

Evaluierung der Lebendbestimmung im Wildbienenmonitoring

Evaluation of wild bees identified alive during monitoring

CHRISTOPHER BAUSE, MANFRED AYASSE & THOMAS ELTZ

Zusammenfassung: Die Populationen vieler Wildbienenarten sind regional und lokal stark rückläufig. Um die Biodiversität der ökologisch und ökonomisch wertvollen Blütenbesucher zu erhalten, sind diverse Schutzmaßnahmen notwendig. Zur Kontrolle solcher Schutzbemühungen und auch zur Bestandserfassung der Populationen ist zuerst ein belastbares Monitoring zwingend erforderlich. Da das herkömmliche Monitoring, das auf Entnahme von Wildbienen aus dem Feld beruht und die Bestimmung von Belegexemplaren vorsieht, kleine Populationen belasten und die Monitoringergebnisse künftiger Untersuchungen beeinflussen könnte, ist es sinnvoll, auch bestandsschonende Monitoringmethoden in der gängigen Praxis in Betracht zu ziehen. Ein solches, hauptsächlich auf Lebendbestimmung basierendes Monitoringverfahren wurde zuletzt vom Verbundprojekt BienABest durchgeführt, nach Vorgaben der kürzlich erschienenen Richtlinie „Standardisierte bestandsschonende Erfassung von Wildbienen für ein Langzeitmonitoring“ (VDI 4340, Blatt 1). Da die Genauigkeit der Lebendbestimmung von Wildbienen von vielen Experten stark angezweifelt wird, wurde im Rahmen des Projekts eine Evaluierung der Lebendbestimmungsergebnisse vorgenommen. Hierzu wurden 208 Bienenindividuen, die vom Kartierer im Feld als lebend bestimmbar eingeschätzt wurden, nach ihrer Determination abgetötet und anschließend von einem anerkannten Experten im genadelten Zustand nachbestimmt. Um vergleichend auch die Bestimmungsgenauigkeit der klassischen Bestimmung toter, genadelter Individuen zu untersuchen, wurden zudem mehrere weitere Fachleute hinzugezogen und deren Bestimmungsergebnisse mit einer kuratierten Artenliste verglichen. Die Quote richtig bestimmter Bienenindividuen fiel bei beiden Bestimmungsformen sehr ähnlich aus: Bei der Bestimmung lebender Tiere im Feld waren 95,1 %, bei der Bestimmung toter, genadelter Individuen 95,2 % der 208 Wildbienen korrekt bestimmt. Die möglichen Ursachen für Fehlbestimmungen waren, soweit überhaupt bekannt, variabel und reichten von einfachen Flüchtigkeitsfehlern bis hin zu falschen Erwartungen. In der vorliegenden Arbeit werden die Vorteile und Einschränkungen der Lebendbestimmung im Wildbienenmonitoring diskutiert und diverse Fehlerquellen sowie schwierig zu bestimmende Gruppen von Wildbienen detaillierter besprochen und benannt. Die bestandsschonende Methode mit Lebendbestimmung stellt insbesondere für ein Langzeitmonitoring besonders schutzbedürftiger Bienengemeinschaften eine valide Alternative zur herkömmlichen Erfassung dar.

Schlüsselwörter: Anthophila, Lebendbestimmung, Monitoring, Bestandsschonung

Summary: Populations of many wild bee species are declining. It is common procedure in bee monitoring to catch and kill the specimens and later identify them using a binocular microscope. This practice might harm fragile bee populations and could influence the results of future investigations at the same locality through the removal of reproductive individuals. Due to the importance of insect monitoring for the development of conservation strategies it is advisable to consider non-invasive, population-friendly methods in common practice of bee monitoring. One such method was used in the project BienABest in Germany, where bee monitoring was based on the recently published guideline “Standardised population-friendly assessment of wild bees for a long-term monitoring” (VDI 4340, Blatt 1). Because the accuracy of wild bee identifications based on living specimens

in the field is still doubted by many experts, an evaluation of the results was conducted. For this purpose we secured bees that were previously identified alive by a monitorer in the field, killed and mounted them, and subjected them to conventional identification by a recognized bee expert. To additionally test the identification accuracy of conventional identification based on pinned bees, additional experts were consulted, and their results compared to a curated species list of all 208 examined bees. The percentage of correctly identified bees were quite similar in both identification of living bees and identification of pinned bees: Compared to the curated species list, the monitorers identified 95,1 % of the living bees correctly, whereas conventional identification showed a percentage of 95,2 % correctly identified specimens. Reasons for misidentifications were, if at all known, manifold and ranged from simple careless mistakes to unjustified expectations. The given study discusses the advantages and shortcomings of identification of living wild bees in the field and gives detailed insights of certain sources of error and wild bee taxa that are difficult to identify. The evaluated population-friendly monitoring method based on identifying specimens alive representing a reasonable alternative to classic procedures, especially when applied during a long-term monitoring of vulnerable bee species communities.

Key words: Anthophila, alive identification, population-friendly monitoring

1. Einleitung

In den letzten Jahren bekam das akute Insektensterben immer mehr Aufmerksamkeit und einige Studien (HALLMANN et al. 2017; FORISTER et al. 2019; WAGNER 2020) rückten das Thema Insektenschutz selbst abseits der Wissenschaft in den Fokus von Politik und Gesellschaft. Nicht erst seitdem werden umfassende Schutzmaßnahmen durchgeführt, um den Verlust der Artenvielfalt aufzuhalten (<https://biologischesvielfalt.bfn.de/bundesprogramm/projekte/laufende-projekte.html>). Grundlage für derlei Schutzbemühungen stellen die Daten umfassender und replizierbarer Langzeit-Monitorings dar, welche die lokale Populationsdynamik verschiedener Arten erfassen und nachweisen können. Wie auch viele andere Insektentaxa, so sind auch Populationen vieler Wildbienenarten lokal rückläufig oder sogar von Aussterbeereignissen betroffen. Etwa die Hälfte der über 550 Arten von Wildbienen in Deutschland sind auf der Roten Liste als mindestens „gefährdet“ gelistet (WESTRICH et al. 2011; WESTRICH 2019). Als wichtige Bestäuber liefern Wildbienen jedoch unverzichtbare Ökosystemdienstleistungen, weswegen ihr Erhalt und Schutz nicht nur für nahezu alle terrestrischen Ökosysteme, sondern auch für die Landwirtschaft von

großer Bedeutung ist (KLEIN et al. 2007; BROWN & PAXTON 2009; PAPANIKOLAOU et al. 2017). Ein Monitoring von Wildbienen findet meist über aktive Kescherfänge entlang von Transekten statt oder wird über passive Fangmethoden wie Farbschalen bewerkstelligt (ROULSTON et al. 2007; FALK 2017). Viele Wildbienen, vor allem die überwiegende Zahl solitär lebender Arten, zeigen eine recht geringe Reproduktionsrate und kommen oft nur in lokal begrenzten Gebieten vor (WESTRICH 2019). Daher wäre es gerade bei der Untersuchung von Artengemeinschaften gefährdeter Habitate sinnvoll, bestandsschonende Monitoringmethoden in Betracht zu ziehen, die die Populationen nicht weiter belasten. Bestandsschonendes Monitoring wäre auch in Bezug auf die Datenqualität des Monitorings wünschenswert, da so die Gefahr reduziert würde, dass die Erfassung selbst die Ergebnisse von Folgebegehungen verändert. Die einzige den Autoren bekannte Studie, die sich direkt mit dem Einfluss eines invasiven Monitorings auf Bienenpopulationen beschäftigt hat, fand zwar keinen negativen Einfluss, ist aber auf Mitteleuropa nur begrenzt übertragbar und somit nur eingeschränkt aussagekräftig, da die Wiederholungsmessungen in den USA in sehr großflächigen, naturnahen Habitaten stattfanden (GEZON et al. 2015). Im

Gegensatz dazu scheint es plausibel, dass in der fragmentierten deutschen Kulturlandschaft kleinere Wildbienenpopulationen bei wiederholter Entnahme von reproduktiven Individuen negative Effekte erfahren könnten. Es werden daher immer mehr Stimmen laut, eine Erfassungsmethode von Wildbienenbeständen zu etablieren, bei der geeignete Arten direkt vor Ort im Feld lebend bestimmt und anschließend wieder freigelassen werden, statt sie wie üblich als Belegexemplare für die spätere Determination mitzunehmen (SCHINDLER et al. 2013). Ein solches bestandsschonendes Monitoring wird bereits vom Verbundprojekt BienABest (Universität Ulm, Verband Deutscher Ingenieure (VDI) www.bienabest.de) praktiziert (NEUMÜLLER et al. 2020). Die Methodik dieses Monitorings kulminierte in der kürzlich erschienenen Richtlinie „Standardisierte, bestandsschonende Erfassung von Wildbienen für ein Langzeitmonitoring“ (VDI 4340, Blatt 1 (2021)) des Verbands Deutscher Ingenieure.

Wichtig beim Einsatz alternativer Monitoringmethoden ist allerdings, dass die Qualität der Ergebnisse im Vergleich zu den etablierten Verfahren nicht maßgeblich absinkt. Gerade die Genauigkeit der Bestimmung lebender Wildbienen wird von Experten häufig stark angezweifelt. Daher sind zur Erhöhung der Akzeptanz eingehende Evaluierungen zur Lebendbestimmung erforderlich, was im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchung geleistet werden sollte. Zur Validierung der Lebendbestimmung wurden Mitarbeitende von BienABest im Feld bei ihrer Arbeit begleitet und die im Feld lebend bestimmten Tiere anschließend im toten Zustand noch einmal nachbestimmt. Um auch die Fehlerrate der Bienenbestimmung bei herkömmlicher Herangehensweise, nämlich der klassischen Bestimmung toter, genadelter Tiere, zu ermitteln, wurden weitere Experten zurate gezogen und deren Bestimmungsergebnisse evaluiert.

Ein Teil der hier präsentierten Ergebnisse ist zwar bereits in der englischsprachigen Veröffentlichung HERRERA-MESÍAS et al. (2022) publiziert worden, jedoch werden im Folgenden weitere dort ausgesparte Aspekte besprochen, die für die Praxis der Wildbienenbestimmung und des Monitorings von Relevanz sind. Zusätzliche Auswertungen und Abbildungen vermitteln einen besseren Eindruck davon, welche Wildbientaxa für die Lebendbestimmung gut geeignet und welche tendenziell problematisch waren. Zudem liegt in diesem Artikel ein stärkerer Fokus auf der Fehlerdiskussion und liefert konkrete Beispiele mit zugehörigen neuen Bildtafeln.

2. Material und Methoden

Um die Bestimmungsgenauigkeit der angestrebten Determination von lebenden Wildbienen im Feld zu überprüfen, wurden im Jahr 2020 sieben Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (nachfolgend geschlechtsneutral Bearbeiter o.Ä. genannt) des Verbundprojekts BienABest durch einen der Autoren (C.B.) bei ihrer Tätigkeit als Wildbienenkartierer begleitet. Diese Begehungen fanden von April bis September 2020 an neun verschiedenen Lokalitäten in ganz Deutschland statt, an denen BienABest Untersuchungsstandorte ausgewiesen hatte. Die konkreten Lokalitäten werden an dieser Stelle aus Anonymisierungsgründen der beteiligten Bienenexperten nicht genannt. Die mit dem Monitoring beauftragten Personen wurden an je ein oder zwei Tagen während drei bis neun einzelner Monitoringbegehungen von je 25 min begleitet. Das Monitoring wurde sowohl auf angelegten Wildblumenweiden als auch auf benachbarten, definierten Vergleichsflächen, naturnahen Grünlandflächen und konventionell-geprägten Kleinstrukturen durchgeführt. Die Methodik des Monitorings folgte dabei einem Requisitenorientierten Transekt-Monitoring (VDI 4340, Blatt 1).

Die Methode sieht unter anderem vor, dass gewisse Habitatstrukturen im Untersuchungsgebiet gezielt angesteuert werden sollen, die von Wildbienen benötigte Ressourcen (genannt Requisiten) zum Nestbau und zur Larvenverproviantierung bieten. Dies können beispielsweise bienenattraktive nektar- und pollenführende Pflanzen, geeignete Niststandorte und Baumaterial für Brutzellen sein. Das abzulaufende Transekt orientiert sich daher auch flexibel an besonders bienenattraktiven Requisiten innerhalb der untersuchten Flächen. Die Artbestimmung der Bienen erfolgte dann auf drei unterschiedliche Weisen: Bienenarten, die ohne Verwechslungsgefahr schon auf einige Distanz hin identifiziert werden konnten, wurden durch die Methode „Lebendbeobachtung“ mit bloßem Auge identifiziert und in Art und Individuenzahl auf dem Monitoringblatt vermerkt. Bienen, die eines genaueren Blicks bedurften, wurden per „Sichtfang“ bestimmt, was bedeutet, dass die Tiere mit dem Kescher gefangen und falls notwendig in einem Bienenwürfel unter Zuhilfenahme einer Lupe bestimmt wurden. Ein Bienenwürfel oder -glas ist ein kleines, durchsichtiges Gefäß mit Schaumstoffstopfen, in dem Bienen im Feld für die nähere Betrachtung schonend fixiert werden können. Stellte sich dabei heraus, dass das betrachtete Individuum nicht mit den im Feld zur Verfügung stehenden Mitteln bestimmt werden konnte, wurde es als Beleg mitgeführt, nach dem Monitoring vom Lebendbestimmer abgetötet, genadelt und im toten Zustand mittels Stereolupe ebenfalls bestimmt. Zur Evaluierung der Lebendbestimmung wurden diejenigen Bienen, die mittels „Lebendbeobachtung“ und „Sichtfang“ identifiziert wurden, gefangen und in separate Gläschen mit eigenem Nummerncode überführt. Der Code auf dem Gläschen wurde neben dem Ergebnis der Lebendbestimmung für eine spätere Zuordnung von Bienenindividuum und Artbestimmung im Feld (= Lebendbestimmung)

auf dem Monitoringblatt vermerkt. Die Bienen, die vom Lebendbestimmer als nicht lebend-bestimbar eingestuft wurden („Beleg“), sind nicht Teil der hier vorliegenden Untersuchung. Zudem konnten nicht alle Individuen, die per „Lebendbeobachtung“ erfasst wurden, in ihrer Artbestimmung überprüft werden, da teilweise sehr viele Individuen häufiger Arten auftraten. Daher wurde vorher eine Absprache mit den Gebietsbetreuern getroffen, dass hier nur die ersten drei beobachteten Individuen einer Art und eines Geschlechts (also maximal sechs Individuen pro Art) gefangen und validiert werden, um das Monitoring nicht zu stark im Ablauf zu stören. Die Bienen der Bestimmungskategorie „Sichtfang“ wurden allesamt in ihrem Bestimmungsergebnis evaluiert. Die Bienenindividuen, deren Bestimmung überprüft werden sollte, wurden von C.B. gesichert und für die spätere Validierung zunächst kühl und dunkel aufbewahrt. Nach dem Monitoring wurden die Tiere mit Ethylacetat oder durch Einfrieren abgetötet, genadelt, die Männchen ggf. einer Genitalpräparation unterzogen, und mit einem Etikett versehen. Die Präparation erfolgte weitestgehend nach EBMER 2010. Das Etikett trug lediglich einen Identifikationscode, jedoch keine Informationen zur Artbestimmung, zum Fundort und Funddatum oder andere der ansonsten typischen Angaben in Bienensammlungen.

Anschließend wurde die Sammlung zu einem angesehenen Experten geschickt, mit dem Auftrag, die Tiere im toten Zustand noch einmal sorgfältig nachzubestimmen. Zusätzlich zur Evaluierung der Lebendbestimmung sollte auch die übliche Bienenbestimmung von genadelten Individuen evaluiert werden, um auch hier die Fehlerrate zu bestimmen. Hierzu wurde die Bienensammlung in der Folge an vier weitere, erfahrene Experten verschickt, die gebeten wurden, die Tiere mit dem gleichen Aufwand zu bestimmen, wie sie es auch in ihrer Tätigkeit als Wildbienenkartierer tun. Es sollte kein zusätz-

licher Aufwand und keine Konsultation anderer Bienenexperten erfolgen, um ein möglichst repräsentatives Ergebnis üblicher Monitoringarbeit zu erhalten. Nachdem die Ergebnisse der vier Experten vorlagen, wurden etwaige Abweichungen zur ersten Nachbestimmung der genadelten Tiere mit den jeweiligen Experten besprochen und eine Einigung über die wahre Artzugehörigkeit einzelner, strittiger Individuen erzielt. Nur bei zwei Individuen verblieben Zweifel an der Bestimmung, da einzelne, intermediäre morphologische Merkmale keine klare Zuordnung erlaubten. Diese beiden Tiere wurden daher zur weiteren Determination zur Zoologischen Abteilung des Naturhistorischen Museums in Luxemburg geschickt und dort von FERNANDA HERRERA-MESÍAS am Barcode-Locus CO1 sequenziert, um einen zusätzlichen Hinweis auf die tatsächlich vorliegenden Arten zu erhalten. Auf diese Weise wurde eine kuratierte Liste erstellt, die unsere beste Einschätzung der korrekten Artzugehörigkeit repräsentiert.

In der Auswertung wurden sieben Wildbienen-Sets unterschieden, wobei jedes Set aus den Individuen von Bienen bestand, die von jeweils einem Bearbeiter im Feld gefangen und lebend bestimmt worden waren. Da die Bienenexperten im Feld immer nur ihr eigenes Wildbienen-Set, die Experten, die genadelte Tiere bestimmt haben, jedoch alle Wildbienen bestimmt hatten, wurde durch die Unterteilung in sieben Sets ein direkter Vergleich einzelner Bestimmungsergebnisse der Lebendbestimmung zu den Bestimmungsergebnissen genadelter, toter Bienen möglich.

Mit den Ergebnissen wurde abschließend mit Primer (V. 6.1.6) (K.R. CLARKE & R.N. GORLEY 2006) eine Ähnlichkeitsanalyse mithilfe des Bray-Curtis-Index^c durchgeführt. Hierbei wurden die Bestimmungsergebnisse jedes der sieben Wildbienen-Sets für den jeweiligen Bearbeiter lebender Bienen (IVI), die vier Bearbeiter toter Bienen (PIN1 bis PIN4) und die kuratierte Konsensusliste

(CON) zugrunde gelegt, welche die Wildbienenarten und Individuenzahlen pro Art enthalten. Diese quantitativen Daten zu Arten- und Individuenzahlen pro Bestimmer und Wildbienen-Set wurden abschließend nach der Analyse in einem Dendrogramm dargestellt, um Ähnlichkeiten und Differenzen zwischen den Bestimmungsergebnissen aufzuzeigen. Diese Darstellungsform wurde bereits in HERRERA-MESÍAS et al. (2022) zur Veranschaulichung der Daten verwendet.

Um speziell bei der Lebendbestimmung mögliche Einflüsse auf das Bestimmungsergebnis zu untersuchen, wurden Korrelationsanalysen der Prozentzahlen richtig bestimmter Bienen pro Bearbeiter und einzelner Monitoringdurchläufe (à 25 min) und Monitoringfaktoren angestellt. Untersucht wurden hierdurch etwaige Einflüsse auf das Bestimmungsergebnis durch (1) Anzahl validierter Individuen und (2) Anzahl validierter Arten sowie der (3) Anzahl von Belegtieren, welche die Bearbeiter nicht vor Ort bestimmt und somit aus der Validierung ausgeschlossen hatten.

Für ein besseres Verständnis einiger Fehlbestimmungen wurde eine Bildtafel mit Detailabbildungen bestimmungsrelevanter, differenzialdiagnostischer Merkmale erstellt. Weitere Bildtafeln bilden verschiedene Arten in ihrem Lebensraum ab und zusätzliche Hinweise erleichtern die Kategorisierung der verschiedenen Arten in „leicht“ oder „schwer“ bestimmbar.

3. Ergebnisse

Nachfolgend ist die Gesamtanzahl der Wildbienen aufgeführt, die während der begleiteten Monitoring-Begehungen im Jahr 2020 insgesamt beobachtet wurden (s. Abb. 1). Insgesamt waren das 552 Bienen-Individuen, von denen 56 Tiere (10,14 %) vor Ort als nicht lebend bestimmbar eingestuft wurden und somit nicht Teil dieser Untersuchung sind. Die übrigen 496 Bienenindividuen (89,86 %) wurden

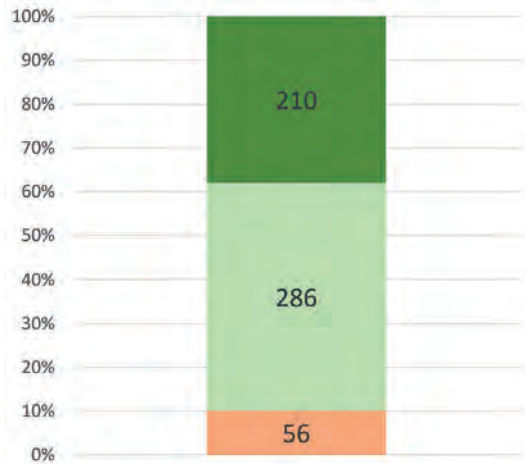


Abb. 1: Zusammensetzung der bei den Flächenbegehungen angetroffenen Wildbienen unter Aufschlüsselung, wie viele Wildbienen als Beleg mitgenommen wurden (orange; nicht validiert), wie viele lebend bestimmt, aber nicht validiert wurden (hellgrün; überzählige Individuen, s. Methoden) und wie viele letztlich sowohl lebend bestimmt als auch validiert wurden (dunkelgrün).

Fig. 1: Composition of wild bees registered during monitoring with differentiation between bees that were taken as reference specimens (orange, not validated) and bees that were identified alive, but were not validated (light green, surplus bee individuals, see methods) and bees that were identified alive and validated (dark green)

im Feld lebend über „Lebendbeobachtung“ oder „Sichtfang“ bestimmt. Davon waren 286 Individuen „überzählig“, d.h. bei der Begehung waren zuvor bereits drei Individuen derselben Art und desselben Geschlechts lebend bestimmt und der Validierung zugeführt worden. Da nur die ersten drei Individuen pro Art und Geschlecht validiert wurden, wurden diese 286 Bienenindividuen ebenfalls nicht in ihrem Bestimmungsergebnis überprüft. Die verbleibenden 210 Tiere wurden schließlich zur Nachbestimmung verschickt und validiert. Durch wiederholten postalischen Versand wurden allerdings zwei Tiere irreparabel beschädigt, sodass für nur 208 Bienen eine vollständige Bestimmungsliste aller Experten vorlag. Der Vergleich der Bestimmungsergebnisse bezieht sich daher ausschließlich auf diese 208 Individuen. Durchschnittlich 81 % (\pm SD = 10 %) der angetroffenen Arten wurden als lebendbestimmbar eingestuft und wurden somit

Teil der Validierung (Daten nicht gezeigt; die Artenzahl der Belegtiere basiert auf vorläufigen Bestimmungen im Feld, vermerkt auf den Monitoringblättern). Eine Übersicht über die Gattungszugehörigkeit lebend bestimmter Bienen und solcher Bienen, die als nicht lebendbestimmbar eingeschätzt und vom Experten im Feld selbst als Beleg mitgeführt wurden, liefert Abbildung 2.

Aus dem Vergleich mit der kuratierten Liste der Wildbienen-Bestimmungen ergaben sich die Bestimmungsleistungen verschiedener Bearbeiter. Die vollständige, kuratierte Liste mit den genauen Arten- und Individuenzahlen validierter Wildbienen ist bei HERRERA-MESÍAS et al. (2022) einzusehen. Die Rate richtig bestimmter Bienen lag bei der Bestimmung lebender Individuen im Durchschnitt bei 95,1 % (\pm SD = 5,1 %), bei der Bestimmung toter Individuen bei 95,2 % (\pm SD = 2,4 %, siehe Tab. 1). Pro Wildbienset sind in Tab. 1 die jeweiligen Anzahlen validierter Wildbienenindividuen und die

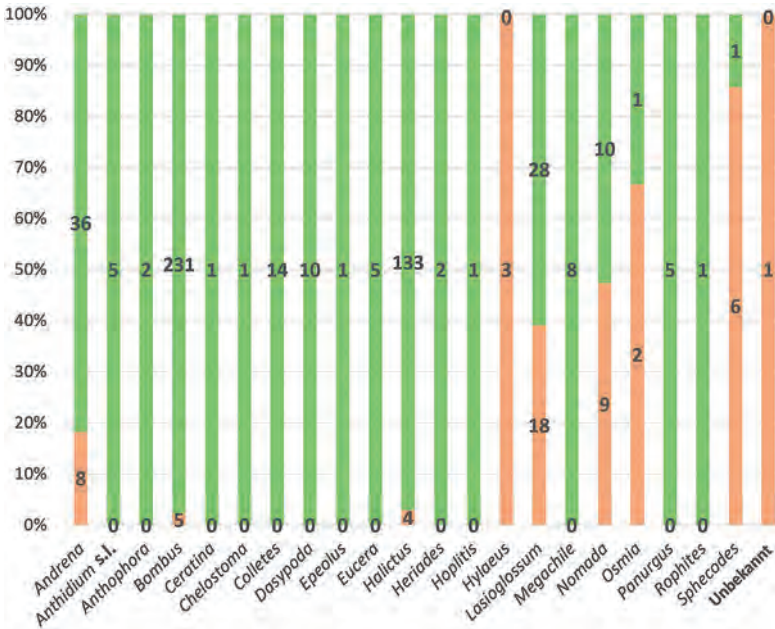


Abb. 2: Prozentualer Anteil der Bienenindividuen pro Gattung an der Gesamtsumme der lebend und tot bestimmten Bienen. Die Individuenzahlen pro Gattung und Bestimmungs-Art sind auf den Balken aufgeführt. Unter der Kategorie lebend bestimmter Bienen (grün; N = 496) befinden sich validierte Individuen und überzählige, nicht validierte Individuen. Nicht validierte Belegtiere (orange; N = 56).

Fig. 2: Percentage of bee individuals per genus in the total number of bees identified live and dead. The numbers of individuals per genus and type of identification are given on the bars. The category of bees determined alive (green; N = 496) contains validated individuals as well as surplus, non-validated individuals. Non-validated reference specimens (orange; N = 56).

prozentualen Anteile richtig bestimmter Bienen sowohl für die Bearbeiter der Lebendbestimmung als auch für diejenigen, die tote Bienen bestimmt haben, aufgeführt. Die Prozentangaben richtig determinierter Bienenindividuen in der Lebendbestimmung sind jeweils individuelle Einzelergebnisse der Bearbeiter, da jeder Experte im Feld nur ein Wildbienenstet direkt vor Ort bestimmt hat. Bei den Bienenexperten, die tote Bienenindividuen bestimmt haben, liegen die Prozentangaben richtiger Bestimmungen jedoch als Durchschnittswerte aller vier Bearbeiter pro Wildbienenstet vor. In den sieben Wildbienenstets lagen zudem unterschiedlich starke Übereinstimmungen zwischen den verschiedenen Ergebnissen der Bearbeiter vor (Tab. 1). In Wildbienenstet

3 gab es mit 80,8 % die geringste Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen lebend und tot bestimmter Bienen, in Stet 4 hingegen die größte, mit 98,7 %. In Stet 4 und 5 gab es unter den Experten, die genadelte Bienen bestimmt haben, mit 97,4 % und 97,9 % die größten Übereinstimmungen und in Stet 1 mit 85,7 % die geringste. Insgesamt waren sich die Bestimmungsergebnisse der Bearbeitung genadelter Bienen untereinander mit 93,0 % Gesamtübereinstimmung geringfügig ähnlicher als diejenigen von Lebendbestimmung und Bestimmung toter Individuen im Vergleich (91,8 %). Bei Lebendbestimmung und der Bestimmung genadelter Individuen lagen durchaus Unterschiede darin vor, welche Arten jeweils falsch bestimmt und womit

Tab. 1: Bestimmungserfolg bei Bestimmung lebender und toter Wildbienen pro Set. Die Prozentzahlen korrekt bestimmter Bienen der oberen beiden Zeilen zeigen die Übereinstimmungen mit der kuratierten Konsensusliste von je einem Bearbeiter lebender bzw. vier Bearbeitern toter Bienen. Die beiden unteren Zeilen enthalten mittlere Übereinstimmungen zwischen einem Bearbeiter lebender Bienen und den vier Bearbeitern toter Bienen sowie zwischen den Bearbeitern toter Bienen untereinander. Zudem werden Durchschnittswerte (\emptyset) und Standardabweichungen (SD) für die Gesamtheit der sieben Wildbienensets angegeben (verändert nach HERRERA-MESÍAS et al. 2022).

Tab 1: Determination success in live and dead wild bees per set. Percentages of correctly determined bees in the upper two rows show percentual result congruency per bee set with the curated consensus list of each one monitorer in the field or four bee experts that identified the pinned bees. The two lower rows contain the average congruency between one monitorer and four bee experts that identified pinned bees or between bee experts (pinned bee ID) among each other. Additionally, averages and standard deviations are given for the entirety of the bee sets (modified from HERRERA-MESÍAS et al. 2022).

	Wildbienen-Sets							\emptyset	SD
	1	2	3	4	5	6	7		
	(n = 21)	(n = 29)	(n = 39)	(n = 19)	(n = 24)	(n = 46)	(n = 30)		
Richtig bestimmte Bienen in (Lebend (n=1) vs. kuratierte Liste)	95.2%	96.6%	84.6%	100.0%	91.7%	97.7%	100.0%	95.1%	5.1%
Richtig bestimmte Bienen in (Tot (n=4) vs. kuratierte Liste)	90.5%	94.0%	94.9%	98.7%	96.9%	95.7%	95.8%	95.2%	2.4%
Mittlere Übereinstimmung in (Lebend vs. tot)	86.9%	92.2%	80.8%	98.7%	94.8%	93.5%	95.8%	91.8%	5.6%
Mittlere Übereinstimmung in (Tot vs. tot)	85.7%	91.4%	90.6%	97.4%	97.9%	93.8%	93.9%	93.0%	3.9%

sie verwechselt wurden. In Tabelle 2 sind die Arten aufgeführt, die falsch bestimmt wurden, unter der Angabe, mit welchen Arten sie verwechselt wurden und wie häufig eine bestimmte Verwechslung auftrat. Die größeren Anzahlen falsch determinierter Individuen unter den Bienen, die tot bestimmt wurden, sind darauf zurückzuführen, dass jedes der insgesamt 208 Bienenindividuen hier im Gegensatz zur Lebendbestimmung von je vier Bearbeitern bestimmt wurde. Dadurch erhielten einige Individuen mehrfach falsche Artbestimmungen. Die fett geschriebenen Arten stellen besonders auffällige Abweichungen von der vorliegenden Art dar. Die Angabe „*Lasioglossum minutula*“ ist in Anführungszeichen gefasst, da es sich hier um keine beschriebene Art und somit um kein offizielles Binomen handelt.

Hier wurde offensichtlich die Gattung verwechselt. Weitere auffällige Abweichungen betreffen die Verwechslungen von je einem Individuum von *Bombus lapidarius* mit *Halictus subauratus*, *Halictus tumulorum* mit *Andrena flavipes*, *Chelostoma campanularum* mit *Chelostoma rapunculi* sowie *Heriades truncorum* mit *Halictus tumulorum*. Insgesamt wurden Sandbienen (*Andrena* spp.), Hummeln (*Bombus* spp.), Furchenbienen (*Halictus* spp.), Blattschneiderbienen (*Megachile* spp.), Scherenbienen (*Chelostoma* sp.), Löcherbienen (*Heriades* sp.) und Schmalbienen (*Lasioglossum* spp.) falsch bestimmt, wobei Sandbienen die am häufigsten fehlbestimmten Wildbienen in der Lebendbestimmung darstellten und Furchenbienen sowie auch Hummeln und Schmalbienen häufiger in der Bestimmung genadelter Bienen mit anderen Arten

Tab. 2: Falsch bestimmte Wildbienenarten mit Angabe der Verwechslungen bei der Bestimmung lebender und toter Individuen (besonders auffällige Fehlbestimmungen fett gedruckt). In Klammern hinter der verwechselten Art findet sich die Anzahl der Fehlbestimmungen/Verwechslungen, wenn diese Verwechslung mehr als einmal pro Art auftrat. (Verändert nach HERRERA-MESÍAS et al. 2022).
Tab. 2: Incorrectly identified wild bee species with indication of confusion in the identification of living and dead specimens (particularly conspicuous misidentifications in bold). In brackets after the confused species is the number of misidentifications/confusions if this confusion occurred more than once per species. (Modified from HERRERA-MESÍAS et al. 2022).

Art (lt. Kuratierter Liste)	Lebend: Verwechselt mit...	Tot: Verwechselt mit...
<i>Andrena flavipes</i>	<i>A. propinqua</i>	<i>A. gravida</i>
<i>Andrena labiata</i>	<i>A. bicolor</i>	
<i>Andrena minutula</i>	"<i>Lasioglossum minutula</i>"	
<i>Andrena pilipes</i> agg.		<i>A. agillissima</i> (4 x)
<i>Bombus bohemicus</i>	<i>B. vestalis</i> (2 x)	
<i>Bombus humilis</i>		<i>Bombus ruderarius</i> (6 x)
<i>Bombus lapidarius</i>	<i>B. wurffleni</i> und <i>B. soroeensis</i>	<i>Halictus subauratus</i> , <i>B. soroeensis</i>
<i>Bombus soroeensis</i>		<i>B. humilis</i>
<i>Bombus sylvarum</i>		<i>B. pascuorum</i> (2 x)
<i>Halictus leucaeneus</i>	<i>H. confusus</i>	<i>H. confusus</i>
<i>Halictus scabiosae</i>	<i>H. sexcinctus</i>	<i>H. sexcinctus</i>
<i>Halictus sexcinctus</i>		<i>H. scabiosae</i> (7 x)
<i>Halictus submediterraneus</i>		<i>H. tumulorum</i> , <i>H. subauratus</i>
<i>Halictus tumulorum</i>		<i>Andrena flavipes</i>
<i>Megachile leachella</i>	<i>M. pilidens</i>	<i>M. pilidens</i> (3 x)
<i>Megachile maritima</i>		<i>M. willughbiella</i> (2 x)
<i>Chelostoma campanularum</i>	<i>Ch. rapunculi</i>	
<i>Heteridex truncatum</i>		<i>Halictus tumulorum</i>
<i>Lasioglossum calceatum</i>	<i>Lasioglossum leucozonium</i>	<i>L. albipes</i> (2 x)
<i>Lasioglossum interruptum</i>		<i>L. lativentre</i>
<i>Lasioglossum laticeps</i>		<i>L. fulvicorne</i>

verwechselt wurden. Eine Auswahl von Bienenarten, die sich in der Validierung als relativ unproblematisch erwiesen haben, sind in Abbildung 3 gezeigt. Tendenziell problematische Arten und Gattungen werden in Abbildung 4 vorgestellt. Darunter befinden sich sowohl Arten, die bei der Betrachtung lebender oder toter Bienen falsch bestimmt wurden, sowie auch solche, die im Feld nicht als lebend bestimmbar eingestuft und somit als Beleg mitgeführt wurden. Ein Beispiel für ein

falsch bestimmtes Individuum gibt Abbildung 5. Hier wurden von zwei Experten, die tote Bienen bestimmt hatten, je drei dunkel gefärbte Individuen von *Bombus humilis* als *Bombus ruderarius* bestimmt. Zusätzlich zu prozentualen Vergleichen zwischen Bestimmungsmethode und Wildbienset wurden zudem Ähnlichkeitsanalysen basierend auf dem Bray-Curtis-Index angestellt (s. Material und Methoden und Abb. 6). Bestimmungsergebnisse, die zu 100 % übereinstimmen, sind am äußersten, linken Rand



der Grafik über einen Balken miteinander verbunden. Dies findet sich unter anderem im Wildbienenst 4 (S4) bei dem Bearbeiter lebend bestimmter Bienen (IVI) und bei drei der Bearbeiter tot bestimmter Bienen, nämlich PIN2, PIN3 und PIN4 sowie für die kuratierte Liste (CON). PIN1 hingegen teilt nur etwa 95 % der Bestimmungsergebnisse mit den übrigen vier Ergebnislisten (s. Abb. 6). Bei den Wildbienenst 2, 3 und 6 wich jeder Bearbeiter in seinem Gesamtergebnis zumindest geringfügig von den anderen ab. In Wildbienenst 2 gab es zumindest eine Übereinstimmung von Bearbeiter PIN2 und der kuratierten Liste. Die größten Unähnlichkeiten der Bestimmungsergebnisse lagen insgesamt in den Wildbienenst 1 und 3 vor.

Zudem wurden Spearman-Rangkorrelationsanalysen durchgeführt, um die Gründe für Fehler bei der Lebendbestimmung im Feld näher zu beleuchten. Getestet wurde auf Ebene einzelner Monitoringbegehungen mit einer Dauer von je 25 min ($N = 38$). Hierbei gab es keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Prozentsatz richtig bestimmter Bienen pro Monitoring-Begehung und (1) den dabei validierten Individuenzahlen ($R_s = -0,04$, $p = 0,83$), (2) den validierten Artenzahlen ($R_s = -0,08$, $p = 0,63$) und (3) den nicht validierten, mitgeführten Belegtieren ($R_s = 0,20$, $p = 0,22$).

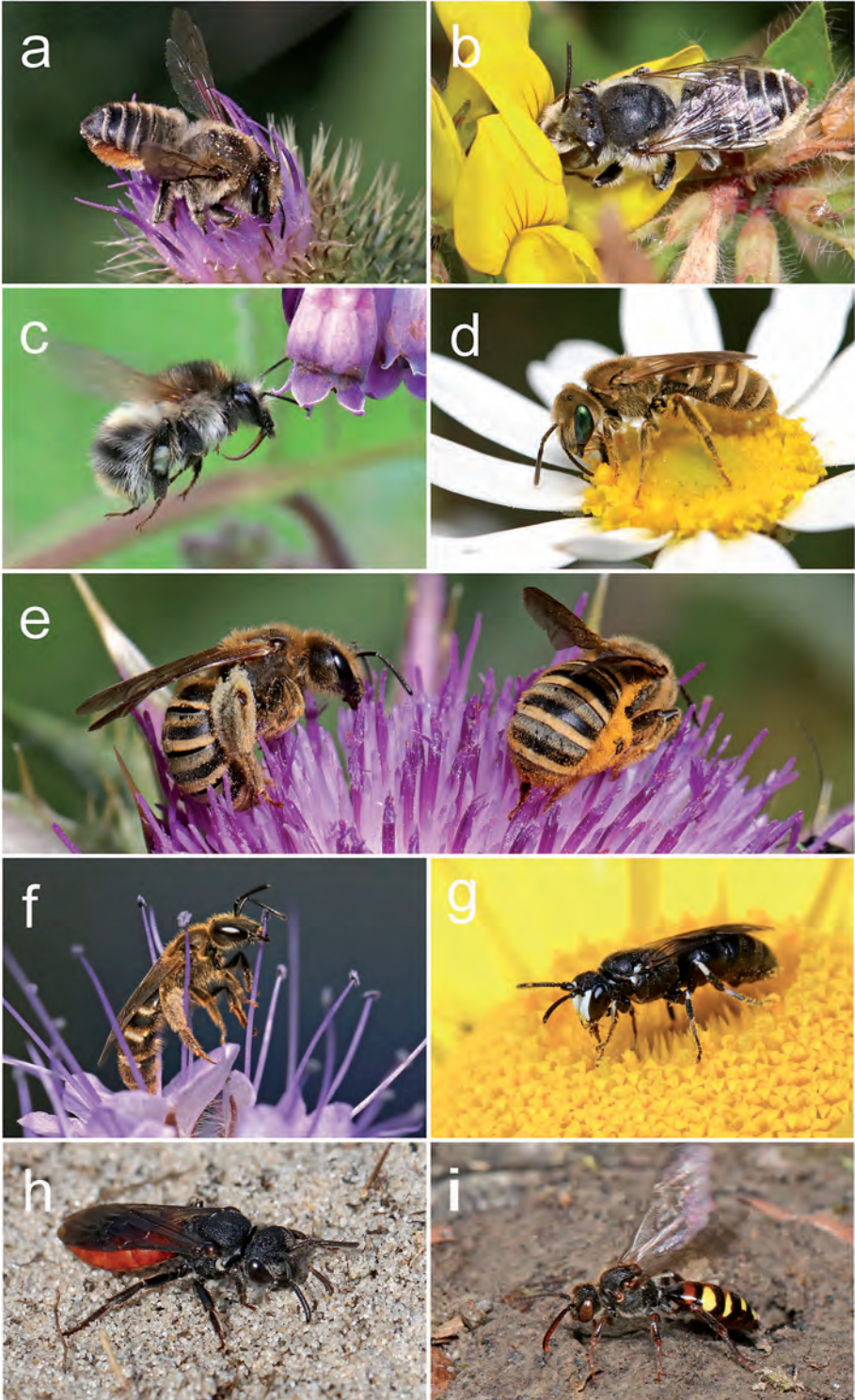
4. Diskussion

Die hier vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, wie genau Wildbienenarten, die grundsätzlich als lebend-bestimmbar eingeschätzt wurden, in dem bestandschonenden Monitoring von BienABest lebend determiniert wurden. Ferner wurde nicht nur gezeigt, wie hoch der Anteil richtig bestimmter Bienen in der Lebendbestimmung ausfiel, sondern auch, wie akkurat die Bestimmung derselben Bienenindividuen im genadelten Zustand gelang.

Hierbei zeigte sich, dass sowohl die Bestimmung lebender Bienen im Feld als auch die anschließende Bestimmung toter Bienen eine recht hohe „Trefferquote“ von über 95 % aufwies. Dabei zeigten die Bestimmung toter Bienen mit 95,2 % und die Bestimmung lebender Bienen mit 95,1 % richtig bestimmter Bienen nahezu identische Ergebnisse. Sämtliche Bearbeiter der Bienen-sammlung waren allesamt Experten, die auf einige bis sehr viele Jahre der Erfahrung in der Wildbienenbestimmung zurückblicken können. Selbst zur Bestimmung von eher einfach zu determinierenden Wildbienenarten, die sich auch im Feld mit Hilfsmitteln wie einer Lupe und einem Bienenwürfel bestimmen lassen, ist ohne Zweifel ein gewisser

Abb 3: Wildbienen, die sowohl lebend als auch tot überwiegend richtig bestimmt wurden: **a** *Dasygaster birtipes*, ♀; Weibchen sind besonders leicht an Farbe und Form der Behaarung am Hinterbein zu erkennen. **b** *Bombus pascuorum*, ♀; trotz potenzieller Verwechslungsgefahr mit *Bombus humilis* und einigen anderen Hummelarten wurden sie immer korrekt bestimmt. **c** *Halictus quadricinctus*, ♂; gut zu erkennen aufgrund der großen Körpergröße und eindeutiger Merkmale beider Geschlechter. **d** *Anthidium manicatum*, ♀; aufgrund eindeutiger Merkmale keine Probleme in der Bestimmung (z.B. Farbe der Beine, Körpergröße und Beschaffenheit der Hinterleibsdornen (♂♂)). **e** *Bombus lucorum*-Komplex, ♀; bestimmte Arten wurden nicht weiter aufgeschlüsselt. **f** Seidenbienen (hier: Gemeine Seidenbiene (*Colletes daviesanus*, ♀)) bereiteten keine Bestimmungsprobleme.

Fig 3: Wild bees that were correctly identified in most cases of alive and dead determination. **a** *Dasygaster birtipes*, ♀; females are particularly easy to determine due to their characteristic hairs of their hind legs. **b** *Bombus pascuorum*, ♀; despite the potential danger of confusion with *Bombus humilis* and some other bumblebee species, it was always correctly identified. **c** *Halictus quadricinctus*, ♂; easily identified due to big body size and distinct characteristics. **d** *Anthidium manicatum*, ♀; no problems in identification due to distinct characteristics (e.g. color of legs, body size and shape of metasoma thorns(♂♂)). **e** *Bombus lucorum*-compl., ♀; no differentiation between distinct species. **f** Plasterer bees (here: Davies' colletes (*Colletes daviesanus*)) did not cause any identification problems.



Grad an Erfahrung nötig. Im Feld herrschen oft nicht-optimale Lichtbedingungen zur Betrachtung feiner Merkmale. Die betreffenden diagnostischen Merkmale müssen bekannt sein, denn der Blick in umfassende Bestimmungsschlüssel ist während des Monitorings nur bedingt möglich. Zudem liefert die einschlägige Bestimmungsliteratur zwar ausreichend umfassende Merkmalskombinationen, doch sind nicht alle diese feinen Merkmale auch im Feld mit einer Lupe und dem verfügbarem Tageslicht zu erkennen. Oft ist daher im Feld wegen schlecht erkennbarer Einzelmerkmale das Wissen aus mehr als nur einem Bestimmungsschlüssel notwendig, um gegebenenfalls alternative, im Feld sichtbare Merkmalskombinationen bei der Artbestimmung heranzuziehen. Dies ist auch der Fall, wenn es sich um variable Merkmale handelt, die allein noch keine klare Determination zulassen. Das findet sich zum Beispiel bei

alten und „abgefliegenen“ Bienenindividuen, bei denen die Ausprägung und Farbe von mit der Zeit abgewetzten und ausgebleichenen Haarstrukturen nicht mehr gut zur Bestimmung geeignet ist. Andere Merkmale sind auch weitestgehend altersunabhängig mehr oder weniger stark ausgeprägt und können somit die Bestimmung erschweren. Ein Beispiel, das auch in dieser Untersuchung zu Problemen im Feld führte, ist die Ausprägung einer behaarten Längsfurche an der Basis des ersten Tergits bei *Halictus sexcinctus*, welche die Art von der verwandten *H. scabiosae* trennt. Ist die Ausprägung sehr gering, sind Verwechslungen mit ausgebleichenen Individuen von *H. scabiosae* möglich. Einschränkend ist es bei der Bestimmung im Feld zudem, wenn die Bienen sich nicht ausreichend fixieren lassen und somit bestimmte Körperteile im Feld nicht gut eingesehen werden können wie beispielsweise steil abfallende Teile des

Abb. 4: Wildbienen, die zu Bestimmungsproblemen führten und entweder Fehlbestimmungen verursachten oder als Beleg mitgeführt werden mussten. **a** *Megachile maritima*, ♀; wurde tot zweimal mit der ähnlichen *Megachile willughbiella* verwechselt. **b** *Megachile leachella*, ♀; wurde lebend und tot mit der sehr ähnlichen *M. pilidens* verwechselt; **c** *Bombus humilis*, ♀; dunklere Farbvarianten dieser sehr variablen Art wurden tot mit *B. ruderarius* verwechselt. **d** *Halictus subauratus*, ♀; wurde in der Totbestimmung mit *H. submediterraneus* verwechselt (s. Tab. 2). **e** *Halictus scabiosae*, ♀♀; oft mit *Halictus sexcinctus* und umgekehrt verwechselt. Ausgebleichene alte ♀♀ von *H. scabiosae* ähneln *H. sexcinctus* (♂♂ aufgrund deutlicher Fühlermerkmale gut zu bestimmen). **f** *Lasioglossum* spp. (hier: *L. cf. calceatum*, ♀); häufig sehr kleinen Bienen, die nur schwer zu bestimmen sind. Viele Tiere als Belege mitgeführt. **g** *Hylaenus* spp. (hier: *H. cf. nigrinus*, ♀); schwer bestimmbare, kleine Bienen. Als Belege mitgeführt. **h** *Sphecodes* sp. (hier: *Sphecodes albilabris*, ♀); schwer bestimmbare Arten, von denen lediglich die hier gezeigte Art mit einem Individuum lebend bestimmt wurde. **i** *Nomada* spp. (hier: *Nomada leucophthalma*, ♀); schwierig zu determinierende Gruppe, die häufiger belegt als lebend bestimmt wurde.

Fig. 4: Wild bees that were problematic concerning identification and thus led to misidentifications or were taken as reference specimens. **a** *Megachile maritima*, ♀; was confused dead twice with the similar *Megachile willughbiella*. **b** *Megachile leachella*, ♀; was confused alive and dead with the very similar *M. pilidens*. **c** *Bombus humilis*, ♀; darker color morphs of this very variable species were confused dead with *B. ruderarius*. **d** *Halictus subauratus*, ♀; as preserved specimen misidentified as *H. submediterraneus* (s. Tab. 2). **e** *Halictus scabiosae*, ♀♀; was often confused with *Halictus sexcinctus* and vice versa. Old and bleached ♀♀ are similar to *H. sexcinctus* (♂♂ are easy to identify due to distinct characteristics of the antenna). **f** *Lasioglossum* spp. (here: *L. cf. calceatum*, ♀); often very small bees, difficult to determine. Many of them were taken as reference specimens. **g** *Hylaenus* spp. (here: *H. cf. nigrinus*, ♀); small bees, difficult to identify. Reference specimens. **h** *Sphecodes* sp. (here: *Sphecodes albilabris*, ♀); species difficult to determine, of which only the species shown here with one individual was determined alive. **i** *Nomada* spp. (here: *Nomada leucophthalma*, ♀); difficult to determine. More often taken as reference instead of identifying them alive.

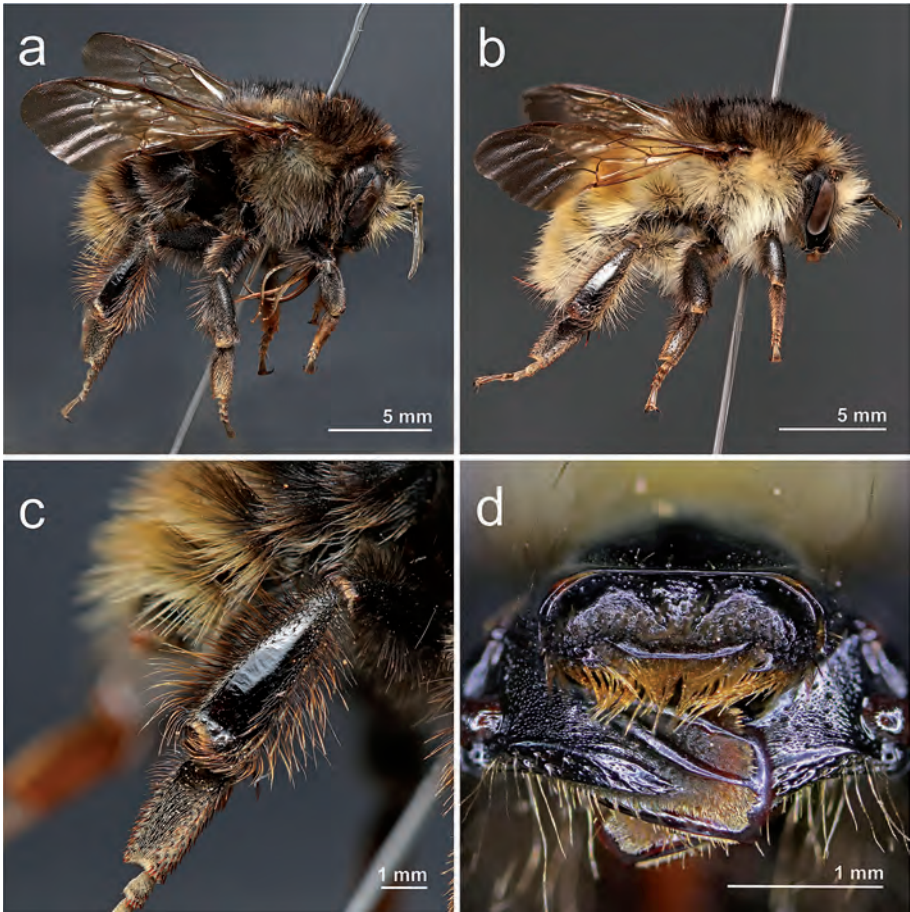


Abb. 5: Detailaufnahmen von der in der Bestimmung toter Individuen mehrfach falsch identifizierten Hummelart *Bombus humilis*. Abgebildet sind zwei Farbvarianten der hochvariablen Art. Die helle Variante (**b**) wurde korrekt als *B. humilis*, die dunkle Variante (**a**, **c** und **d**) fälschlicherweise als *Bombus ruderarius* bestimmt. **a** Habitus mit schwarz-bräunlicher Grundfärbung, heller, gelber Gesichtshaarung, rötlich aufgehellten Corbiculahaaren sowie gelblich-hellbraun gefärbten Haaren auf den Tergiten (2-)3-5. **c** Corbicula mit rötlichen Corbiculahaaren. **d** Unteres Gesicht und Labrum mit einem flachen, scharfkantigen Unterrand.

Fig. 5: Detail photographs of individuals of the bumblebee species *Bombus humilis*, which has been misidentified several times as dead individuals. Pictured are two color morphs of this highly variable species. The light-colored one (**b**) was correctly identified as *B. humilis*, but the dark one (**a**, **c** and **d**) as *Bombus ruderarius*. **a** Habitus with black-brownish basic coloration, light, yellow facial hair, reddish lightened corbicula hair and yellowish-light brown colored hairs on the tergites (2-)3-5. **c** Corbicula with reddish corbicula hair. **d** Lower face and labrum with a flat, sharp formed lower edge.

hinteren Mesosomas (z.B. Stütz des Propodeums) oder andere Merkmale, die u. a. durch Beine oder Flügel verdeckt sein können. Ein gutes und geübtes Auge ist hier eine Grundvoraussetzung, um feine Merkmals-

unterschiede selbst unter Feldbedingungen differenzieren zu können. Die Kenntnis der lokal vorkommenden Bienenfauna, des teilweise spezialisierten Blütenbesuchs und des zeitlichen Auftretens einzelner Arten im

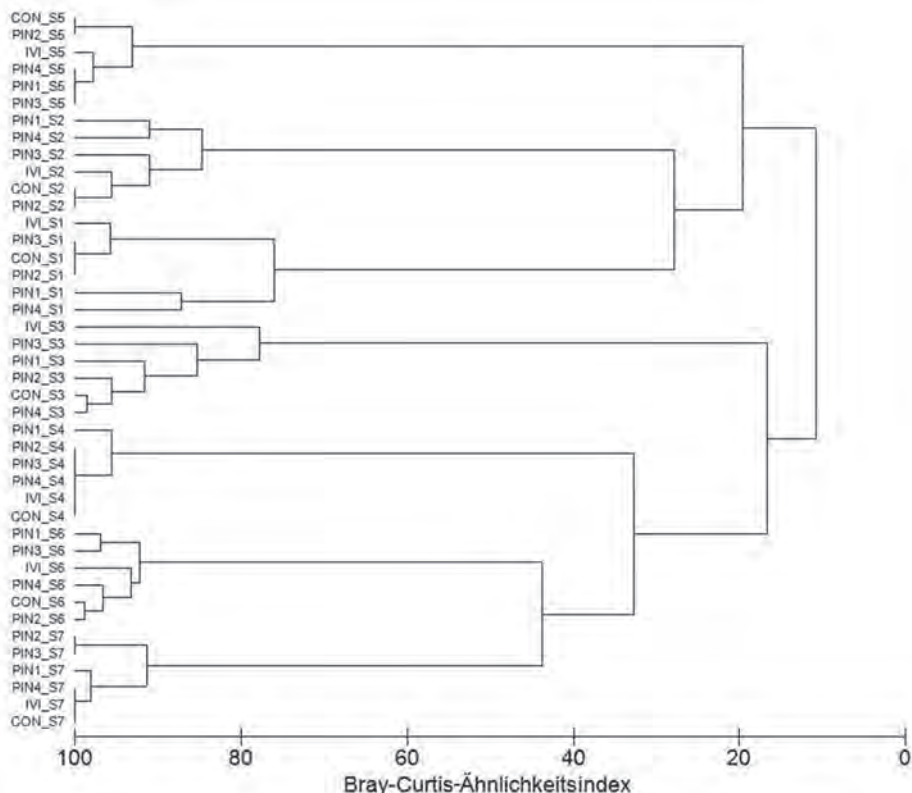


Abb. 6: Ähnlichkeiten und Abweichungen der vorliegenden Bestimmungsergebnisse für die sieben Wildbienensets. Das Dendrogramm beruht auf Berechnungen nach dem Bray-Curtis-Ähnlichkeitsindex. IVI (Individuen lebend bestimmt), PIN1 bis PIN4 (Individuen tot bestimmt), CON (kuratierte Liste); S1-S 7 (Wildbienenset) (verändert nach HERRERA-MESÍAS et al. 2022).

Fig. 6: Similarities and deviations of the determination results for the seven wild bee sets. The dendrogram is based on calculations according to the Bray-Curtis similarity index. IVI (individuals determined alive), PIN1 to PIN4 (individuals determined dead), CON (curated list); S1-S 7 (Wild Bee Set) (adapted from HERRERA-MESÍAS et al. 2022).

Jahresverlauf stellt eine oft genutzte Möglichkeit dar, das Spektrum infrage kommender Arten möglichst weit eingrenzen zu können und die Bienenbestimmung somit zeitlich zu verkürzen. Die Herausforderungen in der Bestimmung toter Individuen sind hingegen andere. Die fachgerechte Präparation der Bienen und eine Betrachtung unter dem Stereomikroskop mit adäquater Beleuchtung ermöglichten zwar eine bessere Beurteilung der Merkmale als unter Feldbedingungen, dafür fehlten den Bearbeitern genadelter

Bienen in dieser Studie jedoch aus Anonymisierungsgründen unter anderem die kalendarischen und geografischen Daten zu den betrachteten Bienenindividuen. Dadurch war die Determination auf rein morphologische Merkmalsbetrachtung beschränkt und konnte nicht durch Einbringung anderer Aspekte ergänzt werden, wie sonst in der Feldarbeit üblich. Die Bestimmung im Feld wird zwar in vielen Fällen durch solche Infos ergänzt, fußt aber letztlich ebenfalls immer auf morphologischen Merkmalen. Hierdurch

wird die Bestimmungsleistung im Bereich lebend und tot bestimmter Bienen trotz unterschiedlicher Rahmenbedingungen durchaus vergleichbar.

Prinzipiell ist davon auszugehen, dass gute Bienenkenner umso besser eine Vielzahl von Arten bestimmen können, je größer ihr Erfahrungsschatz ist. Die Erfahrung eines Bienenexperten und die damit einhergehende Befähigung, Bienen korrekt zu bestimmen, ist jedoch schwer charakterisierbar, selbst wenn man das Alter der Person und die Zeit, die sie sich bereits mit Bienen beschäftigt, zu Grunde legt. Es wurden daher hier keine systematischen Untersuchungen zu individueller Erfahrung und damit korrespondierendem Bestimmungserfolg angestellt. Die Erfahrungen der Personen, welche die genadelten Bienen bestimmt haben, dürften hier aufgrund längerer Tätigkeit im Bereich Wildbienenmonitoring im Schnitt jedoch etwas umfassender gewesen sein als die der Experten, welche die Bienen lebend im Feld bestimmt haben. Dies schlug sich allerdings nicht in besseren Ergebnissen nieder. Es zeigte sich zwar, dass der vermutlich unerfahrenste Bearbeiter (IVI 3) mit 84,6 % richtig bestimmter Bienen in der Lebendbestimmung die größte Fehlerquote aufwies. Allerdings schien Wildbienen-Set S3 unter den sieben Sets auch eines der anspruchsvollsten gewesen zu sein. Die Übereinstimmungsrate der Ergebnisse von Wildbienenbestimmungen genadelter Tiere zeigte hier mit 90,6 % den zweitniedrigsten Wert (s. Tabelle 1) und auch das Dendrogramm in Abbildung 3 verdeutlicht, wie unterschiedlich in diesem Fall die Bestimmungsergebnisse von Lebendbestimmung und Bestimmung toter Individuen ausfiel. Wildbienen-Set S3 war gemeinsam mit S2 und S6 eine der Teilstichproben, die keine deckungsgleiche Bestimmung zweier Bearbeiter aufwies. Im Gegenzug dazu stellte Wildbienen-Set 4 vermutlich keine allzu große Herausforderung dar. Dieses Set enthielt mit 19 Bienenindividuen die geringste Anzahl zu bestimmender Tiere; diese wurden lebend im Feld zu 100

% und später von den weiteren Experten im genadelten Zustand zu durchschnittlich 98,7 % richtig bestimmt, was dem Bestwert aller Wildbienen-Sets entspricht. Diese hohe Übereinstimmungsquote zeigt vermutlich an, dass die vorliegenden Wildbienen nicht zu den allzu schwer bestimmenden Arten gehören (siehe hierzu HERRERA-MESÍAS et al. (2022)). Insgesamt zeigte sich, dass die Bestimmungsleistungen der Personen, welche die Bienen lebend bestimmt hatten, etwas stärker voneinander abwichen als die der Bearbeiter, welche tote Bienen vorliegen hatten, was möglicherweise auch auf eine stärkere Streuung der jeweiligen Erfahrungsgrade Ersterer hindeuten könnte.

Die Gründe dafür, warum Wildbienen im Einzelnen falsch bestimmt wurden, waren vielfältig und nicht immer in der Außenbetrachtung, d. h. aus der Sicht der Autoren zu rekonstruieren. Dennoch konnten, auch im Gespräch mit den Bearbeitern, einige Fehlerquellen ausgemacht werden. Ein Grund waren Flüchtigkeitsfehler, d.h. offensichtliche Verwechslungen und Fehleintragungen. In der Bestimmung lebender Bienen wurde einmal die Art *Andrena minutula*, eine Zwerg-Sandbiene mit dem Artnamen „*Lasioglossum minutula*“ notiert. Da dieser wissenschaftliche Artnamen nicht existiert und die Unterscheidung von Weibchen der Gattungen *Andrena* und *Lasioglossum* mit einer Lupe zudem einfach zu realisieren ist, kann es sich hier – diese Kenntnis beim Wildbienenexperten im Feld vorausgesetzt – nur um einen Flüchtigkeitsfehler handeln. Ebenfalls ein klarer Flüchtigkeitsfehler im Zuge der Bestimmung lebender Bienen ist die scheinbare Verwechslung eines Männchens von *Chelostoma campanularum* mit *Chelostoma rapunculi*. Während einige Arten der Gattung nur nach sorgfältiger Inspektion zu trennen sind, beispielsweise unter Betrachtung der Clypeus-Wölbung der Weibchen oder der Ausprägung von ausgezogenen Spitzen und Läppchen an Tergit 7 der Männchen, gelingt die Unterscheidung dieser beiden Arten aufgrund

von deutlichen Größenunterschieden leicht. Bei der Bestimmung toter Individuen traten Flüchtigkeitsfehler besonders häufig auf. Hier wurde beispielsweise eine Hummel (*Bombus lapidarius*) mit einer Furchenbiene (*Halictus subauratus*), eine Furchenbiene (*Halictus tumulorum*) mit einer Sandbiene (*Andrena flavipes*) und eine Löcherbiene (*Heriades truncorum*) mit einer Furchenbiene (*Halictus tumulorum*) verwechselt. Etikettierungsfehler der Präparate konnten ausgeschlossen werden.

Weitere Flüchtigkeitsfehler werden auch durch technische Umstände begünstigt. Dies wurde von einem Bearbeiter vermutet, der die Arten *Halictus sexcinctus* und *Halictus scabiosae* mehrfach verwechselt hatte, obwohl er mit der Bestimmung beider Arten nach eigener Aussage bestens vertraut sei. Hier könnte die automatische Ausfüllfunktion des Kalkulationsprogramms Excel (Microsoft) nach Eintippen des Gattungsnamens und ersten Buchstabens des Artepithetons („*Halictus s...*“) ungewollte Ergänzungen vorgenommen haben, sodass statt beispielsweise „*Halictus scabiosae*“, das anfänglich Getippte, fälschlicherweise zu „*Halictus sexcinctus*“ ergänzt wurde oder andersherum. Flüchtigkeitsfehler und auch technische Schwierigkeiten wie die eben beschriebenen erscheinen angesichts so komplizierter taxonomisch-morphologischer Tätigkeit trivial, könnten aber durchaus einen deutlichen, negativen Einfluss auf die Ergebnisqualität von Auftragsarbeiten im Rahmen von Biodiversitätserfassungen haben.

Weitere Fehlerquellen sind eher auf den Kenntnisstand des Bearbeiters sowie die Methodik und Ausstattung bei der Bestimmung zurückzuführen. In einigen Fällen räumten Bearbeiter, die genadelte Bienen bestimmt hatten, ein, zwar sämtliche infrage kommenden Arten zu kennen und grundsätzlich auch bestimmen zu können, aber zum Teil recht geringe Erfahrungen zu besitzen, was die Bestimmung von Arten betrifft, die außerhalb der von ihnen üblicherweise begangenen Gebiete vorkommen. Hier scheint die Routine

der Bestimmung persönlich besser bekannter Artenspektren dazu geführt zu haben, dass einzelne, uneindeutige Merkmale nicht zusätzlich mit einem Bestimmungsschlüssel gegengeprüft wurden. Im Zweifel haben die Bearbeiter womöglich die am besten passende, näher bekannte Art gewählt. Ein diesbezüglich konkret zu benennender Fall lag bei der Verwechslung eines Individuums von *Megachile maritima* mit der Art *Megachile wilghbiella* vor. Das Tier zeigte aufgrund der Färbung der Bauchbürste eine für *M. maritima* typische Merkmalsausprägung. Da dem Bearbeiter in seiner Belegsammlung allerdings nur ein einzelnes Tier dieser Art vorlag, das aus Frankreich stammte, und scheinbar eine abweichende Färbung zu deutschen Populationen der Art aufwies, konnte in diesem Fall keine korrekte Bestimmung mithilfe der eigenen Belegsammlung erfolgen. Belegsammlungen mit verlässlich bestimmten Individuen stellen neben Bestimmungsschlüsseln eine enorm wichtige Ressource zur Wildbienendetmination dar, nur sollten hier, wenn möglich, auch die variableren Merkmale einer Art ausreichend repräsentiert sein, um sich auf eine Bestimmung mittels Vergleichssammlung verlassen zu können. Auch hier lag eine Routine in der Bestimmung vor, die eine fehlleitende Erwartungshaltung erzeugte. Eine weitere Überprüfung mit Hilfe von Bestimmungsliteratur wurde daher vom Bearbeiter nicht vorgenommen.

Eine falsche Erwartungshaltung ließ sich jedoch auch unter den Experten im Feld als eine größere Fehlerquelle ausmachen. Beispielsweise wurde die Art *Megachile leachella* mit *Megachile pilidens* verwechselt, da erstere für das betreffende Gebiet noch unbekannt war. Kartierer, die mit der Erfassung der Wildbienendiversität in einem Gebiet beauftragt sind, erleichtern sich ihre oft zeitintensive Bestimmungsarbeit im Feld, insbesondere nach langjähriger Erfahrung im selben Gebiet, dadurch, dass bei der Bestimmung einzelner Individuen viele andere, morphologisch ähnliche Arten von vorn-

herein aufgrund von Verbreitungsgrenzen, spezialisierten Blütenbesuchs oder artspezifischer Flugzeit ausgeschlossen werden. Dies grenzt das Spektrum der vermeintlich nur noch infrage kommenden Arten ein und erleichtert somit den zeitlichen Bestimmungsaufwand. Das Beispiel macht deutlich, dass Erfahrung ein zweischneidiges Schwert sein kann. Weitreichende Kenntnis des Arteninventars einer Lokalität oder Region erleichtert sicherlich die schnelle Erfassung der angetroffenen Arten, kann aber auch zu Fehlern führen, wenn aus Zeitdruck im Zweifel für „altbekannte“ Arten entschieden wird. Um zu vermeiden, dass deshalb regelmäßig Arten übersehen werden, wird grundsätzlich beim Monitoring, so auch gelegentlich im bestandsschonenden Monitoring von BienABest, eine Belegsammlung vom Gebiet angelegt und die vorgefundenen Arten werden regelmäßig kontrolliert. Alternativ und falls möglich werden hierzu auch aussagekräftige Detailfotos der Tiere erstellt. Möglicherweise muss unter Berücksichtigung des voranschreitenden Klimawandels und den sich hierdurch verschiebenden Verbreitungsgrenzen vieler Insekten einschließlich der Wildbienen (HICKLING et al. 2005; PEETERS et al. 2006; STANGE & AYRES, THOMAS & WITT 2010; RÉGNIÈRE et al. 2012; PYKE et al. 2016) der Turnus solcher Sammlungen von Belegindividuen oder -fotos zum Zwecke der Bestimmungsevaluierung erhöht werden. Nicht nur vorgefasste Meinungen zur Artzugehörigkeit beobachteter Bienen aufgrund der geografischen Verbreitung, sondern auch aufgrund eines angenommenen, streng spezialisierten Blütenbesuchs sollten regelmäßig noch einmal kritisch hinterfragt und morphologisch gegengeprüft werden. Der Blütenbesuch oligolektischer Bienenarten kann sich bei näherer Betrachtung als deutlich weniger eingeschränkt herausstellen, wie bisher angenommen (TEPPNER & BROSCHE 2015). Falsche Erwartungshaltungen scheinen in einzelnen Fällen auch die korrekte Bestimmung von Hummeln im Feld erschwert

haben. Es gibt eine Reihe von Hummelarten, die allesamt schwarz behaarte Körper und rot behaarte Hinterleibsspitzen aufweisen und nur bei näherer Betrachtung zu trennen sind (MAUSS 1994; GOKCEZADE et al. 2010). Die bei Weitem häufigste Art mit diesem Farbmuster ist die ubiquitäre Steinhummel *Bombus lapidarius*. In Gebieten allerdings, in denen bekanntermaßen mehrere infrage kommende Arten vorkamen, fiel die Wahl einige Male fälschlicherweise auf eine seltene Art anstatt auf die vorliegende Steinhummel. Die Fehler könnten in diesen Fällen dadurch begünstigt worden sein, dass es sich um stärker abgeflogene Exemplare handelte.

Eine weitere Fehlerquelle bei der Bestimmung von Hummeln war die Benutzung des Bestimmungsschlüssels und das vermutliche Außerachtlassen einiger der dort angegebenen Merkmale. Im vorliegenden Fall wurden drei recht dunkel gefärbte Individuen der hoch farbvariablen Veränderlichen Hummel *Bombus humilis* von zwei Bearbeitern der genadelten Bienen unabhängig voneinander fehlbestimmt. Sie glichen aufgrund der dunklen Hauptfarbe, der aufgehellten, gelblich-braunen Metasomaspitze und den rötlichen Corbiculahaaren abgeflogenen und somit stark ausgebleichten Exemplaren der Art *Bombus ruderarius* (s. Abb. 3). Beide Bearbeiter nutzten zur Bestimmung der Hummeln eine nicht näher bekannte Auflage des Bestimmungsschlüssels von MAUSS (z.B. 1994). Im Verlauf des Schlüssels für Königinnen und Arbeiterinnen nestbauender Hummelarten wird die Farbe der Corbiculahaare abgefragt, die bei *Bombus ruderarius* rötlich ist, bei *B. humilis* allerdings farbvariabel ausfällt. Da der Schlüssel diesbezüglich die Alternativen „Corbiculahaare stets rot“ und „[...] anders gefärbt“ anbietet (s. MAUSS 1994, S. 21), wurde hier wegen der vorliegenden roten Corbiculahaare von beiden Bearbeitern die falsche Abzweigung gewählt. Die zusätzlich vom Schlüssel angesprochenen Merkmalsunterschiede in der Ausprägung des Labrum-Unterrandes wurden vermutlich wegen

der deutlich roten Corbiculahaare der drei kritischen Hummelindividuen nicht beachtet (vgl. Abb. 3). Dies wäre, zusätzlich zu den im Schlüssel nicht behandelten, auffällig hellen Gesichtshaaren, die bei *B. ruderarius* nicht auftreten (AMIET 2018), ein gutes Kriterium zur weiteren Bestimmung gewesen. Dieses Beispiel zeigt, dass auch die Nutzung des Bestimmungsschlüssels einen Einfluss auf den Bestimmungserfolg haben kann. Während die Konzentration auf das bekanntere Merkmal der Corbiculahaare sonst sicherlich oft zum Erfolg geführt hätte, wäre in diesem Fall strittiger Einzeltiere (nämlich *B. humilis* mit ebenfalls rötlichen Corbiculahaaren) auch die Absicherung durch ein weiteres Merkmal oder durch einen zweiten Schlüssel wie den von AMIET (2018) sinnvoll gewesen. Auch eine Bestimmung mit dem Feldbestimmungsschlüssel von GOKCEZADE et al. (2010) funktioniert aus Sicht der Autoren bei sämtlichen, hier validierten Hummelindividuen. Hier werden Hummelgruppen bereits anhand der Farbe der Gesichtsbehaarung unterschieden, was bei der Bestimmung speziell dieser kritischen drei Exemplare von *Bombus humilis* vorteilhaft ist.

Grundsätzlich kann auch ein bestandschonendes Monitoring von Wildbienen nicht komplett auf die Entnahme einzelner Bienenindividuen aus dem Feld verzichten, da nur ein bestimmter Anteil von Arten sicher lebend bestimmt werden kann. Problematisch scheinen nach wie vor einige parasitische Gruppen zu sein, wie Arten der Gattungen *Nomada* und *Sphecodes*, von denen in dieser Untersuchung noch recht viele Individuen als Beleg mitgeführt wurden, ohne eine Bestimmung im Feld vorzunehmen. Auch männliche Sandbienen (*Andrena* spp.) stellten die Lebendbestimmer im Feld vor eine teils nicht lösbare Bestimmungsaufgabe. Neben einigen belegten *Halictus*-Individuen stellt den größten Teil belegter Bienen allerdings die Gattung *Lasioglossum*, Schmalbienen, mit rund einem Drittel aller Belegindividuen. Bei Schmalbienen handelt

es sich oft um mittelgroße bis sehr kleine Bienen, die aufgrund der geringen Körpergröße und stärkerer morphologischer Ähnlichkeiten vieler Arten schwer zu bestimmen sind (BURGER 2018).

Während der Begehungen wurden durchschnittlich etwa 80 % der angetroffenen Arten lebend bestimmt; das ist eine relativ hohe Prozentsatz. Eine im Rahmen der Arbeit zur Richtlinie VDI 4340 Blatt 1 erstellte „Ampelliste“ (2021) kategorisiert aus allen in Deutschland vorkommenden Wildbienenarten lediglich etwa 50 % der Arten im weiblichen Geschlecht und rund 30 % der Arten im männlichen Geschlecht als lebendbestimmbar. Alle restlichen Arten wären beim gegenwärtigen Kenntnisstand von einer Lebendbestimmung tendenziell ausgeschlossen und müssten weiterhin als Beleg mitgeführt werden. Dennoch befanden sich unter den Bienen, die in der vorliegenden Untersuchung erfolgreich lebend bis zur Art bestimmt wurden, auch Individuen von sieben Arten bzw. Geschlechtern bestimmter Arten, die laut erwähneter „Ampelliste“ lebend nicht sicher bestimmbar sind. Die Bestimmbarkeit mancher, schwierig zu determinierenden Arten ist somit auch individuell von den Fähigkeiten derjenigen abhängig, die vor Ort bestimmen, sodass eine solche „Ampelliste“ lediglich eine allgemeine Orientierungshilfe darstellt. Es ist auch zu erwarten, dass sich der Anteil lebendbestimmbarer Arten auf dieser Liste in Zukunft durch neue Bestimmungshilfen (Bildbestimmungstabellen und Apps) noch erhöhen wird.

Die hier vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass eine Bestimmung lebender Wildbienen, die zuvor als lebendbestimmbar eingeschätzt wurden, ähnlich zuverlässig ist wie deren Bestimmung als genadelte Individuen. Die Lebendbestimmung stellt also eine wertvolle Ergänzung zum üblichen Monitoring dar. Insbesondere im Rahmen eines Langzeitmonitorings mit regelmäßigen Begehungen über viele Jahre werden erheblich weniger Bienen der Natur entnommen und

somit auch die mögliche Gefahr reduziert, durch die Entnahme reproduktiver Individuen die Ergebnisse folgender Untersuchungen zu beeinflussen. Zudem werden Wildbienenarten mit fragilen Kleinstpopulationen nicht zusätzlich gefährdet, insofern sie lebend bestimmbar sind. Daher ist die Praxis der Lebendbestimmung, soweit möglich, gerade in Gebieten mit besonders schützenswertem Wildbienenbestand zu empfehlen.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich herzlich bei allen Personen, die an dieser Studie teilgenommen haben, für ihre freundliche Mithilfe und die Erlaubnis, ihre Ergebnisse anonym veröffentlichen zu dürfen. Der Erstautor möchte sich zudem herzlich für hoch spannende, kleine Exkursionen und anregende Gespräche in den BienABest-Gebieten sowie für den intensiven fachlichen Austausch per E-Mail bedanken. Vielen Dank auch an BienABest und die Universität Ulm für die Mitfinanzierung dieses Projekts und der Dienstreisen von C. BAUSE zu den Monitoringflächen. Das Projekt BienABest wird im Bundesprogramm Biologische Vielfalt durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) gefördert. Ein besonderer Dank gebührt auch FERNANDA HERRERA-MESÍAS, die trotz vieler eigener anstehender Aufgaben die Sequenzierung der beiden kritischen Bienenindividuen noch schnell für uns dazwischenschieben konnte.

Literatur

AMIET, F. (2018): Fauna helvetica 29. Apidae 1. 2e édition revue et corrigée. CENTRE SUISSE; [S.l.].

BROWN, M.J., & PAXTON, R.J. (2009): The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie* 40: 410-416.

BURGER, R. (2018): Wiederfund der Struppigen Schmalbiene *Lasioglossum subhirtum* in

Rheinland-Pfalz nach 67 Jahren mit Bestimmungshinweisen (Hymenoptera: Anthophila). *Ampulex* 10: 54-56.

EBMER, A.W. (2010): Sammeln, Präparieren und Mikroskoptechnik von Wildbienen mit besonderer Berücksichtigung der Furchenbienen (Apoidea, Halictidae). *Entomologica Austriaca* 17: 67-82.

FALK, S. (2017): Bienen. Veldgids voor Nederland en Vlaanderen. Vierte druk. Kosmos; Utrecht.

FORISTER, M.L., PELTON, E.M., & BLACK, S.H. (2019): Declines in insect abundance and diversity: We know enough to act now. *Conservation Science and Practice* 1: e80.

GEZON, Z.J., WYMAN, E.S., ASCHER, J.S., INOUE, D.W., & IRWIN, R.E. (2015): The effect of repeated, lethal sampling on wild bee abundance and diversity. *Methods in Ecology and Evolution* 6: 1044-1054.

GOKCEZADE, J.F., GEREKEN-KRENN, B.A., NEUMAYER, J., & KRENN, H.W. (2010): Feldbestimmungsschlüssel für die Hummeln Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Quelle & Meyer; Wiebelsheim.

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.

HERRERA-MESÍAS, F., BAUSE, C., OGAN, S., BURGER, H., AYASSE, M., WEIGAND, A.M., & ELTZ, T. (2022): Double-blind validation of alternative wild bee identification techniques: DNA metabarcoding and in vivo determination in the field. *Journal of Hymenoptera Research* 93: 189-214.

HICKLING, R., ROY, D.B., HILL, J.K., & THOMAS, C.D. (2005): A northward shift of range margins in British Odonata. *Global Change Biology* 11: 502-506.

CLARKE, K.R. & GORLEY, R. N. (2006): PRIMER v6: user manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

KLEIN, A.-M., VAISSIÈRE, B.E., CANE, J.H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S.A., KREMEN, C., & TSCHARNTKE, T. (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings. Biological sciences* 274: 303-313.

MAUSS, V. (1994): Bestimmungsschlüssel für die Hummeln der Bundesrepublik Deutschland.

5. Aufl. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung (DJN); Hamburg.
- NEUMÜLLER, U., BURGER, H., KRAUSCH, S., BLÜTHGEN, N., & AYASSE, M. (2020): Interactions of local habitat type, landscape composition and flower availability moderate wild bee communities. *Landscape Ecology* 35: 2209-2224.
- PAPANIKOLAOU, A.D., KÜHN, I., FRENZEL, M., KUHLMANN, M., POSCHLOD, P., POTTS, S.G., ROBERTS, S.P.M., & SCHWEIGER, O. (2017): Wild bee and floral diversity co-vary in response to the direct and indirect impacts of land use. *Ecosphere* 8: e02008.
- PEETERS, T., RAEMAKERS, I.P., VAN DE NIEUWEGESSEN, J., & KUPER, J.T. (2006): De rotsbehangersbij *Megachile pilidens*, nieuw voor de Nederlandse fauna (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae). *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 25: 11-18.
- PYKE, G.H., THOMSON, J.D., INOUE, D.W., & MILLER, T.J. (2016): Effects of climate change on phenologies and distributions of bumble bees and the plants they visit. *Ecosphere* 7: e01267.
- RÉGNIÈRE, J., ST-AMANT, R., & DUVAL, P. (2012): Predicting insect distributions under climate change from physiological responses: spruce budworm as an example. *Biological Invasions* 14: 1571-1586.
- ROULSTON, T.H., SMITH, S.A., & BREWSTER, A.L. (2007): A Comparison of pan trap and intensive net sampling techniques for documenting a bee (Hymenoptera: Apiformes) Fauna. *Journal of the Kansas Entomological Society* 80: 179-181.
- SCHINDLER, M., DIESTELHORST, O., HAERTEL, S., SAURE, C., SCHARNOWSKI, A., & SCHWENNINGER, H.R. (2013): Monitoring agricultural ecosystems by using wild bees as environmental indicators. *BioRisk* 8: 53-71.
- STANGE, E.E., & AYRES, M.P. (2010): Climate Change Impacts: Insects in: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley & Sons, Hoboken (New Jersey).
- TEPPNER, H., & BROSCHE, U. (2015): Pseudo-oligolecty in *Colletes bederae* (Apidae-Colletinae, Hymenoptera). *Linzer Biologische Beiträge* 47: 301-306.
- THOMAS, B., & WITT, R. (2005): Erstnachweis der Holzbiene *Xylocopa violacea* (LINNÉ 1758) in Niedersachsen und weitere Vorkommen am nordwestlichen Arealrand (Hymenoptera: Apidae). *DROSER – Naturkundliche Mitteilungen aus Norddeutschland* 2005: 89-96.
- VDI-Richtlinie 4340-1 (2021): Standardisierte bestandsschonende Erfassung von Wildbienen für ein Langzeitmonitoring. Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf. <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-4340-blatt-1-biodiversitaet-standardisierte-bestandsschonende-erfassung-von-wildbienen-fuer-ein-langzeitmonitoring>
- WAGNER, D.L. (2020): Insect Declines in the Anthropocene. *Annual review of entomology* 65: 457-480.
- WESTRICH, P. (2019): Die Wildbienen Deutschlands. 2. Auflage. Verlag Eugen Ulmer; Stuttgart.
- WESTRICH, P., FROMMER, U., MANDERY, K., RIEMANN, H., RUHNKE, H., SAURE, C.; & VOITH, J. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen (Hymenoptera, Apidae) Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz; Bonn-Bad Godesberg.
- MSc. Christopher Bause
Lehrstuhl für Evolutionsökologie und Biodiversität der Tiere
Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstr.150
D-44780 Bochum
E-Mail: Christopher.Bause@rub.de
- Prof. Dr. Manfred Ayasse
Institut für Evolutionsökologie und Naturschutzgenomik
Universität Ulm
Albert-Einstein-Allee 11
D-89081 Ulm
E-Mail: Manfred.Ayasse@uni-ulm.de
- PD Dr. Thomas Eltz
Lehrstuhl für Evolutionsökologie und Biodiversität der Tiere
Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstr.150
D-44780 Bochum
E-Mail: Thomas.Eltz@rub.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Entomologie heute](#)

Jahr/Year: 2022

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Bause Christopher, Ayasse Manfred, Eltz Thomas

Artikel/Article: [Evaluierung der Lebendbestimmung im Wildbienenmonitoring 93-113](#)