Die Hummeln am Tuniberg und im Mooswald westlich von Freiburg – eine vergleichende faunistisch-ökologische Untersuchung (Hymenoptera: Apidae)

Hanno Korten[1], Manuela Sann[2]

[1] Richard-Wagner-Str. 40 | 97074 Würzburg | Germany | hanno.korten@yahoo.de
[2] Albert-Ludwig-Universität Freiburg, Inst. für Biologie I (Zoologie) | Hauptstr. 1 | 79104 Freiburg | Germany | manuela.sann@biologie.uni-freiburg.de

Zusammenfassung

In den beiden westlich von Freiburg gelegenen Gebieten Tuniberg und Mooswald wurde eine vergleichende Bestandserfassung der Hummeln (Apidae: *Bombus*) in den Monaten Mai bis Juli durchgeführt. Insgesamt konnten in beiden Untersuchungsgebieten 14 Hummelarten nachgewiesen werden, wobei sich die Artenzusammensetzung deutlich unterscheidet: Der Tuniberg wird, im Vergleich zum Mooswald, von den meisten erfassten Hummelarten bevorzugt und ist besonders aufgrund einiger seltener Nachweise ein bedeutender Lebensraum. Neben Habitatpräferenzen einzelner Arten konnte ebenfalls eine Einnischung anhand der Rüssellänge beobachtet werden. Abgesehen von den Sozialparasiten, konnten wir nahezu alle rezent bekannten Hummelarten für die Region Freiburg und Umgebung nachweisen. Trotz intensiver Suche konnten wir jedoch keine der historisch bekannten Arten: *B. confusus, B. distinguendus, B. muscorum, B. pomorum, B. soroeensis, B. subterraneus* und *B. veteranus* erfassen und es bleibt zu vermuten, dass diese Arten in dieser Region nicht mehr vorkommen. Gerade diese anspruchsvolleren Arten scheinen keine passenden Lebensbedingungen in der Region aber auch den speziellen Biotopen des Tunibergs und Mooswaldes zu finden.

Summary

Hanno Korten, Manuela Sann: The diversity and distribution of bumblebees (Hymenoptera: Apidae) – a comparatively study in the two areas Tuniberg and Mooswald west of Freiburg im Breisgau. A total of 14 bumblebee species were determined in both study areas, however species composition differs significantly: In comparison with the Mooswald, the Tuniberg is preferred by most species especially by some rare ones and thus, represents a crucial habitat for bumblebees. In addition to habitat preferences of individual species, niche differentiation due to differences in the proboscis length could also be observed. Apart from the social parasites, we were able to detect almost all recently known bumblebee species for the region of Freiburg and the surrounding area. Despite an intensive search, we were unable to record any of the historically known species: *B. confusus, B. distinguendus, B. muscorum, B. pomorum, B. soroeensis, B. subterraneus* and *B. veteranus*. Thus, it can be assumed that these species no longer occur in this region. Especially, these demanding species appear to find no suitable habitat and living conditions in areas with strong agricultural background.

Einleitung

Hummeln (*Bombus* Latreille) sind wichtige Bestäuber vieler Blütenpflanzen und haben eine große ökonomische und ökologische Relevanz (Velthuis & van Doorn, 2006; Goulson, 2010). Wie bereits bei anderen Insekten beobachtet, unterliegen viele Hummelarten einer starken Gefährdung zum Beispiel durch Lebensraumverlust oder dem Einsatz von Pestiziden (Goulson et al. 2008; Williams & Osborne 2009).

In dieser Arbeit wurde eine aktuelle, vergleichende Bestandserfassung der Hummeln in den beiden westlich von Freiburg gelegenen Gebieten Tuniberg und Mooswald, in den Monaten Mai bis Juli, durchgeführt. Dabei konnten Rückschlüsse auf die Bestandssituation, Diversität, Habitatansprüche und die Zusammensetzung von Hummelgemeinschaften gewonnen werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit wurden mit den Funden von Klug (1965) verglichen, welcher Anfang der 1960er die Hymenopterenfauna dieser beiden Gebiete erfasste. Des Weiteren wurde unsere Bestandserfassung mit historischen und aktuellen Hummelfunden in der Freiburger Region verglichen.

Untersuchungsgebiete

Das Untersuchungsgebiet (Abb. 1) befindet sich in der Freiburger Bucht und teilt sich in die beiden Teilgebiete Tuniberg (Abb. 2–5) und Mooswald (Abb. 6–9) auf. Der Tuniberg überragt die umgebende Rheinebene um etwa 100 Meter und ist für seinen fruchtbaren Lössboden bekannt (Mäckel & Sudhaus 2008). Insbesondere seit der Rebflurbereinigung der 1960er Jahre wird das Gebiet intensiv für den Weinbau genutzt (Klug 1965; Mäckel & Sudhaus 2008). Die windgeschützten Terrasseneinbuchtungen mit ihren Lösswänden, die sich durch die Sonne aufheizen, sorgen für ein besonders warmes Mikroklima.

Der Mooswald war vor dem anthropogen bedingten Absenken des Grundwasserspiegels (vor allem zwischen 1950 und 1980) ein dauerhaft feuchter Sumpfwald (Körner 2008; Bammert 2008). Heute besteht er zum überwiegenden Teil aus einem dichten Eichen-Hainbuchenwald ohne Grundwassereinfluss auf Tier- und Pflanzenwelt (Körner 2008).

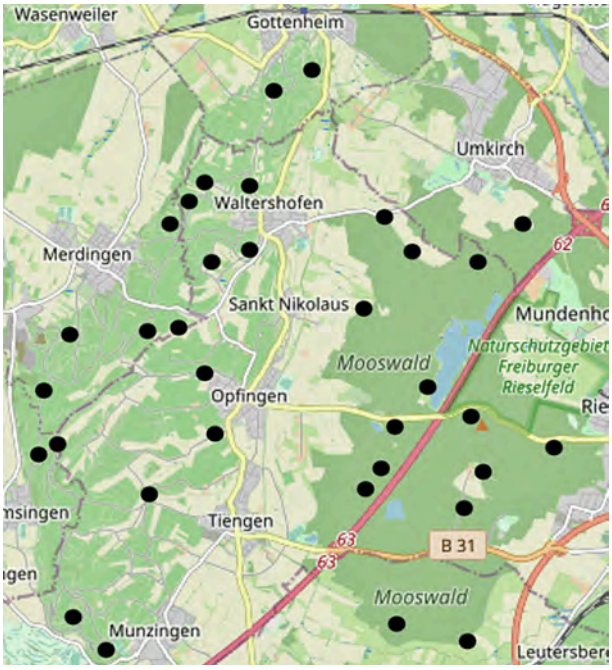


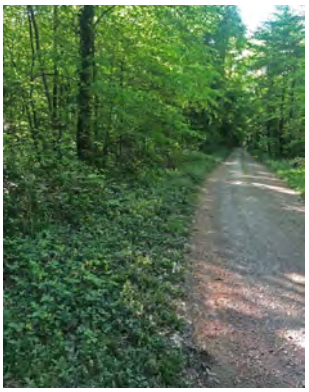
Abb. 1: Tuniberg (links) und Mooswald (rechts) mit Transekten (Karte bearbeitet, © OpenStreetMap, ODbL-Lizenz)

Abb. 2: Tuniberg, Weinberg mit Lösswände des Lindenbergs im Hintergrund (Foto: Korten)

Abb. 3: Tuniberg, Feldweg zur Erentrudiskapelle (Foto: Korten)

Abb. 4: Tuniberg, westlich exponierte Lössböschung (Foto: Korten)

Abb. 5: Tuniberg, südöstliche exponierte Lössböschung (Foto: Korten)



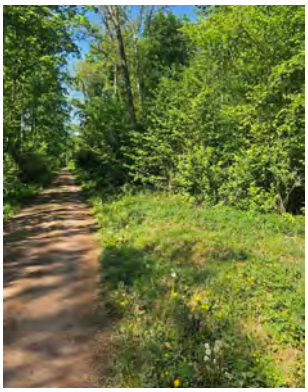


Abb. 6: Mooswald, Waldweg (Foto: Korten)
Abb. 7: Mooswald, Waldweg mit *Rubus*-Gestrüpp (Foto: Korten/Sann)

Abb. 8: Mooswald, Lichtung mit Brache (Foto: Korten)

Abb. 9: Mooswald, Lichtung mit Wiese (Foto: Korten)

Methoden

Insgesamt wurden 19 Transekte am Tuniberg und 15 Transekte im Mooswald festgelegt (Abb. 1). Diese Transekte umfassen diverse Biotoptypen beider Gebiete zum Beispiel Feld, Wiese, Lösswand, Wald oder Waldlichtung. Die Erfassung von Hummeln wurde an 18 Feldtagen, von Mitte Mai bis Mitte Juli, durchgeführt. Jedes der 34 Transekte wurde insgesamt sechs Mal für jeweils eine Zeitspanne von 20 Minuten untersucht. Hierbei wurden alle Hummeln erfasst und wenn möglich im Feld bestimmt (Gokcezade et al. 2017).

War eine Feldbestimmung nicht möglich, wurden die Individuen präpariert und unter dem Binokularmikroskop nachbestimmt (Mauss 1994; Amiet 1996). ☿ der *Bombus* sensu stricto-Gruppe (*B. terrestris, B. lucorum, B. cryptarum, B. magnus*) wurden aufgrund der schwierigen morphologischen Unterscheidung im Feld nicht bis zur Art bestimmt (Wolf et al. 2010). Die ♂♂ und ♀♀ wurden nur zwischen *B.* cf. *terrestris* und *B.* cf. *lucorum* unterschieden, da diese beiden Arten häufig und weit verbreitet sind, während *B. cryptarum* und *B. magnus* nicht zu erwarten sind (von Hagen 2014; www.wildbienen-kataster.de). Für beide Gebiete wurde eine Vergleichssammlung mit mindestens einem Exemplar pro Art angelegt.

Aus der nach morphologischen Merkmalen kaum zu bestimmbaren *Bombus* s. str.-Gruppe wurden exemplarisch 40 Individuen über DNA-Barcoding sequenziert. Zusätzlich wurden zur morphologischen Bestimmungsüberprüfung jeweils fünf Exemplare der als schwierig zu trennen geltenden Arten *B. hortorum* und *B. ruderatus* mittels DNA-Barcoding überprüft. Hierfür wurde die DNA der ausgewählten Individuen unter Verwendung des DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen, Hilden, D) extrahiert. Für die Amplifikation der cytochrome c oxidase I (COI) Genregion wurden die Primerkombination HC02198 und LCO1490 (Folmer et al., 1994) oder RonMWASdeg_t1 (Pfunder et al. 2004) und LepR1 (Prosser et al. 2016) verwendet. Die aufgereinigten PCR-Produkte wurden zur DNA-Sequenzierung an die Firma Macrogen Europe B.V. (Amsterdam) geschickt. Die Rohdaten wurden in Geneious Version 10.2.6 manuell editiert und anschließend gegen die BOLD und GenBank (NCBI) abgeglichen.

Um sicherzustellen, dass für beide Untersuchungsgebiete der gesamte Artenreichtum erfasst wurde, wurden "Rarefaction-Kurven" erstellt. Dabei wird die Artenzahl gegen die Individuenzahl aufgetragen und eine Artenakkumulationskurve generiert. Wenn die Kurve sich asymptotisch verhält, kann angenommen werden, dass die tatsächliche Artenzahl (nahezu) erreicht wurde (Gotelli & Colwell 2001). Die Diversität beider Untersuchungsgebiete wurde durch die Berechnung des Shannon-Index und der Evenness bestimmt. Die Habitatpräferenz jeder Art wurde durch die durchschnittliche Anzahl der gefunden Individuen pro Transekt für die einzelnen Biotope bestimmt. Arten mit weniger als 12 Individuen wurden hierbei nicht berücksichtigt. Das betrifft *B. bohemicus, B. campestris, B. hypnorum, B. ruderarius, B.* cf. *lucorum* und *B. lucorum*.

Für den historischen Vergleich wurden die von Klug (1965) gesammelten Hummeln, aufbewahrt am staatlichen Museum für Naturkunde Stuttgart, gesichtet und nachbestimmt. Da die Klug'sche Hymenopterensammlung nur wenige Hummeln aufweist kann ein Vergleich mit den hier aktuell erfassten Hummelarten nur unter Vorbehalt gezogen werden. Damals gefundene Arten können bei einem Wiederfund zwar bestätigt werden, jedoch kann nicht davon ausgegangen werden, dass Klug alle Hummelarten in den Untersuchungsgebieten erfasst hat. Unsere Bestandserfassung wurde dann mit historischen und aktuellen Hummelfunden in der Freiburger Region verglichen.

Ergebnisse

Bestanderfassung

Am Tuniberg konnten vor allem *Bombus* s. str. (vor allem *B. terrestris*), *B. sylvarum*, *B. pascuorum* und *B. ruderatus* erfasst werden, welche insgesamt einen Anteil von rund 92 % der nachgewiesenen Hummelindividuen ausmachen (Tab. 1).

Tab. 1: Artenliste der Hummeln am Tuniberg. Bei *B. vestalis* handelt es sich um einen Sozialparasiten. Bei *B.* cf. *terrestris* und *B.* cf. *lucorum* handelt es sich um ♂♂ und ♀♀ und bei *Bombus* s. str. um ☿☿.

Art/Taxon	♀☿	♂	Σ	%
Bombus s. str.	445	-	445	24,7
Bombus sylvarum (Linnaeus, 1761)	334	38	372	20,7
Bombus pascuorum (Scopoli, 1763)	304	29	333	18,5
Bombus ruderatus (Fabricius, 1775)	167	73	240	13,3
Bombus cf. *terrestris*	1	226	227	12,6
Bombus lapidarius (Linnaeus, 1758)	41	5	46	2,56
Bombus pratorum (Linnaeus, 1761)	24	16	40	2,22
Bombus terrestris (Linnaeus, 1758)	24	8	32	1,78
Bombus hortorum (Linnaeus, 1761)	12	18	30	1,67
Bombus humilis Illiger, 1806	12	1	13	0,72
Bombus vestalis (Geoffroy, 1785)	1	7	8	0,44
Bombus hypnorum (Linnaeus, 1758)	2	3	5	0,28
Bombus cf. *lucorum*	-	4	4	0,22
Bombus ruderarius (Fabricius, 1775)	3	1	4	0,22
Summen	1370	429	1799	100

Im Mooswald ist *B. pascuorum* mit fast 69% der Gesamtindividuen sehr dominant. *B. pascuorum, Bombus* s. str. (vor allem *B. terrestris*) und *B. hortorum* machen hier rund 91 % aller Individuen aus (Tab. 2).

Tab. 2: Artenliste der Hummeln im Mooswald. Bei *B. bohemicus, B. campestris* und *B. vestalis* handelt es sich um Sozialparasiten. Bei *B. cf. terrestris* und *B. cf. lucorum* handelt es sich um ♂♂ und ♀♀ und bei *Bombus* s. str. um ☿☿.

Art/Taxon	☿	♂	Σ	%
Bombus pascuorum (Scopoli, 1763)	745	46	791	68,7
Bombus s. str.	104	-	104	9,04
Bombus hortorum (Linnaeus, 1761)	51	43	94	8,17
Bombus sylvarum (Linnaeus, 1761)	50	1	51	4,43
Bombus cf. *terrestris*	6	42	48	4,17
Bombus vestalis (Geoffroy, 1785)	0	24	24	2,09
Bombus pratorum (Linnaeus, 1761)	4	15	19	1,65
Bombus terrestris (Linnaeus, 1758)	5	2	7	0,61
Bombus cf. *lucorum*	0	4	4	0,35
Bombus hypnorum (Linnaeus, 1758)	1	2	3	0,26
Bombus bohemicus Seidl, 1838	0	2	2	0,17
Bombus campestris (Panzer, 1801)	1	1	2	0,17
Bombus lapidarius (Linnaeus, 1758)	0	1	1	0,09
Bombus lucorum (Linnaeus, 1761)	1	-	1	0,09
Summen	968	183	1151	100

DNA-Barcoding

Von den 40 exemplarisch sequenzierten Individuen der *Bombus* s. str.-Gruppe konnten 39 der Art *B. terrestris* und eine der Art *B. lucorum* zugeordnet werden. Da beide Untersuchungsgebiete eine hohe Anzahl an Männchen des *B.* cf. *terrestris*-Typus aufweisen (Tab. 1 und 2) und die Ergebnisse des DNA-Barcodings mehrheitlich die Art *B. terrestris* bestätigen, wird folgend davon ausgegangen, dass es sich bei dem Großteil der Arbeiterinnen der Bombus s. str. Gruppe um *B. terrestris* handelt. Die morphologische Bestimmung der jeweils fünf exemplarisch gewählten *B. hortorum* und *B. ruderatus* konnte ebenfalls durch das DNA-Barcoding bestätigt werden.

Artenreichtum und Diversität

Für beide Untersuchungsgebiete wurden "Rarefaction-Kurven" erstellt, um zu ermitteln ob der gesamte Artenreichtum erfasst wurde. Für das Untersuchungsgebiet Tuniberg konvergiert die Rarefaction-Kurve gegen eine Artenanzahl von zwölf und für den Mooswald gegen eine Artenanzahl von elf (Abb. 10). Die berechnete Artendiversität ergab für den Tuniberg einen Shannon Index (H') von 1,62 (Evenness = 0,65) und für den Mosswald von 1,09 (Evenness = 0,45).

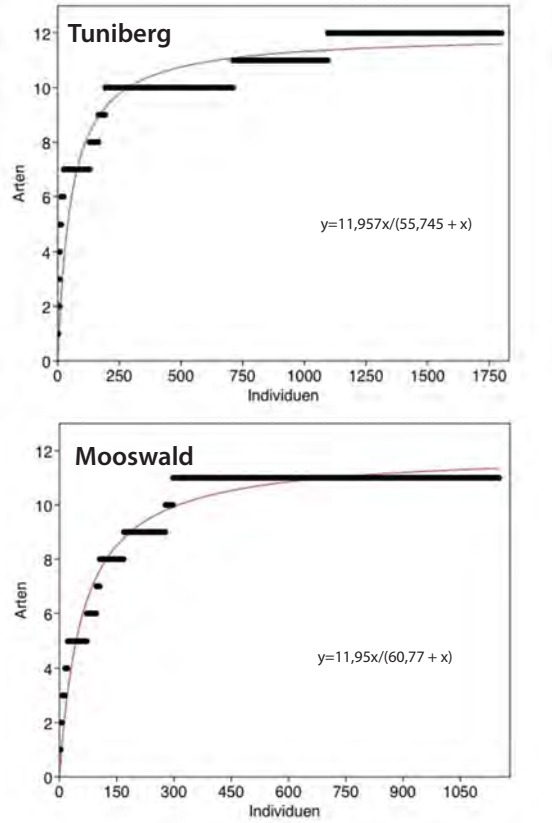


Abb. 10: Rarefaction-Kurve der Hummelerfassung vom Tuniberg und Mooswald. In der Michaelis-Menten-Gleichung (y = ax / b+x) ist y die Anzahl der Arten bei x Individuen. Umso länger der schwarze Balken, umso mehr Individuen wurden festgestellt, ohne dass eine neue Art hinzukam.

Habitatpräferenzen

Die erfassten Hummelarten zeigen unterschiedliche Abundanzen zwischen den Untersuchungsgebieten und innerhalb der Untersuchungsgebiete in Bezug auf die kategorisierten Biotope (Tab. 3).

Historischer Vergleich

Bei der Nachbestimmung der Klug'schen Sammlung wurden die folgenden 9 Arten, gesammelt am Tuniberg, verifiziert: *B. pascuroum*, *B. hortorum*, *B. lapidarius*, *B. pratorum*, *B. sylvarum*, *B. humilis*, *B. terrestris*, *B. barbutellus* und *B. ruderarius*. Die von Klug angegebenen Arten *B. muscorum* und *B. ruderatus* konnten nicht bestätigt werden. Für den Mooswald konnten die folgenden 10 Arten bestätigt werden: *B. pascuroum, B. hortorum, B. lucorum, B. pratorum, B. ruderatus, B. sylvarum, B. humilis, B. terrestris, B. vestalis* und *B. ruderarius*. Die beiden angegebenen Arten *B. pomorum* und *B. hypnorum* konnten nicht bestätigt werden.
Es bleibt zu erwähnen, dass die Art *B. ruderarius* bei der damaligen Untersuchung durch Klug zwar gesammelt, aber falsch bestimmt wurde und daher nicht in der Originalliteratur in Erscheinung tritt.

Tab. 3: Durchschnittliche Anzahl der Arten zwischen den beiden Untersuchungsgebieten Mooswald und Tuniberg (in %) und innerhalb dieser (Biotoptypen). Abundanzen beziehen sich auf die Gesamtzahl der Funde einer Art/Artgruppe. Farbtöne zeigen die unterschiedlichen Abundanzen der Arten an und sind wie folgt: 0–10 % (weiß), 10–20 % (grau), 20–30 % (orange) und > 30 % (blau)

Art	Mooswald			Tuniberg				n
	Wald	Lichtung	Rand	Feld	Brache	Wiese	Löss	
vestalis	20,6	55,1	16,4	-	-	-	7,8	27
hortorum	12,0	21,3	39,9	10,0	5,3	7,0	4,5	124
pascuorum	12,0	28,8	27,3	4,2	11,3	8,3	8,1	1118
pratorum	11,4	10,0	7,6	53,0	7,6	5,7	4,8	58
terrestris s. l.	1,4	10,5	3,6	22,0	39,0	8,1	15,5	249
s. str.	5,8	6,8	4,5	48,6	13,0	10,4	10,8	538
terrestris	3,0	8,1	4,8	51,1	12,0	6,0	15,0	39
lapidarius	-	1,7	-	40,1	46,8	7,5	3,8	37
sylvarum	-	4,0	6,8	20,4	29,5	17,0	22,3	418
ruderatus	-	-	-	12,6	18,1	50,0	19,2	236
humilis	-	-	-	13,3	-	26,6	60,1	12

Diskussion

Bestandserfassung und Gefährdung

Für die beide Untersuchungsgebiete Tuniberg und Mooswald konnten insgesamt 14 Hummelarten nachgewiesen werden. Von diesen 14 Hummelarten können insgesamt 12 Arten dem Tuniberg und 11 dem Mooswald zugeordnet werden (Tab. 1 und 2). Unter den in dieser Studie erfassten Hummelarten befinden sich drei sozialparasitische Hummeln: *B. bohemicus, B. campestris* und *B. vestalis* (Tab. 1 und 2).

Von den nachgewiesenen Arten wird *B. humilis* als "mäßig häufig" und *B. ruderarius* als "selten" jedoch beide unter der Kategorie „gefährdet" auf der Roten Liste der Bienen Deutschlands geführt (Stand 2011). *B. sylvarum* wird ebenfalls als "mäßig häufig" geführt, steht jedoch noch auf der Vorwarnliste (Westrich et al. 2011). Für *B. ruderatus* wird die Bestandsituation als "unbekannt" beschrieben (Westrich et al. 2011). Die drei Arten *B. humilis, B. ruderarius* und *B. ruderatus* wurden ausschließlich am Tuniberg gefunden, vermutlich wegen ihrer starken Bindung an Offenlandschaften (Treiber 2018). Besonders *B. ruderatus* und *B. sylvarum* gehören heute am Tuniberg zu den häufigsten Arten (Tab. 1) und finden dort optimale Lebensbedingungen. Die wärmeliebende *B. ruderatus* scheint inzwischen in weiten Teilen der oberrheinischen Tiefebene vorzukommen und könnte dort von Süden aus expansiv sein (Ronald Burger, schriftl. Mitt.).

Habitatpräferenzen

Die meisten Hummelarten konnten in vielen verschiedenen Biotopen gefunden werden (Tab. 3) und zählen zu den Habitatgeneralisten (Goulson, 2006). Dennoch lassen sich deutliche artspezifische Habitatpräferenzen erkennen: Während *B. hortorum* und B. pascuorum die geschlossenen bis halboffenen Waldbiotope des Mooswaldes präferieren, zeigen alle anderen gefundenen Arten eine Präferenz für die offenen Flächen des Tunibergs (Tab. 3). Auffällig ist jedoch, dass die meisten Biotope nur von einer Art besonders bevorzugt werden. So präferiert *B. hortorum* Waldränder, *B. ruderatus* Wiesen und *B. humilis* Lössböschungen (Tab. 3). Diese Aufteilung deutet auf eine mögliche Nischendifferenzierung zur Konkurrenzvermeidung hin. Besonders das breite Biotopspektrum am Tuniberg scheint vielen Hummelarten einen Raum zur Einnischung zu bieten. Die sozialparasitische Art *B. vestalis* zeigt ein erhöhtes Vorkommen auf Waldlichtungen des Mooswaldes, was vermutlich einhergeht mit dem Vorkommen ihres Wirtes *B. terrestris* (Tab. 2, 3).

Einige Biotope zeigen eine hohe Abundanz an Blütenpflanzen auf. Dazu zählen vor allem die Flächen am Tuniberg, die sich durch den Anbau bestimmter Blütenpflanzen, wie z. B. *Phacelia tanacetifolia*, zwischen den Weinreben und als Blühstreifen auszeichnen. Dieses reichhaltige Blütenangebot bevorzugen vor allem die kurzrüsseligen Arten *B. pratorum, B. terrestris* und *B. lapidarius* (Tab. 3) welche auch als Kulturfolger bekannt sind (Benton 2006; von Hagen 2014). Das reichhaltige Blütenangebot der Felder scheint sich positiv auf das Zusammenleben dieser Arten auszuwirken da Konkurrenz um Nahrungsquellen vermieden werden kann.

Keine auffällige Biotoppräferenz konnte für die beiden sehr häufigen Arten *B. sylvarum* und *B. pascuorum* beobachtet werden (Tab. 3). Möglicherweise ist deren Dominanz im jeweiligen Untersuchungsgebiet auch durch ihre Anspruchslosigkeit bei der Habitatwahl zu erklären.

Hummelgemeinschaften

Bei der Zusammensetzung von Hummelgemeinschaften spielt die Rüssellänge der Arten eine wichtige Rolle in der Ressourcenaufteilung und wird daher als eine Nischendimension angesehen (Ranta & Lundberg 1980; Harder 1985).

In den beiden Untersuchungsgebieten kann eine Aufteilung der Blütenpflanzen, nach der Länge der Kronröhre, zwischen den Hummelarten beobachtet werden. Die häufigsten bzw. dominanten Arten unterscheiden sich meist in ihrer Rüssellänge: Am Tuniberg finden sich *B. terrestris* (kurzer Rüssel), *B. sylvarum* und

B. pascuorum (langer Rüssel) und *B. ruderatus* (sehr langer Rüssel) und im Mooswald *B. terrestris* (kurzer Rüssel), B. pascuorum (langer Rüssel) und *B. hortorum* (sehr langer Rüssel) (Edwards & Jenner 2005; von Hagen 2014). Die beiden Hummelarten mit sehr langem Rüssel unterscheiden sich in den beiden Gebieten. Im Mooswald nimmt *B. hortorum* die Nische der Arten mit sehr langem Rüssel ein und am Tuniberg *B. ruderatus*. Der Tuniberg scheint mit seinem diversen Blütenangebot die Koexistenz der zwei langrüsseligen Arten *B. sylvarum* und *B. pascuorum* zu ermöglichen.

Historischer Vergleich und Schlussfolgerungen

Vergleicht man die aktuellen Ergebnisse der Bestandserfassung von Hummeln am Tuniberg und Mooswald mit denen der durch Klug erfassten Hummelarten von 1965 zeigt sich, dass am Tuniberg acht der neun ehemals erfassten Arten wiedergefunden werden konnten (Tab. 1, 2). Ausschließlich die auch schon damals seltene *B. barbutellus* konnte nicht mehr wiedergefunden werden (Gauss 1967). Im Mooswald konnten sieben der ehemals zehn erfassten Arten wiedergefunden werden. Die drei heute nicht mehr im Mooswald erfassten Arten *B. humilis, B. ruderarius* und *B. ruderatus* sind jedoch am Tuniberg noch vertreten.
Aktuelle Bestandserfassungen der Hummeln des Kaiserstuhls und der umgebenden Rheinebene zeigen ein ähnliches Bild: Alle Hummelarten, die in dieser Studie erfasst wurden, können auch dort aktuell nachgewiesen werden (Treiber & Rennwald 2019; www.wildbienen-kastaster). Die historisch vom Kaiserstuhl bekannten Arten *B. confusus, B. distinguendus, B. muscorum, B. pomorum, B. soroeensis, B. subterraneus* und *B. veteranus* konnten wir am Tuniberg und Mosswald nicht nachweisen (Treiber & Rennwald 2019). Die aktuell am Kaiserstuhl nachgewiesenen Sozialparasiten *B. barbutellus, B. rupestris* und *B. sylvestris* (Treiber & Rennwald 2019), konnten in dieser Arbeit ebenfalls nicht am Tuniberg oder Mooswald erfasst werden. Im Fall der Sozialparasiten können die Gründe für eine Nicht-Erfassung in der für diese Studie zur Verfügung stehenden Untersuchungs- bzw. Erfassungszeit zu finden sein. Sozialparasitische Hummeln weisen häufig eine andere Dynamik und Phänologie auf und sind bedingt durch ihre Entwicklungsbiologie im Spätsommer anzutreffen (Edwards & Jenner 2005). Unsere Sammelaktivität erstreckte sich ausschließlich über den Zeitraum Mitte Mai bis Mitte Juli und könnte somit eine Erfassung diverser Sozialparasiten mit späterer Flugzeit ausschließen. Seltene Rote Liste-Arten wie *B. subterraneus* („stark gefährdet“) und *B. veteranus* (gefährdet“) konnten ebenfalls nicht erfasst werden, sind aber aktuell für die umgebende Region bekannt (www.wildbienen-kataster.de).

Abgesehen von den Sozialparasiten konnten wir nahezu alle rezent bekannten Hummelarten aus der Region Freiburg und Umgebung nachweisen. Trotz intensiver Suche konnten wir jedoch keine der historisch bekannten Arten erfassen und es bleibt zu vermuten, dass diese Arten in dieser Region nicht mehr vorkommen. Gerade diese anspruchsvolleren Arten scheinen keine passenden Lebensbedingungen mehr in der Region aber auch den speziellen Biotopen des Tunibergs und Mooswaldes zu finden.
Das Gebiet um den Tuniberg ist und war schon schon in den 1960er Jahren landwirtschaftlich geprägt mit weiten Obst,- Wein- und Sonderkulturen sowie dem Einsatz von Pestiziden (Klug 1965). In den folgenden Jahren kam es zu einer weiteren Intensivierung der Landwirtschaft am Tuniberg und den umgebenden Flächen der Rheinebene, die bis heute anhält. Besonders Offenland-Hummeln finden hier immer weniger Habitate und Blütenangebote (Goulson et al. 2008; Williams & Osborne 2009). Erstaunlicherweise konnten wir trotz dieser Umstände nahezu alle Hummelarten die von Klug 1960 erfasst wurden auch heute noch bestätigen. Auch die Hummeldiversität ist, gegeben einer stetig aufblühenden Landwirtschaft, erstaunlich hoch. Dennoch scheint sich gerade die Intensiverung der Landwirtschaft am Tuniberg auf das Vorkommen einiger seltener Hummelarten auszuwirken. Vergleicht man historische und aktuelle Funde aus der Region mit unseren Daten zeigt sich, dass gerade die seltenen Arten wie zum Beispiel *B. subterraneus* und *B. veteranus*, unter der Intensiverung der Landwirtschaft leiden und scheinbar hier nicht mehr vorkommen.
Auch im Mooswald begünstigten die starken anthropogenen Eingriffe zwischen 1950 und 1980 die Verdichtung des Waldes und die intensivere landwirtschaftliche Nutzung umliegender Flächen (Bammert, 2008). Diese Lebensraumveränderung scheint sich besonders stark auf die nun dort nicht mehr vorkommenden anspruchsvolleren Arten wie *B. humilis, B. ruderarius* und *B. ruderatus* ausgewirkt zu haben.

Danksagung

Wir bedanken uns beim staatlichen Museum für Naturkunde Stuttgart, dass die Sichtung und Nachbestimmung der Hummeln der Sammlung von Bernhard Klug ermöglichte, ohne die ein historischer Vergleich nicht möglich gewesen wäre. Außerdem bedanken wir uns bei Prof. Dr. Oliver Niehuis für die Bereitstellung der Labor- und Büroräume. Ein besonderer Dank geht an Reinhold Treiber, Ronald Burger, Christian Schmid-Egger, und Rolf Witt für die vielen hilfreichen Tipps und Hinweise, die in die Diskussion eingeflossen sind.

Literatur

Amiet, F. (1996): Fauna Helvetica. Apidae. 1. Teil (Bombus, Psithyrus). *Schweizerische Entomologische Gesellschaft*, Neuchatel. 98 S.

Bammert, J. (2008): Die Vegetation der Mooswälder. In: Körner, H., Die Mooswälder - Natur- und Kulturgeschichte der Breisgauer Bucht. *Lavori Verlag,* Freiburg. 209–236.

Benton, T. (2006): Bumblebees. *Harper Collins Publishers*, London. 580 S.

Edwards, M., Jenner, M. (2005): Field Guide to the Bumblebees of Great Britain and Ireland. *Ocelli*, Eastbourne, UK. 108 S.

Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R. (1994): DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3: 294–299.

Gauss, R. (1967): Verzeichnis der im badischen Gebiet bekanntgewordenen aculeaten Hautflügler und Goldwespen (Hymenoptera) sowie von stylopisierten Arten. *Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V.* Freiburg i. Br. N.F. 9: 529–587.

Gokcezade, J.F., Gereben-Krenn, B.A., Neumayer, J. (2017): Feldbestimmungsschlüssel für die Hummeln Österreichs, Deutschlands und der Schweiz. *Quelle & Meyer*, Wiebelsheim. 55 S.

Gotelli, N.J. & Colwell, R.K. (2001): Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379–391.

Goulson, D., Hanley, M.E., Darvill, B., Ellis, J.S. (2006): Biotope associations and decline of bumblebees (Bombus sp.). *Journal of Insect Conservation* 10: 95–103.

Goulson, D., Lye, G.C., Darvill, B. (2008): Decline and Conservation of Bumble Bees. *Annual review of entomology* 53: 191–208.

Goulson, D. (2010): Bumblebees: behaviour, ecology, and conservation. *Oxford University Press*: 317 S.

Hagen, E. von (2014): Hummeln bestimmen, ansiedeln, vermehren, schützen. *Fauna Verlag*, Nottuln. 359 S.

Harder, L.D. (1985): Morphology as a predictor of flower choice by bumblebees. *Ecology* 66: 198–210.

Klug, B. (1965): Die Hymenopteren am Tuniberg, im Mooswald und Rieselfeld; eine vergleichend faunistisch-ökologische Untersuchung dreier extremer Biotope des südlichen Oberrheintales. *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br.* 55: 5–225.

Körner, H. (2008): Die Mooswälder - Natur- und Kulturgeschichte der Breisgauer Bucht. *Lavori* Verlag, Freiburg. 623 S.

Mäckel, R., Sudhaus, D. (2008): Naturräumliche Gliederung und Landschaftsgenese der Breisgauer Bucht. In: Körner, H., Die Mooswälder - Natur- und Kulturgeschichte der Breisgauer Bucht. *Lavori* Verlag, Freiburg. 43–72.

Mauss, V. (1994): Bestimmungsschlüssel für die Hummeln der Bundesrepublik Deutschland. *Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung*, Hamburg. 50 S.

Pfunder, M., Holzgang, O., Frey, J. E. (2004): Development of microarray-based diagnostics of voles and shrews for use in biodiversity monitoring studies, and evaluation of mitochondrial cytochrome oxidase I vs. cytochrome b as genetic markers. *Molecular Ecology* 13: 1277–1286.

Prosser, S. W. J., de Waard, J. R., Miller, S. E., Hebert, P. D. N. (2016): DNA barcodes from century-old type specimens using next generation sequencing. *Molecular Ecology Resources* 16: 487–497.

Ranta, E., Lundberg, H. (1980): Resource partitioning in bumblebees: the significance of differences in proboscis length. *Oikos* 35: 298–302.

Treiber, R. (2018): Biodiversität der Hummeln in Agrarlandschaften fördern. *Naturschutz Info* 1/2018: 4-8.

Treiber, R., Rennwald, K. (2019): Bedeutung des Kaiserstuhls und Tunibergs für die Biodiversität von Wildbienen und Wespen (Apoidea). *Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg* 79: 113–180.

Velthuis, H. H. W. & van Doorn, A. (2006): A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie* 37: 421–451.

Westrich, P., Frommer, U., Mandery, K., Riemann, H., Ruhnke, H., Saure, C., Voith, J. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Bienen (Hymenoptera, Apidae) Deutschlands. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70: 373–416.

Williams, P.H. & Osborne, J.L. (2009): Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie* 40: 367–387.

Wolf, S., Rohde, M., Moritz, R. F. A. (2010): The reliability of morphological traits in the differentiation of *Bombus terrestris* and *B. lucorum* (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie* 41: 45–53.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Ampulex - Zeitschrift für aculeate Hymenopteren

Jahr/Year: 2021

Band/Volume: 12

Autor(en)/Author(s): Korten Hanno

Artikel/Article: Die Hummeln am Tuniberg und im Mooswald westlich von Freiburg – eine vergleichende faunistischökologische Untersuchung (Hymenoptera: Apidae 25-31