



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Die Bestäubungs- und Standortsökologie der
Modellpflanzenart *Orlaya grandiflora* aus der
Nutzpflanzenfamilie *Apiaceae*“

verfasst von / submitted by

Robert Jirik, Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2016 / Vienna 2016

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 838

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Ernährungswissenschaft UG2002

Betreut von / Supervisor:

Univ.Prof. Dipl.Geograph Dr. Karl Georg Bernhardt

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit mit dem Titel

„Die Bestäubungs und Standortsökologie der Modellpflanzenart *Orlaya grandiflora*

aus der Nutzpflanzenfamilie *Apiaceae*“

ausschließlich von mir selbst verfasst wurde.

Es wurden keine weiteren Quellen als die angegebenen verwendet.

Sämtliche Quellen sind eindeutig als solche vermerkt und aufgelistet.

Diese Arbeit wurde weder in der vorliegenden noch in ähnlicher Form an anderer Stelle eingereicht oder veröffentlicht.

Wien, den 18.03.2016



Robert Jirik

Danksagung

Ich danke all jenen, die zum Entstehen und Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Insbesondere gilt mein Dank den Betreuern der Arbeit, Herrn Univ. Prof. Dr. Karl-Georg Bernhardt, der dieses Projekt ermöglichte und Herrn Dr. Leonid Rasran, der auch die Mittel für das Projekt beim Hochschuljubiläumstiftung der Stadt Wien lukriert hat und mich bei Planung, Umsetzung und Bearbeitung des Projekts jederzeit mit viel Wissen und Geduld unterstützte.

Weiteres danke ich meiner Kollegin Lisa Dunst, mit der ich das Projekt geteilt habe

Clara Peters danke ich für den konstruktiven Austausch über das Projekt.

Dank auch DI Hubertus Kimmel Leiter des Forstamtes Stift Klosterneuburg und DI Harald Brenner vom Biosphärenpark Wienerwald Management für die Duldung der Arbeiten.

Ein besonderer Dank gilt auch Dr. Susanne Till und Dr. Luise Ehrendorfer-Schratt, bei denen ich mir viel botanisches Wissen aneignen durfte.

Dank auch an Frau Ass. Prof. Dr. Rust und Univ. Prof. Dr. Karl Heinz Wagner dafür, dass ich ein botanisches Thema als Masterarbeit bearbeiten konnte.

Aus meinem privaten Umfeld möchte ich allen voran meinen Eltern Angela und Adolf Jirik ganz herzlich dafür danken, dass sie mich immer ermuntern, das zu tun, was mir Freude macht und mich in allem, was ich mache, unterstützen und begleiten.

Und natürlich danke ich allen meinen Freunden, insbesondere Mag. Franz Josef Vrabec für seine mathematische und moralische Unterstützung, Herrn Ernst Poschalko für die Hilfe bei Standortssuche am Leopoldsberg und Bisamberg und Dr. Elisabeth Swoboda für ihr geistiges Ping-Pong Spiel.

Abstract

Introduction: Pollination by insects is an important part of live circle of many plant species and the availability of pollinators is a significant ecological factor for their population dynamics. As model species *Orlaya grandiflora* (Family, Apiaceae) an insect-pollinated in the surrounding of Vienna rare and endangered Umbelliferae species was chosen. *Orlaya* is cultivated as an arable weed preservation culture in the botanical garden of the University for Natural Resources of Vienna (BOKU), and several small remnant populations are known from the surrounding of the city. We study if deficiency of pollinating insects is one reason for endangerment of *Orlaya*. Another reason for endangerment can be the deficiency of adequate habitats.

Methods: We study the preservation culture in the botanical garden and 14 natural habitats surrounding Vienna on Leopoldsberg and Bisamberg for limitation of pollination as well for limitation of habitats. We investigate experimentally visit duration, diversity and quantity of pollinating insects by time lapse camera and compare as dependence of pollination the fruit setting rate, germinability, and vitality of the seeds. As well we compare *Orlaya* habitats by biotope types and their endangerment classes and cause the endangerment of *Orlaya* by the limitation of habitats.

Results: There is no or only a very weak ($r < 0.2$) not significant correlations between the relative visit duration of insects and the fruit setting rate, germinability, and vitality of the seeds. In contrast most Habitat types of *Orlaya grandiflora* are critically endangered or endangered (IUCI Category CR, EN).

Conclusion: Results of the study shows no indication of pollinator limitation but a habitat limitation of *Orlaya grandiflora*. This should help by the development of nature conservation measures.

Zusammenfassung

Einleitung: Bestäubung durch Insekten ist ein wichtiger Bestandteil des Lebenszyklus vieler Pflanzen und die ausreichende Verfügbarkeit von Bestäubern ein wesentlicher ökologischer Faktor. Am Beispiel der im Raum Wien vorkommenden, aber mittlerweile seltenen und stark gefährdeten, insektenbestäubten Pflanzenart *Orlaya grandiflora* (Groß-Strahldolde, Familie Apiaceae), die auch mit Hintergrund des Naturschutzes im botanischen Garten der BOKU Wien als Erhaltungskultur kultiviert wird, soll untersucht werden, ob ausreichend Bestäuber für diese Art vorhanden sind. Ein weiterer Grund der Gefährdung von *Orlaya* kann aber auch der Mangel an geeigneten Biotopen sein.

Methode: Es werden die Erhaltungskultur im Botanischen Garten und 14 Naturstandorte am Leopoldsberg und Bisamberg im Großraum Wien sowohl auf Bestäubungslimitation als auch auf Standortlimitation untersucht. Dazu wird Besuchsdauer, Vielfalt und Zahl der blütenbesuchenden Insekten an *Orlaya*-Populationen mit Zeitraffer Fotoaufnahmen untersucht und mit Fruchtansatz, Vitalität und Keimfähigkeit verglichen. Weiters wird mit Vegetationsaufnahmen die Biotopstypen der Standorte und deren Gefährdungskategorien bestimmt und daraus auf die Limitation der Habitate von *Orlaya* geschlossen.

Ergebnisse: Es gibt keine und nur sehr schwache ($r < 0,2$) nicht signifikante Korrelation zwischen relativen Besuchsdauer der Insekten und Fruchtansatz sowie Keimfähigkeit und Vitalität. Andererseits sind die meisten Biotopstypen von *Orlaya* Standorten gefährdet oder stark gefährdet (IUCN-Kategorie: EN = Endangered).

Schlussfolgerung: Die Untersuchungsergebnisse zeigen keine Limitation durch Bestäubung, wohl aber eine Limitierung des Habitats von *Orlaya grandiflora*. Dies sollte bei Planung und Durchführung von Naturschutzvorhaben berücksichtigt werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Allgemeines	9
1.2	Bestäubungsökologie.....	9
1.3	Standortökologie	10
1.4	Entwicklung der Fragestellungen und Hypothesen.....	11
2	Angewandte Methoden und verwendetes Material	12
2.1	Beschreibung der Modellpflanze <i>Orlaya grandiflora</i>	12
2.1.1	Etymologie, Basionyme und Synonyme	12
2.1.2	Allgemeines und systematische Stellung	13
2.1.3	Vegetative Merkmale	14
2.1.4	Generative Merkmale	15
2.1.5	Verbreitung und Ökologie	16
2.1.6	Gefährdung und Rote Listen	18
2.2	Beschreibung und Erkundung der Untersuchungsgebiete.....	20
2.2.1	Standortsuche	20
2.2.2	Leopoldsberg.....	21
2.2.3	Bisamberg.....	22
2.2.4	Hundsheimer Berg.....	22
2.2.5	Botanischer Garten der BOKU.....	23
2.3	Limitation durch Bestäuber	25
2.3.1	Auswahl, Markieren und Isolieren der Pflanzenindividuen	25
2.3.2	Fotobeobachtung der Blütenbesucher im Zeitrafferverfahren (Time Lapse)....	27
2.3.3	Auswertung der Fotobeobachtung	27
2.3.4	Auswahl der Kameraausrüstung	28
2.4	Erhebungen der Diasporen-Eigenschaften und des Bestäubungserfolgs.....	30

2.4.1	Keimtests	32
2.4.2	Test auf Vitalität	34
2.4.3	Berechnungsverfahren	34
2.5	Limitation des Habitats (Biotops, Standorts)	35
2.5.1	Bestimmung von Biotoptypen und deren Gefährdung.....	35
2.5.2	Vegetationsaufnahmen	35
2.6	Statistische Tests und Berechnungsverfahren	37
2.7	Genehmigungen	38
3	Ergebnisse	39
3.1	Diversität und relative Besuchsdauer der Blütenbesucher.....	39
3.2	Diasporen (Samen)-Eigenschaften und Bestäubungserfolg.....	42
3.2.1	Fruchtansatz	42
3.2.2	Keimung und Vitalität.....	45
3.3	Limitation durch Bestäuber	48
3.4	Standorte der <i>Orlaya grandiflora</i> im Großraum Wien.....	50
3.4.1	Herbar, Literatur und Internetauswertung	50
3.4.2	Übersicht Standorte und Plots im Großraum Wien	51
3.4.3	Standorte und Untersuchungs-Plots am Leopoldsberg	51
3.4.4	Standorte und Untersuchungs-Plots Bisamberg und Hundsheimer Berg	55
3.4.5	Pflanzen-Eigenschaften	57
3.5	Limitation des Habitats (Biotops, Standorts)	59
4	Diskussion	61
4.1	Diversität und relative Besuchsdauer der Blütenbesucher.....	61
4.1.1	Methode.....	61
4.1.2	Ergebnis.....	62
4.2	Diasporen Eigenschaften und Bestäubungserfolg.....	63

4.2.1	Methode	63
4.2.2	Ergebnis Fruchtansatz	65
4.2.3	Ergebnis Keimung und Vitalität	67
4.3	Limitation durch Bestäuber	68
4.4	Limitation des Habitats (Biotops, Standorts)	68
5	Schlussfolgerung	70
6	Quellenverzeichnis.....	71
6.1	Literaturverzeichnis	71
6.2	Abbildungsverzeichnis	76
6.3	Tabellenverzeichnis	78
6.4	Anhang.....	79
6.4.1	Gefährdungskategorien Biotope.....	79
6.4.2	Tabelle Vegetationsaufnahmen	80
6.5	Curriculum Vitae	82

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

In dieser Arbeit geht es um die Existenz einer Pflanze mit dem wissenschaftlichen Namen *Orlaya grandiflora*. Aber es geht nicht nur um die Existenz der einen Art selbst, sondern auch um die Existenz ihrer Lebensräume und um die Vielfalt ihrer bestäubenden Insekten.

Die Vielfalt der Arten, der Gene und Ökosysteme (Biodiversität) ist eine wichtige Grundlage für unser menschliches Leben und Ernährung. Dabei spielen Pflanzen und deren Vielfalt bei der Ernährung des Menschen die entscheidende Rolle. Ungefähr 7000 Pflanzenarten von geschätzten 300.000 Blütenpflanzen (Joppa *et al.*, 2010) wurden bislang für die menschliche Ernährung weltweit kultiviert.

Eine wichtige Nutzpflanzenfamilie davon sind die Doldenblütler (*Apiaceae*), zu deren Arten so wichtige Nutzpflanzen wie die Karotte, Gelbe Möhre, die Pastinake, die Petersilie, der Kümmel und der Gartenkerbel gehören.

Täglich geht ein Teil der Biodiversität verloren und das mit einer Geschwindigkeit, wie sie in der Geschichte vorher nicht beobachtet wurde. Der Verlust der biologischen Vielfalt zählt neben dem Klimawandel zu den dringlichsten Forschungsfragen unserer Zeit. (UNEP, 2009)

1.2 Bestäubungsökologie

Schon in der Antike wurde die Verbindung von Bienen und Doldenblütlern beobachtet. Bei den Griechen hießen die auch Pflanzen der Doldenblütler *Melissophilon*, also so viel wie von Bienen geliebte Pflanze. (Näheres dazu im Kapitel 2.1.1 Etymologie, Basionyme und Synonyme)

Die Bestäubung durch Insekten ist ein zentraler Prozess des Entwicklungszyklus insektenbestäubten Pflanzen und die ausreichende Verfügbarkeit von Bestäubern ein wesentlicher ökologischer und evolutionärer Faktor (Willmer, 2011; Hess, 2005). Die Bestäubung von *Orlaya grandiflora* kann von vielen kurz und mittelrüsseligen Insekten bestäubt werden, da die Pollen und Nektarien der weißen Scheibenblüten in der Doppeldolde für die Bestäuber einfach zu erreichen sind (Lindsey, 1984; Willmer, 2011). Interessanterweise werden aber einzelne Arten von *Apiaceae* gar nicht so „promiskuitiv“ bestäubt sondern eher nur selektiv von nur wenigen Insektenarten (Lindsey, 1984). Dieses

Verhalten schützt vor allem vor Pollenverlusten, wenn die Pflanzen nur in größeren Abständen inselartig verbreitet sind (Wilcock & Neiland, 2002). Daher ist zwischen Blütenbesuchern und wirklichen Bestäubern zu unterscheiden (Grace & Nelson, 1981; Lindsey, 1984). Da Apiaceae eine Protandrie zum Schutz vor Autogamie zeigen, können selbst spezialisierte Insekten keine Bestäubung leisten, wenn diese nicht in beiden Blütenphasen, die Stamen *und* Pistill Phase, die Blüte aufsuchen. (Zych, 2006)

Für *Orlaya grandiflora* gibt es zur Bestäubungsökologie nur eine Arbeit, die zeigt, dass *Orlaya grandiflora* in einer Erhaltungskultur an der Universität für Bodenkultur in der Nähe von Bienenstöcken keine Bestäubungslimitation zeigt (Peters, 2015). Mehr an Veröffentlichungen gibt es zu *Daucus carota var. sativa*, einer der *Orlaya grandiflora* phylogenetisch nächst verwandten Kulturpflanze (Downie *et al.*, 2000). Diese zeigen bei *Hymenoptera* eine bis zu viermal höhere Bestäubungs-Effektivität als *Coleoptera*. (Hawthorn *et al.*, 1956; Mandl & Sukopp, 2011)

In dieser Arbeit wird der Frage nachgegangen, ob es einen Effekt der Bestäuber Limitation auf den Reproduktionserfolg der im Raum Wien seltenen und gefährdeten Pflanzenart *Orlaya grandiflora* gibt.

1.3 Standortökologie

Bitopvernichtung und Biotopveränderung sind als Ursachen von Gefährdung und Ausrottung von Pflanzenbeständen von zentraler Bedeutung (Niklfeld & Grims, 1999; Essl *et al.*, 2002; Ludwig & Schnittler, 1996).

Für *Orlaya grandiflora* sind Biotope im xerothermen pannonischen Raum Österreichs von entscheidender Bedeutung. Nach Oberdorfer liegt die Hauptverbreitung im mediterran-submediterranen Bereich und hier besonders im mediterranen Hartlaub- sowie im nordmediterranen Flaumeichengebiet (Oberdorfer, 1994). Biotope wie Trockenrasen (Holzner, 1986) und deren Busch- und Saumgesellschaften aber auch xerotherme skelettreiche und flachgründige Biotope wie Felsgesellschaften und Steinriegel (Essl, 2004) beherbergen neben *Orlaya grandiflora* Vielzahl von Pflanzengesellschaften und Arten, die durch Biotopsverlust gefährdet sind. (Schratt, 1990; Niklfeld & Schratt-Ehrendorfer, 1999) Aber auch Ackerwildkräuter in Segetalgesellschaften haben in den letzten Jahrzehnten stark an Vielfalt verloren. (Schneider & Sukopp, 1994; Ries, 1992). *Orlaya grandiflora* hat eine

Nische in den Segetalgesellschaften gefunden, gilt aber seit den 1960-er Jahren in diesen Segetalgesellschaften als ausgerottet (Holzner, 1971; Kästner *et al.*, 2013).

Viele dieser gefährdeten pannonischen Habitate befinden sich im Großraum von Wien vor allem am Leopoldsberg (Zukrigl, 2005), Bisamberg (Wiesbauer & Maier, 2013) und Hundsheimer Berg, aber auch im Kamptal und der Wachau.

1.4 Entwicklung der Fragestellungen und Hypothesen

Die **Haupt-Hypothese**, die auch als Projekt bei der Hochschuljubiläumsstiftung der Stadt Wien eingereicht und genehmigt wurde lautet wie folgt:

- **Es gibt einen Effekt der Bestäuber Limitation auf den Reproduktionserfolg der im Raum Wien seltenen und gefährdeten Pflanzenart *Orlaya grandiflora*.**

Die Fragen die im Zusammenhang mit der Bestäubungsökologie untersucht werden sind:

- **Gibt es einen Zusammenhang (Korrelation) zwischen der Besuchsdauer von Insektenordnungen und den entsprechenden Bestäubungserfolg wie Fruchtansatz, Vitalität und Keimfähigkeit?**
- **Gibt es Unterschiede bei der Besuchsdauer von Insektenordnungen, sowohl zwischen den naturnahen Biotopen und der Erhaltungskultur im botanischen Garten der BOKU Wien, als auch zwischen den einzelnen Biotoptypen selbst?**
- **Gibt es Unterschiede bei Fruchtansatz, Vitalität, Keimfähigkeit und anderen Diasporeneigenschaften sowohl zwischen den naturnahen Biotopen und der Erhaltungskultur im botanischen Garten der BOKU Wien als auch zwischen den einzelnen Biotoptypen selbst?**

Durch die enge Verbindung der Pflanzenarten *Orlaya grandiflora* an ihre bestimmten Biotop- und Vegetationstypen kann die folgende **Gegen-Hypothese** postuliert werden:

- ***Orlaya grandiflora* ist durch die Limitation ihrer Biotopstypen selten und dadurch gefährdet.**

Die Fragen die im Zusammenhang mit der Standortökologie untersucht werden sind:

- Welche Standorte von *Orlaya grandiflora* gibt es im Großraum von Wien?
- Welche Gefährdung Kategorien haben die Biotopstypen von *Orlaya grandiflora* im Großraum von Wien?

2 Angewandte Methoden und verwendetes Material

2.1 Beschreibung der Modellpflanze *Orlaya grandiflora*

2.1.1 Etymologie, Basionyme und Synonyme

Der wissenschaftliche Name ist *Orlaya grandiflora* (L.) Hoffm.

Die Gattung *Orlaya* ist nach Johann Orlay (1770-1829) benannt, der als Botaniker und Arzt an der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg, Russland, tätig war.

Tabelle 1: Synonyme von *Orlaya grandiflora*

Name	Status	Confidence level	Source
<i>Caucalis daucoides</i> L.	Synonym	☆☆☆	WCSP (in review)
<i>Caucalis grandiflora</i> L.	Synonym	☆☆☆	WCSP (in review)
<i>Muitis daucoides</i> (L.) Raf.	Synonym	☆☆☆	WCSP (in review)
<i>Nigera daucoides</i> (L.) Bubani	Synonym	☆☆☆	WCSP (in review)
<i>Orlaya daucoides</i> (L.) Greuter	Synonym	☆☆☆	WCSP (in review)

Wichtig sind die Synonyme vor allem für die Auswertung von Herbarien und Datenbanken. Die Deutsche Namen für *Orlaya grandiflora* sind Große Strahldolde oder Strahlenbreitsame und weist auf die strahlenförmig Gestalt der Blüten beziehungsweise der Früchte hin. (Fischer, 2008)

Der Familienname *Apiaceae* (Apium, Apis) zeigt daher auch die etymologisch enge Verbindung der *Orlaya grandiflora* mit ihren Bestäubern. (Walde, 1910)

Schon in der Antike wurde die Verbindung von Bienen und Doldenblütlern beobachtet. Bei den Griechen hießen die auch Pflanzen der Doldenblütler, eine systematische Ordnung wie bei Linne gab es noch nicht, Melissophilon, also so viel wie von Bienen bevorzugte Pflanze, das schließt *Melissa sp.* nicht unbedingt aus.

Lateinisch ist die namensgebende Gattung *Apium* die adjektivische Ableitung von *Apis* der Biene. Auf Deutsch wäre der Sinn etwa mit „Die Bienenliebende“ zu übersetzen.

apium „Eppich, Sumpfeppich“, **apiaster, apiastrum** „μελισσόφυλλον, eine von den Bienen bevorzugte Pflanze“, daher nach Thurneysen GGA. 1907, 802 von *apis*; das Grundwort *apium*

Abbildung 1, Auszug aus dem Etymologischem Wörterbuch , Walde 1910

2.1.2 Allgemeines und systematische Stellung

Die Gattung *Orlaya* ist Teil der Ordnung der *Apiales* innerhalb der dikotylen Klasse der Rosopsida. Sie begründet mit 380 Gattungen, von denen alle gemeinsam wiederum ungefähr 3000 Arten weltweit umfassen (Fischer, 2008), die Familie der *Apiaceae*. Diese Familie zeichnet sich zum einen durch das Vorhandensein von doppeldoldigen Pseudanthien, zum anderen auch oft durch das Auftreten verschiedener sekundärer Inhaltsstoffe vor allem Terpene und Phenole aber auch toxische Polydiine aus. So kommt es auch, dass die Arten der *Apiaceae* viele Nutz-, Heil- und Gewürzpflanzen beinhalten. Beispiele sind die Karotte, Gelbe Möhre, die Pastinake, die Petersilie, der Dill, der Anis, der Gewürzkümmel, der Gartenkerbel und der Koriander (Hess, 2005).

Tabelle 2, Systematik

Ordnung:	Doldenblütlerartige (<i>Apiales</i>)
Familie:	Doldenblütler (<i>Apiaceae</i>)
Unterfamilie:	<i>Apioideae</i>
Gattung:	Strahldolde (<i>Orlaya</i>)
Art:	Strahlen-Breitsame (<i>Orlaya grandiflora</i> (L.) Hoffm.)

Orlaya grandiflora (L.) Hoffm. ist ein winteranueller Therophyt aus der Familie der *Apiaceae*. Der Deutsche Namen für die Art sind Große Strahldolde oder Strahlenbreitsame und weist auf das Erscheinungsbild der Blüten beziehungsweise der Früchte hin (Fischer, 2008).

Orlaya grandiflora erreicht eine Höhe von 30-70 (80) cm. Die Art wächst bevorzugt auf kalkhaltigen Böden in xerothermen Gebieten mit pannonischem Klima und kam bis in die 1950-er Jahre vor allem in extensiven Getreidekulturen als Begleitpflanze vor. Das

Ursprungsgebiet dürfte Südosteuropa sein. In Österreich gilt sie entweder als indigene Pflanze oder auch als Archeophyt.

Durch die Intensivierung der Landwirtschaft verlor *Orlaya grandiflora* eine ökologische Nische als Segetalpflanze. Sie ist einerseits an eutrophen Standorten nicht besonders konkurrenzstark andererseits hat vermehrter Herbizid Einsatz und effektivere Saatgutreinigung zum Rückgang der Art beigetragen.

In Österreich kommt die Art selten bis sehr selten vor (Fischer, 2008). In Wien, Niederösterreich und Burgenland wird *Orlaya grandiflora* als stark gefährdet eingestuft. Längerfristig kann demnach auch das Aussterben der Art im gesamten Verbreitungsgebiet erwartet werden, sofern die Gefährdungsfaktoren weiterhin auf die Bestände einwirken(Schratt, 1990). (Details dazu in Abschnitt 2.1.6 Gefährdung und Rote Listen)

Orlaya grandiflora wurde als Modellpflanzenart gewählt, weil sie als besonders schöne und seltene Pflanze zu den „Flagship species“ gehört und zudem für bestäubungsökologische Studien gut geeignet ist, da sie keine besonderen Ansprüche an die Bestäuber stellt und dadurch besonders die Generalisten unter den Bestäubern anlockt (Lindsey, 1984). Dadurch ergibt sich eine repräsentativer Querschnitt über Vielfalt und Vorkommen potentieller Bestäuber an einem beobachteten Standort.

2.1.3 Vegetative Merkmale

Nach der Keimung im Oktober bildet *Orlaya grandiflora* anthocyan-reiche Blattrosetten und überwintert als Halbrossette. Die Laubblätter sind sehr fein 3-fach gefiedert.



Abbildung 2 Anthocyan reiche Hemirosette nach Überwinterung am Leopoldsberg (Jirik, Februar 2015)

Die Wurzel ist eine Pfahlwurzel mit einer Länge zwischen 6 und 20 cm. Der Geruch und Geschmack ist der einer wilden Karotte (*Daucus carotta* var. *carotta*) ähnlich. Etwa Anfang April verlässt die Pflanze das Rosettenstadium und erreicht Wuchshöhen zwischen 30 und 60 (80) cm.

2.1.4 Generative Merkmale

Die Blütenphase von *Orlaya grandiflora* beginnt in Österreich Anfang Mai und kann sich bis Anfang August erstrecken. Die Pflanze entwickelt 1-15 (meist 2 oder 3) Infloreszenzen mit einem Durchmesser von je 4-8 cm. Die erstblühende primäre Infloreszenz auf der Spitze des Haupttriebs wird in dieser Arbeit als Hauptdolde (HD) bezeichnet und die später blühenden lateralen Infloreszenzen als Nebendolden (ND). Jede Infloreszenz (Doppeldolde) setzt sich aus 5-9 Döldchen zusammen, welche wiederum aus vielen Einzelblüten zusammengesetzt sind (Froebe, 1980) (siehe auch Ergebnisteil in Kapitel 2.5)

Orlaya grandiflora ist andromonözisch. Die Einzelblüten sind größtenteils rein männlich, allerdings bilden sich je Döldchen auch bis zu 8 (in der Regel 5 oder 6) randständige zwittrige Blüten aus.



Abbildung 3, *Orlaya* mit Bestäuber in Diptam Saumgesellschaft (Jirik, Mai 2015)

Die zwittrigen Blüten bilden vergrößerte eingeschnittene Pentalen am Rand der Infloreszenz aus. Dadurch ähnelt ein Blütenstand optisch einer großen Blume (Pseudanthium), wodurch diese von Insekten besser erkannt wird (Heslop-Harrison & Shivanna, 1977).

Es kommt zu einer Koevolution zwischen Pflanze und Bestäuber (Hess, 2005). Jede zwittrige

Blüte trägt zwei Samenanlagen, aus denen sich die bestachelten Früchte (Doppel-Achäne) entwickeln.



Abbildung 4, Fruchtstand *Orlaya grandiflora*, Leopoldsberg (Jirik, Juli 2015)

Die bestachelten Früchten werden entweder durch die Wind und Schwerkraft oder durch Tiere in Form der Epizoochorie ausgebreitet. Es konnte im September 2015 beobachtet werden, dass bei Durchgang einer Regenfront mit Sturm die Diasporen von den Dolden getrennt wurden. Der folgende Regen bildete dann gut Keimbedingungen.

Bis etwa in die Fünfzigerjahre des 20. Jahrhundert wurden die Diasporen auch durch Saatgut ausgebreitet.

2.1.5 Verbreitung und Ökologie

Nach Oberdorfer (Oberdorfer, 1994) liegt die Hauptverbreitung im mediterran-submediterran Bereich und hier besonders im mediterranen Hartlaub- sowie im nordmediterranen Flaumeichengebiet *Orlaya grandiflora* bevorzugt in Österreich xerotherme, sonnige, lichtreiche Standorte auf Kalk oder Flysch mit Kalkeinlagerungen in der pannonischen Hügelstufe zwischen 180 und 370 Meter Seehöhe.

Diese Standorte sind vor allem die südseitigen teils skeletreichen Halbtrocken- und Trockenrasen, aber auch die Saumbereiche xerothermer Buschwälder und die offenen Stellen von Flaumeichen-Buschwäldern.

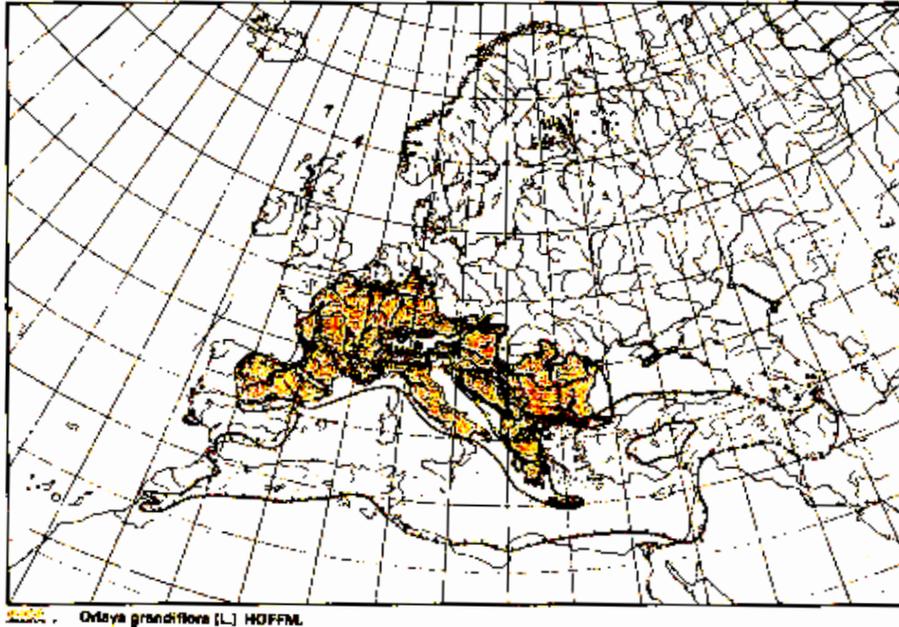


Abbildung 5, Verbreitung *Orlaya grandiflora* in Europa ((Kästner *et al.*, 2013)

Eine floristische Kartierung der *Orlaya grandiflora* gibt es für Österreich nicht. Die wesentlichen Bestände sind in der pannonischen Florenprovinz in Wien, Niederösterreich und dem Burgenland. In Kärnten gibt es noch einen Bestand um die Burg Federaun, während in Oberösterreich gilt sie als ausgestorben (Fischer, 2008)



Abbildung 6, Untersuchungs-Standort Leopoldsberg, Südhang, ruderaler Trockenrasen, *Orlaya grandiflora* vertrocknet (Jirik, Juli 2015)

Im Untersuchungsgebiet „Wiener Raum“ kommen die Standorte der *Orlaya grandiflora* und ihrer Biotope vor allem im Gebiet Leopoldsberg, Bisamberg und Hundsheimer Berg vor. (siehe auch Ergebnisteil der Standortsuche in Kapitel 2.5)

Die Zeigerwerte nach Ellenberg (Ellenberg, 2001) sind für Pflanzenarten ökologische und botanische Kenngrößen, die aus Standortanalysen und Erfahrungen abgeleitet und inzwischen größtenteils durch ökophysiologische Untersuchungen bestätigt wurden. Diese haben eine ordinale Skala, können so für nichtparametrische Vergleiche statistisch ausgewertet werden. In der folgenden Tabelle sind die ökologischen Zeigerwerte für *Orlaya grandiflora* nach Ellenberg angeführt.

Tabelle 3, Zeigerwerte für *Orlaya grandiflora* (Ellenberg, 2001)

L7	Halblichtpflanze
T7	Wärmezeiger
K2	ozeanisch
F3	Trockniszeiger
R9	Basen- und Kalkzeiger
N4	stickstoffarme bis mäßig stickstoffreiche Standorte anzeigend
S0	nicht salzertragend
Leb	Therophyt, sommergrün
Soz	Caucalidion lappulae

2.1.6 Gefährdung und Rote Listen

Nach den Roter Listen für Gefäßpflanzen in Österreich (Niklfeld & Schratt-Ehrendorfer, 1999; Schratt, 1990) ist *Orlaya grandiflora* in Wien, Niederösterreich und Burgenland der Gefährdungsstufe 2 zuzuordnen, also als stark gefährdet (IUCN-Kategorie: EN = Endangered).

Nach Roter Liste Deutschland 1996 ist sie in Deutschland in Stufe 1 und vom Aussterben bedroht. (IUCN-Kategorie: CR = Critically Endangered)

Nicht nur die Pflanzenart selbst kann einer Gefährdung unterliegen, sondern auch deren Biotop. Bei der *Orlaya grandiflora* sind es vor allem die Biotopstypen der Halbtrocken- und Trockenrasen auf Kalk, aber auch die der xerothermen Säume und Steinriegel die gefährdet sind (Essl *et al.*, 2002; Traxler & Essl, 2005; Essl, 2004).

Für die meisten bisher erstellten österreichischen Roten Listen (Niklfeld & Schratt-Ehrendorfer, 1999; Schratt, 1990) und deutschen Roten Listen (Blab, 1984) wurden die Gefährdungskategorien von Blab (1984) übernommen. In weiterer Folge wurden diese dann an die Kategorien der IUCI (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) angeglichen.

Tabelle 4, Liste der Gefährdungskategorien bearbeitet (Essl *et al.*, 2002; Niklfeld & Schratt-Ehrendorfer, 1999)

0 = VOLLSTÄNDIG VERNICHTET / AUSGESTORBEN

Korrespondierende IUCN-Kategorie: RE = Regionally Extinct

1 = VON VOLLSTÄNDIGER VERNICHTUNG (AUSSTERBEN) BEDROHT

Korrespondierende IUCN-Kategorie: CR = Critically Endangered

2 = STARK GEFÄHRDET

Korrespondierende IUCN-Kategorie: EN = Endangered

3 = GEFÄHRDET

Korrespondierende IUCN-Kategorie: VU = Vulnerable

4 = POTENTIELL GEFÄHRDET

G = GEFÄHRDUNG ANZUNEHMEN

R = EXTREM SELTEN

V = VORWARNSTUFE

Korrespondierende IUCN-Kategorie: NT = Near Threatened

– = UNGEFÄHRDET

Korrespondierende IUCN-Kategorie: LC = Least Concern

D = DATEN DEFIZITÄR

Korrespondierende IUCN-Kategorie: DD = Data DeficientEinstufung

2.2 Beschreibung und Erkundung der Untersuchungsgebiete

Die 3 naturnahen Untersuchungsgebiete Leopoldsberg, Bisamberg und Hundsheimer Berg liegen im Osten von Österreich, genauer gesagt in Wien und dessen östlicher Umgebung. Diese Gebiete gehören zur pannonischen Florenprovinz und sind bereits vom kontinentalen Klima geprägt. Daneben wurde noch eine Erhaltungskultur der *Orlaya grandiflora* im Botanischen Garten der BOKU, die im Villenviertel von Wien Döbling liegt, für vergleichende Untersuchungen herangezogen.

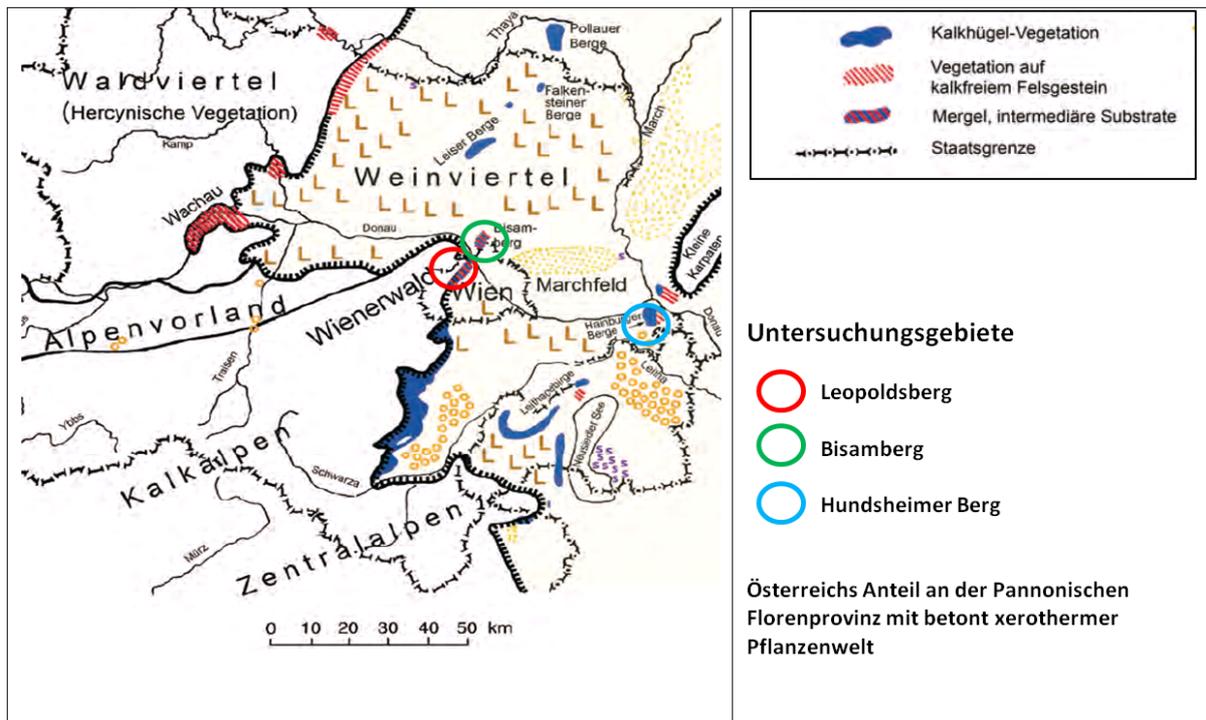


Abbildung 7, Österreichischer Anteil an der Pannonischen Florenprovinz (Nikfeld, 1964)
 Farbige Kreise zeigen die Untersuchungsgebiete

2.2.1 Standortsuche

Die Standortsuche wurde mit einer Literatur- und Internetrecherche begonnen. Ausgesprochen hilfreich war dabei die Broschüre „Die Vegetation des Wiener Leopoldsberges“ (Zukrigl, 2005), da hier die Standorte der *Orlaya grandiflora* am Leopoldsberg durch Vegetationsaufnahmen auf einer Karte verortet werden konnten. Weitere Standorte konnten am Leopoldberg durch systematische Begehung, die durch das steile, schuttreiche und verbuschte Gelände des Südhangs erheblich erschwert wurden, gefunden werden.

Ein Standort am Bisamberg mit einer kleinen Population konnte durch die Hilfe von meinem Betreuer Dr. Rasran gefunden werden. Weitere Standorte konnten am Bisamberg trotz vieler Begehungen im Jahr 2015 nicht gefunden werden.

Bei einer Exkursion Mitte Mai 2015 auf den Hundsheimer Berg konnte durch die Hilfe von Frau Dr. Ehrendorfer Schratt ein Standort auf einer Trockenwiese gefunden werden. Zwei Standorte konnten noch bei weiteren Begehungen zufällig in Buschsäumen entdeckt werden.

Hilfreich war auch die Webseite „Botanische Spaziergänge“ (Marschner, 2015), indem er *Orlaya grandiflora* im Jahr 2014 fotografiert und verortet hat.

Weitere Standorte von *Orlaya grandiflora* in Wien werden auch im Buch „Die Flora Wiens gestern und heute“ beschrieben (Adler & Mrkvicka, 2003).

2.2.2 Leopoldsberg

Der Leopoldsberg liegt im Norden von Wien und bildet den Beginn der nördlichen Kalkalpen östlich der Donau. Geologisch gesehen liegt der Leopoldsberg im Bereich einer Flysch Zone mit starken Kalkeinlagerungen und ist an den untersuchten steilen Südhängen skelettreich und flachgründig mit Braunerde bedeckt. Der sonnenreiche und trockene Südhang wird von einem Buschwald geprägt mit zahlreichen kleineren und größeren offenen Stellen.

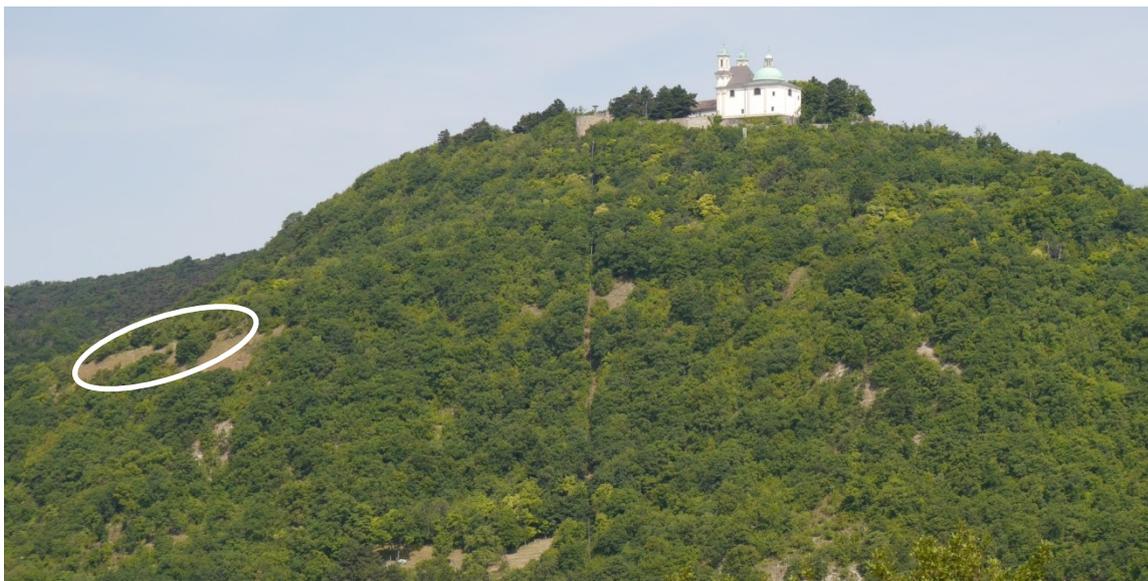


Abbildung 8, Leopoldsberg, südlicher Sonnenhang, bräunlich gefärbt die Trockenrasen. (Jirik, Juli 2015)

Der Südhang gehört der Kernzone des „Biospärenpark Wienerwald“ an mit Ausnahme der großen Wiese. Da der Leopoldsberg den größten Bestand an *Orlaya grandiflora* hatte und

leicht von der BOKU erreichbar war, war dies auch das wichtigste Untersuchungsgebiet mit insgesamt 13 Untersuchungsflächen (Plots) und 22 Bestäubungsbeobachtung. (Abbildung weiß markiert)

2.2.3 Bisamberg

Der Bisamberg liegt nordöstlich von Wien und wird vom Leopoldsberg durch die Donau getrennt. Beide Berge bilden zusammen mit dem dazwischenliegenden Donautal die Wiener Pforte. Klimatisch und geologisch ist der Bisamberg dem Leopoldsberg sehr ähnlich. Leider wurde *Orlaya grandiflora* im Untersuchungsjahr 2015 nur an einem Standort gefunden mit nur einem Untersuchungsplot und 3 Bestäubungs-Beobachtungen. Als Literaturquelle für die Standortsuche dienten die Bücher „Der Bisamberg und die Alten Schanzen“ (Wiesbauer & Maier, 2013) und „Der Bisamberg die Naturinsel am Rande einer Millionenstadt“ (Maier, 2013)



Abbildung 9, Bisamberg, SSW Hang mit Steinbruch vom Leopoldsberg gesehen, links oben Elisabethhöhe (Jirik, 2016)

2.2.4 Hundsheimer Berg

Der Hundsheimer Berg gehört zu den südlichen Ausläufern der Kleinen Karpaten im östlichen Niederösterreich und bildet mit die Ungarische Pforte. Geologisch gesehen liegt der Hundsheimer Berg in einer Kalk Zone und ist an den untersuchten steilen Südhängen felsig, skelettreich und flachgründig. Der sonnenreiche und trockene Südhang wird von einem Buschwald geprägt mit großen offenen Stellen die als Weideflächen genutzt wurden.



Abbildung 10, Hundsheimer Berg, skelett und felsenreiche Südseite. (Jirik, Juli 2015)

Auf den Felsstandorten bilden dort die Flaumeichen-Buschwälder und Felsfluren kleinräumige und verzahnte Vegetationenformen. Nach Wendelberger (Wendelberger, 1986) werden entsprechende Vegetationsmuster auch „Waldsteppe“ bezeichnet. Es wurden 2 Untersuchungs-Plots und jedoch keine Bestäubungsbeobachtung durchgeführt.

2.2.5 Botanischer Garten der BOKU

Der botanische Garten der Universität für Bodenkultur (BOKU) umfaßt eine Fläche von rund 1,2 ha an der Grenze der Wiener Gemeindebezirke Währing (Wien 18) und Döbling (Wien 19) in unmittelbarer Nähe des ca. 15 ha großen Türkenschanzpark (Peters, 2015).



Abbildung 11, Lageplan des botanischen Gartens der Universität für Bodenkultur (rot markiert) und des angrenzenden Türkenschanzpark (Peters, 2015)

Im botanischen Garten der Universität für Bodenkultur befindet sich eine 10x10 m große Fläche, auf der *Orlaya grandiflora* zum Zweck der Erhaltung angesät wurde. Arten, die neben *Orlaya grandiflora* auf der Fläche noch vorkommen sind unter anderem Ackerschwarzkümmel (*Nigella arvensis*), Spanien-Feldrittersporn (*Consolida hispanica*), Kornrade (*Agrostemma githago*) und Ackertrespe (*Bromus arvensis*) (Klute, 2013).

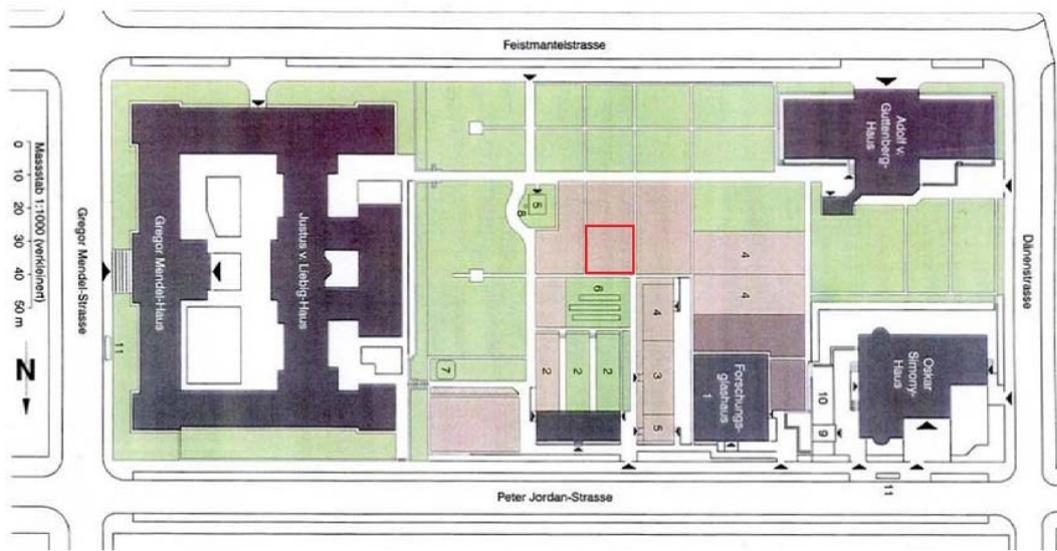


Abbildung 12, : Lage der Schutzsammlung Ackerbegleitflora (rot markiert) im Gelände des Botanischen Gartens der Universität für Bodenkultur (Peters, 2015)

Die Fläche wird einmal jährlich etwa Anfang Oktober flachgründig gefräst und bei Bedarf werden zu dominante Arten im Frühjahr händisch gejätet. Ansonsten wird die Fläche nicht bearbeitet. Die Pflanzen können von selbst aussamen.



Abbildung 13, Schutzsammlung Ackerbegleitflora im botanischen Garten der BOKU im Mai 2014 (Peters, 2015)

An dieser Erhaltungskultur machte Peters (Peters, 2015) im Jahr 2014 Bestäuber Beobachtungen an 10 Pflanzen mit einer Beobachtungsdauer von je 4 Stunden. Die Methode glich im Wesentlichen der Methode der Kamerabeobachtung im folgenden Kapitel.

Die gewonnenen Rohdaten, wie Besuchsdauer und Ordnung der Bestäuber, wurden in Form einer Excel Tabelle in die Untersuchung aufgenommen und mit den Untersuchungsdaten aus dem Jahr 2015 statistisch ausgewertet.

Dazu wurde an einem Plot eine Vegetationsaufnahme gemacht und die Diasporen von 3 Pflanzen geerntet.

2.3 Limitation durch Bestäuber

Um eine lückenlose Beobachtung der Bestäubung durch Insekten zu gewährleisten, werden die untersuchten Blütenstände zunächst mit einem Netz isoliert und nur während der Kamerabeobachtung für die Blütenbesucher geöffnet. Diese Beobachtung soll zusammen mit der Auswertung der Diasporeneigenschaften einen Rückschluss auf den Bestäubungserfolg und damit auf die Frage nach einer Bestäubungslimitation erlauben. Vor allem wird der Bezug von Angebot an Blütenbesuchern und Effizienz der Bestäubung, wie Fruchtansatz und Keimverhalten, untersucht.

Die Fotobeobachtung wurde im Team mit Lisa Dunst, die an ihrer Masterarbeit „*Bestäubungsmechanismen von Orlaya grandiflora*“ gearbeitet hat, durchgeführt.

2.3.1 Auswahl, Markieren und Isolieren der Pflanzenindividuen

Ab Mitte Mai 2015 wurden in den Untersuchungsgebieten Leopoldsberg und Bisamberg möglichst gleichartige Pflanzenindividuen ausgewählt und die ausgewählten Pflanzen 2 unterschiedlichen Gruppen zugeteilt, markiert und einige Merkmale der Individuen erfasst.

Die Untersuchungsgruppen waren wie folgt, wobei die Selbstbestäubungsgruppe nur die Arbeit von Lisa Dunst benötigt wurde (Dunst, 2016).

- Selbstbestäubungsgruppe, Markierung grün, Beschriftung A (Autogamie)
- Kamerabeobachtungsgruppe, Markierung rot, Beschriftung B (Beobachtung)
- Reservegruppe, Beschriftung R (Reserve)

Die Beschriftung für den Leopoldsberg wurde mit „E“ und die für den Bisamberg mit „F“ vereinbart. Als Beispiel dafür steht „EB6“ für Kamerabeobachtung und Leopoldsberg.

Die Pflanzen wurden nach unterschiedlichen Biotopstypen ausgewählt um einen möglichst hohen Gradienten für biotische und nichtbiotische Faktoren zu erhalten, da dies die Signifikanz der statistischen Vergleiche erhöht.

Braun-Blanquet wählte den Aufnahmeort nach dem Gesichtspunkt (Braun-Blanquet, 1964): *„Aufnahmeflächen werden zu Beginn am besten dorthin verlegt, wo deutlich erkennbare Standortunterschiede mit bestimmten Pflanzengruppierungen zusammenfallen.“*

Bei allen Pflanzen wurde die untersuchte Hauptdolde im Knospenstadium mit einem Organza Säckchen isoliert, um eine Fremdbestäubung auszuschließen. Organza ist ein UV-beständiges, licht- und luftdurchlässiges Material mit einer Maschenweite von 0,4 mm. Dies soll das Mikroklima unter dem Netz nur gering beeinflussen.



Abbildung 14, Mittels Organza isolierter Blütenstand von *Orlaya grandiflora* (Peters, Mai 2014)

Danach wurden die untersuchten Dolden mittels verschiedenfarbigen und beschrifteten Klebestreifen, die an der Blütenachse angebracht wurden, markiert. Zusätzlich zeigte es sich,

dass eine Abstützung der Dolde durch die zusätzliche Belastung bei Wind und Regen notwendig ist.

2.3.2 Fotobeobachtung der Blütenbesucher im Zeitrafferverfahren (Time Lapse)

Ziel der Fotobeobachtung ist eine 100% Beobachtung der Blütenbesucher in der befruchtungsfähigen Phase der *Orlaya grandiflora*.

Dazu wurde die Pflanze vom Organza Netz befreit und im Intervall von 3 s ein Foto aufgenommen. Durch die kurze Besuchsdauer der Bienen musste die Intervallzeit auf 1 s reduziert werden. Ziel war auch eine möglichst lange Beobachtungsdauer von mindestens 3 Stunden, optimal jedoch 8 Stunden pro Pflanze. Insgesamt wurde mit 3 Fotokameras gleichzeitig gearbeitet. Der Abstand des beobachteten Blütenstandes zur Kamera betrug etwa 50 cm und zu Menschen mehrere Meter. Nach Beendigung der Aufnahme wurde die Pflanze wieder isoliert.

2.3.3 Auswertung der Fotobeobachtung

Die Aufnahmen wurden auf einer externen Festplatte gespeichert und in einen Time Lapse Film für jede einzelne Pflanze umgewandelt. Danach wurden die Bestäuber nach Ordnungen mit einem Insektenführer (Bellmann, 2009; Bellmann, 2014) bestimmt, die Besuchsdauer ausgewertet und in einem Excel Sheet zur weiteren Auswertung dokumentiert. Diese Arbeit wurde dankenswert von Lisa Dunst für ihre Masterarbeit gemacht (Dunst, 2016)

Folgende Bestäuber Daten pro Aufnahme werden gewonnen:

(In Klammer die in den Abbildungen und Tabellen verwendeten **Kurz-Bezeichnungen**.)

- Besuchsdauer [s] aller Insekten pro Aufnahme (**TotalDuration_sec**)
- Besuchsdauer [s] der *Hymenoptera* pro Aufnahme (**HymDuration_sec**)
- Besuchsdauer [s] der *Coleoptera* pro Aufnahme (**ColeDuration_sec**)
- Aufnahmedauer [s] (**RecordDuration_sec**)
- Relative Besuchsdauer [%] aller Insekten (**TotalRelDuration_Percent**)
- Relative Besuchsdauer [%] der *Hymenoptera* (**HymRelDuration_Percent**)
- Relative Besuchsdauer [%] der *Coleoptera* (**ColeRelDuration_Percent**)

Die relative Besuchsdauer ist das Verhältnis aus Besuchsdauer und Aufnahmedauer in Prozent ausgedrückt.

Durch Wildverbiss, gebrochene Blüten- und Fruchtstände und kleine Unzulänglichkeiten in

der Dokumentation (Dunst, 2016) konnten die Fruchtstände der Gruppe Fotobeobachtung nicht mehr gefunden oder geerntet werden.

Um trotzdem eine Korrelation zwischen den Bestäubungsfaktoren (Besuchsdauer, Insektenordnung) und den Bestäubungserfolg (Fruchtansatz, Keimrate und Vitalität) herstellen zu können wurde die Methode geändert.

Auf Populationsebene wurde nun versucht, die Diasporen von Pflanzen der Untersuchungs-Plots für die Standortsuntersuchungen, die in unmittelbarer Umgebung der Fotobeobachtung waren, für die Untersuchungen des Bestäubungserfolges zu verwenden. Voraussetzung für diese Methode ist eine homogene Pflanzenpopulation und eine homogene Bestäuber-Dichte zwischen den Orten der Fotobeobachtung und den Untersuchungs-Plots. Der Abstand zwischen denen der Bestäuber Beobachtung und den Plots für die Standortsuntersuchungen war durchschnittlich 1 Meter und maximal 3 Meter, also in unmittelbarer Nähe. Auf diesen Plots (1x1 Meter) wurden sowohl die Dolden von 3 Pflanzen getrennt nach Haupt und Nebendolden in Papiersäckchen geerntet als auch eine Vegetationsaufnahme durchgeführt.

2.3.4 Auswahl der Kameraausrüstung

Die Auswahl der Kameras für die Zeitrafferaufnahmen war nicht so trivial wie vorerst angenommen. Neben dem Studium von Fachliteratur (Boschi, 2011; Chylinski, 2012; Schagerl, 2012; Wegner, 2014) und Recherche im Internet, waren auch viele Labortests notwendig.



Abbildung 15, 2 Kameras Lumix G6 bei der Arbeit am einem Lesesteinriegel (Jirik, 2015)

Eine Digitale Spiegelreflexkamera hat den systembedingten Nachteil, dass bei jeder Aufnahme der Spiegel hochgeklappt, der Verschluss öffnet und schließt und der Spiegel danach wieder nach unten klappt. Das führt zu einem Verschleiß an der Mechanik. Ist ein Verschluss für die Lebensdauer von z.B. 100'000 Aufnahmen konstruiert, ist nach rund. 30 Stunden Zeitrafferaufnahme im 1 s Intervall der Verschluss verschlissen.

Diese 30 Stunden entsprechen nur 10 Pflanzenbeobachtungen pro Kamera! Auch die Blende des verwendeten Objektivs wird dementsprechend beansprucht. Dem wirkt man entgegen in dem mit offener Blende und mit Zeitautomatik gearbeitet wird. Daher kann nur eine Kamera verwendet werden, die nur mit einem elektronischen Verschluss arbeiten kann.

Folgende Kamera-Eigenschaften waren gefordert:

- Lange mechanische Lebensdauer, nur elektronischer Verschluss
- Kein Geräusch beim Auslösen
- Lange Akku-Laufzeit, 5.000 Aufnahmen pro Akku
- Wechselobjektive
- Thermische Stabilität (Pannonisches Klima)
- Eingebaute Time Lapse-Funktion für 10.000 Aufnahmen
- Geringes Gewicht,
- Preis unter 500 €

Mit der Panasonic Lumix DMC-G6 wurde eine entsprechende spiegellose Systemkameras (DSLM) gefunden. Die Bildqualität der DMC-G6 erreicht trotz des kleineren Sensors das sehr gute Niveau von Mittelklasse-DSLRs.

Die wesentlichen Eigenschaften zeigt Tabelle 5, Eigenschaften Panasonic Lumix DMC-G6

Tabelle 5, Eigenschaften Panasonic Lumix DMC-G6

Kameraklasse	DSLM
Effektive Pixel	15,9 Megapixel
Maximale Auflösung	4.608 x 3.456 Pixel
Sensor-Typ	NMOS
Sensor-Größe	17,3 x 13,0 mm
Objektiv-Fassung	Micro Four Thirds
Objektiv	Panasonic Lumix 3.5-5.6/14-42 entspricht 28-84 mm KB
Minimale Verschluss Zeit	1/4.000 s
Time Lapse	Bis 9999 Aufnahmen

Der Standard Akku reichte in der Regel für rund 10.000 Aufnahmen, das sind rund 3 h im 1 s Intervall. Trotzdem wurde an einem Akku Pack für die externe Stromversorgung mit Ni-MH Akkus gearbeitet mit dem eine durchgehende 8 h Aufnahmezeit erreicht werden kann. Als Speicherkarte wurde eine 64 GByte SDXC Karte verwendet, was einer Aufnahmezeit von rund 10 h entspricht.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Fotoausrüstung, die im Feld verwendet wurde:

Tabelle 6, Fotoausrüstung

3 Stück	Panasonic Lumix DMC-G6KEG-S Systemkamera
3 Stück	Objektiv Lumix G Vario F3,5-5,6/14-42
6 Stück	Akku BLC12 , Kapazität: 1050 mAh
6 Stück	SDXC Speicherkarte 64 GByte
3 Stück	Manfrotto 035 Super-Clamp
3 Stück	Manfrotto 042 Auslegarm für Super-Clamp
3 Stück	Manfrotto 013 Spigot 3/8" und 1/4"
20 Stück	Eisenvermessungsrohr, 1/2" mit Stahlspitze, 1000 mm
20 Stück	Abschluss-Stopfen für Eisenvermessungsrohre, 1/2"

2.4 Erhebungen der Diasporen-Eigenschaften und des Bestäubungserfolgs

Die Diasporen (Doppel-Achänen) wurden auf den Dolden an den Standorten BOKU Wien, Leopoldsberg, Bisamberg und Hundsheimer Berg zwischen dem 17.07.2015 und 22.07.2015 bei heißem und trockenem Wetter geerntet.

Pro Plot wurden je 3 Pflanzen geerntet und nach Individuen und Doldenart (Haupt und Nebendolde) getrennt in Papiersäckchen unter Raumtemperaturbedingungen 10 Wochen trocken gelagert. Die Ernte geschah im Zuge der Vegetationsaufnahmen. Die Diasporen wurden von den Dolden händisch entfernt und danach getrennt für jedes Individuum und Doldenart gezählt und mit einer Laborwaage (Auflösung 0,1 mg) gewogen. Diasporen mit einer Masse kleiner als 1 mg wurden ausgeschieden.

Folgenden Merkmalsausprägungen und Eigenschaften wurden für jedes Orlaya-Individuum und jene der Aufnahmeplots erhoben:

- **Pflanze:** Pflanzenhöhe, Anzahl der gesamten und fertilen Dolden, Anzahl der eingewogenen Diasporen (Einzel Achäne), Masse aller Diasporen
- **Hauptdolde:** Anzahl der Döldchen, Anzahl der gewogenen Diasporen (Einzel Achäne), Masse aller Diasporen, Farbe der Diasporen
- **Nebendolde:** Anzahl der gesamten und fertilen Nebendolden, Anzahl der gewogenen Diasporen, Masse aller Diasporen, Farbe der Diasporen
- **Plot:** Deckung der Orlaya in %, Deckung Gräser, offener Boden und Schutt in %.
Koordinaten, Seehöhe und Hangexposition. Zusätzlich wurden der Plot und dessen Umgebung fotografisch dokumentiert.

Die Untersuchungsplots mit den entsprechenden GIS Daten wurden einerseits mit einem GPS Empfänger eTrex Vista der Firma Garmin andererseits mit einem Smartphone Note2 von Samsung erhoben und dem Programm Garmin BaseCamp ausgewertet.

Die Tabelle 7 zeigt die Untersuchungsplots mit den entsprechenden GIS Daten.

Tabelle 7, Aufnahme Plots und Sammelgebiete der Diasporen

Plot Nr.	Gebiet	Standort	Datum	Breite	Länge	Seehöhe [m]
U01	Botanischer Garten BOKU	Erhaltungskultur	16.07.2015	48,23652	16,33593	231
L01	Leopoldsberg	Große Wiese, Saum	17.07.2015	48,27645	16,34526	348
L02	Leopoldsberg	Große Wiese, Saum	17.07.2015	48,27652	16,34541	350
L3	Leopoldsberg	Große Wiese, Saum	17.07.2015	48,27661	16,34476	352
L11	Leopoldsberg	Große Wiese, Hang	18.07.2015	48,27625	16,34513	330
L12	Leopoldsberg	Große Wiese, Hang	18.07.2015	48,27631	16,34519	335
L13	Leopoldsberg	Große Wiese, Hang	18.07.2015	48,27638	16,34533	340
L14	Leopoldsberg	Große Wiese, Hang	18.07.2015	48,27637	16,34547	343
L15	Leopoldsberg	Große Wiese, Hang	19.07.2015	48,27647	16,34562	347
L21	Leopoldsberg	Steinriegel 1	19.07.2015	48,27648	16,34583	352
L22	Leopoldsberg	Steinriegel 1	19.07.2015	48,27660	16,34588	361
L31	Leopoldsberg	Wegwiese	19.07.2015	48,27690	16,34613	376
L32	Leopoldsberg	Wegwiese	19.07.2015	48,27690	16,34613	374
L41	Leopoldsberg	Steinriegel 2	19.07.2015	48,27687	16,34644	378
H01	Hundsheimer Bg.	Wiese unten	20.07.2015	48,12421	16,93442	373
H02	Hundsheimer Bg	Saum Mitte	20.07.2015	48,12522	16,93696	405
B01	Bisamberg	Saum mit Schutt	22.07.2015	48,31203	16,35947	226

2.4.1 Keimtests

Die Untersuchungen zum Keimverhalten der wie im Abschnitt 0 beschriebenen Diasporen erfolgten ohne Kältestratifikation in einem speziellen Keimschrank. Dabei wurde jeweils ein Lichtregime von 12 Stunden Helligkeit und 12 Stunden Dunkelheit eingehalten. Die Temperatur in den verschiedenen Lichtphasen variierte von 15 °C bei Licht und 5 °C im Dunkeln. Dies sollte die warmen Klimabedingungen simulieren, wie sie in der herbstlichen Phase im Raum Wien der Keimperiode auftreten. Je Pflanzenindividuum wurden die Diasporen getrennt nach Haupt- und Nebendolde in einer 90 mm Petrischale auf Filterpapier ausgelegt und fotografisch dokumentiert.



Abbildung 16, Diasporen vom Standort L22 und der Hauptdolde H03 in der Petrischale 90 mm. (Jirik, 2015)

Auf dem Grund der Petrischalen wurden zusätzlich zu einem Filterpapier noch 2 Lagen aus Hygienepapier gelegt, um den Rundfilter gleichmäßig feucht zu halten. Die Befeuchtung erfolgte mit neutralem Aqua dest. und wurde regelmäßig kontrolliert

Der Keimungsverlauf (deutlich hervortretende Radikula) wurde im drei- bis viertägigen Abstand kontrolliert und die gekeimten Diasporen wurden aus der Petrischale entfernt und gezählt. Die Versuche dauerten 60 Tage.

Nachdem vorerst die Diasporen nur zögerlich keimten, wurde auch ein Test auf Dunkelkeimung gemacht. Dafür wurden unter normalen Lichtregime Bedingungen getestet und je 20 Diasporen im 3 er Ansatz unter Dunkelregime Bedingungen. Die Diasporen im Dunkelregime wurden nur mit Blaulicht (490 nm) gehandhabt und beobachtet.



Abbildung 17, Keimung *Orlaya grandiflora*, Leopoldsberg 4. Oktober 2015 (Jirik, 2015)

2.4.2 Test auf Vitalität

Nach den Keimversuchen wurden die Diasporen auf Vitalität durchgeführt. Dabei wurde mit einem Skalpell ein möglichst flacher Schnitt durch das Endosperm und den Embryo angelegt. Dabei wurden nur Diasporen mit konsistentem (schnittfestem) und ungefärbtem und Endosperm oder Embryo als vital eingestuft. (Pérez-Fernández *et al.*, 2006)

2.4.3 Berechnungsverfahren

Die Berechnungen der Keimergebnisse beziehen sich immer auf die Anzahl der in den Petrischalen ausgelegten Diasporen. Um das Keimverhalten der Arten bei den unterschiedlichen Standorten zu vergleichen, wurde neben der prozentualen Endkeimung auch noch der modifizierte Timson-Index, ein Wert zur Berechnung der Keimgeschwindigkeit, herangezogen. Der modifizierte Timson-Index berücksichtigt neben der prozentualen Endkeimung auch die Keimgeschwindigkeit und kann maximal den Wert 100% erreichen. Dabei werden die täglichen prozentualen Keimwerte addiert und durch die Anzahl der Versuchstage dividiert werden (Pérez-Fernández *et al.*, 2006). Für eine bessere Vergleichbarkeit mit ähnlichen Arbeiten (Partzsch, 2012) zu geben, wurde sowohl der Timson-Index für 45 und 60 Tage berechnet.

Die Datenaufbereitung und Berechnung erfolgte mit Excel 2010.

2.5 Limitation des Habitats (Biotops, Standorts)

2.5.1 Bestimmung von Biotoptypen und deren Gefährdung

Hier wird der Frage nachgegangen ob es einen Zusammenhang zwischen Limitation und Gefährdung des Biotops von *Orlaya grandiflora* und der Gefährdung der Art selbst gibt. Hierfür werden Vegetationsaufnahmen auf den Untersuchungs-Plots gemacht und mit Hilfe von „Roten Listen“ (Traxler & Essl, 2005; Essl *et al.*, 2002; Niklfeld & Grims, 1999) werden der Biotopstyp und dessen Gefährdungsgrad bestimmt. Die Roten Listen entsprechen im Wesentlichen einem Expertengutachten von erfahrenen Botanikern und Ökologen, die für diese Master-Arbeit herangezogen wurden.

Aber nicht nur die Biotopstypen sind zu begutachten sondern auch die Verzahnung jener in Form von Biotopskomplexen. Wenn zum Beispiel der Biotoptyp Flaumeichenwald gefährdet ist, so ist auch in Folge dessen Waldmantel und Waldsaum gefährdet.

2.5.2 Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsaufnahmen wurden an den Standorten BOKU Wien, Leopoldsberg, Bisamberg und Hundsheimer Berg zwischen dem 17.07.2015 und 22.07.2015 gemacht. Die Plots wurden für möglichst unterschiedlichen Standorten und Biotopstypen ausgewählt um einen möglichst hohen Gradienten für biotische und nichtbiotische Faktoren zu erhalten, da dies die Signifikanz für Vergleiche erhöht. So wurden Plots z.B. an Steinriegeln und Säumen von Flaumeichenwäldern ausgewählt. Die Plots wurden mit 1x1 Metern bewusst klein gehalten um lokale Unterschiede besser abbilden zu können.

Die Vegetationsaufnahmen wurden im Juli schon bei zum Teil vertrockneter Vegetation gemacht und die Dominanz konnte nur mehr rudimentär bestimmt werden. Für die Schätzung der Dominanz wurde die Londo-Skala verwendet (Londo, 1976). Diese hat den Vorteil gegenüber der Braun-Blanquet-Skala (Braun-Blanquet, 1964), dass diese eine metrische Skala verwendet und auch für parametrische statistische Tests brauchbar ist.

Zum Vergleich für die bestehenden Aufnahmen von Prof. Zukrigl am Leopoldsborg wurden die Daten für Dominanz von der Braun-Blanquet-Skala in die Londo-Skala transformiert.

Tabelle 8, Skalen-Transformation (Poissonet *et al.*, 2012) modifiziert

Braun-Blanquet Skala (ordinal)			Londo-Skala	
Symbol	Abundanz	Deckung /Dominanz	Londo Symbol	Coverage [%]
r	selten, ein Exemplar	(deutlich unter 1 %)	.1	< 1%
+	wenige (2 bis 5)	(bis 1 %)	.2	1 - 3
1	viele (6 bis 50)	(bis 5 %)	.4	3 -5
2 a+b	(oder beliebig)	5 bis 25 %	1	5-15
			2	15-25
			3	25-35
3	(beliebig)	26 bis 50 %	4	35-45
			5	45-55
4	(beliebig)	51 bis 75 %	6	55-65
			7	65-75
			8	75-85
5	(beliebig)	76 bis 100 %	9	85-95
			10	95-100

2.6 Statistische Tests und Berechnungsverfahren

Für die diversen Hypothesen-Tests war es notwendig die Daten in Biotops Kategorien zu unterteilen. Folgende Kategorien wurden gewählt. Diese Biotops Kategorien können sich von denen Biotopstypen der Roten Listen und FFH Richtlinien unterscheiden.

(In Klammer die in den Abbildungen und Tabellen verwendeten **Kurz-Bezeichnungen.**)

Unterteilung in 4 Biotop Kategorien (BiotopKat4)

- Ackerbrache ,Erhaltungskultur im Botanischen Garten der BOKU (**BotGarten**)
- Trockenrasen, steil, ≥ 25 Grad (**Rasen**)
- Saumbereich von Trockenrasen und Halbtrockenrasen (**Saum**)
- Saumbereich von Trockenrasen mit hohem Schuttanteil $\geq 25\%$ (**Schutt**)
zum Beispiel Lesesteinriegel

Diese Kategorisierung dient zum Vergleich zwischen allen Biotops-Kategorien.

Unterteilung in 3 Biotop Kategorien (BiotopKat3)

- Trockenrasen, steil, ≥ 25 Grad (**Rasen**)
- Saumbereich von Trockenrasen und Halbtrockenrasen (**Saum**)
- Saumbereich von Trockenrasen mit hohem Schuttanteil $\geq 25\%$ (**Schutt**)

Diese Kategorisierung dient zum Vergleich zwischen allen naturnahen Biotops-Kategorien.

Unterteilung in 2 Biotop Kategorien (BiotopKat2)

- Ackerbrache ,Erhaltungskultur im Botanischen Garten der BOKU (**BotGarten**)
- Naturnahe Standorte (**Natur**)

Diese Kategorisierung dient zum Vergleich zwischen Naturstandorten und der Erhaltungskultur im Botanischen Garten.

Pflanzenmerkmale und Faktoren für die statische Auswertung

(In Klammer die in den Abbildungen und Tabellen verwendeten **Kurz-Bezeichnungen.**)

- Anzahl Diasporen pro Pflanze (**QuantSeeds**)
Die Anzahl der geernteten Diasporen größer 2 mg pro Pflanze
- Gewicht (Masse) aller Diasporen pro Pflanze(**WeightSeeds**)
- Durchschnittliches Gewicht (Masse) Diasporen (**AvgSeedWeight**)
- Anzahl Diasporen pro qm (**SeedDensity**)

Dieser Faktor wird aus dem Produkt von Anzahl der Diasporen/Pflanze, der Dominanz und einer Abundanz-Konstante (siehe unten) berechnet.

Die Abundanz-Konstante gibt die durchschnittliche Anzahl der Pflanzen (Abundanz) pro m² bei 100% Deckung an und wurde durch Fotoauswertungen gewonnen und beträgt 155. Da dieser Faktor nur relativ für Mittelwertvergleiche mit den Biotopstypen auf Populations-Ebene gebraucht wird, ist die Genauigkeit nicht sehr kritisch, gibt aber bietet einen guten Überblick.

Für die statistische Auswertung wurden alle Daten auf Normalverteilung und Varianzhomogenität geprüft. Da dies zum überwiegenden Teil nicht zutraf, wurden der nichtparametrische Kruskal-Wallis Test und der *Post hoc* Test nach Nemenyi (Pohlert, 2015) mit dem Statistikprogram R Version 3.3.2 (2015-08-14) durchgeführt. Zusätzlich werden die Ergebnisse grafisch in Form von Boxplots dargestellt. Die grundlegende Datenaufbereitung erfolgte mit dem Programm MS-Excel 2010.

Abschließend werden noch verschiedene Korrelationskoeffiziente zwischen relativer Bestäubungsdauer und Bestäubungserfolg in Form verschiedener Diasporeneigenschaften berechnet und anschließend auf Signifikanz getestet.

2.7 Genehmigungen

Für diese Interventions-Studien wurde bei dem Forstamt Stift Klosterneuburg und beim Biosphärenpark Wienerwald Management GesmbH. um Duldung der Arbeiten per E-Mail angesucht. Diese wurde auch mit Auflagen genehmigt.

3 Ergebnisse

3.1 Diversität und relative Besuchsdauer der Blütenbesucher

Aus den 41 einzelnen Insektenbeobachtungen mit 3 Kameras und 160 Stunden Gesamtuntersuchungsdauer wurden die nachstehenden Ergebnisse gewonnen. Diese wurden sowohl von den naturnahen Gebieten Leopoldsberg und Bisamberg als auch einer Erhaltungskultur im Botanischen Garten der BOKU gewonnen. Die Daten wurden in die im Kapitel 2.6 beschriebenen Biotopskategorien eingeteilt.

Ergebnisse der Insektenbeobachtung

(In Klammer die in den Abbildungen und Tabellen verwendeten **Kurz-Bezeichnungen**.)

- Besuchsdauer [s] aller Insekten pro Aufnahme (**TotalDuration_sec**)
- Besuchsdauer [s] der *Hymenoptera* pro Aufnahme (**HymDuration_sec**)
- Besuchsdauer [s] der *Coleoptera* pro Aufnahme (**ColeDuration_sec**)
- Aufnahmedauer [s] (**RecordDuration_sec**)
- Relative Besuchsdauer [%] aller Insekten (**TotalRelDuration_Percent**)
- Relative Besuchsdauer [%] der *Hymenoptera* (**HymRelDuration_Percent**)
- Relative Besuchsdauer [%] der *Coleoptera* (**ColeRelDuration_Percent**)

Die relative Besuchsdauer ist das Verhältnis aus Besuchsdauer und Aufnahmedauer in Prozent ausgedrückt.

Die Ergebnisse der relativen Besuchsdauer sind in den nachfolgenden Abbildungen als Boxplots mit den p-Werten des Kruskal-Wallis Rank Summen Tests dargestellt.

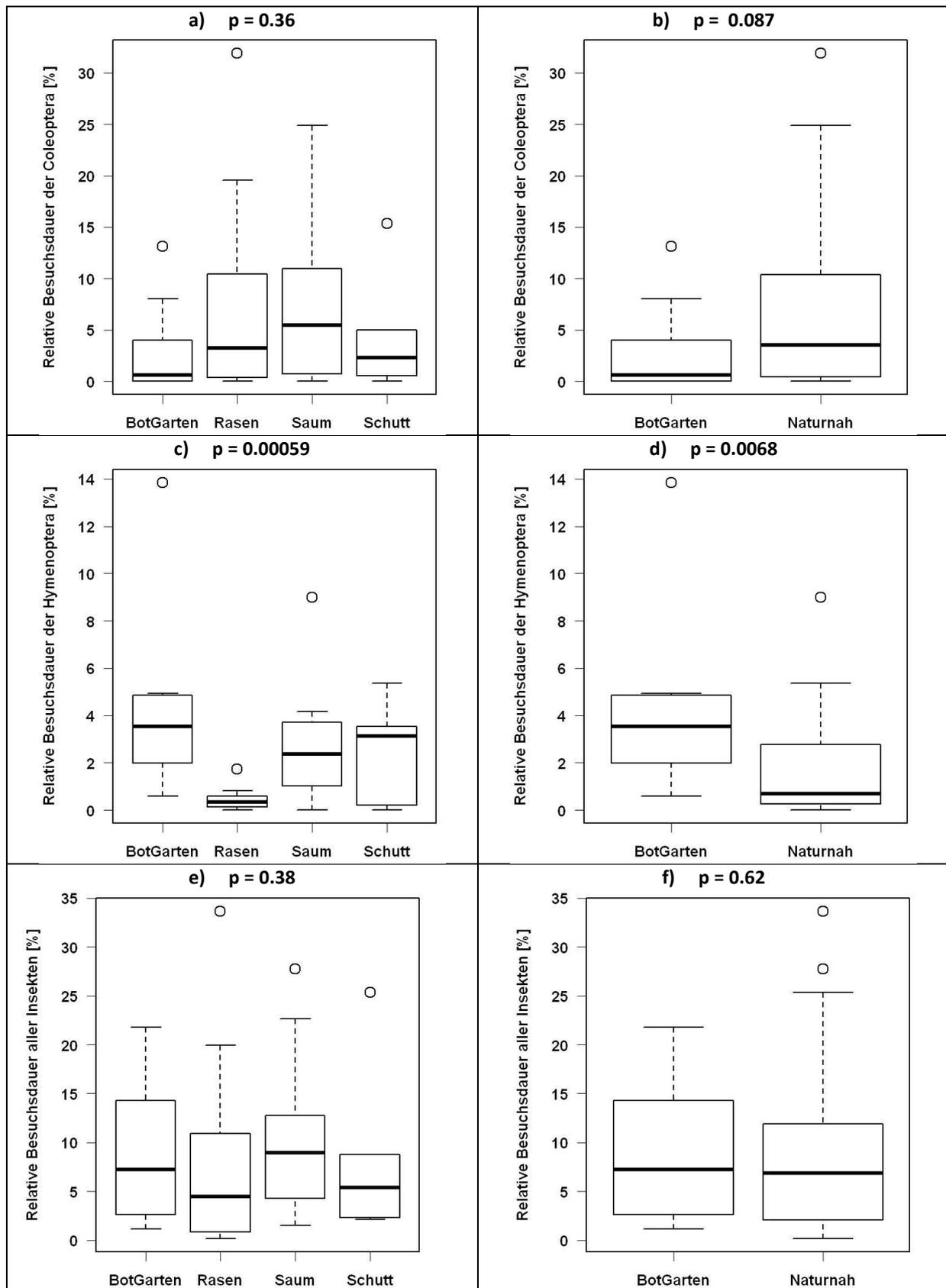


Abbildung 18 a) - f), Boxplot: Besuchsdauer von Insekten an verschiedenen Standorten, p-Werte nach Kruskal-Wallis Test Post hoc Nemenyi-Test ($p \leq 0,05$): Abb.c) Rasen vs. BotGarten $p=0.00063$, Rasen vs. Saum $p=0.010$
BotGarten = Erhaltungskultur im Botanischen Garten der BOKU, **Rasen** = Trocken- und Halbtrockenrasen,
Saum = Saumbereich von Trockenrasen, **Schutt** = Saumbereich von Trockenrasen mit hohem Schuttanteil $\geq 25\%$
Naturnah = naturnahe Standorte

Nachfolgend werden als Beispiel die Ergebnisse für den *post hoc* Test nach Dunn mit dem von Nemenyi verglichen. Dieser wird oft dadurch kritisiert, dass bei dem Ergebnis-Output in R keine Methode der P-Wert Korrektur angegeben wird. Dieser *post hoc* Test nach Nemenyi benötigt keine explizite Fehler 1 Inflationskorrektur nach Bonferroni oder Holm, da dieser Fehler schon durch die *family-wise error* Methode berücksichtigt ist (Pohlert, 2015).

```

Pairwise comparisons using Tukey and Kramer (Nemenyi) test
with Tukey-Dist approximation for independent samples

data:  HymRelDuration_Percent by BiotopKat4

      BotGarten Saum      Schutt
Saum   0.80134    -         -
Schutt 0.60482    0.94896  -
Rasen  0.00063  0.01098 0.28477

P value adjustment method: none

```

Original Ausdruck aus dem Statistikprogram R für Nemenyi Test

Hier der Vergleich mit dem Dunn Test mit Fehlerkorrektur nach Holm, der fast die gleichen Ergebnisse liefert.

```

Pairwise comparisons using Dunn's-test for multiple
comparisons of independent samples

data:  HymRelDuration_Percent by BiotopKat4

      BotGarten Saum      Schutt
Saum   0.72909    -         -
Schutt 0.65079    0.72909  -
Rasen  0.00066  0.01018 0.30255

P value adjustment method: holm

```

Original Ausdruck aus dem Statistikprogram R für Dunn's Test mit Holm Korrektur

3.2 Diasporen (Samen)-Eigenschaften und Bestäubungserfolg

Es wurden insgesamt 44 Pflanzen mit 235 Dolden und 2.244 Diasporen für die Ergebnisse ausgewertet

3.2.1 Fruchtansatz

Von **39 Pflanzen** und **15 Studien-Plots** wurden die nachstehenden Ergebnisse gewonnen.

Diese wurden sowohl von den naturnahen Gebieten Leopoldsberg und Bisamberg als auch von einer Erhaltungskultur im Botanischen Garten der BOKU gewonnen. Die Daten wurden in die im Kapitel 2.6 beschriebenen Biotopskategorien eingeteilt.

Ergebnisse Diasporen

(In Klammer die in den Abbildungen und Tabellen verwendeten **Kurz-Bezeichnungen**.)

- Anzahl Samen (Diasporen) pro Pflanze, Samenansatz (**QuantSeeds**)
- Gewicht aller Samen (Diasporen) pro Pflanze(**WeightSeeds**)
- Durchschnittliches Gewicht der Samen (Diasporen) (**AvgSeedWeight**)
- Anzahl Samen (Diasporen) pro qm , Samen-Dichte (**SeedDensity**)

Die Samendichte ist vor allem auf Populations-Ebene interessant.

Die Ergebnisse der Diasporen Eigenschaften sind in den nachfolgenden Abbildungen als Boxplots mit den p-Werten des Kruskal-Wallis Rank Summen Tests dargestellt.

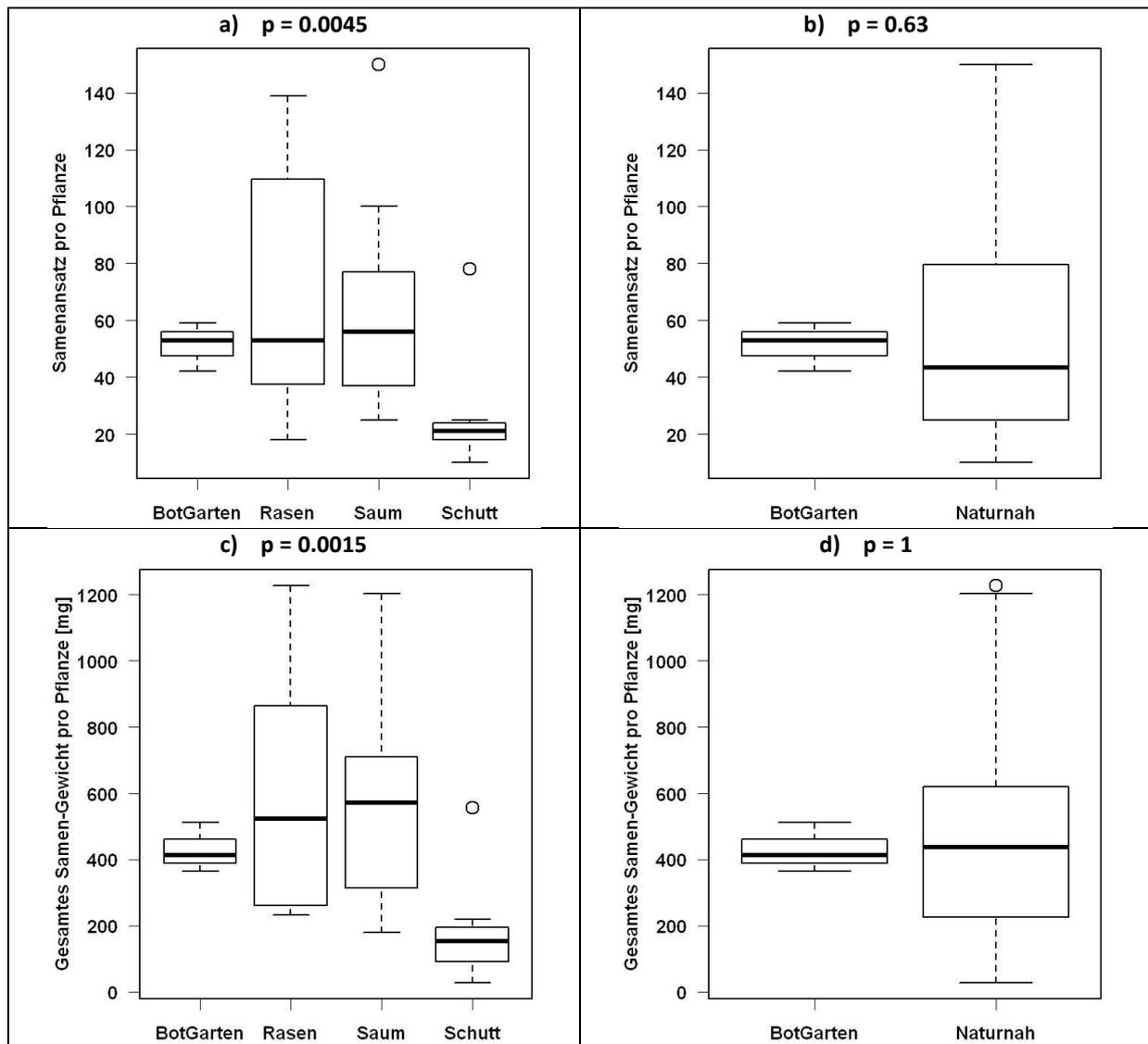


Abbildung 19 a) - d), Boxplot: Samen-Eigenschaften von *Orlaya grandiflora*, p-Werte nach Kruskal-Wallis Test
 Post hoc Nemenyi-Test ($p \leq 0,05$):

Abb. a) Saum vs. Schutt $p=0.0081$, Rasen vs. Schutt $p=0.0071$

Abb. c) Saum vs. Schutt $p=0.0013$, Rasen vs. Schutt $p=0.0055$

BotGarten = Erhaltungskultur im Botanischen Garten der BOKU, Rasen = Trocken- und Halbtrockenrasen,
Saum = Saumbereich von Trockenrasen, Schutt = Saumbereich von Trockenrasen mit hohem Schuttanteil $\geq 25\%$
Naturnah = naturnahe Standorte

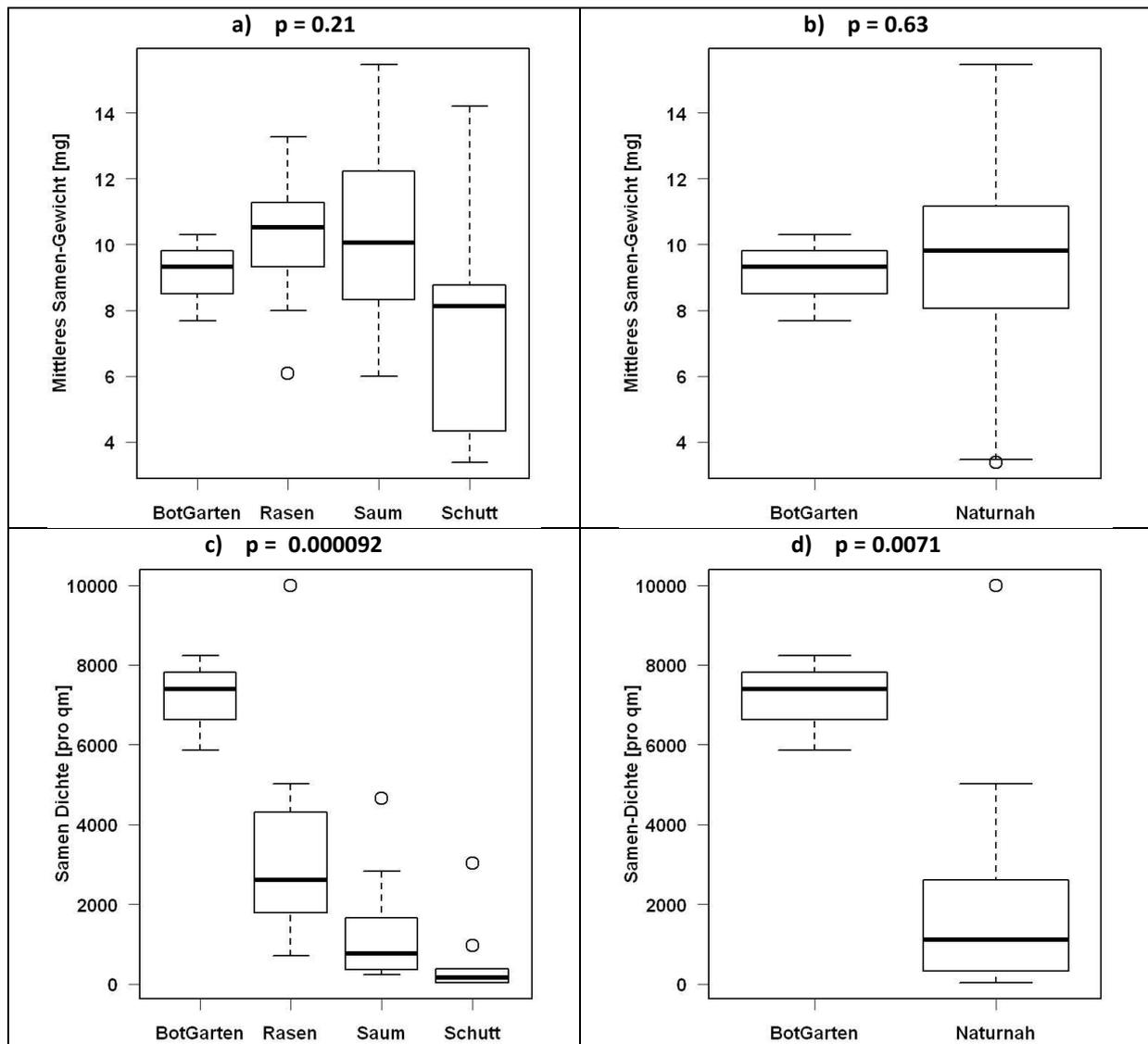


Abbildung 20 a) - d), Boxplot: Samen-Eigenschaften von *Orlaya grandiflora*, p-Werte nach Kruskal-Wallis Test Post hoc Nemenyi-Test ($p \leq 0.05$):

Abb. c) Saum vs. BotGarten $p=0.026$, Schutt vs. BotGarten $p=0.0016$, Rasen vs. Schutt $p=0.0014$

BotGarten = Erhaltungskultur im Botanischen Garten der BOKU, Rasen = Trocken-und Halbtrockenrasen, Saum = Saumbereich von Trockenrasen, Schutt = Saumbereich von Trockenrasen mit hohem Schuttanteil $\geq 25\%$ Naturnah = naturnahe Standorte

3.2.2 Keimung und Vitalität

Von **39 Pflanzen** und **2.155 Diasporen** wurden die nachstehenden Ergebnisse gewonnen.

Diese wurden sowohl von den naturnahen Gebieten Leopoldsberg und Bisamberg als auch von einer Erhaltungskultur im Botanischen Garten der BOKU gewonnen. Die Daten wurden in die im Kapitel 2.6 beschriebenen Biotopskategorien eingeteilt.

Ergebnisse Keim-und Vitalitäts-Tests

(In Klammer die in den Abbildungen und Tabellen verwendeten **Kurz-Bezeichnungen**.)

Keimfähigkeit (Keimrate) [%](**Germinability**)

Timson Keim Index für 45 Tage (**Timson45**)

Vitalität [%] (**Viability**)

Die Ergebnisse der Keim-und Vitalitätseigenschaften sind in den nachfolgenden Abbildungen als Boxplots mit den p-Werten des Kruskal-Wallis Rank Summen Tests dargestellt.

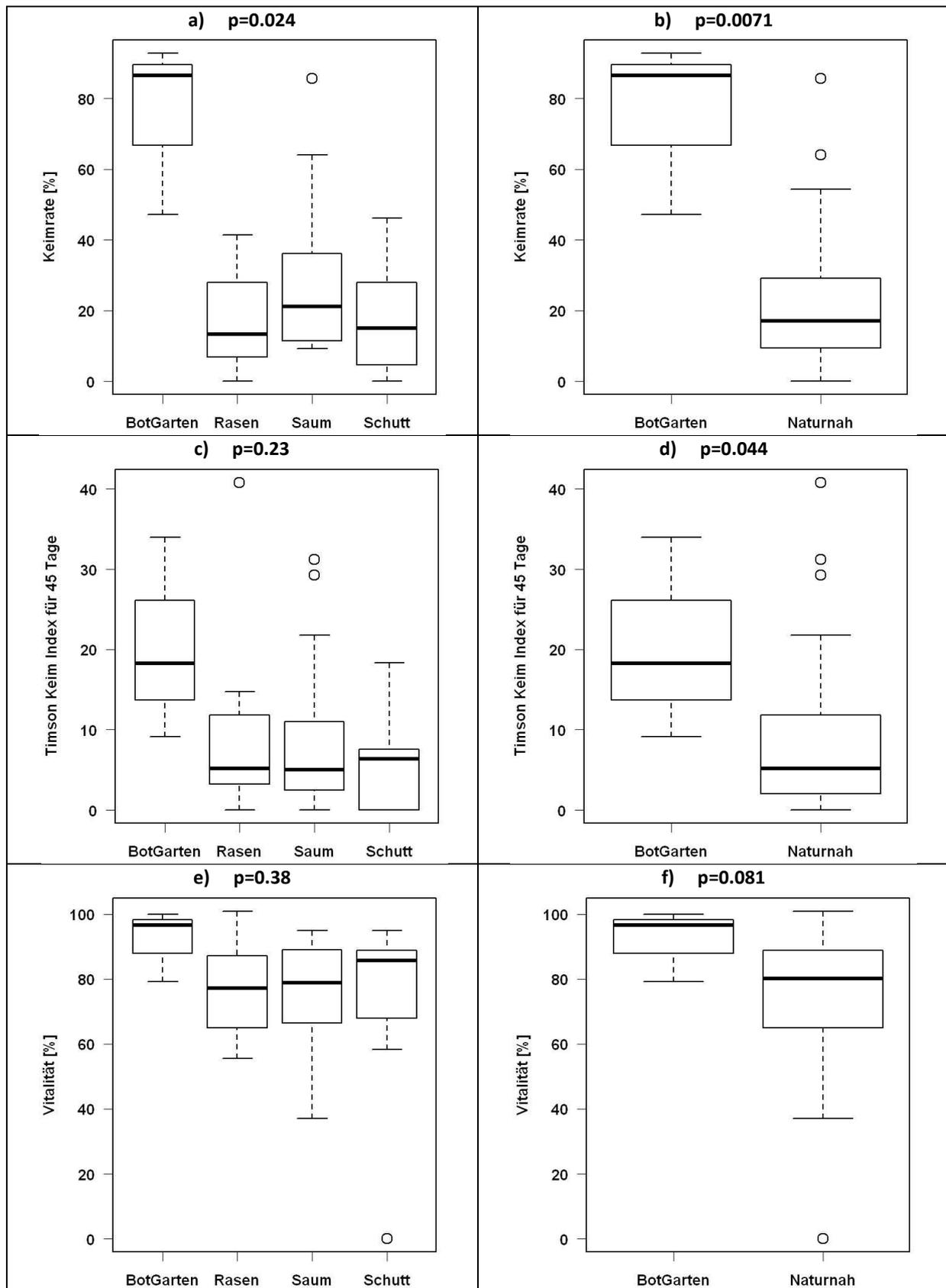


Abbildung 21 a)-f), Boxplot: Keim- und Vitalitätsmerkmale, p-Werte nach Kruskal-Wallis Test
 Post hoc Nemenyi-Test ($p \leq 0,05$):

Abb.a) Rasen vs. BotGarten, Schutt vs. BotGarten $p=0.027$

BotGarten = Erhaltungskultur im Botanischen Garten der BOKU, **Rasen** = Trocken- und Halbtrockenrasen,
Saum = Saumbereich von Trockenrasen, **Schutt** = Saumbereich von Trockenrasen mit hohem Schuttanteil $\geq 25\%$
Naturnah = naturnahe Standorte

3.3 Limitation durch Bestäuber

Die in den kommenden Abbildungen zeigen 6 Pearson-Korrelationen.

Diese zeigen auf Populationsebene die Verbindung zwischen Bestäubung in Form der Besuchsdauer von Insekten und den Bestäubungserfolg in Form von Fruchtansatz und Keimansatz.

Folgende Korrelationen wurden durchgeführt und werden in folgenden Abbildungen angezeigt:

- *Coleoptera* relative Besuchsdauer versus Fruchtansatz
- *Hymenoptera* relative Besuchsdauer versus Fruchtansatz
- Relative Besuchsdauer aller Insekten versus Fruchtansatz
- *Coleoptera* relative Besuchsdauer versus Keimansatz
- *Hymenoptera* relative Besuchsdauer versus Keimansatz
- Relative Besuchsdauer aller Insekten versus Keimansatz

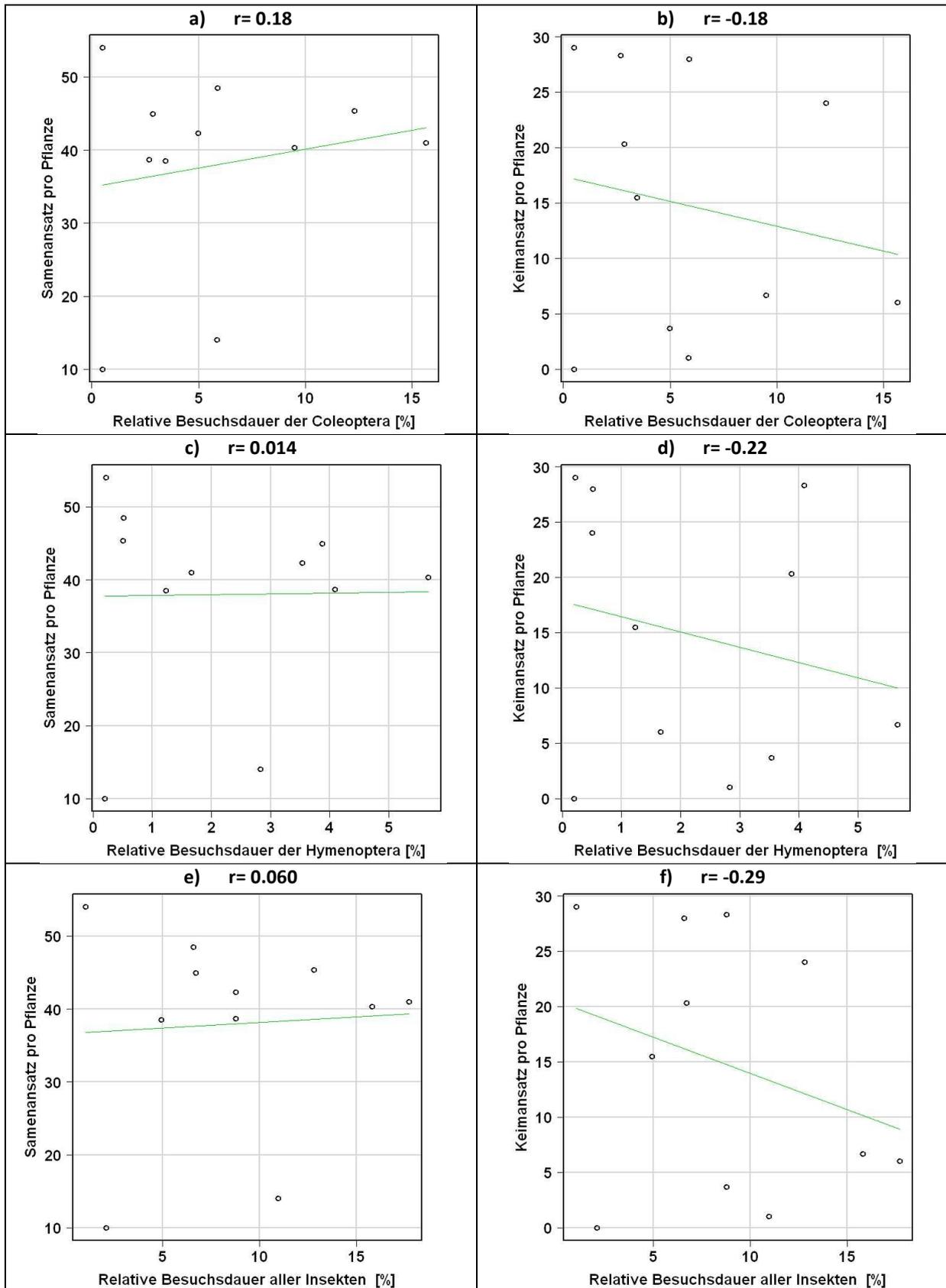


Abbildung 22 a) - f), Pearson-Korrelation: Relative Besuchsdauer Insekten versus Samen- und Keimansatz
 r = Korrelations-Koeffizient, Grüne Linie = Regressionsgerade

3.4 Standorte der *Orlaya grandiflora* im Großraum Wien

3.4.1 Herbar, Literatur und Internetauswertung

Die Herbarauswertung der Virtual Herbaria JACQ (Till, 2015) ergab nur einen mit GPS-Koordinaten verorteten Fundort in Österreich. Dieser liegt im Kamp Tal und dies wurde auch von Herrn Prof. Bernhardt durch eine persönliche Mitteilung bestätigt. Weitere Treffer waren bekannte Standorte am Hundsheimer Berg, Leopoldsberg und in der Nähe von Trumau bei Baden (NÖ).

Suche nach *Orlaya grandiflora* im Virtual Herbaria JACQ ergab:

- 200 Treffer
- 42 Rezente ab 1980
- Ältester 1853
- Nur wenige mit Verortung durch GPS

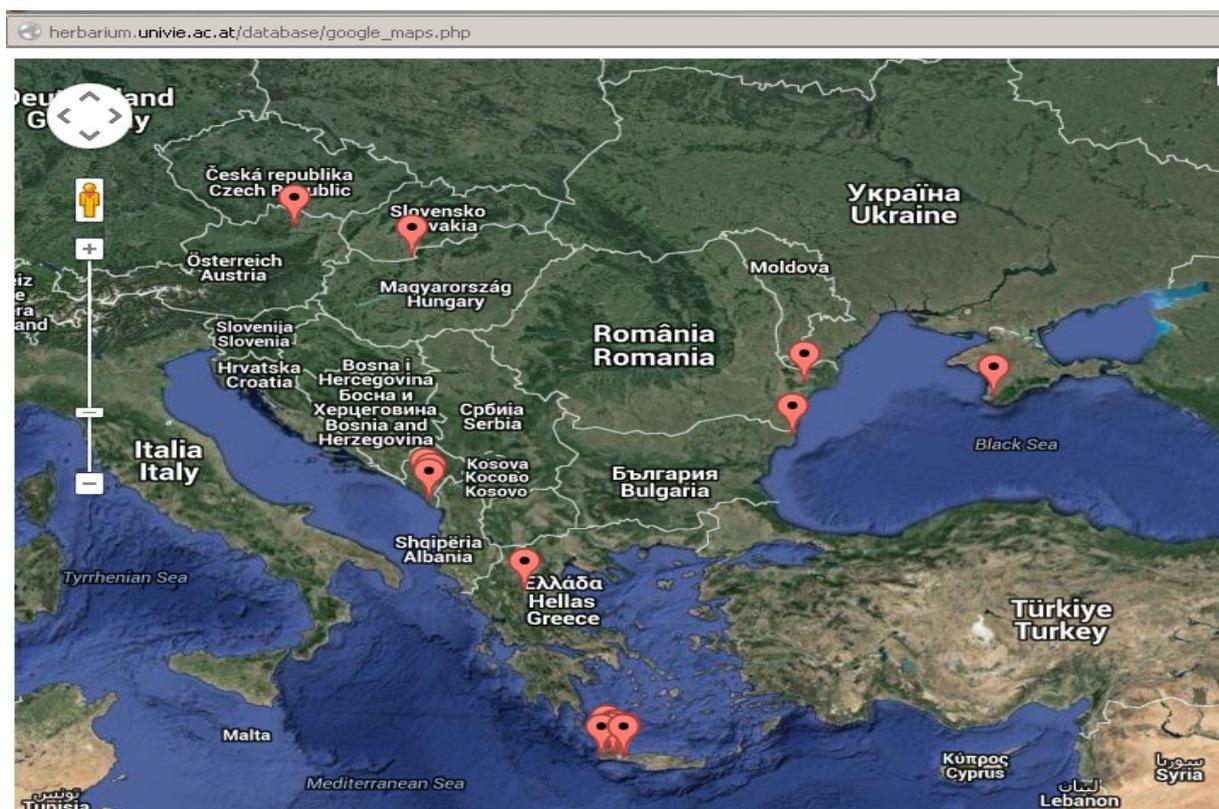


Abbildung 23, Herbarauswertung *Orlaya* im Virtual Herbaria JACQ mit GPS Verortung

In den Standardwerken der Flora Wiens (Adler & Mrkvicka, 2003; Berger & Ehrendorfer, 2011) wird über Fundorte am Leopoldsberg und Ober St. Veit berichtet. Hilfreich war auch die Webseite „Botanische Spaziergänge“ (Marschner, 2015), in der Marscher die

Orlaya grandiflora im Jahr 2014 am Leopoldsberg fotografiert und verortet hat. Im Buch „Der Bisamberg und die Alten Schanzen“ (Wiesbauer & Maier, 2013) wird zwar *Orlaya grandiflora* erwähnt aber ohne Ortsangabe am Bisamberg.

3.4.2 Übersicht Standorte und Plots im Großraum Wien

Die Karte zeigt die inselförmig isolierten Untersuchungs-Gebiete im pannonischen Großraum von Wien.

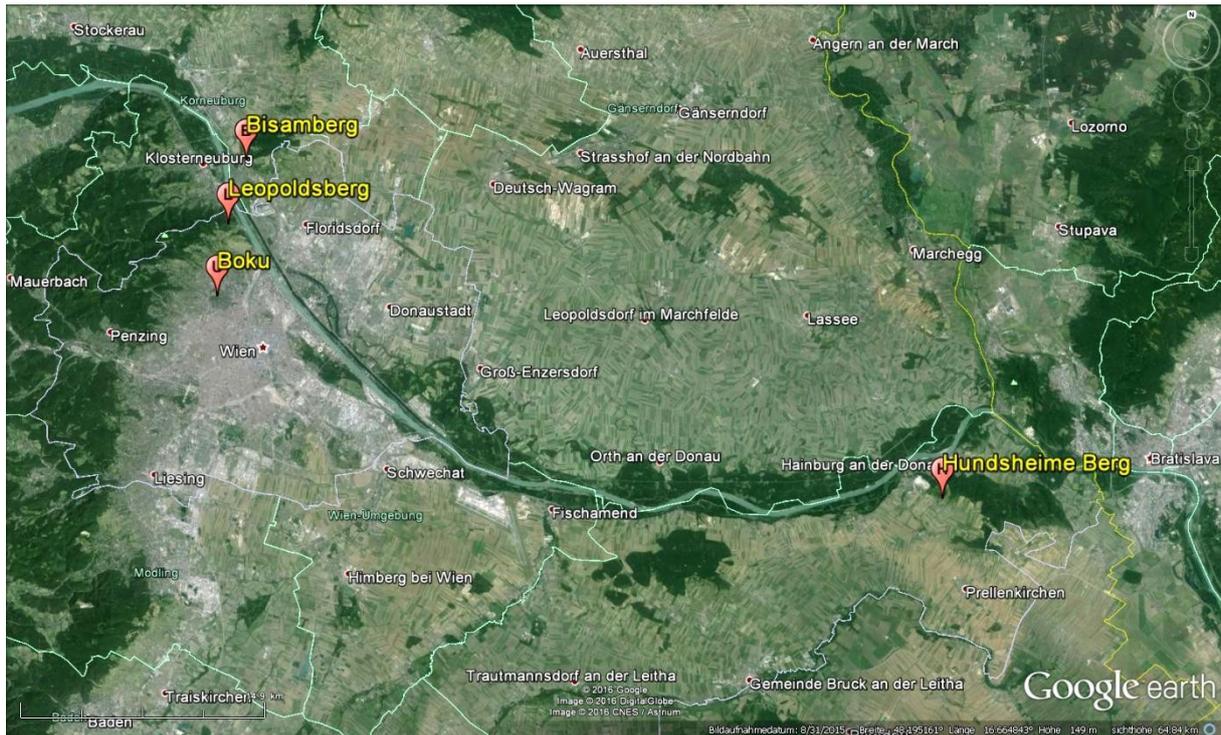


Abbildung 24, Wien Umgebung, mit 4 Untersuchungs-Standorten

Die nachstehende Tabelle beschreibt die 4 Untersuchungs-Gebiete mit ihrer Verortung.

Tabelle 9, 4 Untersuchungs-Gebiete mit ihrer Verortung

Präfix U Univ.f.Bodenkultur, L Leopoldsbg., H Hundsheimer Bg, B Bisamberg

Plot	Gebiet	Standort	Breite °	Länge °	Seehöhe [m]
U01	Botanischer Garten BOKU	Erhaltungskultur	48,23652	16,33593	231
L01	Leopoldsberg	Saum	48,27645	16,34526	348
H01	Hundsheimer Bg.	Trockenrasen	48,12421	16,93442	373
B01	Bisamberg	Saum mit Schutt	48,31203	16,35947	226

3.4.3 Standorte und Untersuchungs-Plots am Leopoldsberg

Der Leopoldsberg zeigte 2015 an seinen steilen und sonnigen Südhang die meisten Fundorte von *Orlaya grandiflora* aller Untersuchten Gebiete. Insgesamt wurden 3 neue Fundstellen

entdeckt die Zukrigl (Zukrigl, 2005) noch nicht beschrieben hat. Die von Zukrigl beschriebenen Standorte sind auf folgender Abbildung mit der entsprechenden Höhe und Vegetation-Aufnahme Nummer gekennzeichnet. Die höchste Deckung an *Orlaya* hatte die große Wiese (Plot Nr. L01-L15) 80 Höhenmeter tiefer südlich der Burg Leopoldsberg.

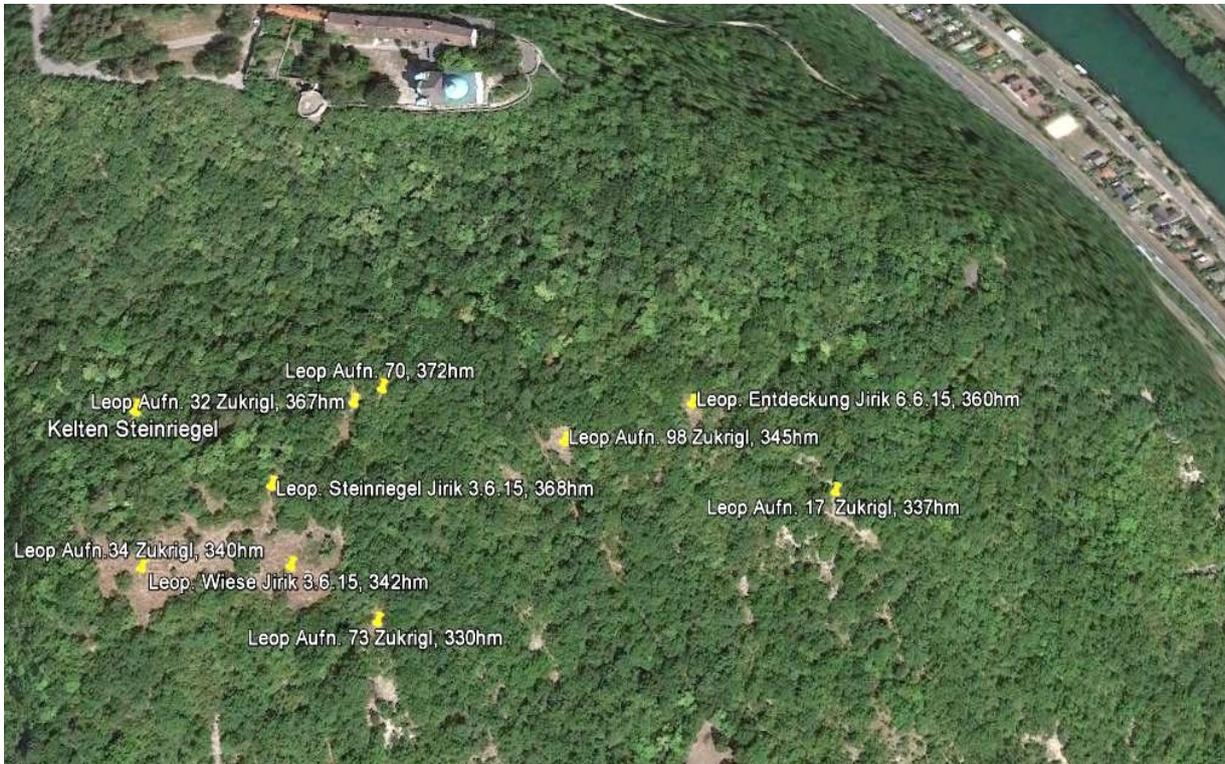


Abbildung 25, Alle Fundorte Leopoldsberg, Oben die Burg, rechts Kuchelau, ehemaliger Donauhafen (Google Earth)

Ein neu gefundener Standort liegt auf einem basischen halbruderalen Trockenrasen in Sukzession ausgehend von einem Weide-Halbtrockenrasen. Dieser hat einige Weidezeiger (z.B. *Euphorbia cyperissias*, *Falcaria vulgaris*, *Eryngium campestre*), die zeigen, daß der Südhang des Leopoldsberges auch ein Weidegebiet war.

Die zwei weiteren neuen Standorte sind auf einem Lesesteinriegel, der wieder ein Zeiger für ein Weinbaugebiet ist.



Abbildung 26, Blühaspekt *Orlaya*, Große Wiese Leopoldsberg (Jirik, Juni 2015)



Abbildung 27, Gegenhangaufnahme mit Untersuchung Plots L01 bis L15 (Große Wiese) am trockenen Südhang. Die weißen Tupfer sind die mit Organza abgedeckten Pflanzen knapp vor Ernte der Diasporen (Jirik, Juli 2015)

Die folgende Tabelle und Abbildung zeigen die Untersuchungsplots am Südhang des Leopoldsberges im Detail.

Tabelle 10a), Plots Leopoldsberg

Plot Nr.	Gebiet	Standort	Breite	Länge	Seehöhe [m]
L01	Leopoldsberg	Große Wiese, Saum	48,27645	16,34526	348
L02	Leopoldsberg	Große Wiese, Saum	48,27652	16,34541	350
L03	Leopoldsberg	Große Wiese, Saum	48,27661	16,34476	352
L11	Leopoldsberg	Große Wiese, Hang	48,27625	16,34513	330
L12	Leopoldsberg	Große Wiese, Hang	48,27631	16,34519	335
L13	Leopoldsberg	Große Wiese, Hang	48,27638	16,34533	340
L14	Leopoldsberg	Große Wiese, Hang	48,27637	16,34547	343
L15	Leopoldsberg	Große Wiese, Hang	48,27647	16,34562	347
L21	Leopoldsberg	Steinriegel 1	48,27648	16,34583	352
L22	Leopoldsberg	Steinriegel 1	48,27660	16,34588	361
L31	Leopoldsberg	Wegwiese	48,27690	16,34613	376
L32	Leopoldsberg	Wegwiese	48,27690	16,34613	374
L41	Leopoldsberg	Steinriegel 2	48,27687	16,34644	378

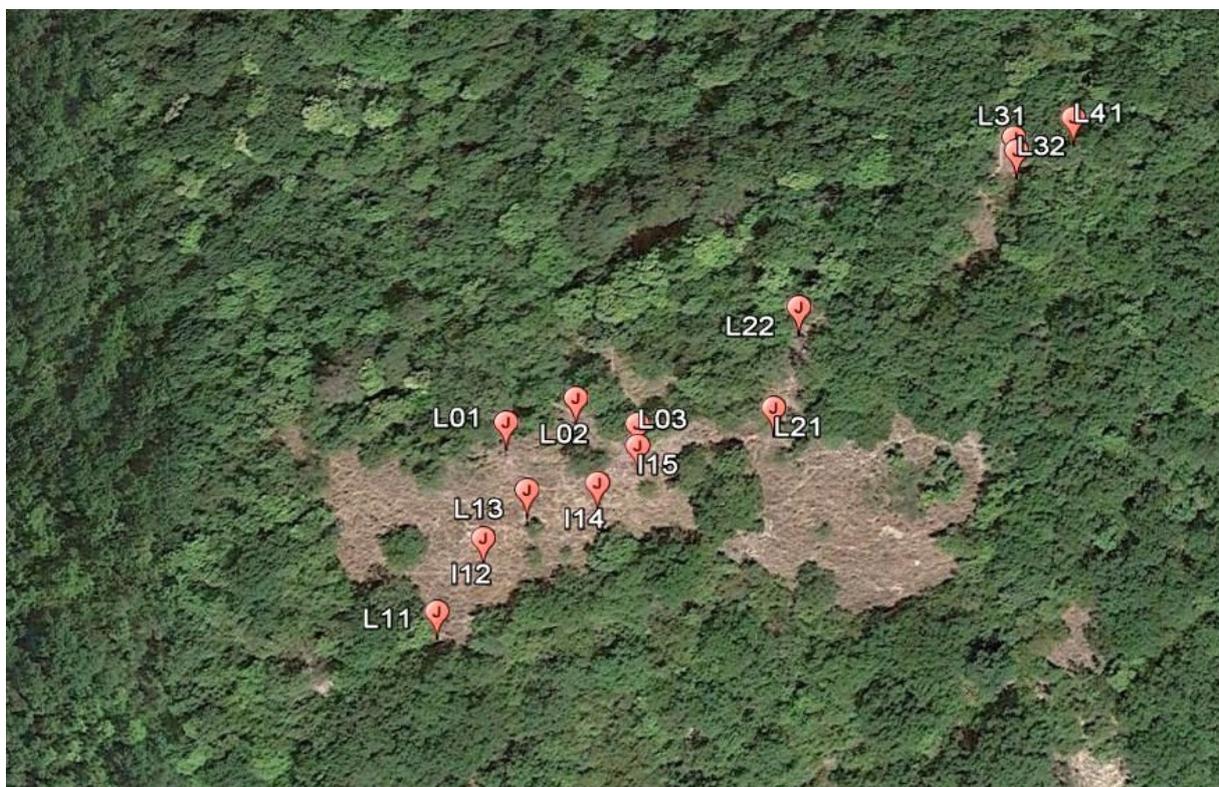


Abbildung 28, Untersuchung Plots L01 bis L41 am Leopoldsberg (Google Earth)

3.4.4 Standorte und Untersuchungs-Plots Bisamberg und Hundsheimer Berg

Die folgende Abbildung und Tabelle zeigt den Untersuchungsplot B01 am Bisamberg. Dieser befindet sich am Weg von Langenzersdorf (Kinderspielplatz) Richtung Gamshöhe in der Höhe von 226 m über Adria und liegt in einem Buschsaum mit hohem Schuttanteil. Dieser Standort könnte eine Wildfährte sein, die den Weg kreuzt.

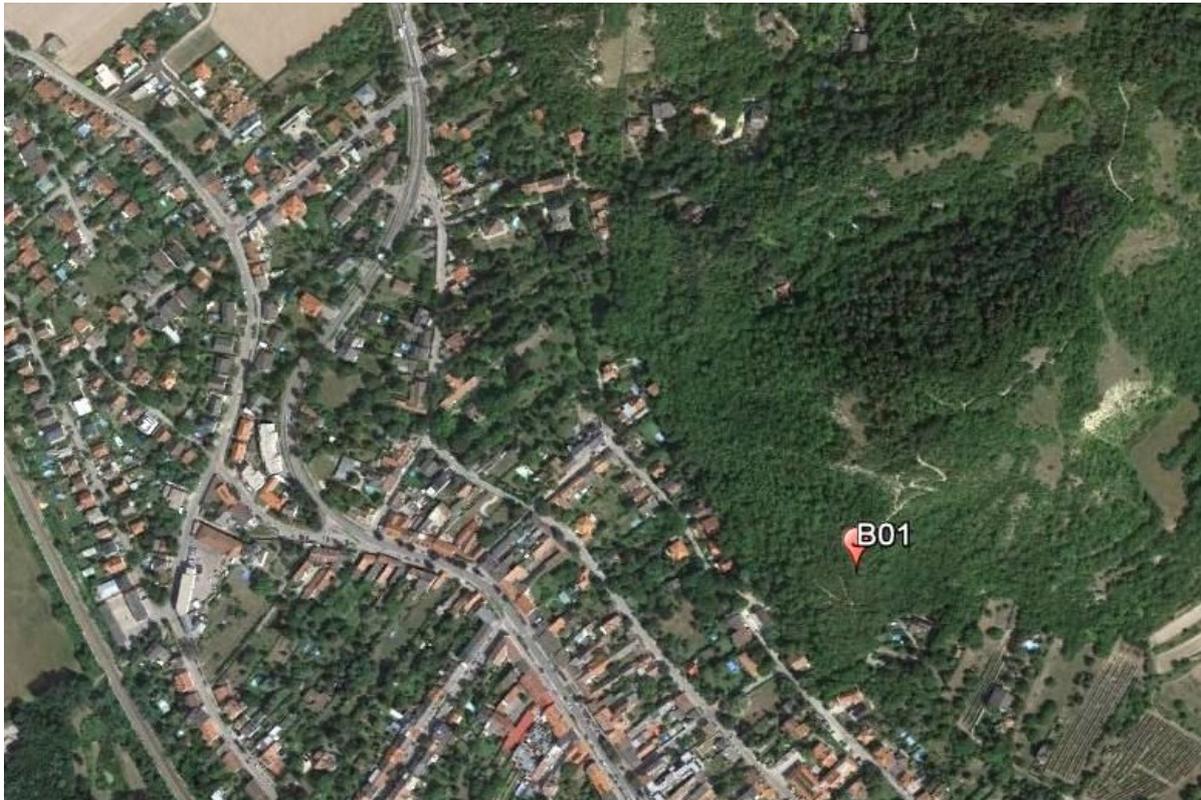


Abbildung 29, Untersuchung Plot B01 Bisamberg (Google Earth)

Im Gebiet Hundsheimer Berg wurden 3 Standorte gefunden, aber nur H01 und H2 als Untersuchungs-Plots verwendet. Alle befinden sich am südlichen Hang am Weg vom Sportplatz hinauf zum Gipfel. Während H01 auf Trockenrasen mit *Bromus erectus* liegt, befinden sich die beiden anderen H02 und H03 im Saum von Sträuchern. Nachstehende Abbildung und Tabelle zeigen sie Plots im Detail.



Abbildung 30, Untersuchung Plot H01 bis H03 Südhang Hundsheimer Berg (Google Earth)

Tabelle 10 b), Plots Hundsheimer Berg und Bisamberg, Präfix H Hundsheimer Berg, B Bisamberg

Plot Nr.	Gebiet	Standort	Breite	Länge	Seehöhe [m]
H01	Hundsheimer Bg.	Wiese unten	48,12421	16,93442	373
H02	Hundsheimer Bg	Saum Mitte	48,12522	16,93696	405
H03	Hundsheimer Bg	Saum Oben	48,12541	16,93712	417
B01	Bisamberg	Saum mit Schutt	48,31203	16,35947	226

3.4.5 Pflanzen-Eigenschaften

Folgenden Merkmalsausprägungen und Eigenschaften wurden für jedes *Orlaya*-Individuum gewonnen:

- **Pflanze:** Pflanzenhöhe, Anzahl der gesamten und fertilen Dolden, Anzahl der eingewogenen Diasporen (Einzel Achäne), Masse aller Diasporen
- **Hauptdolde:** Anzahl der Döldchen, Anzahl der gewogenen Diasporen (Einzel Achäne), Masse aller Diasporen, Farbe der Diasporen
- **Nebendolde:** Anzahl der gesamten und fertilen Nebendolden, Anzahl der gewogenen Diasporen, Masse aller Diasporen, Farbe der Diasporen

Einen Überblick über die Merkmalsausprägungen geben die nachfolgenden Abbildungen als Boxplots dargestellt. Diese Eigenschaften wurden test-statistisch nicht bearbeitet, da sie wenig Aussagekraft haben.

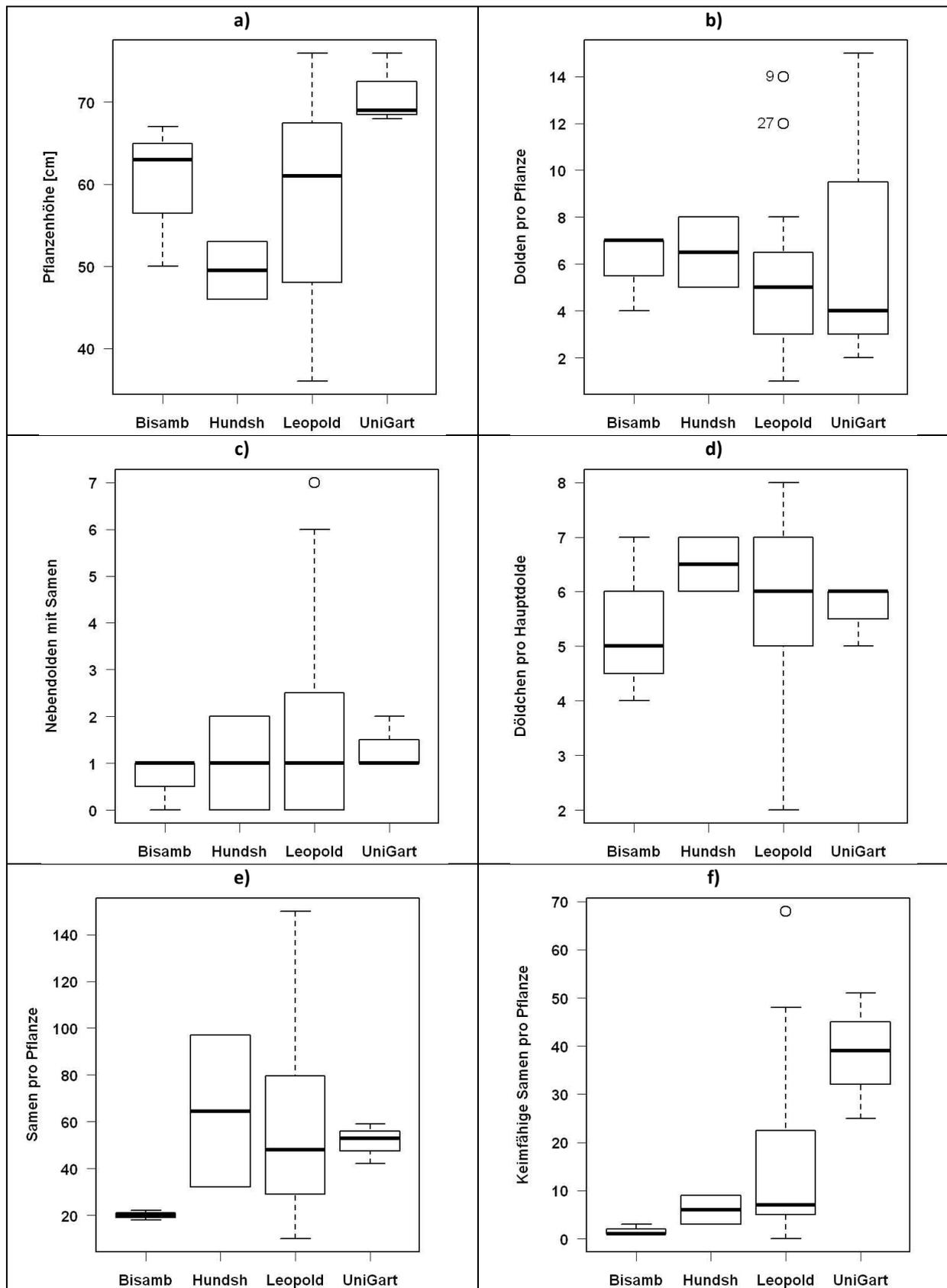


Abbildung 31 a) – f), Boxplot: Pflanzenmerkmale in verschiedenen Untersuchungs-Gebieten
 Bisamb = Bisamberg, Hundsh = Hundsheimer-Berg, Leopold = Leopoldsberg, UniGart = Botanischer Garten BOKU

3.5 Limitation des Habitats (Biotops, Standorts)

Die Bewertung der Biotoptypen nach „Rote Liste der gefährdeten Biotopstypen Österreich“ mit den entsprechenden Gefährdungskategorien wird in der folgenden Tabelle dargestellt.

Die folgende Abbildung zeigt dann die Häufigkeitsverteilung der Gefährdungskategorien.

Tabelle 11, Biotoptypen von Untersuchungs-Plots *Orlaya grandiflora* mit Gefährdungskategorien (2 = STARK GEFÄHRDET, 3 = GEFÄHRDET, * = UNGEFÄHRDET

Plot Nr.	Gebiet	Nr. Rote Liste	BIOTOPTYP	Gefährdungs-Klasse
B01	Bisamberg	6.3.1.1	Nährstoffarmer trocken warmer Waldsaum ü. Karbonat	3
H01	Hundsheim	3.3.2.2.1	Karbonat Felstrockenrasen	3
H02	Hundsheim	6.3.1.1	Nährstoffarmer trocken warmer Waldsaum ü. Karbonat	3
H03	Hundsheim	6.3.1.1	Nährstoffarmer trocken warmer Waldsaum ü. Karbonat	3
L01	Leopoldsberg	6.3.1.3	Nährstoffreicher trocken warmer Waldsaum ü. Karbonat	*
L02	Leopoldsberg	6.3.1.3	Nährstoffreicher trocken warmer Waldsaum ü. Karbonat	*
L03	Leopoldsberg	6.3.1.3	Nährstoffreicher trocken warmer Waldsaum ü. Karbonat	*
L11	Leopoldsberg	3.3.1.1.4	Kontinentaler basenreicher Weide Halbtrockenrasen	2
L12	Leopoldsberg	3.3.1.1.4	Kontinentaler basenreicher Weide Halbtrockenrasen	2
L13	Leopoldsberg	3.3.1.1.4	Kontinentaler basenreicher Weide Halbtrockenrasen	2
L14	Leopoldsberg	3.3.1.1.4	Kontinentaler basenreicher Weide Halbtrockenrasen	2
L15	Leopoldsberg	3.3.1.1.4	Kontinentaler basenreicher Weide Halbtrockenrasen	2
L21	Leopoldsberg	10.7.1.1	Lesesteinriegel	2
L22	Leopoldsberg	10.7.1.1	Lesesteinriegel	2
L31	Leopoldsberg	6.3.1.1	Nährstoffarmer trocken warmer Waldsaum ü. Karbonat	3
L32	Leopoldsberg	6.3.1.1	Nährstoffarmer trocken warmer Waldsaum ü. Karbonat	3
L41	Leopoldsberg	10.7.1.1	Lesesteinriegel	2
U01	BOKU Wien		Erhaltungskultur nicht bewertet	

Häufigkeit der Gefährdungskategorien der Habitats von *Orlaya grandiflora*

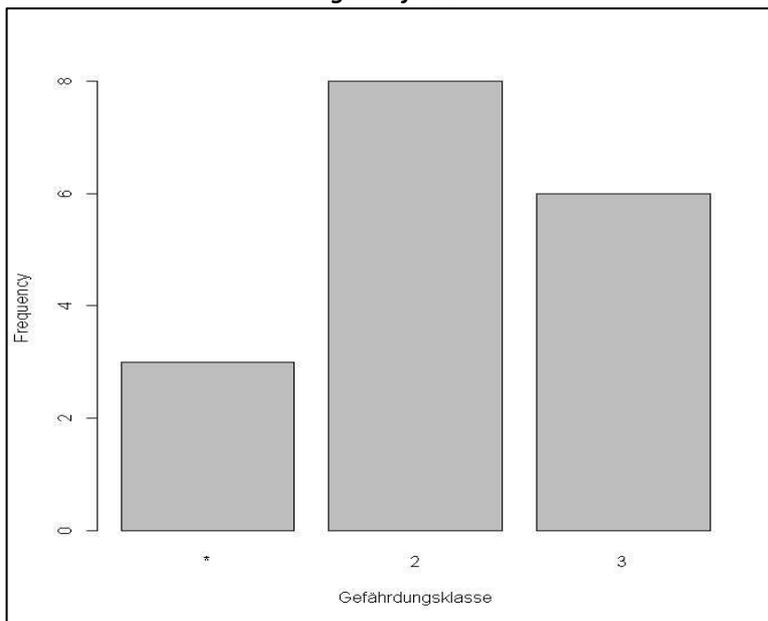


Abbildung 32, Häufigkeit der Gefährdungskategorien der Biotoptypen von *Orlaya grandiflora*
(2 = STARK GEFÄHRDET, 3 = GEFÄHRDET, *=UNGEFÄHRDET)

18% der Standorte von *Orlaya grandiflora* sind ungefährdet.

82% der Standorte *Orlaya grandiflora* sind stark gefährdet oder gefährdet.

Eine Tabelle mit den genauen Gefährdungskategorien von Biotopetypen befindet sich im Anhang (Essl *et al.*, 2002).

4 Diskussion

4.1 Diversität und relative Besuchsdauer der Blütenbesucher

4.1.1 Methode

Die in dieser Arbeit verwendete Methode der Zeitraffer-Photographie zur Insekten-Beobachtung ist insofern neu, dass die Langzeitbeobachtung, wir sprechen dabei von einigen Stunden, mit kurzen Intervall-Zeiten von 1er Sekunde meiner Recherche nach noch in keiner Arbeit zur Bestäubungsökologie angewandt wurde. Diese Methode wurde erst kostengünstig möglich durch die Entwicklung von spiegellosen Systemkameras mit rein elektronischem Verschluss. Es gibt zwar eine Arbeit zur Bestäubungsökologie von *Daucus carota var. carota*, diese verwenden jedoch eine 60 mal größere Intervallzeit von 60 Sekunden (Jewiss-Gaines & Hunter, 2012).

Diese kurzen Intervallzeiten sind notwendig um auch *Hymenoptera* zu erfassen. Am ersten Tag arbeiten wir mit 3 s Intervall, bei der Auswertung sahen wir jedoch nur den Anflug der Biene auf die Blüte, jedoch auf den nächsten Sequenzen war die Biene nicht mehr zu sehen. Auch die persönliche Beobachtung von Apiodaea machte schnell klar, dass die minimale Intervallzeit (1 Sekunde), die die Kamera zulässt, für die Beobachtung optimal ist. Ein Problem der kurzen Intervallzeit bei Langzeit-Beobachtung sind einerseits die großen Datenmengen, andererseits die Schwierigkeit der „händischen“ Auswertung.

Zunächst müssen die Einzelbilder zu einem Film verarbeitet werden um dann die leeren Sequenzen durchlaufen zu lassen und die Bilder mit Insekten auszuwerten und die entsprechenden Insekten nach Ordnung, besser aber nach Familie und Art zu bestimmen. Die computergestützte Auswertung erwies sich zu komplex und wäre eine Thesis für eine eigenständige Masterarbeit. Angedacht waren sowohl vektorbasierende als auch pixelbasierende Methoden, die nach dem Prinzip der PCA (Principal Component Analysis) arbeiten.

Mit dieser Methode der Kamerabeobachtung kann zwar die Ordnung, die Familie und auch die Art der Blütenbesucher bestimmt werden, jedoch nicht die so wichtige Differenzierung zwischen reinen Besuchern und wirksamen Bestäubern (Zych, 2006). Dazu wären das Fangen der Insekten und die Bestimmung der Pollen notwendig. Die meisten Arbeiten für die

Bestäubungsökologie bei *Apiaceae* verwenden die Fangmethode entweder mit Netzen oder mit Saugvorrichtungen. (Willmer, 2011; Zych, 2006; Lindsey, 1984).

Eine neue Methode wird mit der „Single visit pollen deposition“ vorgestellt. Dabei wird bei einer jungfräulichen Blüte die Pollen-Ablagerung an der Narbe eines einzelnen Insekts beobachtet und in Korrelation zu der Besuchsdauer gebracht. Diese Arbeit zeigt auch, dass die Besuchsdauer eines Blütenbesuchers bei *Heracleum sp.* nur ein schwacher Prädiktor für eine effektive Bestäubung ist (King & Willmer, 2013).

4.1.2 Ergebnis

Nur die Vergleiche der Biotopsfaktoren haben bei *Hymenoptera* statistisch signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) ergeben und sowohl zwischen den einzelnen Biotopstypen ($p=0,00059$) als auch zwischen der Erhaltungskultur und den naturnahen Standorten ($p=0,0068$). Der Unterschied zwischen dem Botanischen Garten und naturnahen Standorten ist bei *Coleoptera* nur wenig signifikant ($p\text{-value} = 0.087$), aber ein Trend ist erkennbar.

Bemerkenswert ist vor allem der die geringe Besuchsdauer der *Hymenoptera* bei Pflanzen auf Trockenrasen. Hier scheint die dort dominierende Käfergattung *Oedemera* eine kompetitive Hemmung auf die Bienen und andere *Hymenoptera* auszuüben.



Abbildung 33, Dominante Insekten- Art am Leopoldsberg: *Oedemera podagrariae*

Die in der Nähe der Erhaltungskultur im Botanischen Garten aufgestellten Bienenstöcke haben natürlich einen verzerrenden Einfluss auf die signifikant höhere Besuchsdauer von

Hymenoptera. Bei der Besuchsdauer aller Insekten zeigt sich jedoch sowohl zwischen den einzelnen Biotopstypen ($p=0,38$), als auch zwischen der Erhaltungskultur und den naturnahen Standorten ($p=0,62$) ein recht ausgeglichenes Bild, obwohl die Ergebnisse aus 2 verschiedenen Jahren stammen. (Botanischer Garten 2014, Naturnahe Gebiete 2015).

Die Besuchsdauer der Insekten ist über die Zeit gesehen nicht homogen, was bei der Methodenwahl und Vergleichen zu berücksichtigen ist. So wäre es besser gewesen, die 3 Kamerabeobachtungen zeitgleich an 3 verschiedenen Biotopskategorien zu machen, was aber einen erheblichen Personal-Mehraufwand bedeutet, da die Kameras gegen Diebstahl gesichert werden müssen.

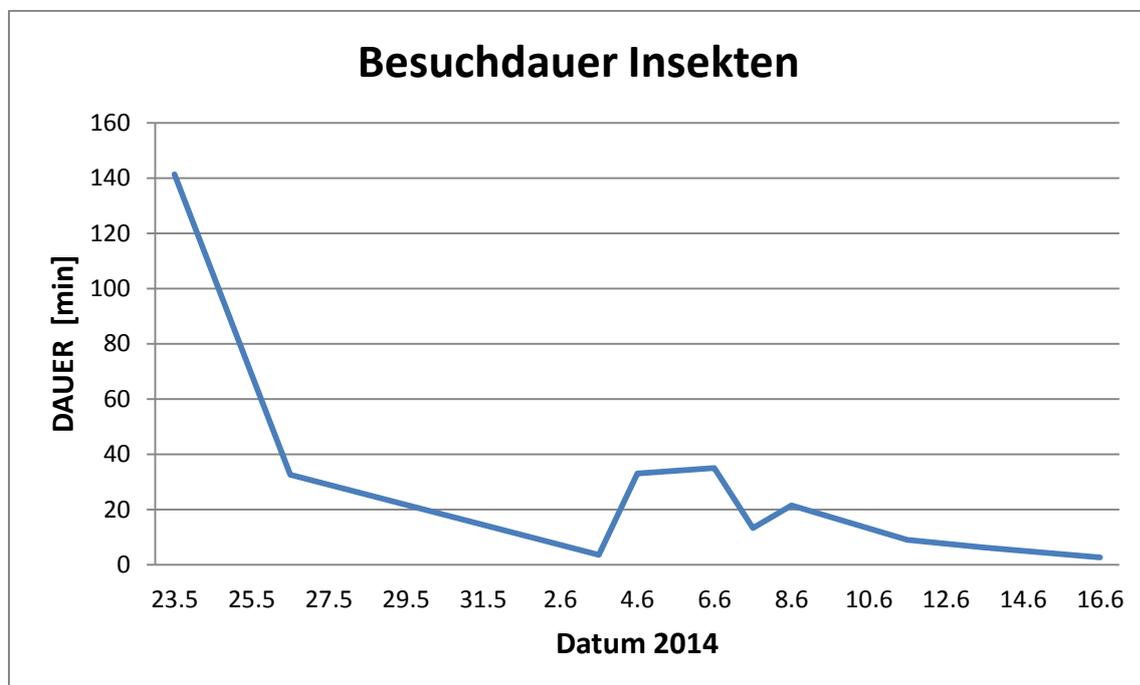


Abbildung 34, Besuchsdauer von Insekten im Botanischen Garten, modifiziert (Peters, 2015)

Eine genauere Bestimmung der Insekten bis auf Art-Ebene zeigen Clara Peters und Lisa Dunst in ihrer Arbeiten (Dunst, 2016; Peters, 2015).

4.2 Diasporen Eigenschaften und Bestäubungserfolg

4.2.1 Methode

Es gibt viele Arbeiten die sich mit der Bestäubung-Ökologie der *Apiaceae* befassen, aber nur wenige haben als Untersuchungsendpunkt den wirklichen Bestäubungserfolg in Form von Fruchtansatz, Keimfähigkeit und Vitalität, sondern konzentrieren sich in den Studien auf die Pollenfracht von Insekten und Ablage der Pollen auf der Narbe (King & Willmer, 2013; Zych, 2006; Lindsey, 1984).

Nur wenige Studien haben wirklich den Frucht (Samen)-Ertrag zum Ziel ihrer Arbeiten und das vor allem aus wirtschaftlichen Gründen bei Nutzpflanzen wie *Daucus carota var. sativa*, die mit *Orlaya grandiflora* phylogenetisch eng verwandt ist. So zeigten Versuche auf genetzten Anbauflächen mit Honigbienen (*Apis mellifera*) einen deutlichen Unterschied beim Samenertrag und in der Keimfähigkeit zu anderen Insekten oder bei Selbstbestäubung.

Das Ergebnis bei Flächen mit Bienen betrug 864 kg/ha mit einer Keimfähigkeit von 96%, gegenüber 367 kg/ha und einer Keimfähigkeit von 88% bei Flächen ohne Bienen. Bei komplett insektenfreien Flächen kam man sogar auf einen Wert von nur 112 kg/ha und 67% nutzbarer Samen (Hawthorn *et al.*, 1956). Dies stimmt etwa in Bezug der Kontroll- und Selbstbestäubungsgruppe mit der Arbeit im Botanischen Garten (Peters, 2015) auch für *Orlaya grandiflora* überein.

Andere bestäubungsökologische Arbeiten zu *Orlaya grandiflora* waren bei der Literaturrecherche nicht zu finden, da die Pflanze zu selten ist und im Gegensatz zu *Daucus carota var. sativa* auch keine wirtschaftliche Bedeutung hat.

Diese Versuche im Botanischen Garten zeigten auch, dass die Beobachtungszeit der Gruppe Beobachtung mit 4 Stunden für die Untersuchung eines Bestäubungserfolges zu kurz war. Längere Beobachtungen sind nur mit Hilfe von Fotokameras sinnvoll, wobei eine Beobachtungsdauer von zumindest 8 Stunden und mehr angestrebt wurde. Dies konnte auch teilweise erreicht werden, jedoch durch Wildverbiss, gebrochene Blüten- und Fruchtstände und Missverständnisse in der Arbeitsgruppe konnten die Fruchtstände der Gruppe Fotobeobachtung nicht mehr richtig zugeordnet werden.

Um trotzdem Ergebnisse zu erzielen wurde auf Populationsebene versucht die Diasporen von Pflanzen von Plots für die Standortsuntersuchungen, die in unmittelbarer Umgebung der Fotobeobachtung waren, für die Untersuchungen des Bestäubungserfolges zu verwenden. Diese Methode ist auch bei medizinischen Studien etabliert, wenn Daten nicht mehr Studienteilnehmern, sondern nur mehr Kollektiven zugewiesen werden können (Bland & Altman, 1995b; Bland & Altman, 1995a).

Die Methode zur Bestimmung der Keimfähigkeit stützt sich im Wesentlichen auf eine Arbeit zur Keimungsbiologie von *Apiaceae* auf Ruderal- und Xerothermalmrasen. Diese Arbeit enthält

auch Versuche zu der winter-annuellen Art *Seseli annuum*, die ähnlich wie *Orlaya grandiflora* eine einjährig-überwinternde Art ist (Partzsch, 2012).

Um Ergebnisse dieser Arbeit mit unseren Keimresultaten vergleichen zu können, wäre ein Keim-Regime von 10°-20° vorteilhaft gewesen, noch dazu da die Klimadaten für Wien der letzten Jahre im Oktober dafür sprachen. Trotzdem wurde das Keimregime von 5°-15° beim Keimschrank eingestellt.

Auch die wenigen Keimungs-Daten der Samen von Pflanzen aus den Kamerabeobachtungen konnten nicht verglichen werden, da das Keimregime dort eigenmächtig geändert wurde (Dunst, 2016).

Die Samen wurden keiner Kälte-Stratifikation ausgesetzt, da dies für winter-annuelle Pflanzen kontraproduktiv ist. Winterannuelle Pflanzen wie *Orlaya grandiflora*, *Anthriscus cerefolium* oder auch *Seseli annuum* keimen schon im Herbst vor der Kälteperiode.

Für die Bestimmung der Vitalität (Viability) wurde die Methode des nur Anschneidens des Samens (Pérez-Fernández *et al.*, 2006) gegenüber dem Tetrazolium-Vitalitätstest der Einfachheit wegen der Vorzug gegeben. Durch die relativ großen Samen war auch mit dieser einfachen Methode eindeutig zu erkennen, ob ein Embryo als vital eingestuft werden kann.

4.2.2 Ergebnis Fruchtansatz

Schon eine Vorarbeit im Botanischen Garten der BOKU zeigt, dass eine Bestäubung durch Insekten bei der Modellpflanzenart *Orlaya grandiflora* einen maßgeblichen Beitrag zur Effizienz der Bestäubung leistet. Die Art ist zwar zur Selbstbestäubung für Notzeiten befähigt, setzt aber bei Insektenbestäubung ein Vielfaches an Früchten an. Die Bestäubung der Art durch Insekten ist für die Erhaltung der Art von großer Bedeutung, da diese den Fruchtansatz um mehr als das 6-fache steigert (Peters, 2015).

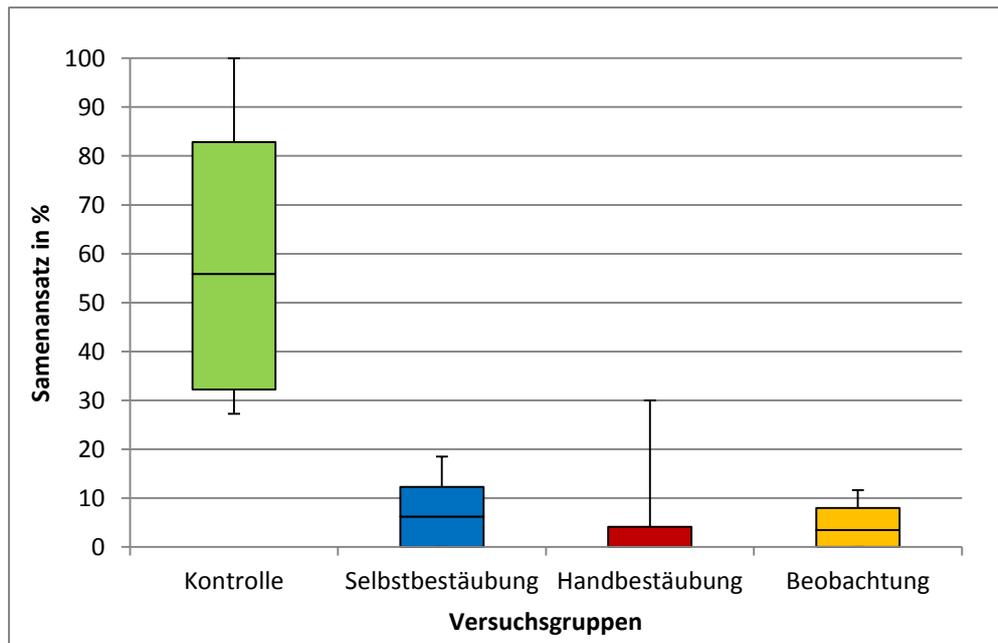


Abbildung 35, Vergleich Samenansatz in % (Peters, 2015)

Abbildung 19 a) unserer Arbeit zeigt beim Vergleich der unterschiedlichen Biotopskategorien beim wichtigsten Parameter, dem Samenansatz, einen signifikant geringeren Samenansatz bei *Orlaya grandiflora* auf Waldsäumen mit hohem Schuttanteil (z.B. Lesesteinriegel). Das kann am ehesten mit den schlechten Etablierungsbedingungen und dem Mangel an Licht zugeschrieben werden, jedoch halten gerade diese Bedingungen den Boden offen und schützen vor Verbuschung.

Ähnlich verhält es sich auch beim gesamten Diasporengewicht pro Pflanze. Das Ergebnis zum gesamten Diasporengewicht pro Pflanze deckt sich auch mit der Arbeit von Clara Peters im Botanischen Garten (Peters, 2015).

Auch das mittlere Samengewicht (Teilfrucht) liegt im Bereich der von Bioflor veröffentlichten Werte (12,8 mg) (Otto, 2002).

Die Vergleiche dieser Merkmale zeigen beim Vergleich zwischen dem Botanischen Garten und Naturnahen Standorten keinen signifikanten Unterschied.

Lediglich bei der Diasporen (Samen)-Dichte pro m² ist auf Populationsebene ein signifikanter Unterschied feststellbar, der durch die sehr hohe Deckung im Botanischen Garten zu erklären ist.

Generell gab es bis auf die Saumstandorte keine allzu großen Unterschiede beim Samenansatz, ausgenommen jene Saumstandorte mit hohem Schuttanteil.

4.2.3 Ergebnis Keimung und Vitalität

Die Abbildung 21 a) und b) zeigen, dass zwischen den naturnahen Standorten kein signifikanter Unterschied in der Keimfähigkeit (Keimrate) besteht ($0,6 \leq p \leq 1$), sehr wohl aber keimten die Samen von *Orlaya grandiflora* aus der Erhaltungskultur im Botanischen Garten der BOKU deutlich besser ($p=0,007$). Das kann an der (epi)genetischen Anpassung liegen, aber auch an den optimalen Rekrutierungs-Bedingungen durch gärtnerische Maßnahmen im Botanischen Garten. Durch diese Anpassung können Erhaltungskulturen in Botanischen Gärten nur das allerletzte Mittel sein um den Erhalt einer Art zu sichern (Niklfeld & Grims, 1999).

Auch der Timson-Index, der auch die Keimgeschwindigkeit berücksichtigt, zeigt ein ähnliches Ergebnis für den Botanischen Garten ($p=0,04$).

Die Ergebnisse für den Botanischen Garten könnten bei einer höheren Fallzahl ($n=3$) noch signifikanter ausfallen.

Vergleiche mit *Seseli annuum* zeigen ein ähnliches Keimungsverhalten für Keimrate und Timson-Index (Partzsch, 2012). Auch *Seseli annuum* keimt nicht nach einer Kälte-Stratifikation. Dies kann ein Schutz der Pflanze vor schlechten Keimbedingungen im Herbst sein, wie z.B. ein vorzeitiger Wintereinbruch. Bei kalten und für die Keimung und Etablierung ungünstigen Bedingungen geht die Pflanze in Dormanz, um durch Anlage einer Samenbank im nächsten Jahr bei besseren Bedingungen zu keimen.

Diese Unstetigkeit von *Orlaya grandiflora* und anderer Annuellen zeigt sich auch in einer experimentellen Studie zur Rekultivierungs-Maßnahmen auf Kalk-Weiderasen. (Maccherini & Santi, 2012).

Wie Abbildung 21 e) zeigt, lag die Vitalität der Samen zwischen 80% und 95% und war zwischen den einzelnen Standorten nicht signifikant unterschiedlich. Eine Tendenz zu einer besseren Vitalität zeigen jedoch Samen aus dem Botanische Garten ($p=0,082$). Bei einer höheren Fallzahl wäre dieser Vergleich signifikanter.

Generell kann mit den Ergebnissen zum Bestäubungserfolg gezeigt werden, dass Samenansatz, Keimungsfähigkeit und Vitalität der Samen die Art in ihrem Bestand nicht gefährden oder limitieren.

4.3 Limitation durch Bestäuber

Die Methode zur Bestimmung der Limitation durch bestäubende Insekten setzt eine Korrelation zwischen der Besuchszeit und den Bestäubungserfolg durch den Fruchtansatz zugrunde. An Standorten wie den Südhang des Leopoldsberges mit einem dichten Bestand und einer Dominanz der *Orlaya grandiflora* von 4 nach der Braun-Blanquet Skala ist es schwierig, eine Limitation durch Bestäuber nachzuweisen.

Die Ergebnisse aller Korrelation zwischen den verschiedenen Insektenordnungen versus dem Bestäubungserfolg in Form des Fruchtansatzes zeigen keinen oder nur sehr schwachen Zusammenhang. ($0,01 \leq r \leq 0,18$; r ...Korrelations-Koeffizient). Ähnliches gilt auch für die Korrelation mit der Keimrate, wobei der Korrelations-Koeffizient sogar schwach negativ ist (Abbildung 22).

Diese Ergebnisse zur Besuchsdauer werden jedoch durch eine Arbeit zur Bestäubungsökologie etwas relativiert, die aber lediglich die Pollen-Deposition und nicht den Fruchtansatz zum Studienendpunkt hat (King & Willmer, 2013).

Aus dieser sehr schwachen Korrelation zusammen mit den Ergebnissen des guten Fruchtansatzes, der guten Keimfähigkeit und Vitalität, ergeben sich keine Hinweise auf eine Limitation durch bestäubende Insekten.

Dies stimmt auch mit der Studie im Botanischen Garten überein, bei der auch keine Bestäubungslimitation der Kontrollgruppe (Pflanze nicht von den bestäubenden Insekten isoliert) festgestellt wurde (Peters, 2015).

4.4 Limitation des Habitats (Biotops, Standorts)

Durch die starke Wechselbeziehung zwischen der Gefährdung einer Art und deren Habitat (Biotop), liegt es nahe, die Limitation und Gefährdung einer Pflanze durch Bestimmung des Gefährdungsgrades des Biotoptyps zu bestimmen. Der Gefährdungsgrad der Standorte von *Orlaya grandiflora* ist schon dadurch ersichtlich, dass alle untersuchten Standorte in Naturschutz-Gebieten (Natura 2000, in Niederösterreich) oder in der Kernzone von Landschaftsschutz-Gebieten (Wien, Biospärenpark Wienerwald) liegen.

Wie aus Abb. 32 zu sehen ist, liegen die Standorte von *Orlaya grandiflora* zu 82% auf gefährdeten (IUCN-Kategorie: VU = Vulnerable) oder stark gefährdeten Biotopstypen (IUCN-Kategorie: EN = Endangered).

Die Einordnung der offenen Flächen am Südhang des Leopoldsberges war insofern schwierig, da der Standort (Plotnr. L01-L15) einerseits eine Verzahnung von Trockenrasen und Halbtrockenrasen mit ruderalen Elementen und Weidezeigern hat und andererseits befindet sich der Standort in Sukzession. Dies macht aber auch den Standort besonders artenreich und ergibt im Frühling und Frühsommer einen herrlichen Blühaspekt. Selbst ein erfahrener Botaniker wie Prof. Zukrigl wollte sich auf keine pflanzensoziologische Bestimmung einlassen und beschreibt diese offenen Standorte nur als Trockenwiesen (Zukrigl, 2005). Letztendlich sprachen die Weidezeiger (*Euphorbia cyperissias*, *Falcaria vulgaris*, *Eryngium campestre*) und die annuellen Pionierpflanzen (*Acinos arvensis*) für die Einordnung in die Kategorie des Kontinentalen basenreichen Weide Halbtrockenrasens der auch im pannonischen Gebiet als stark gefährdet gilt.

Stark gefährdet sind auch die Steinriegel, da durch Nitrifizierung sich eine flachgründige Erdschicht bildet und es dadurch vermehrt zu Verbuschungen speziell durch *Prunus spinosa* kommt (Plot Nr. 41, Zukrigl Nr. 70). Wurden dort noch 1985 von Zukrigl sukkulente Arten wie *Sedum sp.* beschrieben (Zukrigl, 2005), sind heute im Frühjahr 2016 schon Stickstoffzeiger wie *Anthriscus cerefolium* und *Stellaria media* dominant. Es ist nur mehr eine Frage der Zeit bis die kleinen Restbestände von *Orlaya grandiflora* dort ausgestorben sind.

Durch die starke Gefährdung der Biotopstypen in den Roten Listen Österreichs (Essl, 2004; Essl *et al.*, 2002) ist von einer Limitation der Standorte von *Orlaya grandiflora* auszugehen.

5 Schlussfolgerung

Durch diese Arbeit konnte gezeigt werden, dass eine Limitierung von *Orlaya grandiflora* durch bestäubende Insekten an den von uns untersuchten Standorten sehr unwahrscheinlich ist. Durch die Methode der Foto-Beobachtung konnte zwar nicht unterschieden werden, ob die besuchenden Insekten tatsächlich auch zu Bestäubung beitragen, jedoch war der Bestäubungserfolg (Fruchtansatz und Keimfähigkeit) ausreichend groß um die Art *Orlaya grandiflora* nicht zu limitieren und zu gefährden.

Orlaya grandiflora weist eine Unstetigkeit im Bestand auf, da sie durch kalte und ungünstige Klimabedingungen im Herbst bei der Keim- und Etablierungsphase in Dormanz gehen kann und dabei eine Diasporenbank aufbaut.

Die wesentliche Limitierung der Art entsteht jedoch durch die Gefährdung der Habitate.

Die Standortveränderungen durch Nährstoffeinträge (Nitrifikation) durch die Landwirtschaft, das ist vor allem der Weinbau in den untersuchten Gebieten, gefährden diese Habitate und das mit steigender Tendenz. Weitere Gefährdungsursachen sind auch die Aufgabe von Mahd und Beweidung, welche zu einer Verbuschung offener Rasenflächen führt. Entsprechende Pflegemaßnahmen wie Beweidung sind notwendig, um die Verbuschung von diesen offenen Flächen zu verhindern.

Ziel des Biotopschutzes in Wien ist der Erhalt von abgegrenzten biologischen Einheiten. Dazu gehören zum Beispiel auch die Trockenrasen. Die vom Verschwinden bedrohten Biotoptypen können bei Bedarf in der Wiener Naturschutzverordnung (Ausgabe 05.02.2010) per Verordnung aufgelistet werden, was aber bislang nicht umgesetzt wurde.

6 Quellenverzeichnis

6.1 Literaturverzeichnis

- ADLER, W. & MRKVICKA, A. C. 2003. *Die Flora Wiens gestern und heute; Die wildwachsenden Farn- und Blütenpflanzen in der Stadt Wien von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zur Jahrtausendwende*, Wien, Verl. d. Naturhistor. Museums Wien.
- BELLMANN, H. 2009. *Der neue Kosmos-Insektenführer*, Stuttgart, Kosmos.
- BELLMANN, H. 2014. *Welches Insekt ist das? [mit E-Book]*, Stuttgart, Kosmos.
- BERGER, R. & EHRENDORFER, F. 2011. *Ökosystem Wien; die Naturgeschichte einer Stadt*, Wien [u.a.], Böhlau.
- BLAB, J. 1984. *Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland*, Kilda-Verlag.
- BLAND, J. M. & ALTMAN, D. G. 1995a. Calculating correlation coefficients with repeated observations: Part 1--Correlation within subjects. *BMJ*, 310, 446.
- BLAND, J. M. & ALTMAN, D. G. 1995b. Calculating correlation coefficients with repeated observations: Part 2--Correlation between subjects. *BMJ*, 310, 633.
- BOSCHI, V. 2011. *Time-lapse & motion control photography*, Graz.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1964. *Pflanzensoziologie; Grundzüge der Vegetationskunde*, Wien [u.a.], Springer.
- CHYLINSKI, R. 2012. *Time-lapse photography; a complete introduction to shooting, processing, and rendering time-lapse movies with a DSLR camera*, [Cedar Wings Creative].
- DOWNIE, S. R., KATZ-DOWNIE, D. S. & WATSON, M. F. 2000. A phylogeny of the flowering plant family Apiaceae based on chloroplast DNA rpl16 and rpoC1 intron sequences: towards a suprageneric classification of subfamily Apioideae. *American Journal of Botany*, 87, 273-292.
- DUNST, L. 2016. *Bestäubungsmechanismen von Orlaya grandiflora*, Unveröffentlichte Masterarbeit. Univ. für Bodenkultur.
- ELLENBERG, H. 2001. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*, Göttingen, Goltze.
- ESSL, F. 2004. *Grünland, Grünlandbrachen und Trockenrasen, Hochstauden- und Hochgrasfluren, Schlagfluren und Waldsäume, Gehölze des Offenlandes und Gebüsche*.

- ESSL, F., PAAR, M. & TRAXLER, A. 2002. *Rote Liste gefährdeter Biotoptypen Österreichs*, Umweltbundesamt.
- FISCHER, M. A. 2008. *Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol*, Linz, Land Oberösterreich OÖ. Landesmuseen.
- FROEBE, H. A. 1980. Randmusterbildung und Synorganisation bei strahlenden Apiaceendolden. *Plant Systematics and Evolution*, 133, 223-237.
- GRACE, J. & NELSON, M. 1981. Insects and their Pollen Loads at a Hybrid Heracleum Site. *New Phytologist*, 87, 413-423.
- HAWTHORN, L., BOHART, G. & TOOLE, E. Carrot seed yield and germination as affected by different levels of insect pollination. *Proc Am. Soc. Hort. Sci.*, 1956.
- HESLOP-HARRISON, Y. & SHIVANNA, K. R. 1977. The Receptive Surface of the Angiosperm Stigma. *Annals of Botany*, 41, 1233-1258.
- HESS, D. 2005. *Systematische Botanik*, UTB Verlag
- HOLZNER, W. 1971. BEMERKUNGEN ZUR UNKRAUTFLORA DER ÄCKER DES ÖSTERREICHISCHEN PANNONISCHEN RAUMES 3. Jahrgang, Heft 1—September 1971, 11.
- HOLZNER, W. 1986. *Österreichischer Trockenrasen-Katalog; "Steppen", "Heiden", Trockenwiesen, Magerwiesen: Bestand, Gefährdung, Möglichkeiten ihrer Erhaltung*, Wien.
- JEWISS-GAINES, A. & HUNTER, F. F. 2012. Pollination ecology of Queen Anne's Lace (Apiaceae: *Daucus carota*).
- JOPPA, L. N., ROBERTS, D. L. & PIMM, S. L. 2010. How many species of flowering plants are there? *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*.
- KÄSTNER, A., JÄGER, E. J. & SCHUBERT, R. 2013. *Handbuch der Segetalpflanzen Mitteleuropas*, Springer-Verlag.
- KING, C. & WILLMER, P. G. 2013. Why flower visitation is a poor proxy for pollination: measuring single-visit pollen deposition, with implications for pollination networks and conservation. *Methods in Ecology and Evolution*, 4, 811-818.
- KLUTE, R. T. 2013. Spontane Flora und Vegetation im Botanischen Garten der Universität für Bodenkultur Wien
Bestand und Eigenschaftsausprägungen wildwachsender Pflanzen auf dem Sonderstandort Botanischer Garten.

- LINDSEY, A. H. 1984. Reproductive biology of Apiacea. I. Floral visitors to Thaspium and Zizia and their importance in pollination. *American Journal of Botany*, 375-387.
- LONDO, G. 1976. The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio*, 33, 61-64.
- LUDWIG, G. & SCHNITTLER, M. 1996. *Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands*, Bundesamt für Naturschutz Bonn-Bad Godesberg.
- MACCHERINI, S. & SANTI, E. 2012. Long-term experimental restoration in a calcareous grassland: Identifying the most effective restoration strategies. *Biological Conservation*, 146, 123-135.
- MAIER, R. 2013. *Der Bisamberg, Naturinsel am Rande einer Millionenstadt*.
- MANDL, S. & SUKOPP, S. 2011. Bestäubungshandbuch für Gärtner, Landwirte und Imker. *Arbeitsgemeinschaft Bienenforschung an der Universität für Bodenkultur Wien*.
- MARSCHNER, G. 2015. *Botanische Spaziergänge, Bilder von Österreichs Flora* [Online]. Available: <http://www.botanische-spaziergaenge.at/> 2015].
- NIKLFELD, H. 1964. Zur xerothermen Vegetation im Osten Niederösterreichs mit Berücksichtigung angrenzender Gebiete. Wien.
- NIKLFELD, H. & GRIMS, F. 1999. *Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs*, Graz, Austria Medien Service.
- NIKLFELD, H. & SCHRATT-EHRENDORFER, L. 1999. Farn- und Blütenpflanzen. *NIKLFELD H.: Rote Liste gefährdeter Pflanzen Österreichs*, 2. Auflage
- OBERDORFER, E. 1994. *Pflanzensoziologische Exkursionsflora*, Stuttgart, Ulmer.
- OTTO, B. 2002. Merkmale von Samen, Früchten, generativen Germinulen und generativen Diasporen. *BIOLFLORE: Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland*, 177-196.
- PARTZSCH, M. 2012. Zur Keimungsbiologie von zwölf ausgewählten Ruderal-, Wiesen- und Xerothermrasenarten-Teil 5: Apiaceae. *Hercynia-Ökologie und Umwelt in Mitteleuropa*, 45, 173.
- PÉREZ-FERNÁNDEZ, M., CALVO-MAGRO, E., MONTANERO-FERNÁNDEZ, J. & OYOLA-ELASCO, J. 2006. Seed germination in response to chemicals: Effect of nitrogen and pH in the media. *Journal of environmental biology*, 27, 13.
- PETERS, C. 2015. *Bestäubung der Modellpflanzenart Orlaya grandiflora in der Schutzsammlung für Ackerbegleitflora des botanischen Gartens der Universität für Bodenkultur Wien*.

- POHLERT, T. 2015. The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR).
- POISSONET, P., ROMANE, F., AUSTIN, M. & VAN DER MAAREL, E. 2012. *Vegetation dynamics in grasslands, heathlands and mediterranean ligneous formations: Symposium of the Working Groups for Succession research on permanent plots, and Data-processing in phytosociology of the International Society for Vegetation Science, held at Montpellier, France, September 1980*, Springer Science & Business Media.
- RIES, C. 1992. *Überblick über die Ackerunkrautvegetation Österreichs und ihre Entwicklung in neuerer Zeit; mit zahlreichen Tabellen*, Berlin [u.a.], Cramer.
- SCHAGERL, A. 2012. *Advanced Motion Controlled HDR Panorama Time-lapse photography*.
- SCHNEIDER, C. & SUKOPP, U. 1994. *Biologisch-ökologische Grundlagen des Schutzes gefährdeter Segetalpflanzen*, Münster-Hiltrup, Landwirtschaftsverl.
- SCHRATT, L. 1990. *Rote Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen Niederösterreichs*, Inst. für Botanik der Univ. Wien.
- TILL, W. 2015. Herbarium WU, Virtual Herbaria JACQ.
- TRAXLER, A. & ESSL, F. 2005. *Moore, Sümpfe und Quellfluren, Hochgebirgsrasen, Polsterfluren, Rasenfragmente und Schneeböden, Äcker, Ackerraine, Weingärten und Ruderalfluren, Zwergstrauchheiden, geomorphologisch geprägte Biotoptypen; Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Österreichs*, Wien ; Graz, NWV - Neuer Wiss. Verl.
- UNEP. 2009. *Biodiversity, Development and Poverty Alleviation: Recognizing the Role of Biodiversity for Human Well-being* [Online]. Montreal: United Nations. Available: <https://www.cbd.int/2010/welcome/> [Accessed 21.01. 2016].
- WALDE, A. 1910. *Lateinisches etymologisches Wörterbuch. 1906. 2. umgearb. Aufl.*, Heidelberg.
- WEGNER, G. 2014. *Zeitraffer-Fotografie; Aufnahme, Bearbeitung und Produktion von Time-Lapse-Videos*, [Frechen], MITP.
- WENDELBERGER, G. 1986. Saum- und Mantelgesellschaften des pannonischen Raumes. *Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien*, 124, 41-46.
- WIESBAUER, H. & MAIER, R. 2013. *Der Bisamberg und die Alten Schanzen; Vielfalt am Rande der Großstadt Wien*, St. Pölten, Amt der NÖ Landesregierung Abt. Naturschutz.
- WILCOCK, C. & NEILAND, R. 2002. Pollination failure in plants: why it happens and when it matters. *Trends in plant science*, 7, 270-277.
- WILLMER, P. 2011. *Pollination and floral ecology*, Princeton University Press.

- ZUKRIGL, K. 2005. *Die Vegetation des Wiener Leopoldsberges*, Verlag der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich.
- ZYCH, M. 2006. On flower visitors and true pollinators: The case of protandrous *Heracleum sphondylium* L. (Apiaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 263, 159-179.

6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1, Auszug aus dem Etymologischem Wörterbuch , Walde 1910.....	13
Abbildung 2 Anthocyan reiche Hemirosette nach Überwinterung am Leopoldsberg	. 14
Abbildung 3, <i>Orlaya</i> mit Bestäuber in Diptam Saumgesellschaft (Jirik, Mai 2015)	15
Abbildung 4, Fruchtstand <i>Orlaya grandiflora</i> , Leopoldsberg (Jirik, Juli 2015).....	16
Abbildung 5, Verbreitung <i>Orlaya grandiflora</i> in Europa ((Kästner <i>et al.</i> , 2013).....	17
Abbildung 6, Untersuchungs-Standort Leopoldsberg, Südhang, Trockenrasen,	17
Abbildung 7, Österreichischer Anteil an der Pannonischen Florenprovinz	20
Abbildung 8, Leopoldsberg, südlicher Sonnenhang, Trockenrasen.....	21
Abbildung 9, Bisamberg, SSW Hang mit Steinbruch vom Leopoldsberg gesehen.....	22
Abbildung 10, Hundsheimer Berg, skelett und felsenreiche Südseite.....	23
Abbildung 11, Lageplan des botanischen Gartens der Universität für Bodenkultur	23
Abbildung 12, : Lage der Schutzsammlung Ackerbegleitflora	24
Abbildung 13, Schutzsammlung Ackerbegleitflora im Mai 2014	24
Abbildung 14, Mittels Organza isolierter Blütenstand von <i>Orlaya grandiflora</i>	26
Abbildung 15, 2 Kameras Lumix G6 bei der Arbeit am einem Lesesteinriegel	28
Abbildung 16, Diasporen in der Petrischale 90 mm.....	33
Abbildung 17, Keimung <i>Orlaya grandiflora</i> , Leopoldsberg 4. Oktober 2015	34
Abbildung 18 a) - f), Boxplot: Besuchdauer von Insekten an verschiedenen Standorten	40
Abbildung 19 a) - d), Boxplot: Samen-Eigenschaften von <i>Orlaya grandiflora</i>	43
Abbildung 20 a) - d), Boxplot: Samen-Eigenschaften von <i>Orlaya grandiflora</i>	44
Abbildung 21 a) - f), Boxplot: Keim-und Vitalitätsmerkmale	46
Abbildung 22 a) - f), Korrelation: Besuchdauer Insekten vs. Samen-und Keimansatz	49
Abbildung 23, Herbarauswertung <i>Orlaya</i> im Virtual Herbaria JACQ.....	50
Abbildung 24, Wien Umgebung, mit 4 Untersuchungs-Standorten	51
Abbildung 25, Alle Fundorte Leopoldsberg,.....	52
Abbildung 26, Blühaspekt <i>Orlaya</i> , Große Wiese Leopoldsberg	53
Abbildung 27, Gegenhangaufnahme mit Plots L01 bis L15 (Große Wiese)	53
Abbildung 28, Untersuchung Plots L01 bis L41 am Leopoldsberg	54
Abbildung 29, Untersuchung Plot B01 Bisamberg	55
Abbildung 30, Untersuchung Plot H01 bis H03 Südhang Hundsheimer Berg.....	56
Abbildung 31, Boxplot: Pflanzenmerkmale in verschiedenen Untersuchungs-Gebieten.....	58

Abbildung 32, Häufigkeit der Gefährdungskategorien der Biotoptypen von <i>Orlaya</i>	60
Abbildung 33, Dominante Insekten- Art am Leopoldsberg: <i>Oedemera podagrariae</i>	62
Abbildung 34, Besuchsdauer von Insekten im Botanischen Garten	63
Abbildung 35, Vergleich Samenansatz in % (Peters, 2015).....	66

6.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Synonyme von <i>Orlaya grandiflora</i>	12
Tabelle 2, Systematik.....	13
Tabelle 3, Zeigerwerte für <i>Orlaya grandiflora</i> (Ellenberg, 2001).....	18
Tabelle 4, Liste der Gefährdungskategorien bearbeitet	19
Tabelle 5, Eigenschaften Panasonic Lumix DMC-G6	29
Tabelle 6, Fotoausrüstung.....	30
Tabelle 7, Aufnahme Plots und Sammelgebiete der Diasporen	32
Tabelle 8, Skalen-Transformation (Poissonet <i>et al.</i> , 2012) modifiziert.....	36
Tabelle 9, 4 Untersuchungs-Gebiete mit ihrer Verortung	51
Tabelle 10 a) b), Plots Leopoldsberg, Hundsheimer Berg und Bisamberg.....	55
Tabelle 11, Biotoptypen von Untersuchungs-Plots mit Gefährdungskategorien	59
Tabelle 12, Vegetationsaufnahmen in Londo Skala	80

6.4 Anhang

6.4.1 Gefährdungskategorien Biotope

0 = VOLLSTÄNDIG VERNICHTET

Biotoptypen, die in Österreich ehemals autochthon vorgekommen sind, deren Bestände mit typischer Ausprägung heute aber vollkommen verschwunden sind. Eine Voraussetzung für diese Zuordnung ist, dass typische Ausbildungen des Biotoptyps nicht bekannt sind und nach 1970 nicht mehr nachgewiesen werden konnten.

Korrespondierende IUCN-Kategorie: RE = Regionally Extinct

1 = VON VOLLSTÄNDIGER VERNICHTUNG BEDROHT

Biotoptypen, deren Bestände mit typischer Ausprägung so schwerwiegend bedroht sind, dass mit deren vollständiger Vernichtung in absehbarer Zeit gerechnet werden muss, wenn die Gefährdungsursachen in Zukunft fortbestehen und wirksame Hilfsmaßnahmen nicht unternommen werden bzw. wegfallen.

Korrespondierende IUCN-Kategorie: CR = Critically Endangered

2 = STARK GEFÄHRDET

Biotoptypen, deren Bestände mit typischer Ausprägung erheblich zurückgegangen oder durch laufende bzw. absehbare menschliche Einwirkungen erheblich bedroht sind.

Korrespondierende IUCN-Kategorie: EN = Endangered

3 = GEFÄHRDET

Biotoptypen, deren Bestände mit typischer Ausprägung merklich zurückgegangen sind oder durch laufende bzw. absehbare menschliche Einwirkungen bedroht sind.

Korrespondierende IUCN-Kategorie: VU = Vulnerable

G = GEFÄHRDUNG ANZUNEHMEN

Biotoptypen, die sehr wahrscheinlich bedroht sind. Das vorhandene Datenmaterial lässt auf eine Gefährdung schließen, die Informationen reichen aber nicht für eine Einstufung in die Kategorien 1 bis 3 aus.

R = EXTREM SELTEN

Biotoptypen, die seit jeher extrem selten gewesen sind beziehungsweise sehr lokal vorkommen. Es ist gegenwärtig keine Bedrohung feststellbar, durch seine Seltenheit kann der Biotoptyp aber durch unvorhersehbare menschliche Einwirkungen schlagartig ausgerottet oder erheblich dezimiert werden.

Korrespondierende IUCN-Kategorie: SU = Susceptible

V = VORWARNSTUFE

Gegenwärtig nicht gefährdete Biotoptypen, die allerdings in einem großen Teil ihres früheren Verbreitungsareals bereits selten geworden oder qualitativ stark beeinträchtigt sind. Bei einem Fortbestehen der bestandesreduzierenden oder beeinträchtigenden anthropogenen Einwirkungen ist in naher Zukunft eine Einstufung in die Kategorie „gefährdet“ wahrscheinlich.

Korrespondierende IUCN-Kategorie: NT = Near Threatened

– = UNGEFÄHRDET

Gegenwärtig nicht bedrohte Biotoptypen. Eine Differenzierung in „derzeit nicht gefährdete“ und „mit Sicherheit ungefährdete“ Biotoptypen (vgl. SCHNITTLER et al. 1994) erfolgt nicht.

Korrespondierende IUCN-Kategorie: LC = Least Concern

D = DATEN DEFIZITÄR

Biotoptypen, bei denen die vorliegenden Daten so ungenügend sind, dass keine möglich erscheint.

Korrespondierende IUCN-Kategorie: DD = Data Deficient Einstufung

Liste der Gefährdungskategorien (Essl et al., 2002) modifiziert

6.4.2 Tabelle Vegetationsaufnahmen

Tabelle 12, Vegetationsaufnahmen in Londo Skala tlw. transformiert, Z (Zukrigl, 2005), U Bot.Garten BOKU, L Leopoldsbg, B Bisambg, Hundsheimer Bg, E ruderales Trockenwiese, C Steinriegel

Plot Nummer	U01	Z33	L01	L02	L03	Z34	L11	L12	L13	L14	L15	Z32	L31	L32	Z70	L21	L22	L41	H01	H02	B01	
Zukrigel Gesellschaft		E2	C	C	C	C				C												
Zukrigel Plot Nr.		33	33	33	33	34	34	34	34	34	34	32	32	32	70			70				
Aufnahme Jahr	2015	2003	2015	2015	2015	2003	2015	2015	2015	2015	2015	2003	2015	2015	2003	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
<i>Acer campestre</i>																						0,4
<i>Achillea pannonica /aggr.</i>		1	1	0,4	1	4	1	0,4				4	1	0,4	2	0,2	0,2					0,4
<i>Acinos arvensis</i>	Quendel	0,2													0,4							0,4
<i>Allium vineale</i>	Weinbergslauch		0,1		0,1			0,1			0,1		0,1									
<i>Allium flavum</i>	Gelber Lauch					0,4			0,1		0,1	0,2							0,2		0,1	
<i>Anthemis tinctoria</i>	Färberkamille								1							1						
<i>Agrostemma githago</i>	Kornrade	0,2																				
<i>Anthriscus cerefolium</i>	Echter Kerbel				0,1												0,1	0,2				
<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glatthafer	1	4	3	4	2	0,4		0,2	1	0,4	1	1	0,4	1				1		1	
<i>Aster linosyris</i>	Aster Goldschopf											2										0,4
<i>Ballota nigra</i>	Schwarznessel							2			0,2											0,4
<i>Brachypodium pinnatum</i>	Zwenke		0,4	0,4	0,4	0,4															2	0,4
<i>Bromus erectus</i>																					5	3
<i>Centaurea stoebe</i>	Rispen-Flockenblume		0,1			4				1			1									
<i>Clematis vitalba</i>	Waldrebe															1						
<i>Consolida regalis</i>	Feld Rittersporn							0,1	0,1		0,1											
<i>Convolvulus arvensis</i>	Ackerwinde				0,2	0,2						0,2										
<i>Cornus mas</i>			0,2												4							0,4
<i>Dictamnus albus</i>	Diptam																					0,4
<i>Echium vulgare</i>	Natterkopf																					0,2
<i>Elymus hispidus</i>	Graugrüne Quecke			2	1	1	1						1	0,4								

<i>Eryngium campestre</i>	Feld-Mannstreu	1			0,4	0,4					0,2	1	0,4				0,1	0,1		
<i>Euphorbia cyparissias</i>	Zypressen-Wolfsmilch	0,4	0,4	0,2	1	0,2		0,4	1		0,2	0,4	0,2		0,2	0,4	0,2		0,4	0,4
<i>Falcaria vulgaris</i>	Gemeine Sichelmöhre	0,2				1					0,4			0,1	1					
<i>Festuca rupicola</i>	Schwengel, horstbildend	1	1					0,4												
<i>Fragaria viridis</i>						0,2					0,2							0,2	1	
<i>Fraxinus excelsior</i>		0,4						2						0,4			1			1
<i>Inula oculus-christi</i>	Christusaugen-Alant	0,2				1					0,4									
<i>Laser trilobum</i>		0,2						1												
<i>Lotus corniculatus aggr.</i>	Gwöhnlicher Hornklee																	0,4	0,2	
<i>Medicago sativa ssp.</i>	Sichel Klee	0,4		0,4		0,2					0,4									
<i>Melica sp.</i>	Perlgras					0,4		0,2	0,2	1	0,4	0,2			0,4	0,2		1		
<i>Orlaya grandiflora</i>	Strahlen-Breitsame	5		3	2	1	0,4	0,4	3	2	5	3	0,2	1	1	0,2	1	3	0,4	0,2
<i>Poa angustifolia</i>		0,4											0,4							
<i>Prunus mahaleb</i>	Badener Weichsel																			
<i>Prunus spinosa</i>	Schlehdorn	1	1		2						1	2	7	1						
<i>Pyrus pyrastrer</i>	Birne	1																		
<i>Quercus pubescens</i>	Flaum Eiche																			
<i>Rhamnus cathartica</i>	Purgier-Kreuzdorn																0,2		1	
<i>Rosa sect.caninae</i>	Hundsrose																		1	
<i>Salvia nemorosa</i>	Steppensalbei	1	0,4		0,2	1		0,2	1		0,2				0,2					
<i>Salvia pratensis</i>	Wiesensalbei																			0,2
<i>Sesleria caerulea</i>	Kalk-Blaugras																			0,4
<i>Teucrium chamaedrys</i>	Edel-Gamander	0,4	0,2	0,4	0,1	0,4	0,2	0,1	0,2		0,2			1	0,4	2	0,2	1	0,4	
<i>Trifolium medium</i>		0,4																		
<i>Verbascum speciosum</i>	Pracht- Königskerze	0,4				0,2			0,2		0,4	0,2								
<i>Vicia tenuifolia</i>	Schmalblatt-Wicke	1	1	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2		0,2	0,2		0,4					0,2	0,2
<i>Vincetoxicum hirndinaria</i>								1						0,4		0,4				1

6.5 Curriculum Vitae

Personal Data

Name: Robert Jirik Bakk.rer.nat.
Born: April 04, 1953 in Vienna, Austria
Nationality: Austrian

Education

1972 Technical High School Diploma for Nuclear Energy, TGM Vienna
1972 Military service in Austrian Research Center, Seibersdorf, Austria
1975 Master Craftsman's Diploma in Mechatronics
1977 Title Award "Ingenieur" , Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie, Austria
2008-2016 Study of Nutritional Sciences, Faculty of Life Science University of Vienna
2009 Internship Comprehensive Cancer Center Vienna
2010 Bachelor thesis at Cancer Research Inst., Medical. University, Vienna "Health Effects of Lycopene"
2011 Graduated as Bachelor of Science, University of Vienna
2012 Master Student Molecular Nutrition

Career History

1972-1975 Development Engineer, Bitt Messtechnik GmbH, Vienna,
1975-1981 Service and Sales Engineer, Universal Electronic GmbH, Vienna
1981-1985 Managing Director , Keithley Instrument GmbH, Vienna
1985-2007 Founding and Managing Jirik Messtechnik, Vienna, Austria

Vienna, 18.03.2016



Robert Jirik