Populationsbiologische Untersuchungen an Scabiosa ochroleuca auf Weinbergböschungen



Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur der Studienrichtung Landschaftsplanung und Landschaftspflege an der Universität für Bodenkultur

Nora Mohr

Betreuung durch:

Univ. Prof. Dipl. Geograph Dr. rer. nat. Karl-Georg Bernhardt,
Univ. Ass. Dr. rer. nat. Matthias Kropf

Institut für Botanik Universität für Bodenkultur

Wien, Oktober 2008

Danksagung

Ich danke Prof. Bernhardt für sein Vertrauen bei der Themenvergabe und dafür, dass er die Feldarbeiten meinen zeitlichen Möglichkeiten angepasst hat. Er hob außerdem bei unseren vielen Besprechungen über meine Arbeit immer das Positive hervor und motivierte mich. Vielen Dank für seine große Geduld, als am Ende alles sehr stressig wurde und die rasche Durchsicht im Morgengrauen.

Matthias Kropf gilt mein herzlichster Dank für seinen fachlichen Rat, seine konstruktiven Anregungen, sein jederzeit offenes Ohr für meine zahlreichen Fragen, die ermunternden Worte und akribische Durchsicht der Arbeit.

Bedanken möchte ich mich bei meinen Eltern, dass sie mir das Leben in Wien, das Studium und die Diplomarbeit finanziell ermöglicht haben und besonders bei meiner Mutter, die mir wochenlang bei all meinen Feldarbeiten geduldig helfend zur Seite gestanden ist. Weiters danke ich meiner Großmutter, die mich ein paar Tage lang ebenfalls im Feld unterstützt hat.

Last but not least gilt mein Dank meinem wundervollen Ehemann Niki für seine moralische Unterstützung, seinen Glauben an mich, sein Interesse an meiner Arbeit, seine Geduld und für die Erledigung aller Arbeiten im Haushalt, was mir während des intensiven Schreibens den Rücken frei hielt.

Inhaltsangabe

1.	Abs	tract	. 4
2.	Einl	leitung	5
		Bedeutung für den Naturschutz	
		Bedeutung für genetische Analysen	
		Ziel der Arbeit	
3.	Das	Untersuchungsobjekt	8
	3.1	Stellung im Pflanzensystem	8
	3.2	Allgemeine Beschreibung	8
	3.3	Stängel und Blätter	8
	3.4	Blütenstände	9
	3.5	Blüten	9
	3.6	Frucht	. 10
	3.7	Vorkommen	. 10
4.	Unt	ersuchungsgebiete	. 11
	4.1	Geografische Lage	. 11
	4.2	Bewirtschaftung	. 14
	4.3	Klima	. 14
	4.4	Boden und Geologie	. 15
5.	Arb	eitsmethodeneitsmethoden	. 16
	5.1	Aufnahme der Böschungen	. 16
	5.2	Aufnahme der Populationen von <i>Scabiosa ochroleuca</i>	. 16
	5.3	Aufnahme der ausgewählten Individuen	. 17
		5.3.1 Statistische Auswertung	. 19
		5.3.2 Samenproben	. 20
		5.3.3 Blattproben	. 20
	5.4	Keimversuche	. 20
	5.5	Erfassung der Bestäuber	. 21
	5.6	Bestäubungsexperiment	. 22
6.	Erg	ebnisse	. 24
	6.1	Die Böschungen	. 24
		6.1.1 Allgemeine Parameter	
		6.1.2 Pflanzen-beeinflussende Parameter	. 25
		6.1.3 Vegetation	. 26

	6.2	Die Populationen	. 32
		6.2.1 Anzahl und Individuen	. 32
		6.2.2 Lage aller Individuen der Böschungen in Hollenburg	. 33
		6.2.3 Blühdauer	. 33
	6.3	Die Individuen	. 35
		6.3.1 Struktur der Daten	. 35
		6.3.2 Dichte	. 36
		6.3.3 Blühdauer der Individuen	. 38
		6.3.4 Blühdauer der Blütenköpfchen	. 40
		6.3.5 Seitenrosetten und Synfloreszenzen	. 42
		6.3.6 Blütenköpfchen und Verzweigungen	. 43
		6.3.7 Blütendurchschnitt bei der Haupt- und bei der 2. Blüte	. 45
		6.3.8 Anzahl der befruchteten Samen und Bestäubungsrate	. 46
		6.3.9 Zusammenfassung der Ergebnisse "Individuen"	. 49
	6.4	Keimversuche	. 51
		6.4.1 Ergebnisse der Keimraten	. 51
		6.4.2 Analyse der Gruppenunterschiede	. 51
		6.4.3 Analyse der täglichen Keimraten	. 52
	6.5	Bestäuber	. 53
		6.5.1 Übersicht über die Bestäuber-Gruppen auf Scabiosa ochroleuca	. 53
		6.5.2 Analyse des Anteils der Bestäuber getrennt nach Gruppen	. 57
		6.5.3 Analyse der Tagesgänge	. 58
		6.5.4 Unquantifizierbare Beobachtungen	. 59
	6.6	Bestäubungsexperiment	. 61
7.	Disk	cussion	62
	7.1	Die Böschungen	. 62
		Die Populationen	
	7.3	Die Individuen	
	7.4	Keimversuche	
	7.5	Bestäuber	. 70
	7.6	Bestäubungsexperiment	
	7.7	Abschließende kritische Betrachtung	
8.	Zus	ammenfassung	.75
9.	Oue	ellen	77
-•	-Zuc		
	hang		
A1:		Boden und Geologie	
A2:		Vegetationsaufnahmen	
А3	a-c:	Karten mit der Verteilung aller Individuen von Scabiosa ochroleuca auf den drei	

Böschungen in Hollenburg

1. Abstract

The research areas of this diploma thesis are part of a highly structured landscape, the "Oberes Traisental" in Lower Austria. *Scabiosa ochroleuca* grows on slopes situated between the vineyards. Various population biology parameters were investigated focussing on small scaled differences. The results serve as groundwork for future analysis of the genetic variability.

Vegetation mapping confirmed *Scabiosa ochroleuca* as index species of the *Cirsio-Brachipodion pinnati*, but it also populates *Arrhenatherion* communities and eutrophic slopes. Average indicator values according to ELLENBERG (2001) for the slopes compared to the specifications concerning *Sc. ochroleuca* show that the plant could cope with more open and dryer conditions as fulfilled at the meadows. Besides, it favours warmer and more continental conditions since it colonises the Western margin of its geographical range in Austria. The species showed high tolerance towards nutrient-rich sites despite its low assigned nitrogen-indicator-value.

The results of the search for advantageous conditions for reproduction are ambiguous: All categories of slopes, expositions or slope angles benefit certain parameters of the plant; consequently, *Sc. ochroleuca* can reproduce successfully under various conditions. Mowing the meadows once a year retards scrub encroachment and benefits high densities of the study species. A certain date of mowing is not important due to rapid regeneration abilities of the plant. Further experiments proved lower germination rates of seeds reaped at individuals from dense populations and of immature seeds.

Observations of the pollinators on flower heads show high rates of bees, bumblebees and hoverflies. Butterflies, flies, bugs and wasps were also observed attending *Sc. ochroleuca* but effective pollination is uncertain. Finally spontaneous self-pollination was proved to be impossible and a pollination rate of 62 percent fruit set can be expected under natural conditions.

2. Einleitung

Diese Diplomarbeit versucht als populationsbiologische Untersuchung die Variabilität des Blühverhaltens von *Scabiosa ochroleuca* vor dem Hintergrund des Bestäuberspektrums zu charakterisieren. Insgesamt soll versucht werden, kleinräumige Diversitätsmuster der genetischen Variabilität zu erkennen. Hierbei stellt meine Arbeit die grundlegenden Voraussetzungen.

Die Daten wurden in drei verschiedenen Gebieten - Mautern, Hollenburg und Traismauer - im niederösterreichischen Traisental, auf insgesamt 8 verschiedenen Böschungen, die sich zwischen Weingärten befinden, gesammelt. Diese Böschungen wurden im Zuge des universitären Projekts der BOKU Wien "Entwicklung eines Botanischen Zielartenkonzeptes in einer Weinbaulandschaft" (BERNHARDT et al. 2002), in diversen Diplomarbeiten (vgl. LIDL 2004, FREIß 2005, RUMETSHOFER 2005 und LEDOLTER 2006) sowie einer Dissertation (LAUBHANN 2007) in anderem Zusammenhang bereits bearbeitet und stellen teilweise naturschutzfachlich wertvolle Biotoptypen, wie beispielsweise Halbtrockenrasen, dar. Auf den Böschungen wurden diverse Einflussgrößen wie Vegetation zur Blühzeit, die Art der Pflege, Exposition und Neigung sowie der Aufbau der Populationen von *Scabiosa ochroleuca* ermittelt und bei ausgewählten Einzelindividuen populationsbiologische Parameter (wie Anzahl der Seitenrosetten, Blütenanzahl und Blühdauer, Samenproduktion, usw.) erhoben. In der folgenden statistischen Auswertung sollten die Unterschiede zwischen den Populationen und Individuen ermittelt werden und welche Parameter der Böschungen Einfluss auf die populationsbiologischen Parameter haben.

Außerdem wurde auf jeder Böschung Art und Anzahl der Bestäuber aufgenommen und Bestäubungsversuche unternommen, um Bestäubungsrate und mögliche Selbstbestäubung ermitteln zu können. Inzuchtdepression und der Verlust von Allelen in Folge von Selbstbestäubung kann letztlich die Fitness von Individuen vermindern und die Möglichkeit einer Auslöschung der Population erhöhen (BARRET & KOHN 1991).

Das Befruchtungssystem spielt eine entscheidende Rolle, wie schnell die genetische Variation in Populationen sinkt und wie groß die Anfälligkeit eines Individuums gegenüber erhöhter Inzucht ist. Pflanzen versuchen auf vielfältige Weise Selbstbestäubung zu verhindern, daher ist die Erforschung des Befruchtungssystems von großer Wichtigkeit für die Erforschung evolutionärer Prozesse in Populationen (HEDRICK 1990).

Im Labor wurden weiters Keimversuche mit den gesammelten Samen durchgeführt, um Unterschiede im Reproduktionserfolg in Bezug zur Individuendichte herausfinden zu können.

2.1 Bedeutung für den Naturschutz

Im Naturschutz ist es oft notwendig konkrete Zahlen über Flächenansprüche oder optimale Lebensbedingungen in Bezug auf Fauna und Flora zu kennen. Leider weiß man aber oft nur wenig Exaktes über die Ansprüche einzelner Arten.

Auch CORNELIUS (1991) hat in seinem Beitrag darauf hingewiesen, dass eine Verbindung der populationsbiologischen Arbeitsansätze mit den Erkenntnissen der Vegetationskunde für die Forschung im Bereich des Naturschutzes neue Impulse setzen könnte.

Scabiosa ochroleuca, typisch für zum Beispiel Halbtrockenrasen (*Bromion erecti*) (MUCINA &KOLBEK 1993) ist zwar in den Gebieten, in denen sie vorkommt, keineswegs selten anzutreffen, durch die größere Fülle an Individuen lassen sich jedoch beispielsweise beim Monitoring gefährdeter Biotoptypen viel eher Tendenzen erkennen als bei Einzelfunden sehr seltener Arten wie Orchideen. Das punktuelle Fehlen oder Vorhandensein dieser gefährdeten Arten auf einzelnen Flächen besitzt aufgrund ihrer engen ökologischen Einnischung nur geringe Aussagekraft über deren ökologische Wertigkeit (MÜCKSCHEL 2001).

Da bisher auch wenig über die Beziehung Bestäuber und Scheinblüten der *Dipsacaceae* bekannt ist - in diesem Sinne will diese Diplomarbeit das Wissen um eine Art erhöhen, die vielleicht erst auf den zweiten Blick naturschutzfachlich relevant erscheint.

2.2 Bedeutung für genetische Analysen

Ähnlich wie die genetischen Analysen, die bereits innerhalb der Gattung gemacht wurden, nämlich bei *Scabiosa columbaria* (vgl. VAN TREUREN et al. 1991 und 1994, PLUESS & STÖCKLIN 2004) sind am Institut für Botanik der BOKU Wien genetische Analysen bei *Scabiosa ochroleuca* in Bezug auf genetische Diversität bzw. Differenzierung sowie Ausbreitungsmöglichkeiten der Art geplant. Hier stehen wie bei vielen Arbeiten aus diesem Projekt die kleinräumigen Verund Ausbreitungsmuster im Fokus.

Auch MASOMI (2005) und BARMANN (2007) beschäftigten sich mit den Zusammenhängen zwischen geografischer und genetischer Distanz innerhalb der Arten *Aster amellus*, *Gentianella austriaca*, *Pulsatilla grandis und Stachys recta* auf den Weinbergböschungen von Mautern während in der Diplomarbeit von STADLER (2006) die genetische Struktur von *Gentianella aspera*-Populationen untersucht wurde.

Im Zuge der Feldarbeiten wurde den ausgewählten Individuen für die genetischen Analysen Blattproben entnommen sowie die Position aller Individuen auf drei Böschungen exemplarisch bestimmt. Für die genetischen Untersuchungen an dieser Pflanze sind populationsbiologische Parameter wie Blühverhalten, Bestäubung und Befruchtung sehr hilfreich, da mit ihnen zusätzliche Hintergrundinformation über genetische Diversitätsmuster bereitgestellt werden kann.

2.3 Ziel der Arbeit

Die Beantwortung der Fragen, welche Rahmenbedingungen die besten Voraussetzungen für die Fitness von *Scabiosa ochroleuca* bieten und welche populationsbiologischen Parameter Auskunft über Reproduktion und Populationsdynamik geben können, waren das übergeordnete Ziel dieser Diplomarbeit.

In Bezug auf naturschutzfachliche Planungen soll außerdem geklärt werden, welche Aussagekraft *Scabiosa ochroleuca* als Charakterart für Halbtrockenrasen, magere Glatthaferwiesen oder andere Pflanzengesellschaften von naturschutzfachlichem Wert besitzt und wie wichtig die Wahl einer bestimmten Mähfrequenz oder eines günstigen Mahdzeitpunkt für die Art ist.

Mittels Keimversuchen soll die These überprüft werden, ob die Samen von Individuen, die in dichten Kohorten wachsen, im Vergleich zu Individuen in lockeren Beständen, infolge von Nährstoffkonkurrenz oder verminderter Fitness durch Gen-Austausch mit nah verwandten Individuen, unterschiedlich gut keimen.

Ein weiteres Ziel der Arbeit war, herauszufinden, welche Insekten die Blüten von *Scabiosa ochroleuca* besuchen. Mittels Bestäubungsexperimenten soll außerdem der Frage nachgegangen werden, inwieweit die Anzahl der gebildeten Samen durch die Bestäubungsleistung der Insekten unter natürlichen Bedingungen limitiert ist und schließlich geprüft werden, ob spontane Selbstbestäubung bei *Scabiosa ochroleuca* möglich ist.

3. Das Untersuchungsobjekt

Daten aus FISCHER M., OSWALD K., ADLER W. (2008) sowie AICHELE D. & SCHWEGLER H-W. (2000)

Scabiosa ochroleuca L., Gelbe Knopfblume, Gelb-Skabiose, Gelblichweiße Skabiose

3.1 Stellung im Pflanzensystem

(FISCHER M., OSWALD K., ADLER W. 2008)

Abteilung *Spermatophyta* (Samenpflanzen)

- Unterabteilung *Angiospermophytina* (Bedecktsamer)
 - Klasse *Rosopsida* (Dreifurchenpollen-Zweikeimblättrige)
 - Unterklasse Asteridae (Asternpflanzen)
 - Überordnung *Dipsacanae* (Kardenblütige)
 - Ordnung *Dipsacales* (Kardenartige)
 - Familie *Dipsacaceae* (Kardengewächse)
 - Gattung **Scabiosa** (Skabiose, Grindkraut)

3.2 Allgemeine Beschreibung

Krautig;

Höhe 20-60cm

zwei- oder mehrjähriger bis ausdauernder Hemikryptophyt.

Blütezeit: Juli - November Fruchtzeit: Juli - Dezember

3.3 Stängel und Blätter

Stängel meist verzweigt, in der unteren Hälfte oft behaart, zuweilen praktisch kahl. Laubblätter gegenständig; Nebenblätter fehlend;

Grundblätter meist 1x-fiederschnittig mit erheblich größerem, oft im Umriss eiförmiglanzettlichen Endblättchen, am Rand oft (unterseits) auf den Nerven meistdeutlich behaart, sonst auch kahl;

mittlere Stängelblätter gegenständig, 1-2x fiederschnittig, ihre seitlichen Zipfel 0,5-2 mm breit; Endzipfel kaum breiter als die Seitenzipfel (siehe Abbildung 3.1);



Abbildung 3.1: Spektrum der verschiedenen Blattformen

3.4 Blütenstände

Blütenstände als Köpfchen von Hochblättern umgeben, Korbboden mit Spreublättern; Blütenstand schirmartig;

Korb hat 1,5-3,5 cm Durchmesser;

Hüllblätter meist in 2 Reihen; 2,5-1,2-mal so lang wie die Randblüten; schmal-lanzettlich, am Rand mit sehr kurzen Haaren (0,1 mm).

3.5 Blüten

Blüten zwitterblütig und ± zygomorph, protrandrisch, 4-5zählig mit Außenkelch, oft in den Achseln mit Deckblättern (=Spreublätter), randständige Blüten strahlend, 1-1,8 cm lang; Kelch verschieden gestaltet, an der Frucht erhalten bleibend, Außenkelch oben mit einem ± abstehendem, ca. 1mm breitem, ungegliederten Hauptsaum, 5 fuchsrote (später bräunliche) Kelchborsten 3-5 mm lang bzw. 2-3 mal so lang wie der Außenkelch (siehe Abbildung 3.3); Krone 5-spaltig, blass- bis hellgelb, verwachsenblättrig, ± röhrig (siehe Abbildung 3.2); meist 4 Staubblätter, selten 2; Fruchtknoten unterständig; 1 Griffel;





Abbildung 3.3 (links): Knospen mit deutlich sichtbaren Kelchborsten

Abbildung 3.4 (rechts): voll aufgeblühtes Blütenköpfchen

3.6 Frucht

Frucht ist eine Nuss (Achäne).

Die Verbreitung erfolgt durch den Wind (Anemochorie).



Abbildung 3.5 - 3.6: Samenstand, Samenstand offen und einzelne Samen (Rastergröße 5 x 5 mm)

3.7 Vorkommen

selten.

Trockenrasen, Steppenrasen, trockene Wiesen, Böschungen, Bahndämme, Waldränder etwas kalk liebend, braucht sandig-lehmigen Boden, geht auch auf Löss (siehe Abbildung 3.7). colline bis montane Stufe



Abbildung 3.8: Scabiosa ochroleuca direkt auf Löss

Hauptverbreitung im südlichen Osteuropa, in Mitteleuropa an der Westgrenze ihrer Verbreitung. vereinzelt am Südrand des Taunus, in den östlichen Bundesländern Deutschlands und Österreich selten, in der Schweiz gelegentlich eingeschleppt und meist unbeständig. In Deutschland verbreitet im Osten, westlich bis Pommern, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Sachsen, sonst nur bei Frankfurt / Main (SCHMEIL & FITSCHEN 2003). Kommt in Österreich in allen Bundesländern vor: im Pannonikum häufig, sonst zerstreut bis

4. Untersuchungsgebiete

4.1 Geografische Lage

Das Untersuchungsgebiet, in dem sich die einzelnen Arbeitsstandorte befinden, liegt im Zentrum von Niederösterreich, nördlich von St. Pölten aber noch südlich der Donau. Es gehört, obwohl in der Nähe der Donau gelegen, nicht mehr zur Wachau, sondern bereits zum oberen Traisental. Die ausgewählten Böschungen befinden sich in drei verschiedenen Gebieten, in Mautern an der "Alten Point", in Hollenburg im "Kleefeld" und in Traismauer am Fuße des Nasenbergs.

Die einzelnen Gebiete befinden sich in einem Umkreis von ca. 17 Kilometer, die Entfernung zwischen Mautern und Hollenburg beträgt rund 10 Kilometer.

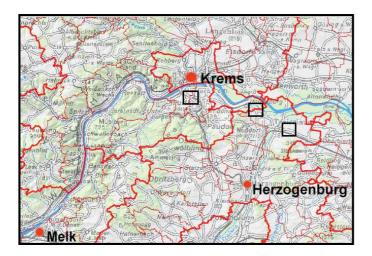


Abbildung 4.1: Lage der drei ausgewählten Standorte im Raum Krems (Quelle: www.noe.gv.at, verändert)

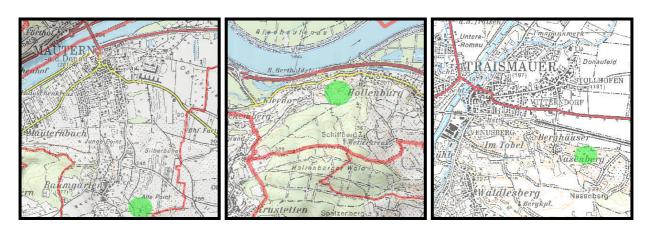


Abbildung 4.2 (links): Standort Mautern (Quelle: www.bev.at, verändert)

Abbildung 4.3 (Mitte): Standort Hollenburg (Quelle: www.bev.at, verändert)

Abbildung 4.4 (rechts): Standort Traismauer (Quelle: www.bev.at, verändert)

Mautern

Mautern liegt südlich von Krems, die untersuchten Böschungen befinden sich bei der Katastralgemeinde Baumgarten, an der so genannten "Alten Point", dessen Name sich auf den der Weinriede in diesem Bereich bezieht. Die Böschungen liegen auf den sanften Hügeln der alten Donauterrassen südlich der Donau und sind nordexponiert.







Abbildung 4.5 - 4.6: Böschung A, Böschung B, Böschung H

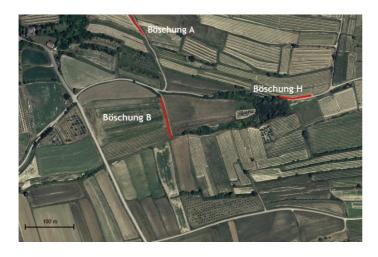


Abbildung 4.7: Orthofoto des Standorts Mautern mit Lage der Böschungen (Quelle: eigene Darstellung aufbauend auf Laubhann 2007, Kartengrundlage: Orthofoto des BEV Wiens)

Hollenburg

Hollenburg liegt ein Stück flussab unmittelbar südlich der Donau am Fuße des Schiffbergs. Auf diesem Berg befindet sich das so genannte Wetterkreuz, die kleine Kapelle im Wald ist ein beliebtes Ausflugsziel. Die untersuchten Böschungen liegen direkt im Süden des Ortes und sind nur über einen Feldweg zu erreichen.







Abbildung 4.8 - 4.9: Böschung C, Böschung D, Böschung E

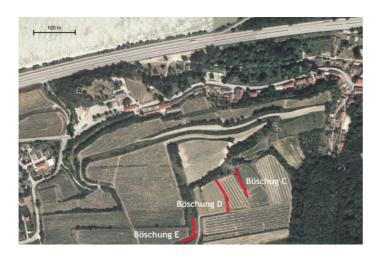


Abbildung 4.10: Orthofoto des Standorts Hollenburg mit Lage der Böschungen (Quelle: eigene Darstellung aufbauend auf Laubhann 2007, Kartengrundlage: Orthofoto des BEV Wiens)

Traismauer

Traismauer liegt an der S33 nördlich von Herzogenburg beziehungsweise südlich der Donau. Die untersuchten Böschungen liegen beide im Osten der Stadt auf der ersten Donauterrasse am Fuße den Nasenbergs, der von tiefen Hohlwegen durchzogen wird.



Abbildung 4.11 und 4.12: Böschung F und Böschung G



Abbildung 4.13: Orthofoto des Standorts Traismauer mit Lage der Böschungen (Quelle: eigene Darstellung aufbauend auf Laubhann 2007, Kartengrundlage: Orthofoto des BEV Wiens)

4.2 Bewirtschaftung

Die Untersuchungsgebiete sind vor allem durch den regen Weinbau geprägt, weiters werden Obstbäume – vor allem Marillen – in Plantagen kultiviert sowie vereinzelt Ackerbau betrieben. Dadurch, dass die Weingärten auf Hängen angelegt sind, war es notwendig, den Hang zu terrassieren, was die große Anzahl an (dazwischen liegenden) Böschungen bedingt. Auf diesen Weinbergböschungen ist auch *Scabiosa ochroleuca* zu finden. Die artenreichen Böschungen sind wie bereits erwähnt naturschutzfachlich sehr wertvoll, weshalb das Untersuchungsgebiet im Bereich Mautern zum Natura 2000 Gebiet mit einer Fläche von rund 45800 ha erklärt wurde ("Wachau-Jauerling" gemäß FFH-Richtlinie). Außerdem grenzt das Schutzgebiet "Tullnerfelder Donauauen" mit seinen beinahe 20 000 ha im Norden an die Gebiete Hollenburg und Traismauer(vgl. GEOLAND 2008).

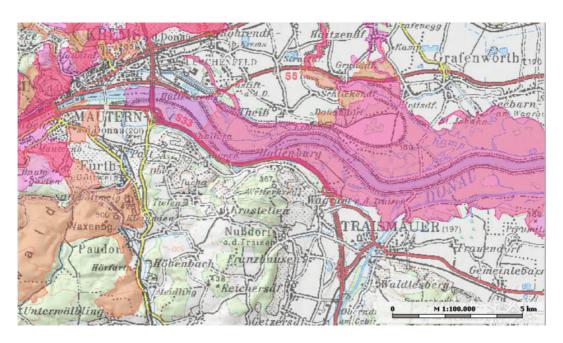


Abbildung 4.14: Übersicht über die Natura 2000 Gebiete im Untersuchungsgebiet. Rosa gekennzeichnet sind die Schutzgebiete. (Quelle: Niederösterreich-Atlas online)

4.3 Klima

Das Klima des Untersuchungsgebietes ist bei einem Jahresniederschlag von 515,7 mm und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 9,4°C (Quelle: ZAMG) als randpannonisch (subkontinental) einzustufen. Aus pflanzengeografischer Sicht befindet sich das Gebiet am westlichen Rand des Pannonikums, wobei eine genaue Grenzziehung zum nördlichen Vorland schwierig ist. Durch die besondere klimatische Situation finden sich im oberen Traisental viele thermophile Pflanzenarten, die ihre Hauptverbreitung außerhalb Österreichs besitzen. Neben submediterranen und mediterranen Arten wurden pontische und pannonische Arten nachgewiesen (BERNHARDT et al. 2005).

4.4 Boden und Geologie

siehe Anhang A1

Zusammenfassung

Das Untersuchungsgebiet liegt an der Grenze zwischen den südlichsten Ausläufern der Gneise der Böhmischen Masse und der Molassezone. Die Böschungen befinden sich einige Meter über dem Niveau der Donau auf ehemaligen Donauterrassen. Überwiegendes Gestein unter den teils mächtigen Löss- und Lehmauflagen sind Schotter der Donau und tertiärer Gerinne, das Hollenburg-Karlstettner-Konglomerat sowie Oncophora-Schichten der Molasse (GEOLOGISCHE KARTE DER REPUBLIK ÖSTERREICH 1984).

Grob umrissen sind die vorherrschende Böden kalkhaltige Rigolböden aus Löss, sie gliedern sich in Lehm, lehmigen Ton oder lehmige Feinsande mit unterschiedlich günstiger Wasserdurchlässigkeit und -haltevermögen (ÖSTERREICHISCHE BODENKARTIERUNG 1963). FRAISS 2005, RUMETSHOFER 2005 und LAUBHANN 2007 haben die Böschungen in ihren Arbeiten als magere Glatthaferwiesen, verbuschte Halbtrockenrasen, nährstoffreiche Böschungen oder Lössböschungen eingestuft. Die ökologische Bedeutung der einzelnen Böschungen umfasst das ganze Spektrum von hoher über mäßige bis niedrige ökologische Bedeutung.

5. Arbeitsmethoden

5.1 Aufnahme der Böschungen

Bei jeder der acht Böschungen wurden folgende Parameter aufgenommen:

Größe, Exposition, Neigung, Pflege, angrenzende Bewirtschaftungsform und Vegetation. Die Größe wurde mit der mit Hilfe eines Maßbandes aufgenommenen Höhe und Länge der Böschung errechnet. Die Exposition wurde anhand der vom Institut für Botanik bereitgestellten Orthofotos des BEV Wien bestimmt, die Neigung aus seitlich aufgenommen Fotos der Böschungen in Grad heraus gemessen.

Die Pflege wurde als Häufigkeit der Mahd definiert, einerseits die übliche Anzahl an Mahden, sowie die während des Aufnahme-Jahres vorgenommen Anzahl. Diese Anzahlen unterscheiden sich insofern, als die Bauern, die diese Böschungen pflegen gebeten wurden im betreffenden Jahr während der Aufnahmedauer nicht zu mähen, um bei den Pflanzen auch die Samenanzahl sowie die Blühdauer aufnehmen zu können.

Die angrenzende Bewirtschaftungsform wurde als Weinkultur oder durch die im Jahr der Aufnahme angebauten Feldfrüchte definiert.

Die Vegetationsaufnahmen wurden Mitte September durchgeführt, wobei nur diejenigen Pflanzen angesprochen wurden, die zum Zeitpunkt der Aufnahme geblüht haben. Dieses ungewöhnlich späte Aufnahmedatum ist dadurch zu erklären, dass die Notwendigkeit einer Bestanderfassung erst spät erkannt wurde. Die Pflanzen wurden katalogisiert, verschiedenen Biotoptypen zugeordnet und die ökologischen Zeigerwerte nach Ellenberg (ELLENBERG 2001) ermittelt sowie den Ergänzungen durch KARRER (http://statedv.boku.ac.at/zeigerwerte/) für die Anpassung der Werte an österreichische Verhältnisse.

Mit Hilfe dieser Zeigerwerte wurde anschließend für jede Böschung Durchschnitts-Werte errechnet und mit Hilfe von MS EXCEL grafisch aufbereitet. Da die Vegetation erst im September erhoben wurde, sind die Pflanzenlisten nicht vollständig und damit auch die errechneten Durchschnittswerte nur als Richtwerte zu sehen. Auf eine statistische Analyse, in die diese Werte hineinfließen, um eventuelle Einflüsse erkunden zu können, wurde daher verzichtet.

5.2 Aufnahme der Populationen von Scabiosa ochroleuca

Auf den untersuchten Böschungen wurden alle Individuen von *Scabiosa ochroleuca* gezählt und sollten anschließend zu Populationen zusammengefasst werden. Leider war es vor Ort nicht

möglich, Populationen abzugrenzen weshalb die Gesamtindividuenzahl einer Böschung als eine Population definiert und räumlich etwas getrennte Gruppen als "Cluster" charakterisiert. Für die genetischen Analysen, die Dr. Kropf im Anschluss an diese Arbeit vornehmen wird, war es notwendig, die genaue Position aller Individuen von *Scabiosa ochroleuca* auf den drei Böschungen in Hollenburg (C, D und E) zu kennen. Daher wurden mit Hilfe eines aus Schnüren gespannten 1x1m-Raster alle Individuen aufgenommen (siehe Abbildung 5.1), in eine Skizze eingetragen und im Zeichenprogramm Paint.net gezeichnet.



Abbildung 5.2: Rasterfelder aus Schnüren auf Böschung C in Hollenburg

Weiters wurde für jede Böschung der Blühbeginn sowie das Blühende ermittelt, wobei die Zeitpunkte auf eine Woche genau bestimmt wurden.

5.3 Aufnahme der ausgewählten Individuen

Auf jeder Böschung wurden 20 Individuen zufällig ausgewählt, ihre genaue Lage auf der Böschung bestimmt und mittels Stecketiketten aus dem Gärtnereibedarf markiert.



Abbildung 5.3: Markierung der ausgewählten Individuen mit Buchstaben für die Böschung und fortlaufender Nummer

Von jedem der ausgewählten Individuen wurden diverse populationsbiologische Parameter erhoben. Diese waren Anzahl der Seitenrosetten, Anzahl der Synfloreszenzen (Gesamtheit der endständigen Blütenstände mit vegetativem Unterbau; FISCHER M., OSWALD K., ADLER W. 2008), Anzahl der Verzweigungen und Anzahl der Blütenköpfchen. Weiters wurden bei jedem der je 20 Individuen drei Blütenköpfchen zur Hauptblütezeit im Juli bzw. August ausgewählt und die Anzahl der Blüten in diesem Köpfchen bestimmt. Gegen Ende der Blütezeit im September und Oktober wurden pro Pflanze nochmals ein Blütenköpfchen ausgezählt um eventuelle Unterschiede in der Anzahl der Blüten feststellen zu können Mit dieser späten Zählung sollte die These getestet werden, ob die Anzahl der Blüten pro Köpfchen im Herbst geringer ist als zur Hauptblütezeit).

Weiters wurden bei je 3 Samenköpfchen pro Individuum die Anzahl der Samen gezählt, auch unter dem Gesichtspunkt, dass von der Anzahl der befruchteten und der unbefruchteten Samen eines Köpfchens auf die Bestäubungsrate geschlossen werden kann. Um die Samen später archivieren zu können und der Tatsache, dass die Zählung sehr aufwendig mit Pinzetten durchgeführt werden musste, wurden sie Samenköpfchen einzeln in Papiertütchen gesammelt und später im Labor ausgezählt.

Angestrebt wurde ursprünglich, das Sammeln aller Samenköpfchen aller Individuen einer Böschung innerhalb eines Tages und die aller Böschungen innerhalb eines engen Zeitraumes (z.B. einer Woche) durchzuführen. Aufgrund der Tatsache, dass jedoch bei manchen kleineren Individuen zum einem bestimmten Zeitpunkt jeweils nur ein einzelnes Samenköpfchen reif war, musste diese Strategie verworfen werden. Es wurde daher so lange gesammelt, bis pro Pflanze drei Samenköpfchen beisammen waren. Die ausgezählten Samenköpfchen waren nicht

dieselben, bei denen auch die Anzahl der Blüten pro Blütenköpfchen gezählt wurden, da Zählzeitpunkte zu weit auseinander lagen.

Da bei jedem Individuum jeweils drei Blütenköpfchen und Samenköpfchen ausgezählt wurden und sich dadurch auch drei verschiedene Bestäubungsraten ergeben, wurde für die weiterführenden statistischen Analysen pro Individuum ein Durchschnittswert errechnet.

Analog zu den Aufnahmen, die bei den Populationen gemacht wurden, wurden auch bei jedem der ausgewählten Pflanzen der Blühbeginn sowie das Blühende beobachtet, wobei die Zeitpunkte wie oben auf eine Woche genau bestimmt wurden.

Zusätzlich wurden insgesamt 12 Blütenköpfchen zufällig ausgewählt und deren Blühdauer beobachtet. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Verteilung der männlichen und weiblichen Blühphase gelegt.

5.3.1 Statistische Auswertung

Die Daten wurden im MS EXCEL und SPSS einerseits deskriptiv, also unter Verwendung von Box-Plots, Balkendiagrammen und Histogrammen, ausgewertet.

Weiters wurde mittels eines Kruskal-Wallis-Tests im SPSS ermittelt, ob die unterschiedlichen unabhängigen Variablen, also die böschungsbezogenen Parameter (z.B. Exposition, Neigung, Mahd-Häufigkeit, usw.) einen signifikanten Einfluss auf die, bei den je 20 ausgewählten Individuen erhobenen populationsbiologischen Parameter haben. Um auch jene Einflussfaktoren zu berücksichtigen, die nicht in der Feldarbeit erhoben wurden, wurde die Nummer "Böschung" als unabhängige Variable miteinbezogen. Solche Faktoren könnten zum Beispiel Größe der Böschung, angrenzende Populationen von *Scabiosa ochroleuca*, Beschattung ab einer gewissen Tageszeit usw. sein.

Der Kruskal-Wallis-Test ist eine nichtparametrische ANOVA mit mehreren unabhängigen Variabeln stellt eine Alternative zur einfachen Varianzanalyse dar und ist dann sinnvoll einzusetzen, wenn die bei der Varianzanalyse notwendige Normalverteilungsannahme nicht erfüllt ist. Als einzige Vorraussetzung reicht die Annahme stetiger Verteilungen (STRELEC 2003/2004).

Als zweite Analysemethode wurde deshalb mithilfe von SPSS eine Korrelationsanalyse nach Kendall durchgeführt (Standardeinstellung: paarweises Testen, zweiseitiger Test). Die Ergebnisse sind normierte Werte zwischen minus 1 und 1, als Maß für die Stärke des linearen Zusammenhangs zwischen den beiden gestesteten Parametern (Werte von \pm 0,1 - 0,3 entsprechen einer schwachen Korrelation, Werte von \pm 0,3 - 0,5 einer mittleren und Werte von \pm 0,5 - 1 einem starken Zusammenhang).

Werte unter 0 bedeuten umgekehrte Proportionalität, Werte über 0 sprechen für einen proportionalen (linearen) Zusammenhang.

Bei der Berechnung der Korrelationen wird mittels eines nichtparametrischen Tests bei Verwendung von SPSS gleichzeitig auch auf Signifikanz des Ergebnisses getestet.

5.3.2 Samenproben

Um für weiterführende Studien an *Scabiosa ochroleuca* Samenmaterial von den 20 populationsökologisch erfassten Individuen verfügbar zu haben, wurden, wie oben bereits erwähnt, alle ausgezählten Samenköpfchen (also 3 pro ausgewähltem Individuum) in Papiertüten gesammelt und bei Zimmertemperatur in lichtundurchlässigen Kartonboxen archiviert.

Weiters wurden auch die Samen aller Blütenköpfchen des Bestäubungsexperiments getrennt nach Versuchsreihe (freie Bestäubung/ Selbstbestäubung/ Pinselbestäubung) ebenfalls bei denselben Bedingungen archiviert.

5.3.3 Blattproben

Für die genetischen Untersuchungen von Dr. Kropf wurden ausgewählten Individuen von *Scabiosa ochroleuca* Blattproben entnommen. Dazu wurde ein relativ junges Blatt der Pflanzen entfernt und in beschriftete Pergament-Tütchen gesteckt. Jeweils 10 dieser Tüten wurden zusammen mit Silica-Gel-Kügelchen in ein Plastik-Säckchen gegeben und für spätere Untersuchungen archiviert.

Folgende Pflanzen wurden dabei beprobt:

- jedes der jeweils 20 ausgewählten Individuen pro Böschung
- alle Pflanzen von je 2 Rasterfeldern (1x1m) und zusätzlich die gleiche Anzahl an Individuen, die sich in den Rasterfeldern ergeben hat, repräsentativ verteilt auf der gesamten Böschung, (bei den Böschungen C und E)
- alle Individuen der Böschung D

5.4 Keimversuche

Mit den von den ausgewählten Individuen gesammelten Samen sowie den Samen der "freien Bestäubung" wurden zwei Versuchsreihen von Keimversuchen durchgeführt.

Dazu wurden zuerst Individuen herausgesucht, die auf den untersuchten Böschungen sehr isoliert stehen ("Allein stehende Individuen") sowie Individuen, die in Bereichen wachsen, in denen **Scabiosa ochroleuca** dicht gedrängt wächst ("im Pulk stehende Individuen").

Pro Versuchsreihe wurden von jeder Dichtegruppe bei 5 Individuen von verschiedenen Böschungen alle befruchteten Samen eines Köpfchens ausgezählt und in getrennten Petri-Schalen (eine Schale pro Individuum) gegeben.

Als Kontrollgruppe wurden jeweils 35 befruchtete Samen der Gruppe "freie Bestäubung" des Bestäubungsexperiment herangezogen, da diese aufgrund der bei der Reifung über gestülpten Organza-Säckchen reif geerntet werden konnten. Weiters ist zu erwähnen, dass die Pflanzen, von denen die Samen stammen in einem relativ dichten Pulk wachsen.

Die Samen wurden im Winter nach 6 bzw. 7 Monaten unter oben erwähnten Lagerbedingungen in getrocknetem Zustand unstratifiziert in Petrischalen auf Filterpapier gesetzt und im Keimschrank des Institutes für Botanik bei einem 12-Stunden Zyklus mit 20° beziehungsweise 10° bei ständiger Beleuchtung zum Keimen gebracht. Diese Parameter des Experiments wurden analog zu den Keimexperimenten mit *Scabiosa columbaria* bei MÜCKSCHEL (2001) ausprobiert und haben sich letztlich auch für *Scabiosa ochroleuca* als geeignete Keimbedingungen erwiesen.

Die Keimrate wurde laufend ca. alle 2-3 Tage ermittelt und nach dem Ende der Keimzeit wurden die Tochter-Pflänzchen von je einem frei stehenden und einem im Pulk wachsenden Individuum in Tontöpfchen gepflanzt, um für Blattproben für weiterführende Studien über genetischen Austausch von Dr. Kropf zur Verfügung zu stehen.



Abbildung 5.4: Auspflanzen der gekeimten Samenproben im Glashaus

5.5 Erfassung der Bestäuber

Aufgrund der Tatsache, dass bis dato weitgehend unbekannt war, wer *Scabiosa ochroleuca* bestäubt, wurden an einem Tag pro Böschung die Bestäuber in qualitativer und quantitativer Hinsicht aufgenommen. Beobachtet wurden an einem möglichst sonnigen und windarmen

Erfassungstag von 8:30 bis 17:30 (in Anlehnung an das Experiment von PONTIN 2006) jede Stunde eine Viertelstunde lang 15 Blütenköpfchen innerhalb eines ca. 2x2 Meter großen Bereiches.

Da zwei Böschungen in Mautern und Hollenburg gemäht wurden, war es nicht möglich, hier die Bestäuber zu erfassen; die Aufnahmen beschränken sich daher auf 6 Böschungen.

Die Bestäuber wurden getrennt nach Groß-Gruppen gezählt, also eingeteilt in Hummeln, Bienen (Honig- und Wildbienen), Schwebfliegen, Fliegen, Wanzen, Käfer und Falter (Tagfalter, Eulenfalter, Widderchen und Bärenspinner).

Um die Bestäubung auch in quantitativer Hinsicht erfassen zu können, wurden jeweils die Blütenbesuche pro Köpfchen gezählt, wobei alle Köpfchen zusammengezählt wurden. Flog ein Bestäuber vier verschiedene Köpfchen nacheinander an, wurde das folglich als vier Besuche erfasst.

Zusätzlich wurde versucht, alle vorkommenden Bestäuber-Arten mittels Foto zu dokumentieren, wobei sich aufgrund der großen Bestäuber-Viefalt und auch -Zahl dies als nicht vollständig durchführbar erwies.

Weiters wurde in Bezug auf das Verhalten der Bestäuber festgehalten, wie die Blütenköpfchen von einem Tier "abgesucht" werden, wie lange die Verweildauer auf einem Köpfchen ist und ob die Bestäuber in einem Sammelgang verschiedene Pflanzenarten anfliegen oder *Scabiosa ochroleuca* "treu" bleiben. Diese Angaben konnten aufgrund der oben angeführten großen Bestäuber-Zahl nicht quantitativ sondern nur exemplarisch erfasst werden.

5.6 Bestäubungsexperiment

Ziel dieses Experiment war herauszufinden, ob bei *Scabiosa ochroleuca* Selbstbestäubung möglich ist und inwieweit die Bestäuber in der freien Natur einen limitierenden Faktor bei der Bestäubungsrate darstellen.

Dazu wurden auf einer Böschung in Krustetten, also einer Böschung völlig unabhängig von den zuvor erfassten Standorten, 60 Blütenköpfchen von verschiedenen Individuen von *Scabiosa ochroleuca* ausgewählt und in 3 Gruppen eingeteilt:

- die frei bestäubten Köpfchen (F),
- die spontan-selbst-bestäubten Köpfchen (S) und
- die mit Pinsel fremd-bestäubten Köpfchen (P)

Bei allen ausgewählten Blütenköpfchen wurden am Beginn des Experimentes die Knospen gezählt, um die potentiell mögliche Samenzahl zu ermitteln. Weiters wurden die Köpfchen

der Gruppen mittels Zahlen (1-20) und Buchstaben (F, S, P) markiert, um später jedem Köpfchen die exakte Knospen- und eine Samenzahl zuweisen zu können.

Bei der Gruppe F wurden die Köpfchen nur wie oben beschrieben markiert und bis zum Abfallen der Blütenblätter sich selbst überlassen. Nach dem Verblühen wurden die Köpfchen bis zur Ernte in kleine Stoff-Säckchen (Organza) gehüllt, um ein Ausfallen der Samen zu verhindern.



Abbildung 5.5: Markierung mittels Plastik-Täfelchen bei Blütenköpfchen von Gruppe F

Die Köpfchen der Gruppe S wurden von Anfang an in Säckchen verpackt, um jegliche Fremd-Bestäubung ausschließen zu können und bis zur Ernte der Samen in diesen Säckchen belassen.



Abbildung 5.6: Organzasäckchen auf den Blütenköpfchen um Bestäuber fernzuhalten

Während der "männlichen Phase" des Köpfchens, in der nur die Staubblätter aus den Blüten ragen, wurden die Staubbeutel entfernt. Während der anschließenden "weiblichen Phase" wurde an mehreren Tagen bis zum völligen Abblühen der Köpfchen mittels Pinsel Blütenstaub von benachbarten Individuen von *Scabiosa ochroleuca* aufgenommen und auf die Narben der ausgewählten Köpfchen getupft. Die Organza-Säckchen wurden auch in dieser Gruppe bis zur Ernte der Samen auf den Köpfchen belassen.

6. Ergebnisse

6.1 Die Böschungen

6.1.1 Allgemeine Parameter

Tabelle 6.1: Übersicht über erhobene Parameter der einzelnen ausgewählten Böschungen

Böschung	Maße [m]	Flächen [m2]	Fläche [m2] mit Sc. ochroleuca	angrenzende Bewirtschaftungsformen
Α	120 x 0-15	900	450	Wein
В	85 x 3,5-6,50	424	424	Sonnenblumen, Wein, Getreide
Н	56 x 1,3	73	73	Wein
С	66 x 7,5-13,5	693	552	Wein
D	80 x 3,5-6,5	350	210	Wein
E	61 x 15-25	1080	1080	Wein, Gehölze, Brache
F	52,3 x 3,9-8,5	526	292	Wein
G -kurz	18,3 x 0-3,6	33	33	Wein
G-lang	55 x 2,5-3,3	165	69	Wein

Bemerkung zur angrenzenden Bewirtschaftungsform:

Alle Böschungen grenzen zumindest teilweise an Weinkulturen (siehe Abbildung 6.1), was auch den Titel dieser Arbeit rechtfertigt.

Manche Böschungen werden außerdem kleinräumig entweder am Böschungsfuß oder an der - Krone von Schotter- oder Löss-Wegen oder asphaltierten Straßen niedriger Ordnung begrenzt. Rund um Böschung B wird auch Ackerbau betrieben: eine Tatsache, die auch von der Bodenkarte untermauert wird, da hier besonders gute Böden vorherrschen.



Abbildung 6.1: Böschung mit Scabiosa ochroleuca und angrenzender Weinkultur

6.1.2 Pflanzen-beeinflussende Parameter

Tabelle 6.2: Übersicht über Pflanzen beeinflussenden Parameter der ausgewählten Böschungen

Böschung	hung Exposition Neigung [°] Pflege normal		Pflege heuer	Mahdzeitpunkt	
Α	NO	40	2x gemäht 2x gemäht		Frühjahr, Sommer
В	0	35	1x gemäht	1x gemäht	Herbst
Н	S	35	2x gemäht	1x gemäht	Frühjahr
С	SW	30	ungemäht, verbuscht	ungemäht	-
D	SW	0/35	ungemäht/2x gemäht	2x gemäht	Sommer
E	SW	25 - 35	1x gemäht	ungemäht	-
F	0	50 - 70	2x gemäht	1x gemäht	Frühjahr
G-kurz	W	45	1x gemäht	ungemäht	-
G-lang	W	35	1x gemäht	1x gemäht	Sommer

Die Böschungen unterscheiden sich in diesen Parametern sehr stark voneinander.

Für die statistische Auswertung wäre eine gleichmäßige Besetzung von Exposition, Neigung oder Pflegehäufigkeit in Bezug auf die Böschungen günstiger gewesen. Diese Unregelmäßigkeiten kommen dadurch zustande, dass nur auf Böschungen erhoben werden konnte, die eine ausreichende Anzahl an Individuen von *Scabiosa ochroleuca* aufwiesen, nämlich annähernd 20. Diese Vorraussetzung wurde bei den wenigsten Standorten erfüllt, auch wenn bei Vegetationserhebungen der vorangegangenen Arbeiten (LAUBHANN 2007) ein Bestand von *Scabiosa ochroleuca* nachgewiesen werden konnte.

Für die nachfolgenden Analysen wurden die Neigungswinkel für eine bessere Übersichtlichkeit in 4 Kategorien eingeteilt und zwar so, dass die Anzahl der Beobachtungen für jede Klasse ungefähr gleich ist: 0°, 1°-33°, 34°-35°, 36°-70°.

Unterschiede zwischen Pflegehäufigkeiten bei "Pflege normal" und "Pflege heuer" ergeben sich dadurch, dass die bewirtschaftenden Bauern für die Dauer der Feldarbeiten gebeten wurden, das Mähen zu unterlassen. Wie die Pflege der Böschungen üblicherweise erfolgt, wurde in Gesprächen mit den Bewirtschaftern ermittelt, oder konnte dem Pflegezustand entnommen werden (bei starker Verbuschung).

Da die Böschung A in Mautern leider Ende Juli abgemäht wurde und sich die Pflanzen nicht mehr erholten (wie es bei den Böschungen D und G der Fall war), waren Erhebungen der Samen und resultierender Bestäubungsrate unmöglich geworden. Als Ersatz wurde deshalb Böschung H herangezogen, wodurch sich die Zahl der untersuchten Böschungen von 7 auf 8 erhöhte und auch die ungewöhnliche Böschungsbenennung in Mautern mit A, B und H erklären lässt.

6.1.3 Vegetation

Pflanzenliste geordnet nach Biotoptypen siehe Anhang A2

Tabelle 6.3: Anzahl der auf den einzelnen Böschungen erhobenen Arten, sortiert nach Biotoptyp

	В	Н	С	D	Е	F	G-kurz	G-lang
Halbtrockenrasen	10	10	10	12	11	4	5	2
Glatthaferwiesen	6	7	5	7	7	5	3	4
Verbrachungszeiger	0	2	5	2	4	2	4	2
Ruderalisierungs - & Stickstoffzeiger	3	2	6	5	6	2	5	6

Die Böschungen B bis E (inklusiv H) weisen einen deutlichen Überhang an Halbtrockenrasenarten auf, während die Böschung F eher Richtung magere Glatthaferwiese tendiert und G anteilsmäßig viele Ruderalisierungs- und Stickstoffzeiger zählt, was sich bei den Zeigerwerten nach ELLENBERG (2001) auch im vergleichsweise hohen N-Wert von durchschnittlich 5,3 niederschlägt.

6.1.3.1 Beschreibungen zu den Biotoptypen

Halbtrockenrasen

Wiesenähnliche, von Gräsern (*Bromus erectus*) dominierte, bunte kräuterreiche Bestände, die sekundär durch Eingriffe des Menschen (Rodung, Mahd, Beweidung) entstanden sind; auf trockenen mehr oder weniger nährstoffarmen Standorten. Pflanzendichte und -höhe liegen zwischen Wirtschaftsgrünland und Trockenrasen. Die Pflanzen von Halbtrockenrasen sind im Unterschied zur Trockenrasenvegetation breitblättriger, hochwüchsiger und weniger trockenheitsangepasst. Halbtrockenrasen sind aufgrund von Nutzungsaufgabe und folgendem Brachfallen wegen der unrentablen Bewirtschaftung sowie durch ertragssteigernde Düngung stark gefährdet (HOLZNER 1989).

Trockene Glatthaferwiese

Abwechslungsreiche, durch die Vielfalt an bunt blühenden Wiesenkräutern und zahlreichen Schmetterlingen besonders reizvolle Wiesen, die auch Arten des Halbtrockenrasens aufweisen und auf sonnigen, trockenen Hängen siedeln.

Trockene Glatthaferwiesen gehen oft durch Düngung aus Halbtrockenrasen hervor, die jährliche Mahd ist notwendig, um das Aufkommen mehrjähriger, ausdauernder Pionierpflanzen wie Reitgras, Wegwarte und *Rosa canina* zu verhindern. Charakteristisch sind neben *Arrhenatherum elatius* auch *Bromus erectus*, *Salvia pratensis*, *Scabiosa*-Arten, *Hypericum perforatum*, *Polygala* spp und *Thymus* spp. Aufgrund des niedrigen Ertrags sind diese Wiesen durch Nutzungsaufgabe oder Aufforstung besonders gefährdet (HOLZNER 1989).

Kräuterdominierte, trockene Grünlandbrache

Wiesen mit Dominanz bunter, dicht- und hochwüchsiger Kräuter; die Vielzahl blütenbesuchender Insekten und die vereinzelten Gehölze bietet ein harmonisches Bild. Die dicke Streuschicht lässt nur hochwüchsigeren, kräftigeren Kräutern eine Chance. In der Fläche stehen vereinzelt Gehölze. Die dichte Vegetationsschicht verhindert ein Aufkommen von kleine Sträuchern und Keimlingen. Die Vegetation setzt sich aus Wiesenpflanzen wie Hypericum-Arten, Galium-Arten, Centaurea scabiosa, Aster amellus, Seseli libanotis, etc. und Saumpflanzen wie Agrimonia eupatoria oder Coronilla varia zusammen. Für blütenbesuchende Insekten sind die versaumten Wiesen- und Weidebrachen besonders wertvoll, da durch die spät blühenden Saumpflanzen ihr Nahrungsangebot erhöht und die Sammelzeit verlängert wird (HOLZNER 1989).

Ruderalbiotope

Als ruderal werden vom Menschen geschaffene oder stark gestörte Substrate oder Standorte bezeichnet, deren Pflanzenbestände sich in rascher Entwicklung befinden. Die Ruderalvegetation ist reich an eingeschleppten und verwilderten Pionieren und kann beträchtliche Artenzahlen aufweisen. Der Naturschutzwert ist aufgrund der als problematisch einzustufenden Neophyten sowie mancher als Unkräuter beschimpften Arten umstritten (HOLZNER 1989).

<u>Lösswände</u> (Böschung F)

Die kleinen bis über 10 Meter hohe Steilwände sind vegetationsarm, dafür oft von zahlreichen Tieren wie Insekten und Vögeln besiedelt und dann mit kleineren und größeren Höhlen übersät. Wichtiges Element in der Kulturlandschaft in Weinbaugebieten. Entstehen durch die Terrassierungen im Weinbau und bieten günstige Bedingungen für höhlengrabende und wärmebedürftige Tiere. Ab 70° Neigungswinkel werden Lösswände von Halbtrockenrasenarten wie *Bromus erectus, Galium glaucum, Sedum album* und *Scabiosa ochroleuca* bewachsen. In den Löss graben solitäre Bienen (Furchen-, Seiden-, Mauerbienen), Wespen (Grab-, Weg-, Faltenwespen) ihre Nisthöhlen und sind wichtige Bestäuber und Schädlingsvertilger. Schmetterlinge finden in Spalten und Ritzen Verpuppungsplätze und können sich zusammen mit Fliegen, Libellen und Reptilien wie Zaun- und Smaragdeidechse oder Schlingnatter an windgeschützten, vegetationslosen Stellen sonnen. Die große Zahl an Beutetieren lockt Räuber wie Ameisenlöwe, Spinnen, Wespen und Raubfliegen sowie Vögel (Grauschnäpper, Hausrotschwanz, Bienefresser) an (HOLZNER 1989).

6.1.3.2 Zeigerwerte nach Ellenberg

Pflanzensoziologisch wird *Scabiosa ochroleuca* von ELLENBERG (2001)als eine Art des *Cirsio-Brachypodion pinnati* (subkontinentale Halbtrockenrasen) beschrieben (5.3.1.2), eine

Pflanzengesellschaft, die zur Klasse des *Festuco-Brometea* (Kalkmagerrasen) gehört. MUCINA (1993) zählt *Scabiosa ochroleuca* zu den Charakterarten der Halbtrockenrasen im weitesten Sinn mit schwachem Verbandscharakter.

Ökologisch gesehen ist sie eine Licht-Pflanze (8) und Wärmezeiger (7) mit Schwergewicht im östlichen Mittel- und angrenzenden Osteuropa (subkontinental, 6). Weiters gilt sie als Trockniszeiger (3), weist auf Kalk hin (8) und steht auf stickstoffarmen bis -ärmsten Standorten (ELLENBERG 2001).

Die Auswertung der Erfassung der Vegetation der Böschungen hat folgende Durchschnittswerte der Zeigerwerte für die einzelnen Böschungen ergeben (da die zwei Teile von Böschung G, die durch einen Weg getrennt sind, sich als sehr unterschiedlich erwiesen haben, werden sie in den folgenden Tabellen in getrennten Zeilen angeführt). Da, wie bereits erwähnt, die Pflanzenlisten nicht vollständig sind, sind die errechneten Durchschnittswerte nur als Richtwerte zu sehen.

Tabelle 6.4: Durchschnittswerte der erhobenen Zeigerwerte nach Ellenberg (2001) für die ausgewählten Böschungen

	Ökologisches Verhalten - Österreich					
	L	Т	К	F	R	N
Scabiosa ochroleuca	8	7	6	3	8	2
В	7,6	6,1	4,9	3,6	7,8	3,6
Н	7,6	6,3	4,1	3,6	7,9	3,7
С	7,4	5,9	4,1	3,7	7,5	3,7
D	7,6	5,9	4,8	3,7	7,3	4,0
E	7,3	5,6	4,3	3,9	7,3	3,6
F	7,5	6,0	4,3	3,5	7,4	3,6
G-k	7,7	5,9	5,2	3,9	7,6	5,0
G-I	7,0	6,0	3,3	4,6	7,7	5,8
Ø	7,5	6,0	4,4	3,8	7,5	4,1

Legende (nach ELLENBERG 2001 und KARRER - gekürzt)

L-Lichtzahl

- 5 Halbschattenpflanze
- 6 zwischen 5 und 7
- 7 Halblichtpflanze
- 8 Lichtpflanze

T-Temperaturzahl

- **5** Mäßigwärmezeiger (tiefe bis montane Lagen)
- 6 zwischen 5 u. 7
- 7 Wärmezeiger

K-Kontinentalitätszahl

- 2 ozeanisch
- 3 zwischen 2 u. 4
- 4 subozeanisch
- 5 intermediär
- 6 subkontinental

F-Feuchtezahl

- 3 Trockniszeiger
- 4 zwischen 3 u. 5
- 5 Frischezeiger

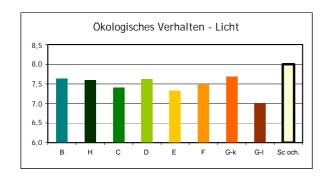
R-Reaktionszahl

- 7 Schwachsäure bis Schwachbasenzeiger
- 8 zw. 7 u. 9, d.h. meist auf Kalk zeigend
- 9 Basen- & Kalkzeiger, auf kalkreichen Böden

N-Stickstoffzahl

- 1 stickstoffärmste Standorte anzeigend
- 2 zwischen 1 u. 3
- **3** auf N-armen Standorten häufiger als auf mittelmäßigen
- 4 zwischen 3 u. 5
- 5 mäßig N-reiche Standorte anzeigend
- 6 zwischen 5 u. 7
- 7 an N-reichen Standorten

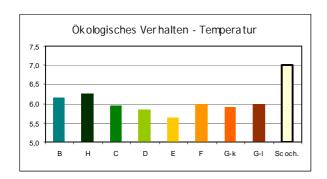
6.1.3.3 Licht

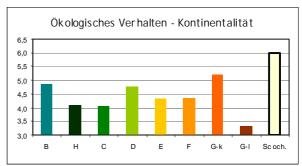


Grafik 6.1: Vergleich der Durchschnittswerte des Zeigerwerts Licht

Die Vegetation der untersuchten Böschungen wird von Halblicht - bis Lichtpflanzen dominiert, die Lichtverhältnisse liegen zwischen 7 und 8. *Scabiosa ochroleuca* als Lichtpflanze braucht viel Licht, weshalb diese Pflanze auch nicht auf Böschungen anzutreffen ist, die mit *Clematis*-Ranken oder *Urtica dioica* überwuchert sind. Abgesehen von Böschung G-I, auf der *Sambucus ebulus* (Zwerg-Holunder) die Böschung beschattet, scheinen die Standorte den Bedürfnissen von *Scabiosa ochroleuca* gerecht zu werden.

6.1.3.4 Temperatur und Kontinentalität:



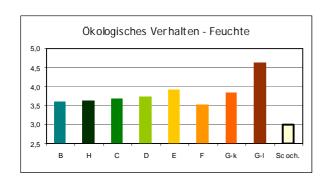


Grafik 6.2 und 6.3: Vergleich der Durchschnittswerte der Zeigerwerte Temperatur und Kontinentalität

Die Unterschiede der Temperatur-Werte sind auf einem so begrenzten Untersuchungsgebiet wie dem oberen Traisental naturgemäß sehr gering.

Ganz anders verhält es sich bei den Kontinentalitätswerten, bei denen deutlich kleinere Schwankungen zu erwarten wären. Die Werte der Böschungen liegen zwischen subozeanisch und intermediär, während *Scabiosa ochroleuca* als Pflanze des Pannonikum subkontinentale Verhältnisse bevorzugt.

6.1.3.5 Feuchte

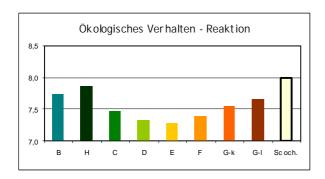


Grafik 6.4: Vergleich der Durchschnittswerte des Zeigerwerts Feuchte

Scabiosa ochroleuca kommt auf Trockenrasen, trockenen Wiesen und dergleichen vor (vgl. Kapitel 3 - das Untersuchungsobjekt). Die Böschungen im Untersuchungsgebiet, magere Glatthaferwiesen und Halbtrockenrasen, sind deutlich frischer als es dem Zeigerwert von *Scabiosa ochroleuca* entsprechen würde.

Besonders auf Böschung G-I ergeben sich frische Verhältnisse durch den dichten und hohen Bewuchs *Sambucus ebulus*.

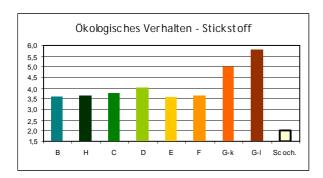
6.1.3.6 Reaktion:



Grafik 6.5: Vergleich der Durchschnittswerte des Zeigerwerts Reaktion

Alle Böschungen befinden sich im basischen Bereich, was sich durch die kalkhaltige Lössauflage erklären lässt. Die donaunahen Böschungen C, D und E in Hollenburg weisen einen hohen Skelettanteil von Donauschotter auf, der den pH-Wert des Bodens deutlich senkt.

6.1.3.7 Stickstoff



Grafik 6.6: Vergleich der Durchschnittswerte des Zeigerwerts Stickstoff

Scabiosa ochroleuca ist Zeigerpflanze für sehr stickstoffarme Standorte, die untersuchten Böschungen (besonders Böschung G) weisen aber einen deutlich höheren Stickstoffgehalt auf, befinden sich aber mit Werten von 3 bis 4 immer noch im mittelmäßig nährstoffreichen Bereich.

6.2 Die Populationen

6.2.1 Anzahl und Individuen

Wie schon im Kapitel Arbeitsmethoden erklärt, wären Populations-Abgrenzungen auf den Böschungen nicht durchführbar. Daher werden auf den Böschungen lediglich verschiedene Cluster von Individuen, also Gruppen mit erhöhter Dichte und ähnlicher Lage unterschieden. Die Cluster sind auf den Böschungen mindestens einige Meter voneinander entfernt.

Tabelle 6.5: Anzahl von Individuen und Populationen von *Scabiosa ochroleuca* auf den ausgewählten Böschungen

	Individuen ges.	Cluster	Individuen/Cluster	Individuen/ m²	Anmerkung
Α	40	2	13, 27	0,3	
В	54	3	10, 39, 4, 1	0,7	
Н	648	4	2, 25, 28, 593	13,8	
С	502	2	254, 248	0,9	
D	42	3	11,5,26	0,4	
E	421	4	381, 10, 4, 26	0,6	
F	512	3	414, 25, 73	5,7	inkl. 274 Nicht-Blühende!
G	88	5		2,2	
G - kurz	24	1	24	2,3	
G - lang	64	4	52, 4, 6, 2	2,0	

Die 8 Böschungen unterschieden sich sehr stark in der Anzahl der Individuen von *Scabiosa ochroleuca*:

Auf den Böschungen H (Mautern) und F (Traismauer) befinden sich eine große Anzahl an Individuen, gerechnet auf die Fläche der Böschung ergibt das auch eine sehr hohe mittlere Individuendichte pro m². Warum auf diesen Böschung die Dichte von *Scabiosa ochroleuca* so hoch ist, lässt sich durch keinen der aufgenommenen Parameter der Böschungen noch durch die Vegetationsanalyse mit den Zeigerwerten nach ELENBERG (2001) erklären.

Die Hälfte der Individuen auf Böschung F machen nicht blühende Pflanzen aus. Erste Versuche mit den im Keimexperiment gezogenen Pflanzen von Dr. Kropf haben gezeigt, dass die Pflanzen im ersten Jahr noch nicht zur Blüte kommen. Ob sie im folgenden Jahr blühen, wird vermutlich von einer ausreichenden Wasser-, Licht- oder Nährstoffversorgung anhängen.

Auch auf den Böschungen C und E in Hollenburg wächst *Scabiosa ochroleuca* sehr zahlreich, gemessen an der Größe dieser Böschungen ergibt sich jedoch nur eine durchschnittliche Individuendichte von rund einem Individuum pro Quadratmeter.

Auf den Böschungen gruppieren sich die Individuen meist zu zwei bis vier Clustern pro Böschung, jedoch befinden sich immer wieder einzeln stehende Individuen zwischen diesen Flecken mit erhöhten Dichten.

6.2.2 Lage aller Individuen der Böschungen in Hollenburg

Skizze siehe Anhang A3

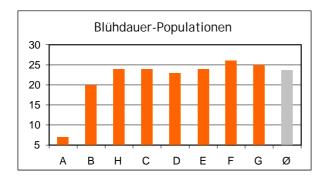
Anhand der Skizzen wird gut ersichtlich, wie schwierig es ist, Populationen abzugrenzen, zumal auch die Möglichkeit des genetischen Austausches allein anhand der Lage der Individuen zueinander nicht herausgelesen werden kann.

6.2.3 Blühdauer

Tabelle 6.6: Übersicht über die Blühdauer der Populationen von *Scabiosa ochroleuca*, Angaben in Kalenderwochen

	Blühbeginn	Blühende	Blühdauer [Wochen]
А	25.	Sommermahd - 31.	7
В	24.	Herbstmahd - 44.	20
Н	26.	50.+	24
С	26.	50.+	24
D	27.	50.	23
E	26.	50.+	24
F	24.	50.+	26
G	25.	50.+	25
G - kurz	25.	50.+	25
G - lang	26.	50.+	24

Dadurch, dass im Jahr der Aufnahme der Winter sehr mild war und eine geschlossene Schneedecke erst nach Weihnachten entstand, zögerte sich das Ende der Blühzeit weit hinaus: Da *Scabiosa ochroleuca* auf einigen Böschungen Mitte Dezember noch immer geblüht hat (siehe Abbildung 6.2), wurde die Blühzeit dieser Individuen als "länger als bis zur 50. Woche" definiert.



Grafik 6.7: Übersicht über die Blühdauer der Populationen von Scabiosa ochroleuca in Wochen

Die Populationen blühten durchschnittlich 24 Wochen lang, wobei auf den Böschungen A und B in Mautern das Blühende durch eine Sommer- beziehungsweise Herbstmahd anthropogen bedingt ist. Auch die Böschung G in Traismauer wurde Mitte August gemäht, diese Pflanzen haben aber nach 2-3 Wochen erneut ausgetrieben und ihren "Rückstand" vollständig aufholen können.



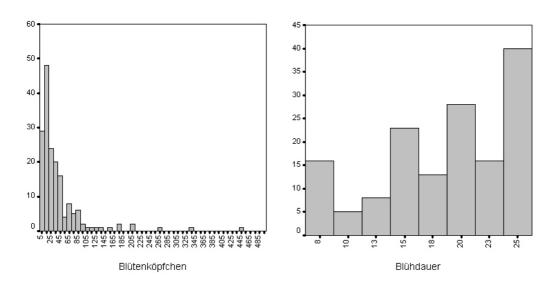
Abbildung 6.2: Blütenköpfchen von *Scabiosa ochroleuca* mit Schnee im Hintergrund, 15. Dezember 2007

6.3 Die Individuen

Im folgenden Absatz werden die Ergebnisse getrennt nach den einzelnen populationsbiologischen Parametern beschrieben. Für die Box-Plots wurden die Werte aller 175 untersuchten Individuen verwendet, die Balkendiagramme zeigen einen Vergleich der Mittelwerte der einzelnen Böschungen. Bei den Boxplots entspricht die Linie in einer Box dem Median, während bei Balkendiagrammen unter dem Kürzel "Ø" der Mittelwert gemeint ist.

6.3.1 Struktur der Daten

Der Kruskal-Wallis-Test wurde gewählt, da die meisten populationsbiologischen Parameter nicht normalverteilt waren: Die Anzahl der Seitenrosetten, Blütenstände, Verzweigungen und Blütenköpfchen waren nicht normalverteilt, da die Maxima dieser Werte zwischen 0 und 10 liegen und dann langsam abnehmen. Auch Blühdauer und Bestäubungsrate waren nicht normalverteilt, die Anzahl von Blüten und Samen hingegen schon, wie explorativ mittels Q-Q-Plot ermittelt wurde.



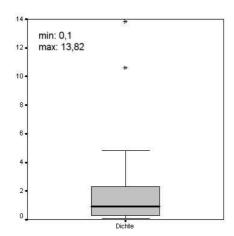
Grafik 6.8 und 6.9: Histogramme von der Anzahl der Blütenköpfchen und Blühdauer aller Individuen

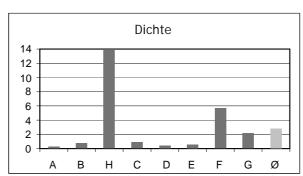
Die Aussagen beziehen sich auf die signifikanten Unterschiede zwischen den Verteilungen (H₀: alle Verteilungen sind gleich) - beantworten aber nicht die Frage, welche dieser Verteilungen sich von den anderen unterscheiden. Die Tatsache, dass es unter einem bestimmten Parameter (wie zum Beispiel die Exposition) signifikante Unterschiede gibt, lässt aber den Schluss zu, dass diese unabhängige Variabel Einfluss auf die abhängige (zum Beispiel Anzahl der Blütenköpfchen) hat.

Ein Chi-Quadrat-Test, der ebenfalls ein nichtparametrisches Verfahren zum Aufdecken von Unterschieden darstellt, hat sich für die Daten dieser Arbeit nicht bewährt, da die Parameter Böschung, Exposition, Mahd und Dichte zwar nur wenige unterschiedliche Werte einnehmen können (natürliche Klassen), jedoch nicht alle Klassen mit ausreichend vielen Werten der abhängigen Variablen (wie z.B. Seitenrosetten, Blühdauer,...) besetzt sind.

Bei der Berechnung der Korrelation ist häufig der Fall, dass manche Korrelationsergebnisse nicht signifikant waren, aufgetreten, wodurch auch der errechnete Korrelations-Wert hinfällig und daher nicht weiter verwendet wurde.

6.3.2 Dichte





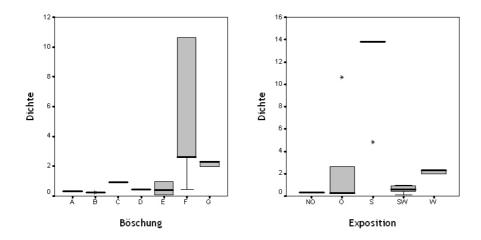
Grafik 6.10 (links): Dichte der Individuen von Scabiosa ochroleuca pro m2

Grafik 6.11 (rechts): durchschnittliche Dichte der Individuen von *Scabiosa ochroleuca* pro m2 im Böschungsvergleich

Scabiosa ochroleuca kommt auf den Böschungen zumeist in sehr geringer Dichte vor, die mittlere Dichte beträgt 2,8 Individuen pro Quadratmeter (Grafik 6.12). Der Median mit einem Wert von ca. 1 (Grafik 6.13) ist in diesem Fall sicher aussagekräftiger zumal Böschung H den Mittelwert stark nach oben drängt.

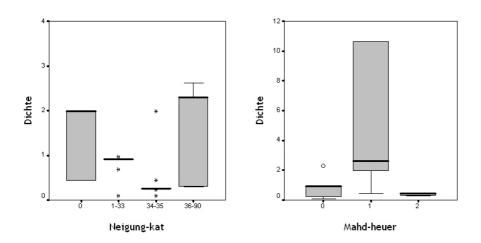
Die mit Abstand größten Dichten finden sich auf Böschung H in Mautern und auf Böschung F in Traismauer. Die deutlichen Unterschiede in der Dichte auf diesen beiden im Vergleich zu allen anderen Böschungen erklären sich vor allem durch die hohe Anzahl an nicht blühenden Jungpflanzen in diesen Populationen.

6.3.2.1 Statistische Auswertung mittels Kruskal-Wallis-Test



Grafik 6.14 (links): Boxplot der Dichte von *Scabiosa ochroleuca* aufgetragen nach den einzelnen Böschungen

Grafik 6.15 (rechts): Boxplot der Dichte von Scabiosa ochroleuca aufgetragen nach der Exposition



Grafik 6.16 (links): Boxplot der Dichte von *Scabiosa ochroleuca* aufgetragen nach den Neigungskategorien

Grafik 6.17 (rechts): Boxplot der Dichte von Scabiosa ochroleuca aufgetragen nach der Mahd-Anzahl

Die statistische Analyse mittels ANOVA zeigt, dass alle unabhängigen Variabeln, also alle böschungsbezogenen Parameter signifikanten Einfluss (P=0,000) auf die die Dichte von **Scabiosa ochroleuca** haben, wobei eine entsprechende Signifikanz auch ohne Böschung H berechnet wurden, um das Ergebnis nicht durch den Ausreißer zu beeinflussen. Problem bei dieser Auswertung ist jedoch, dass bei der Dichte nur insgesamt 16 verschiedene

Werte als auch bei den anderen Parametern pro Böschung je nur ein Wert, der für alle Individuen dieser Böschung gleich ist, einfließt, weshalb nur sehr wenige Werte miteinander verglichen werden können. Das reicht als Stichprobenumfang für eine repräsentative Analyse

aber bei weitem nicht aus, weshalb die Ergebnisse wenig aussagekräftig sind beziehungsweise mit entsprechender Vorsicht und allenfalls als Tendenz zu betrachten sind.

6.3.2.2 Korrelationen

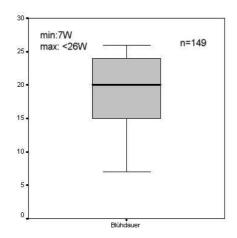
Die Korrelation zeigt einen negativen Zusammenhang (r= -0,162, P=0,011) zwischen Exposition und Dichte (siehe Grafik 6.15), also je mehr man sich Richtung Westen bewegt, umso niedriger wird die Dichte von *Scabiosa ochroleuca*. Betrachtet man jedoch die Boxplots, erscheint es sinnvoller zu formulieren, dass im Osten und Nordosten die geringsten Dichten vorliegen, während im Süden die Dichte auf den Böschungen am höchsten ist (nur Böschung H ist südexponiert). Nimmt man jedoch, wie oben erwähnt, den Ausreißer H aus den Berechnungen heraus, lässt sich die Korrelation optisch nun doch bestätigen.

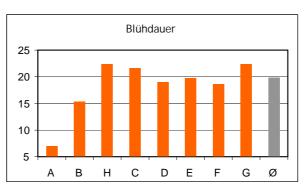
Auch die Ergebnisse der ANOVA beschreiben signifikante Unterschiede zwischen der Dichte und der Exposition. Die oben erwähnten Schwierigkeiten in Bezug auf die wenig diversen

und der Exposition. Die oben erwähnten Schwierigkeiten in Bezug auf die wenig diversen Werte relativieren daher auch das Ergebnis der Korrelationsanalyse.

Bezüglich der Dichte auf den einzelnen Böschungen ergibt sich der umgekehrte Fall, bei dem die Dichte auf den Böschungen in Mautern gegenüber denen in Traismauer niedriger ist (r= 0,524; P= 0,000). Ein linearer Zusammenhang ist jedoch mittels Boxplots (siehe Grafik 6.14) nicht erkennbar (nur die Böschungen H und F heben sich von den anderen ab) und prinzipiell ist auch eine Reihung der Böschungen von B bis G nicht sinnvoll. Neben den oben beschriebenen Problemen mit der Datenvariabilität ist deshalb das Ergebnis der Korrelations-Analyse trotz signifikantem Ergebnis und hoher Korrelation nicht weiter verwertbar.

6.3.3 Blühdauer der Individuen



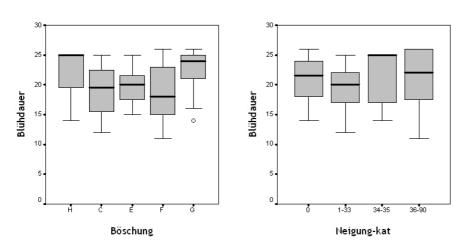


Grafik 6.18 (links): Dauer der Blühzeit pro Individuum von Scabiosa ochroleuca in Wochen Grafik 6.19 (rechts): durchschnittliche Blühdauer pro Individuum von Scabiosa ochroleuca im Böschungsvergleich

Die durchschnittliche Blühdauer pro Individuum beträgt ca. 20 Wochen (Grafik 6.20), wobei dieser Mittelwert ohne die Böschungen A und B berechnet wurde, da hier die Blühzeit anthropogen bedingt ist, also aufgrund der frühren Mahd Ende Juli beziehungsweise im September abrupt beendet wurde. Wegen der starken Trockenheit zum jeweiligen Zeitpunkt der Mahd haben sich keine neuen Blütenstände mehr gebildet. Auch auf Böschung B ist die Blühzeit relativ kurz, da mehr als die Hälfte der Individuen schon Ende September zu Blühen aufhörten.

Bei 34 von 175 Individuen hat die Blühdauer länger als bis Mitte Dezember (50. Kalenderwoche) gedauert.

6.3.3.1 Statistische Auswertung mittels Kruskal-Wallis-Test

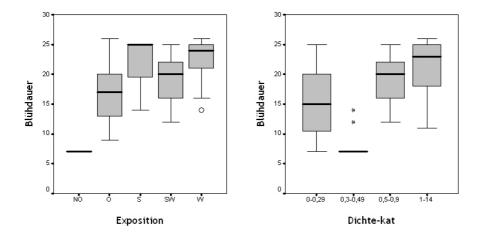


Grafik 6.21 (links): Boxplot der Blühdauer aufgetragen nach den einzelnen Böschungen Grafik 6.22 (rechts): Boxplot der Blühdauer aufgetragen nach Neigungskategorien

Die statistische Auswertung hat ergeben, dass signifikante Unterschiede zwischen den Blühdauern der einzelnen Böschungen bestehen (P=0,021), wobei sich gerade Böschung H und G von den anderen Böschungen abheben. Weiters hat auch die Neigung Einfluss auf die Blühdauer (P=0,023), eine mittlere Neigung von ca. 35° scheint sich begünstigend auszuwirken.

Die Analyse wurde mit demselben Ergebnis auch ein zweites Mal ohne die Böschungen A und B in Mautern durchgeführt, da diese gemäht wurden. Die Werte dieser beiden Böschungen würden das Ergebnis verfälschen, da sie nicht denen der natürlichen Blühdauer entsprechen.

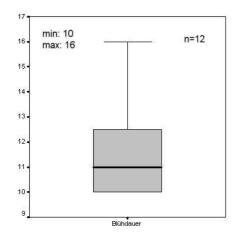
6.3.3.2 Korrelationen



Grafik 6.23 (links): Boxplot der Blühdauer aufgetragen nach der ExpositionGrafik 6.24 (rechts): Boxplot der Blühdauer aufgetragen nach Dichtekategorien

Die Korrelation zeigt einen sehr schwachen positiven Zusammenhang (r=0,171; P=0,012) zwischen Exposition und Blühdauer, also je mehr man sich Richtung Westen bewegt, umso länger blüht *Scabiosa ochroleuca*. Betrachtet man die Boxplots, erscheint der Zusammenhang tatsächlich mehr oder weniger linear, mit langer Blühzeit im Süden, Südwesten und Westen und kurzer Blühzeit im Nordosten (das entspricht Böschung A, welche aber wie Böschung B (Osten) aufgrund der Mahd nicht in die statistische Analyse mit eingeflossen sind). Weiters sind auch Dichte und Blühdauer im geringem Ausmaß positiv korreliert mit einem Wert von 0,168 (P=0,016). Das heißt, je höher die Dichte von *Scabiosa ochroleuca* auf einer Böschung ist, umso länger blühen die Individuen. Dieser Zusammenhang lässt sich auch optisch anhand der Boxplots (Grafik 6.24) gut nachvollziehen.

6.3.4 Blühdauer der Blütenköpfchen



Grafik 6.25: Dauer der Blühzeit pro Blütenköpfchen in Tagen

Die Blühdauer eines Blütenköpfchens wurde anhand der ausgewählten 12 Köpfchen von Böschungs-unabhängigen Individuen ermittelt: Die durchschnittliche Blühdauer beträgt 12 Tage (Median liegt bei 11 Tagen, siehe Grafik 6.26.





Abbildung 6.3 bis 6.4: Fotos vom Blühbeginn (links) und Blühende eines Blütenköpfchens (rechts)





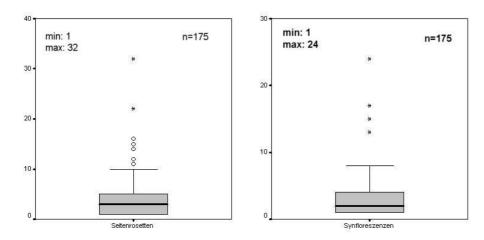
Abbildung 6.5 und 6.6: Fotos der männlichen (links) sowie der weiblichen Phase (rechts)

Die genaue Beobachtung des Blühzyklus eines Köpfchens wurde eine Dichogamie festgestellt, genauer gesagt handelt es sich um proterandrische Blüten, bei denen die Staubblätter und Stempel nacheinander reifen (LEINS 2000):

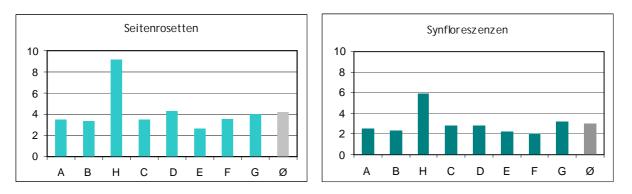
Zuerst blühen die strahlenden Randblüten auf und die männliche Phase, die 4 bis 11 Tage dauert, beginnt, dann verwelken die Staubgefäße und die Griffel schieben die Narben über die Blütenkrone hinaus nach oben.

Die Blüten welken meistens zuerst in der Mitte und fallen dann von innen nach außen innerhalb weniger Stunden (je nach Temperatur) ab. Die Randblüten sind also in der Regel die, die als erste auf- und als letzte abblühen.

6.3.5 Seitenrosetten und Synfloreszenzen



Grafik 6.27 und 6.28: Anzahl der Seitenrosetten (links) und Synfloreszenzen (rechts) pro Individuum



Grafik 6.29 und 6.30: durchschnittliche Anzahl der Seitenrosetten (links) und Synfloreszenzen (rechts) pro Individuum im Böschungsvergleich

Die durchschnittliche Anzahl an Seitenrosetten beträgt 4,2 pro Individuum und die durchschnittliche Anzahl an Synfloreszenzen ist 3,0.

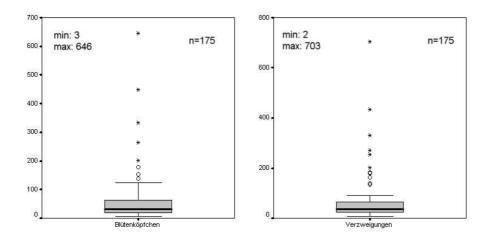
6.3.5.1 Statistische Auswertung mittels Kruskal-Wallis-Test

Die Auswertung hat keine signifikanten Unterschiede ergeben, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass keiner der erhobenen unabhängigen Parameter Einfluss auf die Anzahl der Seitenrosetten und Synfloreszenzen hat. Dies hat auch die Analyse der Daten ohne die Böschung H ergeben, deren sich deutlich abhebende Werte das Ergebnis verfälschen könnten.

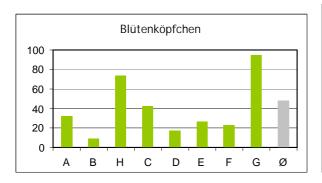
6.3.5.2 Korrelationen

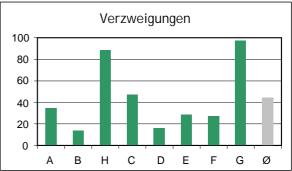
Die Auswertung hat keine signifikanten Ergebnisse in Bezug auf mögliche Zusammenhänge zwischen den erhobenen unabhängigen Parameter und der Anzahl der Seitenrosetten beziehungsweise Synfloreszenzen ergeben.

6.3.6 Blütenköpfchen und Verzweigungen



Grafik 6.31 und 6.32: Anzahl der Blütenköpfchen (links) und Verzweigungen (rechts) pro Individuum



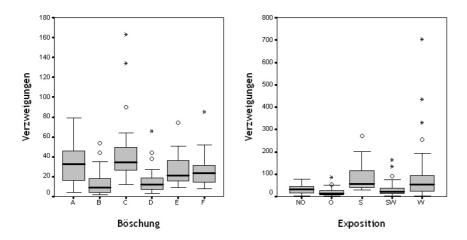


Grafik 6.33 und 6.34: durchschnittliche Anzahl der Blütenköpfchen und Verzweigungen pro Individuum im Böschungsvergleich

Die durchschnittliche Anzahl an Blütenköpfchen pro Individuum beträgt 44,1 und die mittlere Anzahl an Verzweigungen 47,8. Durch die extremen Ausreißer mit bis zu 646 Blütenköpfchen bzw. 703 Verzweigungen ist der Median in diesem Fall der aussagekräftigere Wert: er beträgt für die Anzahl der Blütenköpfchen 25 und für die Verzweigungen 28 pro Individuum.

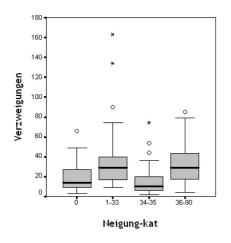
Die höchsten Mittelwerte erreichen die Böschungen H in Mautern, C in Hollenburg und die Böschung G in Traismauer, wobei sich hier vor allem das obere Teilstück G-k prägend auf den hohen Wert wirkt. Die Vermutung, dass sich eine Frühjahrs-Mahd positiv auf die Anzahl der Verzweigungen auswirkt konnte nicht bestätigt werden, da weder Böschung C noch G im Frühjahr gemäht werden (diese Annahme konnte auch statistisch in den ANOVA-Tests nicht bestätigt werden).

6.3.6.1 Statistische Auswertung mittels Kruskal-Wallis-Test



Grafik 6.35 (links): Boxplot der Verzweigungen pro Individuum aufgetragen nach den einzelnen Böschungen

Grafik 6.36 (rechts): Boxplot der Verzweigungen pro Individuum aufgetragen nach der Exposition



Grafik 6.37: Boxplot der Verzweigungen pro Individuum aufgetragen nach Neigungskategorien

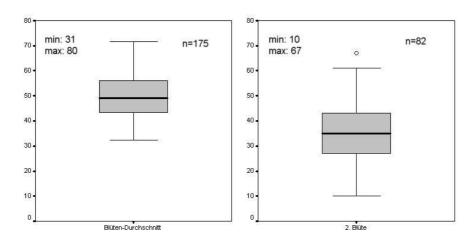
Die Analyse zeigt, dass Verzweigungen und Blütenköpfchen ähnliche Ergebnisse liefern. Signifikante Unterschiede ergeben sich bei den einzelnen Böschungen (P=0,000), bei den unterschiedlichen Expositionen (P= 0,005 bei den Verzweigungen und P= 0,012 bei den Blütenköpfchen) und bei der Neigung (P= 0,000).

Die Analysen wurden auch ohne Böschung H in Mautern und G in Traismauer durchgeführt, um aufgrund der sich sehr stark abhebenden Werte ein genaueres Ergebnis zu bekommen (die oben angeführten Werte beziehen sich auf die Analyse ohne H und G).

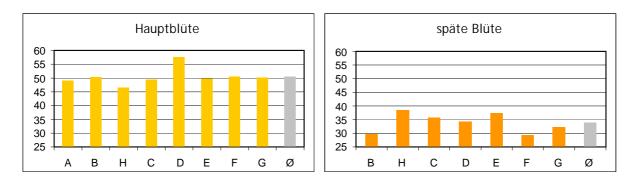
6.3.6.2 Korrelationen

Die Auswertung hat keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den erhobenen unabhängigen Parameter und der Anzahl der Verzweigungen bzw. Blütenköpfchen ergeben.

6.3.7 Blütendurchschnitt bei der Haupt- und bei der 2. Blüte



Grafik 6.38 und 6.39: Anzahl der Blüten pro Köpfchen pro Individuum zur Hauptblütezeit (links) und im Herbst (rechts)



Grafik 6.40 und 6.41: Durchschnittliche Blüten pro Köpfchen pro Individuum im Böschungsvergleich

Die durchschnittliche Anzahl an Blüten pro Blütenköpfchen beträgt 50,6 während die Zählung der durchschnittlichen Anzahl an Blüten pro Köpfchen bei spät im Herbst blühenden Köpfchen 34,7 ergeben hat. Auch wenn die Ergebnisse nicht signifikant sind (siehe unten), ist die Tatsache hervorzuheben, dass bei Böschung H die Anzahl der Blüten zur Hauptblütezeit den anderen Böschungen hinterher hinkt, bei der Anzahl der Blüten im Herbst aber wieder die Spitzenposition einnimmt.

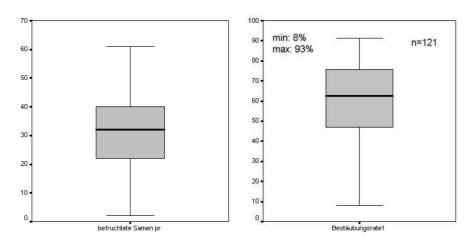
6.3.7.1 Statistische Auswertung mittels Kruskal-Wallis-Test

Die statistische Auswertung der Blüten bzw. späten Blüten hat keine signifikanten Ergebnisse gebracht, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass keiner der erhobenen unabhängigen Parameter entsprechenden Einfluss auf diese hat. Für die Analyse der Blüten wurde Böschung D als Ausreißer nicht berücksichtigt, die Analyse der Herbstblüten wurde hingegen mit allen Böschungen durchgeführt, da keine Werte das Ergebnis verfälschen könnten.

6.3.7.2 Korrelationen

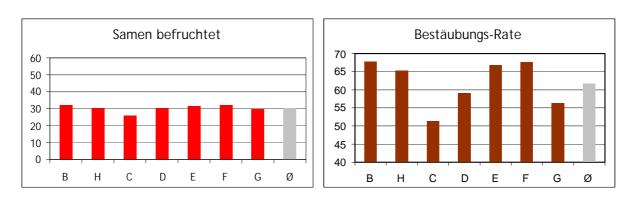
Die statistische Auswertung der Korrelation von Blüten und späten Blüten mit unabhängigen Parametern hat keine Zusammenhänge gezeigt.

6.3.8 Anzahl der befruchteten Samen und Bestäubungsrate

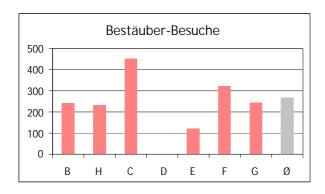


Grafik 6.42 (links): Anzahl der befruchteten Samen pro Köpfchen pro Individuum

Grafik 6.43 (rechts): Durchschnittliche Bestäubungsrate (%) pro Köpfchen pro Individuum



Grafik 6.44 (rechts): Durchschnittliche Anzahl befruchtete Samen pro Köpfchen im Böschungsvergleich **Grafik 6.45 (links)**: Durchschnittliche Bestäubungsrate (%) pro Köpfchen pro Individuum im Böschungsvergleich



Grafik 6.46 (rechts): Anzahl der Besuche von Bestäubern summiert auf einen Beobachtungstag

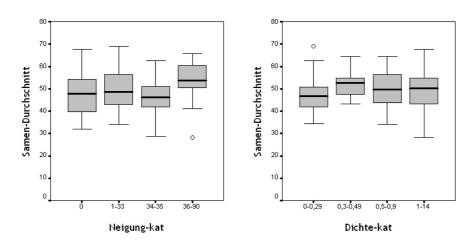
Die durchschnittliche Anzahl an befruchteten Samen beträgt 30,8 pro Köpfchen (siehe Grafik 6.47). Böschung A fällt hier aus der Analyse heraus, da aufgrund der Mahd keine Samenköpfchen gesammelt und ausgewertet werden konnten. Bei Böschung D konnte aufgrund der zweimaligen Mahd kein entsprechender Beobachtungstag durchgeführt werden. Das oben angeführte Verhältnis zwischen allen Samen eines Köpfchens und den befruchteten Samen entspricht einer durchschnittlichen Bestäubungsrate von 61,8 Prozent – ein Ergebnis, das auch in dem weiter unten angeführten Kapitel "Bestäubungsexperiment" bestätigt wird.



Abbildung 6.7: Deutlich sichtbarer Unterschied zwischen unbefruchteten Samen (links) und befruchteten (rechts)

Ohne dem Kapitel "Bestäuber" vorgreifen zu wollen, wo die Anzahl von Blütenbesuchen getrennt nach Bestäuber-Gruppen genauer angeführt ist, zeigt ein Vergleich der Zahlen der beobachteten Bestäuber, dass die Blütenköpfchen von *Scabiosa ochroleuca* bei Böschung C besonders häufig besucht werden. Erstaunlicherweise ist bei dieser Böschung die Bestäubungsrate jedoch besonders niedrig.

6.3.8.1 Statistische Auswertung mittels Kruskal-Wallis-Test



Grafik 6.48 (links): Boxplots der durchschnittlichen Samenzahl pro Köpfchen pro Individuum, aufgetragen nach Neigungskategorien

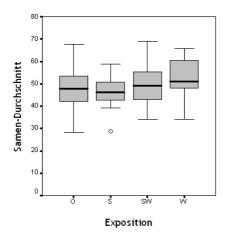
Grafik 6.49 (rechts): Boxplots der durchschnittlichen Samenzahl pro Köpfchen pro Individuum, aufgetragen nach Dichtekategorien

Die statistische Auswertung zeigt einen signifikanten Einfluss von Neigung (P= 0,000) und Dichte (P= 0,003) auf die Anzahl der Samen pro Köpfchen, wobei sich hohe Neigungswinkel positiv auf die Samenzahl auswirken, anhand der Boxplots die Art der Unterschiede bei der Dichte jedoch nicht eindeutig herauslesbar ist.

Die Analyse der Daten der Samen wurde mit allen Böschungen durchgeführt, da keine Ausreißer-Werte das Ergebnis verfälschen könnten.

Die Auswertung der Bestäubungsrate hingegen hat keine Ergebnisse gebracht, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass keiner der erhobenen unabhängigen Parameter signifikanten Einfluss auf diese hat. Diese Analyse wurde mit und auch ohne Böschung C durchgeführt, da sich diese Werte von denen der anderen Böschungen stark abheben.

6.3.8.2 Korrelationen

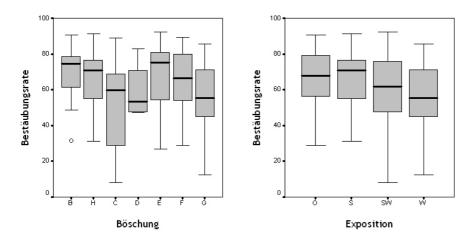


Grafik 6.50: Boxplot der Anzahl der Samenzahl pro Köpfchen aufgetragen nach der Exposition

Die Korrelation zeigt einen schwachen positiven Zusammenhang zwischen Neigung und durchschnittlicher Samenzahl (r= 0,148; P=0,020), also mit zunehmendem Neigungswinkel wird auch die Samenzahl pro Köpfchen höher (siehe Grafik 6.51).

Mit Augenmerk auf die Ergebnisse der ANOVA, kann man erkennen, dass sich hier die Aussagen der zwei statistischen Analysemethoden decken: Es gibt also signifikante Unterschiede zwischen der Samenzahl pro Köpfchen und zwar in der Hinsicht, dass bei zunehmender Steigung der Böschung gering mehr Samen zu erwarten sind.

Weiters ist der Einfluss der Exposition signifikant, das heißt, diese ist in geringem Ausmaß mit der Samenzahl pro Samenköpfchen (r=0,150; P=0,023) korreliert, wobei im Südwesten und Westen mehr Samen pro Samenköpfchen zu erwarten sind, als im Osten oder Süden.



Grafik 6.52 (links): Boxplot der durchschnittlichen Samenzahl pro Köpfchen pro Individuum aufgetragen nach den einzelnen Böschungen

Grafik 6.53 (rechts): Boxplot der Anzahl der Bestäubungsrate aufgetragen nach der Exposition

Die Bestäubungsrate steht in umgekehrter Proportionalität zur Exposition mit einem relativ kleinen Korrelationskoeffizienten (r=-0,149; P=0,036). Auch bei den Boxplots (siehe Grafik 6.54) ist zumindest bei den Whiskers zu sehen, dass die Bestäubungsrate im Osten und im Süden höher ist.

Bestäubungsrate und Böschung sind ebenfalls leist negativ korreliert (r=-0,152; P=0,028, eine Reihung der Böschungen von B bis G ist jedoch wie bereits erwähnt nicht sinnvoll.

6.3.9 Zusammenfassung der Ergebnisse "Individuen"

Zur besseren Übersicht der vielen Einzelergebnisse bei den populationsbiologischen Parametern, werden die Resultate an dieser Stelle in Bezug auf die böschungsbezogenen Parameter zusammenfassend dargestellt.

Die Tabelle 6.7 zeigt, bei welcher Klasse der böschungsbezogenen Parameter, die günstigsten Bedingungen für die populationsbiologischen Parameter herrschen.

Von den Böschungen, die als Variabeln stellvertretend für alle nicht erhobenen Einflüsse auf die Art stehen, stechen 4 Böschungen, verteilt auf alle drei Untersuchungsgebiete, besonders heraus, jedoch in Bezug auf unterschiedliche Parameter.

Es wird deutlich, dass sich auch keine Exposition oder Neigungswinkel-Klasse besonders positiv auf alle populationsbiologischen Parameter auswirkt, sondern immer nur bestimmte Parameter begünstigt werden.

Nur die Analyse der Mahdhäufigkeiten bringt ein eindeutiges Ergebnis in Bezug zur Dichte der Art auf den Böschungen, zumal die Tests bei anderen populationsbiologischen Parametern keine Ergebnisse gebracht haben.

Tabelle 6.7: Überblick über die Ergebnisse der statistischen Auswertung

Böschung	A, C	Verzweigungen, Blütenköpfchen
	H, G	Blühdauer
	I	
Exposition	NO	Verzweigungen, Blütenköpfchen
	0	Best-Rate
	S	Blühdauer
	SW	Dichte, Blühdauer, Samenzahl
	W	Dichte, Blühdauer, Samenzahl
		·
Neigung	0°	Dichte
	1°-33°	Verzweigungen, Blütenköpfchen
	34°-35°	Blühdauer
	36°-90°	Dichte, Verzweigungen, Blütenköpfchen
		•
Mahd	1 Mahd	Dichte

6.4 Keimversuche

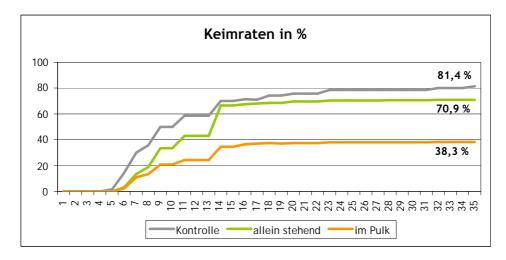
6.4.1 Ergebnisse der Keimraten

Tabelle 6.8: Ergebnisse des Keimexperiments - Keimrate in % pro Köpfchen

К	allein s	tehend	im Pulk wachsend		
80	31,7	86,4	0	37,5	
82,9	46,8	93,2	0	61	
	57,1	96,8	0	90,7	
	58,7	97,1	0	91,7	
	73	100	22,2	92,9	

Die Samen der Kontrollgruppe K keimten bei den beiden Experimenten jeweils beinahe gleich gut mit einer Keimrate von gemittelten 81,4%. Die 10 Köpfchen der Gruppe mit den allein stehenden Individuen erzielte bei einer gemittelter Keimrate von 71% ebenfalls gute Ergebnisse: Keines der Köpfchen fiel ganz aus, bei zwei Köpfchen keimten weniger als die Hälfte aller Samen und 4 Köpfchen zeigten sogar sehr hohe Raten über 90%. Die in Kohorten wachsenden Pflanzen keimten im Gegensatz dazu relativ schlecht, 4 Köpfchen erlitten einen Totalausfall, aber immerhin 3 Köpfchen erzielten Raten von über 90%.

6.4.2 Analyse der Gruppenunterschiede



Grafik 6.55: Keimraten der 3 Versuchsgruppen in Prozent

Auf der X-Achse wurden die Tage nach dem Einlegen in die Keimschalen aufgetragen, auf der Y-Achse akkumulativ die Keimrate jeder Gruppe in Prozent. Die grafische Auswertung der

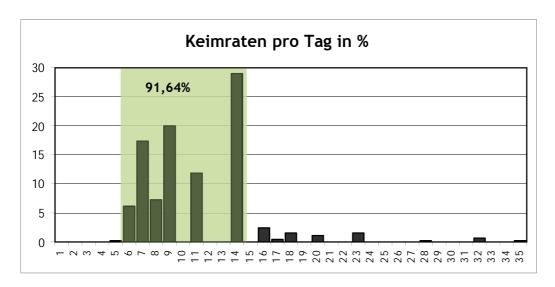
Keimversuche zeigt folgende Keimraten, getrennt nach Kontrollgruppe (reif geerntete Samen des Bestäubungsexperimentes), "allein stehende" und "im Pulk stehende" Individuen.

Mittels dieser Ergebnisse lassen sich folgende Aussagen formulieren:

Die Kontrollgruppe, die aus reif geernteten Samen besteht, zeigt die höchste Keimrate. Die Keimrate der Samen von allein stehenden Individuen ist bedeutend höher als die von in Kohorten stehenden Individuen.

6.4.3 Analyse der täglichen Keimraten

Eine Analyse mittels SPSS hat keine signifikanten Unterschiede ergeben; sie ist aufgrund der geringen Datenmengen meines Erachtens auch nicht sinnvoll.



Grafik 6.56: Keimraten pro Tag

In der zweiten Grafik wurde die Keimrate pro Tag dargestellt und zwar aufsummiert auf alle drei Gruppen, um künftigen Keimexperimenten Anhaltspunkte bezüglich der nötigen Kontrollen des Keimerfolgs bieten zu können. Auf der X-Achse wurden die Tage nach dem Einlegen in die Keimschalen aufgetragen, auf der Y-Achse die Keimratensumme aller Gruppen in Prozent.

Die Grafik zeigt, dass zwischen dem 6. und dem 14. Tag die höchste Keimrate zu beobachten war. In diesen 9 Tagen sind der überwiegende Teil aller Samen, nämlich 91,64 %, gekeimt. Es ist anzumerken, dass nicht jeden Tag die Keimraten kontrolliert wurden, wie im Kapitel Arbeitsmethoden erwähnt wurde. Die besonders große Keimrate am 14. Tag lässt daher auf zwei Tage schließen, an denen nicht gezählt wurde (Wochenende) und müsste auf daher eigentlich auf den 12., den 13. und den 14. Tag aufgeteilt werden, was jeweils ca. 10 % ergeben würde.

6.5 Bestäuber

Tabelle 6.9: Anzahl aller Blütenköpfchen-Besuche auf 15 Köpfchen pro Viertelstunde und pro Böschung

Zeit	Н	В	C E		F	G
8:30-8:45	8	18	25	6	13	18
9:30-9:45	12	11	36	10	22	11
10:30-10:45	18	17	47	21	59	17
11:30-11:45	34	21	32	13	34	24
12:30-12:45	27	20	34	11	50	20
13:30-13:45	38	26	27	14	71	26
14:30-14:45	30	35	54	2	48	35
15:30-15:45	28	40	17	19	53	40
16:30-16:45	15	26	32	12	61	26
17:30-17:45	22	27	19	14	41	27
Mittelwert von Besuchen pro Viertelstunde						
Mittelwert von Besuchen pro Köpfchen pro Viertelstunde						
errechnete Gesamtzahl von Besuchen pro Köpfchen und Tag (8:00 - 18:00)						

Die Beobachtung der Anzahl der Blütenbesuche verschiedenster Bestäuber ergibt einen Mittelwert von rund 27 Besuchen pro Viertelstunde auf insgesamt 15 Blütenköpfchen, also 1,8 Besuche pro Köpfchen. Umgerechnet auf einen Tag (von 8:00 bis 18:00) wird also ein einzelnes Blütenköpfchen 71,3-mal von einem Bestäuber besucht.

6.5.1 Übersicht über die Bestäuber-Gruppen auf Scabiosa ochroleuca

<u>Bienen</u>

Bienen sind die häufigsten Blütenbesucher bei *Scabiosa ochroleuca*. Sie unterteilen sich in Honigbienen (*Apis mellifera*) und Wildbienen, das sind alle zur Gruppe der *Apoidea* gehörenden Arten mit Ausnahme der Honigbienen und Hummeln.

<u>Honigbienen</u>: Alle 3 in Europa vorkommenden Rassen werden seit 5000 Jahren vom Menschen gehalten und domestiziert. Sie leben in hoch eusozialen, mehrjährigen Gemeinschaften mit einer Königin, Arbeiterinnen und den männlichen Drohnen.

Sie sammeln Nektar in der so genannten Honigblase (Honigmagen) der im Bienenstock zu Honig eingedickt wird sowie Pollen in hoch spezialisierten Schienenkörbchen, in deren Bürsten-Haaren der mit Nektar befeuchtete Pollen hineingestreift wird (JAKOBS & RENNER 1998). Der Pollen dient als Eiweißquelle und wird im Stock unter der Zugabe von Fermenten, Speichel und Nektar milchsauer vergoren (biene-oesterreich.at).

<u>Wildbienen</u> leben entweder solitär (ein einziges Weibchen kümmert sich um das Nest, Bruthöhlen im Löss), parasozial (Verbände, deren adulte Tiere einer Generation angehören) oder eusozial (Verband mit Tieren von zwei Generationen) (JAKOBS & RENNER 1998). Vertreter (unvollständig): Seidenbienen (*Colletes*), Sandbienen (*Andreninae*), Schmal- oder Furchenbienen (*Halictinae*), Sägehornbienen (*Melittinae*), Mauerbienen (*Osmia*), Pelzbienen (*Anthophora*), Holzbienen (*Xylocopa*) und Langhornbienen (*Eucera*) (Wildbiene.com).





Abbildung 6.8 und 6.9: Honigbiene (links) und Wildbiene (rechts)

<u>HummeIn</u>

Rund 30 Hummelarten sind in Mitteleuropa heimisch und leben entweder solitär oder in einjährigen Völkern mit 30 - 600 Individuen, die sich in Drohnen (Männchen) und die Kasten Arbeiterinnen und Königinnen unterteilen.

Sie sind polylektisch an Pflanzen aus verschiedenen Familien; über Tage und sogar Wochen wird bei ausreichendem Angebot dieselbe Pflanzenart aufgesucht. Sie sammeln Pollen (ebenfalls in Schienenkörbchen) und Nektar, manche kurzrüsselige Arten neigen zu Nektarraub. Hummeln fliegen Blüten mit hoher Farbsättigung an, bei der Nahorientierung sind Duft und Aussehen der Blüten sowie Größe und Form der Staubbeutel reizwirksam (JAKOBS & RENNER 1998).





Abbildung 6.10 und 6.11: zwei Hummelarten (Bombus lapidarius (links) und *Bombus tucorum/terrestris*)

Falter

Die untersuchten Böschungen weisen durch den hohen Anteil an verschiedenen Kräutern eine hohe Zahl und Vielfalt an verschiedenen Schmetterlingen auf (HOLZNER 1989). Schmetterlinge machen eine vollständige (holometabole) Entwicklung vom Ei über die Raupe zur Puppe und schließlich zum fertigen Falter. Die Raupen ernähren sich in der Regel pflanzlich von Blättern, Rinde, Wurzeln und Knospen, dabei sind sie meist ausgeprägt monophag. Die adulten Tiere besitzen meist lange einrollbare Saugrüssel, mit denen sie den

In Österreich leben rund 200 verschiedene Tagfalterarten, die sich in folgende Familien unterteien: Bläulinge und Zipfelfalter (*Lycaenidae*), Weißlinge (*Pieridae*), Ritterfalter (*Papilionidae*), Edelfalter (*Nymphalidae*), Augenfalter (*Satyridae*), Dickkopffalter (*Hesperiidae*), Schnauzenfalter (*Libytheidae*) und Würfelfalter (*Ridinidae*) (HUEMER & TARMANN 1993). Blütenbesuchende Vertreter der Nachtfalter sind Eulenfalter (*Noctuoidae*), Bärenspinner (*Arctiidae*) und Widderchen (*Zygaenidae*) (JAKOBS & RENNER 1998).

Nektar aus den Blüten aufsaugen (JAKOBS & RENNER 1998).







Abbildung 6.12 - 6.13: Weißkopfwidderchen *Amata phegea* (links), Resedafalter *Pontia daphlidice* (Mitte) und Windeneulchen *Emmelia trabealis* (rechts)

<u>Schwebfliegen</u>

Syrphidae sind mit rund 800 Arten in Europa artenreiche und auch vielgestaltige Blütenbesucher. Ihr Name kommt von ihrem speziellen Schwirrflug, der extrem schnelle Ortswechsel ermöglicht. Schwebfliegen machen eine holometabole Entwicklung durch, wobei die Larven phyto-, zoo- oder saprophag sind.

Die adulten Tiere sind auffallend gezeichnet (Wespen- oder Bienenmimikry) und spielen eine wichtige Rolle als Bestäuber. Ihre Nahrung sind sowohl Pollen als auch Nektar, sie bevorzugen dabei meist gelbe Blüten (JAKOBS & RENNER 1998).

Fliegen

Calliphoridae und Muscidae glänzen meist metallisch, die blütenbesuchenden Imagines haben leckend-saugende Mundwerkzeuge, mit denen sie Nektar und Pollen aufnehmen. Die

madenartigen Larven fressen zersetzte organische Stoffe oder leben parasitär (JAKOBS & RENNER 1998).







Abbildung 6.14 - 6.15: 2 Schwebfliegenarten (links und Mitte) und eine Fliegenart (rechts)

<u>Käfer</u>

Coleoptera sind in Österreich in einer sehr hohen Artenzahl von 7379 Arten vertreten. Nur wenige haben eine Bedeutung als Bestäuber (sie fressen den Pollen und teilweise auch Nektar): Das sind Vertreter der Bockkäfer (Cerambycidae), Blatthornkäfer (Scarabaeidae), Prachtkäfer (Buprestidae), Blumenkäfer (Anthicidae), Buntkäfer (Cleridae), Zipfelkäfer (Malachiidae), Düsterkäfer, (Melandryidae), Ölkäfer (Meloidae), Stachelkäfer (Mordellidae), Glanzkäfer (Nitidulidae), Scheinböcke (Oedemeridae), Glattkäfer (Phalacridae) und Seidenkäfer (Scraptiidae) (JAKOBS & RENNER 1998).





Abbildung 6.16 und 6.17: Roter Weichkäfer *Rhagonycha fulva* (links) und Trauer-Rosenkäfer *Oxythyrea funesta* (rechts)

<u>Wespen</u>

Blütenbesuchende Wespen unterteilen sich in Echte Wespen (*Vespidae*), Wegwespen (*Pompilidae*), Dolchwespen (*Scoliddae*) und Rollwespen (*Tiphiidae*).

Imagines nehmen meist sowohl tierische als auch pflanzliche Nahrung (Blütennektar) auf, die sie dann den Larven in ihren Nestern füttern.

Oft werden kunstvolle Nester aus Papier hergestellt - Wespen sind je nach Gattung Staaten bildend (Echte Wespen) oder leben solitär (z.B. Wegwespen) (JAKOBS & RENNER 1998).

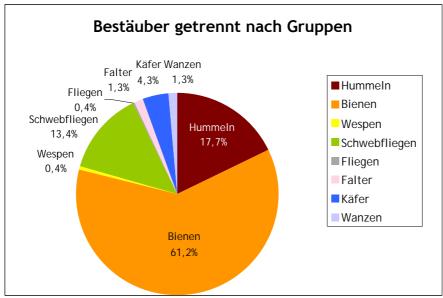
Wanzen

Heteroptera haben einen schnabelartigen Rüssel mit dem sie tierische oder pflanzliche Säfte saugen. Sie sind also keine Bestäuber im klassischen Sinn, sie wurden jedoch häufig an blühenden sowie abgeblühten Skabiosen beobachtet, wo sie sich lange aufgehalten haben und mehr zufällig Pollen von einem Köpfchen zum anderen getragen haben könnten (JAKOBS & RENNER 1998).



Abbildung 6.18 und 6.19: Blütenbesuchende Wespenart (links) und die Baumwanze *Carpocoris fuscispinus* (rechts)

6.5.2 Analyse des Anteils der Bestäuber getrennt nach Gruppen

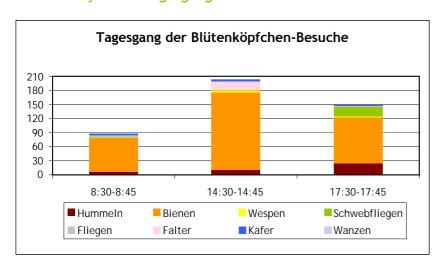


Grafik 6.57: Anteil der Bestäuber nach Gruppen

Das Tortendiagramm zeigt, dass Honig- und Wildbienen den größten Anteil am Bestäubungsgeschehen haben, gefolgt von Hummeln und Schwebfliegen. Auf diese drei Gruppen entfallen, als Durchschnitt auf alle sechs untersuchten Böschungen gerechnet, 92,4 % der Blütenbesuche.

Die restlichen 7,6% teilen sich auf in Wespen, Fliegen, Falter, Käfer und Wanzen.

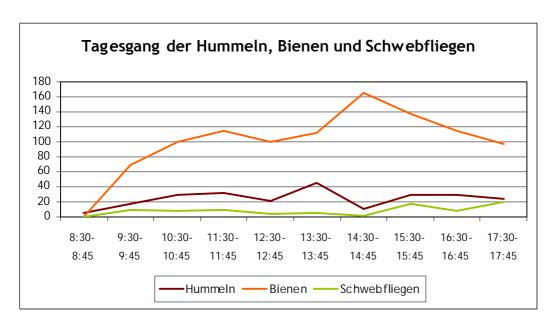
6.5.3 Analyse der Tagesgänge



Grafik 6.58: Tagesgang der Besucher-Gruppen (Summe aller Böschungen) zu Tagesbeginn, zum Maximum und zum Tagesende in Absolutwerten

Die Grafik 6.58 zeigt die Anzahl der Blütenbesuche getrennt nach Besucher-Gruppen. Die Bienen fliegen zu jeder dieser Tageszeiten *Scabiosa ochroleuca* am häufigsten an, während Hummeln, Schwebfliegen und Falter mit wechselndem Anteil an zweiter Stelle kommen.

Anhand dieser Grafik lassen sich jedoch nicht die hohe Anzahl an Hummel-Besuchen zeigen, die um ca. 13:30 bis beobachtet werden konnte (siehe Grafik 6.59).



Grafik 6.59: Tagesgang der drei wichtigsten Besucher-Gruppen in Absolutwerten

Die Tagesgänge sind je nach Besucher-Gruppe sind, wie die Grafik 6.59 verdeutlicht, sehr unterschiedlich:

- Hummeln erreichen insgesamt die höchsten Besuchszahlen, ihre höchsten
 Bestäubungsleistungen am späten Vormittag um 11:30 sowie am frühen Nachmittag um 14:30.
- Bienen bestäuben am frühen Nachmittag gegen 13:30 am häufigsten und zeigen weitere Aktivitätsanstiege am späten Vormittag gegen 11:30 sowie 16:00. Am geringsten sind die Flugzahlen am Nachmittag um 14:30
- Schwebfliegen zeigen eine wenig ausgeprägte zwei-gipfelige Aktivitätskurve, mit Höhepunkten um 10:30 und 15:30 und einem abermaligen Ansteigen ab 17:30, sowie einem Tief um 14:30.

6.5.4 Unquantifizierbare Beobachtungen

Verweildauer pro Köpfchen

Am längsten war die Dauer des Besuchs bei den Käfern mit durchschnittlich einer Stunde bei den Rosenkäfern und einigen Minuten bei anderen Käferarten. Bienen blieben ca. doppelt so lange auf den Köpfchen wie Hummeln, nämlich durchschnittlich 30 Sekunden. Falter, Wespen und Schwebfliegen besuchten die Blütenköpfchen nur maximal 4 Sekunden lang.

Wege auf dem Köpfchen

Bienen und Hummeln suchten auf den Köpfchen meistens alle geöffneten Blüten ab. Die Besucher-Gruppen, die nur wenig Zeit auf einem einzelnen Köpfchen verbrachten, also Falter, Wespen und Schwebfliegen, legten keine langen Wege zurück, sondern besuchten das Köpfchen nur punktuell.

Die Käferindividuen, die sehr lange auf einem Köpfchen verweilten, bewegten sich auf den Köpfchen überhaupt nicht, es sei denn, ein anderer Besucher verdrängte sie kurzweilig auf die Unterseite des Köpfchens (siehe Abb. 6.20).



Abbildung 6.21: Bockkäfer *Colophours varius* wird von Wildbiene auf die Rückseite des Blütenköpfchens verdrängt

Generell ist anzumerken, dass zwischen auffälligen (nicht sterilen!) Randblüten und Blüten im Zentrum der Köpfchen keine Unterschiede in Bezug auf die Beliebtheit bei den Insekten auszumachen waren.

Blumenart-Treue

Bei keiner Tiergruppe war eine strenge "Scabiosen-Treue" zu erkennen: Sowohl Bienen, also auch Hummeln und alle anderen Tiergruppen besuchten innerhalb eines Bestäubungsganges Blüten von verschiedenen Pflanzenarten, wobei die Falter noch am wenigsten zwischen verschiedenen Blumenarten wechselten.

6.6 Bestäubungsexperiment

Tabelle 6.10: Bestäubungsrate der einzelnen Köpfchen in % - pro Bestäubungsyp wurden 20 Köpfchen untersucht.

Freie Bestäubung (F)			Pinselbestäubung (P)			spontane Selbstbestäubung (S)					
7,46	17,46	19,15	32,56	0	0	0	0	0	0	0	0
32,81	39,66	56,52	57,14	0	0	0	0	0	0	0	0
60,00	62,00	62,96	65,00	0	0	0	0	0	0	0	0
72,55	75,44	76,25	77,27	0	0	0	2,44	0	0	0	0
80,70	86,67	89,80	90,70	3,33	3,70	4,44	7,69	0	0	3,57	4,48
57,3 %			1,0 %			0,5 %					

Von den 20 Köpfchen der Gruppe "F", die dem natürlichen Bestäubungsgeschehen frei ausgesetzt waren, wurden nur bei 6 Köpfchen weniger als die Hälfte der Blüten erfolgreich befruchtet und 7 Köpfchen weisen Werte von über 75% befruchtete Samen auf. Insgesamt ergibt das einen durchschnittlichen Bestäubungswert von knapp über 57%.

Trotz der bei jeden Blütenköpfchen wiederholt erfolgten Pinselbestäubung, konnte nur bei 5 Köpfchen insgesamt 11 Blüten erfolgreich befruchtet werden, was dem angestrebten Ziel von annähernd 100% in keinster Weise gerecht werden kann.

Auch bei der Selbstbestäubungsgruppe wurden sehr wenige, nämlich nur 5 Samen bei 2 Köpfchen erfolgreich befruchtet, was eine Rate von 0,5% für die gesamte Gruppe ergibt.

Probleme ergaben sich leider durch das feuchte Wetter, das die Blüten in den Säckchen braun werden ließ und eine gute Entwicklung nach der Bestäubung und Samenreife in Frage stellt. Fraglich ist auch, ob mittels Pinsel selbst bei mehrmaliger Widerholung der Bestäubung über Blütenköpfchen anderer Individuen alle Narben mit ausreichend Pollen versehen wurden.



Abbildung 6.22: Braun gewordenes Blütenköpfchen des Bestäubungsexperiments

7. Diskussion

7.1 Die Böschungen

Die Böschungen, die alle zumindest teilweise an Weingärten grenzen, sind unterschiedlich groß, hoch und unterschiedlich exponiert, stehen aber alle auf Nordhängen größerer Erhebungen entlang der Donau. Das Orthofoto (Abbildung 7.1) zeigt, dass Weingärten nicht immer parallel zum Hang angelegt werden, sondern in verschlungenen Mustern, sodass sogar Süd-Exposition möglich wird. Die Beschattung durch die großen Hügel, auf denen sich die Weingärten befinden, ist aber dennoch grundsätzlich gegeben.



Abbildung 7.1: Orthofoto der verschieden ausgerichteten Weingärten in Traismauer (Quelle: Orthofoto des BEV Wiens)

Die Neigungen unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander, offenbar sind 30 bis 40° die optimalen Böschungswinkel. 0° Hangneigung bei den Böschungen ergeben sich an den Böschungsfüßen oder -kronen, beziehungsweise, wenn die Population von *Scabiosa ochroleuca* auch ein Stück weit in den Weingarten hineinsiedelt (Böschung D). Diese Flächen sind für die Pflanzen kein besonders günstiger Lebensraum, weil zweimal im Jahr und zwar immer genau vor Reife der Samen gemäht wird. Bei einer Böschung (F) ist der Neigungswinkel im Mittelteil der Fläche besonders hoch, was sich auf das kürzlich erfolgte Zusammenschieben von zwei kleineren Weingärten zu einer größeren Fläche zurückführen lässt. Auf diesen 70° Grad steilen Flächen wachsen außer einzelnen Scabiosen-Stöcken keine Pflanzen und der nackte Löss tritt zutage. Die Auswertung der Bestäuberzahlen (vgl. Kapitel 6.5) zeigt auf dieser Böschung auch die höchste Anzahl von Bienen, da die Lösswände vielen solitären Wildbienen und Wespen besonders gut geeignete Nistmöglichkeiten bieten (HOLZNER 1989, JAKOBS & RENNER 1998). Problem dieser hohen Böschungen sind der größere Pflegeaufwand und erhöhte Gefahr beim Mähen, worauf auch KUMMER (2004) in ihrer Arbeit hingewiesen hat. Die Pflegefrequenz der Böschungen schwankt zwischen einer und zwei Mahden im Jahr, zwei Böschungen in Hollenburg werden aber gar nicht gemäht und weisen daher auch

entsprechende Verbuschungstendenzen auf. Die Mäh-Arbeit erfolgt mittels Motorsense oder Motormäher meist im August (KUMMER 2004, eigene Beobachtungen), was vielen Samen gute Chancen lässt, rechtzeitig reif zu werden. Werden wie bei Böschung G bei den Pflanzen nur die Blütenstände abgemäht, was sich mittels großer Schnitthöhe des verwendeten Mähers regeln lässt, können sich die Pflanzen soweit regenerieren, dass sie bereits zwei Wochen nach der Mahd wieder zu blühen beginnen (dieses Phänomen tritt auch bei vielen Stauden im Garten auf und wird aktiv zur Verlängerung ihrer Blühzeit angewendet). Obwohl die Individuen von Böschung A nach der zweiten Mahd Ende Juli (nach 7 Wochen Blühzeit) genügend Zeit gehabt hätten, eine zweites mal zu blühen, war ihnen dies aufgrund der geringen Schnitthöhe gepaart mit extremer Trockenheit und Hitze offensichtlich nicht möglich.

Ein Abbrennen der Böschungen, das zwar gesetzlich in Österreich verboten ist, laut KUMMER (2004) aber bei einigen Betrieben immer noch Usus ist, konnte zwar anhand von Brandspuren bei benachbarten, nicht jedoch auf den ausgewählten Böschungen beobachtet werden.

Die bei der Vegetationskartierung erhobenen Arten konnten verschiedenen Biotoptypen zugerechnet werden; Halbtrockenrasen, trockene Glatthaferwiesen, Grünlandbrachen, Ruderalbiotope und Lösswände (kommt ausschließlich auf Böschung F vor). Dabei waren Arten aller Biotoptypen beinahe auf allen Böschungen aber in unterschiedlicher Häufigkeit vertreten.

Magere Rasenbiotopte im Allgemeinen und Halbtrockenrasen und Glatthaferwiesen im Speziellen sind aufgrund von Nutzungsaufgabe und folgendem Brachfallen wegen der unrentablen Bewirtschaftung sowie durch ertragssteigernde Düngung stark gefährdet (HOLZNER 1989).

Eine exakte Trennung dieser beiden Biotoptypen im Gelände ist jedoch selbst bei vollständiger Vegetationserhebungen schwierig, wie auch LAUBHANN (2007) in seiner Arbeit erwähnt hat (die Schwierigkeiten ergeben sich aus Diskrepanzen der Ergebnisse von pflanzensoziologischen Erhebungen und Biotopkartierungen).

Vegetation - Zeigerwerte nach Ellenberg

Wie bereits erwähnt, ist die Kartierung der Vegetation durch Beschränkung auf alle, auf im September blühende Arten unvollständig. Dadurch sind auch die errechneten Zeigerwerte nach ELLEBERG (2001) nicht für statistische Analysen geeignet, sondern lediglich als Anhaltspunkte zur Klassifikation der Böschungen zu sehen.

Die Vegetation der untersuchten Böschungen wird von Halblicht- bis Lichtpflanzen dominiert, die Lichtbedingungen entsprechen auch den Bedürfnissen von *Scabiosa ochroleuca* (Lichtpflanze).

Die Böschungen zeigen bezüglich Temperatur relativ einheitliche Werte mäßig warmer Bedingungen; trotz der kleinräumig unterschiedlichen Expositionen der einzelnen Böschungen befinden sie sich wie gesagt alle auf den Nordhängen größerer Erhebungen. Aus den erhobenen Daten bezüglich Kontinentalität und Temperatur kann herausgelesen werden, dass sich *Scabiosa ochroleuca* hier schon am West-Rand ihrer Verbreitung befindet – sie würde eher kontinentalere und wärmere Verhältnisse bevorzugen.

Scabiosa ochroleuca als Trockniszeiger könnte mit wesentlich trockeneren Bedingungen, als sie auf den erhobenen Böschungen anzutreffen sind, zurechtkommen. Selbst bei starken Regenfällen oder länger andauerndem Regen, wie er in der Region jedoch nur sehr selten anzutreffen ist, werden die Pflanzen jedoch nie mit zuviel Wasser zu kämpfen haben, was einerseits an der Wasser ableitenden Geländeform liegt sowie an der bereits erwähnten Lössauflage (Kapitel 4.4). Der Löss, der auf allen Böschungen die oberste Auflageschicht des Bodens bildet ist ideal für den Wasserhaushalt der Pflanzen: Löss leitet Regenwasser gut ab (es entsteht keine Staunässe), stellt Pflanzen aber aufgrund der niedrigen Wasserspannung von Schluff bei trockenerem Boden trotzdem noch genügend Wasser zur Verfügung (SCHEFFER F. & SCHACHTSCHABEL P. 2002, BLUM 2007).

Die hohen Stickstoffwerte im Vergleich zu den von *Scabiosa ochroleuca* präferierten mageren Bedingungen, könnten ein Zeichen dafür sein, dass ein Stickstoffeintrag aus den benachbarten Kulturen zumindest bis vor kurzem erfolgte und eine Aushagerung der Standorte, zum Beispiel durch Abführen des Mähgutes, wünschenswert wäre. Da sich die Zeigerwerte der Pflanzenarten jedoch unter dem Einfluss von Konkurrenz verstehen, könnte auch das Fehlen von konkurrenzstarken Pflanzen ein Hinweis auf die Unterschiede zwischen dem Zeigerwert von *Scabiosa ochroleuca* und dem tatsächlichen Stickstoff-Gehalt der Böschungen sein, weswegen ihr Stickstoff-Zeigerwert in Österreich angezweifelt werden kann. Die Pflanze besiedelt in Österreich häufig auch die stickstoffreichen Straßenböschungen. Interessanterweise finden sich die höchsten mittleren Stickstoff-Zeigerwerte nicht auf Böschung D und H, die von FRAISS (2005) und RUMETSHOFER (2005) als "nährstoffreiche Böschungen" eingestuft wurden, sondern auf Böschung G. Diese Diskrepanzen könnten aufgrund der erwähnten Unvollständigkeit der Vegetationsaufnahme entstanden sein.

Auffallend ist die Böschung G (insbesondere das längere Teilstück G-I) in Hollenburg, sie sticht durch vergleichsweise niedrige Werte bei Licht und Kontinentalität, sowie hohe Werte bei Feuchte und Stickstoff heraus. Böschung G-I wird von den relativ hochwüchsigen Pflanzenarten *Urtica dioica* (Gewöhnliche Brennnessel) und *Sambucus ebulus* (Zwerg-Holunder) dominiert. Bei diesen feuchten und dunklen Bedingungen kann *Scabiosa ochroleuca* nur vereinzelt gedeihen, die meisten Individuen befinden sich daher auf der Böschungskrone, wo durch den angrenzenden Lössweg genügend Licht und trockenere Bedingungen gewährleistet sind.

7.2 Die Populationen

Wie schon im Kapitel Arbeitsmethoden erklärt, waren Populations-Abgrenzungen auf den Böschungen nicht durchführbar – die Definition von SCHMID und STÖCKLIN (1991), wonach eine Population eine Gruppe von Individuen derselben Art in einem mehr oder weniger willkürlich beschränkten Gebiet ist, gereichte nicht zur Lösung dieses Dilemmas. Während LAUBHANN (2007) bei den von ihm untersuchten Pflanzenarten derselben Böschungen geklumpte Verteilungen festgestellt hat, zeigt auch ein Blick auf Anhang 3, wo alle Individuen von *Scabiosa ochroleuca* der Böschungen in Karten eingetragen sind, die Schwierigkeit, Populationen abzugrenzen. Das tatsächliche Ausmaß des genetischen Austausches zwischen den einzelnen Individuen beziehungsweise zwischen den einzelnen Böschungen eines Gebiets, werden erst die genetischen Analysen des gesammelten Blattmaterials zeigen können. Letztlich ist eine rein akademische Definitionsfrage, ob es sich bei den Böschungen um verschiedene Population handelt, um Teilpopulationen eines Gebietes oder um je eine Population, wobei das Untersuchungsgebiet die Metapopulation darstellt.

Individuenreiche Böschungen mit 420 bis 650 Individuen von *Scabiosa ochroleuca* sind H, C, E und F; hohe Dichten dieser Pflanze ergeben sich aber aufgrund der unterschiedlichen Flächengrößen nur auf der kleinen Böschung H.

Die hohe Jungpflanzenzahl auf der Böschung F (rund die Hälfte der über 500 Individuen sind nicht blühende Exemplare) lässt auf eine gut funktionierende Vermehrung und ein hohes Ausbreitungspotenzial von *Scabiosa ochroleuca* schließen: alle Jungpflanzen befinden sich am Fuße der Böschung, das heißt, alle Samen der oben wachsenden Mutter-Pflanzen fallen nach unten und finden am Böschungsfuß günstige Bedingungen, sich zu etablieren. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass ein Gespräch mit den ansässigen Bauern ergeben hat, dass diese Böschung erst vor ein paar Jahren abgegraben wurde, um einen Geländesprung zu überspringen (die Böschung ist also jetzt doppelt so hoch und im unteren Bereich ist die Zusammensetzung der Vegetation erst wenige Jahre jung).

Bei anderen Böschungen sind diese Böschungsfuß-Bereiche meist aufgrund von Wegen bzw. Straßen oder durch die Weingartenbewirtschaftung stark beanspruchten Flächen (häufiges Mähen, Biozid-Einsatz) als Keimbett oder Dauerstandort ungeeignet.

Die Populationen blühten durchschnittlich 24 Wochen lang von Juni bis weit in den Dezember hinein, wenn die Blühdauer nicht durch Mähen der Böschungen frühzeitig beendet wurde. Mehrmalige Schneefälle und Temperaturen unter dem Gefrierpunkt taten der Blühfreudigkeit keinen Abbruch, daher wurde das tatsächliche Blühende als Zeitpunkt des Erreichens einer geschlossenen Schneedecke gemutmaßt, der je nach Wetterlage von Jahr zu Jahr unterschiedlich ausfällt.

7.3 Die Individuen

Dichte

Bei der Analyse der Dichte haben sich große Unterschiede zwischen den Böschungen ergeben, wobei Böschung H mit einem Wert von 14 Individuen pro m² die höchste Dichte von *Scabiosa ochroleuca* erreicht und Böschung F mit 6 Individuen an zweiter Stelle liegt. Die hohen Dichten von Böschung F sind auch vor dem Hintergrund der sehr hohen Zahlen von Jungpflanzen (nicht-blühenden Individuen) zu sehen. Für alle übrigen Böschungen ergibt sich ein Mittelwert von 1 Individuum pro m².

Die statistische Auswertung der Daten, bei denen die Dichte als abhängige Variable und Böschung, Exposition, Neigung und Mahd als unabhängige Parameter eingeflossen sind, hat keine klaren Ergebnisse gebracht: ein Vergleich von insgesamt nur 16 verschiedenen Werten der Dichte mit den maximal 8 verschiedenen Werten der unabhängigen Parametern reichte als repräsentativer Stichprobenumfang nicht aus; die Ergebnisse lassen sich daher nur Tendenzen formulieren: hohe Dichten von *Scabiosa ochroleuca* sind bei Neigungswinkeln von 0° und 36-90° zu erwarten, sowie von Südwesten bis Westen und bei einer Mahd pro Jahr.

Blühdauer der Individuen

Die durchschnittliche Blühdauer eines Individuums von *Scabiosa ochroleuca* spannt sich über 20 Wochen, von Juni bis Ende Oktober, 34 Individuen blühten sogar bis Mitte Dezember. Diese langen Blühzeiten sind aber nur dann gewährleistet, wenn die Individuen auf Böschungen wachsen, die nicht gemäht werden, oder nach erfolgter Mahd erneut austreiben können. Da der Mahdzeitpunkt von den Bauern meist spätestens im August festgesetzt wird (KUMMER 2004), blühen die Individuen üblicherweise also ca. 10 Wochen lang.

Mittels ANOVA und Boxplots wurden signifikante Unterschiede der Blühdauern zwischen den Böschungen selbst und den unterschiedlichen Neigungswinkeln der Böschungen nachgewiesen: besonders lange Blühzeiten ergeben sich auf den Böschungen H und G (wobei erwähnt werden muss, dass G nach der Mahd im August erneut austreiben und Blüten ansetzen konnte), beziehungsweise bei einem Neigungswinkel 35°.

Exposition und Blühdauer sind schwach korreliert, wobei Individuen im Süden, Südwesten und Westen am längsten blühen und Individuen im Nordosten und Osten am kürzesten (die Exposition Nord war bei den Böschungen nicht vertreten). Weiters sind Dichte (hier als unabhängiger Parameter) und Blühdauer positiv korreliert, das heißt, bei steigender Dichte blüht *Scabiosa ochroleuca* länger.

Blühdauer der Blütenköpfchen

Erhebungen der Blühdauer eines einzelnen Köpfchens haben eine mittlere Blühdauer von durchschnittlich 12 Tagen ergeben, wobei an sehr heißen Tagen (> 30°C Lufttemperatur) im

Hochsommer diese deutlich geringer sein kann: Es wurden auch Blühdauern von 7 Tagen und weniger beobachtet.

Alle Blütenköpfchen zeigen von der Knospe bis zum Welken spezifische Abläufe, wonach die strahlenden Randblüten als erste aufblühen und die Blüten im Zentrum als letzte. Zuerst zeigen sich bei allen Blüten des Köpfchens für eine Woche nur die männlichen Staubblätter danach erst die weiblichen Blütenorgane (die Köpfchen versuchen also mittels Proterandrie Selbstbestäubung zu verhindern, LEINS 2000). Anschließend welken die Blüten und fallen von innen nach außen vom Köpfchen ab.

Die Ergebnisse decken sich mit Beobachtungen von SPRENGEL (1793) bei *Scabiosa columbaria*, bei der ebenfalls die älteren Köpfchen von den Insekten mit dem Pollen der Jüngeren bestäubt werden.

<u>Seitenrosetten und Synfloreszenzen</u>

Die Anzahl an Seitenrosetten und Synfloreszenzen ist bei jedem Individuum ungefähr gleich, da jede Seitenrosette mit einer Synfloreszenz endet:

Unterschiede in der verschiedenen Anzahl von Synfloreszenzen und Verzweigungen ergeben sich aus den Unterschieden zwischen Geschwister- und Tochterrosetten: Geschwisterrosetten werden alle blühende Rosetten genannt, die im nächsten Jahr absterben werden und Tochterrosetten alle jene, die erst im nächsten Jahr zur Blüten kommen. Die Rosetten machen also einen zweijährigen Zyklus durch.

Bei den Böschungen ist besonders Böschung H in Mautern hervorzuheben, deren Individuen von *Scabiosa ochroleuca* eine besonders hohe Zahl von Seitenrosetten und Synfloreszenzen haben. Insgesamt streuen die Werte stark, mit Maxima von bis zu 32 Seitenrosetten und 24 Synfloreszenzen.

Blütenköpfchen und Verzweigungen

Auch die Anzahl an Blütenköpfchen und Verzweigungen ist ungefähr gleich, da auf den Synfloreszenzen jede Verzweigung in einem Blütenköpfchen endet (siehe Abbildung 7.2), wobei im unteren Teil Verzweigungen aus den Achseln beider Vorblätter entspringen (Dichasium) und mit zunehmender Ordnung der Verzweigung diese nur mehr aus der Achsel eines Vorblatts entspringen (Monochasium) (FISCHER M., OSWALD K., ADLER W. 2008). Unterschiede in der verschiedenen Anzahl von Blütenköpfchen und Verzweigungen ergeben sich dann, wenn in Bodennähe Verzweigungen entspringen, die aufgrund der ungünstigen Verhältnisse (Beschattung, große Dichte an Trieben und Blattwerk) nicht zur Blüte kommen.



Abbildung 7.2: apikal-monochasialer Blütenstand von Scabiosa ochroleuca

Die Werte von Blütenköpfchen und Verzweigungen streuen ausgesprochen stark, wobei größtenteils Werte unter 40 vorkommen, die Maxima jedoch sogar bei bis zu 646 Blütenköpfchen und 703 Verzweigungen pro Pflanze liegen.

Während die Korrelationsanalyse keine Ergebnisse brachte, ergeben sich nach Kruskal-Wallis signifikante Unterschiede für beide Parameter in Bezug auf die Böschung, wobei B und D die geringsten Werte hervorbringen, auf die Exposition (höchste Werte im Süden und Westen) und auf die Neigung, wonach sich geringe und sehr hohe Winkel positiv auf die Anzahl von Blütenköpfchen und Verzweigungen auswirken.

Blütendurchschnitt bei der Haupt- und bei der 2. Blüte

Die Anzahl der Blüten wurde zweimal erhoben, einmal zur Hauptblütezeit im Juli und ein zweites Mal gegen Ende der Blühzeit im Herbst. Es wurde die These aufgestellt, dass die Anzahl der Blüten pro Köpfchen im Herbst geringer ist als zur Hauptblütezeit, was anhand der erhobenen Daten auch belegen lässt: Die durchschnittliche Anzahl an Blüten pro Köpfchen ist im Sommer mit 50 Blüten deutlich höher als im Herbst, wo nur noch gemittelte 35 Blüten pro Köpfchen blühen.





Abbildung 7.3 und 7.4: Vergleich der Knospen eines Blütenköpfchen zur Hauptblütenzeit (links) und im Herbst (rechts)

Die Pflanzen investieren also zu Saisonbeginn in die Anlage vieler Blüten (bis zu 80 pro Köpfchen), mit fortschreitender Blühdauer werden aber Nährstoff für die Ausbildung von Samen abgezogen, sodass auf den Verzweigungen höherer Ordnung nur mehr wenige Einzelblüten pro Köpfchen gebildet werden können (oft nur mehr 10).

Anzahl der befruchteten Samen und Bestäubungsrate

Die Auszählung der durchschnittlich 31 befruchteten Samen pro Samenköpfchen und die daraus resultierende Bestäubungsrate, ergibt einen Wert von ca. 62%. Dieser Wert wird auch von dem des Bestäubungsexperiments bestätigt (Kapitel 6.6): die hier errechnete, durchschnittliche Bestäubungsrate entspricht der Bestäubungsrate der Gruppe F, also der freien Bestäubung.

Bezüglich der Samenzahlen unterscheiden sich die Böschungen kaum, was analog zu der ebenfalls kaum variierenden Blütenzahl pro Blütenköpfchen durchaus nachzuvollziehen ist, wohingegen bei den Befruchtungsraten große Unterschiede erkennbar sind.

Ein Vergleich von Bestäubungsraten und den bei den Beobachtungstagen der Blütenbesucher gesammelten Daten (vergleiche Kapitel 6.5) ergibt widersprüchliche Aussagen: während auf Böschung C die Bestäubungsrate im Vergleich sehr niedrig ist, wurden auf dieser Böschung jedoch besonders viele blütenbesuchende Insekten auf *Scabiosa ochroleuca* gezählt. Die statistische Auswertung der Samenzahlen ergibt einen hochsignifikanten Einfluss der Dichte, wobei bei einer Dichte von 0,3-0,5 Pflanzen pro Quadratmeter die meisten Samen zu erwarten sind. Diese Analyse deckt sich nicht mit den Ergebnissen von VAN TREUREN et al. (1994) bei *Scabiosa columbaria*, wo in dichten Populationen die Zahl der entwickelten Samen signifikant höher war, als in lockeren Populationen, was darauf zurückgeführt wird, dass eine höhere die Distanz zum Nachbar-Individuum einen höheren Grad der Selbstbestäubung bedingt.

Die Hangneigung ist mit der Samenzahl schwach positiv korreliert (je steiler die Böschung, umso mehr befruchtete Samen) und auch die ANOVA beweist signifikante Unterschiede in Bezug auf die unterschiedlichen Neigungswinkel.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass obwohl die Anzahl der befruchteten Samen neben der Bestäubungsrate auch von der Anzahl der gebildeten Blüten abhängt, die statistischen Analysen bei den Blüten keine signifikanten Unterschiede für die unabhängigen Parameter gebracht haben. Die Annahme, dass also die Zahl der fitten Samen daher hauptsächlich von der Bestäubungsrate abhängen muss, kann aber ebenfalls nicht bestätigt werden, da sich sonst die Ergebnisse bei ANOVA und Korrelation decken müssten. Das wäre zwar beim Einfluss der Exposition der Fall, die Korrelationen sind aber gegenläufig: während die Korrelationsanalyse signifikant steigende Samenzahlen Richtung Westen bescheinigt, ist die Bestäubungsrate im Osten höher.

7.4 Keimversuche

Die reif geernteten Samen der Kontrollgruppe erzielten mit 81,4% die höchsten Keimraten, was darauf hindeutet, dass bei Aussaat innerhalb eines halben Jahres offenbar die Keimrate von der Reife der Samen abhängig ist, wobei unreif geerntete Samen schlechter keimen als reife.

Die zwei restlichen Gruppen setzen sich einerseits aus Individuen, die im engen Pulk wachsen und andererseits aus Pflanzen in lichten Beständen zusammen. Sie unterschieden sich bei den durchschnittlichen Keimraten sehr deutlich, wobei nur 38,3% der Samen der ersten Gruppe erfolgreich keimten (wobei 4 Köpfchen einen Totalausfall erlitten), aber die der allein stehenden Individuen zu fast 71% (wobei bei einem Samenköpfchen sogar alle Samen keimten). Eine mögliche Erklärung wäre, dass sich die durch die Bestäubung von nah verwandten Individuen Fitness der Samen verringert.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass die Individuen der Kontrollgruppe ebenfalls aus sehr dichten Beständen entnommen wurden, aber deren Samen am besten keimten. Das lässt darauf schließen, dass zumindest bei kurz gelagerten Samen der Einfluss der Samenreife auf die Keimfähigkeit größer ist, als der Einfluss der Bestandsdichte.

Bei der Analyse der Keimraten pro Tag (aufsummiert auf die Samen aller drei Gruppen), lässt sich erkennen, dass innerhalb der ersten 2 Wochen annähernd 92% aller Samen keimen. Eine Beobachtung der Keimrate über 2 Wochen scheint gemäß diesem Experiment am effizientesten, und länger als 3 Wochen nicht sinnvoll.

Abschließend ist anzumerken, dass zu Beginn des Keimexperiments vielen Samen anfangs von dichten Schimmelpilzrasen umhüllt wurden, die mit der Zeit abstarben, was aber letztlich den Keimerfolg scheinbar nicht vermindert hat, wie über 90%-Raten bei 6 Köpfchen und die 100%-Rate bei einem Köpfchen beweisen, die gleichfalls Schimmelpilzbefall aufwiesen.

7.5 Bestäuber

Wie in den Arbeitsmethoden erwähnt, wurden die Anzahl der Besuche pro Köpfchen erhoben und nicht die der Besucher: ein von Köpfchen zu Köpfchen fliegender Besucher wurde daher mehrmals gezählt. Ob während des Besuchs tatsächlich eine Bestäubung erfolgte, ist nicht beweisbar, weshalb in dieser Arbeit auch nur von "Besuchern" und nicht von "Bestäubern" die Rede ist.

Insgesamt wurden die Blütenköpfchen, die eine Viertelstunde pro Stunde einen ganzen Tag lang beobachtet wurden, von relativ vielen Insekten angeflogen mit Maximalzahlen von rund 4 Besuchen pro Viertelstunde und Köpfchen. Hochgerechnet auf den ganzen Tag ergibt das durchschnittliche 71,3 Besuche pro Blütenköpfchen.

Als Hauptbesucher von *Scabiosa ochroleuca* mit einem Anteil von über 90% Besuchen konnten Bienen, Wildbienen, Hummeln und Schwebfliegen ausgemacht werden. Die Blütenanatomie

mit den röhrig verwachsenen Blüten, die häufig bevorzugte, gelbe Blütenfarbe (JAKOBS & RENNER 1998) und der leichte Duft kommen dabei diesen drei Insektengruppen zugute (LEINS 2000). Die vorliegenden Ergebnisse decken sich auch mit Beobachtungen an der verwandten Art *Scabiosa columbaria*, deren Blüten ebenfalls von Bienen, Hummeln, Schmetterlingen, Käfern und Schwebfliegen bestäubt werden (SPRENGEL 1793, VAN TREUREN et al.1994).

Interessant ist die große Vielfalt an verschiedenen Besuchern, die *Scabiosa ochroleuca* besuchen, nämlich verschiedenste Arten von Hummeln, Bienen, Wespen, Schwebfliegen, Fliegen, Faltern, Käfern und Wanzen. Gerade bei den beobachteten Wanzen kann eine tatsächliche Bestäubungsleistung jedoch angezweifelt werden: Individuen dieser Tiergruppe wurden hauptsächlich beim Anbohren der noch unreifen Samenstände beobachtet (siehe Abbildung 7.5). Die Blütenköpfchen von *Scabiosa ochroleuca* könnten auch lediglich als Rastplatz für die beobachteten Käfer dienen.



Abbildung 7.5: Pupur-Baumwanze Carpocoris purpureipennis bei Anstechen eines Samenstandes

Die Tagesgänge der Besucher (insbesondere der Bienen, die durch ihre dominante Anzahl die Gesamtsumme stark beeinflussen) zeigen einen zwei-gipfeligen Verlauf mit über 180 Besuchen am Vormittag gegen 11:30 und einem zweiten ausgeprägteren Höhepunkt in den heißesten Stunden des Tages (bis zu 35°C), von 13:30 bis 15:30 mit je maximal 200 gezählten Besuchszahlen, wobei davon über 160 Blütenbesuche den Bienen zugerechnet werden müssen. Hummeln haben ihren Aktivitätshöhepunkt um 13:30, während Schwebfliegen eher am späten Nachmittag ab 15:30 ihre maximalen Werte erreichen.

Die besonders geringen Besuchszahlen von Insekten am Vormittag lassen sich aufgrund der, während der Erhebungstage herrschenden, überaus heißen Temperaturen nicht erklären. Ungewöhnlich ist auch, dass die teilweise (je nach Exposition der Böschung) vorherrschende Beschattung ab 15:30 auf die Häufigkeiten vieler Bestäuber keinen Einfluss hatte, wohingegen die Anzahl der Bienen ab diesem Zeitpunkt deutlich abnahm.

Die unquantifizierbaren Beobachtungen haben deutliche Unterschiede in der Verweildauer der Besucher auf den Blütenköpfchen ergeben. Während Käfer minutenlang bis zu einer Stunde auf den Blüten saßen und von anderen Besuchern zeitweilig auf die Unterseite der Blüten verdrängt wurden, hielten Bienen nur etwa eine halbe Minute und Hummeln 15 Sekunden auf den Köpfchen auf. Letztere nutzten aber die Zeit, um alle geöffneten Blüten des Köpfchens gründlich abzusuchen. Alle anderen Blütenbesucher verweilten nur wenige Sekunden auf den Blütenköpfchen und konnten deshalb immer nur wenige Einzelblüten ansteuern.

Zwischen den vergrößerten Randblüten, welche auch am frühesten aufblühen und in der Regel auch als letzte verwelken, und den unscheinbareren Blüten in der Mitte der Köpfchen, war kein Unterschied in Bezug auf ihre Attraktivität für die Besucher feststellbar.

Entgegen den Angaben der Literatur, wonach *Apoidae* über Tage und sogar Wochen die gleiche Pflanzenart anfliegen (JAKOBS & RENNER 1998), konnten bei Bienen und Hummeln, aber auch bei allen anderen Insektengruppen kein solches Verhalten beobachtet werden. Alle Bestäuber flogen neben *Scabiosa ochroleuca* auch andere blühende Pflanzen an, vor allem die violett gefärbte Flockenblume *Centaurea scabiosa*.

Wie wichtig Bestäuber auch für den genetischen Austausch zwischen Populationen sind, die im Untersuchungsgebiet teilweise hunderte Meter voneinander getrennten sind, beschreiben PLUESS & STÖCKLIN (2004) in ihrer Arbeit. Sie halten eine Samenverbreitung bei der verwandten Art *Scabiosa columbaria* über mehrere Kilometer für unwahrscheinlich und den Genfluss über den Pollen-Transport für wichtiger, da beispielsweise Bienen in einem 6 Kilometer-Radius um den Bienenstock nach Nahrung suchen.

7.6 Bestäubungsexperiment

Die freie Bestäubung durch die bestäubenden Insekten ergibt eine Rate von knapp 60 Prozent, einen Wert, den auch die Bestäubungsraten bei den insgesamt 175 ausgewählten Individuen der anderen Böschungen in Mautern, Hollenburg und Traismauer bestätigen (durchschnittliche Bestäubungsrate 61,8%).

Anhand des niedrigen Wertes bei der Pinselbestäubung von durchschnittlich 1% wird auch deutlich, dass diese nicht funktioniert hat und eine andere Technik zur Fremdbestäubung entwickelt werden muss, die Rückschlüsse auf die Samen-limitierende Bestäubungsrate der Insekten ermöglicht.

Die Ergebnisse der S-Gruppe lassen den Schluss zu, dass Selbstbestäubung offensichtlich nicht möglich ist. Was zu 5 fruchtbaren Samen geführt hat, bleibt ungeklärt, möglich wäre, dass sich während des Öffnens der Säckchen zur Kontrolle kurzzeitig Bestäuber zu schaffen gemacht haben. Beobachtungen an der verwandten Art *Scabiosa columbaria* zeigten, dass sich

in einer bestäuberfreien Umgebung nur eine kleine Anzahl an Samen (0-3 pro Blütenköpfchen) entwickeln. *Scabiosa columbaria* ist selbst-kompatibel, die Selbstbestäubung verringert aber die Anzahl der entwickelten Samen (VAN TREUREN et al. 1994).

Unbefruchtete Samen zeigen eine mangelhafte Endosperm-Entwicklung und können aufgrund des Gewichts leicht von gut entwickelten Samen unterschieden werden.



Abbildung 7.6: Samenstand mit ausschließlich unbefruchteten Samen der Gruppe S (links) und Samenstand mit überwiegend befruchteten Samen der Gruppe F (rechts)

7.7 Abschließende kritische Betrachtung

Um die bei dieser Diplomarbeit sehr schwierige statistische Auswertung bei zukünftigen populationsbiologischen Untersuchungen einfacher zu gestalten, wäre es von Vorteil gewesen, auf die Böschungen die Parameter wie Exposition, Neigung und Mahd gleichförmiger zu verteilen, um deren Spektrum komplett abzudecken. Dadurch würden sich eine breitere Streuung der Werte und folglich aussagekräftigere Analysen ergeben.

Beispielsweise die in dieser Arbeit nur durch die mehrfach erwähnte Ausnahmeböschung H repräsentierte Exposition "Süd" musste wiederholt bei den Analysen herausgenommen werden, um das Ergebnis nicht zu verfälschen. Aussagen über diese Himmelsrichtung könnte man nur mit Daten von mindestens einer zusätzlichen Böschung treffen; da *Scabiosa ochroleuca* in den Untersuchungsgebieten aber nur auf wenigen Böschungen vorkommt, stand diese Exposition für die Auswertung nicht zur Verfügung.

Um den Arbeitsaufwand der Erhebungen nicht übermäßig zu erhöhen, wäre es durchaus legitim, pro Böschung weniger als die, in dieser Arbeit ausgewählten 20 Individuen auszuzählen.

Für eine umfassendere Aufnahme der populationsbiologischen Parameter hätten noch zusätzliche Werte der Pflanzen erhoben werden können: Bei der genauen Beobachtung von *Scabiosa ochroleuca* war auffällig, dass die Höhe der Pflanzen von Individuum zu Individuum

ganz erheblich schwankt. Daher erscheint die Aufnahme der Sprosshöhe als zusätzlichen Parameter bei nachfolgenden Forschungen an dieser Pflanzenart empfehlenswert, zumal dieser zum Beispiel auch bei *Scabiosa columbaria* stark mit der reproduktiven Leistung der Einzelpflanze und somit Fitness der Population korreliert ist (PLUESS & STÖCKLIN 2004, MÜCKSCHEL 2001).

Um Aussagen über die Populationsdynamik treffen zu können, wäre es notwenig, neben der Anzahl der Samen, auch die Anzahl der Jungpflanzen und die Bestandsgrößen der Population zumindest zwei Jahre lang zu beobachten.

Zukünftige populationsbiologische Untersuchungen sollten daher bei der Ermittlung der Individuenzahl pro Böschung zwischen blühenden und nicht blühenden Individuen unterscheiden, um den reproduktiven Erfolg nicht nur anhand von Samen, sondern auch über die Demographie der Population (z.B. Anzahl der Jungpflanzen) nachweisen zu können.

Weiterführende Studien über mehrere Jahre würden außerdem eine Einschätzung der Populationsentwicklung ermöglichen. Diese stellt einen wichtigen Faktor bei der Beurteilung einer möglichen Eignung von *Scabiosa ochroleuca* als Zielart dar, wobei bei guten Indikatoren die Bestandsgrößen nicht hohen natürlichen jährlichen Schwankungen unterliegen sollten, worauf auch LAUBHANN (2007) in seiner Arbeit hinweist.

Ergeben sich bei mehrjährigen Beobachtungen außerdem gravierend rückläufige Individuenzahlen, könnte dies auf Verschlechterungen der Biotopsituation hinweisen und rechtzeitige Maßnahmen zur Bestandssicherung ermöglichen (CORNELIUS 1991).

8. Zusammenfassung

Die Untersuchungsgebiete dieser Diplomarbeit sind Teil der reichstrukturierten Kulturlandschaft des Oberen Traisentales. *Scabiosa ochroleuca* besiedelt hier Böschungen mit naturschutzfaclicher Bedeutung, die sich zwischen Weingärten befinden.

Bei dieser Art wurden, mit dem Fokus auf kleinräumige Unterschiede, diverse populationsbiologische Parameter untersucht. Die Erhebungen dienen einerseits als Beitrag der Grundlagenforschung im populationsbezogenen Naturschutz, andererseits als Voraussetzung für geplante Analysen über die genetische Variabilität zwischen Individuen, Population sowie den drei verschiedenen Untersuchungsgebieten. Die Arbeit von BARMANN (2007) im gleichen Gebiet hat beispielsweise gezeigt, dass die Weingärten zwischen den Böschungen für *Aster amellus*, *Pulsatilla grandis* und *Stachys recta* keine Barrieren für den Genfluss zwischen den

Individuen darstellen und Böschungen von *Gentianella aspera* sogar ausschließlich nur dann

besiedelt werden, wenn sich Weingärten zwischen ihnen befinden.

Wie die Vegetationskartierung ergeben hat, ist *Scabiosa ochroleuca* eine Charakterart der Halbtrockenrasen, kommt auf mageren Glatthaferwiesen und verbrachten bzw. nährstoffreichen Böschungen aber ebenfalls vor. Vergleiche der ermittelten Durchschnitts-Zeigerwerte der Böschungen basierend auf ELLENBERG (2001) mit den Angaben über die Art haben gezeigt, dass *Scabiosa ochroleuca* mit offeneren und trockeneren Bedingungen, als sie auf den Böschungen herrschen, zurechtkäme. Sie würde auch eher kontinentalere und wärmere Verhältnisse bevorzugen, da sich die Art am West-Rand ihrer Verbreitung befindet. In Bezug auf stickstoffreiche Standorte zeigt *Scabiosa ochroleuca* aber große Toleranzen weshalb ihr Stickstoffzeigerwert von 2 demnach, zumindest in Österreich, nicht nachzuvollziehen ist.

Die Ergebnisse zu den populationsbiologischen Parametern lassen eine eindeutige Beantwortung der Frage, welche dieser Parameter eine erfolgreiche Reproduktion der Individuen besonders begünstigen, nicht zu:

Keine bestimmte Böschung, Exposition oder Neigungswinkel-Klasse wirkt sich gemäß den statistischen Auswertungen durchwegs positiv auf alle Parameter aus, es werden immer nur Teilaspekte begünstigt. Da jedoch alle Parameter in Zusammenhang mit der Reproduktion der Individuen stehen, könnte man folgern, dass *Scabiosa ochroleuca* unter allen Bedingungen erfolgreich reproduzieren kann: Sowohl viele blühende Individuen, Blütenköpfchen und Samen, eine hohe Bestäubungsrate sowie eine lange Blühzeit garantieren der Population viele Nachkommen.

Bei der Mahdhäufigkeit, die im Naturschutz einen wichtigen Aspekt in Bezug auf die Böschungspflege darstellt, wirkt sich eine einmalige Mahd eindeutig positiv auf die Bestandsdichten von *Scabiosa ochroleuca* aus. Das Offenhalten der Böschungen erscheint auch deshalb sehr wichtig, da die Art auf Biotoptypen mit hohem Verbuschungsgrad (beispielsweise durch *Clematis, Cornus, Sambucus*) nicht anzutreffen ist. Auf andere populationsbiologische Parameter von *Scabiosa ochroleuca* hat die Mahd keinen signifikanten Einfluss, da sich die Pflanze, außer bei starker Trockenheit, nach der Mahd wieder vollständig regenerieren kann.

Die Keimexperimente haben einerseits gezeigt, dass bei Aussaat innerhalb eines halben Jahres unreif geerntete Samen schlechter keimen als reife. Weiters konnte exemplarisch nachgewiesen werden, dass die Keimraten der Samen von in lockeren Beständen wachsenden Individuen fast doppelt so hoch sind, wie die von Pflanzen in dichten Kohorten. Mögliche Erklärungen wären, dass es zu Ressourcenbegrenzung durch die Konkurrenz der Pflanzen um die gleichen Nährstoffe kommt oder die Bestäubung durch nah verwandte Individuen zur Inzucht und dadurch verminderter Fitness führt.

Bei Beobachtungen der blütenbesuchenden Insekten wurden auf *Scabiosa ochroleuca* überwiegend Bienen, Hummeln und Schwebfliegen gezählt. Das Spektrum der Besucher umfasste aber auch Falter, Käfer, Wanzen, Fliegen und Wespen. Inwieweit die Blütenbesucher effektive Bestäuber der Art sind, kann anhand der erfolgten Erhebungen nicht festgestellt werden. Bei weiterführenden Studien müssten Versuche mit einer räumlichen Trennung der Besuchergruppen gemacht werden, gefolgt von einer Auszählung der befruchteten Samen.

Die Bestäubungsexperimente dieser Arbeit haben gezeigt, dass die Art keine spontane Selbstbestäubung zulässt und unter dem natürlichen Einfluss der Bestäuber eine Bestäubungsrate von ca. 62 % zu erwarten ist. Dieser Wert wird auch von der Bestäubungsrate, die bei den Erhebungen an den ausgewählten Individuen ermittelt wurde (59%), bestätigt.

9. Quellen

- AICHELE D. & SCHWEGLER H-W. (2000): Die Blütenpflanzen Mitteleuropas. Frankh-Kosmos Verlag Stuttgart
- BARRETT S.C.H. & Kohn J.R. (1991): Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants, aus dem Buch Genetics and Conservation of rare plants. Oxford University Press Oxford
- BERNHARDT K.-G., HOLZNER W., KOCH M., KRIECHBAUM M., SCHACHT H. (2002): Entwicklung eines botanischen Zielartenkonzeptes in einer Weinbaulandschaft- 10. österreichisches Botanikertreffen, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein
- BERNHARDT K.-G., HANDKE K., KOCH M., LAUBHANN D., BERG H.-M., DUDA M., HÖTTINGER H., KLEPSCH R., PINTAR M., SCHEDL H. (2005): Anwendungsmöglichkeiten eines Zielartenkonzeptes in einem niederösterreichischen Weinbaugebiet- aus Naturschutz und Landschaftsplanung, Zeitschrift für angewandte Ökologie. 202-211
- BLUM W.E.H. (2007): Bodenkunde in Stichworten. Borntraeger Verlag Stuttgart
- CORNELIUS R. (1991): Zur Bedeutung populationsbiologischer Forschung für den Naturschutz, In: Populationsbiologie der Pflanzen. Hrsg. SCHMID und STÖCKLIN, Birkhäuserverlag Basel
- ELLENBERG H., WEBER H.E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3. Auflage, Verlag Erich Goltze Göttingen
- FISCHER M., OSWALD K., ADLER W. (2008): Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen Linz
- FRAISS S. (2005): Biotoptypenkartierung an ausgewählten Flächen in Mautern, Oberndorf und Traismauer. Diplomarbeit an der BOKU Wien
- GERSTMEIER R. (2003): Schmetterlinge sicher bestimmen mit Foto und Zeichnung. Frankh-Kosmos Verlag Stuttgart
- HOLZNER W. (Hrsg.) (1989): Biotoptypen in Österreich Vorarbeiten zu einem Katalog. Umweltbundesamt Wien

- HEDRICK P.W. (1990): Mating systems and evolutionary genetics. In: "Population Biology: Ecological and Evolutionary Viewpoints. Springer Verlag New York
- HUEMER P. & TARMANN G. (1993): Die Schmetterlinge Österreichs (*Lepidoptera*).

 Systematisches Verzeichnis mit Verbreitungsangaben für die einzelnen Bundesländer.

 Selbstverlag des Tiroler Landesmuseums Innsbruck
- JAKOBS W. & RENNER M. (1998): Biologie und Ökologie der Insekten. Fischer Verlag Stuttgart
- KUMMER S. (2004): Schöne Landschaft lästige G'stetten. Diplomarbeit an der BOKU Wien
- LAUBHANN D. (2007): Anwendbarkeit lokaler Zielarten. Untersuchungen zu Indikatoreigenschaften, zeitlicher Konstanz und Möglichkeiten der Regionalen Verwendbarkeit. Dissertation an der BOKU Wien
- LEDOLTER P. (2006): Habitatwahl zoologischer Zielarten an Weinbergböschungen in ausgewählten Flächen im Traisental. Diplomarbeit an der BOKU Wien
- LEINS P. (2000): Blüte und Frucht. Aspekte der Morphologie, Entwicklungsgeschichte, Phylogenie, Funktion und Ökologie. Nägele und Obermiller Stuttgart
- LIDL W. (2004): Pflanzensoziologische Untersuchungen von subkontinentalen Halbtrockenrasen bei Mautern an der Donau als Grundlage für ein Zielartenkonzept. Diplomarbeit an der BOKU Wien
- MASOMI L. (2005): Das Zielartenkonzept im wissenschaftlichen Naturschutz in einer Weinbaulandschaft im Kamptal, Wachau (Niederösterreich). Diplomarbeit an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
- MUCINA L. & KOLBECK J. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs, In: Band I Anthropogene Vegetation. Hrsg. MUCINA L., GRABHERR G., ELLMAUER T., Fischer Verlag Jena, S. 420 492
- MÜCKSCHEL C. (2001): Zur Plastizität populationsbiologischer Merkmale ausgewählter Magerrasenarten Südthüringens unter Beweidungseinfluss. Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen

- PLUESS A. & STÖCKLIN J. (2004): Genetic diversity and fitness in *Scabiosa columbaria* in the Swiss Jura in relation to population size. Conservation Genetics, 5, 145-156
- PONTIN D.R., WADE M.R., KEHRLI P., WRATTEN S.D. (2006): Attractiveness of single and multiple species flower patches to beneficial insects in agro ecosystems. Ann Appl Biol 148, 39-47
- RUMETSHOFER CH. (2005): Biotoptypenkartierung an ausgewählten Flächen in Hollenburg. Diplomarbeit an der BOKU Wien
- SAUER F. (1993): 600 Käfer nach Farbfotos erkannt. Fauna Verlag Karlsfeld
- SCHEFFER F. & SCHACHTSCHABEL P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Akademischer Verlag Spektrum Heidelberg und Berlin
- SCHMEIL O. & FITSCHEN J. (2003): Flora von Deutschland und angrenzenden Ländern. 92. Auflage, Quelle & Meyer Verlag Wiebelsheim
- SCHMID B. & STÖCKLIN J. (1991): Populationsbiologie der Pflanzen. Birkhäuserverlag Basel
- SPRENGEL C.K (1793): Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. Friedrich Vieweg Verlag Berlin
- STADLER K. (2006): Genetic structure among and within *Gentianella aspera* populations.

 Diplomarbeit and der Universität Wien
- STRELEC H. (2003/2004): Einführung in die Statistik. Skriptum für LW und LBT, BOKU Wien
- ÖSTERREICHISCHE BODENKARTIERUNG (1963): Erläuterungen zur Bodenkarte 1:5000 Arbeitsbereich Krems-Süd III. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien
- ÖSTERREICHISCHE BODENKARTIERUNG (1963): Erläuterungen zur Bodenkarte 1:5000 Arbeitsbereich Krems-Süd IV. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien
- TIEFENBACH M. (1998): Naturschutz in Österreich. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie Wien

VAN TREUREN R., BIJLSMA R., OUBORG N. & KWAK M. (1994): Relationship between plant density, outcrossing rate and seed set in natural and experimental populations of *Scabiosa columbaria*. J. Evol. Biol. 7, 287-302

Internetquellen

Biene Österreich: letzte Abfrage am 12.10.2008

http://www.biene-oesterreich.at/

Das Geodatenportal der Österreichischen Länder: letzte Abfrage am 12.10.2008 www.geoland.at

KARRER: Ökologische Zeigerwerte nach Ellenberg – angepasst für Österreich

letzte Abfrage am 12.10.2008

http://statedv.boku.ac.at/zeigerwerte/

Natura 2000 Liste (2001): letzte Abfrage am 12.10.2008

http://www.tirol.gv.at/themen/umwelt/naturschutz/natura2000-oesterreich/

Niederösterreich-Atlas: letzte Abfrage am 12.10.2008

http://www.noe.gv.at/Land-Zukunft/Karten-Geoinformation.html

Wildbiene.com: letzte Abfrage am 12.10.2008

http://www.wildbiene.com/

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG): letzte Abfrage am 12.10.2008 http://www.zamg.ac.at/

Kartengrundlagen

Geologische Karte der Republik Österreich – 38 Krems, M 1:50 000 (1984): Geologische Bundesanstalt Wien

Bodenkarte Gemeinde Bez. Krems NÖ - Mappe 31, M 1:5000 (1963): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 1963

Bodenkarte Gemeinde Bez. Krems NÖ - Mappe 32, M 1:5000 (1963): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft

Österreichische Bodenkarte - Kartenblatt 52 Krems an der Donau, M 1: 25000 (1979): Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Wien

Österreichische Bodenkarte - Kartenblatt 65 Herzogenburg, M 1: 25000 (1980): Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Wien

Orthofotos vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen BEV

Verwendete Statistik Programme

MS Excel, Version 2002

SPSS Manager, Version 11.0

Anhang 1

Tabelle A1: Übersicht über Geologie (GEOLOGISCHE KARTE DER REPUBLIK ÖSTERREICH 1984) und Boden (ÖSTERREICHISCHE BODENKARTIERUNG 1963) der Untersuchungsgebiete sowie Biotoptypen und deren ökologische Bedeutung (FRAISS, RUMETSHOFER 2005)

Standort	Böschung	Geologie	Boden	Biotoptyp	ökologische Bedeutung
	A	Hollenburg-Karlstettner Konglomerat	Lehm über lehmigem Ton, schwach humos, kalkhaltig aber pH neutral, hohes Wasserhaltevermögen aber geringe Durchlässigkeit, normale Lagerung, mäßige Ertragsfähigkeit	Magere Glatthaferwiese	hoch
Mautern	В	Lehmauflage, meist Würm oder Schotter Ertragsfähigkeit.		Magere Glatthaferwiese	hoch
	н	der Terrasse Lehen (Terrassensockel 17 m über Donau) und tertiärer Gerinne (Günz).	Lehm über lehmigem Ton, schwach humos, kalkhaltig aber pH neutral, hohes Wasserhaltevermögen aber geringe Durchlässigkeit, normale Lagerung, mäßige Ertragsfähigkeit	Nährstoffreiche Lössböschung	1/3 hoch, 2/3 niedrig
	С		lehmiger Feinsand, schwach humos, stark kalkhaltig mit schwacher alkalischer Reaktion, trocken, geringes Wasserhaltevermögen, starke Durchlässigkeit, lockere Lagerung, mäßige Ertragsfähigkeit.	Halbtrockenrasen verbuscht	hoch
Hollenburg	D	Hollenburg-Karlstettner Konglomerat (Unterbaden, obere Lagenindenzone) der Molassezone, sowie Löss- oder Lehmauflage, meist Würm.	Stark lehmiger Feinsand über Schotter, humos, stark kalkhaltig mit alkalischer Reaktion, trocken, geringes Wasserhaltevermögen, starke Durchlässigkeit, lockere Lagerung, geringe Ertragsfähigkeit.	Nährstoffreiche Böschung	mäßig
	E	Loriniaariago, moist warm.	Stark lehmiger Feinsand, bis 15 cm humos, stark kalkhaltig mit alkalischer Reaktion, gutes Wasserhaltevermögen, günstige Durchlässigkeit, normale Lagerung, gute Ertragsfähigkeit.	Magere Glatthaferwiese	hoch
Taniamana	Schotter der Terasse S Traismauer (Terrassensockel 65 m über Donau) und tertiärer Gerinne (Prägünz =		kalkhaltiger Rigolboden aus Löss, Wasser: mäßig trocken, Bodenwert: hochwertig, für Ackerland geeignet	Lössböschung	mäßig
Traismauer	G	Ältestpleistozän bis Oberpliozän). Höher gelegen befinden sich Oncophora- Schichten höheres Ottang als Teil der Molassezone.	kalkhaltiger Rigolboden aus Löss, Wasser: mäßig trocken, Bodenwert: hochwertig, für Ackerland geeignet	Lössböschung	mäßig

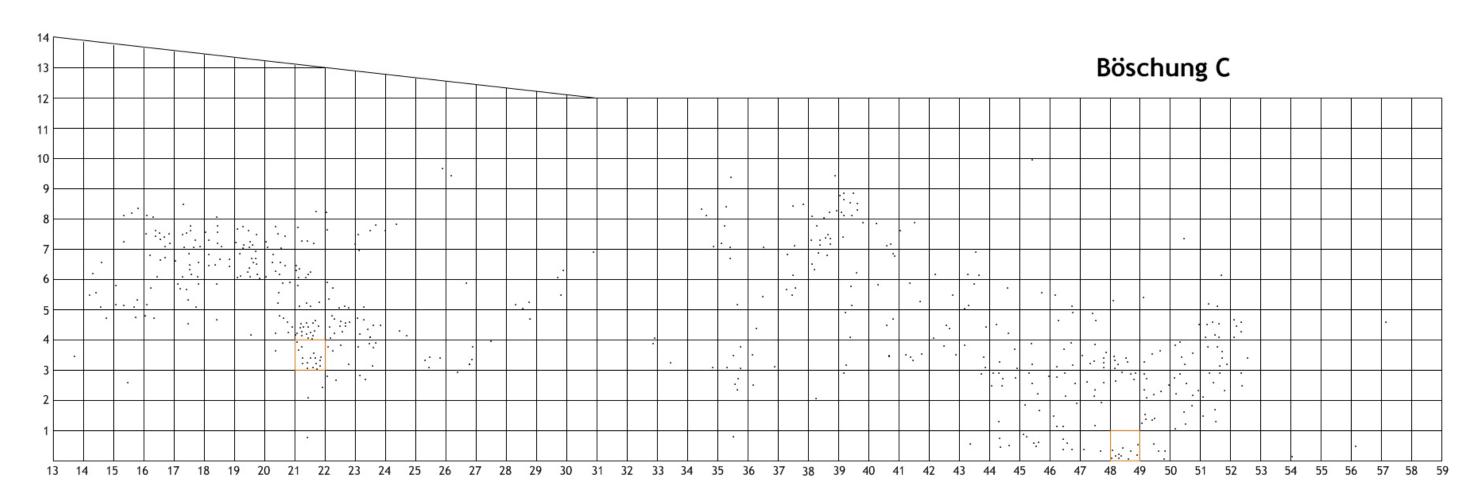
Anhang 2

Tabelle A 2: Liste der erhobenen Pflanzenarten der Böschungen, gegliedert nach Biotoptypen

Lateinischer Name	Deutscher Name				Bösc	hung					Ökologisches Verhalten - Ö Sozio							g. Verhalten		
		В	Н	С	D	E	F	G-k	G-l	L	T	K	F	R	N	Gr	K	0	V	
Halbtrockenrasen-Arten																				
Scabiosa ochroleuca	Gelbe Knopflume	Х	Х	Χ	Χ	Х	Х	Х	Х	8	7	6	3	8	2	5	3	1	2	
Pimpinella saxifraga	Kleine Bibernelle	Х	Х	Х	Х	Х			Х	7		5	3		2	5	3			
Campanula moravica	Mährische Glockenblume		Х	Х	Х	Х														
Seseli annuum	Steppen-Bergfenchel	Х	Х	Х		Х				8	7	5	3	9	2	5	3	1	2	
Aster amellus	Berg-Aster	Х		Х	Х					8	6	6	4	9	3	6	1	1	2	
Carlina vulgaris	Gewöhnliche Golddistel			Х	Х	Х				7	5	3	4	7	3	5	3	2	2	
Euphorbia cyparissias	Zypressen-Wolfsmilch				Х		Х	Х		8		4	3		3	5	3			
Hieracium umbellatum	Dolden-Habichtskraut			Х		Х	Х			6	5	4	3	4	3	8	4	1	1	
Hypericum perforatum	Tüpfel-Johanniskraut	Х			Х			Х		7	6	5	4	6	4	6	1			
Seseli libanotis	Heilwurz	х			Х	Х				7		5	3	8	2	6	1	1	2	
Agrimonia eupatoria	Echter Odermening	х	х							7	6	4	4	8	4	6	1	1	1	
Artemisia campestris	Feld-Beifuß				Χ	Х				9	6	5	2	5	2	5	2			
Eryngium campestre	Feld-Mannstreu	Х	Х							9	7	5	3	8	3	5	3			
Medicago falcata	Sichel-Schneckenklee				Х			Х		8	6	7	3	9	3	6	1	1	2	
Origanum vulgare	Echter Dost		Х	Х						7		3	3	8	3	6	1	1		
Stachys recta	Aufrechter Ziest		Х		Х					7	6	4	3	9	2	5	3			
Buphthalum salicifolium	Rindsauge			Х																
Bupleurum falcatum	Sichelblättriges Hasenohr	х								6	6	6	3	9	3	6	1	1	2	
Cornus sanguinea	Blutroter Hartriegel					х				7	5	4	5	7		8	4	4		
Echium vulgare	Gewöhnlicher Natternkopf		Х							9	6	3	4	8	4	3	5	4	2	
Euphorbia virgata	Rutenförmige Wolfsmilch	х								9	6	6	4	8	4	3	5	4	2	
Gentianella aspera	Rauer Enzian					Х				8	3	4	4	9	2	5	3	2	2	
Picris echioides	Bitterkraut							Х		7	7	3	5	8	6	3				
Polygonatum odoratum	Wohlriech. Salomonsiegel				Х					7	5	5	3		3	6	1	1	2	
Salvia pratensis	Wiesen-Salbei		Х							8	6	4	3	8	4	5	3			
Sanguisorba minor	Kleiner Wiesenknopf			Х						7	6	5	3	8	2	5	3			
Scabiosa columbaria	Taubenskabiose						Х			8	5	2	3	8	3	5	3	2		
Trifolium campestre	Feld-Klee			•		Х				8	6	3	4	6	3	5	2			
Glatthaferwiesen-Arten																				
Achillea millefolium	Gemeine Schafgarbe	х	х	Χ	Χ	Х	Х	Х	Х	8			4		5	5	4	2		
Lotus corniculatus	Gewöhnlicher Hornklee	х	Х	Х	Х	Х	Х		Х	7		3	4	7	3	5				
Centaurea scabiosa	Skabiosen-Flockenblume	Х	Х	Х	Х	Х	Х									5	3			
Arrhenatherum elatius	Glatthafer	х					Х	Х		8	5	3		7	7	5	4	2	1	
Galium verum	Echtes Labkraut	х		Χ		Х				7	6		4	7	3	5	3			
Onobrychis viciifolia	Futter-Esparsette	х	Х			Х				8	7	6	3	8	3	5	3	2	2	
Taraxacum officinalis	Gemeiner Löwenzahn			•	Χ			Х	Х	7			5		8					
Trifolium pratense	Rotklee		Х			Х			Х	7		3	5			5	4			

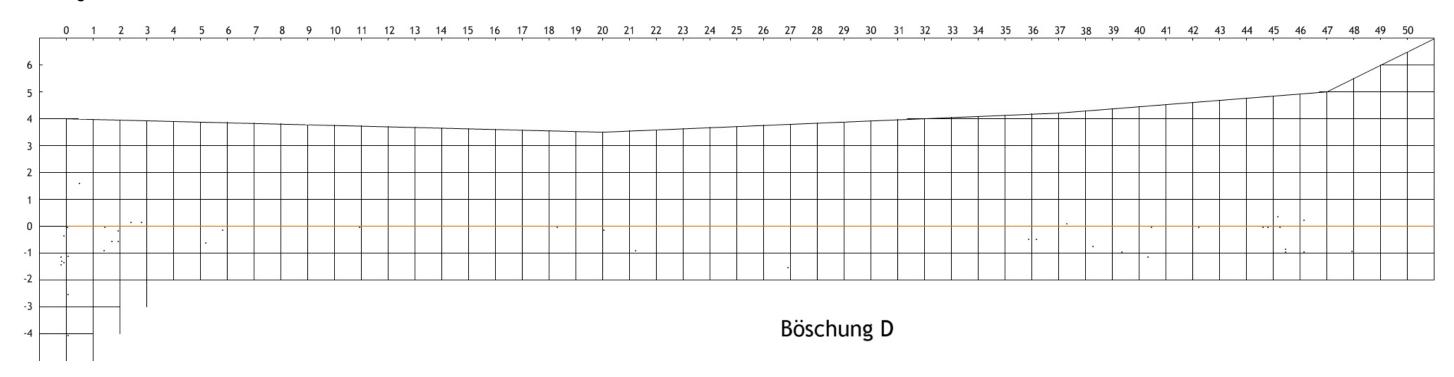
Lateinischer Name	Deutscher Name	Böschung									Ökolo	gisches	Verhal	ten - Ö		So	Soziolog. Verhalten			
		В	Н	C	D	Ε	F	G-k	G-l	L	Т	K	F	R	N	Gr	K	0	V	
Solidago virgaurea	Echte Goldrute					Х	Х			5			5		4					
Tragopogon orientalis	Wiesen-Bocksbart		Х		Х					7		5	5	7	6	5	4	2		
Lathyrus odoratus	Duft-Platterbse			Х																
Plantago lanceolata	Spitz-Wegerich		Х							6		3				5	4			
Plantago major	Groß-Wegerich				Х					8			5		6	3	7	1		
Trifolium repens	Weißklee				Х					8			5	6	6	5	4	2	3	
Verbrachungszeiger																				
Conyza canadensis	Kanadisches Berufskraut		Х		Х		Χ	Х		8	6		4		5	3	3	3		
Clematis vitalba	Gewöhnliche Waldrebe		Х		Х	Х				7	6	3	5	7	7	8	4	4		
Rubus caesius	Kratzbeere					Х		Х	Х	6	5	4		8	7					
Rosa canina	Hunds-Rose			Х		Х				8	5	3	4			8	4	4		
Vicia tenuifolia	Schmalblatt-Vogel-Wicke						Χ	Х		8	6	6	3	8	2	6	1	1	2	
Calamagrostis epigejos	Land-Reitgras							Х		7	5	7			6					
Campanula persicifolia	Pfirsichblatt-Glockenblume					Х				5	5	4	4	8	3	8	4	2		
Pinus nigra	Schwarzföhre			Х						(7	7		2	9	2	7	1	1		
Populus tremula	Zitter-Pappel			Х						(6	5	5	5							
Robinia pseudacacia	Robinie			Х						(5	6	4	4		8					
Sambucus ebulus	Zwerg-Holunder								Х	8	6	3	5	8	7	3	5	3	1	
Sorbus aria	Mehlbeere			Х						(6	5	2	4	7	3	8	4	2		
Ruderalisierungs und Stickst	offzeiger																			
Artemisia vulgaris	Gewöhnlicher Beifuß	Х		Х	Х	Х			Х	7	6		6		8	3	5			
Dianthus carthusianorum	Karthäuser Nelke	Х	Х	Х	Х	Х		•		8	5	4	3	7	2	5	3	2		
Silene vulgaris	Aufgeblasenes Leimkraut	•		Х	Х	Х		Х	Х	8			4	7	4					
Melilotus alba	Weißer Steinklee	•			Х	Х	Χ	Х		9	6	6	3	7	4	3	5	4	2	
Silene alba	Weiße Lichtnelke	•		Х	Х	•		Х	Х	8	6		4		7	3				
Salvia nemorosa	Steppen-Salbei	•		Х			Χ		Х	7	7		4	9	4	3	5	4	1	
Urtica dioica	Gewöhnliche Brennnessel							Х	Х				6	7	9	3	5			
Cichorium intybus	Gemeine Wegwarte		Х							9	6	5	4	8	5	3				
Melilotus officinalis	Weißer, Echter Steinklee							Х		8	6	6	3	8	3	3	5	4	2	
Mycelis muralis	Mauerlattich								Х	4	6	2	5		6	3	5	2	2	
Lycopus europaeus	Gewöhnlich-Wolfsfuß					Х				7	6	5	9	7	7	1	5			
Salvia verticillata	Quirlblütiger Salbei	Х								9	6	6	4	7	5	3	5	4		
Setaria pumila	Gelb-Borstenhirse			Χ												3	3	1		
Solidago canadensis	Kanadische-Goldrute					х		•		8	6	5			6	3	5			

Anhang 3-a



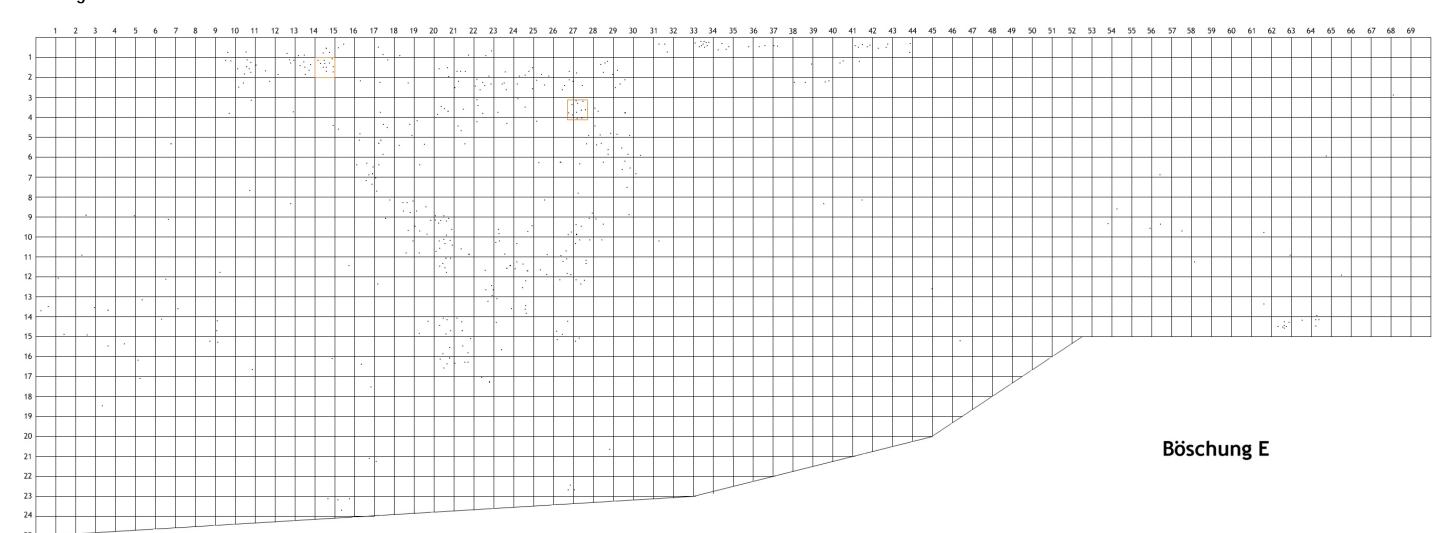
Grafik A3-a: grafische Darstellung der Verteilung aller Individuen von *Scabiosa ochroleuca* (schwarze Punkte) auf Böschung C, die orangen Kästchen symbolisieren Flächen, auf denen allen Individuen Blattproben entnommen wurden.

Anhang 3-b



Grafik A3-b: grafische Darstellung der Verteilung aller Individuen von Scabiosa ochroleuca (schwarze Punkte) auf Böschung D, die orange Linie symbolisiert die Unterkante der Böschung, die negativen Werte beziehen sich auf die Entfernung von dieser Null-Linie in ebenem Gelände

Anhang 3-c



Grafik A3-c: grafische Darstellung der Verteilung aller Individuen von *Scabiosa ochroleuca* (schwarze Punkte) auf Böschung E, die orangen Kästchen symbolisieren Flächen, auf denen allen Individuen Blattproben entnommen wurden.