



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Die Hummeln Vorarlbergs“

verfasst von

Bernhard Schneller

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2014

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 445 344

Studienrichtung lt. Studienblatt: Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde, UF Englisch

Betreut von: ao. Univ.- Prof. Mag. Dr. Harald W. Krenn

INHALTSVERZEICHNIS

Danksagung	3
Abstract	4
Zusammenfassung.....	5
1. Einleitung.....	6
2. Material und Methodik	12
2.1 Untersuchungsgebiet	12
2.1.1 Natürräumliche Gliederung und Klima.....	12
2.1.2 Geologie Vorarlbergs.....	14
2.2 Datenaufnahme.....	17
2.2.1 Transektmethode	17
2.2.2 Abiotische Faktoren.....	22
2.2.3 Hummelbestimmung.....	23
2.2.4 Blütenbesuch	24
2.2.5 Wetterlage im Untersuchungsjahr	27
2.3 Datenauswertung	27
3. Ergebnisse.....	28
3.1 Artenspektrum, Individuenzahlen und Verbreitung	28
3.1.1 Artenspektrum und Individuenzahlen.....	28
3.1.2 Verbreitungskarten der Hummelarten Vorarlbergs.....	31
3.2 Diversität	35
3.2.1 Diversität in den Höhenstufen	35
3.2.2 Diversität in den Biotoptypgruppen.....	36
3.3 Ökologische Präferenzen.....	37
3.3.1 Abundanzen.....	37
3.3.2 Abundanzen in den Höhenstufen.....	37
3.3.2.1 Gesamtabundanzen der Gattung <i>Bombus</i> in den Höhenstufen	37
3.3.2.2 Abundanzen der einzelnen Hummelarten in den Höhenstufen	38
3.3.3 Abundanzen in den Biotoptypgruppen	39
3.3.3.1 Gesamtabundanzen der Gattung <i>Bombus</i> in den Biotoptypgruppen.....	39
3.3.3.2 Abundanzen der einzelnen Hummelarten in den Biotoptypgruppen.....	40
3.3.4 Abundanzen in den Biotypen.....	41
3.3.4.1 Gesamtabundanzen der Gattung <i>Bombus</i> in den Biotypen	41

3.3.4.2 Abundanzen der einzelnen Hummelarten in den Biotoptypen	43
3.4 Blütenbesuch	46
3.4.1 Besuchte Pflanzentaxa in den Biotoptypgruppen.....	46
3.4.2 Blumentypen.....	49
3.4.2.1 Blütenbesuche nach Blumentypen der gesamten Gattung <i>Bombus</i>	49
3.4.2.2 Blütenbesuche nach Blumentypen der einzelnen Hummelarten.....	49
4. Diskussion	51
4.1 Artenspektrum, Individuenzahlen und geographische Verbreitung	51
4.2 Diversität und Artenzahlen	63
4.3 Ökologische Präferenzen	66
4.4 Blütenbesuch	73
5. Literaturverzeichnis	77

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen die mich persönlich sowie fachlich bis zur Fertigstellung der vorliegenden Diplomarbeit unterstützt haben bedanken. Mein besonderer Dank gilt Herrn ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Krenn, Dr. Barbara-Amina Gereben-Krenn und Dr. MMag. Johann Neumayer für die fachliche Betreuung sowie die stetige Auskunftsbereitschaft bei etwaigen Fragen. Prof. Dr. Luise Ehrendorfer-Schratt danke ich für die Vermittlung der botanischen Kenntnisse ohne welche meine Diplomarbeit in dieser Weise nicht durchführbar gewesen wäre. Hinsichtlich statistischer Ratschläge und Hilfestellungen bin ich Dr. Irene Zweimüller zum Dank verpflichtet. An dieser Stelle möchte ich mich auch bei meinen Bienenkollegen Silas Bossert und Joseph Gokcezade für die Motivation und den regen fachlichen Austausch bedanken. Besonderen Dank gilt auch der INATURA Dornbirn, welche mir in fachlicher sowie organisatorischer Art und Weise tatkräftig unter die Arme griff. Erwähnen möchte ich hier besonders Frau Mag. Christine Tschisner, Herrn Dr. Georg Friebe und Frau Mag. Ruth Swoboda. Zudem bedanke ich mich bei Mag. Hannes Kühtreiber und seinem Team vom Tiroler Landesmuseum, sowie bei Dipl.-Ing. Martin Seebacher und Kollegen vom Landesamt für Vermessung und Geoinformation für ihre Unterstützung bei fachlichen Fragen. Ein weiterer Dank geht an die Bergbahnen Lech-Oberlech-Zürs für die kostenlose Benützung der Liftanlagen, sowie allen Hüttenwirten Vorarlbergs, die sich um mein leibliches Wohl gekümmert haben.

Auch möchte ich mich bei jenen Personen bedanken, die mir nahe stehen und ohne welche die Verwirklichung dieser Diplomarbeit nicht möglich gewesen wären. Besonders danke ich meinen lieben Eltern Wilhelm und Irene Schneller sowie meinen Geschwistern Mathias, Maria und Florian für die andauernde Geduld, Unterstützung und Motivation. Meinem langjährigen Wandergefährten Reto Bergauer danke ich für die Beratung, Planung und Unterstützung bei der Durchführung der Touren. Auch möchte ich meinen Mitbewohnern Ivo Rausch, Markus Beck und Martin Burtscher für die fachlichen sowie persönlichen Gespräche danken. Zuletzt danke ich meiner Lebensgefährtin Sara für das anhaltende Verständnis, Interesse und besonders für die immerwährende mentale Unterstützung bei der Durchführung und Fertigstellung meiner Diplomarbeit.

Nicht zu vergessen sind auch jene Personen, die seit Ende des 19. Jahrhunderts die heimische Wildbienenfauna untersucht haben und deren Daten große Wichtigkeit im Kontext dieser Diplomarbeit zukommt. Zuletzt gilt mein Dank allen die mich in jeglicher Art und Weise bei der Planung, Durchführung und Fertigstellung meiner Arbeit unterstützt haben und hier nicht namentlich erwähnt wurden.

Abstract

As of 2011, research on bumblebees in large areas of Vorarlberg (Austria) was underrepresented. Although, more than 6,000 specimens belonging to 35 different *Bombus* species (out of a total of 47 species across Austria) had been collected at over 370 localities, mainly below 2,000 m a.s.l. The goal of this study was to complement the distribution data of the bumblebees of Vorarlberg. In addition, a survey of different ecological factors was conducted. From July 1 to August 30, 2012, more than 3,500 specimens belonging to 27 species of the genus *Bombus* were observed in Vorarlberg. The individuals 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, an analysis of diversity, altitudinal preferences, habitat preferences, flower visiting habits and associations of the different bumblebee species was conducted. The data showed the highest abundance of bumblebees within the altitudinal range from 1,000 to 2,400 m a.s.l. Furthermore, the data allowed for the classification of the different species with reference to their altitudinal distribution. Tall herbaceous vegetation represented the habitats with the highest bumblebee abundance by a substantial margin. Diversity indices were calculated for different altitudinal levels and habitat type groups, using the Shannon-Wiener index. The highest diversity was observed at altitudes between 1000 to 2400 m a.s.l. Humid habitats showed the lowest number of species of all habitat type groups. Collected 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 oligophagous species *B. gerstaeckeri*, which actually only visits the genus *Aconitum* could also be documented on *Cirsium spinosissimum*. Distribution maps are provided for all species, also taking into account historical data. The first records of *Bombus alpinus* and *Bombus flavidus* in Vorarlberg since 1931 and 1938, respectively, are remarkable.

Zusammenfassung

Noch im Jahre 2011 waren große Teile Vorarlbergs (Österreich) nur unzureichend nach Hummeln untersucht und dies obwohl bis dahin schon über 6000 Individuen von insgesamt 35 Hummelarten (von 47 Arten in Österreich) an über 370 Fundorten, die sich größtenteils unter 2000 m NN befanden, gesammelt worden waren. Das Hauptziel dieser Diplomarbeit war eine Ergänzung der Verbreitungsdaten der Hummeln Vorarlbergs. Zudem wurden Erhebungen zu verschiedenen ökologischen Faktoren durchgeführt. Innerhalb der Monate Juli und August konnten über 3500 Individuen, die sich auf 27 Hummelarten aufteilen, dokumentiert werden. Die Insekten wurden zwischen 400 und 2780 m NN anhand einer Transektmethode an 407 Fundorten gesammelt. Basierend auf den gesammelten Daten wurden Diversität in den Höhenstufen bzw. Biotoptypgruppen, Höhenverbreitungspräferenzen, Lebensraumpräferenzen sowie Informationen zu Blütenbesuch und Vergesellschaftung der Hummeln analysiert. Die Daten zeigten die höchste Hummelabundanz in Höhen von 1000 bis 2400 m NN. Zudem konnten die Arten bezüglich ihrer Höhenverbreitung in Gruppen zusammengefasst werden. Die mit Abstand höchsten Abundanzen konnten in den Biotoptypen der Hochstaudenfluren beobachtet werden. Diversitätsindices (Shannon-Wiener Index) wurden für verschiedene Höhenstufen bzw. Biotoptypgruppen berechnet. Die höchsten Diversitätswerte konnten zwischen 1000 und 2400 m festgestellt werden. Feuchtbiootope zeigten die geringsten Artenzahlen aller Lebensräume. Die meistbesuchten Blütenpflanzen 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 oligophage Art *Bombus gerstaeckeri*, welche eigentlich nur an der Gattung *Aconitum* regelmäßigen Blütenbesuch durchführt, wurde auch auf *Cirsium spinosissimum* beobachtet. Für alle jemals in Vorarlberg nachgewiesenen Hummelarten wurden Verbreitungskarten erstellt, die auch die historischen Funde berücksichtigen. Die ersten Nachweise von *Bombus alpinus* und *Bombus flavidus* in Vorarlberg seit 1931 bzw. 1938 sind bemerkenswert.

1. Einleitung

Hummeln zählen zu den wichtigsten Bestäubern von Blütenpflanzen und sind vor allem in der Paläarktis weit verbreitet (AMIET 1996, AMIET & KREBS 2012, GOULSON 2010, GOKCEZADE et al. 2010, HAGEN 1994, HEINRICH 1979, ISEBYT et al. 2008, MANINO et al. 2010, NEUMAYER 2005, 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990). Wegen ihrer Fähigkeit zur aktiven Thermoregulation (Endothermie) und ihrer isolierenden, dichten Behaarung (HEINRICH 1975, 1979) spielen Hummeln besonders in alpinen und arktischen Gebieten eine essenzielle Rolle als Bestäuber. Vor allem in Gebirgen leben sehr diverse Hummelgemeinschaften (NEUMAYER & PAULUS 1999). Die Gattung *Bombus* kommt mit über 240 Arten in der gesamten Holarktis sowie in der Neotropis vor, der Artenreichtum erreicht sein Maximum mit über 70 indigenen Arten in Sichuan in der Paläarktis (WILLIAMS 1996). In Österreich konnten bisher 47 Hummelarten nachgewiesen werden, rezent gelten 44 Arten als bestätigt (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012, NEUMAYER mdl. Mitt.).

Als wichtige Parameter bezüglich der Artenzusammensetzung von Hummeln gelten neben dem Vorhandensein von Nistmöglichkeiten und Nahrungsquellen auch abiotische Faktoren. Besonders die Höhenlage wird hier oftmals als ein wichtiger Einflussfaktor genannt (AMIET 1996, ISEBYT et al. 2008, NEUMAYER 1999, PITTIONI 1938, PITTIONI & SCHMIDT 1942, REINIG 1970). In Bezug auf die Höhenverbreitung der verschiedenen Hummelarten fand im Laufe der Evolution eine Nischendifferenzierung statt. Laut ISEBYT et al. (2008) wird die Verbreitung von Hummelarten durch ein Intervall zwischen zwei Isothermen (Höhenlage und Breitengrad) definiert. *Bombus alpinus* kommt z.B. in Österreich nur in Höhen von über 2000 m bis auf über 3000 m vor, fehlt in Europa nach Norden hin und kommt erst wieder in Skandinavien vor, wo die Höhenlage durch die nördlichen Breitengrade kompensiert wird. Einige Hummelarten sind charakteristisch für Lagen unter 1000 m, andere kommen jedoch fast ausschließlich in alpinen Lagen vor.

Neben der Höhenlage 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 Proboscislänge 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 langröhriger 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 (ISERBYT et al. 2008, NEUMAYER 2005, 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, PITTIONI 1938, PITTIONI & SCHMIDT 1942, REINIG 1970,). Dennoch gelten die meisten Hummelarten als Generalisten bezüglich Lebensraum und Blütenwahl (GOULSON 2010).

Forschungsstand in Vorarlberg zum Jahre 2011

Pionier der Bienenforschung in Vorarlberg ist der Lehrer Rudolf JUSSEL, welcher fast 170 Bienenarten nachwies. Die Daten dieser Sammlung sind gesichert, jedoch gilt die Sammlung selbst leider als verschollen. Im 20. und 21. Jahrhundert führten die Sammlungstätigkeit von v.a. ARNOLD, BISCHOFF, BRANDSTÄTTER, DALLA TORRE, DÖTTERL, FRITSCH, GALVAGNI, GERSTNER, GÜNTHER, GUSENLEITNER, HOFFMANN, KETTNER, KLÖCKER, KOFLER, KOPF, KRAVOGL, KUSDAS, LICHTENBERGER, MARGREITER, MATHIS, MICHELER, MODELL, MOOSBRUGGER, NEUMAYER, PEUS, PITTIONI, QUELLACASA, REINIG, SCHIESTL und SCHWARZ zu einem beträchtlichen Datenzuwachs bezüglich der Hummeln in Vorarlbergs. Dennoch bemängelten SCHWARZ et al. (1996) den Forschungsstand im zweitkleinsten Bundesland Österreichs. KOPF (2007b) weist darauf hin, dass fast 100 Jahre nach JUSSEL (1905) die Bienenforschung in Vorarlberg endlich wieder in den Fokus faunistischer Untersuchungen gerückt wurde (AISTLEITNER 2000, GUSENLEITNER, SCHWARZ & KOPF 2001, KLÖCKER & MAUSS 2001, KOPF 2001, 2002a, 2002b, 2003, 2007a, 2007b, 2007c, KOPF & SCHISTL 2000, KUHLMANN & THUMBRINCK 1996, SCHWARZ et al. 1996, SCHWARZ & GUSENLEITNER 1997, 1999, 2000a, 2000b, SCHWARZ, GUSENLEITNER & KOPF 2005,). Besonders KOPF konnte seit Anfang des 21. Jahrhunderts eine Vielzahl von bedeutenden rezenten Hummelnachweisen liefern, bemängelt aber besonders die lückenhaften Untersuchungen in den höheren Lagen des Montafons und des Bregenzerwaldes (KOPF 2007b).

Der dem Verfasser vorliegenden Datenbank der Hummeln Vorarlbergs (KOPF unveröffentlicht, NEUMAYER unveröffentlicht) zufolge wurden vor Beginn der Feldforschung zu dieser Diplomarbeit zwischen 1878 und 2011 bereits fast 6200 Hummeln an über 400 Fundorten (Abb. 1) dokumentiert. Dennoch ist anzunehmen, dass in dieser Datenbank nicht alle Hummelfunde Vorarlbergs vermerkt sind.

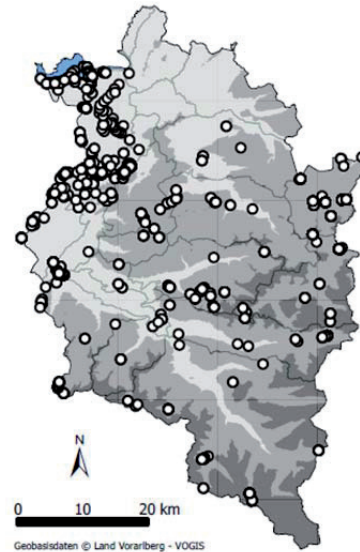


Abb. 1 Hummelfundorte in Vorarlberg von 1878 – 2011.

Bisher konnten in Vorarlberg 35 Arten (Tab. 1 und 2) nachgewiesen werden. In den letzten Jahren ergaben sich zwei taxonomische Änderungen, die die nachgewiesenen Artenzahlen veränderten: Genetische Analysen innerhalb der Untergattung *Psithyrus* (Tab. 1) belegen, dass *Bombus barbutellus* und *B. maxillosus* konspezifisch sind (LECOQ et al. 2011), wobei der Name *B. barbutellus* Priorität besitzt. Von *B. magnus* wurden von MATHIS (1982) sieben Individuen und von REINIG im Jahr 1979 ein Individuum gefunden. Doch sind alle Nachweise von *B. magnus* in Österreich als unsicher zu werten. Genetische Analysen der Arten der Untergattung *Bombus* s. str. (Tab. 1) aus den Jahren 2012 und 2013, zu der auch *B. magnus* gehört, ergaben keinen Nachweis von *B. magnus* in Österreich (BOSSERT et al. 2014 unveröffentl.). Aufgrund der vorliegenden Informationen kann davon ausgegangen werden, dass *B. magnus* in Vorarlberg nicht vorkommt.

B. ruderatus gilt laut der Checkliste der Bienen Österreichs (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012) für Vorarlberg als bestätigt. Dennoch konnte der Verfasser der vorliegenden Diplomarbeit trotz intensiver Nachforschung keine weiteren Informationen über die Funde von *B. ruderatus* in Vorarlberg ausfindig machen. Aus diesem Grund wird *B. ruderatus* zwar als eine nachgewiesene Hummelart Vorarlbergs angeführt, Informationen über Individuenzahlen, Verbreitungsmuster etc. können aber zum jetzigen Zeitpunkt nicht gegeben werden. Seit 1996 existieren von dieser Art in Vorarlberg jedoch keine rezenten Funde. Demzufolge gelten in Vorarlberg 35 Arten als nachgewiesen.

Wie aus Abb. 1 ersichtlich ist, sind große Teile Vorarlbergs noch nicht nach Hummeln untersucht worden. In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse aus der Feldforschung über die Hummeln Vorarlbergs präsentiert, welche im Sommers 2012 durchgeführt wurde. In Kombination mit bereits existierenden Daten wurden Verbreitungskarten für alle Hummeln Vorarlbergs erstellt (Abb. 9ff). Zudem konnten Höhenpräferenzen der einzelnen Hummelarten

erhoben werden. Ergebnisse bezüglich der Lebensraumpräferenzen der Hummeln Vorarlbergs, der Diversität in verschiedenen Höhenstufen und Lebensräumen, sowie Rückschlüsse über artspezifisches Blütenbesuchverhalten werden ebenfalls vorgelegt.

Tab. 1 Systematische Auflistung aller in Vorarlberg nachgewiesenen Untergattungen mit den jeweiligen Hummelarten (nach WILLIAMS et al. 2008).

Untergattung	Arten
<i>Mendacibombus</i>	<i>B. mendax</i>
<i>Kallobombus</i>	<i>B. soroeensis</i>
<i>Subterraneobombus</i>	<i>B. subterraneus</i>
<i>Megabombus</i>	<i>B. gerstaeckeri</i>
	<i>B. hortorum</i>
<i>Thoracobombus</i>	<i>B. humilis</i>
	<i>B. mesomelas</i>
	<i>B. mucidus</i>
	<i>B. muscorum</i>
	<i>B. pascuorum</i>
	<i>B. ruderarius</i>
	<i>B. sylvarum</i>
	<i>B. veteranus</i>
<i>Psithyrus</i>	<i>B. barbutellus</i>
	<i>B. bohemicus</i>
	<i>B. campestris</i>
	<i>B. flavidus</i>
	<i>B. norvegicus</i>
	<i>B. quadricolor</i>
	<i>B. rupestris</i>
	<i>B. sylvestris</i>
<i>Pyrobombus</i>	<i>B. vestalis</i>
	<i>B. hypnorum</i>
	<i>B. jonellus</i>
	<i>B. monticola</i>
	<i>B. pratorum</i>
<i>Alpinobombus</i>	<i>B. pyrenaicus</i>
	<i>B. alpinus</i>
<i>Bombus</i>	<i>B. cryptarum</i>
	<i>B. lucorum</i>
	<i>B. terrestris</i>
<i>Alpigenobombus</i>	<i>B. wurflenii</i>
<i>Melanobombus</i>	<i>B. lapidarius</i>
	<i>B. sichelii</i>

Tab. 2 Aufsummierte Individuenzahlen der zwischen 1878 und 2011 in Vorarlberg nachgewiesenen Hummelarten (alphabetisch geordnet). Eine Auflistung der Autoren findet sich auf Seite 7.

Arten	Σ Individuen
<i>Bombus alpinus</i> (LINNAEUS 1758)	3
<i>Bombus barbutellus</i> (KIRBY 1802)	37
<i>Bombus bohemicus</i> SEIDL 1838	68
<i>Bombus campestris</i> (PANZER 1801)	29
<i>Bombus cryptarum</i> (FABRICIUS 1775)	2
<i>Bombus flavidus</i> EVERSMAHN 1852	29
<i>Bombus gerstaeckeri</i> MORAWITZ 1882	288
<i>Bombus hortorum</i> (LINNAEUS 1761)	216
<i>Bombus humilis</i> ILLIGER 1806	149
<i>Bombus hypnorum</i> (LINNAEUS 1758)	52
<i>Bombus jonellus</i> (KIRBY 1802)	23
<i>Bombus lapidarius</i> (LINNAEUS 1758)	189
<i>Bombus lucorum</i> (LINNAEUS 1761)	520
<i>Bombus mendax</i> GERSTAECKER 1869	257
<i>Bombus mesomelas</i> GERSTAECKER 1869	7
<i>Bombus monticola</i> (SMITH 1879)	161
<i>Bombus mucidus</i> (GERSTAECKER 1869)	149
<i>Bombus muscorum</i> (LINNAEUS 1758)	50
<i>Bombus norvegicus</i> (SPARRE-SCHNEIDER 1918)	7
<i>Bombus pascuorum</i> (SCOPOLI 1763)	907
<i>Bombus pratorum</i> (LINNAEUS 1761)	371
<i>Bombus pyrenaeus</i> PEREZ 1879	197
<i>Bombus quadricolor</i> (LEPELETIER 1832)	225
<i>Bombus ruderarius</i> (MÜLLER 1776)	61
<i>Bombus ruderatus</i> ¹ (FABRICIUS 1775)	?
<i>Bombus rupestris</i> (FABRICIUS 1793)	74
<i>Bombus sichelii</i> RADOSZKOWSKI 1859	337
<i>Bombus soroeensis</i> (FABRICIUS 1776)	452
<i>Bombus spec.</i>	5
<i>Bombus subterraneus</i> (LINNAEUS 1758)	2
<i>Bombus sylvarum</i> (LINNAEUS 1761)	151
<i>Bombus sylvestris</i> (LEPELETIER 1832)	111
<i>Bombus terrestris</i> (LINNAEUS 1758)	295
<i>Bombus vestalis</i> (GEOFFROY IN FOURCROY 1785)	4
<i>Bombus veteranus</i> (FABRICIUS 1793)	3
<i>Bombus wurflenii</i> RADOSZKOWSKI 1859	745
Σ	6193

¹ *Bombus ruderatus* wurde in Vorarlberg bereits nachgewiesen. Genauere Informationen über Individuenzahlen bzw. Fundorte liegen dem Verfasser jedoch nicht vor.

Die Ziele dieser Arbeit waren:

- eine Kartierung der Hummelarten in den noch nicht bzw. wenig untersuchten Gebieten Vorarlbergs
- die Gewinnung von Daten zur Vervollständigung des Verbreitungsatlas der Hummeln Österreichs (NEUMAYER unveröffentlicht)
- die Erhebung von Informationen über Höhenverbreitungspräferenzen und Lebensraumpräferenzen der Gattung *Bombus* und der einzelnen Hummelarten
- die Sammlung von Daten zu Artenzahlen und Diversität der Hummeln in Abhängigkeit von verschiedenen Höhenstufen bzw. Lebensräumen
- Gewinnung von Informationen bezüglich des Blütenbesuchs (Blumentypen, Pflanzentaxa) von Hummeln
- Vergleich und Kombination der neu gewonnenen Daten mit historischen und ihre Interpretation

2. Material und Methodik

2.1 Untersuchungsgebiet

2.1.1 Naturräumliche Gliederung und Klima

Vorarlberg stellt das westlichste und mit einer Fläche von 2601 km² zweitkleinste Bundesland Österreichs dar². Nördlich im zentralen Alpenbogen gelegen, weist Vorarlberg eine ganz besondere Geographie und Geologie auf. Rund 2/3 der Fläche des im Volksmund als „Ländle“ bezeichneten Bundeslands liegen auf über 1000 m, 1/4 liegt im Bereich zwischen 1500 – 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. Der Vordere Bregenzerwald ist noch von Hügeln dominiert, was sich in der ausgeprägten Grünlandwirtschaft und Forstwirtschaft widerspiegelt. 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. Aber auch Allgäuer Alpen, Rätikon, Lechquellengebirge und Verwall bilden imposante Berglandschaften.

Laut KILIAN et al. (1994) beinhaltet Vorarlberg zwei Wuchsgebiete: Der Westteil der Nördlichen Randalpen (4.1.) und den Westteil der Nördlichen Zwischenalpen (2.1), mit teils unterschiedlicher Höhengliederung (Tab. 3). Das Wuchsgebiet 4.1 liegt im Westteil der nördlichen Randalpen und nimmt ca. 2/3 der Fläche Vorarlbergs ein. „Bregenzerwald, Großes und Kleines Walsertal, [Rheintal,] Walgau mit Gamperdonatal und Brandnertal sowie das äußere Klostertal bis Innerbraz“ (KILZER et al. 2011) werden diesem Wuchsgebiet zugerechnet. Das durch die ansteigenden Gebirge sowie die W/NW-Strömungen bedingte kühl-humide Klima mit häufigem Stauregen und einem Niederschlagsmaximum im Sommer prägen dieses Gebiet. Durchschnittlich fallen hier 1500 – 2000 mm Regen im Jahr. Der Bregenzerwald ist mit teils über 2500 mm Jahresniederschlag die niederschlagsreichste Region Vorarlbergs. Rheintal und Walgau erreichen mit ca. 8,5°C (KILZER & BLUM 1991) den höchsten Jahresmittelwert. Mit 397 m stellt der Bodensee den am tiefsten gelegenen Teil des Landes dar. Ihm gegenüber bildet die Schesaplana, die eine Höhe von 2964 m erreicht, den höchsten Gipfel dieses Wuchsgebiets. Der größte Anteil

² http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/umwelt_zukunft/umwelt/natur-undumweltschutz/weitereinformationen/daten_fakten/naturraumvorarlberg.htm

dieses Wuchsgebietes liegt im montanen Bereich. Auf 400 m liegt die Jahresdurchschnittstemperatur (am Bodensee) bei 9,2°C, auf dem Pfänder (ca. 1000 m) bei 6,2°C. Im Winter fallen auf 400 m in etwa 82 mm Niederschlag im Monat, auf 1000 m bis zu 162 mm. Dieser Niederschlagsunterschied fällt im Sommer jedoch deutlich geringer aus. Die Schneebedeckung hält auf 1000 m mit 114 Tagen ca. dreimal so lange wie auf 400 m.

Der Westteil der nördlichen Zwischenalpen (2.1) stellt das zweite Wuchsgebiet Vorarlbergs dar (KILZER et al. 2011). Es bedeckt ca. 1/3 der Fläche des Landes. Hierzu gehören Montafon, inneres Klostertal und oberes Lechtal mit Gipfellagen zwischen durchschnittlich 2000 und 3000 m. Das mäßig niederschlagsreiche, subkontinentale Klima erreicht einen Jahresniederschlag von 1000 – 1900 mm und ist dem Föhneinfluss stärker ausgesetzt als die nördlichen Zwischenalpen. Im Verwall können Jahresniederschlagswerte von bis zu 3000 mm beobachtet werden, wohingegen in den noch etwas höher gelegenen Gipfeln der Silvretta nur bis zu 1800 mm Niederschlag auftreten. Der Schwerpunkt dieses Wuchsgebietes liegt mit über 1600 m im subalpinen Bereich. Der Höhenamplitude reicht von 600 m (Lorüns) bis auf 3312 m (Piz Buin). In den Tallagen werden Jahresdurchschnittstemperaturen von 6,2°C erreicht, auf 3000 m liegt diese bei –5,4°C. Der winterliche Niederschlagsunterschied fällt mit 102 mm in den Tallagen und 130 mm auf 3000m geringer aus als in den nördlichen Randalpen. Trotz des Höhenunterschieds von 2000 m weisen Sommerniederschläge für 1000 m und 3000 m fast idente Mittelwerte von 159 mm bzw. 166 mm auf. Erwartungsgemäß große Unterschiede zeigen sich bei der Dauer der Schneebedeckung. In den Tallagen ist der Boden durchschnittlich 118 Tage im Jahr von Schnee bedeckt, auf 3000 m sind es 309 Tage.

Eine weitere Einteilung der Naturräumlichen Gliederung Vorarlbergs wurde von AMANN et al. (2013) im Zuge einer Mooskartierung erstellt (Abb. 2). Innerhalb dieser Arbeit werden beide Einteilungsmöglichkeiten verwendet.

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Gebieten bezüglich Höhenbereich, Temperatur, Niederschlag und Schneebedeckung haben

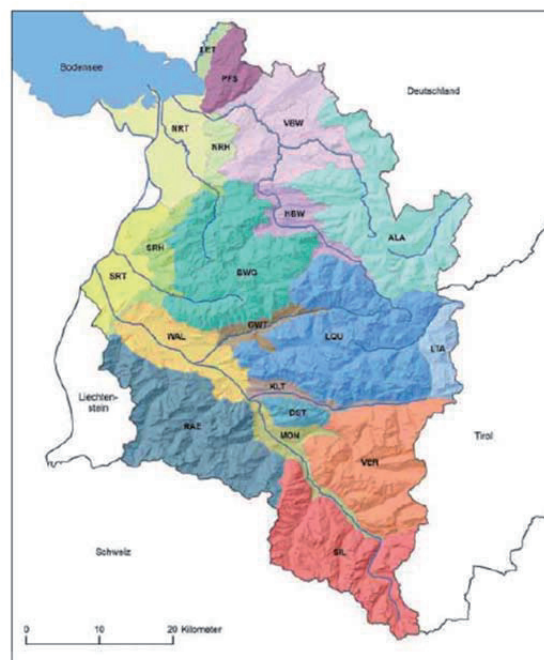


Abb. 2 Naturräumliche Gliederung Vorarlbergs nach AMANN et al. (2013). ALA = Allgäuer Alpen, BWG = Bregenzerwaldgebirge, DST = Davennastock, GWT = Großwalsertal, HBW = Hinterer Bregenzerwald, KLT = Klostertal, LET = Leiblachtal, LQU = Lechquellengebirge, LTA = Lechtaler Alpen, MON = Montafon, NRH = Nördlicher Rheintalhang, NRT = Nördliches Rheintal, PFS = Pfänderstock, RAE = Rätikon, SIL = Silvretta, SRH = Südlicher Rheintalhang, SRT = Südliches Rheintal, VEW = Vorderer Bregenzerwald, VER = Verwall, WAL = Walgau.

große Auswirkungen auf Flora und Fauna, da dadurch z.B. die Dauer der Vegetationsperiode stark beeinflusst wird. Auf 400 m liegt diese bei 254 Tagen im Jahr, auf 2800 m sind es nur noch 49 Tage. Des Weiteren ist auf die unterschiedliche Globalstrahlung an nördlich und südlich exponierten Flächen hinzuweisen. Es zeigt sich hier eine 2,5-fach höhere Einstrahlung an Südseiten (KILZER et al. 2011).

Tab. 3 Einteilung der zwei Wuchsgebiete Vorarlbergs nach Höhenstufen und Seehöhe (m NN) nach KILZER et al. (2011).

Höhenstufen		Nördliche Randalpen (4.1)	Nördliche Zwischenalpen (2.1)
Montan	Submontan	< 600 (700) m	500 – 750 (850) m
	Tiefmontan	600 – 800 (1000) m	750 – 1000 m
	Mittelmontan	800 – 1200 (1300) m	1000 – 1300 (1400) m
	Hochmontan	1200 – 1450 (1600) m	1300 – 1600 (1700) m
Subalpin	Tiefsubalpin	1450 – 1650 (1700) m	1600 – 1800 (1900) m
	Hochsubalpin	1650 – 1950 (2000) m	1800 – 2050 (2100) m
Alpin		1950 – 2200 m	2050 – 2350 m
Nival		> 2200 m	> 2350 m

2.1.2 Geologie Vorarlbergs³

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.

Im Norden Vorarlbergs befindet sich die Molassezone, welche den Abtragungsschutt der Kalkalpen darstellt (Abb. 3). Sie unterscheidet sich jedoch markant von der übrigen Molassezone Österreichs, da sie keine Ebenen sondern Berge bildet. Die Grenze ist mit der Linie Dornbirn – Egg (im



Abb. 3 Blick Richtung Bodensee vom Niedere (Bregenzerwald).

³ nach FRIEBE (2007)

Bregenzerwald) – und Balderschwang klar definiert. Ihre Entstehung wird auf das Ende der alpidischen Gebirgsbildung (letzte weltweite Gebirgsbildung) zurückgeführt. Da die Alpen nördlich abwanderten, entstand durch das Absinken der Europäischen Platte eine Wanne welche mit Sedimenten der Alpen gefüllt wurde. Die Schichtfolge ist hier durch abwechselnde limnische und marine Ablagerungen bestimmt. Nur ein Teil der Molassezone Vorarlbergs wurde von der Gebirgsbildung erfasst. Deshalb wird in Vorarlberg zwischen Subalpiner Molasse (= südliche Molasse) und Vorlandmolasse (= nördliche Molasse) unterschieden. Die Subalpine Molasse entstand dadurch, dass der südliche Teil steil gestellt wurde. Anschließend kam es zu einer Zerlegung und einer Schuppenstapelung. Im Vergleich dazu ist die Vorlandmasse gegen Norden hin flacher.

Das Helvetikum ist in Vorarlberg vor allem im mittleren Bregenzerwald ausgeprägt und stellt den geologischen Beginn der Alpen dar. Nach Westen hin vom Rheintal unterbrochen bildet es in der Schweiz wieder mächtige Gebirgsformationen. Die Sedimente wurden vor über 60 Millionen Jahren abgelagert. Schratenkalk stellt das Hauptgestein dar. Grasberge entstanden durch die Erosion von verschiedenen Mergeln und Grünsandsteinen. Die imposante Kanisfluh (2044 m) wiederum ist aus Jurakalk aufgebaut. Das Helvetikum setzt sich in Vorarlberg aus der Feuerstätter Decke, ultrahelvetischen Decken (Liebensteiner Schuppenzone) und helvetischen Decken zusammen. Die Feuerstätter Decke ist eine zerrissene, heterogene Zone, welche überwiegend in Flyschfazies ausgebildet ist. Die Liebensteiner Schuppenzone stellt den südlichsten Teil des Helvetikums dar. Die Helvetischen Decken (Andelsbucher Gleitschellenzone) beherbergen gesteinsbildende Großforaminiferen, Fossilien von Irregulariten, zahlreichen Ammoniten, sowie Nautiliden.



Abb. 4 Das Schweizer Tor im Rätikon ist nicht nur im Hinblick auf Hummeln sehr interessant, denn es stellt einen wichtigen Wildkorridor dar, durch welchen die Wiederbesiedelung Vorarlbergs durch große Beutegreifer (z.B. Wolf und Braunbär) stattfindet.

Der erosive Rätikon bildet das westliche Ende der Nördlichen Kalkalpen (Abb. 4). Deren Westteil kann in drei relativ große tektonische Einheiten eingeteilt werden: Allgäu-, Lechtal- (Bajuvarikum) und Inntal-Decke, die jedoch wegen ihrer ähnlichen Schichtfolge auch zusammengefasst werden. Aufgrund der hohen Erosion findet sich im Westen Vorarlbergs nur noch die Lechtal-Decke. Die Nördlichen Kalkalpen umfassen in Vorarlberg den Rätikon, Davennastock, das Lechquellengebirge und

den Hochtannberg. Unterschieden werden sie durch die verschiedenen Kalksteine die sich in der Tethys ablagerten. In der Geographie bildet das Alpenrheintal die Grenze zwischen Ost- und Westalpen. Vom geologischen Standpunkt betrachtet ist dies jedoch nicht ganz korrekt. Die Grenze verläuft hier quer durch das Land. Die nördlichen Kalkalpen, welche von den Drei Schwestern (Teil des Rätikons, stellen Staatsgrenze zu Liechtenstein dar) durch die Ostalpen ziehen, weisen prächtige Hauptdolomitwände auf. Unter dieser Schicht befinden sich evaporitische Sulfatgesteine. Der landschaftliche Abwechslungsreichtum ist zum Teil auf deren hohe Löslichkeit zurückzuführen. Auch sind zahlreiche Konglomerate auffindbar (entstehen durch die Kristallisation von Karbonat).

Südlich der Linie Rellstal – Bartholomäberg – Kristberg – Klostertal – Arlberg befindet sich das metamorphe Altkristallin der Silvretta (Abb. 5). Die vorherrschenden Gesteine sind Gneise, Glimmerschiefer und Amphibolite. Das Kristallin der Silvrettadecke wird im Südwesten und im Nordwesten von Gestein der Lechtaldecke, also von Sedimentgestein, überdeckt.

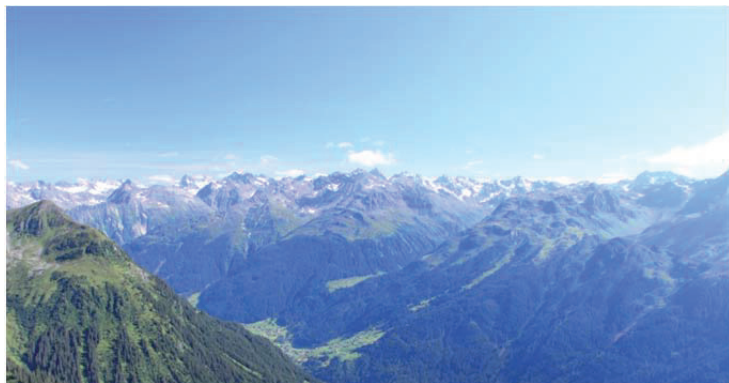


Abb. 5 Blick auf die Silvretta, mit dem höchsten Gipfel Vorarlbergs (Piz Buin, 3312 m).

Laut Friebe (2007) besteht „[d]ie Silvrettadecke zu ca. 20 Vol.-% aus Metabasiten, zu ca. 30 % aus metasedimentären Gesteinen (Paragneise, Glimmerschiefer, Phyllitgneise) und zu ca. 50 % aus Orthogneisen“. Im Norden herrschen jedoch auch Metasedimente und im Süden Amphibolite vor. Das Silvrettagebirge, an dem neben Vorarlberg auch noch Tirol und die Schweiz Anteil haben, beinhaltet auch den höchsten Berg Vorarlbergs, den Piz Buin (3312 m) sowie den Ochstaler Gletscher.

Die Sedimente des Penninikums sind stark verteilt und treten aufgrund ihrer unterschiedlichen Ablagerung auch unterschiedlich zum Vorschein. Die Arosa-Zone tritt im Fenster von Gargellen (Montafon) und zahlreichen andere Fenstern in den Nördlichen Kalkalpen zum Vorschein, welche großteils einzelne Schuppengrenzen der Nördlichen Kalkalpen markieren. Die am stärksten ausgeprägten Fenster finden sich hier am Brandner Golm und dem Mattlerjoch (westlicher Rätikon). Die Arosa-Zone fungierte als Gleitzzone bei der alpinen Deckenbildung. Dies ist auch der Grund für ihre sehr komplexe Schichtfolge. Gänzlich unterschiedliche Gesteine kommen nebeneinander vor, was auf eine Subduktion der ozeanischen Kruste unter das Ostalpin zurückzuführen ist. Es kam dadurch sogar zu Umkehrungen in der Schichtfolge. Dies ist auch der

Grund, weshalb eine klare Einteilung der Fundorte im Gebiet zwischen dem Dreieck Lünensee-Golm-Gargellen nach kalkigem bzw. saurem Untergrund nicht möglich war. Die Sulzfluhdecke ist Teil des mittelpenninischen Deckenkomplexes und erstreckt sich auf einen schmalen Streifen zwischen Vorarlberg und der Schweiz. Aus Granit, Kalk und Couches Rouges aufgebaut tritt sie im Fenster von Gargellen, sowie in Madrisa und Davos (Schweiz) zum Vorschein. Lokales Auftreten des Penninikums kann bei der Falknis-Decke beobachtet werden. Diese Decke weist eine rund 1200 m dicke durchgehende Turbidit- und Brekzienabfolge auf, die in den Alpen einzigartig ist. Im Fenster von Nüziders und beim Vaduzer Flysch tritt das Penninikum zwischen Teilschuppen der Lechtal-Decke zum Vorschein. Das Vorarlberger Flysch stellt eine Ausnahme dar, da es eine klare selbstständige Zone bildet und großflächig zum Vorschein kommt. Als Teil des Rhenodanubischen Flyschs wurde hier Detritus in einem Tiefseetrog abgelagert. In Vorarlberg sind nur noch Flyschsedimente aus der Kreide aufzufinden welche eine Dicke von bis zu 2800 m erreichen können.

2.2 Datenaufnahme

2.2.1 Transektmethode

Die Feldforschung zu der vorliegenden Diplomarbeit fand im Zeitraum vom 1.7.2012 – 30.8.2012 statt. An insgesamt 30 Tagen (je 15 im Juli und August) wurden die Hummeln Vorarlbergs anhand einer Transektmethode untersucht. Eine Sammelgenehmigung für das Jahr 2012 wurde über die INATURA Dornbirn erteilt.

Da ein Großteil der Untersuchungsflächen im Gebirge zu finden war, wurde in steilem Gelände mit Höhentransekten gearbeitet. Jeder Transekt sollte eine Höhendifferenz von 100 m nicht überschreiten. Um den semi-quantitativen Vergleich aller Transekte zu gewährleisten, wurden die zurückgelegten Strecken innerhalb der Höhentransekte im Nachhinein mithilfe des VOGIS-Atlas⁴ berechnet. Hier wurde zudem die Höhendifferenz berücksichtigt. NEUMAYER & PAULUS (1999) weisen auf die Vorteile von Höhentransekten im Gebirge hin: durch diese Methode werden verschiedene Höhenstufen, Biotoptypen und Expositionen erfasst. Im Gegensatz zu den Höhentransekten wurde in flachem Gelände eine maximale Transektlänge von 500 m festgelegt. In einigen wenigen Fällen wurden die maximale Transektlänge, beziehungsweise, die maximale Höhendifferenz überschritten. Da die Abundanzen jedoch mit Hummeln/1000 m berechnet wurden, hat dies keinen Einfluss auf die Forschungsergebnisse. Die Transekte befanden sich entlang von Wanderwegen (Pfaden), Forstwegen und Straßen. Die Transektbreite wurde nicht

⁴ Geodaten des Landes Vorarlberg. Abrufbar unter: <http://vogis.cnv.at/atlas/init.aspx>

festgelegt, sondern es wurden alle Hummeln dokumentiert, welche qualitativ und quantitativ erfassbar waren. In der Regel wurde aber eine 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. Das GPS-Gerät zeigte zudem die zurückgelegte Strecke an. Bei der Dateneingabe in BioOffice⁵ wurden die Transektlängen nochmals mittels VOGIS-Atlas überprüft und gegebenenfalls geändert. Für jeden Transekt wurde die Exposition bestimmt (N, O, S, W, NO, NW, SO, SW), welche wiederum mit den Karten des VOGIS-Atlas abgeglichen wurde.

Während der Feldforschung kam es hin und wieder vor, dass die Anzahl der Hummeln so groß war, dass die Zählung jedes einzelnen Tieres nicht mehr möglich war. Fanden sich innerhalb eines Transekts über 20 Tiere einer Art vor, die das gleiche Pflanzentaxon und das gleiche Verhalten (Nektar saugend, Pollen sammelnd, usw.) aufwiesen und zur selben Kaste gehörten, wurde deren Individuenzahl auf 30 festgelegt. Dies kam jedoch nur selten vor, da zwar mehrmals über 20 Individuen einer Art innerhalb eines Transekts vorgefunden wurden, sich diese aber meist bezüglich des Blütenbesuchs unterschieden und somit getrennt dokumentiert wurden.

Gliederung der Transekte nach Biotoptypgruppen und Biotoptypen

Neben der maximalen Länge bzw. Höhendifferenz stellte die Homogenität des Lebensraums das wichtigste Kriterium für die Abgrenzung der einzelnen Transekte dar. Um die Lebensräume der Hummeln zu beschreiben, wurden sechs Biotoptypgruppen, insgesamt in 32 Biotoptypen unterteilt (Tab. 4), eingeführt. An dieser Stelle ist zu betonen, dass es sich hier nicht um Biotoptypen im pflanzensoziologischen Sinne handelt. Vielmehr wurde anhand bestehender Literatur (MERTZ 2000, 2008; GRABHERR & POLATSCHKE 1986) und Forschungsarbeiten (NEUMAYER & PAULUS 1999; NEUMAYER 2005, 2009) ein eigenes Schema entwickelt, um die Untersuchungsflächen verschiedenen Biotoptypgruppen und Biotoptypen zuordnen zu können (Tab. 4, Abb. 6). Um die Verzahnung der verschiedenen Lebensräume zu berücksichtigen erwies sich die Beschreibung von Ökotonen (z.B. Waldwegrand, Waldrand) als sinnvoll. Bezogen auf die auftretenden Gesteine wurde bei den Biotoptypen an und über der Waldgrenze, Alpweiden sowie bei den Hochstauden zwischen Kalk und Silikat unterschieden. Aufgrund der sehr komplexen Geologie Vorarlbergs (Kapitel 2.1.2), war eine zweifelsfreie Zuordnung aber nicht immer möglich. Bei der Biotoptypgruppe Hochstauden wurde zwischen Hochstaudenfluren und hochstaudenreichen Alpweiden unterschieden. Letztere unterscheiden sich vom Biotoptyp

⁵ Entwickelt und publiziert vom Tiroler Landesmuseum. Nähere Informationen unter www.biooffice.at.

Alpweide durch das verhältnismäßig vermehrte Vorkommen von Hochstauden (v.a. der Gattungen *Aconitum* und *Cirsium*). Hochstauden, welche sich an Waldrändern oder Waldwegrändern befanden (v.a. *Impatiens* spp.), wurden der Biotoptypgruppe Wälder, Waldränder, Säume und Gebüsche (submontan – subalpin) zugeordnet. Als Alpweiden wurde Grünland mit Stickstoffzeigern zwischen 900 und 2000 m (Kalk) oder 900 und 2100 m (Silikat) bezeichnet. Falls Beweidung durch Weidevieh jedoch klar ersichtlich war (z.B. durch Stickstoffzeiger, Kuhdung, oder Präsenz von Weidevieh), wurden auch höher gelegene Flächen den Alpweiden bzw. den hochstaudenreichen Alpweiden zugeordnet. Unter Feuchtbiotope fielen Quellfluren, Moorkomplexe, Feuchtwiesen und Vegetation an fließendem Gewässer. Innerhalb der Ruderalflächen stellen Siedlungsgebiete Mosaik aus z.B. Gärten, Parks, Gebäuden und kleinflächigen Brachflächen und Hecken dar. Durch die sehr enge und kleinräumige Verzahnung dieser Elemente erschien eine weitere Unterteilung als nicht sinnvoll. Da Straßenränder einen klar anthropogen bedingten Einschnitt in die natürliche Vegetation darstellen, wurden Flächen, die sich an Straßenrändern befanden und sich dadurch von der übrigen angrenzenden Vegetation unterschieden, diesem Biotoptyp zugeordnet. Andererseits wurden schmale Pfade, welche z.B. durch geschlossene Nadelwälder führten, dem Biotoptyp Nadelwälder angerechnet.



Abb. 6 Das kalkige Lechquellengebirge mit unterschiedlichen Biotoptypen wie z.B. Nadelwälder, Schuttfluren, alpinen Rasen, Alpweiden und Zwergstrauchgesellschaften.

Da der durch das Errichten von Forststraßen erheblich erhöhte Lichteinfall das Auftreten bestimmter Pflanzenarten stark beeinflusst, wurde hier der Biotoptyp Waldwegrand verwendet. 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. Tab. 5 und Tab. 6 geben einen Überblick über die Verteilung der Transekte nach Exposition bzw. Höhenstufen.

Tab. 4 Summe der Transektlängen in den Biotoptypgruppen und den dazu gehörigen Biotypen.

Biotoptypgruppen und Biotypen	Σ Transektlängen (m)
Biotypen 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
Feuchtbiopte	4600
Feuchtbiopte	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

Tab. 5 Summe der Transektlängen bezogen auf die Exposition.

Exposition	Σ Transektlängen (m)
E	9530
N	11780
NE	21340
NW	12690
S	12310
SE	15530
SW	27040
W	19550
keine Exposition	30170

Tab. 6 Summe der Transektlängen in den einzelnen Höhenstufen.

Höhenstufe (m NN)	Σ Transektlängen (m)
400-600	11300
600-800	16820
800-1000	13170
1000-1200	11700
1200-1400	6050
1400-1600	15450
1600-1800	16300
1800-2000	21300
2000-2200	25270
2200-2400	18080
2400-2600	2910
2600-2800	1200

2.2.2 Abiotische Faktoren

Um die Vergleichbarkeit der semi-quantitativen Daten zu gewährleisten, wurden bestimmte abiotische Rahmenbedingungen abgesteckt:

- **Temperatur:** Als Mindesttemperatur wurden 6°C festgelegt. Im Zuge der Feldforschung stellten 7°C die niedrigste Temperatur dar, bei der Daten erfasst wurden. Ein Temperaturmaximum wurde nicht festgelegt, jedoch wurden 32°C nicht überschritten. PENNINGER (2008) stellte fest, dass auch schon bei 7 – 8°C hohe Hummelsichtungszahlen erzielt werden können. Diese steigen bei Temperaturen zwischen 8°C bis 16 – 18°C. Über diesem Bereich kam es jedoch in Gebirgsregionen zu einer Abflachung dieser Kurve.
- **Uhrzeit:** Die Uhrzeit der Datenerfassung wurde auf die Stunde genau aufgenommen. Die Transektbegehungen wurden zum überwiegenden Teil zwischen 10:00 und 19:00 durchgeführt. In einigen seltenen Fällen wurde jedoch schon um 8 Uhr begonnen bzw. bis maximal 21 Uhr gesammelt. Da Hummeln bis zu 18 Stunden am Tag aktiv sind und nur bei Tageslicht gesammelt wurde, fallen die Tageszeiten der Datensammlung in den Aktivitätszeitraum der Hymenopteren. Falls es am vorangegangenen Tag bzw. in der Nacht geregnet hatte, wurde am nächsten Morgen abgewartet bis die ersten Hummeln beobachtet werden konnten. Erst dann wurde die Datenaufnahme fortgesetzt.
- **Bewölkungsgrad:** Die Datenaufnahme wurde unabhängig vom Bewölkungsgrad durchgeführt, wurde jedoch bei Niederschlag eingestellt bzw. es wurde gar nicht erst damit begonnen.
- **Wind:** Die Transektbegehungen wurden bis zu einer Windgeschwindigkeit von ca. 35 km/h durchgeführt (deutlicher Widerstand beim Gehen gegen den Wind). Bei höheren Windgeschwindigkeiten fand keine Datenaufnahme statt. Laut PENNINGER (2008) sind die Sichtungszahlen bei mittlerer Windgeschwindigkeit am höchsten. Im Vergleich dazu scheinen andere Parameter (v.a. Tageszeit, Strahlungsintensität, Temperatur und Luftfeuchtigkeit) einen größeren Einfluss auf die Sichtungszahlen zu haben.

2.2.3 Hummelbestimmung

Die Bestimmung der Hummeln erfolgte zum überwiegenden Teil im Freiland. Der im Jahr 2010 erschienene Feldbestimmungsschlüssel für die Hummeln Österreichs, Deutschland und der Schweiz (GOKCEZADE et al. 2010) ermöglicht es dem geübten Beobachter einen hohen Anteil der Arbeiterinnen und Königinnen der einzelnen Hummelarten direkt im Feld zu bestimmen, ohne diese abtöten zu müssen. Hierzu wurden die Tiere mit einem handelsüblichen Fangkescher eingefangen. Es erwies sich als sehr hilfreich, die Insekten zwischen dem Stoff des Keschers zu fixieren da dadurch die Farbmuster gut zur Geltung kamen. Oftmals wurden die Tiere in Drosophila-Röhrchen überführt. Da diese mit Schaumstoff verschlossen wurden, war es möglich die Tiere kurz einzuklemmen, um schwierige Merkmale besser betrachten zu können. Als zusätzliche Hilfe diente eine Lupe mit 15-facher Vergrößerung. Falls eine zweifelsfreie Bestimmung im Feld nicht möglich war, wurden die Hummeln mit Ethylacetat abgetötet und anschließend mit einem Stereomikroskop anhand der Hummelbestimmungsschlüssel von MAUS (1994), AMIET (1996) und NEUMAYER (unveröffentlicht) bestimmt. Die Belege wurden von NEUMAYER überprüft.

An dieser Stelle muss aber auch auf die Grenzen des Feldbestimmungsschlüssels hingewiesen werden. Obwohl sich dieser bei der Bestimmung von Arbeiterinnen und Königinnen als sehr nützlich erwies, war eine eindeutige Zuordnung der Männchen nur bedingt möglich. Vor allem die Bestimmung der Männchen mit zwei hellen Binden am Mesosoma und roten Binden auf dem Metasoma stellte sich oftmals als schwierig heraus. Wie schon erwähnt wurden die Tiere im Zweifelsfall abgetötet und mit einem Binokular bestimmt. Bei der Feldbestimmung der weiblichen Tiere erwies sich auch die Unterscheidung der einzelnen Arten der Untergattung *Bombus* sensu stricto (*B. terrestris*, *B. lucorum*, *B. cryptarum*, *B. magnus*) als problematisch. Im Zuge dieser Diplomarbeit wurden *B. terrestris* und der *B. lucorum*-Komplex zu einer Gruppe zusammengefasst und als *Bombus terrestris-lucorum*-Komplex (TL-K) bzw. *Bombus* sensu stricto bezeichnet.

2.2.4 Blütenbesuch

Im Zuge der Feldforschung wurden auch Daten über den Blütenbesuch von Hummeln gesammelt. In den allermeisten Fällen wurden die Tiere gefangen, als sie sich gerade auf einer Pflanze befanden. Das Verhalten der Tiere (Abb. 7) wurde in Nektar aufnehmend (N), Pollen sammelnd (P), Nektar aufnehmend und Pollen sammelnd (N+P), Nektarraub vollziehend (R), Nektarraub vollziehend und Pollen sammelnd (R+P) festgehalten. Da jedoch keine Pollenanalysen durchgeführt wurden, ließ sich nicht feststellen, von welchen Pflanzen diese stammten. Falls eine Hummel Pollenhöschen trug, wurde dies jedoch trotzdem vermerkt. Die Blütenpflanzen wurden mit der Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol (FISCHER, ADLER & OSWALD 2005) und/oder der Flora Helvetica (LAUBER & WAGNER 2007) bestimmt. Die Pflanzen wurden mindestens auf Gattungsniveau determiniert (Tab. 7). 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*.



Abb. 7 Ein Weibchen aus der Erdhummelgruppe (*Bombus sensu stricto*) beim Nektarraub (R) am Wundklee (*Anthyllis vulneraria*), der zu den Schiffchenblumen zählt.

Die Blütenpflanzen, auf denen Hummeln dokumentiert werden konnten, wurden verschiedenen Blumentypen zugeteilt. Es handelt sich hierbei um Funktionstypen und nicht um eine Einteilung nach systematisch-taxonomischen Kriterien. Die Klassifikation richtet sich nach KUGLER (1970) und wurde teilweise mit dem Werk von WERTH (1956) abgeglichen und gegebenenfalls ergänzt. Eine ähnliche Klassifikation wurde auch von NEUMAYER & PAULUS (1999) verwendet. Diese ergänzten jedoch die Typen von KUGLER (1970) um den Blumentyp 33 Glöckchenblumen (z.B. *Calluna vulgaris*) welcher sich von den echten Glockenblumen dadurch unterscheidet, dass „ein Insekt von der Größe einer Honigbiene im Unterschied zu echten Glockenblumen nicht in der Blüte verschwinden [muss], um zum Nektar zu gelangen. Blüten dieses Typs wirken wie offene Blumen mit engem Eingang“ (NEUMAYER & PAULUS 1999). Zudem fassen NEUMAYER & PAULUS unter Blumentyp 7 alle Blüten mit verkürzter Blütenstandsachse und dichter Blütenstellung zusammen. Deshalb werden die *Phyteuma*-Arten und viele *Trifolium*-Arten zum Blumentyp 7 gezählt. Innerhalb dieser Arbeit wurden die Änderungen von NEUMAYER & PAULUS (1999) übernommen und weitergeführt (Tab. 7).

Tab. 7 Anzahl der beobachteten Blütenbesuche an den verschiedenen Pflanzentaxa (alphabetisch geordnet) und deren Zuordnung zu den unterschiedlichen Blumentypen: 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).

Pflanzentaxa	Σ Blütenbesuche	Blumentyp	
		Zahlencode	Buchstabencode
<i>Aconitum</i> spp.	555	5	LB
<i>Adenostyles alliariae</i>	10	7	KKB
<i>Ajuga</i> spp.	1	5	LB
<i>Alcea rosea</i>	9	1	SSB
<i>Anthyllis vulneraria</i>	66	6	SFB
<i>Calluna vulgaris</i>	94	33	GLÖB
<i>Calystegia sepium</i>	1	2	TB
<i>Campanula barbata</i>	28	3	GB
<i>Campanula</i> spp.	29	3	GB
<i>Carduus defloratus</i>	21	7	KKB
<i>Carduus personata</i>	18	7	KKB
<i>Carduus</i> spp.	3	7	KKB
<i>Carlina acaulis</i>	97	7	KKB
<i>Centaurea montana</i>	8	7	KKB
<i>Centaurea scabiosa</i>	88	7	KKB
<i>Cerastium uniflorum</i>	2	2	TB
<i>Cirsium arvense</i>	2	7	KKB
<i>Cirsium oleraceum</i>	92	7	KKB
<i>Cirsium</i> spp.	65	7	KKB
<i>Cirsium spinosissimum</i>	480	7	KKB
<i>Crepis</i> spp.	2	7	KKB
<i>Digitalis grandiflora</i>	8	5	LB
<i>Doronicum</i> spp.	1	7	KKB
<i>Dryas octopetala</i>	2	1	SSB
<i>Echium vulgare</i>	4	5	LB
<i>Epilobium angustifolium</i>	79	1	SSB
<i>Galeopsis tetrahit</i>	39	5	LB
<i>Gentiana asclepiadea</i>	134	2	TB
<i>Gentiana clusii</i>	1	2	TB
<i>Gentiana punctata</i>	2	3	GB
<i>Gentianella campestris</i>	22	4	STB
<i>Geranium</i> spp.	10	1	SSB
<i>Geum rivale</i>	6	3	GB
<i>Hedysarum hedysaroides</i>	2	6	SFB
<i>Hieracium</i> spp.	1	7	KKB
<i>Impatiens glandulifera</i>	105	5	LB
<i>Impatiens noli-tangere</i>	35	5	LB

Pflanzentaxa	Σ Blütenbesuche	Blumentyp	
		Zahlencode	Buchstabencode
<i>Knautia dipsacifolia</i>	14	7	KKB
<i>Lamium album</i>	48	5	LB
<i>Lamium maculatum</i>	2	5	LB
<i>Lathyrus pratensis</i>	11	6	SFB
<i>Lathyrus sylvestris</i>	6	6	SFB
<i>Lavandula angustifolia</i>	4	5	LB
<i>Leontodon</i> spp.	49	7	KKB
<i>Leonurus cardiaca</i>	5	5	LB
<i>Lotus corniculatus</i>	28	6	SFB
<i>Lupinus polyphyllus</i>	32	6	SFB
<i>Lythrum salicaria</i>	4	2	TB
<i>Medicago sativa</i>	1	7	KKB
<i>Pedicularis</i> spp.	3	5	LB
<i>Phyteuma</i> spp.	86	7	KKB
<i>Prenanthes purpurea</i>	4	7	KKB
<i>Prunella</i> spp.	113	5	LB
<i>Rhinanthus</i> spp.	102	5	LB
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	244	2	TB
<i>Rhododendron hirsutum</i>	19	2	TB
<i>Rubus</i> spp.	15	1	SSB
<i>Salvia glutinosa</i>	13	5	LB
<i>Saxifraga aizoides</i>	1	1	SSB
<i>Scabiosa lucida</i>	2	7	KKB
<i>Senecio alpinus</i>	22	7	KKB
<i>Senecio incanus</i>	2	7	KKB
<i>Silene acaulis</i>	2	4	STB
<i>Silene dioica</i>	1	4	STB
<i>Silene vulgaris</i>	5	4	STB
<i>Solidago virgaurea</i>	13	7	KKB
<i>Stachys sylvatica</i>	20	5	LB
<i>Thymus</i> spp.	9	5	LB
<i>Trifolium alpinum</i>	2	7	KKB
<i>Trifolium badium</i>	46	7	KKB
<i>Trifolium pratense</i>	312	7	KKB
<i>Trifolium repens</i>	43	7	KKB
<i>Tropaeolum majus</i>	7	5	LB
<i>Vaccinium myrtillus</i>	8	33	GLÖB
<i>Vaccinium uliginosum</i>	2	33	GLÖB
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	6	33	GLÖB
<i>Vicia cracca</i>	58	6	SFB
<i>Vicia sepium</i>	9	6	SFB

2.2.5 Wetterlage im Untersuchungsjahr⁶

Österreichweit war das Jahr 2012 das siebtwärmste Jahr seit 1768. März, Juni, August und November waren deutlich wärmer als die vieljährigen Monatsmittel (+ 2,0 bis 2,8°C) welche aus den Jahren 1971 – 2000 berechnet werden. Im Gegensatz dazu fiel der Februar deutlich zu kühl aus (-3,8°C). Die Jahresdurchschnittstemperatur lag in Vorarlberg um 0,5 – 1°C und der Niederschlag um 10 – 20 % über dem vieljährigen Mittel. Erhöhter Niederschlag wurde v.a. in den Monaten Jänner, Juni und August festgestellt. Der März war österreichweit klar der trockenste Monat. Bedingt durch die hohen Niederschläge und den kalten Februar war dies ein sehr schneereiches Jahr. In Bregenz wurde am 12. Dezember 2012 eine Schneedecke von 60 cm gemessen. In Langen am Arlberg lagen im Jänner sogar über 3,5 m Neuschnee, das ist das Doppelte des vieljährigen Mittelwerts. 2012 war ein sehr sonnenreiches Jahr mit 5 – 15% mehr Einstrahlung als im Mittel der Jahre 1991 – 2010.

2.3 Datenauswertung

Die gesammelten Daten wurden in BioOffice 2.0.10 eingegeben. Anschließend wurden sie in Excel 2010 importiert und ausgewertet. Bei den Abundanzberechnungen in den Höhenstufen wurde jeder einzelne Transekt einer Höhenstufe zugeordnet (Intervalle von 200 Höhenmetern). Die Abundanzen in der Höhenstufe 2000 – 2200 m beinhaltet also alle Fundorte mit den dazugehörigen Individuen die zwischen 2000 und 2200 m liegen. Zudem wurde jeder Fundort einer Biotoptypgruppe und einem Biotoptyp zugeordnet. Die Abundanzen sind immer als Hummeln/1000 m Transektlänge angegeben. Bei den Berechnungen zu den Höhenpräferenzen wurden von den historischen Daten nur jene miteinbezogen, bei denen die Seehöhe auf 200 m genau angegeben war. Die graphische Darstellung erfolgte hier mittels MATLAB R210a⁷. Die Daten von KOPF (2007b, unveröffentlicht) wurden bei den Berechnungen der Höhenpräferenzen nicht miteinbezogen, da sie den Verfasser zu kurz vor Fertigstellung der vorliegenden Arbeit erreichten. Diese Daten wurden aber in die Verbreitungskarten und Individuenzahlen aufgenommen. Die Verbreitungskarten wurden mit QGIS Desktop 2.0.1⁸ anhand aus BioOffice exportierten Shape-files erstellt. Diversitäts- und Korrelationsberechnungen wurden mit Excel 2010 bzw. SSP durchgeführt. Der Shannon-Wiener-Index wurde auf Basis $\log_2$ erstellt. Die Informationen zu den einzelnen Fundorten (z.B. Koordinaten, Transektlänge, Exposition) wurden größtenteils nochmals mit dem VOGIS-Atlas abgeglichen.

⁶ <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/jahresueckblick>

⁷ Entwickelt von MathWorks, Version R210a. Nähere Informationen unter <http://www.mathworks.de/products/matlab/index.html>

⁸ Entwickelt von QGIS Development Team. Nähere Informationen unter www.qgis.org.

3. Ergebnisse

3.1 Artenspektrum, Individuenzahlen und Verbreitung

3.1.1 Artenspektrum und Individuenzahlen

Insgesamt konnten für das Untersuchungsgebiet 27 Hummelarten (Tab 8, Abb. 8) nachgewiesen werden. Darin enthalten sind drei Arten (*B. terrestris*, *B. lucorum*, *B. cryptarum*) der Untergattung *Bombus* sensu stricto. Diese Arten werden in dieser Forschungsarbeit voneinander zwar nicht unterschieden, jedoch wurden Belegexemplare für *B. terrestris* und *B. lucorum* gesammelt. *Bombus cryptarum* wurde im Sommer 2012 für Vorarlberg durch genetische Analysen bestätigt (BARDAKJI 2014 unveröffentl.; BOSSERT et al. 2014 unveröffentl.). Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass alle drei Arten im Untersuchungsgebiet vertreten sind. Bei 20 der 27 Arten handelt es sich um soziale Hummeln. Die restlichen 7 Arten gehören zu den Kuckuckshummeln, welche Nester der sozialen Hummelarten parasitieren. Erstmals nach über 80 Jahren (1931) konnte das Vorkommen von *B. alpinus* für Vorarlberg bestätigt werden. Zudem wurde *B. flavidus* nach 1938 wieder nachgewiesen.

Die Gesamtzahl der dokumentierten Individuen beläuft sich auf 3540 (Tab. 8). Zahlenmäßig am häufigsten vertreten war *B. wurflenii*, welche über 1/3 der Gesamtindividuenzahl der beobachteten Hummeln einnimmt. Die 5 häufigsten Arten (*B. wurflenii*, *B. pascuorum*, *B. pyrenaeus*, *B. soroensis*, *B. monticola*) machen 80 % der Gesamtindividuenzahl aus. Die 7 häufigsten erreichen sogar 90 %. Insgesamt waren 10 Spezies mit über 50 Individuen vertreten, 15 Spezies mit über 10 Individuen und 10 Arten mit weniger als 10 Individuen (Abb. 8). Letztere wurden aufgrund des geringen Probenumfangs von den Abundanzberechnungen exkludiert. Nicht einmal 1 % der beobachteten Individuen gehören zu den Kuckuckshummeln.

Tab. 8 2012 in Vorarlberg nachgewiesen Hummelarten und die in dieser Arbeit verwendeten Abkürzungen. Die Anzahl der Individuen für jede Hummelart und deren prozentueller Anteil an der Gesamtindividuenzahl aller Hummelarten sind angeführt.

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 pyrenaeus</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 sensu stricto</i> (Linnaeus 1761) ⁹	TL-K	90	2,54
<i>Bombus sichelii</i> Radoszkowski 1859	sic	47	1,33
<i>Bombus soroeensis</i> (Fabricius 1776)	sor	376	10,62
<i>Bombus sylvestris</i> (Lepelletier 1832)	sylve	4	0,11
<i>Bombus wurflenii</i> Radoszkowski 1859	wur	1292	36,50
Σ	27 species	3540	100

⁹ die Untergattung *Bombus sensu stricto* enthält die Arten *B. cryptarum*, *B. lucorum* und *B. terrestris*.

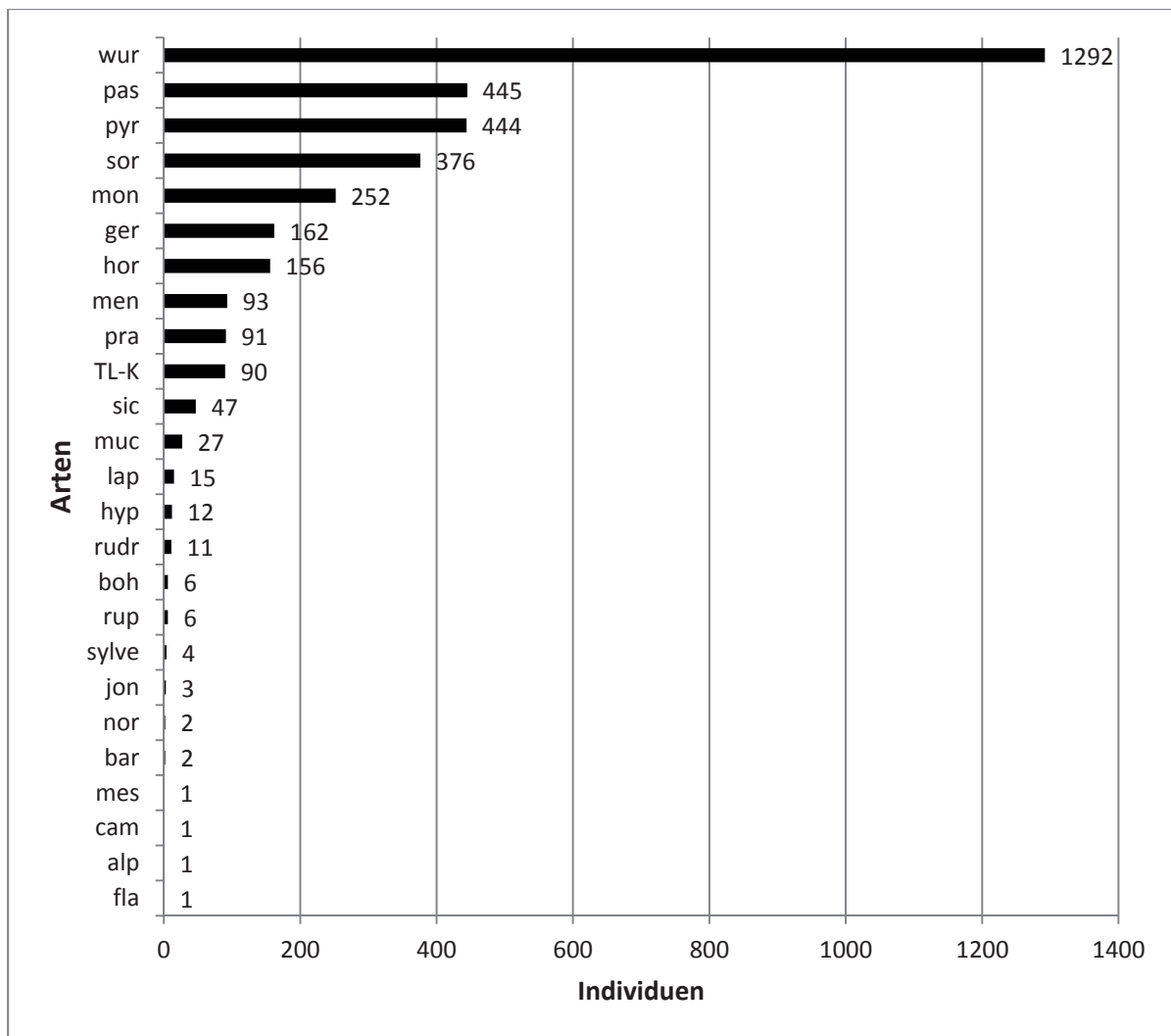


Abb. 8 Individuenzahlen der 2012 nachgewiesenen Hummelarten Vorarlbergs.

3.1.2 Verbreitungskarten der Hummelarten Vorarlbergs

Die Abb. 9a bis 9c zeigen Fundorte der im Untersuchungszeitraum (VII-VIII 2012) aufgesammelten Hummelarten sowie die Fundorte vor 2012. Abb. 9d beinhaltet Verbreitungskarten der 2012 nicht angetroffenen Arten, die aber durch frühere Funde belegt sind.

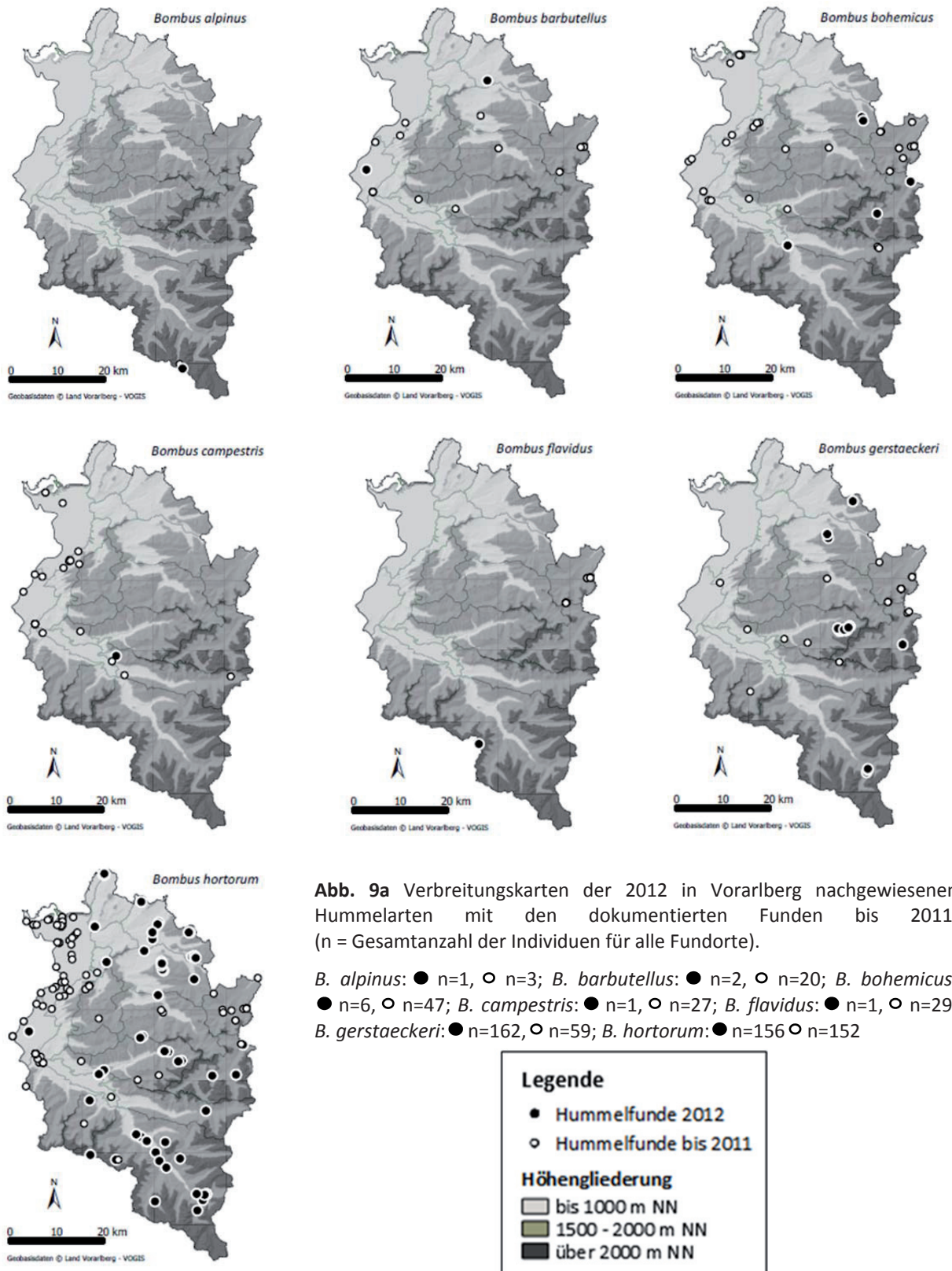


Abb. 9a Verbreitungskarten der 2012 in Vorarlberg nachgewiesenen Hummelarten mit den dokumentierten Funden bis 2011. (n = Gesamtanzahl der Individuen für alle Fundorte).

B. alpinus: ● n=1, ○ n=3; *B. barbutellus*: ● n=2, ○ n=20; *B. bohemicus*: ● n=6, ○ n=47; *B. campestris*: ● n=1, ○ n=27; *B. flavidus*: ● n=1, ○ n=29; *B. gerstaeckeri*: ● n=162, ○ n=59; *B. hortorum*: ● n=156, ○ n=152

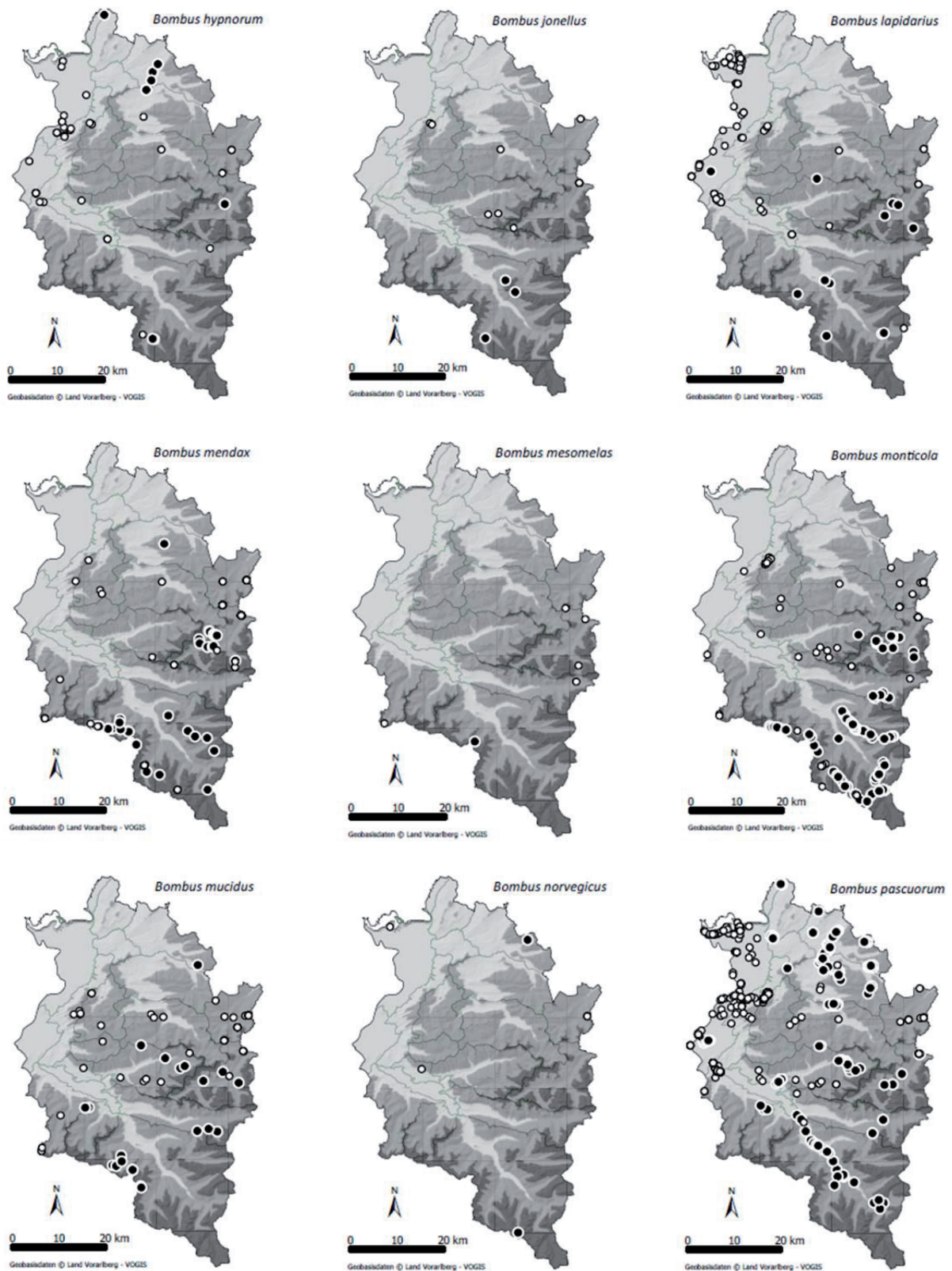


Abb. 9b Verbreitungskarten der 2012 in Vorarlberg nachgewiesenen Hummelarten mit den dokumentierten Funden bis 2011. (n = Gesamtanzahl der Individuen für alle Fundorte); ● 2012, ○ bis 2011.

B. hypnorum: ● n=12, ○ n=48; *B. jonellus*: ● n=3, ○ n=19; *B. lapidarius*: ● n=15, ○ n=129; *B. mendax*: ● n=93, ○ n=254; *B. mesomelas*: ● n=1, ○ n=7; *B. monticola*: ● n=252, ○ n=141; *B. mucidus*: ● n=27, ○ n=139; *B. norvegicus*: ● n=2, ○ n=3; *B. pascuorum*: ● n=445, ○ n=907

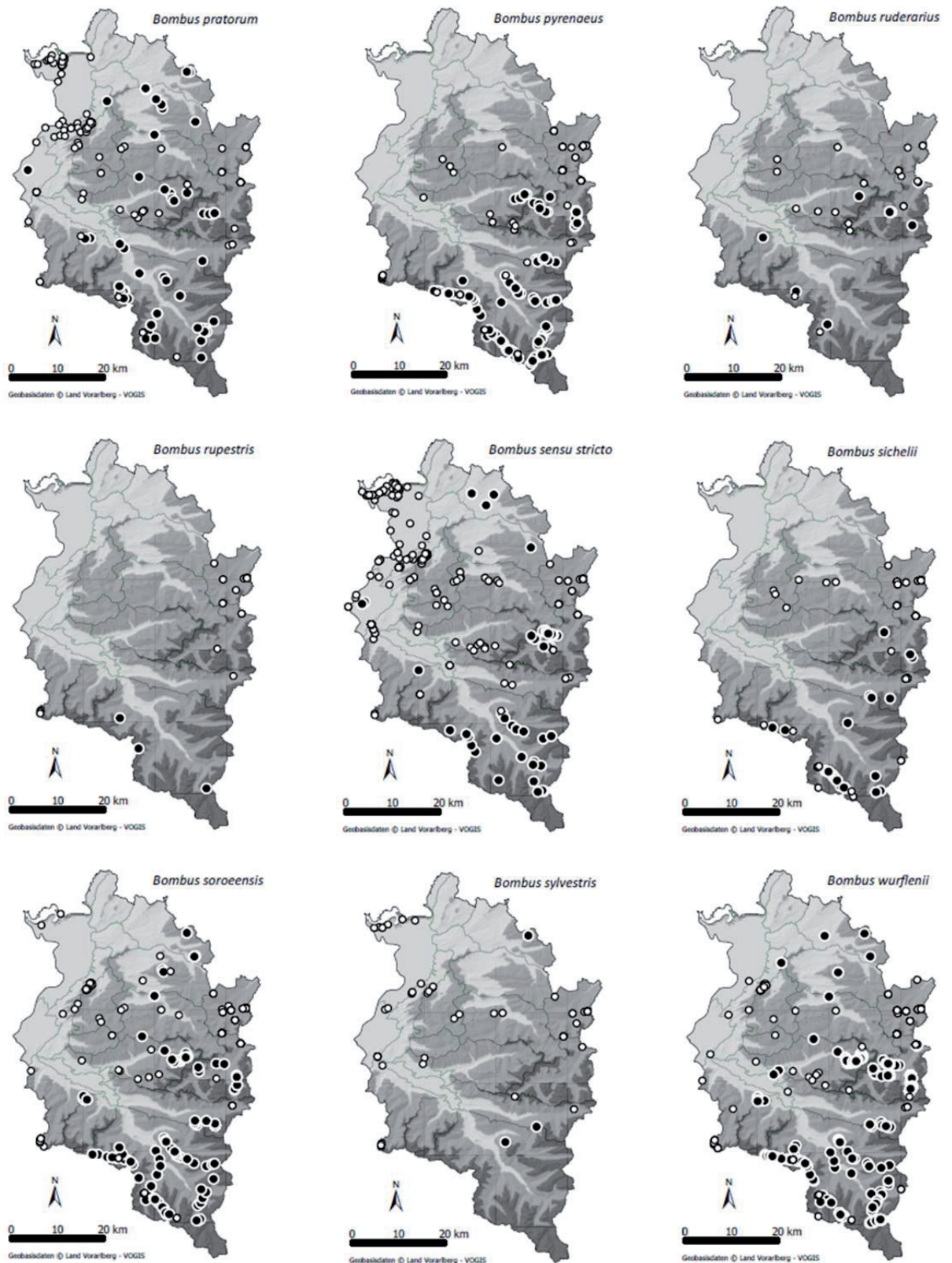


Abb. 9c Verbreitungskarten der 2012 in Vorarlberg nachgewiesenen Hummelarten mit den dokumentierten Funden bis 2011. (n = Gesamtanzahl der Individuen für alle Fundorte); ● 2012, ○ bis 2011.

B. pratorum: ● n=91, ○ n=306; *B. pyrenaicus*: ● n=444, ○ n=193; *B. rudericus*: ● n=11, ○ n=36; *B. rupestris*: ● n=6, ○ n=74; *Bombus sensu stricto*: ● n=90, ○ n=640; *B. sichelii*: ● n=47, ○ n=336; *B. soroeensis*: ● n=376, ○ n=429; *B. sylvestris*: ● n=4, ○ n=79; *B. wurflenii*: ● n=1292, ○ n=720

Für Vorarlberg nachgewiesene, im Jahr 2012 aber nicht angetroffene Hummelarten

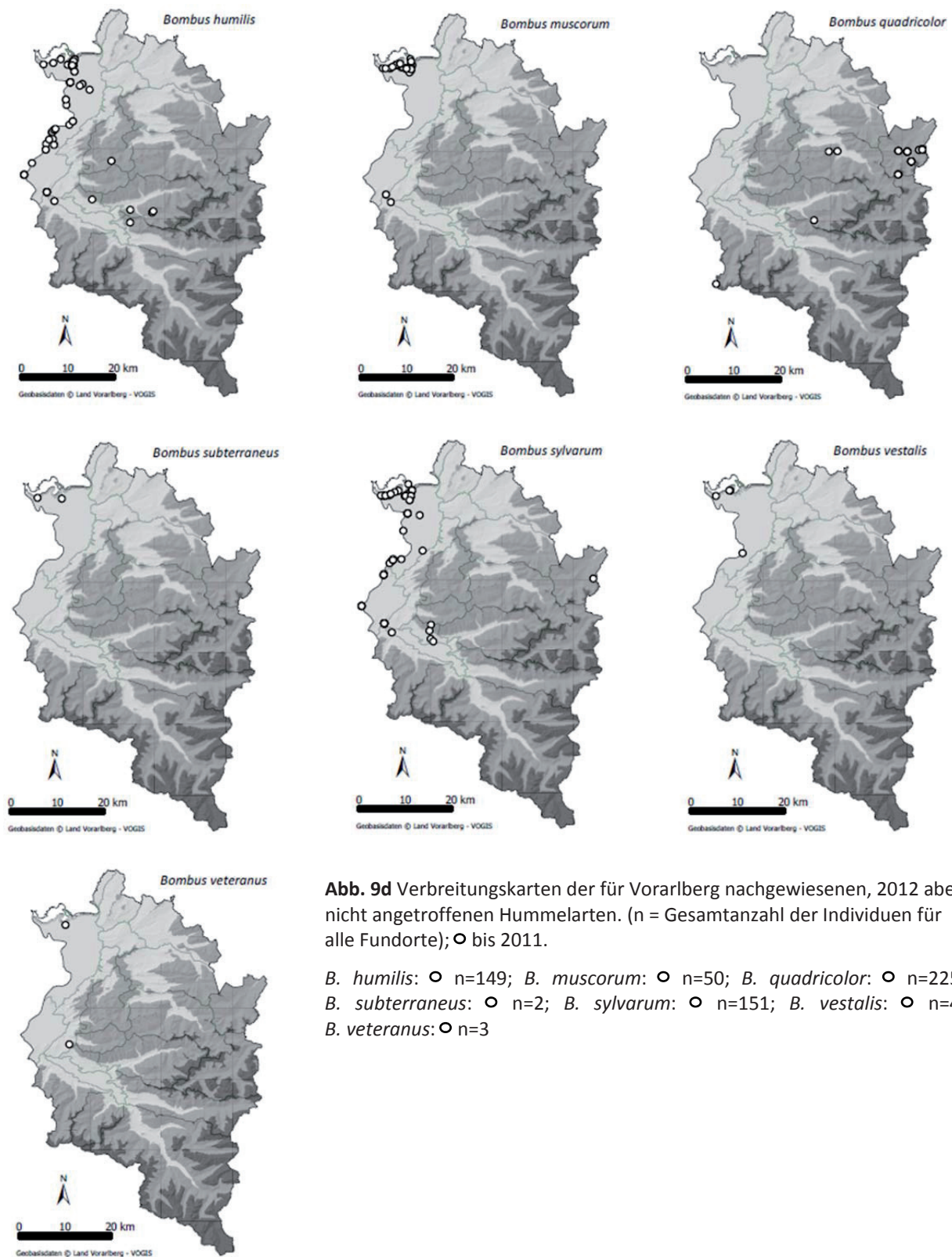


Abb. 9d Verbreitungskarten der für Vorarlberg nachgewiesenen, 2012 aber nicht angetroffenen Hummelarten. (n = Gesamtanzahl der Individuen für alle Fundorte); ○ bis 2011.

B. humilis: ○ n=149; *B. muscorum*: ○ n=50; *B. quadricolor*: ○ n=225; *B. subterraneus*: ○ n=2; *B. sylvarum*: ○ n=151; *B. vestalis*: ○ n=4; *B. veteranus*: ○ n=3

3.2 Diversität

3.2.1 Diversität in den Höhenstufen

Wie aus Tab. 9 ersichtlich, reichten die Artenzahlen in den verschiedenen Höhenstufen von zwei (2600 – 2800 m) bis 16 (1600 – 2000 m). Der Bereich mit den höchsten Artenzahlen lag auf 1000 – 2400 m. Generell zeigten die Artenzahlen ein ähnliches Muster wie die Abundanzen in den Höhenstufen. Der Shannon-Wiener-Index erreichte mit einem Wert von 2,68 sein Maximum bei 1600 – 1800 m. Die niedrigsten Diversitäten zeigten sich mit 0,50 bzw. 1,48 in der höchsten (2600 – 2800 m) bzw. niedrigsten (400 – 600 m) Höhenstufe. Ähnlich wie bei der Artenzahl wurden die höchsten Diversitätswerte im Bereich zwischen 1000 und 2400 m erreicht. Der Korrelationskoeffizient zwischen Diversität und Artenzahl in den Höhenstufen beträgt $r = 0,83$.

Tab. 9 Hummeldiversität in den verschiedenen Höhenstufen: Shannon-Wiener-Index (H'), Evenness und Artenzahl.

Höhenstufen (m NN)	H'	Evenness	Artenzahl
400-600	1,48	0,44	10
600-800	1,66	0,52	9
800-1000	1,99	0,63	9
1000-1200	2,35	0,63	13
1200-1400	2,29	0,62	13
1400-1600	2,59	0,66	15
1600-1800	2,68	0,67	16
1800-2000	2,37	0,59	16
2000-2200	2,57	0,69	13
2200-2400	2,36	0,64	13
2400-2600	2,16	0,93	5
2600-2800	0,5	0,5	2

3.2.2 Diversität in den Biotoptypgruppen

Die Artenzahlen in den verschiedenen Biotoptypgruppen waren im Allgemeinen, mit Ausnahme der Feuchtbiootope, recht ähnlich (Tab. 10). Die höchste Artenzahl ($n = 20$) wurde in Wäldern und walddnahen 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 Feuchtbiootope jene Biotoptypgruppe mit der geringsten Artenzahl. Der Shannon-Wiener-Index ergab sehr ähnliche Werte für Wirtschaftsgrünland (2,76), Wälder und walddnahe Lebensräume (2,75), Ruderalflächen (2,74) und Biotoptypen an und über der Waldgrenze (2,73). Die geringste Diversität verzeichneten die Hochstauden (Tab. 10). Die höchste Evenness wurde in jener Biotoptypgruppe mit der geringsten Artenzahl (Feuchtbiootope) festgestellt. Obwohl nicht einmal die Hälfte der Artenzahl, verglichen mit den Hochstauden, erreichten die Feuchtbiootope aufgrund der höheren Äquität einen höheren Diversitätsindex. Die Evenness in den Biotoptypgruppen mit hoher Artenzahl war mit Ausnahme von den Hochstauden und Feuchtbiotopen recht ähnlich (Tab. 10). Diversität und Artenzahl in den Biotoptypgruppen korrelieren nicht signifikant miteinander ($r = 0,51$).

Tab. 10 Hummeldiversität in den verschiedenen Biotoptypgruppen: Shannon-Wiener-Index (H'), Evenness und Artenzahl

Biotoptypgruppen	H'	Evenness	Artenzahl
Biotoptypen an und über der Waldgrenze	2,73	0,76	16
Feuchtbiootope	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

3.3 Ökologische Präferenzen

3.3.1 Abundanzen

Die durchschnittliche Abundanz der Hummeln über die gesamte Wegstrecke der Transekte (ca. 160 km) betrug im Untersuchungszeitraum 22,13 Individuen/1000 m Wegstrecke. Betrachtet man die Abundanzen aller Hummeln bzw. der einzelnen Arten in den verschiedenen Höhenstufen (Abb. 10, Abb. 11), Biotoptypgruppen (Abb. 13, Tab. 11) und Biotoptypen (Abb. 13, Tab. 12) jedoch genauer, zeigen sich teils deutliche Unterschiede. Für die Berechnung der Abundanzen wurden nur jene Arten herangezogen welche insgesamt mit mindestens 10 (Höhenstufen, Biotoptypgruppen) bzw. 15 Individuen (Biotoptypen) vertreten waren.

3.3.2 Abundanzen in den Höhenstufen

3.3.2.1 Gesamtabundanzen der Gattung *Bombus* in den Höhenstufen

Hinsichtlich der Abundanzen aller Hummeln in den verschiedenen Höhenstufen (Abb. 10) lässt sich erkennen, dass die höchsten Abundanzen im Bereich zwischen 1000 und 2400 m lagen. Die niedrigsten Werte fanden sich unter 1000 m bzw. über 2400 m. Maximalwerte lagen mit ca. 35 Individuen/1000 m Wegstrecke im Bereich zwischen 1200 – 1400 und 1800 – 2000 m. Zwischen 1400 – 1800 m konnte ein Rückgang der durchschnittlichen Hummelabundanzen beobachtet werden.

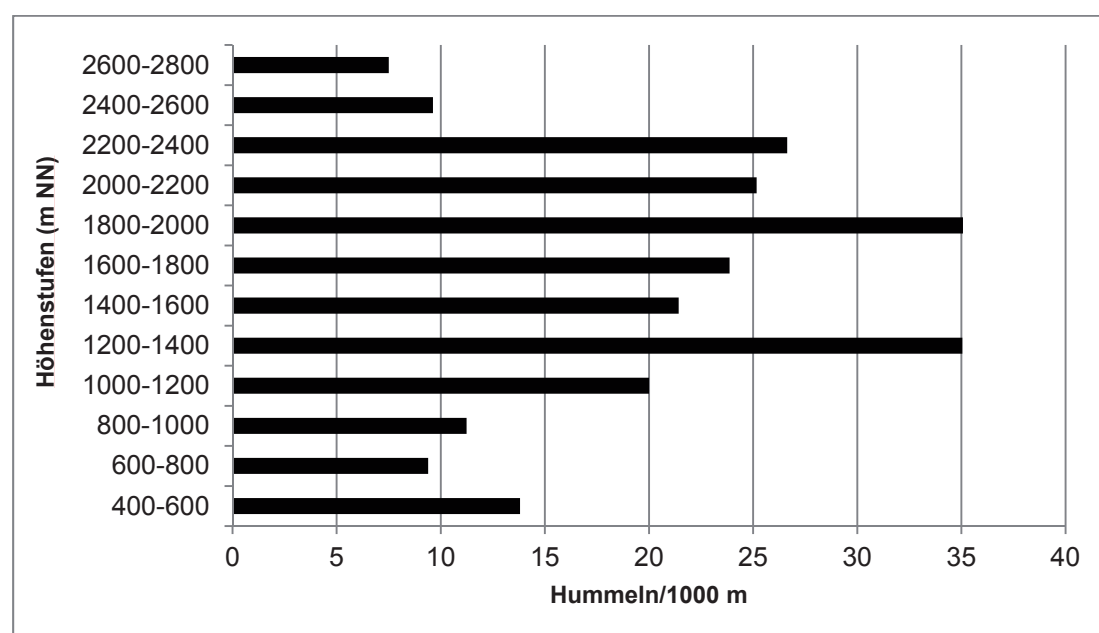


Abb. 10 Hummelabundanzen (Individuen/1000 m Wegstrecke) in den einzelnen Höhenstufen.

3.3.2.2 Abundanzen der einzelnen Hummelarten in den Höhenstufen

Bezogen auf die Hummelabundanzen in den Höhenstufen (Abb. 11) lassen sich die Arten in drei Gruppen mit unterschiedlichen Höhenpräferenzen bzw. Höhenverbreitungsschwerpunkten zuordnen: Median der Höhenverteilung in der submontanen – montanen Stufe (bis 1500 m), in der subalpinen Stufe (1500 – 2000 m) oder in der alpinen Stufe (über 2000 m).

B. pascuorum und *B. hypnorum* bevorzugten tiefere Lagen bis unter 1500 m NN. Während *B. hypnorum* nicht über 1200 m nachgewiesen wurde, kam *B. pascuorum* in einigen wenigen Fällen auf über 1800 m vor. *Bombus hortorum* kam zwar von 500 bis auf über 2000 m vor, hat ihren Verbreitungsschwerpunkt aber unter 1500 m. *Bombus pratorum* weist zwar eine größere Höhenamplitude als *B. ruderarius* auf, die Mediane für beide Arten liegen aber bei 1500 m NN.

Die zweite Gruppe hat ihren Verbreitungsschwerpunkt zwischen 1500 und 2000 m. Zu ihr zählen *B. gerstaeckeri*, *B. lapidarius*, *B. mucidus*, *B. sichelii*, *B. soroeensis* und *B. wurflenii*. *Bombus gerstaeckeri* und *B. lapidarius* kamen auch vermehrt in Lagen unter 1500 m vor, wohingegen *B. mucidus*, *B. sichelii* und *B. wurflenii* eher in Richtung höherer Lagen tendierten. Letztere konnte sogar von 500 bis 2500 m NN nachgewiesen werden.

Zu den Arten mit alpinem Verbreitungsschwerpunkt gehören *B. mendax*, *B. monticola*, *B. pyrenaeus* und die Untergattung *Bombus* sensu stricto. Für alle diese Taxa konnte eine Präferenz für Höhen über 2000 m festgestellt werden. *Bombus* s. str. beinhaltet aber drei Arten, weshalb hier keine artspezifischen Aussagen getroffen werden können. Nur einzelne Individuen von *B. monticola* wurden auf über 2600 m angetroffen, andererseits fanden sich regelmäßig Individuen von *B. pyrenaeus* auf bis zu 2500 m.

Die historischen Daten zeigen für die Arten mit submontan – montaner Verbreitung ein ähnliches Bild (Abb. 11). Ausnahmen bilden *B. lapidarius* und die Untergattung *Bombus* sensu stricto, welche in deutlich niedrigeren Lagen vermehrt vorkamen. Klare Unterschiede lassen sich bei den Arten mit alpiner Verbreitung erkennen. Alle Arten, die anhand der Daten aus dem Jahre 2012 als Hochgebirgsarten ausgewiesen wurden, fielen laut den historischen Daten in die subalpine Zone. Umgekehrt zeigen aber *B. sichelii* und *B. wurflenii* historisch einen höheren Verbreitungsschwerpunkt als 2012 festgestellt werden konnte (Abb. 11).

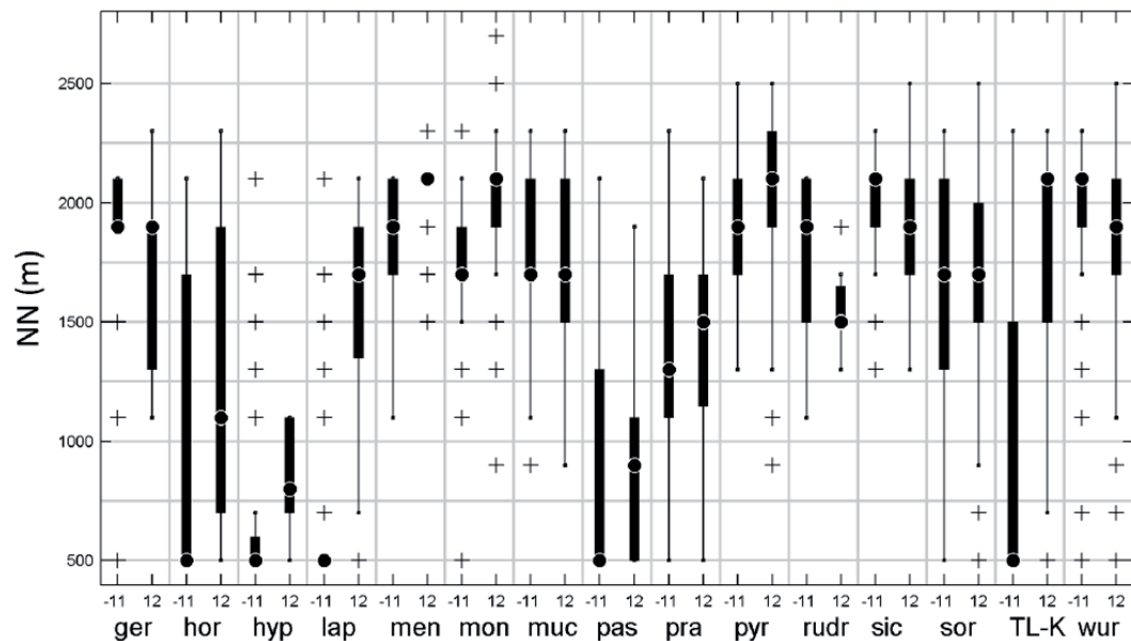


Abb. 11 Höhenverbreitung der 15 häufigsten Hummelarten Vorarlbergs des Jahres 2012. Für alle Arten sind nebeneinander die Daten bis zum Jahre 2011 (-11) und jene aus dem Jahr 2012 (12) dargestellt. Die beiden Enden der Antennen geben den gesamten Verbreitungsschwerpunkt an, die schwarzen Punkte den Median und die Enden der dicken schwarzen Balken stellen unteres bzw. oberes Quantil dar. + = Ausreißer. Die grauen Hintergrundlinien dienen zur Orientierung (Höhenstufen bzw. Abtrennungen zwischen den einzelnen Arten).

3.3.3 Abundanzen in den Biotoptypgruppen

3.3.3.1 Gesamtabundanzen der Gattung *Bombus* in den Biotoptypgruppen

Die mit Abstand höchste Hummelabundanz konnte in den Hochstauden nachgewiesen werden (Abb. 12). Mit 82,56 Individuen/1000 m ist die durchschnittliche Abundanz mehr als viermal größer als in den Ruderalflächen (19,86 Individuen/1000 m), welche die zweitgrößte Dichte aufwiesen. In den Biotoptypen an und über der Waldgrenze beträgt die Hummelabundanz 19,25 Hummeln/1000 m, gefolgt von der Biotoptypgruppe Wirtschaftsgrünland (13,69 Individuen/1000 m) und den Wäldern und waldnahen Lebensräumen (12,50 Individuen/1000 m). Mit 7,83 Hummeln/1000 m stellen Feuchtbiopte die Biotoptypgruppe mit der niedrigsten Abundanz dar.

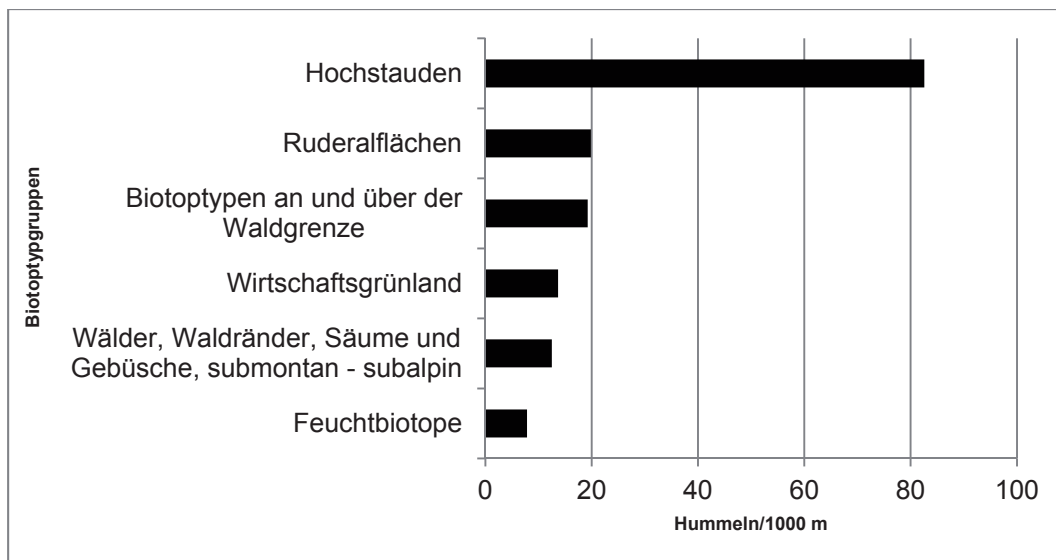


Abb. 12 Abundanzwerte (Individuen/1000 m Wegstrecke) der gesammelten Hummeln in den verschiedenen Biototypgruppen.

3.3.3.2 Abundanzen der einzelnen Hummelarten in den Biototypgruppen

Sieben Arten kamen in 100 %, zwei Arten in knapp 85 %, vier Arten in über 65 %, eine Art in 50 % und eine Art in knapp 35 % der Biototypgruppen vor. Die Mehrheit der 15 häufigsten Hummelarten kam im Großteil der Biototypgruppen vor (Tab. 11). Besonders generalistisch verteilt waren *B. wurflenii*, *B. soroeensis*, *B. sichelii*, *B. pyrenaicus*, *B. pratorum*, *B. pascuorum* und *B. monticola*, welche in allen Biototypgruppen anzutreffen waren. *Bombus wurflenii* ist zudem in den meisten Lebensraumtypen zahlenmäßig stark vertreten und wies in den Hochstauden mit 47 Individuen/1000 m eine über viermal höhere Abundanz auf als *B. gerstaeckeri*, die hier die zweithöchste Abundanz verzeichnen konnte (Tab. 11). *Bombus hortorum*, *Bombus sensu stricto*, *B. mucidus* und *B. mendax* kamen in allen Biototypgruppen außer den Feuchtbiotopen vor. Andererseits konnte *B. hypnorum* nur in Wäldern und walddahen Lebensräumen und auf Wirtschaftsgrünland dokumentiert werden. *Bombus ruderarius* wurde v.a. auf Wirtschaftsgrünland, aber auch in Hochstauden und in Wäldern und walddahen Lebensräumen nachgewiesen. Obwohl fast alle Arten als Generalisten bezüglich Lebensraumwahl aufscheinen, zeigt *B. gerstaeckeri* die wohl am stärksten ausgeprägte Spezialisierung. An *Aconitum*-Bestände gebunden, wurde eine Abundanz von 9,55 Individuen/1000 m in den Hochstauden nachgewiesen (Tab. 11). Die Abundanzwerte dieser Art in den anderen Biototypgruppen liegen bei etwa 0,2 Individuen/1000 m.

Tab. 11 Abundanzwerte (Individuen/1000 m Wegstrecke) der einzelnen Hummelarten in den verschiedenen Biotoptypgruppen. Für jede Art wurde der jeweils höchste Wert fett gedruckt.

Biotoptypgruppen						
Arten	Biotoptypen an und über der Waldgrenze	Feuchtbioptope	Hochstauden	Ruderalflächen	Wälder, Waldränder, Säume und Gebüsche, submontan - subalpin	Wirtschaftsgrünland
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

3.3.4 Abundanzen in den Biotoptypen

3.3.4.1 Gesamtabundanzen der Gattung *Bombus* in den Biotoptypen

Die Hummelabundanzen in den verschiedenen Biotoptypen (Abb. 13) der einzelnen Biotoptypgruppen zeigen teils deutliche Unterschiede. Bei den Hochstauden reicht die durchschnittliche Abundanz von 170,79 Individuen/1000 m in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk bis zu 20 Hummeln/1000 m in den Hochstaudenfluren auf Kalk/Silikat. Bei den Biotoptypen an und über der Waldgrenze konnte die höchste Hummelabundanz von 53,36 Individuen/1000 m auf den alpinen Rasen auf Kalk/Silikat verzeichnet werden. Auf Silikat weisen die Zwergstrauchheiden eine über doppelt so hohe Abundanz auf als auf Kalk. Die niedrigste Abundanz in dieser Biotoptypgruppe wurde in den Fels-, Schuttflur und Polstergesellschaften festgestellt (1,68 Hummeln/1000 m). Bei den Ruderalflächen konnte an Straßenrändern eine Abundanz von 25,65 und in Siedlungsgebieten von 13,65 Individuen/1000 m festgestellt werden. Bei den Wäldern, Waldrändern, Säumen und Gebüschen (submontan – subalpin) zeigt sich eine deutlich Tendenz zu niedrigeren Abundanzen in geschlossenen Wäldern (Individuen/1000 m:

Laubwald: 2,13; Mischwald 3,83; Nadelwald 4,73). Im Gegensatz dazu weisen Waldwegränder und Waldränder (subalpin) deutlich höhere Hummeldichten auf. Schlagfluren und Waldränder (submontan – montan) verzeichneten sogar 20,0 bzw. 24,48 Hummeln/1000 m. Die Biototypgruppe Wirtschaftsgrünland veranschaulicht die Bedeutung der menschlichen Landschaftsgestaltung für die Lebensraumnutzung von Hummeln sehr deutlich. Ungemähte Fettwiesen kamen auf fast 30 Hummeln/1000 m. Andererseits wurden auf gemähten Fettwiesen durchschnittlich gerade einmal 4 Individuen/1000 m gesichtet. Die Alpweiden erreichten auf Kalk eine fast viermal höhere Hummeldichte als auf Silikat. Die Abundanz in den Feuchtbiotopen liegt bei 7,83 Individuen/1000 m.

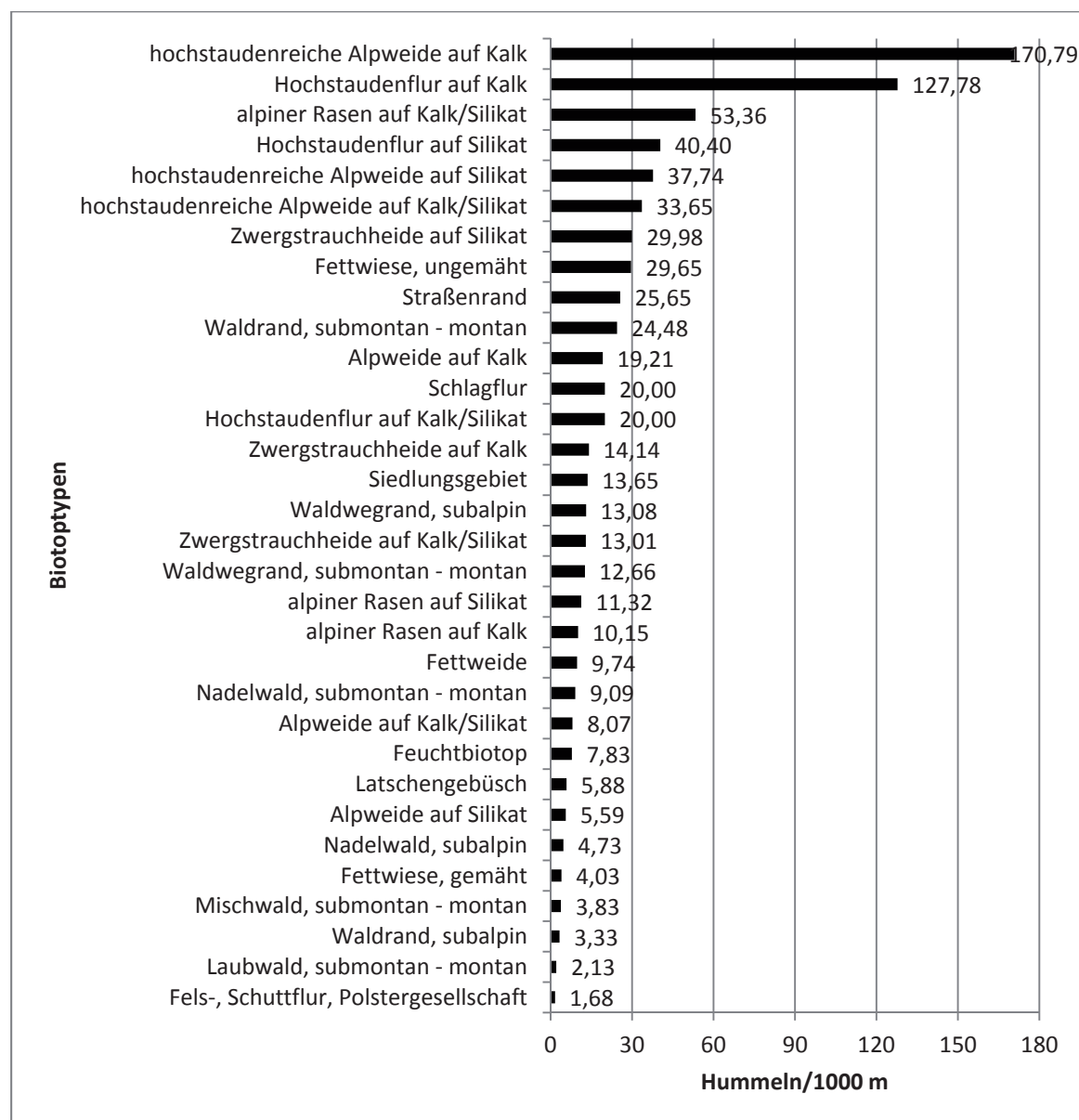


Abb. 13 Abundanzwerte (Individuen/1000 m Wegstrecke) der gesammelten Hummeln in den verschiedenen Biototypen, geordnet nach absteigenden Abundanzwerten.

3.3.4.2 Abundanzen der einzelnen Hummelarten in den Biotoptypen

Wie aus Tab. 12 ersichtlich, gab es innerhalb der einzelnen Biotoptypgruppen große Unterschiede bezüglich der Häufigkeit der Hummelarten. *Bombus gerstaeckeri* erreichte mit 32,13 Individuen/1000 m die höchste Abundanz in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk, fehlte aber in fast allen anderen Biotoptypen (außer Hochstaudenfluren auf Kalk) dieser Biotoptypgruppe. *Bombus hortorum* verzeichnet die höchste Abundanz ($n = 8,31$) ebenfalls in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk. Im Gegensatz dazu wurde von dieser Art durchschnittlich weniger als 1 Individuen/1000 m in Hochstaudenfluren auf Kalk und hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk/Silikat angetroffen. Die Hochgebirgsart *B. 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 Individuen/1000 m 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 Latschengebüschen 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 Individuen/1000m 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. Die Untergattung *Bombus* sensu stricto (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 Individuen/1000 m die höchste Abundanz aller Hummeln in den Hochstaudenfluren auf Kalk. Im Gegensatz dazu konnten aber nur 0,91 Individuen/1000 m in Hochstaudenfluren auf Kalk/Silikat festgestellt werden. *B. wurflenii* zeigte in den Wäldern und waldnahen Lebensräumen eine deutliche Tendenz für nicht komplett geschlossene Wälder (Tab. 12).

Eine Dominanz einzelner Arten zeichnete sich in bestimmten Biotoptypen ab. So war *B. pyrenaeus* klar die häufigste Hummel auf alpinen Rasen auf Kalk. Auf Alpweiden auf Kalk war 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 submontan – montanen Waldwegrändern. Die Wiesenhummer, *B. pratorum*, wurde als einzige Hummelart an subalpinen Waldrändern nachgewiesen.

Tab. 12 Abundanzen (Hummeln/1000 m Wegstrecke) der 12 häufigsten Hummelarten in den einzelnen Biotoptypen. Der höchste Wert für jede Art wurde fett gedruckt.

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

3.4 Blütenbesuch

3.4.1 Besuchte Pflanzentaxa in den Biotoptypgruppen

Insgesamt wurden im Zuge dieser Diplomarbeit Hummeln an 78 unterschiedlichen Pflanzentaxa beobachtet (Tab. 13). Von den 3540 Individuen wurden 3455 von 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. badium*, *T. repens*) erhielt *T. pratense* etwa siebenmal mehr Hummelbesuche. Auch in anderen Pflanzengattungen konnten große Unterschiede in der Attraktivität einzelner Arten festgestellt werden (Tab. 13): 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.

Tab. 13 Anzahl der Blütenbesuche an den verschiedenen Pflanzentaxa in den einzelnen Biotoptypgruppen (geordnet nach absteigender Anzahl an dokumentierten Blütenbesuchen).

Pflanzentaxa	Buchstabencode Blumentypen (s. Tab. 7)	Biotoptypen an und über der Waldgrenze	Feuchtbioptope	Hochstauden	Ruderalflächen	Wälder, Waldränder, Säume und Gebüsch, submontan – subalpin	Wirtschaftsgrünland	Σ Blütenbesuche
<i>Aconitum</i> spp.	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</i> spp.	LB	3		69	5	20	16	113
<i>Impatiens glandulifera</i>	LB				1	104		105
<i>Rhinanthus</i> spp.	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</i> spp.	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</i> spp.	KKB	1		8	22	27	7	65
<i>Vicia cracca</i>	SFB				17		41	58
<i>Leontodon</i> spp.	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</i> spp.	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
<i>Rhododendron hirsutum</i>	TB	11				2	6	19
<i>Carduus personata</i>	KKB					10	8	18
<i>Rubus</i> spp.	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

Pflanzentaxa	Buchstabencode Blumentypen (s. Tab. 7)	Biotoptypen an und über der Waldgrenze	Feuchtbioptope	Hochstauden	Ruderalflächen	Wälder, Waldränder, Säume und Gebüsche, submontan - subalpin	Wirtschaftsgrünland	Σ Blütenbesuche
<i>Adenostyles alliariae</i>	KKB	7		3				10
<i>Geranium</i> spp.	SSB	5					5	10
<i>Alcea rosea</i>	SSB				9			9
<i>Thymus</i> spp.	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</i> spp.	KKB			1		2		3
<i>Pedicularis</i> spp.	LB	3						3
<i>Cerastium uniflorum</i>	TB	2						2
<i>Cirsium arvense</i>	KKB				1	1		2
<i>Crepis</i> spp.	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
<i>Ajuga</i> spp.	LB						1	1
<i>Calystegia sepium</i>	TB					1		1
<i>Doronicum</i> spp.	KKB	1						1
<i>Gentiana clusii</i>	TB	1						1
<i>Hieracium</i> spp.	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

3.4.2 Blumentypen

3.4.2.1 Blütenbesuche nach Blumentypen der gesamten Gattung *Bombus*

Mit 1464 Blütenbesuchen wurden Hummeln am häufigsten an Köpfchen- und Körbchenblumen (z.B. *Cirsium*, *Carduus*, *Trifolium*) beobachtet (Abb. 14). Lippenblumen (z.B. *Aconitum*, *Impatiens*, *Lamium*) konnten 1073 Besuche verzeichnen. Zusammen nahmen diese beiden Typen einen Anteil an den gesamten Blütenbesuchen von 73,5 % ein. Trichter- und Schiffchenblumen kamen jeweils auf 385 bzw. 212 Besucher. An Scheiben- und Schalenblumen (n = 116), Glöckchenblumen (n = 110), Glockenblumen (n = 65) und Stieltellerblumen (n = 30) konnten zusammen 9,3 % der Blütenbesuche dokumentiert werden (Abb. 14).

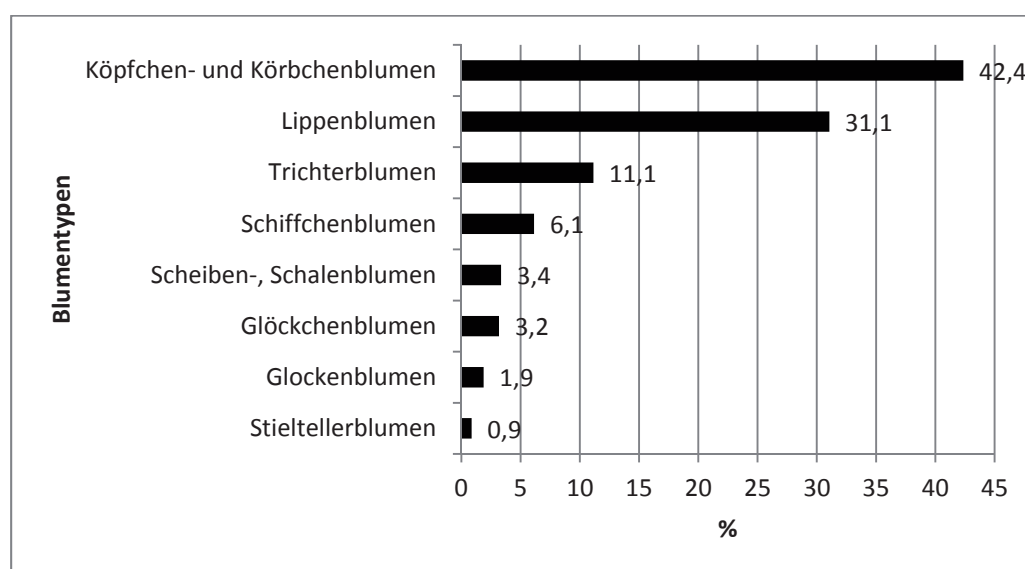


Abb. 14 Anteil der Blütenbesuche (%) nach Blumentypen während des Untersuchungszeitraums (VII-VIII 2012).

3.4.2.2 Blütenbesuche nach Blumentypen der einzelnen Hummelarten

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. 15). Eine Präferenz für Lippen-, Köpfchen- und Körbchenblumen und Trichterblumen lässt sich jedoch erkennen. Vertreter von *Bombus* sensu stricto zeigen hier geringere Unterschiede, wurden jedoch nicht an Glockenblumen gesichtet. Im Unterschied dazu wurde keine andere Hummelart so oft an Glockenblumen beobachtet wie *B. soroensis*, welche nur nicht auf Stieltellerblumen vorkam. Stieltellerblumen wurden nur von

4 der 15 häufigsten Arten besucht. Interessanterweise gehören aber 2 davon (*Bombus* s. str., *B. wurflenii*) zu den kurzrüsseligen Arten (Abb. 15). 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. Neben *B. gerstaeckeri* zeigten sich v.a. *Bombus hypnorum*, *B. lapidarius*, *B. mucidus* und *B. ruderarius* als am wenigsten generalistisch (Abb. 15). Stielteller-, Glöckchen-, Glocken- und Trichterblumen wurden von diesen Arten nicht besucht. Bei den letztgenannten Arten lässt sich eine Beeinflussung der Ergebnisse durch den relativ geringen Probenumfang jedoch nicht ausschließen.

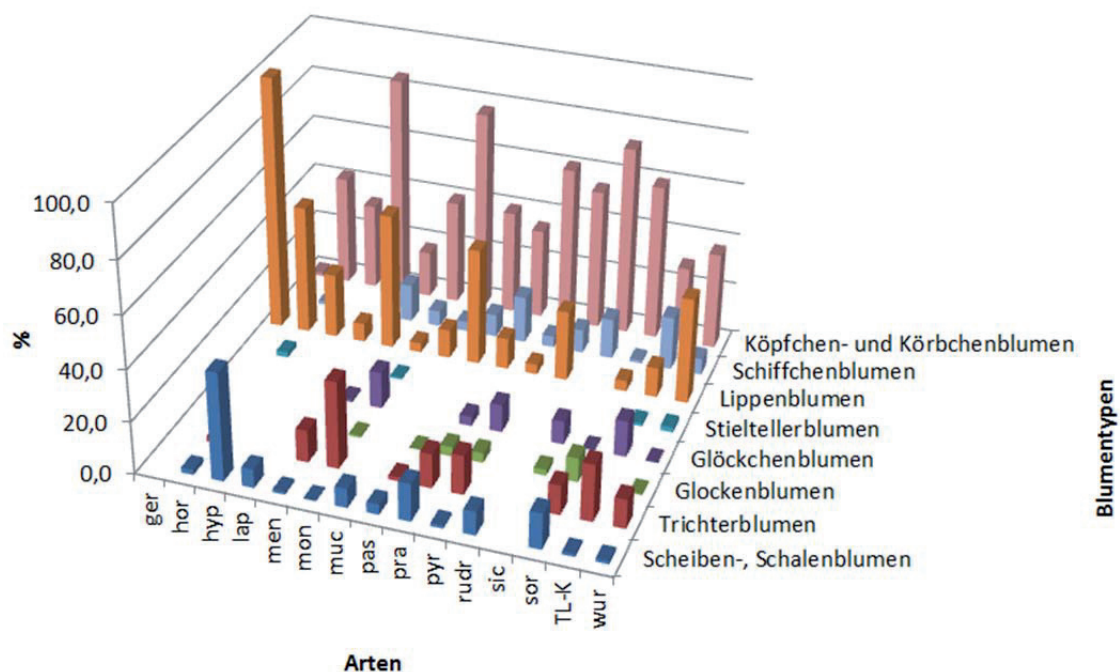


Abb. 15 Prozentueller Anteil der Blütenbesuche an den verschiedenen Blumentypen der 15 häufigsten Hummelarten Vorarlbergs aus dem Jahre 2012.

4. Diskussion

4.1 Artenspektrum, Individuenzahlen und geographische Verbreitung

Insgesamt konnten im Sommer 2012 für Vorarlberg 27 Hummelarten nachgewiesen werden (Kapitel 3.1). Dies sind fast 57,5 % aller jemals in Österreich nachgewiesenen 47 Hummelarten (GOKCEZADE et al. 2010; GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012). Aktuell kommen in Österreich 44 Hummelarten vor (NEUMAYER mdl.). Demzufolge konnten in Vorarlberg über 61 % der rezenten Hummelarten Österreichs belegt werden. Diese 27 Arten beinhalten 7 Kuckuckshummelarten der Untergattung *Psithyrus*. Bisher wurden in Österreich 9 *Psithyrus* Arten nachgewiesen (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012). Der Sachverhalt von *B. barbutellus* und *B. maxillosus* wurde schon in Kapitel 1 angesprochen. Somit konnten für das Untersuchungsgebiet fast 78 % aller sozialparasitischen Hummelarten Österreichs erfasst werden.

Aktuell gelten in Vorarlberg 35 Hummelarten als nachgewiesen (Tab. 2; Verbreitungskarten s. Kapitel 3.1.2). Mit 27 Arten konnten somit über 77 % dieser Arten wieder bestätigt werden. Es wurde im Laufe dieser Arbeit schon mehrmals darauf hingewiesen, dass das Hauptziel die Erfassung der Hummelfauna in noch wenig untersuchten Gebieten des Landes darstellte. Einige Arten (z.B. *Bombus subterraneus*) kommen aber höchstwahrscheinlich fast ausschließlich in schon gut dokumentierten Teilen Vorarlbergs vor. Mit über 3500 Individuen, aufgeteilt auf 27 Hummelarten und über 400 Fundorte tragen die Ergebnisse aus dieser Arbeit einen erheblichen Teil zur Vervollständigung der Kenntnisse über die lokale Hummelfauna bei. Im folgenden Teil werden die aufgenommenen Arten des Jahres 2012 besprochen.

Im Sommer 2012 in Vorarlberg nachgewiesene Hummelarten

Bombus alpinus (LINNAEUS 1758) konnte erstmals wieder seit 1931 in Vorarlberg nachgewiesen werden. Die historischen Nachweise beziehen sich auf drei Individuen, die in der Nähe der Tübinger Hütte (Silvretta) gefunden wurden (Abb. 9a). Der aktuelle Fund (♂) liegt aus dem gleichen Gebiet vor (Abb. 16), jedoch 400 m höher (2700 m NN) gelegen



Abb. 16 Blick vom Plattenjoch, an dem *B. alpinus* seit über 80 Jahren wieder nachgewiesen werden konnte, Richtung Vorarlberg.

(Plattenjoch, Gaschurn). *Bombus alpinus* besiedelt alpine Berghänge (WESTRICH 1990) Weiden und Schuttfuren (AMIET 1996) und kommt in den Alpen zwischen 1500 und 3000 m vor. Demzufolge könnte diese Hochgebirgsart neben der Silvretta auch noch in anderen hoch gelegenen Teilen Vorarlbergs, z.B. Rätikon, Verwall, Lechquellengebirge vorkommen. Die bisherigen Fundorte von *B. alpinus* in Vorarlberg befinden sich alle sehr nahe an der Schweizer Grenze. Für die Schweiz wurde diese Art in den an Vorarlberg angrenzenden Kantonen Graubünden und St. Gallen nachgewiesen (AMIET 1996). In Österreich gibt es sichere Belege von *B. alpinus* aus Kärnten, Tirol, Salzburg und Vorarlberg. Fraglich ist der Status für Niederösterreich, Oberösterreich und der Steiermark (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012).

Bombus barbutellus (KIRBY 1802) parasitiert die viel häufigere Gartenhummel (*B. hortorum*) und wahrscheinlich auch *B. ruderatus* (AMIET 1996, WESTRICH 1990). Diese Art aus der Untergattung *Psithyrus* konnte für zwei Fundorte (Bregenzerwald und südliches Rheintal) belegt werden (Abb. 9a). Alle bisherigen Funde stammen aus der nördlichen Hälfte Vorarlbergs. Da die Wirtsart *B. hortorum* aber im ganzen Land vorkommt, ist anzunehmen, dass *B. barbutellus* auch in anderen Teilen des Landes auftreten kann.

Bombus bohemicus (SEIDL 1837), ebenfalls eine sozialparasitische Art deren Wirt die Helle Erdhummel (*B. lucorum*) darstellt, wurde am Eingang zum Montafon, im Lechquellengebirge sowie in den Allgäuer Alpen nachgewiesen. Historische Funde existieren zudem aus dem Rheintal, Walgau, Bregenzerwald, Verwall und den Allgäuer Alpen (Abb. 9a). Aus dem Rätikon und der Silvretta fehlen jedoch Nachweise. Rückschlüsse auf die sonstige Verbreitung dieser Art sind aus zwei Gründen nur bedingt möglich. Erstens wurde innerhalb dieser Arbeit nicht unter den verschiedenen Arten der Untergattung *Bombus* sensu stricto unterschieden weshalb keine Vergleiche der Verbreitung mit der Wirtsart möglich sind. Zweitens sind die historischen Funde aufgrund neuer Erkenntnisse zur Bestimmung der Untergattung *Bombus* s. str. (Kapitel 1) fragwürdig. *Bombus bohemicus* kommt in der ganzen Schweiz bis über die Waldgrenze vor und ist häufig (AMIET 1996, AMIET & KREBS 2012). Laut GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO (2012) ist die Art auch in ganz Österreich verbreitet.

Bombus campestris (PANZER 1801), der Sozialparasit mehrerer Arten wie z.B. *Bombus pascuorum*, (ALFORD 1975, AMIET 1996, AMIET & KREBS 2012, HOFFER 1889, NEUMAYER 2005, 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990) *B. humilis* (HOFFER 1889), *B. pomorum* (LØKEN 1984), *B. pratorum* (POUVREAU 1974), *B. ruderarius* (HOFFER 1888) und evtl. auch *B. sylvarum* (LØKEN 1984) und *B. mucidus* (NEUMAYER 2009) aus der Untergattung *Thoracobombus* wurde nur am Muttersberg (Lechquellengebirge) angetroffen. Die historischen Nachweise beziehen sich größtenteils auf das

Rheintal und den Walgau (Abb. 9a), ein Fundort liegt im Klostertal am Fuße des Verwalls. Da *B. campestris* jedoch mehrere Wirtsarten hat, dürfte diese Art auch in anderen Teilen des Landes vorkommen. AMIET (1996) und AMIET & KREBS (2012) geben die ganze Schweiz als Verbreitungsgebiet an, betonen jedoch, dass sie nicht sehr häufig ist.

Bombus flavidus (EVERSMANN 1852) konnte an der Schnittstelle Schweiz-Rätikon-Silvretta erstmals wieder seit 1938 für Vorarlberg bestätigt werden (Abb. 9a). Die Wirtsarten stellen *B. monticola* und *B. jonellus* dar (AMIET 1996, AMIET & KREBS 2012, GOKCEZADE et al. 2010). Erstere konnte für den gleichen Fundort, letztere für ein nah gelegenes Gebiet (Silvretta) nachgewiesen werden. Historisch bestätigt ist *Bombus flavidus* nur für die Allgäuer Alpen (Abb. 9a). Da jedoch besonders *B. monticola* große Teile der gebirgigen südlichen Hälfte Vorarlbergs besiedelt, kann *B. flavidus* auch durchaus in diesen Gegenden vorkommen. Für Graubünden ist *B. flavidus* belegt, aber selten (AMIET 1996), und in Österreich wurde sie neben Vorarlberg in Kärnten, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark und Tirol nachgewiesen; der Status für Niederösterreich ist fraglich (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012).

Bombus gerstaeckeri MORAWITZ 1881, die Eisenhuthummel, führt regelmäßigen Blütenbesuch nur an der Pflanzengattung *Aconitum* durch (Abb. 17) und ist somit die einzige oligolektische Hummelart Österreichs. Für die Allgäuer Alpen, das Lechquellengebirge und die Silvretta konnte sie bestätigt werden (Abb. 9a). *Bombus gerstaeckeri* fehlt in den tieferen Lagen unter 1000 m, kommt aber bis in Höhen von bis zu 2000 m NN (AMIET 1996, AMIET & KREBS 2012) bzw. 2500 m (HAGEN 1994)



Abb. 17 Die Eisenhuthummel (*B. gerstaeckeri*) beim Blütenbesuch am Blauen Eisenhut (*Aconitum napellus*).

vor. Deshalb könnte diese Art in fast ganz Vorarlberg mit Ausnahme der tiefliegenden Täler Walgau und Rheintal vorkommen, vorausgesetzt es finden sich ausreichend *Aconitum*-Bestände. Falls *B. gerstaeckeri* angetroffen wurde, war sie fast immer sehr zahlreich vertreten. Mit seinen Alpflächen, Schluchten, Hochstauden und Bergwäldern bietet Vorarlberg eine Vielzahl von Lebensräumen für diese Art, welche dadurch auf Höhen von 800 bis 2300 m relativ häufig anzutreffen ist (SCHNELLER pers. Beob.). In den an Vorarlberg angrenzenden Gebieten der Schweiz kommt die Eisenhuthummel ebenfalls vor (AMIET 1996) und in Österreich fehlt sie nur in Wien und im Burgenland (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012).

Bombus hortorum (LINNAEUS 1761) konnte in ganz Vorarlberg von 400 m bis in Höhen von über 2000 m nachgewiesen werden. Keine andere Hummelart Vorarlbergs zeigt eine so weite Verbreitung wie die ubiquitäre Gartenhummel (Abb. 9a). *Bombus hortorum* weist einen sehr kurzen Nestzyklus auf und ist v.a. in den tieferen Lagen bivoltin (AMIET 1996, NEUMAYER 2005, 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990, HAGEN 1994). Noch im Hochsommer konnten hier Pollen sammelnde Königinnen beobachtet werden. Neben *B. gerstaeckeri* weist *B. hortorum* mit bis zu 22 mm (HAGEN 1994) die größte Rüssellänge aller heimischen Arten auf und ist deshalb v.a. auf Pflanzen mit langröhrigen Blüten anzutreffen (AMIET 1996, HAGEN 1994, NEUMAYER 2005, 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990). Besonders im Montafon konnte die seltenere melanistische Form dieser Art beobachtet werden. *Bombus hortorum* ist in der ganzen Schweiz (AMIET 1996) und in ganz Österreich verbreitet (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012).

Die kurzrüsselige Baumhummel, *Bombus hypnorum* (LINNAEUS 1758), fand sich im nördlichen Vorarlberg bei Hohenweiler, im Vorderen Bregenzerwald und zudem auf bis zu 1650 m im Lechquellengebirge und der Silvretta, war aber sehr selten (Abb. 9b). Historische Daten belegen das Vorkommen in Walgau, Rheintal, Bregenzerwald und den Allgäuer Alpen (Abb. 9b). Laut AMIET (1996) und AMIET & KREBS (2012) zählt die gesamte Schweiz zum Verbreitungsgebiet dieser sonst recht häufigen Art. Das gleiche gilt für Deutschland (WESTRICH 1990) und Österreich (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012).

Bombus jonellus (KIRBY 1802), die Heidehummel, konnte vereinzelt in der Silvretta und im Verwall auf über 2100 m angetroffen werden. Historische Funde belegen zudem das Vorkommen im Bregenzerwald, dem Lechquellengebirge und den Allgäuer Alpen (Abb. 9b). In der Schweiz beschränkt sich ihr Verbreitungsgebiet auf die Alpen, wo sie eher selten ist (AMIET 1996). Mit Ausnahme von Wien, Niederösterreich und dem Burgenland konnte *B. jonellus* schon in allen Bundesländern Österreichs nachgewiesen werden (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012).

Die Steinhummel, *Bombus lapidarius* (LINNAEUS 1758), ist über ganz Europa verbreitet (AMIET 1996, WESTRICH 1990) in Höhen von bis zu 2400 m NN (AMIET & KREBS 2012) anzutreffen. Im Zuge dieser Diplomarbeit konnte die Steinhummel nur mit geringen Individuenzahlen (n = 15) für den Rätikon, die Silvretta, den Verwall, das Lechquellengebirge, das Rheintal und den Bregenzerwald nachgewiesen werden (Abb. 9b). Dennoch fehlen in Vorarlberg Nachweise für große Teile des Bregenzerwaldes und der Allgäuer Alpen. Fast alle historischen Funde stammen aus den tiefer gelegenen, trockeneren und wärmeren Tälern Walgau und Rheintal. Laut NEUMAYER (mdl.) ist *B. lapidarius* eine eher wärmeliebende Art die sensibel auf Feuchtigkeit reagiert. Vorarlberg

weist generell eher hohe Jahresniederschläge auf und der Bregenzerwald ist mit über 2500 mm Jahresniederschlag die feuchteste Gegend Vorarlbergs. Dies könnte einerseits erklären, weshalb die Steinhummel im Bregenzerwald nur sehr vereinzelt nachgewiesen werden konnte und zudem, weshalb diese Art in Vorarlberg vergleichsweise selten auftritt.

Bombus mendax GERSTAECKER 1869 ist die einzige heimische Hummelart aus der relativ ursprünglichen Untergattung *Mendacibombus* SKORIKOV 1914. Sie besiedelt bevorzugt Gebirgshänge und Weiden (AMIET 1996) zwischen 1200 und 2800 m (AMIET & KREBS 2012) und zählt zu den frühesten aber auch zugleich spätesten Hochgebirgsarten (AICHORN 1976). Die Trughummel ist, für eine langrüsselige Art ungewöhnlich, ein Pollenstorer (HAGEN 1994) und die Männchen fallen durch ihre großen Komplexaugen und ihre von Sitzwarten ausgehenden Kontrollflüge im Zuge des Balzverhaltens auf (AMIET 1996, NEUMAYER & PAULUS 1999). Für Allgäuer Alpen, Lechquellengebirge, Verwall, Silvretta und Rätikon wurde diese Art im Sommer 2012 dokumentiert (Abb. 9b). Den historischen Daten zufolge findet sie sich auch in anderen Teilen Vorarlbergs, jedoch niemals unter 1000 m NN. In Graubünden und St. Gallen konnte die Trughummel ebenfalls nachgewiesen werden (AMIET 1996) und laut GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO (2012) kommt sie in Österreich nur nicht in Wien und im Burgenland vor.

Von *Bombus mesomelas* GERSTAECKER 1869 konnte im Untersuchungszeitraum nur ein Individuum an der Schnittstelle Schweiz-Rätikon-Silvretta nachgewiesen werden. Mit nur sieben Funden ist diese Art in Vorarlberg auch historisch gesehen sehr selten. Bemerkenswert ist jedoch, dass sich alle acht Funde auf sechs Fundorte aufteilen (Abb. 9b). Dies deutet darauf hin, dass *B. mesomelas* zwar weit verbreitet, aber selten ist. AMIET (1996) betont, dass die Häufigkeit dieser Art in der Schweiz regional von fehlend bis häufig variieren kann. Prinzipiell ist *B. mesomelas* eine wärme- und trockenheitsliebende Gebirgsart die sonnige Gebirgshänge (WESTRICH 1990) und Weiden (AMIET 1996) zwischen 1400 und 2500 m NN (HAGEN 1994). NEUMAYER (2009) zufolge könnte die Abnahme von Almflächen und die dadurch zunehmende Verbuschung bzw. Verwaldung die Lebensräume dieser Offenlandsart zurückdrängen. *Bombus mesomelas* ist in Vorarlberg historisch gesehen sowie aktuell sehr selten, was auf den hohen Niederschlagsreichtum des Landes zurückzuführen sein könnte, und kommt in Österreich nicht in Wien und im Burgenland vor. Im Unterschied dazu gibt es recht viele Nachweise für den Schweizer Kanton Graubünden (AMIET 1996), welcher ein inneralpines Trockengebiet darstellt (DANIEL & WOLFSBERGER 1957).

Die Berglandhummel, *Bombus monticola* SMITH 1849, war im Sommer 2012 eine der am häufigsten beobachteten Hummelarten. Laut AMIET (1996) kommt diese Art von 1000 m bis über die Waldgrenze vor. In Vorarlberg konnte sie zwischen 1000 und über 2700 m im Lechquellengebirge, Verwall, Rätikon und der Silvretta nachgewiesen werden (Abb. 9b). Historische Funde existieren aus dem Bregenzerwaldgebirge und den Allgäuer Alpen. Auch für die angrenzenden Gebiete der Schweiz existieren Belege (AMIET 1996). Laut NEUMAYER & PAULUS (1999) besiedelt *B. monticola* Lebensräume der subalpinen bis subnivalen Stufe und kann auch vereinzelt in Tälern angetroffen werden. Sie fehlt in Österreich nur in Wien und Burgenland (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012).

Bombus mucus GERSTAECKER 1869, die Grauweiße Hummel, konnte mit geringen Individuenzahlen in Höhen von über 1000 m für große Teile Vorarlbergs dokumentiert werden. AMIET (1996) zählt *B. mucus* zu den häufigen Arten und laut WESTRICH (1990) ist *B. mucus* sogar die häufigste alpine Hummelart der bayrischen Alpen. Er bezieht sich jedoch auf die recht alten Werke von STOECKHERT (1954) und TRAUTMANN (1924). Ob diese Aussagen immer noch zutreffen, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden, denn auch NEUMAYER & PAULUS (1999) bekräftigen, dass Hummeln oft starken jährlichen Populationsschwankungen unterliegen. In Vorarlberg scheint sie zwar weit verbreitet, aber nicht häufig zu sein. Dies stimmt mit den Beobachtungen von NEUMAYER (2009) im Nationalpark Gesäuse überein. Bevorzugte Lebensräume von *B. mucus* stellen Weiden und offene Berghänge dar. Wie die anderen Hummeln der höheren Lagen kommt die Grauweiße Hummel nicht in Wien und im Burgenland vor (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012).

Die Norwegische Kuckuckshummel, *Bombus norvegicus* SPARRE-SCHNEIDER 1918, wurde 2012 zweimal nachgewiesen (Allgäuer Alpen und Silvretta). Historische Funde stammen aus den Allgäuer Alpen, dem Walgau und dem nord-westlichen Rheintal (Abb. 9b). Diese Art parasitiert Nester von *B. hypnorum* (AMIET 1996, AMIET & KREBS 2012, HAGEN 1994, NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999) und ist deshalb an das Vorkommen der Wirtsart gebunden. Obwohl in Vorarlberg insgesamt bisher nur 5 Individuen belegt sind, dürfte *B. norvegicus* wie die Wirtsart weit verbreitet sein.

Die Ackerhummel (Abb. 18) *Bombus pascuorum* (SCOPOLI 1763) zählt definitiv zu den häufigsten heimischen Hummelarten (AMIET 1996, HAGEN 1994, NEUMAYER 2005, 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990). Von niederen Lagen bis auf 1800 m konnte die Art in fast ganz Vorarlberg nachgewiesen werden (Abb. 9b). Die ubiquitäre Ackerhummel weist einen sehr langen Nestzyklus von mindestens fünf Monaten auf (REUTER & SCHWAMMBERGER, 2002). Angesichts der kurzen Vegetationsperiode im Gebirge beschränkt dies ihre Höhenverbreitung (NEUMAYER 2005, 2009). Das Hauptverbreitungsgebiet der Ackerhummel liegt demnach in Lagen unter 1500 m. Wie die alten sowie die neuen Funde zeigen, war und ist *B. pascuorum* in Vorarlberg sehr häufig.

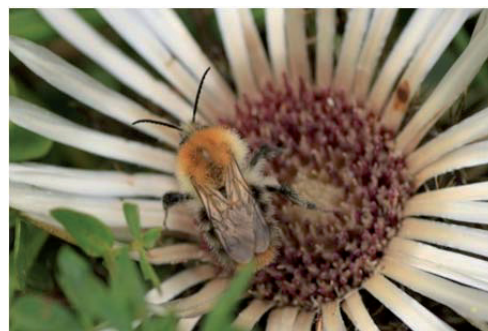


Abb. 18 Männchen der Ackerhummel (*B. pascuorum*) auf einer Silberdistel (*Carlina acaulis*), Metzgerobelalpe, Großwalsertal.

Die relativ häufige und phänologisch früheste heimische Art *Bombus pratorum* (LINNAEUS 1761) konnte für große Gebiete Vorarlbergs bestätigt werden. Die verhältnismäßig kleine Wiesenhummel kam von Tallagen bis auf über 2000 m vor. Im Hochsommer wurden deutlich mehr Männchen als Weibchen angetroffen. Laut WESTRICH (1990) fliegen die Männchen in manchen Jahren schon ab Ende Mai, diese konnte im Sommer 2012 jedoch erst ab der zweiten Julihälfte beobachtet werden. In Bezug auf die Phänologie muss man aber berücksichtigen, dass sich die Transekte im Juli vorwiegend in Lagen über 1500 m NN befanden. Da die Daten zu dieser Arbeit in Juli und August gesammelt wurden, ist davon auszugehen, dass diese Art aufgrund ihres phänologischen Auftretens in dieser Studie unterrepräsentiert ist. Als bevorzugte Lebensräume weist AMIET (1996) lichte Wälder, Hecken und Siedlungsräume aus. In Anbetracht der historischen und neuen Daten zeigt sich, dass die Wiesenhummel über ganz Vorarlberg (Abb. 9c), sowie über ganz Österreich, verbreitet ist und durchwegs zu den häufigeren Arten zählt.

Die Pyrenäenhummel *Bombus pyrenaeus* PÉREZ 1979 war im Sommer 2012 die häufigste Hochgebirgsart und konnte ab 1000 m über den gesamten Westteil der nördlichen Zwischenalpen Vorarlbergs beobachtet werden (Abb. 9c). Die Abundanzen fielen über 2000 m jedoch deutlich höher aus. Historische Nachweise stammen zudem aus den Allgäuer Alpen und dem Bregenzerwaldgebirge. Nach AMIET (1996) ist die Pyrenäenhummel in der Schweiz nicht häufig. Dies kann für Vorarlberg nicht bestätigt werden. Auch weisen Untersuchungen von NEUMAYER (2009) und NEUMAYER & PAULUS (1999) *B. pyrenaeus* als eine häufige Art der

österreichischen Ostalpen aus. Historisch gesehen ist diese Art in Vorarlberg gut dokumentiert und konnte sogar im westlichen Bregenzerwald nachgewiesen werden. Während der Feldforschung zur vorliegenden Diplomarbeit wurden die Standorte von zwei Nestern der Pyrenäenhummel im Verwall notiert.

Die der Steinhummel farblich recht ähnliche Grashummel, *Bombus ruderarius* (Müller 1776), lässt sich durch ihre orange-roten Körbchenhaare gut erkennen (AMIET 1996, MAUSS 1994, GOKCEZADE et al. 2010) und konnte 2012 für Lechquellengebirge, Rätikon und Silvretta bestätigt werden. Historische Funde stammen zudem aus dem Bregenzerwaldgebirge, dem Großen Walsertal sowie aus den Allgäuer Alpen (Abb. 9c). *Bombus ruderarius* ist eine anspruchsvolle Offenlandsart (NEUMAYER 2009; NEUMAYER & PAULUS 1999; WESTRICH 1990; HAGEN 1994) die im Gebirge südexponierte Hänge bevorzugt (NEUMAYER & PAULUS 1999). Sie kommt in ganz Österreich (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012) bis über die Waldgrenze (AMIET 1996, HAGEN 1994) vor, ist jedoch nicht sehr häufig.

Bombus rupestris (FABRICIUS 1793) ist ein Vertreter aus der Untergattung *Psithyrus* und parasitiert hauptsächlich bei *B. lapidarius* (AMIET 1996, AMIET & KREBS 2012, ALFORD 1975, BACHMANN 1915, NEUMAYER & PAULUS 1999, NEUMAYER 2005, NEUMAYER 2009, REINIG 1935, WESTRICH 1990), wurde aber auch schon bei *B. sylvarum*, *B. sichelii* und *B. pascuorum* (WESTRICH 1990) beobachtet. 2012 konnte die Art im Rätikon und der Silvretta nachgewiesen werden (Abb. 9c). Historisch ist sie auch für Verwall, Lechquellengebirge und Allgäuer Alpen bestätigt. In allen Gebieten kommen sowohl *B. lapidarius*, *B. sichelii*, teilweise auch *B. pascuorum* vor. AMIET (1996) gibt Gebirgsregionen als Verbreitungsschwerpunkt der Felsenkuckuckshummel an und in Vorarlberg war *B. sichelii* in den meisten Fundorten am häufigsten vertreten. Da die Wirtsarten jedoch unterschiedlichste Lebensräume in einer Vielzahl von Höhenstufen besiedeln, ist anzunehmen, dass *B. rupestris* in weiteren Teilen Vorarlbergs vorkommt.

Die einzelnen Arten der Untergattung *Bombus* sensu stricto wurden in dieser Arbeit nicht unterschieden. Diese Untergattung wurde 2012 in ganz Vorarlberg angetroffen (Abb. 9c), jedoch mit überraschend geringen Individuenzahlen ($n = 90$). *Bombus cryptarum* ist historisch durch einen Beleg für Warth bestätigt, *B. lucorum* wurde historisch von den Tallagen bis auf 2000 m nachgewiesen. Die Nachweise von *B. magnus* aus einer Lehramtshausarbeit (MATHIS 1982) werden von NEUMAYER (in GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012) stark angezweifelt und die Funde von *B. terrestris* stammen mit einigen wenigen Ausnahmen fast ausschließlich aus dem Walgau und dem Rheintal. Es wurde schon mehrmals auf die Determinationsproblematik innerhalb dieser Artengruppe hingewiesen und nach derzeitigem Kenntnisstand ist die

Unterscheidung der Arten des *B. lucorum*-Komplexes (*B. cryptarum*, *B. lucorum*, *B. magnus*) anhand morphologischer Merkmale nicht immer möglich (BOSSERT et al. 2014 unveröffentl., CAROLAN et al. 2012; RASMONT et al. 1986). Dennoch lässt sich sagen, dass mit Ausnahme von *B. magnus* alle mitteleuropäischen Arten dieser Untergattung sicher in Vorarlberg vorkommen (BOSSERT briefl. Mitt.). Genauere Aussagen über die artspezifischen Verbreitungsmuster dieser Gruppe sind bei dem momentanen Kenntnisstand jedoch nicht möglich. Neben *B. wurflenii* wurden Individuen dieser kürzrüsseligen Artengruppe des Öfteren beobachtet, wie sie Nektarraub begingen.

In den Alpen besiedelt *Bombus sichelii* RADOSZKOWSKI 1859 als Unterart *B. sichelii* ssp. *alticola* (KRIECHBAUMER 1873) Berghänge zwischen 1300 (1900) – 2700 m NN (AMIET 1996, HAGEN 1994, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990). 2012 wurde sie fast ausschließlich auf über 2000 m nachgewiesen und war weniger häufig als *B. pyrenaeus*, welche ein ähnliches Farbmuster aufweist und vergleichbare ökologische Ansprüche stellt. Dennoch gehören die beiden Arten unterschiedlichen Untergattungen an. Die historischen Funde von *B. sichelii* stammen größtenteils aus dem Bregenzerwald und den Allgäuer Alpen (Abb. 9c). In diesen Gebieten konnte die Art im Sommer 2012 nicht gefunden werden, ein Vorkommen über 1000 m NN scheint aber durchaus wahrscheinlich. In den Schweizer Kantonen Graubünden und St. Gallen gilt sie als sicher nachgewiesen (AMIET 1996) und auch für alle gebirgigen Regionen Österreichs existieren Nachweise (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012).

Die Distelhummel *Bombus soroeensis* (FABRICIUS 1776) zeigt in Vorarlberg ein weites Verbreitungsmuster und wurde im Zuge dieser Forschungsarbeit fast im ganzen Land (Abb. 9c), vermehrt in Höhenlagen von 1000 bis über 2000 m, angetroffen. Historisch konnte die Distelhummel sogar schon auf 400 m am Bodensee beobachtet werden. Laut NEUMAYER (2009) kommt *B. soroeensis* in Österreich zwischen 300 und über 2650 m (NEUMAYER & PAULUS 1999) vor und hat ihre Hauptverbreitung in der Bergwaldzone. AMIET (1996) zufolge kommt *B. soroeensis* in der Schweiz nur bis zur Waldgrenze vor, in Vorarlberg konnte sie jedoch auch über der Waldgrenze nachgewiesen werden. Sie zählt hierzulande zu den häufigsten Arten.

Die Kuckuckshummel *Bombus sylvestris* (LEPELETIER 1832) wurde von Juli bis Anfang September 2012 an drei Fundorten (zwei Mal im Verwall, ein Mal in den Allgäuer Alpen) mit insgesamt 4 Individuen angetroffen. Für den Verwall konnte diese Art nun zum ersten Mal nachgewiesen werden (Abb. 9c). Ihr Wirt, *B. pratorum* (AMIET 1996, HAGEN 1994, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990), kam ebenfalls in der Nähe aller drei Fundorte vor. Die 111 historischen Nachweise stammen größtenteils aus Rheintal, Bregenzerwald und Allgäuer Alpen. Da *B. pratorum*

in so gut wie ganz Vorarlberg vorkommt, dürften *B. sylvestris* ebenfalls eher geringe Grenzen in Bezug auf ihre Verbreitung gesetzt sein.

Im Sommer 2012 war die Bergwaldhummel *Bombus wurflenii* Radoszkowski 1859 die mit Abstand häufigste Hummelart. Über 1/3 aller dokumentierten Individuen gehörten dieser Art an. Auch historisch gesehen sind die Bergwaldhummel und die Ackerhummel die beiden häufigsten Arten Vorarlbergs.



B. wurflenii zeigte sich äußerst generalistisch bezüglich Höhenverbreitung, Lebensraum-

Abb. 19 Eine Bergwaldhummel (*B. wurflenii*) beim Nektarraub am Wiesen- oder Rotklee (*Trifolium pratense*).

präferenzen und Blütenbesuch. Laut HAGEN (1994) kommt die Bergwaldhummel vorwiegend im Hochgebirge bis auf 2800 m vor und ist in den Mittelgebirgen deutlich seltener geworden. NEUMAYER (2009) erwähnt einige Nachweise von *B. wurflenii* von unter 500 m NN, weist jedoch auch auf eine größere Häufigkeit in höheren Lagen (bis 2500 m) hin. Wie von NEUMAYER (2005, 2009) und NEUMAYER & PAULUS (1999) erwähnt, konnte *B. wurflenii* vom Verfasser oftmals bei Nektarraub beobachtet werden (Abb. 19). Mit ihren als Determinationsmerkmal eindeutigen kräftigen Mandibeln ist sie dazu prädestiniert. In der Schweiz ist die Bergwaldhummel über das ganze Land verbreitet (AMIET 1996) und in Österreich fehlt bisher nur ein Nachweis für Wien (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012).

Für Vorarlberg belegte, jedoch im Sommer 2012 nicht angetroffene Arten

Von der Veränderlichen Hummel *Bombus humilis* ILLIGER 1806 existieren für Vorarlberg Nachweise (n = 149). Laut WESTRICH (1990) tritt diese Art bevorzugt in Lagen unter 500 m auf. Zudem stellt *B. humilis* laut NEUMAYER (2005, 2009) und NEUMAYER & PAULUS (1999) hohe Ansprüche an Wärme und Struktureichtum der Landschaft und besiedelt häufig südexponierte Hänge und Dämme. Mit Ausnahme einer weniger Funde aus dem Lechquellengebirge und Bregenzerwaldgebirge stammen alle Funde aus dem Walgau und dem Rheintal (Abb. 9d). Diese Gebiete liegen großteils unter 500 m NN und zählen zudem zu den trockeneren und wärmeren Regionen des Landes, die in der vorliegenden Diplomarbeit fast gar nicht besammelt wurden. In der Schweiz kommt die Veränderliche Hummel im ganzen Land auf bis 2000 m NN vor, einige Nachweise stammen zudem aus grenznahen Gebieten Vorarlbergs (AMIET 1996). *Bombus humilis* kommt in Vorarlberg sicherlich vor, ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt jedoch in den tiefer gelegenen, wärmeren und trockeneren Gebieten des Landes.

Von *Bombus muscorum* (LINNAEUS 1758), der Mooshummel, existieren für Vorarlberg 50 Nachweise. Zwei Fundorte stammen aus Augebieten im Raum Feldkirch, die restlichen beziehen sich ausschließlich auf das Nördliche Rheintal (Abb. 9c). *Bombus muscorum* bevorzugt offene, feuchte Lebensräume und findet sich meist in Sumpflandschaften, Auen und Mooren der tieferen Lagen (AMIET 1996, HAGEN 1994, WESTRICH 1990). Geeignete Lebensräume dieser Art wurden 2012 jedoch kaum (Raum Feldkirch) bzw. gar nicht (Nördliches Rheintal) untersucht, weshalb diese Art sehr wahrscheinlich nicht angetroffen wurde. Generell ist *B. muscorum* sehr selten (HAGEN 1994, GOKCEZADE et al. 2010) und wurde in Kärnten und Oberösterreich schon über 75 Jahre lang nicht mehr gesichtet. Der letzte Fund aus Wien stammt aus dem Jahre 1885 und für Salzburg existiert nur ein zweifelhafter Literaturbeleg aus 1868 (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012). Auch aus der Schweiz gibt es nur wenige Fundorte westlich des Kantons St. Gallen (AMIET 1996). *Bombus muscorum* kommt zwar in Vorarlberg vor, ist aber auf Feuchtgebiete beschränkt und sehr selten.

Bombus quadricolor LEPELETIER 1832 ist der Sozialparasit von *B. soroeensis* (AMIET 1996, HAGEN 1994, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990) und konnte für Vorarlberg 2012 nicht bestätigt werden. Es existieren jedoch über 200 historische Nachweise und *B. soroeensis* zählt zu den häufigsten Arten des Landes. Dementsprechend ist mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass *B. quadricolor* noch immer in Vorarlberg vorkommt. NEUMAYER (briefl. Mitt.) konnte Anfang September 2013 massenhaftes Auftreten von *B. quadricolor* Männchen an verschiedenen Disteln aus dem Glocknergebiet berichten. Aus diesem Grund wurden vom Verfasser der vorliegenden Arbeit zwei Gebiete, in denen *B. soroeensis* 2012 vermehrt dokumentiert werden konnte, abermals abgegangen. Trotz intensiver Bemühungen konnte jedoch kein einziges Individuum von *B. quadricolor* gefunden werden. Gerade Schmarotzerhummeln unterliegen jedoch oft großen Populationsschwankungen (NEUMAYER 2009) was jahrelang zu sehr geringen Individuenzahlen führen kann. Zudem war *B. soroeensis* im Untersuchungsjahr sehr häufig, dürfte im Vorjahr also viele erfolgreiche Nester gehabt haben. In den angrenzenden Gebieten der Schweiz (AMIET 1996) sowie in allen österreichischen Bundesländern mit Ausnahme des Burgenlandes (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012) wurde *B. quadricolor* ebenfalls schon nachgewiesen.

Von *Bombus subterraneus* (LINNAEUS 1758) existieren für Vorarlberg bisher nur zwei Nachweise. Beide stammen aus dem Nördlichen Rheintal in der Nähe des Bodensees (Abb. 9c). Diese Gebiete im Rahmen dieser Untersuchung nicht besammelt. *Bombus subterraneus* ist in Österreich (GOKCEZADE et al. 2010), sowie in ganz Mitteleuropa (NEUMAYER 2005) generell sehr

selten geworden und bevorzugt strukturreiches Offenland (WESTRICH 1990, NEUMAYER 2005). Auch aus der Schweiz liegen nur wenige Nachweise vor (AMIET 1996). In Vorarlberg wurde *B. subterraneus* zuletzt im Jahre 2000 (KOPF) nachgewiesen.

Die Waldhummel, *Bombus sylvarum* (LINNAEUS 1761), ist in ganz Österreich verbreitet und ihr Vorkommen gilt auch für Vorarlberg als gesichert. Obwohl diese Art im Freiland fast immer eindeutig zu bestimmen ist, konnte sie im Untersuchungszeitraum nicht nachgewiesen werden. Die Waldhummel ist eine wärmeliebende Art (NEUMAYER 2009) und kommt trotz ihres Trivialnamens nicht in geschlossenen Wäldern vor (HAGEN 1994, REINIG 1970, WESTRICH 1990). Ähnlich wie bei *B. humilis* wurden in jenen Gebieten aus denen die historischen Nachweise stammen so gut wie gar nicht gesammelt. Zudem weist NEUMAYER (2005) darauf hin, dass Populationstiefen Arten unter die Nachweisschwelle sinken lassen können. Dies kann besonders bei einjährigen Untersuchungen problematisch sein. Dennoch kommt *B. sylvarum* in Vorarlberg mit Sicherheit vor, dürfte ihr Hauptverbreitungsgebiet jedoch im Walgau und besonders im Rheintal haben. Der Großteil der restlichen Gebiete Vorarlbergs ist entweder zu feucht (z.B. Bregenzerwald) oder liegt über der Höhenverbreitungsgrenze dieser Art. Diese liegt laut HAGEN (1994) bei 1400 m, nach AMIET (1996) sogar bei 1800 m NN.

Auch *Bombus vestalis* (GEOFFROY 1785) konnte 2012 nicht nachgewiesen werden. Diese Kuckuckshummel parasitiert Nester von *B. terrestris* (AMIET 1996, HAGEN 1994, WESTRICH 1990) und da der Wirt relativ weit verbreitet vorkommt und normalerweise recht häufig ist, wäre mit einem Auftreten von *B. vestalis* zu rechnen gewesen. Wie schon erwähnt waren von der Untergattung *Bombus* sensu stricto generell wenige Individuen nachweisbar, weshalb der Sozialparasit in diesem Jahr auch nicht zahlreich vertreten war. Gleichzeitig bedeutet dies jedoch auch, dass zumindest *B. vestalis* nicht für die geringen Individuenzahlen der Erdhummeln verantwortlich sein kann. Hätte diese Schmarotzerhummel im Vorjahr viele Nester von *B. terrestris* okkupiert, wäre sie im darauf folgenden Jahr häufig und demnach nachweisbar. Dennoch, auch historisch wurden bisher erst 3 Individuen von *B. vestalis* nachgewiesen. Alle Funde stammen aus dem 2012 kaum besammelten Rheintal. Laut AMIET (1996) gibt es für die gesamte Ostschweiz keine Nachweise und die Art ist generell recht selten. Hier ergibt sich ein sehr interessantes Muster. Da *B. vestalis* nur an *B. terrestris* parasitiert und in Vorarlberg sowie in der Schweiz sehr selten ist, könnte dies darauf hinweisen, dass *B. terrestris* in Vorarlberg verhältnismäßig selten, und die Arten des *B. lucorum*-Komplex häufiger sind. Ohne weitere Untersuchungen lässt sich diese Frage jedoch nicht beantworten.

Bombus veteranus (FABRICIUS 1793) wurde in Vorarlberg bisher nur dreimal nachgewiesen und fehlt in Österreich in Wien, Kärnten und dem Burgenland (GUSENLEITNER, SCHWARZ & MAZZUCCO 2012). Für die Steiermark wurde sie seit 1887 nicht mehr bestätigt. In der Schweiz liegen die meisten Fundorte im nordwestlichen Teil des Landes (AMIET 1996). Die Art ist generell selten (GOKCEZADE et al. 2010) und konnte in Vorarlberg bisher nur am Südlichen Rheinhang und im Nördlichen Rheintal gefunden werden.

4.2 Diversität und Artenzahlen

Mit insgesamt 35 Hummelarten weist Vorarlberg eine sehr hohe Diversität dieser Insektengruppe auf. Untersuchungen in den meisten anderen Gebieten der Holarktis zeigen deutlich geringere Artenzahlen (Tab. 14). Einerseits könnte dies auf die intensive Sammeltätigkeit der letzten 80 Jahre, bei der über 6000 Hummeln dokumentiert wurden, zurückzuführen sein. Andererseits existieren laut WILLIAMS (1996) in die Paläarktis mit 120 Hummelarten deutlich mehr Arten als in der Nearktis (85 Arten). Des Weiteren beschränkten sich viele Untersuchungsgebiete der Paläarktis entweder auf die niederen, bzw. höheren Lagen dieser Regionen, nur selten wurde ein so großer Höhengradient untersucht, wie im Zuge dieser Diplomarbeit in Vorarlberg (400 – über 3000 m NN). Wie NEUMAYER & PAULUS (1999) für die Ostalpen feststellten, umfasst auch Vorarlberg alle Höhenstufen von 400 m NN bis zur Nivalregion. Dies erklärt, weshalb hier Arten des Tieflandes sowie Hochgebirgsarten vorkommen. Auch teilweise mit der hohen Höhenamplitude des Landes einhergehend finden sich in Vorarlberg fast 300 verschiedene Biotoptypen mit einer großen Vielfalt der Flora



Abb. 20 Das Gebiet um den Tilisunasee (Rätikon, Montafon) bietet verschiedenste Lebensräume für eine Vielzahl von Hummelarten und zeichnet sich durch das gemeinsame Auftreten von saurem und kalkigem Gestein aus.

(GRABHERR & POLATSCHKE 1986). Nach GRABHERR & POLATSCHKE (1986) gibt es in Vorarlberg ca. 1600 wildwachsende Blütenpflanzenarten. Die Kombination von großer Höhenamplitude, Exposition, Strukturreichtum und Vielfalt von Biotoptypen (Abb. 21) und Blütenangebot sowie die daraus hervorgehenden komplexen phänologischen und räumlichen Muster

(ISERBYT et al. 2008, MANINO et al. 2010, NEUMAYER & PAULUS 1999, RANTA & VEPSÄLÄINEN 1981) erklären die große Hummeldiversität des Landes. Da in fast allen Höhenstufen bzw. Lebensräumen mehrere Hummelarten vorkamen, die sich oftmals in ihrer Proboscislänge überlappen, konnte in dieser Arbeit die Hypothese von INOUE (1977), dass lokale Hummelfaunen aufgrund interspezifischer Konkurrenz um die Nahrungsressourcen aus maximal einer langrüsseligen, einer kurzzüsseligen, einer mit mittellangem Rüssel und einer Art die Blüteneinbruch begeht bestehen können, widerlegt werden. Da im Zuge dieser Diplomarbeit keine quantitative Aufnahme des Blütenangebotes vorgenommen wurde, kann eine Erklärung für die Koexistenz einer Vielzahl von Hummelarten innerhalb der gleichen Höhenstufen bzw. Lebensräume aufgrund von übermäßigem Nahrungsangebot nicht bestätigt werden (RANTA & VEPSÄLÄINEN 1981). Dennoch spielen hier andere Faktoren (z.B. Dauer der Nestentwicklung, Größe des Volkes, Phänologie der Arten, Nistplatzwahl, Prädatoren) sicherlich eine wichtige Rolle.

Tab. 14 Hummelartenzahlen aus einigen Gebieten der Holarktis.

Gebiet	Artenzahl	Quelle
Pulawy (PL)	15	RANTA (1983) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Lublin (PL)	15	RANTA (1983) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Gdansk – Pomors (PL)	16	RANTA (1983) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Erlangen (D)	14	RANTA (1983) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Cuxhaven (D)	13	RANTA (1983) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Salzburg – Alpenvorland (A)	17	NEUMAYER (1992) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Mekrijärvi (SF)	11	RANTA (1983) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Karila (SF)	12	TERÄS (1985) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Lammi (SF)	12	TERÄS (1985) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Beartooth Plateau, Montana (USA)	11	BAUER (1983) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Michigan (USA)	13	RANTA (1983) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Crested Butte – Colorado (USA)	12	PYKE (1982) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Gasteinertal (A)	27	KOSIOR (1992) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Ötztaler Alpen (A)	16	SCHEDL (1982) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Berchtesgadener Alpen (D)	21	VOITH (1985) in NEUMAYER & Paulus (1999)
Hohe Tauern (A)	19	PITTONI (1937)
Kantabrisches Gebirge (E)	31	OBESO (1992)
Nationalpark Gesäuse u. Admonter Becken (A)	25	NEUMAYER 2009.
Eyne Valley (F)	33	ISERBYT (2008)
Susa Valley (IT)	30	MANINO et al. (2010)

Diversität und Artenzahlen in den verschiedenen Höhenstufen

Die höchsten Artenzahlen (13 bis 16) konnten zwischen 1000 und 2400 m NN beobachtet werden (Kapitel 3.2.1). Der Spitzenwert liegt mit 16 Arten im Bereich 1600 – 2000 m. In Vorarlberg bezieht sich dies auf die subalpine und untere alpine Stufe, in welcher geschlossene Gehölzbestände zurücktreten und ein Übergang zu offenen Flächen stattfindet. ISERBYT et al.

(2008) konnten die höchsten Artenzahlen in den Pyrenäen ebenfalls zwischen 1600 – 1700 m und 2000 – 2100 m NN feststellen, welche dem Übergang von Wäldern zu subalpinen Graslandschaften entsprechen. Obwohl die Pyrenäen durch mediterranes Klima beeinflusst sind, decken sich die Beobachtungen. Auch Untersuchungen in Österreich belegen ein Maximum des Artenspektrums zwischen 1400 und 2400 m (NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999). Zum einen treffen hier Tieflands- und Hochgebirgsarten sowie Generalisten bezüglich der Höhenstufe aufeinander. Zum anderen zeichnen sich die Übergänge von geschlossenen Gehölzbeständen zu offenen Flächen durch einen hohen Struktureichtum der Lebensräume aus. Dadurch ergeben sich adäquate Lebensräume für eine Vielzahl von Hummelarten. In Höhen unter 1000 m NN fehlen die Hochgebirgsarten, gleichermaßen finden sich in Lagen über 2400 m nur noch Höhenspezialisten (v.a. *Bombus alpinus*, *B. monticola* und *B. pyrenaeus*).

Der Shannon-Wiener erreicht die höchsten Werte bei der Artenzahl zwischen 1000 und 2400 (2600) m NN. NEUMAYER (2009) stellte im Nationalpark Gesäuse und dem Admonter Becken ebenfalls ein deutliches Maximum der Hummeldiversität in Lagen über 1400 m NN fest. Interessanterweise wird in der Höhenstufe 2400 – 2600 m die höchste Evenness (0,93) erreicht, was den Shannon-Wiener-Index von 2,16 bei nur 5 Arten erklärt. Der geringe Probenumfang ($n = 3$) aus der Höhenstufe 2600 – 2800 lässt nur bedingt Rückschlüsse über Diversität und Evenness zu. Andererseits deuten die Daten darauf hin, dass sich die Ausgeglichenheit der Arten in den verschiedenen Höhenstufen stark unterscheidet und unter 800 m geringer ausfällt als in Lagen zwischen 1000 und 2600 m NN.

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 3.2.2). 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 Struktureichtum. 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. Da in Feuchtgebieten der Tieflagen aber fast nicht gesammelt wurde, fehlen die beiden, für diese Lebensräume charakteristischen, Arten *B. muscorum* und *B. veteranus*. Dennoch, zum einen bieten Feuchtbiootope ein verhältnismäßig geringes Angebot an für Hummeln interessanten Blütenpflanzen (NEUMAYER 2009, NEUMAYER &

PAULUS 1999) und zum anderen stellen sie aufgrund der Feuchtigkeit hohe Ansprüche bezüglich des Nistplatzes, v.a. an Arten die unterirdisch nisten. Die Artenzusammensetzung der Hummeln war aber in keiner anderen Biotoptypgruppe so ausgeglichen wie in den Feuchtbiotopen. 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 Biotoptypgruppe 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 Biotoptypgruppe der Wälder und walddahen Lebensräume. Aus diesem Grund fehlen in der Biotoptypgruppe Hochstauden einige Arten des Tieflandes. Auch wurden Blütenbesuche in dieser Gruppe mit Abstand am häufigsten an *Aconitum* spp. beobachtet. Der Nektar ist hierbei für die meisten kurzzüsseligen Arten nicht zu erreichen, außer sie begehen Nektarraub.

4.3 Ökologische Präferenzen

Höhenstufenpräferenzen

Die Abundanzen für alle Hummeln (Abb. 10) erreichten ihr Maximum zwischen 1200 – 1400 m und 1800 – 2000 m NN. Generell wurden höhere Abundanzen von 1000 bis 2400 m erzielt, jedoch kam es immer wieder zu Einbrüchen der Häufigkeiten. Diese lassen sich insofern erklären, dass in diesen Lagen verhältnismäßig mehr Biotoptypgruppen bzw. Biotypen mit generell eher geringen Abundanzen begangen wurden. Dies deutet auf einen Zusammenhang zwischen Höhenstufe, verhältnismäßigem Anteil der Lebensräume (mit charakteristischem Blütenangebot) und Hummelabundanzen hin. Auch NEUMAYER (2009) konnte ab 1400 m NN die höchsten Hummelabundanzen nachweisen, stellte aber in einzelnen höher gelegenen Lagen ebenfalls Rückgänge und Anstiege der Abundanzen fest. Die verhältnismäßig geringen Abundanzen in Lagen über 2400 m können einerseits durch geringe Artenzahl und Diversität der Hummeln erklärt werden: Da nur einige heimische Hummelarten mit den speziellen Anforderungen (z.B. kurze Vegetationsperiode, Wetterextreme, geringeres Blütenangebot) zurechtkommen und die Individuenzahlen der Völker aufgrund der kurzen Vegetationsperiode und des damit einhergehenden kurzen Nestzyklus eher gering ausfallen, ergeben sich niedrigere Abundanzen. Auch dominieren in hochalpinen Lagen lückige Polstergesellschaften und Schuttfuren und es herrscht eine geringere Trachtpflanzendichte als in tieferen Lagen. Unter 1000 m NN finden sich ebenfalls vermehrt Lebensräume mit allgemein niedrigen Hummelabundanzen (z.B. gemähte Fettwiesen, geschlossene Wälder) und es kommen zudem weniger Hummelarten vor.

Die Auswertung der Höhenpräferenzen (Abb. 11) der 15 häufigsten Hummeln Vorarlbergs erlaubt es, diese in drei Gruppen zu gliedern: *B. pascuorum*, *B. hypnorum*, *B. hortorum*, *B. lapidarius*, *B. pratorum*, *B. ruderarius* und die Untergattung *Bombus* sensu stricto weisen eine submontane – montane Hauptverbreitung auf. *Bombus hortorum*, *B. lapidarius*, *B. ruderarius* und *Bombus* s. str. können jedoch auch noch in deutlich höheren Lagen vorkommen als die übrigen Arten. Die Ergebnisse stimmen gut mit entsprechender Literatur (AMIET 1996, AMIET & KREBS 2012, HAGEN 1994, NEUMAYER 2005, 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990) überein. Die großen Unterschiede bei *B. lapidarius* sind darauf zurückzuführen, dass die historischen Funde fast ausschließlich aus dem Walgau und dem Rheintal stammen (Abb. 9b). Durch die tiefe Lage dieser Täler (größtenteils unter 600 m NN) und die hohen Individuenzahlen der historischen Daten (n = 129) kommt es hier zu einem deutlichen Unterschied der Höhenverbreitungsdaten gegenüber denen aus dieser Studie (n = 15): Die Steinhummel steigt in den Südalpen bis in Höhen von 2400 m empor (AMIET & KREBS 2012), in Vorarlberg wurde aber vor 2012 nur in tieferen Lagen intensiver gesammelt. Die Ergebnisse von *Bombus* sensu stricto (TL-K) lassen zwar keine Aussagen über artspezifische Höhenpräferenzen zu, dennoch unterscheiden sich die einzelnen Arten laut Literaturangaben bezüglich ihrer Höhenverbreitung. Nach AMIET (1996) kommt *B. cryptarum* bis zur Waldgrenze vor, *B. lucorum* bis über die Waldgrenze, *B. magnus* vorwiegend im Flachland und *B. terrestris* bis auf 2000 m NN. HAGEN (1994) gibt als obere Verbreitungsgrenze für *B. cryptarum* 2700 m, für *B. lucorum* 2000 m, für *B. magnus* 1500 m und für *B. terrestris* 1400 m NN an. Dies zeigt sehr gut, dass ökologische Aussagen zu nicht eindeutig determinierbaren Arten Spekulation bleiben müssen. Es lässt sich nicht einmal klar sagen, ob und inwiefern die verschiedenen Arten der Erdhummelgruppe Unterschiede bezüglich ihrer Ökologie aufweisen (BOSSERT et al. 2014 unveröffentl.). So wäre das gemeinsame Auftreten von mehreren Arten eine Erklärung für das Vorkommen von *Bombus* s. str. über einen solch großen Höhengradienten.

In Abb. 21 wurden alle dem Verfasser vorliegenden Daten (ausgenommen KOPF 2007b, unveröffentlicht) verarbeitet. Im Grunde zeigen die Daten ein sehr ähnliches Bild wie die des Jahres 2012. Generell werden durch die Mitberücksichtigung der historischen Daten die Verbreitungsschwerpunkte der Taxa etwas nach unten verschoben. Lediglich bei *B. ruderarius* ist das Gegenteil der Fall. Drastische Unterschiede ergeben sich für *B. lapidarius* und die Untergattung *Bombus* sensu stricto bei denen sich der Verbreitungsschwerpunkt in deutlich tiefere Lagen verschiebt.

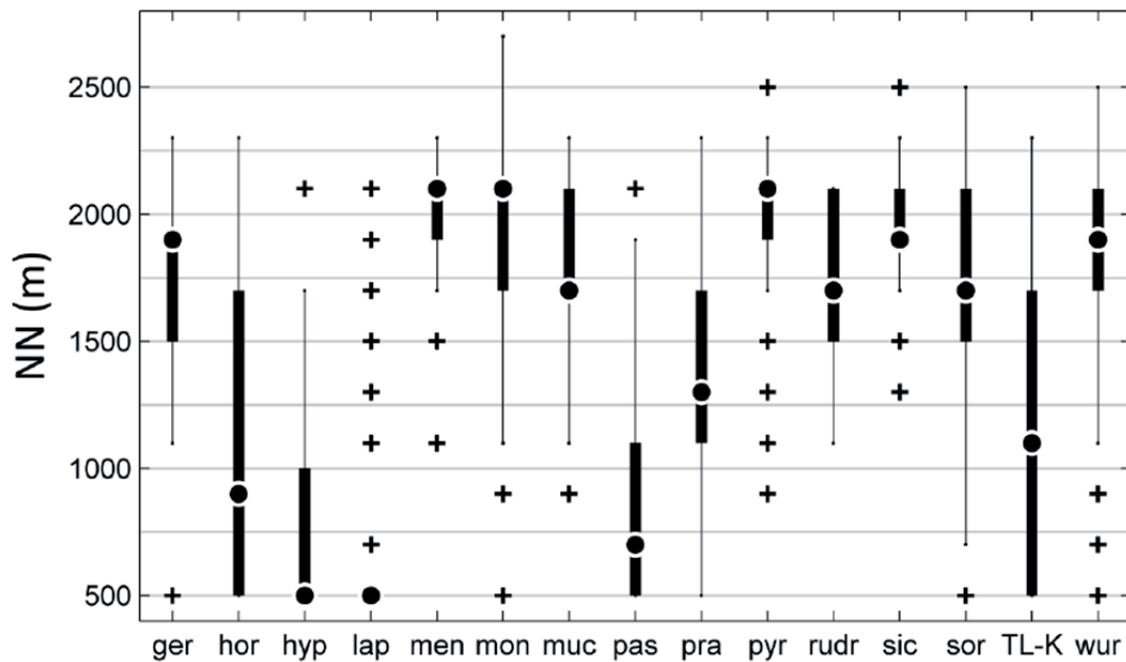


Abb. 21 Höhenverbreitung der 15 häufigsten Hummelarten Vorarlbergs des Jahres 2012. Beinhaltet sowohl die historischen (bis 2011) als auch jene Daten aus dem Jahre 2012, die in dieser Darstellung kombiniert wurden.

Die restlichen Höhenverbreitungsmuster der gesamten Daten (historische und jene aus 2012; Abb. 21) decken sich gut mit den Ergebnissen aus dem Jahre 2012. So zeigen *B. gerstaeckeri*, *B. mucidus*, *B. sichelii*, *B. soroeensis* und *B. wurflenii* Präferenzen zu einer subalpinen Haupthöhenverbreitung. *Bombus mucidus* und *B. sichelii* werden traditionell den höheren Lagen bzw. dem Hochgebirge zugeordnet (AMIET 1996, AMIET & KREBS 2012, HAGEN 1994, NEUMAYER 2005, 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999, WESTRICH 1990). Beide Arten haben ihr Hauptvorkommen in Vorarlberg unter 2000 m. In den Pyrenäen liegt der Median der Höhenverbreitung von *B. mucidus* bei 2300 m, jener von *B. sichelii* bei 2100 m (ISERBYT et al. 2008). Laut NEUMAYER (2009) sind beide Arten subalpin bis alpin verbreitet. Zudem wurde von NEUMAYER (briefl. Mitt.) über die letzten Jahre hinweg beobachtet, dass *B. sichelii* gegenüber *B. pyrenaicus* seltener geworden ist.

Zu den Arten mit einem alpinen Verbreitungsschwerpunkt gehören *B. mendax*, *B. monticola* und *B. pyrenaeus* (Abb. 22). Die Hauptverbreitung aller dieser Arten reicht über 2000 m NN hinauf. Vergleichbare Untersuchungen kamen zu sehr ähnlichen Ergebnissen (ISERBYT 2008, NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999). *Bombus monticola* konnte von diesen Arten am häufigsten auf über 2500 m NN beobachtet werden, generell war aber *B. pyrenaeus* jene Hochgebirgsart mit der größten Abundanz.



Abb. 22 Der Verbreitungsschwerpunkt der Pyrenäenhummel (*B. pyrenaeus*) liegt in den alpinen Lagen.

Die hohen Gesamtabundanzen der Hummeln im Gebirge verdeutlichen die essentielle Bestäuberrolle dieser Insekten in höheren Lagen sehr deutlich (Kapitel 1), v.a. da hier die Honigbiene als Bestäuber wegfällt. Zudem konnte in dieser Studie die Nischendifferenzierung der einzelnen Hummelarten bezüglich Höhenverbreitung nachgewiesen werden.

Lebensraumpräferenzen

Die mit Abstand höchsten Abundanzen konnten in den Hochstauden beobachtet werden (Abb. 13). Dies stimmt mit Untersuchungen von NEUMAYER (2009) und NEUMAYER & PAULUS (1999) in den 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/1000 m) 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 (NEUMAYER 2009, NEUMAYER & PAULUS 1999). Dennoch deuten mehrmalige Rücksprachen mit NEUMAYER, welche zum Zeitpunkt der Feldforschung stattfanden, darauf hin, dass in Vorarlberg 2012 im Gegensatz zu anderen Regionen Österreichs verhältnismäßig viele Hummeln beobachtet werden konnten. Innerhalb der Hochstauden reichten die Abundanzen von 170 Hummeln/1000 m in den hochstaudenreichen Alpweiden auf Kalk bis zu 20 Hummeln/1000 m in den Hochstaudenfluren auf Kalk/Silikat (Tab. 12). 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 (Kapitel 3.4).

Ruderalflächen und Biototypen an und über der Waldgrenze kamen auf ca. 20 Hummeln/1000 m. 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 Silikat auch eine Vielzahl von Hummeln auf *Calluna vulgaris* beobachtet werden, welche auf Kalk fehlt. Angesichts der äußerst komplexen Geologie Vorarlbergs (Kapitel 2.1.2) 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 neben einander 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 Biototypen 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 Biototypen 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. Waldweggrändern, im Gegensatz zu geschlossenen Wäldern, auch große Neophyten-Bestände. Besonders *Impatiens glandulifera* wurde sehr gerne von Hummeln besucht.

Auch sind die Abundanzen in der Biototypgruppe Wirtschaftsgrünland sehr unterschiedlich. Ungemähte Fettwiesen erreichten durchschnittlich eine über siebenmal höhere Abundanz als gemähte Fettwiesen. Der Grund lag hier vermutlich 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 gesammelt, 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 Biotoptypten) häufigsten Hummelarten in den verschiedenen Lebensräumen bringen unterschiedliche Präferenzen zum Vorschein. So kommen *B. monticola*, *B. pascuorum*, *B. pratorum*, *B. pyrenaeus*, *B. sichelii*, *B. soroeensis* und *B. wurflenii* in allen Biotoptypgruppen vor. Am häufigsten war die Berglandhummel *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 pyrenaeus* bevorzugt ebenfalls Zwergstrauchheiden auf Silikat, kommt aber auch vermehrt in hochstaudenreiche Alpweiden der höheren Lagen vor. Im Hinblick auf Lebensraumpräferenzen zeigt *Bombus sichelii* ein sehr ähnliches Muster wie *B. pyrenaeus*, die Abundanzen fallen aber allgemein deutlich niedriger aus. *Bombus pascuorum* zeigt Präferenzen für Ruderalflächen, Waldränder (REINIG 1970) und Schlagfluren und weist eine beträchtliche ökologische Valenz auf (REINIG 1970). Zum einen findet sich diese Art oft in der Gegenwart des Menschen 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. Sie weist einen hohen Höhengradienten auf und wurde am häufigsten an für kurzrüsselige Arten leicht zugänglichen Blüten in den Hochstauden und in Wäldern und waldnahen Lebensräumen nachgewiesen (REINIG 1970). MÓCZÁR (in Reinig 1970) zählt *B. pratorum* zu den euryök-hylophilen Arten, was mit den hier präsentierten Daten recht gut übereinstimmt. *Bombus soroeensis* und *B. wurflenii* zeigen deutliche Präferenzen für Hochstaudenfluren, unterscheiden sich jedoch in Bezug auf den Blütenbesuch (Kapitel 3.4.2).

Bombus hortorum, *B. mendax*, *B. mucidus* und *Bombus* sensu stricto konnten von allen Biotoptypgruppen nur nicht in den Feuchtbiotopen nachgewiesen werden. Dennoch scheint auch eine Besiedlung dieser Biotoptypgruppe durch alle 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* s. str. enthält mehrere euryöke Arten mit einer großen ökologischen Valenz. So kommt z.B. *Bombus cryptarum* in Österreichs in sehr feuchten aber auch trocken Gebieten von Tallagen bis in Gipfelregionen von über 2000 m vor (BOSSERT et al. 2014 unveröffentl.). *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, 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 fehlt 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.

Die Baumhummel, *B. hypnorum*, zeigte in ihrem 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. Die Baumhummel kommt jedoch auch vermehrt in Siedlungsgebieten in der Nähe des Menschen vor (NEUMAYER 2005, 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 (2011) konnte Flugdistanzen von bis zu 2,5 km nachweisen. Dadurch können einzelne Individuen in verschiedensten Biototypen angetroffen, die wichtigen Einflussfaktoren sind hier v.a. Blütenangebot und Höhenlage (Kapitel 1). 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.

4.4 Blütenbesuch

Besuchte Pflanzentaxa

Die hohen Blütenbesuchszahlen in den Hochstauden (Tab. 12) 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 den Gattungen *Aconitum* und *Cirsium* beobachtet werden. Die *Aconitum*-Arten wurden vorwiegend und in hohen Zahlen von *B. gerstaeckeri* besucht, die regelmäßigen Blütenbesuch nur an dieser Gattung durchführt. Nur die häufigste Hummel der Studie 2012, *B. wurflenii*, konnte noch öfters an dieser Pflanzengattung beobachtet werden, was die hohen Blütenbesuchszahlen erklärt. Nach KUGLER (1970) werden Eisenhüte fast ausschließlich von Hummeln bestäubt.

In den Biotoptypen an und über der Waldgrenze treten Alpenrosen 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 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 Alpenrosen, 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 die feuchtigkeitsliebende *Calluna vulgaris*.

Der Wiesenklees (*T. pratense*) ist sowohl auf Ruderalflächen, in nicht zu intensiv genutzten Fettwiesen als auch auf Alpweiden häufig und wird vornehmlich von langrüsseligen 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, 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. ISEBYT et al. (2008) und MANINO

et al. (2010) verzeichneten deutlich geringere Besucherzahlen auf der Silberdistel, dies könnte jedoch auch geographisch bzw. phänologisch bedingt sein. Die vielen Blütenbesuche an *Gentiana asclepiadea* stammen fast ausschließlich aus der Gegend um die Metzgartobelalpe (Lechquellengebirge, Sonntag), 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 Pflanzenarten der Neophyten-Bestände von Hummeln genutzt werden. Durch den relativ großen Durchmesser dieser 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 (NEUMAYER 2005, NEUMAYER 2009, ISEBYT et al. 2008, MANINO et al. 2010), 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, 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 wurden BT 1 (Scheiben- und Schalenblumen) und BT 2 (Trichterblumen) vorwiegend von Dipteren besucht, während diese BT 3 (Glockenblumen) und BT 6 (Schiffchenblumen) mieden (NEUMAYER & PAULUS 1999). Dies deutet auf eine Nischendifferenzierung bezogen auf den Blütenbesuch von Hummeln und Dipteren hin. Obwohl sich das Untersuchungsgebiet von NEUMAYER & PAULUS, 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 Blüten 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. 15), die dementsprechend leichter zugänglich sind (Ausnahme: Stieltellerblumen). Die Untersuchungen von NEUMAYER & PAULUS (1999) bestätigen diese Ergebnisse. 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, RANTA & LUNDBERG 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 und Pflanzendiversität und Phänologie (HARDER 1985) angegeben. Eine Ausnahme bilden

jene Hummeln mit mittellanger bzw. kurzer Proboscis (v.a. *Bombus wurflenii* und *Bombus sensu stricto*), die Kronröhren aufbeißen, um an Nektar von Blüten zu gelangen (Abb. 23) der für sie ansonsten unerreichbar wäre. Diese Arten lassen sich nicht klar einer Besuchergilde zuordnen. Besonders auffallend war die eindeutige Präferenz von *B. gerstaeckeri* für Lippenblumen. Als einzige heimische oligolektische Art

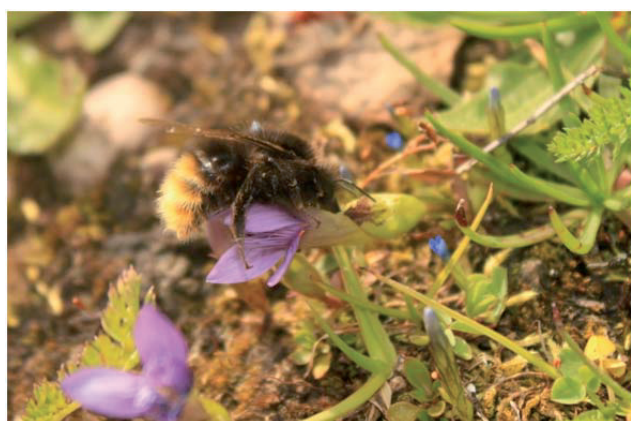


Abb. 23 *B. wurflenii* war die häufigste Hummel Vorarlbergs in der Studie 2012. Keine andere Art wurde so oft bei Nektarraub beobachtet wie die Bergwaldhummel, die sich hier am Feldenzian (*Gentianella campestris*) bedient.

(Pflanzengattung *Aconitum*) weist sie die größte Spezialisierung auf. Diese Nahrungsspezialisierung ist laut CHITKA et al. (1999) das Resultat eines Optimierungsprozesses von Nektaraufnahme und Pollenbeschaffung.

5. Literaturverzeichnis

- AICHHORN, A. (1976). Beitrag zur Hummelzucht und zur Biologie von *Bombus mendax*. Salzburg: *Ber. Haus d. Natur* 7: 13-29.
- AISTLEITNER, E. (2000). Fragmenta entomofaunistica IV: Daten zur Hautflügler-Fauna Vorarlbergs, Austria occ. (Insecta, Hymenoptera). *Entomofauna* 21: 237-248.
- ALFORD, D. (1975). *Bumblebees*. London: Davis-Poynter. 352 S.
- AMANN, G., WALSER, H. & REITER, G. (2013). Bryofloristische Ergebnisse der Mooskartierung in Vorarlberg. *Stapfia* 99: 87-140.
- 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.
- BACHMANN, M. (1915). Biologische Beobachtungen an Hummeln. *Mitt. Münch. Ent. Ges.* 6: 71-111.
- BARDAKJI, S. (2013). Identification of cryptic species belonging to the *Bombus lucorum* - complex: DNA barcoding and morphological approaches. *Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität Wien*.
- 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* 21: 223-240.
- CAROLAN, J., MURRAY, T., FITZPATRICK, Ú., CROSSLEY, J., SCHMIDT, H., et al. (2012). Colour Patterns Do Not Diagnose Species: Quantitative Evaluation of a DNA Barcoded Cryptic Bumblebee Complex. *PLoS ONE* 7 (1): e29251. doi:10.1371/journal.pone.0029251.
- CHITKKA, L., THOMSON, J. & WASER, N. (1999). Flower Constancy, Insect Psychology and Plant Evolution. *Naturwissenschaften* 86: 361-377.
- DANIEL, F., WOLFSBERGER, J. (1957) Die Föhrenheidegebiete des Alpenraumes als Refugien wärmeliebender Insekten. *Mitt. Münch. Ent. Ges.* 47: 21-121.
- FISCHER, M., ADLER, W. & OSWALD, K. (2005). *Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und die Südtirol*. Linz: Land Oberösterreich, Biologiezentrum der OÖ Landesmuseen. 1380 S.
- FRIEBE, J. (2007). *Vorarlberg: Geologie der österreichischen Bundesländer*. Wien: Geologische Bundesanstalt. 174 S.

- GOKCEZADE, J., GEREKEN-KRENN, B.-A., NEUMAYER, J. & KRENN, H. (2010). *Feldbestimmungsschlüssel für die Hummeln Österreichs, Deutschlands und der Schweiz*. Linz: Eigenverlag Biologiezentrum/Oberösterreichische Landesmuseen. 42 S.
- GOULSON, D. (2010). *Bumblebees: behaviour, ecology, and conservation*. 2. Edition. New York: Oxford University Press. 317 S.
- GRABHERR, G., & POLATSCHKE, A. (1986). *Lebensräume und Flora Vorarlbergs*. Dornbirn: Vorarlberger Verlagsanstalt. 263 S.
- GUSENLEITNER, F., SCHWARZ, M. & KOPF, T. (2001). Weitere Angaben zur Bienenfauna Österreichs. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs VI (Hymenoptera, Apidae). *Entomofauna* 22: 453-472.
- GUSENLEITNER, F., SCHWARZ, M. & MAZZUCCO, K. (2012). Apidae (Insecta: Hymenoptera). In Schuster, R. (Ed.): *Checklisten der Fauna Österreichs* 6. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien: 163 S.
- LUNDBERG, H. & RANTA, E. (1980). Habitat and food utilization in a subarctic bumblebee community. *Oikos* 35: 303-310.
- HAGEN, E. (1994). *Hummeln: bestimmen, ansiedeln, vermehren, schützen*. Augsburg: Naturbuch Verlag. 320 S.
- HAGEN, M., WIKELSKI, M. & KISSLING, W. (2011). Space Use of Bumblebees (*Bombus* spp.) Revealed by Radio-Tracking. *PLoS ONE* 6 (5): e19997.
- 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.
- HOFFER, E. (1888). Beiträge zur Hymenopterenkunde Steiermarks und der angrenzenden Länder. *Mitt. Naturw. Ver. Steiermark* 24: 65-100.
- HOFFER, E. (1889). Die Schmarotzerhummeln Steiermarks. Lebensgeschichte und Beschreibung derselben. *Mitt. Naturw. Ver. Steiermarks* 25: 82-158.
- INOUE, D. (1977). Species Structure of Bumblebee Communities in North America and Europe. In W. Mattson, *The role of Arthropods in forest ecosystems*. New York: Springer-Verlag: 35-49.
- 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.
- KILIAN, W., MÜLLER, F. & STARLINGER, F. (1994). *Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs - Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten*. FBVA-Berichte 82/1994.
- KILZER, R. & BLUM, V. (1991). *Atlas der Brutvögel Vorarlbergs*. Bregenz: Österreichische Gesellschaft für Vogelkunde, Landesstelle Vorarlberg. 278 S.
- KILZER, R., WILLI, G. & KILZER, G. (2011). *Atlas der Brutvögel Vorarlbergs*. Hohenems, Wien: Bucher Verlag. 443 S.
- KLÖCKER, T. & MAUSS, V. (2001). Nachweise von Hummeln (Hymenoptera, Apidae, *Bombus*) aus dem Einzugsbereiche des Großen Walsertals in Vorarlberg, Österreich. *Linzer biologische Beiträge* 33: 335-338.
- KOPF, T. (2001). *Die Verteilung der Wildbienenfauna (Apoidea, Hymenoptera) im Bereich Schuttannen in Hohenems (Vorarlberg, Österreich). Studie zur Bedeutung von Windwurfflächen für holzbrütende Bienen*. Dornbirn: Unveröffentlichter Bericht i.A. der Vorarlberger Naturschau. 31 S.
- KOPF, T. (2002a). Wildbienenforschung in Vorarlberg – ein Rückblick auf 100 Jahre Freilandhebung. *Rheticus* 24: 31-32.
- KOPF, T. (2002b). *Die Wildbienen (Hymenoptera: Apidae) am Polderdamm des Rheindeltas (Vorarlberg, Österreich), sowie an weiteren Dammstrukturen des Rheins. Studie zur Auswirkung der Aufstockungsmaßnahmen 2000-2002*. Unveröffentlichter Bericht i.A. der Vbg Naturschau und des Rheindeltaver eins.
- KOPF, T. (2003). Die Wildbienen (Hymenoptera: Apidae) des Frastanzer Riedes und der angrenzenden Illaue (Vorarlberg, Österreich). *Forschen und Entdecken* 13: 311-328.
- KOPF, T. (2007a). Die Wildbienen (Apidae, Hymenoptera) des Naturschutzgebietes Gsieg - Obere Mähder (Lustenau, Vorarlberg, Austria). *Vorarlberger Naturschau - forschen und entdecken*: 237-266.
- KOPF, T. (2007b). *Wildbienen Vorarlbergs: Studie zur Erforschung der Landesfauna - Das Kanisfluhgebiet (Bregenzer Wald)*. Dornbirn: Studie im Auftrag der inatura - Erlebnis Naturschau GmbH. 35 S.
- KOPF, T. (2007c). Die Besiedlung xerothermer Wald- und Kulturlandflächen im Gebiet „Unterer Forst“ in Bludenz-Bings durch Wildbienen. *In Vorbereitung*.
- KUGLER, H. (1970). *Blütenökologie*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 345 S.

- KUHLMANN, M. & THUMBRINCK, K. (1996). Wildbienen- und Wespenfunde aus dem Kleinwalsertal und aus den Silvretta Alpen. *Vbg Landesmuseum Verein der Freunde der Landeskunde*: 25-33.
- LAUBER, K. & WAGNER, G. (2007). *Flora Helvetica - 4. Auflage*. Bern: Haupt. 1631 S.
- LECOCQ, T. L. (2011). Molecular and chemical characters to evaluate species status of two cuckoo bumblebees: *Bombus barbutellus* and *Bombus maxillosus* (Hymenoptera, Apidae, Bombini). *Systematic Entomology* 36: 453-469.
- LØKEN, A. (1984). Scandinavian species of the genus *Psithyrus* LEPELETIER (Hymenoptera: Apidae). *Ent. scand. Suppl.* 23: 1-45.
- 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.
- MATHIS, H. (1982). Untersuchungen zur Phänologie und Arealkunde heimischer Arten der Gattung *Bombus* (Hummeln). *Unveröffentlichte Lehramtshausarbeit an der Pädagogische Akademie Feldkirch*.
- MAUSS, V. (1994). *Bestimmungsschlüssel für Hummeln*. Hamburg: DNJ: 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.
- OBESO, J. R. (1992). Geographic distribution and community structure of bumblebees in the northern Iberian peninsula. *Oecologia* 89: 244-252.
- PENNINGER, H. (2008). Aktivität alpiner Hummeln in Abhängigkeit klimatischer Faktoren. *Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität Wien*. 49 S.
- PITTIONI, B. (1937). Die Hummelfauna des Kalsbachtales in Ost-Tirol. *Festschrift für Prof. Embrik Strand*: 64-122.

- PITTIONI, B. & SCHMIDT, R. (1942). Die Bienen des südöstlichen Niederdonau. 1. Apidae, Podaliriidae, Xylocopidae und Ceratinidae. *Niederdonau* 19: 1-69.
- POUVREAU, A. (1974). Les ennemies de bourdons. II. Organismes affectant les adultes. *Apidologie* 5: 39-62.
- RANTA, E. & LUNDBERG, H. (1980) Resource partitioning in bumblebees: the significance of differences in proboscis length. *Oikos* 35: 298-302.
- RANTA, E. & VEPSÄLÄINEN, K. (1981). Why are there so many species? Spatio-temporal heterogeneity and northern bumblebee communities. *Oikos* 36: 28-34.
- RASMONT, P., SCHOLL, A., DE JONGHE, R., OBRECHT, E. & ADAMSKI, A. (1986). Identité et variabilité des mâles de bourdon du genre *Bombus* LATREILLE sensu stricto en Europe occidentale et centrale (Hymenoptera, Apidae, Bombinae). *Rev. suisse zool.* 93: 661-682.
- REINIG, W. (1935). On the Variation of *Bombus lapidarius* L. and its Cuckoo, *Psithyrus rupestris* FABR. with Notes on Mimetic Similarity. *J. Genetics* 30: 321-356.
- REINIG, W. (1970). Ökologische Studien an mittel- und südosteuropäischen Hummeln (*Bombus* LATR., 1802; Hym., Apidae). *Mitteilungen der münchener entomologischen Gesellschaft* 60: 1-56.
- REUTER, K. & SCHWAMMBERGER, K.-H. (2002). *Bombus pascuorum* - eine besonders erfolgreiche Hummel: Untersuchungen zur Volksentwicklung und Kastendetermination. In T. Osten, *Beitr. Hymenopt. Tagung Stuttgart*: 32-33.
- SCHWARZ, M. & GUSENLEITNER, F. (1997). Neue und ausgewählte Bienenarten für Österreich. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs (Hymenoptera, Apidae). *Entomofauna* 18 (20): 301-372.
- SCHWARZ, M. & GUSENLEITNER, F. (1999). Weitere Angaben zur Bienenfauna Österreichs. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs II (Hymenoptera, Apidae). *Entomofauna* 20 (11): 185-256.
- SCHWARZ, M. & GUSENLEITNER, F. (2000a). Weitere Angaben zur Bienenfauna Österreichs sowie Beschreibung einer neuen Chelostoma-Art aus der Westpaläarktis. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs IV (Hymenoptera, Apidae). *Entomofauna* 21 (12): 133-164.
- SCHWARZ, M. & GUSENLEITNER, F. (2000b). Weitere Angaben zur Bienenfauna Österreichs. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs V (Hymenoptera, Apidae). *Entomofauna* 21 (32): 457-468.
- SCHWARZ, M., GUSENLEITNER, F. & KOPF, T. (2005). Weitere Angaben zur Bienenfauna Österreichs sowie Beschreibung einer neuen *Osmia*-Art. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs VIII (Hymenoptera, Apidae). *Entomofauna* 26 (8): 117-164.

- SCHWARZ, M., GUSENLEITNER, F. & MAZZUCCO, K. (1999). Weitere Angaben zur Bienenfauna Österreichs. Vorstudie zu einer Gesamtbearbeitung der Bienen Österreichs III (Hymenoptera, Apidae). *Entomofauna* 20 (31): 461-524.
- SCHWARZ, M., GUSENLEITNER, F., WESTRICH, P. & DATHE, H. (1996). Katalog der Bienen Österreichs, Deutschlands und der Schweiz. *Zeitschrift für Entomologie, Supplement* 8. 398 S.
- STOECKHERT, F. (1954). Fauna Apoideorum Germaniae. *Abh. bayer. Akad. Wiss., N.F.* 65: 1-87.
- TERÄS, I. (1976). Flower visits of bumblebees, *Bombus* LATR. (Hymenoptera: Apidae) during one summer. *Annales Zoologici Fennici* 13: 200-232.
- TRAUTMANN, G. & TRAUTMANN, W. (1924). Beitrag zur Erforschung der Bienenfauna des Allgäus. *Z. wiss. InsBiol.* 15: 30-36.
- 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.
- WILLIAMS, P. (1994). Phylogenetic relationships among bumble bees (*Bombus* LATR): a reappraisal of morphological evidence. *Systematic Entomology* 19: 327-344.
- WILLIAMS, P. (1996). *Mapping variations in the strength and breadth of biogeographic transition zones using species turnover*. Proceedings of the Royal Society of London (B) 263: 579-588.
- WILLIAMS, P., CAMERON, S., HINES, H., CEDERBERG, B., RASMONT, P. (2008). A simplified subgeneric classification of the bumblebees (genus *Bombus*). *Apidologie* 39: 46-74.

Internetquellen:

<http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/jahresrueckblick>
3.4.2014

<http://vogis.cnv.at/atlas/init.aspx>
8.11.2013

www.biooffice.at
3.10.2013

<http://www.mathworks.de/products/matlab/index.html>
24.1.2014

www.qgis.org
25.1.2014

http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/umwelt_zukunft/umwelt/natur-undumweltschutz/weitereinformationen/daten_fakten/naturraumvorarlberg.htm
12.1.2014

Lebenslauf

Persönliche Informationen:

Name: Bernhard Schneller
Geboren in: Bludenz (Vorarlberg)
Staatsbürgerschaft: österr.



Ausbildung:

1993 – 1997 VS St. Peter in Bludenz
1997 – 2001 Bundesrealgymnasium Bludenz
2001 – 2006 Bundeshandelsakademie Bludenz
2007 – 2014 Studium LA Biologie und Umweltkunde und LA Englisch an der Universität Wien

Beschäftigungen an der Universität Wien

2011 – 2013 Tutor der Lehrveranstaltung Diversität, Organisation und Biologie der Tiere
2011 – 2013 Tutor der Lehrveranstaltung Theorie und Praxis der Fachdidaktik in Biologie und Umweltkunde
2014 Tutor der Lehrveranstaltung Kenntnis mitteleuropäischer Lebensgemeinschaften

Sonstige Qualifikationen

2011 Teilnahme am PP Zoologische Feldarbeit in den Alpen
2012 Teilnahme an der LV Bestimmung heimischer Apidae
2013 – 2014 Betreuer von Hummelbestimmungskursen in Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Naturschutzbund

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Monografien Entomologie Hymenoptera](#)

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [0255](#)

Autor(en)/Author(s): Schneller Bernhard

Artikel/Article: [Die Hummeln Vorarlbergs. – Diplomarbeit Universität, betreut von H.W. Krenn 1-83](#)