

Eberhard Karls Universität Tübingen  
ZMBP - Pflanzenphysiologie  
Luise Brand und Andreas Häcker

# Höhenzonierung der Vegetation auf der Alp Flix

Katrin Hänze, Sarah Lang und Max Schön

Exkursion vom 18-21.07.2013

# 1 Einleitung

## 1.1 Höhenzonen

Da in verschiedenen Höhen unterschiedliche Umweltbedingungen (Temperatur, UV-Strahlung, Niederschlag, Dauer einer Vegetationsperiode usw.) herrschen, findet man auf jeder Höhenstufe verschiedene Gesellschaften von Pflanzen. Frey & Lössch [3] unterscheiden 7 Höhenstufen anhand ihrer Vegetation (Tab 1). Jede Stufe stellt einen eigenen Lebensraum dar, in welchem für diese Höhe charakteristische Pflanzen wachsen. Die Höhen, in welchen die verschiedenen Stufen zu finden sind, variieren aufgrund unterschiedlicher klimatischer Verhältnisse je nach ihrer geographischen Lage.

## 1.2 Ziele und Fragestellung

In dieser Untersuchung soll überprüft werden, wie sich die pflanzliche Vegetation in verschiedenen Höhen der subalpinen bzw. alpinen Stufe (1600 m, 1800 m, 2000 m und 2200 m) während des Sommers (Juli) in der Region um Alp Flix unterscheidet. Insbesondere soll der Fokus dabei auf

1. der Artvielfalt und Artzusammensetzung,
2. dem Deckungsgrad,
3. der Pflanzenhöhe (maximaler und mittlerer),
4. sowie dem Wasserhaushalt

liegen. Solch eine Vegetationsaufnahme ist notwendig um langfristige Veränderungen zu erkennen und gezielte Eingriffe in die Natur zum Schutz bedrohter Arten vornehmen zu können.

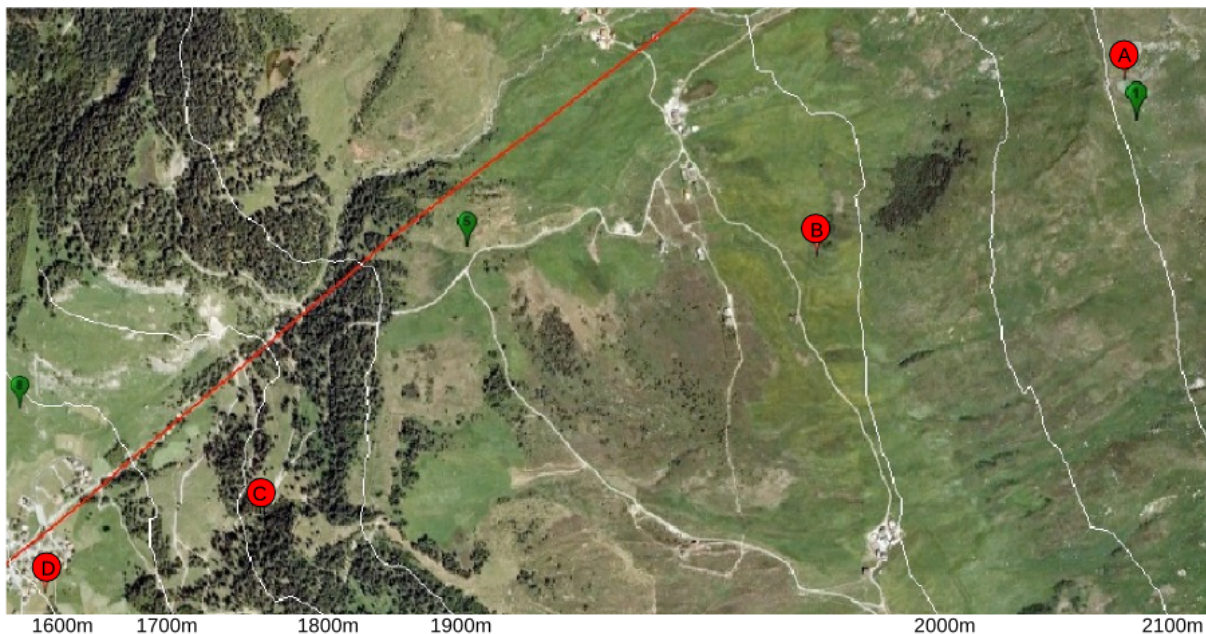
**Tabelle 1:** Vegetation zu den Höhenstufen nach Frey & Lössch [3]. Die angegebenen Höhen beziehen sich auf die Zentralalpen. Planare und Kolline Stufen kommen in den Alpen nicht vor, werden der Vollständigkeit wegen jedoch aufgeführt.

<b>Höhenstufe</b>	<b>Vegetation</b>
Planare Stufe (0 m - 100 m)	- Ursprünglich mit Buchen, Buchen-Eichenmischwäldern, Eichen-Hainbuchenwäldern bewachsen, heute weitgehend Kulturlandschaften
Kolline Stufe (100 m - 500 m)	- Eichen-Buchenwälder und Eichenmischwälder - gut für Obst- und Weinbau geeignet
Submontane Stufe (500 m - 800/1000 m)	- Buchen-Tannen-Fichtenwälder - Wiesen- und Landwirtschaft
Montane Stufe (800/1000 m - 1400/1800 m)	- Fichtenwälder, Pflanzengesellschaften werden durch zahlreiche Moosarten geprägt - Wiese-, Weide- und Almwirtschaft
Subalpine Stufe (1400/1800 m - 2100/2500 m)	-Lärchen-Arvenwälder - Aufgrund von Holzentnahme und Almwirtschaft sind immer mehr Viehweiden und Zwergsträucher zu finden
Alpine Stufe (2100/2500 m - 2700/3200 m)	- Baumfrei - Alpine Rasen, Schneeböden, Zwergsträucher, Fels- und Schuttgesellschaften
Nivale Stufe (ab 2700/3200 m)	- Oberhalb der klimatischen Schneegrenze - Wenige Gefäßpflanzen wie Moose und Flechten

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Vegetationsaufnahmen

Die Untersuchungen fanden in der Region um die Alp Flix am 19. Juli 2013 statt. Die Alp Flix liegt in der Gemeinde Sur im schweizer Kanton Graubünden. Das Plateau liegt zwischen 1950 m und 2001 m über dem Meeresspiegel und weist eine Breite von etwa 1000 m auf. Die Alp Flix zeichnet sich aus durch eine Vielzahl unterschiedlicher Lebensräume. Auf kleinstem Raum gibt es hier Wiesen und Weiden, Seen, Moore und Wälder. Durch diese Tatsache lässt sich die große Artenvielfalt erklären, die hier anzutreffen ist und am GEO-Tag der Artenvielfalt 2000 erstmals entdeckt wurde.



**Abbildung 1:** Untersuchungsflächen auf der Alp Flix: A: 2200 m, B: 2000 m, C: 1800 m, D: 1600 m.

Für die durchgeführten Untersuchungen ist wichtig zu erwähnen, dass die umliegenden Wiesen und Felder einmal jährlich gedüngt und einmal jährlich zur Heugewinnung abgemäht werden. Die genauen Untersuchungsorte auf den verschiedenen Höhenstufen sind in Abbildung 1 dargestellt.

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten durch drei Gruppen aus je drei Studierenden. Mithilfe von zufällig ausgeworfenen Metallquadraten (50 x 50 cm<sup>2</sup>) wurde ein begrenzter Bereich ausgewählt, in welchem verschiedene Parameter (Artenvielfalt und Artzusammensetzung, Deckungsgrad, Wuchshöhe, Wasserhaushalt) untersucht wurden. Die Erfassung der Artzusammensetzung und die damit verbundene Identifizierung der Pflanzen wurde anhand folgender Bestimmungsschlüssel durchgeführt:

- Eggenberg, S. & Möhl, A. (2009). Vegetativa: Ein Bestimmungsbuch für Pflanzen der Schweiz im blütenlosen Zustand. Haupt
- Lauber, K. & Wagner, G. (2012). Flora Helvetica. 5 Auflage. Haupt
- Rothmaler (2013). Exkursionsflora von Deutschland, Gefäßpflanzen: Atlasband. 12. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag
- Schmeil & Fitschen (2006, 2009, 2011). Die Flora Deutschlands und der angrenzenden Länder. 93., 94. & 95. Auflage. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim

Der mit Pflanzen bewachsene Bereich des ausgeworfenen Quadrates (Deckungsgrad) wurde abgeschätzt und in Prozent angegeben. Die maximale Höhe, die eine Pflanze in dem untersuchten Bereich erreichte, konnte durch Abmessen, sowie durch Abschätzen ermittelt werden. Die mittlere Wuchshöhe der Pflanzen in diesem Bereich wurde abgeschätzt. Durch Einteilung in die Kategorien trocken - mässig feucht - feucht konnte der Wasserhaushalt angegeben werden. Die Daten wurden von jeder Gruppe auf vier verschiedenen Höhen (1600 m, 1800 m, 2000 m und 2200 m) für zwei bis drei Quadrate erhoben.

Bis auf die Aufnahme in 1800 m Höhe wurden als Lebensraum jeweils Wiesen ausgewählt. In 1800 m Höhe wurde die Aufnahme im Wald durchgeführt.

Die Artzusammensetzung innerhalb der ausgewählten Fläche auf einer Höhenstufe variierte zum Teil stark. Es wurde deshalb darauf geachtet, dass durch das Auswerfen der Quadrate eine repräsentative Aufnahme der Arten stattfand. So wurde zum Beispiel auf der Wiese in 2200 m Höhe darauf geachtet, dass auch Pflanzen am Bachufer berücksichtigt werden. Im Wald auf 1800 m Höhe wurden Quadrate in Lichtungen ausgeworfen, aber auch direkt unter Bäumen, wo z.B. die Wasserversorgung schlechter war.

## 2.2 Auswertung

Zum Vergleich der Parameter mittlere und maximale Wuchshöhe, Deckungsgrad sowie die Feuchtezahl nach Ellenberg [2] wurden für jede Höhenstufe der Mittelwert und die Standardabweichung aus allen Quadraten einer Höhe berechnet und mit dem Programm R als Balkendiagramme dargestellt [6].

Als Diversitätsindikatoren wurden die  $\alpha$ - und die  $\beta$ -Diversität berechnet.

Die  $\alpha$ -Diversität wurde als Durchschnitt der Artenzahlen pro Quadrat auf einer Höhenstufe definiert.  $n_i$  bezeichnet in Formel 1 die Artzahl innerhalb eines Quadrates,  $s$  die Anzahl der Quadrate auf einer Höhenstufe.

$$\alpha = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{0.25 \text{ m}^2} \quad (1)$$

Zur Berechnung der  $\beta$ -Diversität wurden die auf den vier Höhenstufen gefundenen Arten miteinander verglichen und anhand der Formel 2 der Standard  $\beta$ -Diversitäts-Index berechnet.

$$\beta = \frac{S}{\bar{\alpha}} - 1 \quad (2)$$

Dabei steht  $S$  für die Gesamtartenzahl und  $\bar{\alpha}$  für die durchschnittliche Anzahl unterschiedlicher Arten pro Höhenstufe (nicht die eben berechnete  $\alpha$ -Diversität).

Da die  $\beta$ -Diversität jedoch auf Grundlage der Gesamtartenzahl berechnet wird, die mit steigender Untersuchungsflächenanzahl zunimmt, selbst wenn die Untersuchungsgebiete alle Teil eines zusammengehörenden Gebietes sind, wird häufig zusätzlich zur oben beschriebenen  $\beta$ -Diversität der sog. Sørensen-Ungleichheits-Index berechnet [10]. Zur Ber-

rechnung dieses Indexes werden die einzelnen Flächen paarweise verglichen und anschliessend der Gesamtwert als Mittelwert der einzelnen Werte errechnet. Die paarweise Ungleichheit wird mithilfe der Formel 3 berechnet.

$$\beta = \frac{a + b + c}{(2a + b + c)/2} - 1 \quad (3)$$

$a$  beschreibt hierbei die Anzahl gemeinsamer Arten,  $b$  und  $c$  die Anzahl der Arten die nur auf jeweils einer der Flächen gefunden wurden. Die Formel ergibt sich aus (2), wenn man  $\bar{\alpha}$  durch die durchschnittliche Artenzahl pro Fläche, also  $(2a + b + c)/2$  und  $S$  durch  $a + b + c$  ersetzt.

### 3 Ergebnisse

Die mittlere sowie die maximale Wuchshöhe wurden zum übersichtlichen Vergleich der vier Höhenstufen nebeneinander dargestellt, die roten Linien geben die Standardabweichung an (Abb. 2 und 3). In der gleichen Weise wurden der Deckungsgrad und die geschätzte Feuchtigkeit dargestellt (Abb. 4 und 5).

Die *alpha*- sowie die *beta*-Diversität wurden in Tab. 2 aufgelistet, zusammen mit dem Sørensen-Ungleichheits-Index.

In Abb 6 wird die *beta*-Diversität dargestellt. Dabei wurden pro Höhenstufe alle neu gefundenen Arten zur Gesamtartenzahl addiert, die sich insgesamt auf 69 Arten beläuft. Die gefundene Artenzahl pro Höhenstufe ist in Abb 7 dargestellt.

**Tabelle 2:**  $\alpha$  und  $\beta$ -Diversitätswerte.

	2200 m	2000 m	1800 m	1600 m
$\alpha$ -Diversitätsindizes (Artzahl pro Quadrat)	8	9,3	7,8	9
Gesamtartenzahl	30	20	30	25
$\beta$ -Diversitätsindex	1,6			
Sørensen-Index	0,65			



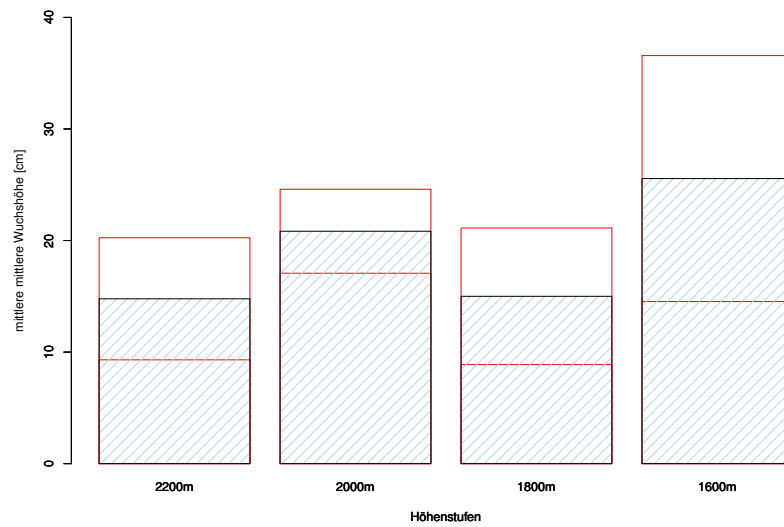


Abbildung 2: mittlere Wuchshöhe auf den verschiedenen Höhen.

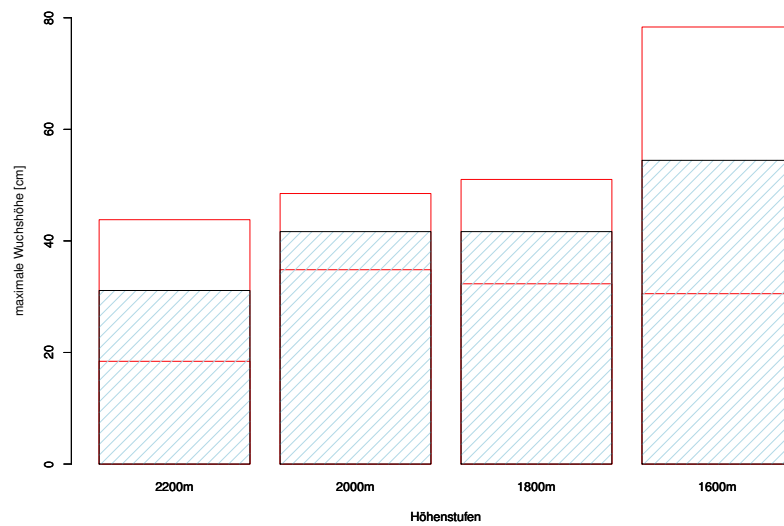
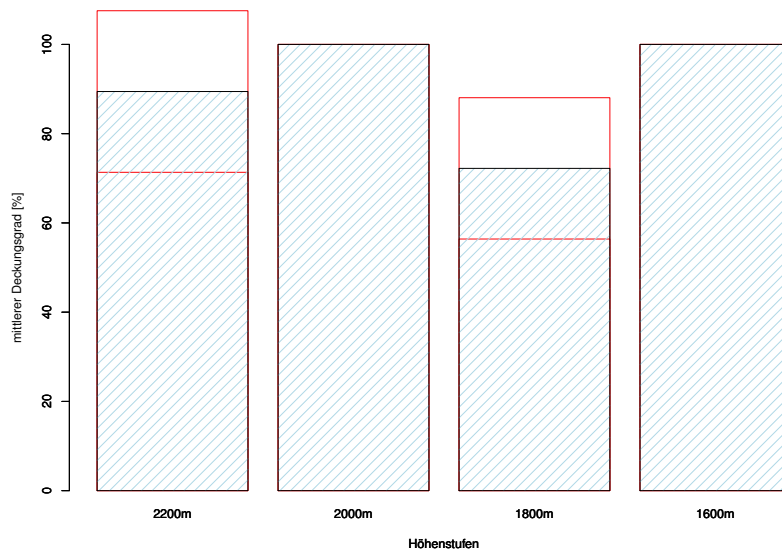
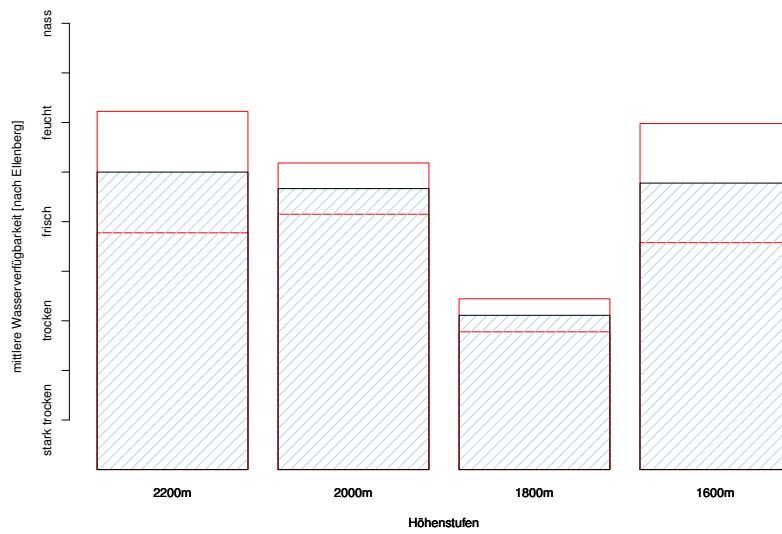


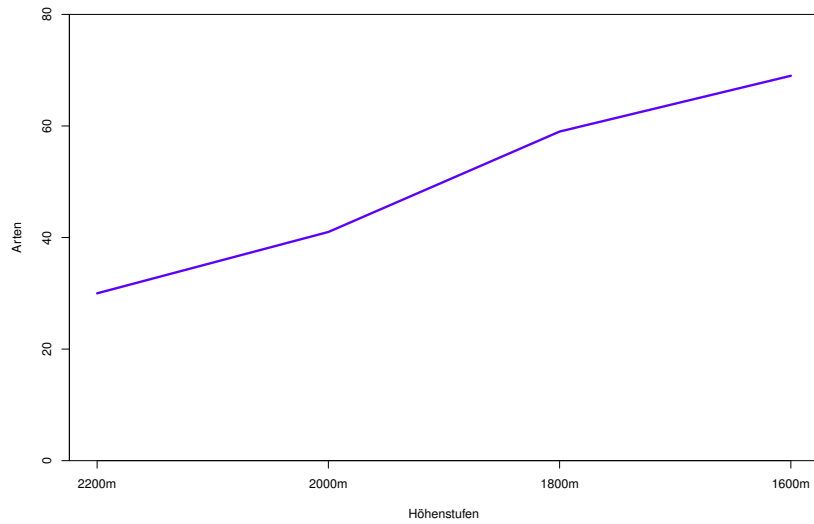
Abbildung 3: maximale Wuchshöhe auf den verschiedenen Höhen.



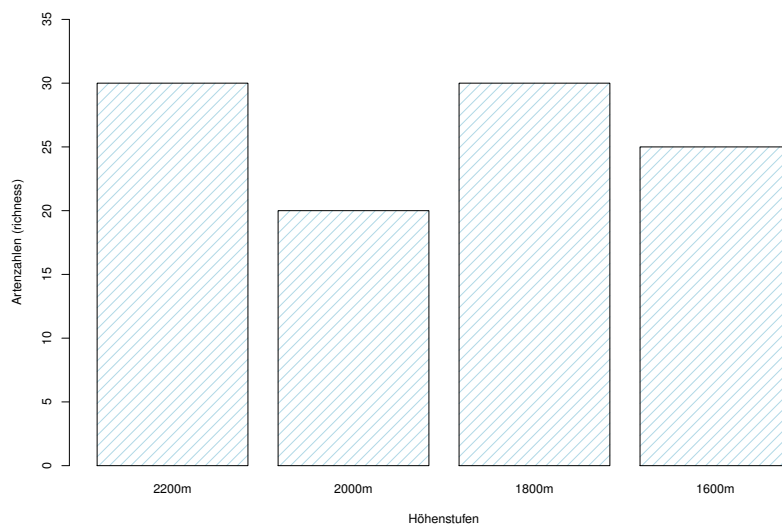
**Abbildung 4:** Bodenbedeckung durch lebende Vegetation auf den verschiedenen Höhen.



**Abbildung 5:** geschätzte Feuchtigkeit auf den verschiedenen Höhen.



**Abbildung 6:** Darstellung der  $\beta$ -Diversität, der Unterschiedlichkeit in der Artenzusammensetzung zwischen den Höhenstufen. Pro Stufe wird die Zahl der auf den vorherigen Stufen nicht gefundenen Arten zur Gesamtartenzahl addiert.



**Abbildung 7:** Gesamtartenzahlen auf den verschiedenen Höhenstufen, diese Werte wurden als Grundlage zur Berechnung der  $\beta$ -Diversität verwendet.

## 4 Diskussion

Die beiden Parameter mittlere und maximale Wuchshöhe zeigen eine steigende Tendenz mit abnehmender Höhe. Dies liegt vermutlich unter anderem am Vorkommen kleinwüchsigerer Arten (z.B. *Polygonum bistorta*, der im Gegensatz zum kleinwüchsigen *Polygonum viviparum* nur auf der untersten Höhenstufe vorkam). Eine weitere Begründung sind die mit der Höhe zunehmend ungünstigeren Wachstumsbedingungen (z. B. steigende Wind- und Strahlungsbelastung, sinkende Temperaturen und kürzere Vegetationszeiten), welche ebenfalls für den Höhenverlauf von Wald- und Baumgrenze verantwortlich sind.

Der Bedeckungsgrad zeigt keinen auffälligen Trend, lediglich im Wald (1800 m) und auf einer Höhe von 2200 m konnten geringere Bodenbedeckungen festgestellt werden. Im Wald ist dies vermutlich auf die schlechteren Lichtverhältnisse zurückzuführen. Auch die schlechte Wasserverfügbarkeit ist möglicherweise hierfür verantwortlich (siehe unten). Die geringe Bedeckung auf 2200 ist wahrscheinlich ebenfalls durch die ungünstigeren Wachstumsbedingungen bedingt. Diese Höhe liegt oberhalb der Baumgrenze, also am Beginn der alpinen Vegetationsstufe, der definitionsgemäß das Ende der geschlossenen Vegetation anzeigt.

Auch beim Vergleich der Wasserhaushalte der Höhenstufen fällt das untersuchte Waldgebiet durch die beobachtete Trockenheit aus der Reihe. Ein möglicher Grund ist der hohe Wasserbedarf der Bäume (hauptsächlich *Picea abies*), welche den untersuchten Quadranten teilweise sehr nahe waren und diese beschatteten.

Mithilfe der  $\alpha$ -Diversität kann die Artzahl pro Fläche auf den verschiedenen Stufen verglichen werden. Im Gegensatz zur Gesamtartenzahl auf den Stufen (Abb. 7) fällt auf, dass die  $\alpha$ -Diversitäten für 2200 m und 1800 m niedriger sind als die für 2000 m und

1600 m. Dieser scheinbare Widerspruch zwischen hoher Gesamtartenzahl aber niedriger  $\alpha$ -Diversität lässt sich dadurch erklären, dass auf den beiden Stufen viele, sehr unterschiedliche Kleinsthabitats vorkommen, die verschiedene Artenzusammensetzungen aufweisen.

Die  $\beta$ -Diversität wird als Maß der Unterschiedlichkeit verschiedener Untersuchungsgebiete entlang eines Gradienten in Bezug auf die Artenzusammensetzung genutzt. Ein Wert von 0 bedeutet beispielsweise, dass sich die verschiedenen Gebiete nicht unterscheiden.

In diesem Fall ist eine Deutung des Wertes schwierig, da passende Vergleichswerte aus einem identischen Versuchsablauf fehlen. Es kann zumindest festgestellt werden, dass es Unterschiede in der Artenzusammensetzung gibt und pro Höhenstufe zwischen 10 und 20 neue Arten gefunden wurden (Abb. 6). Vergleicht man die insgesamt gefundenen Artenzahlen der einzelnen Höhenstufen mit der Zahl der Arten, die auf den jeweils höheren Stufen nicht gefunden wurden, so ergeben sich recht geringe Schnittmengen. Betrachtet man bspw. die Höhen 2200 m und 2000 m, so wurden hier 10 Arten auf beiden Stufen gefunden und auf 2000 m wurden zusätzlich ca. 10 Arten gefunden, die auf 2200 m nicht vorkamen. Es ergibt sich also ein Verhältnis von 1:1 an gemeinsamen und weiteren Arten. Für die Höhenstufen 1800 m und 1600 m ergeben sich ähnlich hohe Verhältnisse (1:2 und 3:2), was auf eine große Unterschiedlichkeit der verschiedenen Höhenstufen hindeutet. Hier wird die Besonderheit der Region um die Alp Flix mit ihren unterschiedlichen Geoökosystemen deutlich.

# Literaturverzeichnis

- [1] S. Eggenberg & A. Möhl (2009). Vegetativa: Ein Bestimmungsbuch für Pflanzen der Schweiz im blütenlosen Zustand. Haupt
- [2] H. Ellenberg & C. Leuschner (2010) Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen : in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 6. Auflage. Ulmer, Stuttgart
- [3] W. Frey & R. Lösch (2004). Lehrbuch der Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. Spektrum Akademischer Verlag: 425-431
- [4] Google Earth
- [5] K. Lauber & G. Wagner (2012). Flora Helvetica. 5 Auflage. Haupt
- [6] R Core Team (2012) R: A Language and Environment for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/>
- [7] Rothmaler (2013). Exkursionsflora von Deutschland, Gefäßpflanzen: Atlasband. 12. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag
- [8] <http://www.schatzinselalpflix.ch/>
- [9] Schmeil & Fitschen (2006, 2009, 2011). Die Flora Deutschlands und der angrenzenden Länder. 93., 94. & 95. Auflage. Quelle & Meyer Verlag , Wiebelsheim
- [10] T. Sørensen (1957) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab 5(4): 1-34.

# 5 Anhang: Vegetationsaufnahmen

x= Art wurde gefunden

Zahl%= prozentuale Bodenbedeckung durch die Art

Zahl= Anzahl gefundener Individuen der Art

## Zone 1: 2200m

	Gruppe 1 (Wiese)			Gruppe 2			Gruppe 3			
	Wurf 1	Wurf 2	Wurf 3	Wurf 1	Wurf 2	Wurf 3	Wurf 1	Wurf 2	Wurf 3	
<b>maximale Wuchshöhe (cm)</b>		30	40	20	40	35	55	15	20	25
<b>mittlere Wuchshöhe (cm)</b>		20	20	10	15	20	20	6	10	12
<b>Deckungsgrad (%)</b>		100	100	50	70%	100	100	100	100	85
<b>Wasserhaushalt</b>	mässig feucht mässig feucht trocken			feucht	feucht	feucht	mässig feucht mässig feucht mässig feucht			
<b>Artzusammensetzung</b>										
Poacea spec.	75%	60%	x					50%	70%	70%
Carex spec.	x									
Alchemilla spec.	5%	5%			5	6		x	x	
Geum spec.	x	x								
<i>Potentilla erecta</i>					2					
Potentilla cf. Aurea	x	5%							x	
Soldanella alpina	x	x	x					5%		5%
Ligusticum spec.	5%	5%								
Viola spec.	x									
Trifolium pratense		5%			5			x	x	
Ranunculus spec.		x						x	10%	x
Asteracea spec.		x	x					x		
Galium anisophyllum		x	5%		5	6			x	x
Geum Montanum		x	x							
potentilla spec.			x							
Ligusticum mutellina			x			11			x	x
Geranium spec.			x			25%				
Fabaceae spec.			x							
<i>Taraxacum officinale</i>				2		3				
<i>Epilobium anagallidifolium</i>				5						

<i>Caltha palustris</i>	2								
<i>Plantago alpina</i>	1								
<i>Cerastium spec.</i>	3								
<i>Hedysarum hedysaroides</i>				3		2			
<i>Androsace chamaejasme</i>						1			
<i>Polygonum viviparum</i>						2			
<i>Viola calcarata</i>						1			
<i>Trifolium repens</i>							15%	10%	
<i>Homogyne alpina</i>								x	
<i>Anthyllis vulneraria</i>								x	
<i>Apiaceae spec.</i>							x		
<i>Luzula spec.</i>								x	x

**Zone 2: 2000m**

	Gruppe 1			Gruppe 2			Gruppe 3		
	Wurf 1	Wurf 2	Wurf 3	Wurf 1	Wurf 2	Wurf 3	Wurf 1	Wurf 2	Wurf 3
<b>maximale Wuchshöhe (cm)</b>		30	40		45	45		40	50
<b>mittlere Wuchshöhe (cm)</b>		25	25		15	20		20	20
<b>Deckungsgrad (%)</b>		100	100		100	100		100	100
<b>Wasserhaushalt</b>		mässig feucht	mässig feucht		mässig feucht	mässig feucht		frisch	frisch
<b>Artzusammensetzung</b>									
<i>Ranunculus acris ssp. Frisenius</i>	x	x		10	10		x	x	
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	x	10%	10%	45%	5		x	5%	
<i>Rhinanthus minor</i>	x	10%	10%	45%	30%		15%	30%	
<i>Trifolium repens</i>				2	5		25%		
<i>Trifolium pratense</i>	x	10%	5%		30%		10%	10%	
<i>Alchemilla spec.</i>	x	10%		5%	3		x	15%	
<i>Geranium sylvestri</i>	x						5%		
<i>Campanula scheuchzeri</i>	x	x		5	2		x	x	
<i>Asteraceae spec.</i>	x							x	
<i>Poaceae spec.</i>	x								
<i>Taraxacum officinale</i>	x	10%	x	7	7		x		
<i>Geranium selvatica</i>									
<i>Leucanticum vulgare</i>			x						
<i>Apiaceae spec.</i>			x						
<i>Poaceae spec.</i>		x	50%						
<i>Trifolium spec.</i>				80%					
<i>Arrhenatherum elatius</i>				7				25%	
<i>Potentilla crantzii</i>				1					





