 1995, SCHEUCHL et al. 2015). In allen angrenzenden Bundesländern wird sie ebenfalls mindestens als stark gefährdet eingestuft, in Nordrhein-Westfalen hat sie sogar den Rote Liste-Status 1 (vom Aussterben bedroht) (ESSER et al. 2010, WESTRICH et al. 2000, TISCHENDORF et al. 2011). Die auf Sand als Nistsubstrat spezialisierte Sand-Blattschneiderbiene kam in unserem Untersuchungsgebiet in größerer Anzahl vor. Vom 14.06.2019 bis zum 06.09.2019 konnte die Bienenart insgesamt 24 Mal beobachtet werden, wovon nur drei Beobachtungen außerhalb des Hauptfreilandbereichs des Botanischen Gartens waren. Die Weibchen konnten an 13 verschiedenen Pflanzenarten aus drei Familien (Asteraceae, Fabaceae und Lythraceae) bei der Nahrungsaufnahme beobachtet werden. Die am häufigsten genutzte Nahrungspflanze war *Lathyrus sylvestris*. Auch die sie parasitierende Sandrasen-Kegelbiene *Coelioxys conoidea* (ILLIGER, 1806), deren Gefährdungssituation durch die ihres Wirtes widerspiegelt wird, konnte mehrfach im Botanischen Garten beobachtet werden (Abb. 9F).

4. Diskussion

Der von uns im Mainzer Botanischen Garten beobachtete Artenreichtum ist mit 181 Arten höher als der in allen anderen bisher untersuchten Botanischen Gärten im deutschsprachigen Raum. Die Artenzahl des bis dato artenreichsten Botanischen Garten in Berlin-Dahlem wurde hier um 24 Arten überschritten, obwohl dieser mit ca. 420.000 m² Fläche und ca. 22.000 kultivierten Pflanzenarten deutlich größer und reicher an Pflanzenarten ist als der Botanische Garten in Mainz (SAURE 2012, SAURE et al. 2019). Auch viele bedrohte und seltene Bienenarten konnten von uns im Mainzer Botanischen Garten nachgewiesen werden. Der Anteil an oligolektischen Bienenarten an der Gesamtzahl pollensammelnder Arten im Botanischen Garten (28 %) deckt sich in etwa mit dem für ganz Deutschland angegebenen Anteil (32 %) in natürlichen Lebensräumen (WESTRICH 2018). Dies wurde ebenfalls im Botanischen Garten Berlin-Dahlem beobachtet, in dem 29,7 % aller pollensammelnden Wildbienenarten oligolektisch waren (SAURE 2012). Durch das hohe Blühangebot verschiedenster für Bienen geeigneter Pflanzenarten, finden sich in Botanischen Gärten häufig neben sich generalistisch ernährenden Bienenarten auch verschiedene Pollenspezialisten. DORN (1977), der im Botanischen Garten in Halle (Saale) 104 Bienenarten auf etwa 45.000 m² Fläche feststellte, führte die dortige hohe Arten- und Individuendichte auf ein günstiges Zusammenspiel von abiotischen und biotischen Faktoren zurück. Er erklärte den dortigen Artenreichtum mit dem diversen und über die gesamte Vegetationsperiode vorhandenen Blühangebot (ca. 12.000 kultivierte Pflanzenarten) und den günstigen Witterungsbedingungen im Untersuchungszeitraum, aber auch mit dem Verzicht auf Pestizide. Weiterhin begründete er ihn mit dem großen Angebot an Nistplätzen im Garten selbst und seiner Umgebung, wie zum Beispiel in kurz gehaltenen Wiesen und in Hohlräumen in verholzten Pflanzenteilen und alten Mauerwerken. Im Gegensatz zum Botanischen Garten in Halle sind durch die

Sand- und Gesteinsflächen im Mainzer Garten vermutlich mehr Nistmöglichkeiten im Garten selbst vorhanden. Zu nennen sind hier die Nachbauten verschiedener Naturlandschaften, wie den „Mainzer Sand“ oder den „Gesteinsgarten“, aber auch andere strukturreiche Teilflächen, wie das Alpinum. Die Lebensräume, wie beispielsweise Flugsandfelder auf den Nachbildungen des Mainzer Sandes, aber auch der ungarischen Steppe sind heutzutage in großen Teilen Deutschlands selten geworden und damit auch die auf diese Lebensräume angewiesenen Bienenarten. Das große Angebot an Sandflächen im Botanischen Garten zeigt sich unter anderem darin, dass viele der nachgewiesenen Arten, z. B. *Andrena barbilabris* (KIRBY, 1802), *Dasy-poda hirtipes* (FABRICIUS, 1793), *Halictus leucabeneus* EMBER, 1972, *Lasioglossum monstificum* (MORAWITZ, 1891), *L. sexstrigatum* (SCHENCK, 1868) oder *Megachile maritima* ausgesprochene „Sandarten“ sind. Die Naturlandschaften sind daher wertvolle Nistplätze, ohne die viele der im Rahmen dieser Studie nachgewiesenen Arten nicht im Mainzer Botanischen Garten vorkommen könnten. Durch das warme Klima des Mainzer Beckens unterscheidet sich der Mainzer Botanische Garten von den Gärten in Berlin-Dahlem und Halle. Die Jahresmitteltemperatur beträgt in Berlin-Dahlem 9,5 °C und Halle-Stadt 9,6 °C, beide Temperaturen sind damit um mehr als ein Grad niedriger als in Mainz (Lerchenberg, 10,7 °C, opendata.dwd.de, 1981-2010). Aufgrund seines Klimas ist das Mainzer Becken aus botanischer und zoologischer Sicht eine der interessantesten Regionen Deutschlands. So beobachteten SCHMIDT & WESTRICH (1987) bei einer Untersuchung des NSGs Mainzer Sand und des Gonsenheimer Waldes über 50 % der Grabwespenarten, die für die gesamte damalige Bundesrepublik Deutschland gemeldet waren, darunter seither nicht wiedergefundene Stechimmenarten, die nur von dort bekannt waren. Der erfasste Artenreichtum des Mainzer Botanischen Gartens ist allerdings nur bedingt mit dem in den anderen Gärten direkt vergleichbar. Neben den bereits erwähnten Unterschieden in ihren Flächengrößen und dem Klima, variierten auch die in den Ar-

beiten verwendeten Erfassungsmethoden zwischen den untersuchten Gärten erheblich. Beispielsweise beruht die Erfassung in Berlin-Dahlem auf 40 Erfassungstagen, die über acht Jahre verteilt waren (SAURE 2012), während in Halle (Saale) Material von über 300 Erfassungstagen aus verschiedenen Jahrzehnten, mit verschiedenen Erfassungsmethoden und Erfassern berücksichtigt wurde (DORN 1977). Auf der rund 200.000 m² Fläche des Botanischen Gartens München-Nymphenburg wurden bei zwei Erfassungen, die jeweils 3 Jahre dauerten, 79 Arten an 56 Erfassungstagen bzw. 106 Arten an 168 Erfassungstagen festgestellt (BEMBE et al. 2001, HOFMANN et al. 2018), während MÜNZE et al. (2015) im nur 32.500 m² großen Botanischen Garten in Dresden 104 Arten bei 54 Begehungen innerhalb eines Jahres fanden. Auch wurden die Erfassungen in allen genannten Gärten unter Berücksichtigung der Flugperioden verschiedener Wildbienenarten durchgeführt. Im Vergleich zu den in allen diesen Studien untersuchten Gärten sind unsere 74 Erfassungstage für eine Fläche von ca. 66.000 m² damit eher nicht überdurchschnittlich hoch hinsichtlich des Erfassungsumfangs und der Erfassungsintensität.

Ein Hinweis darauf, dass die Vielfalt der Teilflächen und das zum Teil damit verbundene vielfältige Blühangebot des Mainzer Botanischen Gartens vermutlich einen erheblichen Einfluss auf seinen Artenreichtum hat, geben die wenigen vorhandenen Daten zur Bienenfauna des Botanischen Gartens aus den 1960er (SCHMIDT & WESTRICH 1987) und 1980er Jahren (WESTERKAMP 1987). In diesem Zeitraum war der Botanische Garten ganz anders als heute strukturiert. Die Steppenlandschaften und die Nachbildung des Mainzer Sandes wurden erst 1986 angelegt und sie befanden sich damals in der unmittelbaren Umgebung des Botanischen Gartens. Im Jahr 2006 wurden beide Sandflächen dann in den Hauptfreilandbereich verlegt und es wurden auch die übrigen heutigen Natur- und Kulturlandschaften angelegt. Dr. Christian WESTERKAMP fand zwischen 1982 und 1983 insgesamt 33 Bienenarten (Sammlung überprüft vom Erstautor) und bemerkte, dass der Garten arm an

Bienenarten- und Individuen sei (WESTERKAMP 1987). Da er vorwiegend am Pollensammelverhalten der Bienenarten interessiert war, sind jedoch parasitische Bienen in seiner Studie nicht berücksichtigt. In der kommentierten Artenliste von SCHMIDT & WESTRICH (1987) finden sich acht zusätzliche von Herrn WESTERKAMP nicht direkt im Garten beobachtete Bienenarten (Funde aus den 1960er Jahren für die Mainzer Universität). Die Anzahl der Bienenarten, die bereits vor unserer Studie für den Garten bekannt war, beträgt damit 41. Von diesen konnten wir 36 Arten im Untersuchungsjahr 2019 bestätigen. Unter den bereits für den Mainzer Garten bekannten Arten fand sich mit Ausnahme von *Megachile maritima* keine der zahlreichen „Sandarten“, die im Rahmen dieser Studie nachgewiesen wurden. Vier bzw. sechs dieser „Sandarten“ stehen auf der Roten Liste von Deutschland bzw. Rheinland-Pfalz (SCHMID-EGGER et al. 1995, WESTRICH et al. 2011, SCHEUCHL et al. 2015). Dies unterstreicht die Bedeutung dieser beiden Naturlandschaften im Botanischen Garten für das Überleben der „Sandarten“.

Der beobachtete hohe Artenreichtum des Mainzer Botanischen Gartens ist daher das Resultat seiner klimatisch begünstigten Lage im Mainzer Becken und seiner Strukturvielfalt. Er ist damit nicht nur ein gut geeigneter Lebensraum für viele wärmeliebende Bienenarten. Aufgrund seiner hohen Strukturvielfalt finden generell dort viele Bienenarten geeignete Teilflächen, in denen sie Nahrung sammeln, nisten oder Nestmaterial sammeln können.

4.1 Zeitlicher Verlauf des Artenreichtums

Mittels „Rarefaction“ Kurven kann man die Vollständigkeit der Erfassung des Artenreichtums bewerten und aus ihnen ablesen, wann starke Änderungen im Artenreichtum im Untersuchungszeitraum stattgefunden haben. Die Standard-„Rarefaction“ Kurve beschreibt eine hyperbolische Zunahme der kumulativen Anzahl der Arten über den Beobachtungszeitraum (GOTELLI & COLWELL 2001). Sie setzt voraus, dass alle Arten an jedem Ort und

zu jedem Zeitpunkt gleich gut (Fängigkeit) auf der Untersuchungsfläche erfasst werden können. Der Verlauf der Kurve ergibt sich daraus, dass zu Beginn der Erfassungsperiode zunächst sehr viele Arten, insbesondere die häufigen Arten, nachgewiesen werden und danach erst nach und nach die selteneren Arten hinzukommen (geringere Beobachtungswahrscheinlichkeit, da es weniger Individuen sind). Die von uns für den Botanischen Garten erstellte „Rarefaction“ Kurve ist asymptotisch (Abb. 3). Daher kann davon ausgegangen werden, dass die meisten im Botanischen Garten im Untersuchungsjahr 2019 vorkommenden Bienenarten tatsächlich von uns erfasst wurden. Der Nachweis weiterer Arten, zum Beispiel solcher mit sehr niedrigen Individuenzahlen oder sehr geringer Aktivität wäre nur mit einem noch höheren Erfassungsaufwand zu bewerkstelligen.

Unsere an die empirischen Daten angepasste „Rarefaction“ Kurve konnte am besten durch eine sigmoide Kurve (Gompertz-Wachstumskurve und keine hyperbolische Kurve) beschrieben werden (Abb. 3, Tabelle 3). Bei dieser Kurve nimmt die Anzahl der neu gefundenen Arten zunächst zu, erreicht dann ihr Maximum und danach nimmt die Anzahl der neugefundenen Arten über die Zeit ab. Die Abweichung der von uns beobachteten „Rarefaction“ Kurve zu Beginn der Erfassungsperiode kann durch den frühen Erfassungsbeginn im Februar erklärt werden, der uns erlaubte die Bienen über die komplette Flugperiode zu dokumentieren. Zu diesem frühen Zeitpunkt im Jahr zeigten sehr wenige Bienen Aktivität und es konnten weniger Bienenarten nachgewiesen werden. Mitte bis Ende März stieg dann die „Rarefaction“ Kurve steil an als die meisten früh fliegenden Bienen aktiv wurden. Der Bereich der größten Steigung lag zwischen dem 30. April und dem 01. Mai. Zu diesem Zeitpunkt waren viele ganzjährige und bivoltine Arten bereits aktiv, während das Auftreten einiger Frühlingsarten und den Frühsommerarten erst ab diesem Zeitpunkt begann. Daher kam es zu einem Aktivitätshöhepunkt (Abb. 4). Ein weiterer Höhepunkt in der Artenzunahme war zwischen dem 31. Mai und dem 01. Juni. Zu

diesem Zeitpunkt begannen die Sommerarten ihre Aktivität hochzufahren und auch die ganzjährigen Arten zeigten mehr Aktivität (Abb. 4), was durch das Auftreten von Männchen der meisten Schmal- und Furchenbienen erklärt werden kann. Die empirischen Daten zeigen keine kontinuierliche Änderung der kumulierten Artenzahl über den Erfassungszeitraum. Die Kurve ist eher aus mehreren aufeinanderfolgenden asymptotischen Kurven zusammengesetzt, die in ihrer Gesamtform wieder asymptotisch sind (Abb. 3). Da die Flugzeit verschiedener Bienenarten mit der Blütezeit verschiedener Pflanzenarten synchronisiert ist, sind viele Bienenarten nur wenige Wochen im Jahr beobachtbar, bevor sie in eine Diapause übergehen. Daher gibt es im Jahr Perioden, in denen viele neue Arten gefunden werden, d. h. die gerade aus ihrer Diapause erwacht sind und aktiv werden.

4.2 Phänologie

Durch die lange Erfassungszeit konnte die Flugzeit einiger Bienenarten über das Untersuchungsjahr 2019 dokumentiert werden (Abb. 5). Es konnten Abweichungen von den in der Literatur hinterlegten Flugzeiten bei einigen Bienenarten beobachtet werden. Im Vergleich zu den Literaturdaten, waren die Flugzeiten der Zweifarbigen Sandbiene *Andrena bicolor* in beiden Generationen im Botanischen Garten etwa um einen Monat nach vorne verschoben (WESTRICH 2006, 2018). Auch die im Botanischen Garten beobachteten Flugzeiten von *Megachile pilidens* wichen von den Literaturangaben ab (Abb. 5). Laut WESTRICH (2018) ist die Art in Deutschland univoltin und von Ende Juni bis Mitte August aktiv. Nach STANDFUSS et al. (2003) hat *Megachile pilidens* in Griechenland aber zwei oder sogar drei Generationen. Die Flugzeit von *Megachile pilidens* im Botanischen Garten startete bereits Anfang Juni und dauerte bis Mitte September. Zwar konnte anhand der Beobachtungsdaten keine sichere Einteilung in zwei Generationen erfolgen, diese längere Flugzeit kann jedoch als Hinweis auf eine zweite partielle Generation verstanden werden. Einige Arten (*And-*

rena chrysosceles, *A. gravida* und *A. strobmella*), deren Aktivität gemäß der Literatur auf den Frühling und Frühsommer beschränkt ist, konnten mit wenigen Individuen erneut Mitte Oktober nachgewiesen werden. Da das Erscheinen und Verschwinden der Bienen wie auch das der Pflanzen von der Temperatur abhängig ist, liegt die Vermutung nahe, dass diese Änderungen in der Phänologie mit höheren Temperaturen in Verbindung stehen (LOGAN et al. 2006, WHITE et al. 2009). Die Jahresmitteltemperatur im Mainzer Becken liegt weit über dem deutschen Durchschnitt und ist unter den höchsten in Mitteleuropa (AMBOS & KANDLER 1987). Daher wäre es denkbar, dass die gegenüber Literaturangaben verfrühte, aber auch die verlängerte Flugzeit und die mit ihr verbundene potentielle Möglichkeit, mehrere Generationen im Jahr zu haben, eine Folge der generell höheren Temperaturen in der Mainzer Region ist. In diesem Fall sollten aber andere Bienenarten in besonders wärmebegünstigten Gebieten in Deutschland, wie zum Beispiel am Kaiserstuhl, ähnliche Phänologien zeigen. Auch der gegenwärtige Klimawandel könnte das verfrühte und längere Auftreten verschiedener Bienenarten erklären (HOFMANN et al. 2018). In diesem Fall sollten die Änderungen in der Phänologie der Arten nicht nur in den wärmebegünstigten Regionen beobachtet werden können, sondern ein überregionales Phänomen sein. Durch den Klimawandel ausgelöste Änderungen in der Phänologie sind für verschiedene Pflanzen- und Tierarten, darunter auch pflanzenabhängige Insektengruppen, wie Schmetterlinge, bereits gut dokumentiert (ROY & SPARKS 2000, FITTER & FITTER 2002, FORISTER & SHAPIRO 2003, MENZEL et al. 2006, DIAMOND et al. 2011).

4.3 Arten der Teilflächen

Unsere Untersuchung zeigt, dass der Botanische Garten in Mainz unterschiedlichen Bienenarten einen Lebensraum bietet, unter anderem auch für Arten, die sehr anspruchsvoll hinsichtlich ihrer Nest- und Pollenspezialisierung sind. Die elf untersuchten Teilflächen haben in unterschiedlichem Aus-

maß zum Artenreichtum des Botanischen Gartens beigetragen (Tabelle 2). Die Größe der Flächen korrelierte nicht mit der Anzahl der auf ihr nachgewiesenen Arten (Abb. 8). Die verschiedenen Teilflächen sind jedoch keine unabhängigen Lebensräume für unterschiedliche Biengemeinschaften. Bienen benötigen zum Überleben unterschiedliche Teillebensräume (WESTRICH 2018). Diese können als Mosaik in ihrem Lebensraum vorhanden sein oder an einem Ort vereint sein. Beide Situationen finden sich im Botanischen Garten. Viele der in der Systematischen Abteilung nachgewiesenen Arten, wie zum Beispiel die „Sandarten“, hätten dort nicht ohne das Vorhandensein der Sandflächen in den Naturlandschaften vorkommen können, da ihnen der Nistplatz gefehlt hätte. Gleichzeitig konnten einige Arten, die auf solche speziellen Nistplätze angewiesen waren, vermehrt auch in der Systematischen Abteilung nachgewiesen werden, da dort ein hohes Blühangebot vorhanden war. Andere Teilflächen, wie das Alpinum, erfüllten für viele Bienenarten an einem einzigen Ort alle ihre Ansprüche. Daher hängt wahrscheinlich der hohe Artenreichtum des Mainzer Botanischen Gartens allgemein, aber auch der der seltenen Arten mit seiner großen Strukturvielfalt, die viele Nistgelegenheiten bietet und mit seinem hohen und diversen Blühangebot zusammen. Die hohe Zahl an gefährdeten Arten in den Naturlandschaften auf deren verhältnismäßig kleinen Flächen zeigt, wie wichtig die hier vorkommenden Strukturen zum Nisten sind (Tabelle 2). Besonders hervorzuheben sind dabei die Flugsandflächen sowie die Gesteinsanlage. Auch das in den Naturlandschaften vorhandene Blühangebot stellte für viele Bienen einen geeigneten Teillebensraum dar, da dort viele einheimische Blütenpflanzen wie *Centaurea jacea*, *Eryngium campestre*, *Origanum vulgare*, *Stachys recta* oder *Ononis repens*, aber auch osteuropäische Blütenpflanzen wie *Centaurea orientalis*, *Marrubium peregrinum*, oder *Pentstemon ensifolium* kultiviert wurden. Insbesondere war das Blühangebot an Asteraceaeen dort groß, weswegen dort auch die meisten Beobachtungen von oligolektischen Bienenarten an diesen Pflanzenfamilien gemacht wurden

(Abb. 6). Das umfassendste Blühangebot im Botanischen Garten war allerdings in der systematischen Abteilung zu finden. Für alle 13 Pflanzenfamilien, auf die Bienen im Botanischen Garten spezialisiert waren, wurden dort Pollenspezialisten gefunden (Abb. 6). Im Alpinum war neben einem hohen Blühangebot auch eine Vielzahl an Nistgelegenheiten vorhanden. Dies erklärt vermutlich, dass wir im Alpinum die höchste Artendichte beobachtet haben. Aber auch andere der Teilflächen des Gartens, in denen die Artenzahl nicht überdurchschnittlich hoch war, erwiesen sich als wichtig für die Vielfalt der Gesamtuntersuchungsfläche. Das Arboretum bot für viele Arten einen wichtigen Teillebensraum, sowohl als Nistplatz als auch zur Nahrungsaufnahme (Tabelle 2). Durch das dortige hohe Angebot an *Smyrniolum perfoliatum* und *Vicia sativa* konnten hier einige Apiaceae- und Fabaceae-Spezialisten, wie *Andrena proxima* (KIRBY, 1802) und verschiedene *Eucera*-Arten, beobachtet werden (Abb. 6). Auch war das hohe Vorkommen an *Primula veris*, *Scilla sibirica* und *Veronica chamaedrys* zu Beginn des Jahres zuträglich für den Artenreichtum. Es wurden dort auch einige seltene parasitische Bienenarten beobachtet, die vermutlich auf der Suche nach den Nestern ihrer Wirtsarten waren (Abb. 7). Das lässt vermuten, dass insbesondere die sonnigeren Bereiche des Arboreturns wertvolle Nistplätze für viele Bienenarten dargestellt haben. Ein hoher Artenreichtum im Arboretum war allerdings vor allem am Anfang der Untersuchungsperiode zu beobachten. Mit der zunehmenden Schließung des Blätterdachs im Arboretum im Laufe des Jahres ging die Zahl an Blütenpflanzen und damit auch die Zahl der Bienen zurück. Eine für den Artenreichtum wertvolle Teilfläche sind auch die „nicht genutzten Wiesen“ (Tabelle 2). Hier konnten Pflanzen, die in der deutschen Landschaft weit verbreitet und häufig sind, wie *Bellis perennis*, *Daucus carota*, *Hypochaeris radicata*, *Taraxacum spec.*, *Trifolium repens* oder *Veronica chamaedrys* wachsen, wovon viele Bienenarten, wie *Andrena flavipes* PANZER, 1799, *Andrena viridescens* VIERECK, 1916, *Lasioglossum villosulum* (KIRBY, 1802) oder *Melitta leporina* (PANZER, 1799), profitieren konnten. Des Weiteren dienten die

„nicht genutzten Wiesen“ auch als Nistplatz, was indirekt durch die hohe Zahl der dort nachgewiesenen Brutparasiten belegt wurde (Abb. 7). Durch die mit „alle 2-3 Wochen“ hohe Mähintensität auf den „nicht genutzten Wiesen“ kam allerdings oft ein Großteil der Pflanzen nicht ausreichend zur Blüte, was diese Fläche für Bienen erheblich verschlechterte. Da an den Grenzen der „nicht genutzten Wiesen“ zum Arboretum und rings um die im Arboretum gepflanzten Bäume der Rohboden zum Vorschein kam, bot aber diese Teilfläche vermutlich Nistplätze für viele Bienenarten an. Auch in den Rabattenbereichen wurden teilweise viele Bienen beobachtet (Tabelle 2). Viele der dort angepflanzten Zierpflanzen konnten zwar von den Bienen nicht in ausreichendem Maße genutzt werden, jedoch fanden sich hier unter den Zierpflanzen auch einige bienenfreundliche Arten wie *Solidago ohioensis* oder *Echium vulgare*.

5. Danksagung

An erster Stelle möchten wir uns bei Frau Prof. Dr. Regine CLASSEN-BOCKHOFF bedanken, die das Projekt ins Leben gerufen hat und sich an der Planung des Projekts beteiligte. Zusätzlich hat sie Noel SILLO einen Arbeitsplatz in ihrer Arbeitsgruppe bereitgestellt und ihn dort bei der Arbeit begleitet. An dieser Stelle sei auch allen Mitarbeitern ihrer Arbeitsgruppe, die unterstützende Arbeit geleistet haben, gedankt. Des Weiteren bedanken sich die Autoren ausdrücklich bei Herrn Hans-R. SCHWENNINGER (Stuttgart) für die Überprüfung und Bestimmung einiger schwieriger Belege sowie bei Herrn Ronald BURGER (Dirmstein) für seine Tipps zur Erfassung bestimmter Arten und für die Durchsicht der Artenliste. Ferner bedanken wir uns beim Freundeskreis des Botanischen Gartens für die finanzielle Unterstützung der Studie. Dank gebührt außerdem Herrn Dr. Ralf OM-LOR und Frau Heike STRÜCKER für die Bereitstellung von Bildmaterial. Zu guter Letzt danken wir allen Mitarbeitern des Botanischen Gartens, für die wertvollen Hinweise, wann und wo welche Pflanze wächst.

6. Literatur

- AMBOS, R. & KANDLER, O. (1987): Einführung in die Naturlandschaft. – Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv **25**: 1-28. Mainz.
- AMIET, F., HERRMANN, M., MÜLLER, A. & NEUMEYER, R. (2001): Apidae 3 – *Halictus*, *Lasioglossum*. – Fauna Helvetica **6**: 208 S., CSCF & SEG. Neuchâtel.
- AMIET, F., HERRMANN, M., MÜLLER, A. & NEUMEYER, R. (2004): Apidae 4 – *Anthidium*, *Chelostoma*, *Coelioxys*, *Heriades*, *Lithurgus*, *Megachile*, *Osmia*, *Stelis*. – Fauna Helvetica **9**: 273 S., CSCF & SEG. Neuchâtel.
- AMIET, F., HERRMANN, M., MÜLLER, A. & NEUMEYER, R. (2007a): Apidae 5 – *Ammobates*, *Ammobatoides*, *Anthophora*, *Biastes*, *Ceratina*, *Dasygaster*, *Epeoloides*, *Epeolus*, *Eucera*, *Macropis*, *Melecta*, *Melitta*, *Nomada*, *Pasites*, *Tetralonia*, *Thyreus*, *Xylocopa*. – Fauna Helvetica **20**: 356 S., CSCF & SEG. Neuchâtel.
- AMIET, F., MÜLLER, A. & PRAZ, C. (2007b): Apidae 1 – Allgemeiner Teil, Gattungen, *Apis*, *Bombus*. – Fauna Helvetica **29**: 2. Aufl., 185 S., CSCF & SEG. Neuchâtel.
- AMIET, F., HERRMANN, M., MÜLLER, A. & NEUMEYER, R. (2010): Apidae 6 – *Andrena*, *Melitturga*, *Panurginus*, *Panurgus*. – Fauna Helvetica **26**: 317 S., CSCF & SEG. Neuchâtel.
- AMIET, F., MÜLLER, A. & NEUMEYER, R. (2014): Apidae 2 – *Colletes*, *Dufourea*, *Hylaeus*, *Nomia*, *Nomioides*, *Rhopitoides*, *Rophites*, *Sphecodes*, *Systropha*. – Fauna Helvetica **4**: 2. Aufl., 239 S., CSCF & SEG. Neuchâtel.
- AUGSTBURGER, C. & ZETTEL, J. (2002): Die Bienenfauna (Hymenoptera, Apidae) im Botanischen Garten Bern (Schweiz). – Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern **59**: 79-99. Bern.
- BEMBE, B., GERLACH, G., SCHUBERTH, J. & SCHÖNITZER, K. (2001): Die Wildbienen im Botanischen Garten München. – Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen **30**: 30-41. München.
- BIESMEIJER, J. C., ROBERTS, S. P. M., REEMER, M., OHLEMÜLLER, R., EDWARDS, M., PEETERS, T., SCHAFFERS, A. P., POTTS, S. G., KLEUKERS, R., THOMAS, C. D., SETTELE, J. & KUNIN, W. E. (2006): Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. – Science **313** (5785): 351-354. Washington D.C.
- BOGUSCH, P. & STRAKA, J. (2012): Review and identification of the cuckoo bees of central Europe (Hymenoptera: Halictidae: *Sphecodes*). – Zootaxa **41** (3311): 1-41. Auckland, NZ.
- BREEZE, T. D., BAILEY, A. P., BALCOMBE, K. G. & POTTS, S. G. (2011): Pollination services in the UK: How important are honeybees? – Agriculture, Ecosystems and Environment **142** (3-4): 137-143. Amsterdam.
- BURNHAM, K. P. & ANDERSON, D. R. (2002): Model Selection and Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. 2. Aufl., XXVI+488 pp., Springer. New York.
- DATHE, H. H., SCHEUCHL, E. & OCKERMÜLLER, E. (2016): Illustrierte Bestimmungstabellen für die Arten der Gattung *Hylaeus* F. (Maskenbienen) in Deutschland, Österreich und der Schweiz. – Entomologica Austriaca, Supplement 1: 51 S., Linz.

- DIAMOND, S. E., FRAME, A. M., MARTIN, R. A. & BUCKLEY, L. B. (2011): Species' traits predict phenological responses to climate change in butterflies. – *Ecology* **92** (5): 1005-1012. Washington, D.C.
- DIESTELHORST, O. & LUNAU, K. (2007): Ergänzungen zur Bienenfauna (Hymenoptera, Apoidea) des Botanischen Gartens und des Campus der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. – *Acta Biologica Benrodis* **14**: 97-105. Düsseldorf.
- DONIE, H. (2008): Zum Vorkommen von Stechimmen im zentralen Stadtbereich Oldenburgs (i. O.). – *Drosera* **2008** (1/2): 1-42. Oldenburg.
- DORN, M. (1977): Ergebnisse faunistisch-ökologischer Untersuchungen an solitären Apoidea (Hymenoptera) im Botanischen Garten der Martin-Luther-Universität in Halle (Saale). – *Hercynia* **14** (2): 196-211. Halle (Saale).
- DÖTTERL, S. & HARTMANN, P. (2003): Die Bienenfauna des Ökologisch-Botanischen Gartens. – *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen* **52**: 2-20. München.
- ESSER, J., FUHRMANN, M. & VENNE, C. (2010): Rote Liste und Gesamtartenliste der Wildbienen und Wespen (Hymenoptera: Apidae, Crabronidae, Sphecidae, Ampulicidae, Pompilidae, Vespidae, Tiphiidae, Sapygidae, Mutillidae, Chrysididae) Nordrhein-Westfalens. – *Ampulex* **2**: 5-60. Berlin.
- FITTER, A. H. & FITTER, R. S. R. (2002): Rapid changes in flowering time in British plants. – *Science* **296** (5573): 1689-1691. Washington D.C.
- FORISTER, M. L. & SHAPIRO, A. M. (2003): Climatic trends and advancing spring flight of butterflies in lowland California. – *Global Change Biology* **9** (7): 1130-1135. Oxford.
- GOTELLI, N. J. & COLWELL, R. K. (2001): Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. – *Ecology Letters* **4** (4): 379-391.
- GOULSON, D., NICHOLLS, E., BOTÍAS, C. & ROTHERAY, E. L. (2015): Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. – *Science* **347** (6229): 1255-1257. Washington D.C., USA.
- HALLMANN, C. A., SORG, M., JONGEJANS, E., SIEPEL, H., HOFLAND, N., SCHWAN, H., STENMANS, W., MÜLLER, A., SUMSER, H., HÖRREN, T., GOULSON, D. & DE KROON, H. (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. – *PLoS ONE* **12**: e0185809.
- HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. (2001): Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. – *Palaeontologia Electronica* **4** (1): 1-9.
- HOFMANN, M. M., FLEISCHMANN, A. & RENNER, S. S. (2018): Changes in the bee fauna of a German botanical garden between 1997 and 2017, attributable to climate warming, not other parameters. – *Oecologia* **187** (3): 701-706. Berlin.
- HOMBURG, K., DREES, C., BOUTAUD, E., NOLTE, D., SCHUEIT, W., ZUMSTEIN, P., VON RUSCHKOWSKI, E. & ASSMANN, T. (2019): Where have all the beetles gone? Long-term study reveals carabid species decline in a nature reserve in Northern Germany. – *Insect Conservation and Diversity* **12** (4): 268-277. St. Albans, Hertfordshire.
- KRATOCHWIL, A. (2003): Bees (Hymenoptera: Apoidea) as key-stone species: specifics of resource and requisite utilisation in different habitat types. – *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft* **15** (1): 59-77. Hannover.
- KÜPPER, G. (1999): Wildbienen (Hymenoptera, Apidae) im Siedlungsbereich – Eine Untersuchung der Bienenfauna im Botanischen Garten der Ruhr-Universität Bochum. – *Natur und Heimat* **59** (2): 45-52. Münster.
- LOGAN, J. D., WOLESENSKY, W. & JOERN, A. (2006): Temperature-dependent phenology and predation in arthropod systems. – *Ecological Modelling* **196** (3-4): 471-482.
- MANDERY, K., KOSUCH, J. & SCHUBERTH, J. (2008): Untersuchungsergebnisse zum Artstatus von *Andrena decipiens* SCHENCK, 1861, *Andrena flavilabris* SCHENCK, 1874, und ihrem gemeinsamen Brutparasiten *Nomada sigma* FABRICIUS, 1804. – *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen* **57** (1): 30-41. München.
- MENZEL, A., SPARKS, T. H., ESTRELLA, N., KOCH, E., AHAS, A., AHAS, R., ALM-KÜBLER, K., BISSOLLI, P., BRASLAVSKÁ, O., BRIEDE, A., CHMIELEWSKI, F. M., CREPINSEK, Z., CURNEL, Y., DAHL, Å., DEFILA, C., DONNELLY, A., FILELLA, Y., JATCZAK, K., MÄGE, F., MESTRE, A., NORDLI, Ø., PENUELAS, J., PRIRIN, P., REMISOVA, V., SCHEIFINGER, H., STRIZ, M., SUSNIK, A., VAN VLIET, A. J. H., WIELGOLASKI, F.-E. & ZUST, A. (2006): European phenological response to climate change matches the warming pattern. – *Global Change Biology* **12** (10): 1969-1976. Oxford.
- MÜNZE, R., LANGNER, D. & NUSS, M. (2015): Die Bienenfauna des Botanischen Gartens Dresden (Hymenoptera: Apidae). – *Sächsische Entomologische Zeitschrift* **1**: 45-69. Leipzig.
- NIELSEN, A., STEFFAN-DEWENTER, I., WESTPHAL, C., MESSENGER, O., POTTS, S. G., ROBERTS, S. P. M., SETTELE, J., SZENTGYÖRGYI, H., VAISSIÈRE, B. E., VAITIS, M., WOYCIECHOWSKI, M., BAZOS, I., BIESMEIJER, J. C., BOMMARCO, R., KUNIN, W. E., TSCHUELIN, T., LAMBORN, E. & PETANIDOU, T. (2011): Assessing bee species richness in two Mediterranean communities: importance of habitat type and sampling techniques. – *Ecological Research* **26** (5): 969-983.
- REDER, G. (2016): Erst- und Wiederfunde von vier Wildbienenarten in Rheinland-Pfalz (Hymenoptera Aculeata: Apidae). – *Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz* **13** (2): 515-523. Landau.
- ROY, D. B. & SPARKS, T. H. (2000): Phenology of British butterflies and climate change. – *Global Change Biology* **6** (4): 407-416. Oxford.
- SAURE, C. (2012): Die Wildbienen des Botanischen Gartens Berlin-Dahlem (Hymenoptera Apiformes). – *Märkische Entomologische Nachrichten* **14** (1): 29-67. Potsdam.
- SAURE, C., STRESE, N. & ZISKA, T. (2019): Erstnachweise von drei ausbreitungsstarken Stechimmenarten für Berlin und Brandenburg (Hymenoptera Aculeata). – *Märkische Entomologische Nachrichten* **21** (2): 243-252. Potsdam.
- SCHEDL, W. (2015): Stechimmen II im Botanischen Garten Innsbruck (Tirol, Österreich): Artengarnitur, Blütenbesuch, Phänologie (Insecta: Hymenoptera). – *Linzer Biologische Beiträge* **41**(1): 939-954. Linz.

- SCHEUCHL, E. (2000): Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs – Band I: Schlüssel der Gattungen und der Arten der Familie Anthophoridae. – 2. erweiterte Aufl., XXXI+158 S., Eigenverlag. Velden.
- SCHEUCHL, E. (2006): Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs – Band II: Megachilidae – Melittidae. 2. erweiterte Aufl., 192 S., Apollo Books. Stenstrup.
- SCHEUCHL, E., SCHWENNINGER, H.-R. & KUHLMANN, M. (2015): Kritisches Verzeichnis und aktuelle Checkliste der Wildbienen Deutschlands (Hymenoptera, Anthophila) sowie Anmerkungen zur Gefährdung. – Mitteilungen Entomologischer Verein Stuttgart 50 (1): 3-225. Stuttgart.
- SCHMID-EGGER, C., RISCH, S. & NIEHUIS, O. (1995): Die Wildbienen und Wespen von Rheinland-Pfalz (Hymenoptera, Aculeata). – Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz, Beiheft 16: 296 S., Landau.
- SCHMID-EGGER, C. & SCHEUCHL, E. (1997): Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs unter Berücksichtigung der Schweiz – Band III: Andrenidae. 180 S., Eigenverlag. Velden/Vils.
- SCHMIDT, K. & WESTRICH, P. (1987): Stechimmen (Hymenoptera: Aculeata) des Mainzer Sandes und des Gonsenheimer Waldes. – Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv 25: 351-407. Mainz.
- SCHWENNINGER, H. R. (2009): Zum taxonomischen Status von *Andrena anthracis* BLÜTHGEN 1925 (Hymenoptera, Andrenidae, *Andrena*, *Micrandrena*). – Linzer Biologische Beiträge 41 (2): 2025-2038. Linz.
- SCHWENNINGER, H. R. (2013): Festlegung von Typen für *Andrena nitidiuscula* SCHENCK 1853 und *Andrena fulvicornis* SCHENCK 1861 sowie Erstnachweis von *Andrena curvata* WARNCKE 1965 für Deutschland (Hymenoptera, Andrenidae, *Andrena*, Subgenus *Notandrena*). – Linzer Biologische Beiträge 45 (2): 1945-1962. Linz.
- STANDFUSS, K., STANDFUSS, L. & SCHWARZ, M. (2003): Zur aktuellen Bienenfauna der Ölbaumzone in SO-Thessalien/Griechenland (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). 1. Megachilidae. – Entomofauna – Zeitschrift für Entomologie 24 (20): 293-304. Linz.
- STRAKA, J. & BOGUSCH, P. (2011): Contribution to the taxonomy of the *Hylaeus gibbus* species group in Europe (Hymenoptera, Apoidea and Colletidae). – Zootaxa 2932: 51-67. Auckland.
- TEPPNER, H., EBMER, A. W., GUSENLEITNER, F. & SCHWARZ, M. (2016): The bees (Apidae, Hymenoptera) of the botanic garden in Graz, an annotated list. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark. 146: 19-68. Graz.
- TISCHENDORF, S., FROMMER, U., FLÜGEL, H.-J., SCHMALZ, K.-H. & DOROW, W. H. O. (2011): Kommentierte Rote Liste der Bienen Hessens – Artenliste, Verbreitung, Gefährdung. 101 S., Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Wiesbaden.
- WALGE, C. & LUNAU, K. (2002): Die Wildbienenfauna (Hymenoptera, Apoidea) auf dem Campus der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. – Acta Biologica Benrodis. 11: 27-44. Düsseldorf.
- WARNCKE, K. (1984): Beitrag zur Bienenfauna der Rheinpfalz. – Mitteilungen der Pollichia 72: 287-304. Neustadt an der Weinstraße.
- WENZEL, M., SCHMITT, T., WEITZEL, M. & SEITZ, A. (2006): The severe decline of butterflies on western German calcareous grasslands during the last 30 years: A conservation problem. – Biological Conservation 128 (4): 542-552. Barking, Essex.
- WESTERKAMP, C. (1987): Das Pollensammelverhalten der sozialen Bienen in Bezug auf die Anpassung der Blüten. – Dissertation, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz.
- WESTPHAL, C., BOMMARCO, R., CARRÉ, G., LAMBORN, E., MORISON, N., PETANIDOU, T., POTTS, S. G., ROBERTS, S. P. M., SZENTGYÖRGYI, H., TSCHULIN, T., VAISSIÈRE, B. E., WOYCIECHOWSKI, M., BIESMEIJER, J. C., KUNIN, W. E., SETTELE, J. & STEFFAN-DEWENTER, I. (2008): Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. – Ecological Monographs 78 (4): 653-671.
- WESTRICH, P. (2006): Ein weiterer Beleg für den Bivoltinismus und das Wirt-Parasit-Verhältnis von *Andrena bicolor* (Kirby 1802) (Hym. Apidae). – Linzer Biologische Beiträge 38 (1): 919-923. Linz.
- WESTRICH, P. (2018): Die Wildbienen Deutschlands. 896 S., Eugen Ulmer. Stuttgart.
- WESTRICH, P., FROMMER, U., MANDERY, K., RIEMANN, H., HAIKE, R., SAURE, C. & VOITH, J. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen (Hymenoptera, Apidae). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (3): 373-416. Münster.
- WESTRICH, P., SCHWENNINGER, H.-R., HERMANN, M., KLATT, M., KLEMM, M., PROSI, R. & SCHANOWSKI, A. (2000): Rote Liste der Bienen Baden-Württembergs. – Naturschutz Praxis, Artenschutz 4: 1-56. Karlsruhe.
- WHITE, J., SON, Y., PARK, Y., WHITE, J. & SON, Y. (2009): Temperature-dependent emergence of *Osmia cornifrons* (Hymenoptera: Megachilidae) adults temperature-dependent emergence of *Osmia cornifrons* (Hymenoptera: Megachilidae) adults. – Journal of Economic Entomology 102 (6): 2026-2032.

Anschriften der Verfasser

Noel Sillo
Boppstraße 32
D-55118 Mainz
E-Mail: noel.sillo@hotmail.de

apl. Prof. Dr. Eva Maria Griebeler
Institut für Organismische und Molekulare
Evolutionssystembiologie
Evolutionäre Ökologie
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Hanns-Dieter-Hüsch-Weg 15
D-55128 Mainz
E-Mail: em.griebeler@uni-mainz.de

Manuskript eingegangen am: 28.04.2020

Tabelle 4: Liste der Bienenarten, die im Botanischen Garten auf dem Campus der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz im Jahr 2019 nachgewiesen wurden. Gelistet ist für die Arten ihre Gefährdungssituation nach SCHEUCHL et al. (2015) in Deutschland (GD) und Rheinland-Pfalz (GRLP), die Phänologie (PH), die Ernährung (Pollensammelverhalten, Parasitismus) der jeweiligen Arten (E), sowie ggf. die Pflanzenfamilie auf die oligolektische Arten (Spezialisten) spezialisiert sind (PF). Gefährdungssituation: 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, V = Vorwarnliste, NBW = bisher nicht berücksichtigte Wiederfunde, -: nicht aufgeführt, da keine Nachweise aus dem Bundesland bekannt; Phänologie: B = bivoltin, G = ganzjährig, F = Frühlingsart, FS = Frühsommerart, S = Sommerart; Ernährung: O = oligolektisch, P = polylektisch, K = Kuckucksbiene/parasitisch; {}: mit „Zwillingsart“ vermischt.

Art	GD	GRLP	PH	E	PF
<i>Aglaoapis tridentata</i> (NYLANDER, 1848)	2	2	S	k	
<i>Andrena agillissima</i> (SCOPOLI, 1770)	3	3	FS	o	Brassicaceae
<i>Andrena alfenella</i> PERKINS, 1914	V	3	B	p	
<i>Andrena barbilabris</i> (KIRBY, 1802)	V	*	B	p	
<i>Andrena bicolor</i> FABRICIUS, 1775	*	*	B	p	
<i>Andrena chrysosceles</i> (KIRBY, 1802)	*	*	FS	p	
<i>Andrena cineraria</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	F	p	
<i>Andrena combinata</i> (CHRIST, 1791)	3	3	FS	p	
<i>Andrena curvungula</i> THOMSON, 1870	3	2	FS	o	Campanulaceae
<i>Andrena decipiens</i> SCHENCK, 1871	2	{NBW}	S	p	
<i>Andrena dorsata</i> (KIRBY, 1802)	*	*	B	p	
<i>Andrena flavipes</i> PANZER, 1799	*	*	B	p	
<i>Andrena florea</i> FABRICIUS, 1793	*	*	FS	o	Cucurbitaceae
<i>Andrena fulva</i> (MÜLLER, 1766)	*	*	F	p	
<i>Andrena fulvicornis</i> SCHENCK, 1853	{NBW}	2	B	p	
<i>Andrena gravaida</i> IMHOFF, 1832	*	*	F	p	
<i>Andrena haemorrhoa</i> (FABRICIUS, 1781)	*	*	F	p	
<i>Andrena hattorfiana</i> (FABRICIUS, 1775)	3	3	FS	o	Caprifoliaceae
<i>Andrena labialis</i> (KIRBY, 1802)	V	*	FS	o	Fabaceae
<i>Andrena labiata</i> FABRICIUS, 1781	*	*	F	p	
<i>Andrena lagopus</i> LATREILLE, 1809	*	*	F	o	Brassicaceae
<i>Andrena marginata</i> FABRICIUS, 1776	2	2	S	o	Caprifoliaceae
<i>Andrena minutula</i> (KIRBY, 1802)	*	*	B	p	
<i>Andrena minutuloides</i> PERKINS, 1914	*	*	B	p	
<i>Andrena nigroaenea</i> (KIRBY, 1802)	*	*	F	p	
<i>Andrena nigrospina</i> THOMSON, 1872	{NBW}	3	B	p	
<i>Andrena nitida</i> (MÜLLER, 1776)	*	*	F	p	
<i>Andrena niveata</i> FRIESE, 1887	3	2	FS	o	Brassicaceae
<i>Andrena ovatula</i> s.l. (KIRBY, 1802)	*	*	B	p	
<i>Andrena proxima</i> (KIRBY, 1802)	*	*	FS	o	Apiaceae
<i>Andrena strohmeia</i> STÖCKERT, 1928	*	*	F	p	

Art	GD	GRLP	PH	E	PF
<i>Andrena trimmerana</i> (KIRBY, 1802)	NBW	NBW	B	p	
<i>Andrena viridescens</i> VIERECK, 1916	V	*	F	o	Plantaginaceae
<i>Anthidiellum strigatum</i> (PANZER, 1805)	V	*	S	p	
<i>Anthidium manicatum</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	S	p	
<i>Anthidium oblongatum</i> (ILLIGER, 1806)	V	*	S	p	
<i>Anthidium punctatum</i> LATREILLE, 1809	V	*	S	p	
<i>Anthophora aestivalis</i> (PANZER, 1801)	3	*	FS	p	
<i>Anthophora furcata</i> (PANZER, 1798)	V	*	S	p	
<i>Anthophora plumipes</i> (PALLAS, 1772)	*	*	F	p	
<i>Anthophora quadrimaculata</i> (PANZER, 1798)	V	3	FS	p	
<i>Apis mellifera</i> LINNAEUS, 1758	*	*	G	p	
<i>Bombus bohemicus</i> SEIDL, 1838	*	*	G	k	
<i>Bombus campestris</i> (PANZER, 1801)	*	*	G	k	
<i>Bombus hortorum</i> LINNAEUS, 1761	*	*	G	p	
<i>Bombus hypnorum</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	G	p	
<i>Bombus lapidarius</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	G	p	
<i>Bombus lucorum</i> (LINNAEUS, 1761)	*	*	G	p	
<i>Bombus pascuorum</i> (SCOPOLI, 1763)	*	*	G	p	
<i>Bombus pratorum</i> (LINNAEUS, 1761)	*	*	G	p	
<i>Bombus rupestris</i> (FABRICIUS, 1793)	*	*	G	k	
<i>Bombus sylvarum</i> (LINNAEUS, 1761)	V	*	G	p	
<i>Bombus terrestris</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	G	p	
<i>Bombus vestalis</i> (GEOFFROY, 1785)	*	*	G	k	
<i>Ceratina chalybea</i> CHEVRIER, 1872	3	3	G	p	
<i>Ceratina curcubitina</i> (ROSSI, 1792)	*	*	G	p	
<i>Ceratina cyanea</i> (KIRBY, 1802)	*	*	G	p	
<i>Chelostoma campanularum</i> (KIRBY, 1802)	*	*	S	o	Campanulaceae
<i>Chelostoma distinctum</i> (STÖCKERT, 1929)	*	*	S	o	Campanulaceae
<i>Chelostoma florisomne</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	FS	o	Ranunculaceae
<i>Chelostoma rapunculi</i> (LEPELETIER, 1841)	*	*	S	o	Campanulaceae
<i>Coelioxys afra</i> LEPELETIER, 1841	3	3	S	k	
<i>Coelioxys aurolimbata</i> FÖRSTER, 1853	V	3	S	k	
<i>Coelioxys conoidea</i> (ILLIGER, 1806)	3	2	S	k	
<i>Coelioxys elongata</i> LEPELETIER, 1841	*	2	S	k	
<i>Colletes cunicularius</i> (LINNAEUS, 1761)	*	*	F	p	
<i>Colletes daviesanus</i> SMITH, 1846	*	*	S	o	Asteraceae

Art	GD	GRLP	PH	E	PF
<i>Colletes hederæ</i> SCHMIDT & WESTRICH, 1993	*	2	S	p	
<i>Colletes similis</i> SCHENCK, 1853	V	*	S	o	Asteraceae
<i>Dasypoda hirtipes</i> (FABRICIUS, 1793)	V	*	S	o	Asteraceae
<i>Epeolus variegatus</i> (LINNAEUS, 1758)	V	*	S	k	
<i>Eucera interrupta</i> BAER, 1850	3	2	FS	o	Fabaceae
<i>Eucera longicornis</i> (LINNAEUS, 1758)	V	*	S	o	Fabaceae
<i>Eucera nigrescens</i> PÉREZ, 1879	*	*	FS	o	Fabaceae
<i>Halictus langobardicus</i> BLÜTHGEN, 1944	*	3	G	p	
<i>Halictus leucaheneus</i> EBMER, 1972	3	3	G	p	
<i>Halictus maculatus</i> SMITH, 1848	*	*	G	p	
<i>Halictus quadricinctus</i> (FABRICIUS, 1776)	3	2	G	p	
<i>Halictus rubicundus</i> (CHRIST, 1791)	*	*	G	p	
<i>Halictus scabiosae</i> ROSSI, 1790	*	*	G	p	
<i>Halictus submediterraneus</i> (PAULY, 2015)	3	3	G	p	
<i>Halictus subauratus</i> (ROSSI, 1792)	*	*	G	p	
<i>Halictus tumulorum</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	G	p	
<i>Heriades crenulata</i> NYLANDER, 1856	*	*	S	o	Asteraceae
<i>Heriades truncorum</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	S	o	Asteraceae
<i>Hoplitis adunca</i> (PANZER, 1798)	*	*	S	o	Boraginaceae
<i>Hoplitis leucomelana</i> (KIRBY, 1802)	*	*	S	p	
<i>Hylaeus brevicornis</i> NYLANDER, 1852	*	*	S	p	
<i>Hylaeus communis</i> NYLANDER, 1852	*	*	S	p	
<i>Hylaeus cornutus</i> CURTIS, 1831	*	*	S	p	
<i>Hylaeus dilatatus</i> (KIRBY, 1802)	*	*	S	p	
<i>Hylaeus gredleri</i> FÖRSTER, 1871	*	*	S	p	
<i>Hylaeus hyalinatus</i> SMITH, 1842	*	*	S	p	
<i>Hylaeus leptcephalus</i> (MORAWITZ, 1870)	*	3	S	p	
<i>Hylaeus lineolatus</i> (SCHENCK, 1861)	G	3	S	p	
<i>Hylaeus nigrinus</i> (FABRICIUS, 1798)	*	*	S	o	Asteraceae
<i>Hylaeus pictipes</i> NYLANDER, 1852	*	3	S	p	
<i>Hylaeus punctatus</i> (BRULLÉ, 1832)	*	*	S	p	
<i>Hylaeus signatus</i> (PANZER, 1798)	*	*	S	o	Resedaceae
<i>Hylaeus sinuatus</i> (SCHENCK, 1853)	*	*	S	p	
<i>Hylaeus styriacus</i> FÖRSTER, 1871	*	*	S	p	
<i>Hylaeus variegatus</i> (FABRICIUS, 1798)	V	*	S	p	
<i>Lasioglossum calceatum</i> (SCOPOLI, 1763)	*	*	G	p	

Art	GD	GRLP	PH	E	PF
<i>Lasioglossum costulatum</i> (KRIECHBAUMER, 1873)	3	3	G	o	Campanulaceae
<i>Lasioglossum interruptum</i> (PANZER, 1798)	3	3	G	p	
<i>Lasioglossum laticeps</i> (SCHENCK, 1868)	*	*	G	p	
<i>Lasioglossum lativentre</i> (SCHENCK, 1853)	V	*	G	p	
<i>Lasioglossum leucozonium</i> (SCHRANK, 1781)	*	*	G	p	
<i>Lasioglossum malachurum</i> (KIRBY, 1802)	*	*	G	p	
<i>Lasioglossum minutissimum</i> (KIRBY, 1802)	*	*	G	p	
<i>Lasioglossum monstificum</i> (MORAWITZ, 1871)	D	{}	G	p	
<i>Lasioglossum morio</i> (FABRICIUS, 1793)	*	*	G	p	
<i>Lasioglossum nitidulum</i> (FABRICIUS, 1804)	V	3	G	p	
<i>Lasioglossum nitidusculum</i> (KIRBY, 1802)	*	*	G	p	
<i>Lasioglossum pallens</i> (BRULLÉ, 1832)	*	3	G	p	
<i>Lasioglossum pauxillum</i> (SCHENCK, 1853)	*	*	G	p	
<i>Lasioglossum politum</i> (SCHENCK, 1853)	*	*	G	p	
<i>Lasioglossum pygmaeum</i> (SCHENCK, 1853)	G	3	G	p	
<i>Lasioglossum sexnotatum</i> (KIRBY, 1802)	3	3	G	p	
<i>Lasioglossum sexstrigatum</i> (SCHENCK, 1868)	*	*	G	p	
<i>Lasioglossum villosulum</i> (KIRBY, 1802)	*	*	G	p	
<i>Lasioglossum xanthopus</i> (KIRBY, 1802)	*	3	G	p	
<i>Macropis europaea</i> WARNCKE, 1973	*	*	S	o	Primulaceae
<i>Macropis fulvipes</i> (FABRICIUS, 1804)	*	*	S	o	Primulaceae
<i>Megachile centuncularis</i> (LINNAEUS, 1758)	V	*	S	p	
<i>Megachile circumcincta</i> (KIRBY, 1802)	V	*	FS	p	
<i>Megachile ericetorum</i> LEPELETIER, 1841	*	*	S	o	Fabaceae
<i>Megachile maritima</i> (KIRBY, 1802)	3	2	S	p	
<i>Megachile pilidens</i> ALFKEN, 1924	3	3	S	p	
<i>Megachile rotundata</i> (FABRICIUS, 1787)	*	3	S	p	
<i>Megachile willughbiella</i> (KIRBY, 1802)	*	*	S	p	
<i>Melecta albifrons</i> (FÖRSTER, 1771)	*	*	F	k	
<i>Melitta haemorrhoidalis</i> (FABRICIUS, 1775)	*	*	S	o	Campanulaceae
<i>Melitta leporina</i> (PANZER, 1799)	*	*	S	o	Fabaceae
<i>Melitta tricincta</i> KIRBY, 1802	V	2	S	o	Orobanchaceae
<i>Nomada alboguttata</i> HERRICH-SCHÄFER, 1839	*	3	F	k	
<i>Nomada armata</i> HERRICH-SCHÄFER, 1839	3	G	S	k	
<i>Nomada atroscutellaris</i> STRAND, 1921	V	*	F	k	
<i>Nomada bifasciata</i> OLIVIER, 1811	*	*	F	k	

Art	GD	GRLP	PH	E	PF
<i>Nomada conjugens</i> HERRICH-SCHÄFER, 1839	*	*	F	k	
<i>Nomada fabriciana</i> (LINNAEUS, 1767)	*	*	B	k	
<i>Nomada flava</i> PANZER, 1798	*	*	F	k	
<i>Nomada flavoguttata</i> (KIRBY, 1802)	*	*	B	k	
<i>Nomada fucata</i> PANZER, 1798	*	*	B	k	
<i>Nomada goodeniana</i> (KIRBY, 1802)	*	*	F	k	
<i>Nomada lathburiana</i> (KIRBY, 1802)	*	*	F	k	
<i>Nomada marshamella</i> (KIRBY, 1802)	*	*	F	k	
<i>Nomada minuscula</i> NOSKIEWICZ, 1930	{NBW}	{-}	S	k	
<i>Nomada panzeri</i> LEPELETIER, 1841	*	*	F	k	
<i>Nomada piccioliana</i> MAGRETTI, 1883	3	2	FS	k	
<i>Nomada ruficornis</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	F	k	
<i>Nomada sexfasciata</i> PANZER, 1799	*	*	F	k	
<i>Nomada signata</i> JURINE, 1807	*	*	F	k	
<i>Nomada striata</i> FABRICIUS, 1793	*	*	S	k	
<i>Nomada succincta</i> PANZER, 1798	*	*	F	k	
<i>Nomada zonata</i> PANZER, 1798	V	D	B	k	
<i>Osmia aurulenta</i> (PANZER, 1799)	*	*	F	p	
<i>Osmia bicolor</i> (SCHRANK, 1781)	*	*	F	p	
<i>Osmia bicornis</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	F	p	
<i>Osmia brevicornis</i> (FABRICIUS, 1798)	G	3	F	o	Brassicaceae
<i>Osmia caerulescens</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	B	p	
<i>Osmia cornuta</i> (LATREILLE, 1805)	*	*	F	p	
<i>Osmia gallarum</i> SPINOLA, 1808	V	3	FS	o	Fabaceae
<i>Osmia niveata</i> (FABRICIUS, 1804)	3	3	FS	o	Asteraceae
<i>Osmia spinulosa</i> (KIRBY, 1802)	3	*	S	o	Asteraceae
<i>Panurgus calcaratus</i> (SCOPOLI, 1763)	*	*	S	o	Asteraceae
<i>Panurgus dentipes</i> LATREILLE, 1811	3	3	S	o	Asteraceae
<i>Pseudoanthidium nanum</i> (MOCSÁRY, 1879)	3	3	S	o	Asteraceae
<i>Sphecodes albilabris</i> (FABRICIUS, 1793)	*	*	G	k	
<i>Sphecodes crassus</i> THOMSON, 1870	*	*	G	k	
<i>Sphecodes ephippius</i> (LINNAEUS, 1767)	*	*	G	k	
<i>Sphecodes gibbus</i> (LINNAEUS, 1758)	*	*	G	k	
<i>Sphecodes majalis</i> PÉREZ, 1903	*	*	G	k	
<i>Sphecodes miniatus</i> HAGENS, 1882	*	*	G	k	
<i>Sphecodes monilicornis</i> (KIRBY, 1802)	*	*	G	k	

Art	GD	GRLP	PH	E	PF
<i>Sphecodes pseudofasciatus</i> BLÜTHGEN, 1925	D	N	G	k	
<i>Sphecodes reticulatus</i> THOMSON, 1870	*	*	G	k	
<i>Stelis breviuscula</i> (NYLANDER, 1848)	*	*	S	k	
<i>Stelis punctulatissima</i> (KIRBY, 1802)	*	*	S	k	
<i>Stelis signata</i> (LATREILLE, 1809)	3	G	S	k	
<i>Xylocopa violacea</i> (LINNAEUS, 1758)	*	3	G	p	

Tabelle 5: Beobachtungshäufigkeiten der Bienenarten im Untersuchungsjahr 2019 im Botanischen Garten der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz auf den einzelnen Teilflächen und der Gesamtfläche. Alpium (Al), Arboretum (Ar), Biologische Abteilung (B), direkte Umgebung des Botanischen Gartens (U), Gewächshausbereich (G), Kulturlandschaften (K), Naturlandschaften (N), nicht genutzte Wiesen (W), Rabatten (R), Systematische Abteilung (S) und Gesamtfläche (Σ).

Art	Al	Ar	B	U	E	G	K	N	W	R	S	Σ
<i>Aglaopis tridentata</i>								2				2
<i>Andrena agilissima</i>	2		2									4
<i>Andrena alfenella</i>									1			1
<i>Andrena barbilabris</i>		1						2			1	4
<i>Andrena bicolor</i>	7	6	2		1	1	1	3	2		7	30
<i>Andrena chrysosceles</i>	3	1			1			2			2	9
<i>Andrena cineraria</i>	6	5	1		1	1	2	2	5		6	29
<i>Andrena combinata</i>	1	2			2			3	1		7	16
<i>Andrena curvungula</i>	1					1						2
<i>Andrena decipiens</i>											1	1
<i>Andrena dorsata</i>	2		1	1		1	2	1	3		2	13
<i>Andrena flavipes</i>	9	3	9		2	3	3	10	10	3	21	73
<i>Andrena florea</i>		1			4				1		1	7
<i>Andrena fulva</i>	1	3			1			2			1	8
<i>Andrena fulvicornis</i>								1				1
<i>Andrena gravida</i>	11	13	3		2	2	1	1	3	2	13	51
<i>Andrena haemorrhoa</i>	3	3	1			1		1			2	11
<i>Andrena hattorfiana</i>	2							1			2	5
<i>Andrena labialis</i>	1							1	2		1	5
<i>Andrena labiata</i>							1	2				3
<i>Andrena lagopus</i>											1	1
<i>Andrena marginata</i>								1				1
<i>Andrena minutula</i>	10	9	2		1		3	1	2	2	10	40
<i>Andrena minutula</i> Gruppe	2	5						2	3		4	16

Art	Al	Ar	B	U	E	G	K	N	W	R	S	Σ
<i>Andrena minutuloides</i>	2	3	7	2	1			8	2	2	16	43
<i>Andrena nigroaenea</i>	5	1	1		2				1		2	12
<i>Andrena nigrospina</i>		1	1					5			2	9
<i>Andrena nitida</i>							1				2	3
<i>Andrena niveata</i>			3					1			2	6
<i>Andrena ovatula</i> s.l.	4		1		1		4	4	6	1	8	29
<i>Andrena proxima</i>	2	11	1						1		1	16
<i>Andrena strohmeilla</i>	1	4	2				3		6		1	17
<i>Andrena trimmerana</i>	2	1			1		1	2	2			9
<i>Andrena viridescens</i>	1	3					1	1	2	1	2	11
<i>Anthidiellum strigatum</i>								3			2	5
<i>Anthidium manicatum</i>	15		3			1	4	22	1	2	35	83
<i>Anthidium oblongatum</i>											1	1
<i>Anthidium punctatum</i>							1				1	2
<i>Anthophora aestivalis</i>		1						1				2
<i>Anthophora furcata</i>											1	1
<i>Anthophora plumipes</i>	20	34	11		11	13	3	6	18	5	24	145
<i>Anthophora quadrimaculata</i>	7		2			3		2			1	15
<i>Apis mellifera</i>	121	51	122	1	26	44	25	55	22	53	269	789
<i>Bombus bohemicus</i>		1										1
<i>Bombus campestris</i>											1	1
<i>Bombus hortorum</i>	22	5				2	4	4			16	53
<i>Bombus hypnorum</i>	2	2										4
<i>Bombus lapidarius</i>	8	3	7		2	1	10	16	4	2	37	90
<i>Bombus lucorum</i>			2					1			4	7
<i>Bombus pascuorum</i>	41	11	21	1	2	12	5	16	2	11	69	191
<i>Bombus pratorum</i>	23	2	4		1	2		1			8	41
<i>Bombus rupestris</i>		1										1
<i>Bombus sylvarum</i>	1	1	2		1	4	6	7		1	18	41
<i>Bombus terrestris</i>	10		11			3	1	6		3	16	50
<i>Bombus terrestris</i> agg.	44	18	30		11	28	9	22	5	5	66	238
<i>Bombus vestalis</i>	3	1							1			5
<i>Ceratina chalybea</i>	1										3	4
<i>Ceratina curcubitina</i>						1						1
<i>Ceratina cyanea</i>								1				1

Art	Al	Ar	B	U	E	G	K	N	W	R	S	Σ
<i>Chelostoma campanularum</i>	3	1	4			2					1	11
<i>Chelostoma distinctum</i>	1					2		2				5
<i>Chelostoma florissomne</i>	1	3			2		2		2		1	11
<i>Chelostoma rapunculi</i>	6	2	6			6		6	2	3	13	44
<i>Coelioxys afra</i>	1							5				6
<i>Coelioxys aurolimbata</i>	2							1	1			4
<i>Coelioxys conoidea</i>	5							4			2	11
<i>Coelioxys elongata</i>		1									1	2
<i>Colletes cunicularius</i>	29	12	12		1	3	4	11	7	2	30	111
<i>Colletes daviesanus</i>			1					1			5	7
<i>Colletes hederæ</i>			2					2				4
<i>Colletes similis</i>								12		4	3	19
<i>Dasypoda hirtipes</i>			5					13			9	27
<i>Epeolus variegatus</i>								10				10
<i>Eucera interrupta</i>								2				2
<i>Eucera longicornis</i>		3						1			1	5
<i>Eucera nigrescens</i>	5	17	1			2	4	2	7	1		39
<i>Halictus langobardicus</i>	4	1	14		2		4	12		1	12	50
<i>Halictus leucaheneus</i>			1				1	5		1	1	9
<i>Halictus maculatus</i>	1									1	3	5
<i>Halictus quadricinctus</i>			1				2	6			1	10
<i>Halictus rubicundus</i>	1										1	2
<i>Halictus scabiosae</i>	30		10			1	13	40		1	88	183
<i>Halictus smaragdulus</i>								1			1	2
<i>Halictus subauratus</i>	25	3	21		3		6	17	5	6	43	129
<i>Halictus tumulorum</i>	5	1	3		1			1	7		7	25
<i>Heriades crenulata</i>							1	9	6		5	21
<i>Heriades truncorum</i>	2		6				1	2	1		3	15
<i>Hoplitis adunca</i>	2	1	4		1	4		5	6	1	6	30
<i>Hoplitis leucomelana</i>		1			1							2
<i>Hylaeus brevicornis</i>	4	1						6			5	16
<i>Hylaeus brevicornis</i> agg.								1	1			2
<i>Hylaeus communis</i>	14	1	12		1		1	5	1	6	36	77
<i>Hylaeus cornutus</i>											6	6
<i>Hylaeus dilatatus</i>								1				1

Art	Al	Ar	B	U	E	G	K	N	W	R	S	Σ
<i>Hylaeus gredleri</i>			1					1			1	3
<i>Hylaeus hyalinatus</i>	7		9					2		2	2	22
<i>Hylaeus leptocephalus</i>											1	1
<i>Hylaeus lineolatus</i>								1				1
<i>Hylaeus nigrinus</i>			1				3	5			4	13
<i>Hylaeus pictipes</i>			2					2			1	5
<i>Hylaeus punctatus</i>	4	2	5					3		1	6	21
<i>Hylaeus signatus</i>	2			2					1		2	7
<i>Hylaeus sinuatus</i>								1	1		4	6
<i>Hylaeus spec.</i>	1											1
<i>Hylaeus styriacus</i>			2								2	4
<i>Hylaeus variegatus</i>	3		2					9		2	18	34
<i>Lasioglossum calceatum</i>	10	3	8	1		3	1	2	1	1	15	45
<i>Lasioglossum costulatum</i>	3	1						4			8	16
<i>Lasioglossum interruptum</i>		1						1			6	8
<i>Lasioglossum laticeps</i>	7	2	12		2	2		3	1		7	36
<i>Lasioglossum lativentre</i>									3			3
<i>Lasioglossum leucozonium</i>	1		2				1		1		5	10
<i>Lasioglossum malachurum</i>	4	1	6	1	1	1	1	3	8		9	35
<i>Lasioglossum minutissimum</i>			1								1	2
<i>Lasioglossum monstificum</i>	1											1
<i>Lasioglossum morio</i>	29	6	16	1	2	2	2	4	7	8	19	96
<i>Lasioglossum nitidulum</i>	6		1									7
<i>Lasioglossum nitidusculum</i>					1							1
<i>Lasioglossum pallens</i>	1	3	3					1				8
<i>Lasioglossum pauxillum</i>	1	2	3		1	1			2	1	6	17
<i>Lasioglossum politum</i>	36	4	19	1	8	24	5	12	7	10	46	172
<i>Lasioglossum pygmaeum</i>							2					2
<i>Lasioglossum sexnotatum</i>				1								1
<i>Lasioglossum sexstrigatum</i>								9		1	1	11
<i>Lasioglossum villosulum</i>			3	1				5	5		4	18
<i>Lasioglossum xanthopus</i>							1					1
<i>Macropis europaea</i>		1									1	2
<i>Macropis fulvipes</i>						1					1	2
<i>Megachile centuncularis</i>	8		7				1				1	17

Art	Al	Ar	B	U	E	G	K	N	W	R	S	Σ
<i>Megachile circumcincta</i>									1			1
<i>Megachile ericetorum</i>	3		6			4	1	6	2	1	7	30
<i>Megachile maritima</i>	2		1	1			2	4	1	1	12	24
<i>Megachile pillidens</i>	11		11				1	11	1	3	7	45
<i>Megachile rotundata</i>	1		5					2			1	9
<i>Megachile willughbiella</i>	31	5	32		1	8	7	24	3	5	54	170
<i>Melecta albifrons</i>			1						1		1	3
<i>Melitta haemorrhoidalis</i>	1											1
<i>Melitta leporina</i>					1	1			3		1	6
<i>Melitta tricincta</i>											1	1
<i>Nomada alboguttata</i>							1					1
<i>Nomada armata</i>	1											1
<i>Nomada atroscutellaris</i>							1					1
<i>Nomada bifasciata</i>	13	5				1	4	2	11	2	1	39
<i>Nomada conjugens</i>		4										4
<i>Nomada fabriciana</i>	4	10	1				1		1		3	20
<i>Nomada flava</i>	1	7										8
<i>Nomada flavoguttata</i>	9	21	1			1	2		4		6	44
<i>Nomada fucata</i>	1							2				3
<i>Nomada goodeniana</i>	5	1					2		1			9
<i>Nomada goodeniana/succincta</i>	2						1					3
<i>Nomada lathburiana</i>	4	1							2		1	8
<i>Nomada marshamella</i>	3	3							2			8
<i>Nomada minuscula</i>											1	1
<i>Nomada panzeri</i>		1										1
<i>Nomada piccioliana</i>		1										1
<i>Nomada ruficornis</i>		1							1			2
<i>Nomada sexfasciata</i>	1	2			1		1	1				6
<i>Nomada signata</i>	1										1	2
<i>Nomada spec.</i>									1			1
<i>Nomada striata</i>		1								1	1	3
<i>Nomada succincta</i>	2								1			3
<i>Nomada zonata</i>	2	4							2		1	9
<i>Osmia aurulenta</i>							4	8	2		5	19
<i>Osmia bicolor</i>										1		1

Art	Al	Ar	B	U	E	G	K	N	W	R	S	Σ
<i>Osmia bicornis</i>	11	6	5		1	2	2	2	6	3	6	44
<i>Osmia brevicornis</i>								1				1
<i>Osmia caeruleascens</i>	3							1			1	5
<i>Osmia cornuta</i>	2	5	2		3				5		3	20
<i>Osmia gallarum</i>								1				1
<i>Osmia niveata</i>							5		3		2	10
<i>Osmia spinulosa</i>								2			1	3
<i>Panurgus calcaratus</i>			1									1
<i>Panurgus dentipes</i>								1				1
<i>Pseudoanthidium nanum</i>								2	1		1	4
<i>Sphecodes albilabris</i>	3						1	5	1	1	7	18
<i>Sphecodes crassus</i>								1				1
<i>Sphecodes ephippius</i>								2			2	4
<i>Sphecodes gibbus</i>	1							3			4	8
<i>Sphecodes majalis</i>		2						1	1			4
<i>Sphecodes miniatus</i>	1							1			2	4
<i>Sphecodes monilicornis</i>								5	1		6	11
<i>Sphecodes pseudofasciatus</i>							1		2	1	4	8
<i>Sphecodes reticulatus</i>											2	2
<i>Stelis breviscula</i>									3			3
<i>Stelis punctulatissima</i>	1							1	1			3
<i>Stelis signata</i>									1			1
<i>Xylocopa violacea</i>	5	1	2				1	4	1	3	17	34
Gesamtergebnis	786	362	526	14	108	195	185	566	256	168	1308	4474

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mainzer naturwissenschaftliches Archiv](#)

Jahr/Year: 2020

Band/Volume: [57](#)

Autor(en)/Author(s): Sillo Noel, Griebeler Eva Maria

Artikel/Article: [Die Bienenfauna \(Hymenoptera: Anthophila\) des Botanischen Gartens der Johannes Gutenberg-Universität Mainz 261-294](#)