

Diversität, Lebensraumpräferenzen und Blütenbesuch der Hummeln (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) in Vorarlberg (Österreich)

Bernhard SCHNELLER, Barbara-Amina GEREKEN-KRENN, Johann NEUMAYER, Silas BOSSERT & Harald W. KRENN

Vom 1. Juli bis 30. August 2012 konnten in Vorarlberg (Österreich) über 3500 Hummelindividuen, die sich auf 27 Hummelarten aufteilen, dokumentiert werden. Die Hummeln wurden zwischen 400 und 2780 m NN anhand einer Transektmethode an 407 Fundorten gesammelt. Basierend auf den gesammelten Daten wurden die Diversität in verschiedenen Lebensräumen, die Lebensraumpräferenzen sowie Informationen zum Blütenbesuch (besuchte Pflanzentaxa und funktionelle Blumentypen) der verschiedenen Hummelarten ausgewertet. Die Daten zeigten die größten Artenzahlen in Wäldern und walddnahen Lebensräumen. Im Gegensatz dazu wiesen Feuchtbiotope die geringsten Artenzahlen aller Biototypgruppen auf. Die mit Abstand höchsten Hummelabundanzten konnten in den Hochstaudenfluren beobachtet werden, dennoch erreichte hier der Shannon-Wiener-Index den niedrigsten Wert aller Biototypgruppen. Die Hummelabundanzten in den unterschiedlichen Lebensraumtypen der verschiedenen Biototypgruppen zeigten große Unterschiede für die gesamte Gattung *Bombus*, aber auch für die einzelnen Arten. Die meistbesuchten Pflanzentaxa waren *Aconitum* spp., *Cirsium spinosissimum* und *Trifolium pratense*. Körbchenblumen und Lippenblumen erwiesen sich als die am häufigsten besuchten funktionellen Blumentypen und die verschiedenen Hummelarten konnten in zwei Besuchergilden aufgeteilt werden. Die oligolektische Art *Bombus gerstaeckeri*, welche nur von der Gattung *Aconitum* Pollen sammelt, wurde auch auf *Cirsium spinosissimum* beobachtet.

SCHNELLER B., GEREKEN-KRENN B.A., NEUMAYER J., BOSSERT S. & KRENN H.W., 2014: Diversity, habitat preferences and flower visiting habits of the bumblebees (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) of Vorarlberg (Austria).

From 1 July to 30 August 2012, more than 3,500 bumblebees belonging to 27 species of the genus *Bombus* were observed in Vorarlberg (Austria). The specimens were collected at 407 localities at altitudes ranging from 400 to 2,780 m a.s.l., using a transect method. Based on the collected data, we analysed bumblebee diversity in different habitats, habitat preferences and flower visiting habits (plant taxa and functional flower types) for the different bumblebee species. The highest number of species were recorded in forests and habitats adjacent to forests. Conversely, wetland habitats showed the fewest species of all habitat type groups. By a substantial margin, tall herbaceous vegetation represented the habitats with highest bumblebee abundance; nevertheless, the Shannon-Wiener index was lower than in the other habitat type groups. The various habitats within the different habitat type groups showed great variation concerning bumblebee abundance of the whole genus, as well as of the individual species. Our data revealed that the most frequently visited flowering plant taxa were *Aconitum* spp., *Cirsium spinosissimum* and *Trifolium pratense*. An analysis of flower visits with reference to functional floral types indicated that composite and lipped floral types were most often visited by bumblebees and that the different *Bombus* species could be divided into two groups of guilds. The oligolectic species *Bombus gerstaeckeri*, which only collects pollen from the genus *Aconitum*, was also documented on *Cirsium spinosissimum*.

Keywords: *Bombus*, bumblebees, diversity, habitat preferences, flower visiting habits.

Einleitung

Hummeln zählen zu den wichtigsten Bestäubern von Blütenpflanzen und sind vor allem in der Paläarktis weit verbreitet (AMIET 1996, AMIET & KREBS 2012, GOKCEZADE et al. 2010, GOULSON 2010, HAGEN 1994, HEINRICH 1979, ISEBYT et al. 2008, MANINO et al. 2010, NEUMAYER 2005, NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990). Aufgrund ihrer Fähigkeit zur aktiven Thermoregulation (Endothermie) und ihrer isolierenden, dichten Behaarung (HEINRICH 1975, 1979) spielen Hummeln besonders in alpinen Gebieten eine essenzielle Rolle als Bestäuber, wo sie besonders divers vertreten sind. In Österreich konnten bisher 46 Hummelarten nachgewiesen werden, rezent gelten 44 Arten als bestätigt (GUSENLEITNER et al. 2012).

Neben dem Vorhandensein von Nistmöglichkeiten und der Höhenlage (AMIET 1996, ISEBYT et al. 2008, PITTIONI & SCHMIDT 1942, REINIG 1970) wurde die Bedeutung des Blütenangebots oftmals ins Zentrum der Hummelforschung gerückt. Es wird angenommen, dass das Blütenangebot den wichtigsten ökologischen Faktor bezüglich der Zusammensetzung von Hummelgemeinschaften darstellt (ISEBYT et al. 2008, REINIG 1970). Hummeln lassen sich anhand ihrer Rüssellänge in drei Gruppen einteilen: Hummeln mit kurzer, mittellanger und langer Proboscis. Im Laufe der Koevolution von Blütenpflanzen und Bestäubern entwickelten sich charakteristische morphologische Strukturen auf beiden Seiten. Durch ihren kurzen Rüssel ist es einigen Hummelarten nicht möglich, auf regulärem Wege an den Nektar sehr langröhrieger Pflanzen zu kommen. Forschungen zeigten, dass die Nektaraufnahme am effektivsten ist, wenn die Länge der Kronröhre der Länge der Proboscis entspricht (LUNDBERG & RANTA 1980). Da der Blütenbesuch von Hummeln auf individuellen Lernerfahrungen der einzelnen Tiere beruht und diese nach ökonomischen Prinzipien vorgehen (GOULSON 2010, HEINRICH 1979), bevorzugen Hummeln mit langer Proboscis großteils Blüten mit langen Kronröhren. Dadurch wurde eine Nischendifferenzierung bezüglich des Nahrungsangebotes der verschiedenen Hummelarten begünstigt.

Das Vorkommen bestimmter Pflanzentaxa ist oftmals charakteristisch für bestimmte Lebensräume und so wurde eine Vielzahl von Forschungstätigkeiten unternommen, um Lebensraumpräferenzen der einzelnen Hummelarten feststellen zu können (ISEBYT et al. 2008, NEUMAYER 2005, NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, PITTIONI 1938, PITTIONI & SCHMIDT 1942, REINIG 1970). Dennoch gelten die meisten Hummelarten als Generalisten bezüglich Lebensraum und Blütenwahl (GOULSON 2010).

Die vorliegenden Daten (ca. 3500 Datensätze) wurden 2012 im Zuge der Diplomarbeit des Erstautors (SCHNELLER 2014) gesammelt. Die Ergebnisse bezüglich der Diversität von Hummelgemeinschaften in verschiedenen Lebensräumen (Shannon-Wiener Index), der Lebensraumpräferenzen (Abundanzen) sowie dem Blütenbesuch (Pflanzentaxa und Blumentypen) der Hummeln Vorarlbergs werden hier nun präsentiert.

Material und Methodik

Untersuchungsgebiet

Vorarlberg stellt das westlichste und mit einer Fläche von 2601 km² zweitkleinste Bundesland Österreichs dar (http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/umwelt_zukunft/umwelt/natur-undumweltschutz/weitereinformationen/daten_fakten/naturraumvorarlberg.htm). Nördlich im zentralen Alpenbogen gelegen, weist Vorarlberg eine ganz besondere Geo-

graphie und Geologie auf. Rund zwei Drittel der Fläche des im Volksmund als „Ländle“ bezeichneten Bundeslands liegen auf über 1000 m, ein Viertel liegt im Bereich zwischen 1500 und 2000 m und rund 16% der Fläche liegen sogar auf über 2000 m. Nordwestlich bilden das Alpenrheintal und der Walgau die Haupttäler Vorarlbergs. Die hier früher großflächig ausgeprägte Sumpflandschaft wurde durch die Rhein- und Illregulierung stark zurückgedrängt, so dass diese Gebiete heutzutage die am dichtesten besiedelten Teile Vorarlbergs darstellen. Im Süden und Osten grenzen das Rheintal und der Walgau an sehr diverse Gebirgslandschaften an. Sehr allgemein gesprochen, nimmt die Höhe der Gebirge in Vorarlberg von Norden nach Süden zu und erreicht in der Silvretta mit dem Piz Buin (3312 m) ihr Maximum. Die Geologie Vorarlbergs unterscheidet sich laut FRIEBE (2007) in einigen Punkten von der des übrigen Österreichs: In Vorarlberg tauchen die Westalpen unter die Ostalpen ab, die Molassezone bildet Berge, keine Ebenen, und das Helvetikum ist nirgendwo im Rest von Österreich so dominant ausgeprägt. Weiters charakterisieren Flyschzone und Kristallin Vorarlbergs Geologie. Teils kommen in Vorarlberg gänzlich unterschiedliche Gesteine nebeneinander vor, weshalb eine klare Einteilung der Fundorte im Dreieck Lünensee-Golm-Gargellen nach kalkigem bzw. saurem Untergrund nicht immer möglich war.

Datenaufnahme

Die Feldforschung zu der vorliegenden Studie fand vom 1. 7. 2012 bis zum 30. 8. 2012 statt. An insgesamt 30 Tagen (je 15 im Juli und August) wurden die Hummeln Vorarlbergs anhand einer Transektmethode untersucht (Abb. 1). Die Anzahl der Transekte belief sich auf 407 und erstreckte sich über knapp 160 km. Jeder Transekt wurde nur einmal besammelt.

Für die Feldforschung wurden bewusst die Sommermonate Juli und August ausgewählt, da hier die meisten Völker ihr Maximum an Individuenzahlen erreichen, und deshalb sowohl in Tallagen als auch im Gebirge hohe Hummeldichten zu erwarten waren. Phänologische Aspekte standen nicht im Mittelpunkt der Untersuchungen.

Die Transekte befanden sich entlang von Wanderwegen (Pfadern), Forstwegen und Straßen. Die Transektbreite wurde nicht festgelegt, sondern es wurden alle Hummeln dokumentiert, welche qualitativ und quantitativ erfassbar waren. In der Regel wurde aber eine

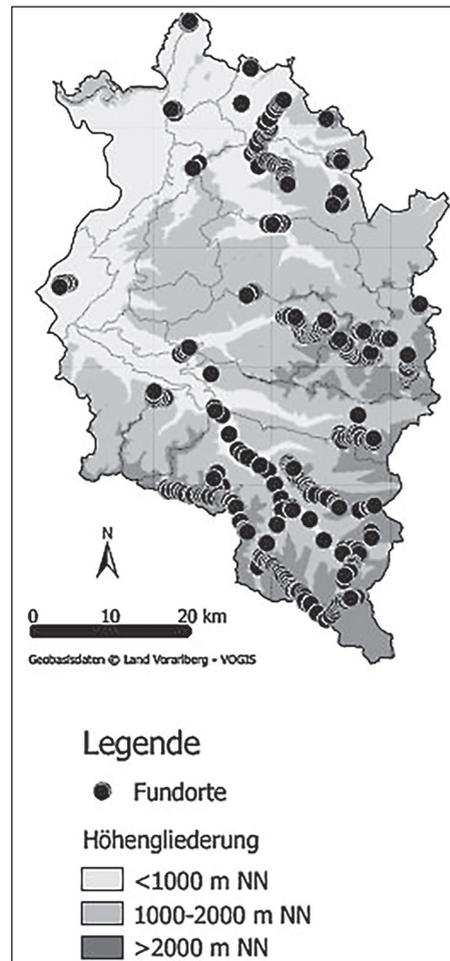


Abb. 1: Fundorte (n = 407) in Vorarlberg (Österreich). – Fig. 1: Localities (n = 407) in Vorarlberg (Austria)

Tab. 1: Summe der Transektlängen in den Biotoptypgruppen und den dazu gehörigen Biotoptypen. Gesamtanzahl der Transekte = 407. – Tab. 1: Total transect lengths in the habitat type groups and the corresponding habitat types. Total number of transects = 407.

Biotoptypgruppen und Biotoptypen	Σ Transektlängen (m)
Biotoptypen an und über der Waldgrenze	44790
alpine Rasen auf Kalk	4730
alpine Rasen auf Kalk/Silikat	4310
alpine Rasen auf Silikat	8660
Fels-, Schuttflur-, Polstergesellschaften	8330
Latschengebüsche	340
Zwergstrauchheiden auf Kalk	990
Zwergstrauchheiden auf Silikat	13510
Zwergstrauchheiden auf Kalk/Silikat	3920
Feuchtbioptop	4600
Feuchtbioptop	4600
Hochstauden	15600
Hochstaudenfluren auf Kalk	1620
Hochstaudenfluren auf Kalk/Silikat	1100
Hochstaudenfluren auf Silikat	990
hochstaudenreiche Alpweiden auf Kalk	4450
hochstaudenreiche Alpweiden auf Kalk/Silikat	5320
hochstaudenreiche Alpweiden auf Silikat	2120
Ruderalflächen	16260
Siedlungsgebiete	7840
Straßenränder	8420
Wälder, Waldränder, Säume und Gebüsch (submontan – subalpin)	39040
Laubwälder, submontan - montan	470
Mischwälder, submontan - montan	3660
Nadelwälder, subalpin	5070
Nadelwälder, submontan - montan	1650
Schlagfluren	550
Waldränder, subalpin	300
Waldränder, submontan - montan	6290
Waldwegränder, subalpin	3440
Waldwegränder, submontan - montan	17610
Wirtschaftsgrünland	39650
Alpweiden auf Kalk	15510
Alpweiden auf Kalk/Silikat	9420
Alpweiden auf Silikat	3760
Fettweiden	1540
Fettwiesen, gemäht	5710
Fettwiesen, ungemäht	3710
Σ der Transektlängen (m)	159940

Breite von 3 m nicht überschritten. An breiten Straßen oder Forstwegen wurde nur der Bereich auf einer Seite erfasst. Entlang schmaler Pfade oder beim Gehen abseits der Wege wurde auf beiden Seiten gesammelt. Höhenlage, Anfangs- und Endpunkt der Transekte wurden mittels GPS im Feld ermittelt.

Neben der maximalen Länge (500 m) bzw. Höhendifferenz (100 m) stellte die Homogenität des Lebensraums das wichtigste Kriterium für die Abgrenzung der einzelnen Transekte dar. Um die Lebensräume der Hummeln zu beschreiben, wurden sechs Biototypgruppen in insgesamt 32 Biototypen unterteilt (Tab. 1). Es handelt sich hierbei nicht um Biototypen im pflanzensoziologischen Sinne. Vielmehr wurde anhand bestehender Literatur (GRABHERR & POLATSCHKE 1986, MERTZ 2000, MERTZ 2008) und Forschungsarbeiten (NEUMAYER 2005, NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999) ein eigenes Schema entwickelt, um die Untersuchungsflächen verschiedenen Biototypgruppen und Biototypen zuordnen zu können (Tab. 1). Um die Verzahnung der verschiedenen Lebensräume zu berücksichtigen, erwies sich die Beschreibung von Ökotonen (z. B. Waldwegrand, Waldrand) als sinnvoll. Falls möglich, wurden die Fundorte der Biototypen an und über der Waldgrenze, der Alpweiden sowie der Hochstauden kalkigem bzw. saurem Untergrund zugeteilt. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass bei der Zuordnung der Transekte zu den einzelnen Lebensräumen die für Hummeln wichtigen Aspekte (Blütenpflanzen) mehr Gewichtung erhielten, d. h. ein Hochmoor mit großen entomophilen *Calluna*-Beständen wurde als Zwergstrauchheide bezeichnet (für eine detailliertere Erläuterung hierzu siehe SCHNELLER 2014).

Die Bestimmung der Hummeln erfolgte zum überwiegenden Teil im Freiland anhand des Feldbestimmungsschlüssels von GOKCEZADE et al. (2010). Falls eine zweifelsfreie Bestimmung im Feld nicht möglich war, wurden die Hummeln abgetötet und anschließend mit einem Stereomikroskop unter Zuhilfenahme der Literatur von MAUSS (1994), AMIET (1996) und NEUMAYER (unveröffentl.) bestimmt. Bei der Feldbestimmung der weiblichen Tiere erwies sich die Unterscheidung der einzelnen Arten von *Bombus* (*Bombus*) spp. (*B. terrestris*, *B. lucorum*, *B. cryptarum*, *B. magnus*) als problematisch. Deshalb wurden diese zu einer Gruppe zusammengefasst und als *Bombus* (*Bombus*) spp. bzw. *Bombus terrestris-lucorum*-Komplex (TL-K) bezeichnet. Aus praktischen Gründen werden diese innerhalb der vorliegenden Arbeit teilweise als Art angesprochen, obwohl es sich hier um eine Untergattung handelt. Bei den Artenzahlen wurden *B. terrestris*, *B. lucorum* und *B. cryptarum* als eigene Arten gezählt, da genetische Untersuchungen in den Jahren 2012 und 2013 alle diese Arten für Vorarlberg bestätigt hatten (BOSSERT 2014).

Beim Blütenbesuch wurden zwar Aufzeichnungen bezüglich des Verhaltens (z. B. Pollensammelnd, Nektar saugend, etc.) vorgenommen, es wurden aber keine Pollenanalysen durchgeführt. Aus diesem Grund wurden diese Daten nicht in die vorliegende Arbeit integriert. Eine Ausnahme bildet hier die Anmerkung bei *B. gerstaeckeri* (siehe Kapitel: Besuchte Pflanzentaxa).

Die von Hummeln besuchten Blütenpflanzen wurden mindestens auf Gattungsniveau determiniert (Tab. 6). Oft wurden innerhalb einer Gattung einige, aber nicht alle Pflanzen auf Artniveau bestimmt. So wurde z. B. *Campanula barbata* auf Artniveau bestimmt, die anderen Campanulaceae jedoch nur auf Gattungsniveau, d. h. *Campanula* spp. beinhaltet mehrere Arten, nicht jedoch *Campanula barbata*.

Tab. 2: 2012 in Vorarlberg nachgewiesene Hummelarten und die in dieser Arbeit verwendeten Abkürzungen. Die Anzahl der Individuen für jede Art und deren prozentueller Anteil an der Gesamtindividuenzahl aller Hummelarten sind angeführt. – Tab. 2: Bumblebee species confirmed in Vorarlberg in 2012 and the corresponding abbreviations used in this paper. The number of specimens and the percentage of the total number of specimens are provided for all species.

Arten	Abkürzung	Σ Individuen	Anteil (%)
<i>Bombus alpinus</i> (Linnaeus, 1758)	alp	1	0,03
<i>Bombus barbutellus</i> (Kirby, 1802)	bar	2	0,06
<i>Bombus bohemicus</i> Seidl, 1838	boh	6	0,17
<i>Bombus campestris</i> (Panzer, 1801)	cam	1	0,03
<i>Bombus flavidus</i> Eversmann, 1852	fla	1	0,03
<i>Bombus gerstaeckeri</i> Morawitz, 1882	ger	162	4,58
<i>Bombus hortorum</i> (Linnaeus, 1761)	hor	156	4,41
<i>Bombus hypnorum</i> (Linnaeus, 1758)	hyp	12	0,34
<i>Bombus jonellus</i> (Kirby, 1802)	jon	3	0,08
<i>Bombus lapidarius</i> (Linnaeus, 1758)	lap	15	0,42
<i>Bombus mendax</i> Gerstaecker, 1869	men	93	2,63
<i>Bombus mesomelas</i> Gerstaecker, 1869	mes	1	0,03
<i>Bombus monticola</i> (Smith, 1879)	mon	252	7,12
<i>Bombus mucidus</i> (Gerstaecker, 1869)	muc	27	0,76
<i>Bombus norvegicus</i> (Sparre-Schneider, 1918)	nor	2	0,06
<i>Bombus pascuorum</i> (Scopoli, 1763)	pas	445	12,57
<i>Bombus pratorum</i> (Linnaeus, 1761)	pra	91	2,57
<i>Bombus pyrenaicus</i> Pérez, 1879	pyr	444	12,54
<i>Bombus ruderarius</i> (Müller, 1776)	rudr	11	0,31
<i>Bombus rupestris</i> (Fabricius, 1793)	rup	6	0,17
<i>Bombus (Bombus) spp.</i> (Linnaeus, 1761) ¹	TL-K	90	2,54
<i>Bombus sichelii</i> Radoszkowski, 1859	sic	47	1,33
<i>Bombus soroensis</i> (Fabricius, 1776)	sor	376	10,62
<i>Bombus sylvestris</i> (Lepeletier, 1832)	sylve	4	0,11
<i>Bombus wurflenii</i> Radoszkowski, 1859	wur	1292	36,50
Σ	27 Arten	3540	100

¹ *Bombus (Bombus) spp.* enthält die Arten *B. cryptarum*, *B. lucorum* und *B. terrestris*.

Die Blütenpflanzen wurden verschiedenen Blumentypen zugeteilt (Tab. 6, Abb. 2). Es handelt sich hierbei um Funktionstypen und nicht um eine Einteilung nach systematisch-taxonomischen Kriterien. Die Klassifikation richtet sich nach NEUMAYER & PAULUS (1999).

Datenauswertung

Die gesammelten Daten wurden in BIOOFFICE 2.0.10 (entwickelt und publiziert vom Tiroler Landesmuseum; nähere Informationen unter www.biooffice.at) eingegeben. Anschließend wurden sie in Excel 2010 importiert und ausgewertet. Die Abundanzen sind immer als Hummeln/km Transektlänge angegeben. Bei den Abundanzberechnungen wurden nur jene Hummelarten berücksichtigt, die mit mindestens 10 Individuen (Biotopgruppen und Blumentypen) bzw. 25 Individuen (Biotoptypen) vertreten waren. Diversitäts- und Korrelationsberechnungen wurden mit Excel 2010 durchgeführt. Der Shannon-Wiener-Index wurde auf Basis \log_2 erstellt.

Ergebnisse

Artenspektrum und Individuenzahlen

Im Untersuchungszeitraum konnten in Vorarlberg 3540 Individuen von insgesamt 27 verschiedenen Hummelarten nachgewiesen werden (Tab. 2). *Bombus (Bombus)* spp. enthält die drei Arten *Bombus terrestris*, *B. lucorum*, *B. cryptarum*.

Diversität in den Biotoptypgruppen

Die Artenzahlen in den verschiedenen Biotoptypgruppen waren im Allgemeinen, mit Ausnahme der Feuchtbiopte, recht ähnlich (Tab. 3). Die höchste Artenzahl ($n = 20$) wurde in Wäldern und waldnahen Lebensräumen festgestellt. Auf Wirtschaftsgrünland konnten 18 Arten dokumentiert werden und in den Hochstauden, Ruderalflächen und Biotoptypen an und über der Waldgrenze kamen je 16 Arten vor. Mit nur sieben Arten repräsentierten Feuchtbiopte die Biotoptypgruppe mit der geringsten Artenzahl. Der Shannon-Wiener-Index (Tab. 3) ergab sehr ähnliche Werte für Wirtschaftsgrünland ($H' = 2,76$), Wälder und waldnahe Lebensräume ($H' = 2,75$), Ruderalflächen ($H' = 2,74$) und Biotoptypen an und über der Waldgrenze ($H' = 2,73$). Die geringste Diversität verzeichneten die Hochstauden ($H' = 2,16$). Die höchste Evenness wurde in der Biotoptypgruppe mit der geringsten Artenzahl (Feuchtbiopte) festgestellt. Obwohl sie nicht einmal die Hälfte der Artenzahl, verglichen mit den Hochstauden aufwiesen, erreichten die Feuchtbiopte aufgrund der höheren Äquität einen höheren Diversitätsindex. Die Evenness in den Biotoptypgruppen mit hoher Artenzahl war mit Ausnahme von den Hochstauden und Feuchtbiotopen recht ausgeglichen (Tab. 3). Diversität und Artenzahl in den Biotoptypgruppen korrelieren nicht signifikant miteinander ($r = 0,51$).

Tab. 3: Hummeldiversität in den verschiedenen Biotoptypgruppen: Shannon-Wiener Index (H'), Evenness und Artenzahl. – Tab. 3: Bumblebee diversity in the different habitat type groups: Shannon-Wiener index (H'), Evenness and number of species.

Biotoptypgruppen	H'	Evenness	Artenzahl
Biotoptypen an und über der Waldgrenze	2,73	0,76	16
Feuchtbiopte	2,38	0,85	7
Hochstauden	2,16	0,58	16
Ruderalflächen	2,74	0,74	16
Wälder, Waldränder, Säume und Gebüsche, submontan - subalpin	2,75	0,70	20
Wirtschaftsgrünland	2,76	0,71	18

Abundanzen in den Biotoptypgruppen

Die mit Abstand höchste Hummelabundanz konnte in den Hochstauden nachgewiesen werden (Tab. 4). Mit 82,56 Individuen/km (Ind./km) ist die durchschnittliche Abundanz mehr als viermal größer als in den Ruderalflächen (19,86 Ind./km), welche die zweitgrößte Dichte aufwiesen. In den Biotoptypen an und über der Waldgrenze beträgt die Hummelabundanz 19,25 Hummeln/km, gefolgt von der Biotoptypgruppe Wirtschaftsgrünland (13,69 Ind./km) und den Wäldern und waldnahen Lebensräumen (12,50 Ind./km). Mit 7,83 Hummeln/km stellen Feuchtbiopte die Biotoptypgruppe mit der niedrigsten Abundanz dar.

Die Mehrheit der 15 häufigsten Hummelarten innerhalb dieser Untersuchung kam im Großteil der Biotoptypgruppen vor (Tab. 4), die Abundanzen in den Biotoptypgruppen

zeigten aber teils deutliche Unterschiede. Sieben Arten kamen in 100 % (*B. wurflenii*, *B. soroensis*, *B. sichelii*, *B. pyrenaeus*, *B. pratorum*, *B. pascuorum* und *B. monticola*) vier Arten in knapp 85 % (*Bombus hortorum*, *Bombus (Bombus) spp.*, *B. mucidus* und *B. mendax*), zwei Arten in über 65 % (*B. gerstaeckeri*, *B. lapidarius*), eine Art in 50 % (*B. ruderarius*) und eine Art in knapp 35 % (*B. hypnorum*) der Biotoptypgruppen vor. *Bombus wurflenii* war in den meisten Lebensraumtypen zahlenmäßig stark vertreten und wies in den Hochstauden mit 47 Ind./km eine über viermal höhere Abundanz auf als *B. gerstaeckeri*, die hier die zweithöchste Abundanz verzeichnen konnte (Tab. 4). *Bombus gerstaeckeri* zeigte die am stärksten ausgeprägte Spezialisierung. An *Aconitum*-Bestände gebunden, wurde eine Abundanz von 9,55 Ind./km in den Hochstauden nachgewiesen (Tab. 4). Die Abundanzwerte dieser Art in den anderen Biotoptypgruppen lagen bei etwa 0,2 Ind./km.

Tab. 4: Abundanzwerte (Individuen/km Wegstrecke) aller Hummeln (allgemein) und der einzelnen Hummelarten in den verschiedenen Biotoptypgruppen. Für alle Arten wurde der jeweils höchste Wert fett gedruckt. – Tab. 4: Abundance (specimens/km walking distance) of all bumblebees (allgemein) and the different bumblebee species in the various habitat type groups. Bold: highest value for each species.

Biotoptypgruppen						
Arten	Biotoptypen an und über der Waldgrenze	Feuchtbiootope	Hochstauden	Ruderalflächen	Wälder, Waldbränder, Säume und Gebüsche (submontan – subalpin)	Wirtschaftsgrünland
allgemein	19,25	7,83	82,56	19,86	12,50	13,69
ger			9,55	0,18	0,23	0,03
hor	0,09		2,56	1,23	1,97	0,38
hyp					0,2	0,1
lap	0,02			0,12	0,13	0,18
men	1,43		1,22	0,18	0,03	0,15
mon	4,15	0,65	2,05	0,92	0,13	0,28
muc	0,09		0,51	0,06	0,15	0,2
pas	0,02	0,22	0,32	8,49	5,4	2,24
pra	0,29	0,87	0,96	0,55	0,77	0,5
pyr	5,14	2,17	8,91	1,97	0,31	0,53
rudr			0,06		0,03	0,23
sic	0,4	0,22	0,96	0,18	0,05	0,2
sor	1,65	1,09	8,01	1,72	0,97	2,67
TL-K	1,25		0,32	0,62	0,31	0,18
wur	4,47	2,61	46,99	3,32	1,66	5,75

Abundanzen in den Biotoptypen

Die Hummelabundanzen in den verschiedenen Biotoptypen (Tab. 5) der einzelnen Biotoptypgruppen zeigten teils deutliche Unterschiede. Bei den Hochstauden reichte die durchschnittliche Abundanz von 20 Hummeln/km in den Hochstaudenfluren auf Kalk/Silikat bis zu 170,79 Ind./km in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk. Bei den

Biotoptypen an und über der Waldgrenze konnte die höchste Hummelabundanz von 53,36 Ind./km auf den alpinen Rasen auf Kalk/Silikat verzeichnet werden. Auf Silikat wiesen die Zwergstrauchheiden eine über doppelt so hohe Hummelabundanz auf als auf Kalk. Die niedrigste Abundanz in dieser Biotoptypgruppe wurde in den Fels-, Schuttflur- und Polstergesellschaften festgestellt (1,68 Hummeln/km). Bei den Ruderalflächen konnte an Straßenrändern eine Abundanz von 25,65 und in Siedlungsgebieten von 13,65 Ind./km festgestellt werden. Bei den Wäldern, Waldrändern, Säumen und Gebüsch (submontan – subalpin) zeigte sich eine deutliche Tendenz zu niedrigeren Abundanzen in geschlossenen Wäldern (Ind./km: Laubwald: 2,13; Mischwald 3,83; Nadelwald 4,73). Im Gegensatz dazu wiesen Waldwegränder und Waldränder (subalpin) deutlich höhere Hummeldichten auf. Schlagfluren und Waldränder (submontan – montan) verzeichneten sogar 20,0 bzw. 24,48 Hummeln/km. Die Biotoptypgruppe Wirtschaftsgrünland veranschaulicht die Bedeutung der menschlichen Landschaftsgestaltung für die Lebensraumnutzung von Hummeln sehr deutlich. Ungemähte Fettwiesen kamen auf fast 30 Hummeln/km. Andererseits wurden auf gemähten Fettwiesen durchschnittlich gerade einmal 4 Ind./km gesichtet. Die Alpweiden erreichten auf Kalk eine fast viermal höhere Hummeldichte als auf Silikat. Die Abundanz in den Feuchtbiotopen lag bei 7,83 Ind./km.

Wie aus Tab. 5 ersichtlich, gab es innerhalb der einzelnen Biotoptypgruppen große Unterschiede bezüglich der Häufigkeit der verschiedenen Hummelarten. *Bombus gerstaeckeri* erreichte mit 32,13 Ind./km die höchste Abundanz in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk, fehlte aber in fast allen anderen Biotoptypen (außer Hochstaudenfluren auf Kalk) dieser Biotoptypgruppe. *Bombus hortorum* verzeichnete die höchste Abundanz ($n = 8,31$) ebenfalls in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk. Im Gegensatz dazu wurde von dieser Art durchschnittlich weniger als 1 Individuum/km in Hochstaudenfluren auf Kalk und hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk/Silikat angetroffen. Die Hochgebirgsart *Bombus mendax* war am häufigsten auf alpinen Rasen auf Kalk/Silikat ($n = 9,98$), fehlte aber auf alpinen Rasen auf Silikat. *Bombus monticola* erreichte die höchste Abundanz in den Zwergstrauchheiden ($n = 8,89$). In Wäldern und waldnahen Lebensräumen kam sie aber nur an subalpinen Waldwegrändern vor. *Bombus mucidus* erreichte mit 0,75 Ind./km die höchste Abundanz in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk/Silikat. Auf alpinen Rasen wurde sie nur auf Kalk/Silikat nachgewiesen. *Bombus pascuorum* kam in den Biotoptypen an und über der Waldgrenze nur in Latschengebüsch vor. Die höchsten Abundanzen der Ackerhummel konnten in den Schlagfluren dokumentiert werden. *Bombus pratorum* war am häufigsten auf *Epilobium angustifolium* in den Hochstaudenfluren auf Kalk/Silikat. *Bombus pyrenaicus* erreichte die höchste Abundanz in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk ($n = 18,65$). Abundanzen von *B. sichelii* erreichten mit 2,63 Ind./km ihr Maximum in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk/Silikat. Diese Art wurde auf den Ruderalflächen nur an Straßenrändern und in den Wäldern und waldnahen Lebensräumen nur an Waldwegrändern (subalpin) angetroffen. *Bombus soroeensis* zeigte die höchsten Abundanzen in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk. Die Häufigkeiten innerhalb der Biotoptypgruppe Wirtschaftsgrünland fielen deutlich zugunsten der Alpweiden auf Kalk aus. *Bombus (Bombus) spp.* (TL-K) war am häufigsten in den Zwergstrauchheiden auf Kalk, kam in den Hochstauden aber nur auf hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk/Silikat vor. *Bombus wurflenii* erreichte mit 108,02 Ind./km die höchste Abundanz aller Hummeln in den Hochstaudenfluren auf Kalk. Im Gegensatz dazu konnten aber nur 0,91 Ind./km in Hochstaudenfluren auf Kalk/Silikat festgestellt werden. *Bombus wurflenii* zeigte in den Wäl-

Tab. 5: Abundanz (Humme/km Wegstrecke) der 12 häufigsten Hummelarten in den einzelnen Biotoptypen. Der höchste Wert für jede Art wurde fett gedruckt. – Tab. 5: Abundance (bumblebees/km walking distance) of the 12 most frequent bumblebee species in the different habitat types. Bold: highest value for each species.

Biotoptypen	allgemein	ger	hor	men	mon	muc	pas	pra	pyr	sic	sor	TL-K	wur
alpiner Rasen auf Kalk	10,15			1,27	1,48				0,63	0,21	0,21	2,54	3,59
alpiner Rasen auf Kalk/Silikat	53,36			9,98	6,96	0,70		0,23	8,58	0,46	1,62	1,39	22,97
alpiner Rasen auf Silikat	11,32				1,62				5,08	0,92	1,39	0,12	2,08
Alpweide auf Kalk	19,21	0,06	0,58	0,19	0,26	0,19	0,84	0,32	0,19	0,06	5,42	0,13	10,38
Alpweide auf Kalk/Silikat	8,07		0,11	0,21	0,21	0,32	0,64	0,64	1,49	0,74	1,70	0,11	1,49
Alpweide auf Silikat	5,59				0,80	0,53		1,06	0,53		0,80		1,60
Fels-, Schuttflur, Polstergesellschaft	1,68				0,96				0,24			0,36	
Fettweide	9,74		1,30				6,49						1,30
Fettwiese, gemäht	4,03		0,18		0,18		3,68						
Fettwiese, ungemäht	29,65		0,54	0,27	0,27		10,51	1,35	0,54		0,81	1,08	12,13
Feuchtbiotop	7,83				0,65		0,22	0,87	2,17	0,22	1,09		2,61
Hochstaudenflur auf Kalk	127,78	3,70	0,62				0,62	0,62	9,26		4,94		108,02
Hochstaudenflur auf Kalk/Silikat	20,00			0,91			1,82	5,45	0,91		9,09		0,91
Hochstaudenflur auf Silikat	40,40			1,01					3,03		8,08		28,28
hochstaudenreiche Alpweide auf Kalk	170,79	32,13	8,31	0,22	0,22	0,67	0,45	0,22	18,65		11,24		98,65
hochstaudenreiche Alpweide auf Kalk/Silikat	33,65		0,38	3,20	5,64	0,75		1,32	5,45	2,63	7,89	0,94	5,26
hochstaudenreiche Alpweide auf Silikat	37,74			0,47	0,47				3,77	0,47	3,30		29,25
Latschengebüsch	5,88						2,94	2,94					
Laubwald, submontan - montan	2,13						2,13						
Mischwald, submontan - montan	3,83		0,55				2,73	0,27					
Nadelwald, subalpin	4,73					0,59	0,39	1,38	0,39		1,18	0,20	0,39
Nadelwald, submontan - montan	9,09		3,03				0,61	2,42	0,61		0,61		
Schlagflur	20,00						12,73	1,82				1,82	
Siedlungsgebiet	13,65		1,53				7,91	0,64	0,13		0,51	1,15	1,79
Straßenrand	25,65	0,36	0,95	0,36	1,78	0,12	9,03	0,48	3,68	0,36	2,85	0,12	4,75
Waldrand, subalpin	3,33						3,33						
Waldrand, submontan - montan	24,48		5,56				10,81	0,95			1,75	0,95	3,50
Waldwegrand, subalpin	13,08			0,29	0,87	0,58	0,58		1,16	0,58	3,78	0,29	4,65
Waldwegrand, submontan - montan	12,66	0,51	1,99		0,11	0,06	6,81	0,57	0,28		0,40	0,11	1,42
Zwergstrauchheide auf Kalk	14,14			1,01	4,04				1,01		1,01	3,03	4,04
Zwergstrauchheide auf Kalk/Silikat	13,01			0,51	0,51	0,26		0,77	3,32	0,26	3,06		4,08
Zwergstrauchheide auf Silikat	29,98		0,30	0,89	8,96		0,59	9,62	3,40	0,44	3,03	2,29	3,40

dern und waldnahen Lebensräumen eine deutliche Tendenz für nicht komplett geschlossene Wälder (Tab. 5).

Eine Dominanz einzelner Arten zeichnete sich in bestimmten Biotoptypen ab. So war *B. pyrenaicus* klar die häufigste Hummel auf alpinen Rasen auf Kalk. Auf Alpweiden auf Kalk waren dies v. a. *B. wurflenii* und *B. soroensis*. *Bombus pascuorum* dominierte auf Fettweiden, auf ungemähten Fettwiesen kam aber auch *B. wurflenii* häufig vor. In allen Biotoptypen der Hochstaudenflächen, mit Ausnahme von Hochstaudenfluren auf Kalk/Silikat, zeigte *B. wurflenii* die mit Abstand höchsten Abundanzen aller Hummeln. *Bombus pascuorum* dominierte in allen Lebensräumen, die den Ruderalflächen zugeordnet worden waren und zudem an submontanen – montanen Waldwegrändern. *Bombus pratorum* wurde als einzige Hummelart an subalpinen Waldrändern nachgewiesen.

Blütenbesuch

Besuchte Pflanzentaxa in den Biotoptypgruppen

Insgesamt wurden im Zuge dieser Forschungsarbeit Hummeln an 78 unterschiedlichen Pflanzentaxa beobachtet (Tab. 6). Von den 3540 Individuen wurden 3455 auf Pflanzen gesammelt. Die beiden mit Abstand am häufigsten besuchten Pflanzentaxa waren *Aconitum* spp. (n = 555) und *Cirsium spinosissimum* (n = 460). Zum überwiegenden Teil wuchsen diese Pflanzen in der Biotoptypgruppe Hochstauden. *Trifolium pratense* (n = 312) kam zwar auch in den Hochstauden vor, wurde aber in den Biotoptypen an und über der Waldgrenze (n = 66), Ruderalflächen (n = 66) und Wirtschaftsgrünland (n = 106) häufiger besucht als in den Hochstauden. Im Vergleich zu den anderen *Trifolium*-Arten (*T. badius*, *T. repens*) erhielt *T. pratense* etwa siebenmal mehr Hummelbesuche. Auch in anderen Pflanzengattungen konnten große Unterschiede in der Attraktivität einzelner Arten festgestellt werden (Tab. 6): Die beiden *Rhododendron*-Arten *R. ferrugineum* (n = 244) und *R. hirsutum* (n = 19) zeigen hier wohl den größten Unterschied. In der Gattung *Vicia* wurde *Vicia cracca* (n = 58) über sechsmal öfters besucht als *Vicia sepium*. Die fünf meist besuchten Pflanzentaxa erhielten zusammen 1685 Hummelbesuche. Dies entspricht einem Anteil von 49 % an der Gesamtanzahl der beobachteten Blütenbesuche. Insgesamt kamen 8 Pflanzentaxa auf über 100 Blütenbesuche, 9 Taxa auf über 50, 23 Taxa auf über 10 und 38 Taxa wurden weniger als zehnmal von Hummeln besucht.

Blumentypen

Mit 1464 Blütenbesuchen (42,4 %) wurden Hummeln am häufigsten an Köpfchen- und Körbchenblumen (z. B. *Cirsium*, *Carduus*, *Trifolium*) beobachtet (Abb. 2). Lippenblumen (z. B. *Aconitum*, *Impatiens*, *Lamium*) konnten 1073 Besuche (31,1 %) verzeichnen. Trichter- und Schiffchenblumen kamen auf 385 (11,1 %) bzw. 212 (6,1 %) Besucher. An Scheiben- und Schalenblumen (n = 116; 3,4 %), Glöckchenblumen (n = 110; 3,2 %), Glockenblumen (n = 65; 1,9 %) und Stieltellerblumen (n = 30; 0,9 %) konnten zusammen 9,3 % der Blütenbesuche dokumentiert werden (Abb. 2).

Beim Blütenbesuch an verschiedenen Blumentypen zeigten sich einige Arten wie *B. wurflenii* sehr generalistisch. Zwar bestehen bei dieser Art große Unterschiede bezüglich der Häufigkeit, mit der bestimmte Blumentypen besucht wurden, jedoch konnte *B. wurflenii* an allen Blumentypen beobachtet werden (Abb. 2). Eine Präferenz für Lippen-, Köpfchen- und Körbchenblumen und Trichterblumen lässt sich jedoch erkennen. *Bombus* (*Bombus*) spp.

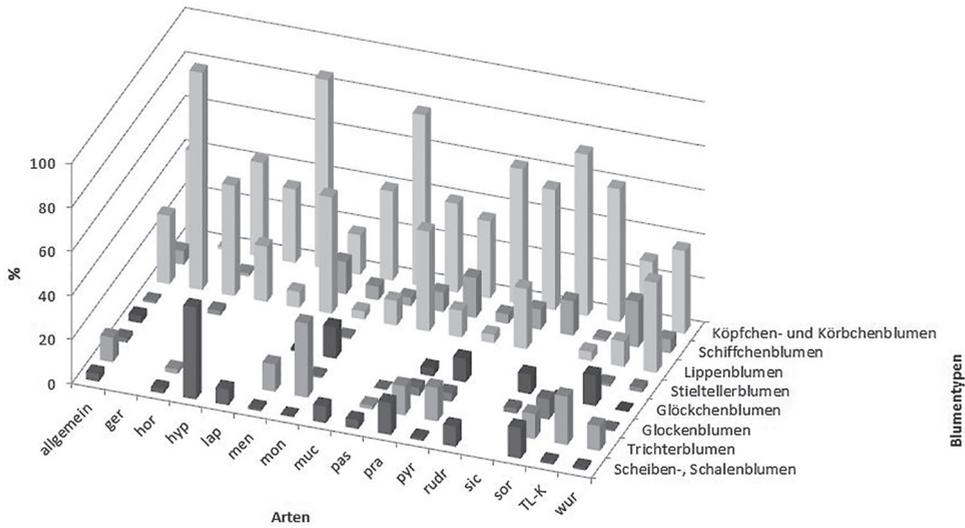


Abb. 2: Prozentueller Anteil der Blütenbesuche an den verschiedenen Blumentypen aller Hummeln (allgemein) und der 15 häufigsten Hummelarten Vorarlbergs aus dem Jahre 2012. – Fig. 2: Percentage of flower visits according to different flower types of all bumblebees (allgemein) and of the 15 most frequent bumblebee species in 2012.

zeigte hier geringere Unterschiede, wurden jedoch nicht an Glockenblumen gesichtet. Im Unterschied dazu wurde keine andere Hummelart so oft an Glockenblumen beobachtet wie *B. soroeensis*, welche nur nicht auf Stieltellerblumen vorkam. Stieltellerblumen wurden nur von 4 der 15 häufigsten Arten besucht (Abb. 2). Interessanterweise gehören aber zwei davon (*Bombus (Bombus) spp.*, *B. wurflenii*) zu den eher kurzrüsseligen Arten. Genau diese beiden Arten wurden jedoch vermehrt bei Nektarraub beobachtet. Von *B. gerstaeckeri* wurden von 160 Blütenbesuchen 158 an Lippenblumen notiert. Nur zweimal kam diese Art auf *Cirsium spinosissimum* vor. Eines der Individuen war ein Männchen, das andere eine Arbeiterin mit Pollenhöschchen. Es wurde jedoch keine Pollenanalyse durchgeführt. Neben *B. gerstaeckeri* zeigten sich v.a. *Bombus hypnorum*, *B. lapidarius*, *B. mucidus* und *B. ruderarius* als am wenigsten generalistisch (Abb. 2). Stielteller-, Glöckchen-, Glocken- und Trichterblumen wurden von diesen Arten nicht besucht. Bei allen letztgenannten Arten lässt sich eine Beeinflussung der Ergebnisse durch den relativ geringen Probenumfang jedoch nicht ausschließen.

Diskussion

Diversität und Artenzahlen in den verschiedenen Biotoptypgruppen

Die höchste Artenzahl ($n = 20$) wurde in der Biotoptypgruppe Wälder, Waldränder, Säume und Gebüsch (submontan – subalpin) festgestellt (Kapitel 3.2). Mit 18 Arten konnte NEUMAYER (2009) im Nationalpark Gesäuse und dem Admonter Becken ebenfalls ein Artenzahlenmaximum in dieser Biotoptypgruppe nachweisen. Wie der Name dieser Biotoptypgruppe impliziert, herrscht hier ein großer Strukturreichtum vor. Es bilden sich Übergänge von geschlossenen zu offenen Lebensräumen mit jeweils charakteristischem Blütenangebot. Zudem findet sich diese Biotoptypgruppe von 400 bis fast 1800 m NN.

Im Gegensatz dazu konnten in den Feuchtbiotopen nur 7 Hummelarten nachgewiesen werden. Auch erreichten die Abundanzen in dieser Gruppe vergleichsweise niedrige Werte. Zum einen bieten Feuchtbiotopie ein verhältnismäßig geringes Angebot an für Hummeln interessanten Blütenpflanzen (NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999) und zum anderen werden hier aufgrund der Feuchtigkeit hohe Ansprüche bezüglich des Nistplatzes, v. a. an Arten, die unterirdisch nisten, gestellt. Die Artenzusammensetzung der Hummeln war aber in keiner anderen Biototypgruppe so ausgeglichen wie in den Feuchtbiotopen. Da in Feuchtbiotopen der Tieflagen aber fast nicht gesammelt wurde, fehlen die beiden für diese Lebensräume charakteristischen und sehr seltenen Arten *B. muscorum* und *B. veteranus*, deren Nachweise die Evenness und somit auch den Diversitätswert deutlich nach unten verschoben hätten. Im Gegensatz dazu wiesen die Hochstauden zwar die höchste durchschnittliche Hummelabundanz auf, jedoch auch die geringste Evenness. Es muss aber nochmals darauf hingewiesen werden, dass sich die Biototypgruppe Hochstauden auf Hochstauden in Lagen von über 1000 m bezieht. Bestände von verschiedenen *Impatiens*-Arten, welche fast ausschließlich in tieferen Lagen auftreten, fallen großteils in die Biototypgruppe der Wälder und waldnahen Lebensräume. Aus diesem Grund fehlen in der Biototypgruppe Hochstauden einige Hummelarten des Tieflandes.

Ökologische Präferenzen

Lebensraumpräferenzen

Die mit Abstand höchsten Abundanzen konnten in den Hochstauden beobachtet werden (Tab. 4, 5). Dies stimmt mit Untersuchungen von NEUMAYER (2009) und NEUMAYER & PAULUS (1999) in anderen Regionen der österreichischen Ostalpen überein. Im Frühjahr nehmen Zwergsträucher eine zentrale Rolle ein, phänologisch gefolgt von den alpinen Rasen, und besonders im Hochsommer und im Herbst kommt es dann vermehrt zu Massenansammlungen von Hummeln an Hochstaudenfluren. Die Hummelpopulationen erreichen ihr Maximum und viele alternative Trachtpflanzen sind schon verblüht. In Vorarlberg wurden jedoch viel höhere Abundanzen (Hummeln/km) errechnet als in den übrigen Gebieten. Großteils ist dies auf Unterschiede in der Methodik zurückzuführen. Die Datengrundlage lässt nur semiquantitative Aussagen zu, da die Transektbreite nicht klar definiert wurde. Dennoch wurde festgestellt, dass in Vorarlberg 2012 im Gegensatz zu anderen Regionen Österreichs verhältnismäßig viele Hummeln beobachtet werden konnten (NEUMAYER pers. Beobachtung). Innerhalb der Hochstauden reichten die Abundanzen von 20 Hummeln/km in den Hochstaudenfluren auf Kalk/Silikat bis zu 170 Hummeln/km in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk (Tab. 5). Dies ist dadurch zu erklären, dass die hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk besonders intensiv in der zweiten Augushälfte begangen wurden. Zu dieser Zeit erreichten viele Nester ihren Entwicklungshöhepunkt und es flogen sehr viele Arbeiterinnen, Königinnen und Drohnen. Zudem blühten auf hochstaudenreichen Alpweiden erst zu dieser Zeit große Bestände von *Aconitum* spp. und *Carlina acaulis*, welche äußerst attraktive Pflanzen für Hummeln darstellen.

Ruderalflächen und Biototypen an und über der Waldgrenze kamen auf ca. 20 Hummeln/km. Innerhalb letzterer Gruppe fielen wiederum klare Unterschiede auf. Zwergstrauchheiden wiesen auf Silikat eine über doppelt so hohe Abundanz auf wie auf Kalk. Die Haupttrachtpflanzen waren in beiden Biototypen *Rhododendron*-Arten, jedoch konnte auf Sili-

kat auch eine Vielzahl von Hummeln auf *Calluna vulgaris* beobachtet werden, welche auf Kalk fehlt. Angesichts der äußerst komplexen Geologie Vorarlbergs war es aber nicht immer möglich, die Fundorte kalkigem oder saurem Untergrund zuzuordnen. Dennoch lässt sich erkennen, dass Flächen, auf denen kalkliebende und kalkmeidende Pflanzen nebeneinander vorkommen, höhere Hummelabundanzen aufwiesen als vergleichbare Flächen, die nur auf Silikat oder Kalk auftraten.

Wälder, Waldränder, Säume und Gebüsche (submontan – subalpin) wiesen zwar die höchsten Artenzahlen auf, die Abundanzen lagen aber recht deutlich unter jenen der Hochstauden und Biotoptypen an und über der Waldgrenze. Es zeigte sich hier eine deutliche Tendenz von niedrigen Abundanzen in geschlossenen Lebensräumen (z. B. Laubwald, Nadelwald) zu höheren Abundanzen in mit Licht durchfluteten Biotoptypen wie Waldrändern und Schlagfluren. Durch den Lichteinfall wird die Krautschicht gefördert und diese beinhaltet eine Vielzahl von für Hummeln relevanten Blütenpflanzen. Zudem wachsen an Waldrändern bzw. Waldwegrändern, im Gegensatz zu geschlossenen Wäldern, auch große Neophyten-Bestände. Besonders *Impatiens glandulifera* wurde sehr gerne von Hummeln besucht.

Auch sind die Abundanzen in der Biotoptypgruppe Wirtschaftsgrünland sehr unterschiedlich. Ungemähte Fettwiesen erreichten durchschnittlich eine über siebenmal höhere Abundanz als gemähte Fettwiesen. Der Grund lag hier sehr wahrscheinlich im Blütenangebot. So konnte im Untersuchungszeitraum mehrmals beobachtet werden, wie die Hummelabundanzen nach großflächiger Mahd einbrachen. Die Abundanzen auf Alpweiden auf Kalk lagen deutlich höher als auf Silikat. Wie bei den Hochstauden wurde hier im August mehr auf Kalk erfasst, als viele Völker ihre maximalen Individuenzahlen erreicht hatten, und v. a. blühte eine Vielzahl von Disteln, die intensiv von Hummeln besucht wurden. NEUMAYER (2009) konnte ein deutlich höheres mittleres Angebot an blühenden Pflanzenarten auf kalkigem als auf saurem Untergrund feststellen. Dies könnte zudem eine Erklärung für die unterschiedlichen Abundanzen sein.

Die Abundanzen der 15 (für Biotoptypgruppen) bzw. 12 (für Biotoptypen) häufigsten Hummelarten in den verschiedenen Lebensräumen bringen unterschiedliche Präferenzen zum Vorschein. So kommen *B. monticola*, *B. pascuorum*, *B. pratorum*, *B. pyrenaicus*, *B. sichelii*, *B. soroeensis* und *B. wurflenii* in allen Biotoptypgruppen vor. Am häufigsten war *B. monticola* auf Zwergstrauchheiden (Silikat) und alpinen Rasen auf Kalk/Silikat. Wie NEUMAYER (2009) und NEUMAYER & PAULUS (1999) feststellen konnten, bevorzugt diese Art Offenland. *Bombus pyrenaicus* bevorzugt ebenfalls Zwergstrauchheiden auf Silikat, kommt aber auch vermehrt auf hochstaudenreichen Alpweiden der höheren Lagen vor. Im Hinblick auf Lebensraumpräferenzen zeigt *Bombus sichelii* ein sehr ähnliches Muster wie *B. pyrenaicus*, die Abundanzen fallen aber allgemein deutlich niedriger aus. *Bombus pascuorum* zeigt Präferenzen für Ruderalflächen, Waldränder und Schlagfluren und weist eine beträchtliche ökologische Valenz auf (REINIG 1970). Zum einen findet sich diese Art oft in anthropogen veränderten Lebensräumen und zum anderen stellen Waldränder und Schlagfluren mit der meist üppigen Krautschicht und großen Neophyten-Beständen einen arten- und blütenreichen Lebensraum dar. *Bombus pratorum* zeigt recht ausgewogene Abundanzen in allen Biotoptypgruppen. Er weist einen weiten Höhengradienten auf und wurde am häufigsten an für kurzrüsselige Arten leicht zugänglichen Blüten in den Hochstauden und in Wäldern und walddahen Lebensräumen nachgewiesen (vgl. REINIG 1970). MÓCZÁR (in REINIG 1970) zählt *B. pratorum* zu den euryök-hylophilen Arten, was mit

den hier präsentierten Daten recht gut übereinstimmt. *Bombus soroensis* und *B. wurflenii* zeigen deutliche Präferenzen für Hochstaudenfluren, unterscheiden sich jedoch in Bezug auf den Blütenbesuch.

Bombus hortorum, *B. mendax*, *B. mucidus* und *Bombus (Bombus) spp.* konnten in allen Biotoptypgruppen, nur nicht in den Feuchtbiotopen, nachgewiesen werden. Dennoch scheint auch eine Besiedlung dieser Biotoptypgruppe durch diese Taxa möglich: *B. hortorum* ist ein Ubiquist mit einer beachtlichen ökologischen Valenz (REINIG 1970), der von den Tallagen bis auf über 2000 m NN aufsteigt. *Bombus mendax* und *B. mucidus* kommen bis in hohe Lagen, wo es zahlreiche Moore und Quellfluren gibt, vor. Auch konnte *B. mucidus* am Sonnenkopf mehrmals in unmittelbarer Nähe eines Hochmoores auf Alpweiden, Hochstauden und Zwergsträuchern dokumentiert werden. *Bombus (Bombus) spp.* enthält mehrere euryöke Arten mit einer großen ökologischen Valenz. So kommt z. B. *Bombus cryptarum* in Österreich in sehr feuchten, aber auch trockenen Gebieten von Tallagen bis in Gipfelregionen von über 2000 m vor (BOSSERT 2014). *Bombus mendax* zählt zu den Hochgebirgsarten und konnte dementsprechend oft auf alpinen Rasen und hochstaudenreichen Alpweiden (ISERBYT et al. 2008) beobachtet werden. Der Verbreitungsschwerpunkt von *B. mucidus* liegt in Vorarlberg im Vergleich etwas tiefer (SCHNELLER 2014), was auch die höhere Abundanz in den Hochstauden gegenüber den höher gelegenen Lebensräumen erklärt. *Bombus hortorum* wurde vermehrt in den Hochstauden (besonders auf Kalk) und in Wäldern und waldnahen Gebieten (REINIG 1970) dokumentiert. Bei letzteren konnte die höchste Abundanz an submontanen – montanen Waldrändern festgestellt werden. Generell wurde diese langrüsselige Art fast immer in großer Zahl angetroffen, wenn *Impatiens*-Bestände auftraten. *Bombus lapidarius* wurde am häufigsten auf Wirtschaftsgrünland beobachtet und fehlte als kurzrüsselige, eher wärmeliebende Art in den Hochstauden und den Feuchtbiotopen. Aufgrund der geringen Stichprobe (n = 15) sollte aber von einer Überinterpretation der Ergebnisse für diese Art abgesehen werden.

Bombus hypnorum zeigte in seinem Vorkommen von allen Arten die geringste Bandbreite an Lebensräumen und wurde neben Wäldern und waldnahen Lebensräumen (ISERBYT et al. 2008, REINIG 1970) nur sehr vereinzelt auf Alpweiden der hochmontanen Stufe angetroffen. Im näheren Umfeld waren aber immer Waldbestände vorhanden. Diese Hummelart kommt vermehrt in Siedlungsgebieten in der Nähe des Menschen vor (NEUMAYER 2005, NEUMAYER 2009), dies konnte im Sommer 2012 jedoch nicht beobachtet werden.

Keine andere Hummelart zeigte eine derart starke Präferenz für bestimmte Lebensräume wie *B. gerstaeckeri*. Da diese Art an die Gattung *Aconitum* gebunden ist, und diese überwiegend in den Hochstauden vorkommt, liegt auch der Verbreitungsschwerpunkt dieser Art in den Hochstauden (NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999).

Allgemein muss im Kontext von Ergebnissen zu Lebensraumpräferenzen von Hummeln darauf hingewiesen werden, dass diese als fliegende Insekten beträchtliche Strecken zurücklegen können. HAGEN et al. (2011) konnten Flugdistanzen von bis zu 2,5 km nachweisen. Dadurch können einzelne Individuen in verschiedensten Biotoptypen angetroffen werden, die Einflussfaktoren sind hier v. a. Blütenangebot und Höhenlage. Dies verdeutlicht die großflächige Nutzung von Biotopkomplexen durch Hummeln und zeigt zudem, dass sich die Biotopbindung von Hummeln nicht auf kleine Flächen bezieht (GOULSON 2010). Dennoch veranschaulicht die vorliegende Studie gut, welche Lebensräume für Hummeln besonders wichtig und schützenswert sind.

Tab. 6: Anzahl der Blütenbesuche an den verschiedenen Pflanzentaxa in den einzelnen Biotoptypgruppen (geordnet nach absteigender Anzahl an dokumentierten Blütenbesuchen). 1 = Scheiben-, und Schalenblumen (SSB); 2 = Trichterblumen (TB); 3 = Glockenblumen (GB); 33 = Glöckchenblumen (GLÖB), 4 = Stieltellerblumen (STB); 5 = Lippenblumen (LB); 6 = Schiffchenblumen (SFB); 7 = Köpfchen- und Körbchenblumen (KKB). – Tab. 6: Number of flower visits on the different plant taxa in the respective habitat type groups (sorted according to decreasing number of documented flower visits). 1 = shell-shaped flowers (SSB); 2 = funnel-shaped flowers (TB); 3 = bell-shaped flowers (GB); 33 = small bell-shaped flowers (GLOB); 4 = shaft-shaped flowers (STB); 5 = lip-shaped flowers (LB); 6 = ship-shaped flowers (SFB); 7 = basket-shaped flowers (KKB).

Pflanzentaxa	Buchstabencode der Blumentypen	Biotoptypen an und über der Waldegrenze	Feuchtbiootope	Hochstauden	Ruderallflächen	Wälder, Waldränder, Säume und Gebüsche, submontan – subalpin	Wirtschaftsgrünland	∑ Blütenbesuche
<i>Aconitum spp.</i>	LB	14		499	17	14	11	555
<i>Cirsium spinosissimum</i>	KKB	29	3	424	1		3	460
<i>Trifolium pratense</i>	KKB	66		41	66	33	106	312
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	TB	238					6	244
<i>Gentiana asclepiadea</i>	TB					16	98	114
<i>Prunella spp.</i>	LB	3		69	5	20	16	113
<i>Impatiens glandulifera</i>	LB				1	104		105
<i>Rhinanthus spp.</i>	LB	94			1		7	102
<i>Carlina acaulis</i>	KKB			33	1	1	62	97
<i>Calluna vulgaris</i>	GLÖB	91		2	1			94
<i>Cirsium oleraceum</i>	KKB	4	15		19	54		92
<i>Centaurea scabiosa</i>	KKB			10	18	8	52	88
<i>Phyteuma spp.</i>	KKB	53	1	6	2	15	9	86
<i>Epilobium angustifolium</i>	SSB			60	8	8	3	79
<i>Anthyllis vulneraria</i>	SFB	53				4	9	66
<i>Cirsium spp.</i>	KKB	1		8	22	27	7	65
<i>Vicia cracca</i>	SFB				17		41	58
<i>Leontodon spp.</i>	KKB	44					5	49
<i>Lamium album</i>	LB				43	5		48
<i>Trifolium badium</i>	KKB	13		33				46
<i>Trifolium repens</i>	KKB	4	10	4	19	4	2	43
<i>Galeopsis tetrahit</i>	LB				14	24	1	39
<i>Impatiens noli-tangere</i>	LB				1	34		35
<i>Lupinus polyphyllus</i>	SFB			19	13			32
<i>Campanula spp.</i>	GB	17		5			7	29
<i>Campanula barbata</i>	GB	22		4			2	28
<i>Lotus corniculatus</i>	SFB	3			8	11	6	28
<i>Gentianella campestris</i>	STB	3		19				22
<i>Senecio alpinus</i>	KKB			8			14	22
<i>Carduus defloratus</i>	KKB	11		6		1	3	21
<i>Stachys sylvatica</i>	LB				3	17		20

Pflanzentaxa	Buchstabencode der Blumentypen	Biotoptypen an und über der Waldgrenze	Feuchtbiootope	Hochstauden	Ruderalflächen	Wälder, Waldränder, Säume und Gebüsche, submontan – subalpin	Wirtschaftsgrünland	Σ Blütenbesuche
<i>Rhododendron hirsutum</i>	TB	11				2	6	19
<i>Carduus personata</i>	KKB					10	8	18
<i>Rubus spp.</i>	SSB				1	14		15
<i>Knautia dipsacifolia</i>	KKB			2		9	3	14
<i>Salvia glutinosa</i>	LB					13		13
<i>Solidago virgaurea</i>	KKB	2		7			4	13
<i>Lathyrus pratensis</i>	SFB						11	11
<i>Adenostyles alliariae</i>	KKB	7		3				10
<i>Geranium spp.</i>	SSB	5					5	10
<i>Alcea rosea</i>	SSB				9			9
<i>Thymus spp.</i>	LB	2		1	3		3	9
<i>Vicia sepium</i>	SFB					7	2	9
<i>Centaurea montana</i>	KKB	1			1	2	4	8
<i>Digitalis grandiflora</i>	LB					8		8
<i>Vaccinium myrtillus</i>	GLÖB	8						8
<i>Tropaeolum majus</i>	LB				7			7
<i>Geum rivale</i>	GB		2	3			1	6
<i>Lathyrus sylvestris</i>	SFB						6	6
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	GLÖB	6						6
<i>Leonurus cardiaca</i>	LB				5			5
<i>Silene vulgaris</i>	STB			4			1	5
<i>Echium vulgare</i>	LB				4			4
<i>Lavandula angustifolia</i>	LB				4			4
<i>Lythrum salicaria</i>	TB				4			4
<i>Prenanthes purpurea</i>	KKB					4		4
<i>Carduus spp.</i>	KKB			1		2		3
<i>Pedicularis spp.</i>	LB	3						3
<i>Cerastium uniflorum</i>	TB	2						2
<i>Cirsium arvense</i>	KKB				1	1		2
<i>Crepis spp.</i>	KKB		1				1	2
<i>Dryas octopetala</i>	SSB	2						2
<i>Gentiana punctata</i>	GB	1		1				2
<i>Hedysarum hedysaroides</i>	SFB	2						2
<i>Lamium maculatum</i>	LB				1		1	2
<i>Scabiosa lucida</i>	KKB						2	2
<i>Senecio incanus</i>	KKB	1			1			2
<i>Silene acaulis</i>	STB	2						2
<i>Trifolium alpinum</i>	KKB			2				2
<i>Vaccinium uliginosum</i>	GLÖB	2						2

Pflanzentaxa	Buchstabencode der Blumentypen	Biotoptypen an und über der Waldgrenze	Feuchtbioptope	Hochstauden	Ruderalflächen	Wälder, Waldränder, Säume und Gebüsche, submontan – subalpin	Wirtschaftsgrünland	Σ Blütenbesuche
<i>Ajuga spp.</i>	LB						1	1
<i>Calystegia sepium</i>	TB					1		1
<i>Doronicum spp.</i>	KKB	1						1
<i>Gentiana clusii</i>	TB	1						1
<i>Hieracium spp.</i>	KKB						1	1
<i>Medicago sativa</i>	KKB				1			1
<i>Saxifraga aizoides</i>	SSB	1						1
<i>Silene dioica</i>	STB			1				1
Σ		823	32	1275	322	473	530	3455

Besuchte Pflanzentaxa

Die hohen Blütenbesuchszahlen in den Hochstauden (Tab. 6) überraschen wenig und wurden auch schon in anderen Untersuchungen festgestellt (NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999). Laut NEUMAYER (2009) werden in den Hochstauden fast 64% der vorhandenen Blütenpflanzen von Hummeln genutzt. In diesen Studien, wie auch in ISEBYT et al. (2008), konnten Hummeln vermehrt an Pflanzen der Gattungen *Aconitum* und *Cirsium* beobachtet werden. Die *Aconitum*-Arten wurden vorwiegend und in hohen Zahlen von *B. gerstaeckeri* besucht, die nur von dieser Gattung Pollen sammelt (oligolektisch). Diese Art wurde zwar auch mit Pollen auf *Cirsium spinosissimum* dokumentiert, aufgrund fehlender Pollenanalysen können jedoch keine Aussagen über die Oligolektie von *B. gerstaeckeri* getroffen werden. Nur die häufigste Hummel der Studie 2012, *B. wurflenii*, konnte noch öfters an der Pflanzengattung *Aconitum* beobachtet werden, was die hohen Blütenbesuchszahlen erklärt. Nach KUGLER (1970) werden *Aconitum*-Arten fast ausschließlich von Hummeln bestäubt.

In den Biotoptypen an und über der Waldgrenze treten *Rhododendron*-Arten meist in großen Beständen auf und bieten deshalb ein immens hohes Blütenangebot. Auf alpinen Rasen können oft weite Teppiche von *Rhinanthus* spp. angetroffen werden; durch Vibrationsbestäubung und Nektarraub sind diese Pflanzen auch durchaus attraktiv für kurzrüsselige Hummeln. Beide Pflanzentaxa werden hauptsächlich von Hummeln bestäubt (KUGLER 1970). Vor allem im Spätsommer treten auch große *Calluna vulgaris*-Bestände auf, die, aus ähnlichen Gründen wie bei den *Rhododendron*-Arten, gerne von Hummeln besucht werden. NEUMAYER (2009), NEUMAYER & PAULUS (1999), ISEBYT et al. (2008) und MANINO et al. (2010) berichten ebenfalls hohe Besuchszahlen für diese Pflanzentaxa. Bei den von mediterranem Klima geprägten Untersuchungsgebieten der beiden letztgenannten Autoren fehlt jedoch *Calluna vulgaris*.

Der Wiesenklees (*Trifolium pratense*) ist sowohl auf Ruderalflächen, in nicht zu intensiv genutzten Fettwiesen, als auch auf Alpweiden häufig und wird vornehmlich von langrüsseli-

gen Hummeln besucht. Kurzrüsselige Arten gelangen aber durch Aufbeißen der Kronröhre ebenfalls an den Nektar. Schon Charles Darwin erkannte die Vorliebe und Bedeutung der Hummeln für die Bestäubung von *Trifolium* spp. und empfahl deshalb, Hummeln in Neuseeland einzuführen (HAGEN 1994). Der Wiesen- oder Rotklee ist eine wichtige Trachtpflanze für Hummeln (AMIET 1996, AMIET & KREBS 2012, HAGEN 1994, NEUMAYER 2005, NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990) und zudem sehr häufig. Die Untersuchungen von NEUMAYER (2009) und NEUMAYER & PAULUS (1999) stimmen mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie überein. Besonders im Herbst findet man unzählige Hummeln (auch viele Männchen) auf der spät blühenden *Carlina acaulis*, die laut KUGLER (1970) sehr gerne von Hummeln besucht wird. ISERBYT et al. (2008) und MANINO et al. (2010) verzeichneten deutlich geringere Besucherzahlen auf *Carlina acaulis*, dies könnte jedoch auch geographisch bzw. phänologisch bedingt sein. Die vielen Blütenbesuche an *Gentiana asclepiadea* stammen fast ausschließlich aus der Gegend um die Metzgerobelalpe (Lechquellengebirge), wo diese Pflanze in Massen auftrat.

Die hohen Blütenbesuchszahlen an den v. a. in Wäldern und waldnahen Lebensräumen auftretenden Pflanzenarten *Impatiens glandulifera*, *Impatiens noli-tangere* und *Cirsium oleraceum* konnte auch schon NEUMAYER (2009) feststellen, und er weist zudem darauf hin, dass bis zu 100 % der blühenden Pflanzen der *Impatiens*-Arten von Hummeln genutzt werden. Durch den relativ großen Durchmesser der *Impatiens*-Blüten können sowohl kurz- als auch langrüsselige Hummelarten an den Nektar gelangen. *Cirsium oleraceum* wird von einer Vielzahl von Hummelarten, auch Kuckuckshummeln, besucht und ist bei Hymenopteren sehr beliebt (KUGLER 1970).

Lamium album trat v. a. auf Ruderalflächen auf und kommt in größeren Beständen auf stickstoffreichen Böden vor. Verschiedene *Lamium*-Arten sind beliebte Pollen- und Nektarpflanzen (ISERBYT et al. 2008, MANINO et al. 2010, NEUMAYER 2005, NEUMAYER 2009), die fast nur von größeren Bienen besucht werden (KUGLER 1970). Verschiedene Disteln werden in der Literatur ebenfalls als beliebte Trachtpflanzen von Hummeln genannt (AMIET & KREBS 2012, HAGEN 1994, NEUMAYER 2005, NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990).

Blumentypen

Auch NEUMAYER & PAULUS (1999) konnten die meisten Hummeln auf Lippenblumen (BT 5) und Köpfchen- und Körbchenblumen (BT 7), gefolgt von Schiffchenblumen (BT 6) feststellen, was die hier vorliegenden Ergebnisse gut widerspiegelt. Sie stellten zudem fest, dass die Blüten von BT 5 und BT 7 das höchste Nektarangebot pro Infloreszenz aufweisen. Trichterblumen (BT 2) verzeichneten in der Studie 1999 geringe Besuchszahlen. In Vorarlberg entfielen jedoch immerhin über 11 % der Blütenbesuche auf diesen Blumentyp. Innerhalb der vorliegenden Arbeit wurden jedoch die beiden *Rhododendron*-Arten zu den Trichterblumen gezählt (NEUMAYER & PAULUS 1999), was diesen Unterschied erklären könnte. In den Ostalpen Österreichs werden BT 1 (Scheiben- und Schalenblumen) und BT 2 (Trichterblumen) vorwiegend von Dipteren besucht, während diese BT 3 (Glockenblumen) und BT 6 (Schiffchenblumen) meiden (NEUMAYER & PAULUS 1999). Dies deutet auf eine Nischendifferenzierung bezogen auf den Blütenbesuch von Hummeln und Dipteren hin. Obwohl sich das Untersuchungsgebiet von NEUMAYER & PAULUS (1999), im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit, ausschließlich über 1900 m NN befand, decken sich

die Ergebnisse gut. Dies zeigt, dass eine Höhenverschiebung nicht zwangsweise mit einer Verschiebung von Hummelbesucherhäufigkeiten an bestimmten Blumentypen einhergeht.

Betrachtet man die verschiedenen Blumentypen in Bezug auf ihre Symmetrie, lassen sie sich in zwei Gruppen einteilen: Blüten mit bilateraler Symmetrie (Lippen- und Schiffchenblumen) und solche mit radiärer Symmetrie (alle anderen Typen). Dementsprechend lassen sich anhand der vorliegenden Studie auch Besuchergilden festlegen: Bilaterale Blüten (mit meist langen Kronröhren) wurden bevorzugt von langrüsseligen Arten besucht, kurzrüsselige Hummelarten bevorzugten hingegen radiäre Blüten mit kurzer bzw. nicht ausgebildeter Kronröhre (Abb. 2), die dementsprechend leichter zugänglich sind (Ausnahme: Stieltellerblumen). Die hier vorgelegten Ergebnisse bestätigen die Untersuchungen von NEUMAYER & PAULUS (1999). Dies zeigt eine Nischendifferenzierung innerhalb der Hummeln und stellt einen wichtigen Faktor für die Koexistenz von sympatrischen Arten dar (GOULSON 2010, HARDER 1985, HEINRICH 1976, INOUE 1978, TERÄS 1976). Die Länge der Proboscis der verschiedenen Hummelarten wird generell als ein morphologisches Merkmal angesehen, welches mit der Blütenwahl zusammenhängt (BRIAN 1957, GOULSON 2010, HARDER 1985, HEINRICH 1976, INOUE 1980, LUNDBERG & RANTA 1980). Ein Grund ist die Effizienz bei der Nahrungsaufnahme, da hier der Energieverbrauch so gering wie möglich gehalten werden sollte (HEINRICH 1979), und die Geschwindigkeit der Nahrungsaufnahme bei Hummeln am höchsten ist, wenn die Proboscislänge mit der Länge der Kronröhre übereinstimmt (LUNDBERG & RANTA 1980). NEUMAYER & PAULUS (1999) weisen aber darauf hin, dass Untersuchungen diese Annahme nicht immer bestätigen und der Sachverhalt noch unzureichend geklärt ist. Als mögliche andere Einflusskriterien werden Belohnungsgrad (Nektar/Pollen), Körpergröße, angeborene Nahrungsselektivität sowie Pflanzendiversität und Phänologie (HARDER 1985) angegeben. Eine Ausnahme bilden jene Hummeln mit mittellanger bzw. kurzer Proboscis (v. a. *Bombus wurflenii* und *Bombus* (*Bombus*) spp.), die Kronröhren aufbeißen, um an den Nektar von Blüten zu gelangen, der für sie ansonsten unerreichbar wäre. Diese Taxa lassen sich nicht klar einer Besuchergilde zuordnen. Besonders auffällig war die eindeutige Präferenz von *B. gerstaeckeri* für Lippenblumen. Als einzige heimische oligolektische Hummelart (Pflanzengattung *Aconitum*) weist sie die größte Spezialisierung auf. Diese Nahrungsspezialisierung ist laut CHITKKA et al. (1999) das Resultat eines Optimierungsprozesses von Nektaraufnahme und Pollenbeschaffung.

Literaturverzeichnis

- AMIET F., 1996: Hymenoptera: Apidae 1. Allgemeiner Teil, Gattungsschlüssel, die Gattungen *Apis*, *Bombus* und *Psithyrus*. Insecta Helvetica Fauna 12, 1–98.
- AMIET F. & KREBS A., 2012: Bienen Mitteleuropas. Gattungen, Lebensweise, Beobachtung. Bern: Haupt Verlag, 423 S.
- BOSSERT S., 2014: The *Bombus lucorum*-complex in Austria. Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität Wien.
- BRIAN A., 1957: Differences in the flowers visited by four species of bumblebees and their causes. Journal of Animal Ecology 26, 71–98.
- CHITKKA L., THOMSON J. & WASER N., 1999: Flower Constancy, Insect Psychology and Plant Evolution. Naturwissenschaften 86, 361–377.
- FRIEBE J., 2007: Vorarlberg: Geologie der österreichischen Bundesländer. Wien: Geologische Bundesanstalt. 174 S.

- GOULSON D., 2010: Bumblebees: behaviour, ecology, and conservation. 2. Edition. New York: Oxford University Press. 317 S.
- GOKCEZADE J., GEREBEN-KRENN B.-A., NEUMAYER J. & KRENN H., 2010: Feldbestimmungsschlüssel für die Hummeln Österreichs, Deutschlands und der Schweiz. Linzer biologische Beiträge 42 (1), 5–42.
- GRABHERR G., & POLATSCHKEK A., 1986: Lebensräume und Flora Vorarlbergs. Dornbirn: Vorarlberger Verlagsanstalt. 263 S.
- GUSENLEITNER F., SCHWARZ, M. & MAZZUCCO K., 2012: Apidae (Insecta: Hymenoptera). In Schuster, R. (Ed.): Checklisten der Fauna Österreichs 6. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, pp. 9–129.
- HAGEN E., 1994: Hummeln: bestimmen, ansiedeln, vermehren, schützen. Augsburg: Naturbuch Verlag. 320 S.
- HAGEN M., WIKELSKI M. & KISSLING W.D., 2011: Space use of bumblebees (*Bombus* spp.). Revealed by radio-tracking. PLOS ONE 6/5, e 1999 f.
- HARDER D., 1985: Morphology as a predictor of flower choice by bumble bees. Ecology 66 (1), 198–210.
- HEINRICH B., 1976: Resource partitioning among some eusocial insects: Bumblebees. Ecology 57, 874–889.
- HEINRICH B., 1979: Bumblebee economics. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 245 S.
- INOUE D., 1978: Resource partitioning in bumblebees: experimental studies of foraging behavior. Ecology 59, 672–678.
- INOUE D., 1980: The effects of proboscis and corolla tube lengths on patterns and rates of flower visits by bumblebees. Oecologia 45, 197–201.
- ISERBYT S., DURIEUX E.-A. & RASMONT P., 2008: The remarkable diversity of bumblebees (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) in the Eyne Valley (France, Pyrénées-Orientales). International Journal of Entomology 44 (2), 211–241.
- KUGLER H., 1970: Blütenökologie. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 345 S.
- LUNDBERG H. & RANTA E., 1980: Habitat and food utilization in a subarctic bumblebee community. Oikos 35, 303–310.
- MANINO A., PATETTA A., BOGLIETTI G. & PORPORATO M., 2010: Bumble bees of the Susa Valley (Hymenoptera: Apidae). Bulletin of Insectology 63, 137–152.
- MAUSS V., 1994: Bestimmungsschlüssel für Hummeln. Hamburg: DJN., 1–50.
- MERTZ P., 2000: Pflanzengesellschaften Mitteleuropas und der Alpen. Landsberg/Lech: ecomed. 510 S.
- MERTZ P., 2008: Alpenpflanzen in ihren Lebensräumen – ein Bestimmungsbuch. Bern: Haupt. 480 S.
- NEUMAYER J., 2005: Die Hummeln (Hymenoptera: Apidae, *Bombus*) des Nationalparks Thayatal. Elixhausen: Projektbericht i.A. des Nationalparks Thayatal.
- NEUMAYER J., 2009: Die Hummeln des Nationalparks Gesäuse und des Admonter Beckens. Studie Im Auftrag der Nationalpark Gesäuse GmbH. 48 S.
- NEUMAYER J. & PAULUS H., 1999: Ökologie alpiner Hummelgemeinschaften: Blütenbesuch, Ressourcenaufteilung und Energiehaushalt. Untersuchungen in den Ostalpen Österreichs. Linz: Stapfia 67, 5–246.
- PITTIONI B., 1937: Die Hummelfauna des Kalsbachtals in Ost-Tirol. Ein Beitrag zur Ökologie und Systematik der Hummeln Mitteleuropas. Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Embrik Strand, 64–122.

- PITTIONI B. & SCHMIDT R., 1942: Die Bienen des südöstlichen Niederdonau. 1. Apidae, Podaliriidae, Xylocopidae und Ceratinidae. *Niederdonau* 19, 1–69.
- REINIG W., 1970: Ökologische Studien an mittel- und südosteuropäischen Hummeln (*Bombus* LATR., 1802; Hym., Apidae). *Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft* 60, 1–56.
- SCHNELLER B., 2014: Die Hummeln Vorarlbergs. Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität Wien. 86 S.
- TERÄS I., 1976: Flower visits of bumblebees, *Bombus* LATR. (Hymenoptera: Apidae) during one summer. *Annales Zoologici Fennici* 13, 200–232.
- WERTH E., 1956: Bau und Leben der Blumen: Die blütenbiologischen Bautypen in Entwicklung und Anpassung. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag. 204 S.
- WESTRICH P., 1990: Die Wildbienen Baden-Württembergs I und II. 2. verb. Auflage. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co. 972 S.

Internetquellen:

- http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/umwelt_zukunft/umwelt/natur-undumweltschutz/weitereinformationen/daten_fakten/naturraumvorarlberg.htm, 12. 1. 2014.
- <http://vogis.cnv.at/atlas/init.aspx>, 8. 11. 2013.
- www.biooffice.at, 3. 10. 2013.

Eingelangt: 2014 07 17

Anschriften:

Mag. Bernhard SCHNELLER, Brunnenfelderstraße 21, A-6700 Bludenz, Austria. E-Mail: be.schneller@gmail.com

Dr. Barbara-Amina GEREKEN-KRENN, Department of Integrative Zoology, University of Vienna, Althanstraße 14, UZA 1, A-1090 Vienna, Austria. E-Mail: barbara-amina.gereben@univie.ac.at

MMag. Dr. Johann NEUMAYER, Obergrubstraße 18, A-5161 Elixhausen, Austria. E-Mail: jneumayer@aon.at

MSc Silas BOSSERT, Department of Integrative Zoology, University of Vienna, Althanstraße 14, UZA 1, A-1090 Vienna, Austria. E-Mail: silas.bossert@googlemail.com

Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald W. KRENN, Department of Integrative Zoology, University of Vienna, Althanstraße 14, UZA 1, A-1090 Vienna, Austria. E-Mail: harald.krenn@univie.ac.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Frueher: Verh.des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [150_151](#)

Autor(en)/Author(s): Schneller Bernhard, Gereben-Krenn Barbara-Amina, Neumayer Johann [Hans], Bossert Silas, Krenn Harald W.

Artikel/Article: [Diversität, Lebensraumpräferenzen und Blütenbesuch der Hummeln \(Hymenoptera: Apidae: Bombus\) in Vorarlberg \(Österreich\) 135-156](#)