

## Vegetationskartierung Alp Flix

### 1. Einleitung

Pflanzen sind im Gebirge extremen Bedingungen ausgesetzt. Mit zunehmender Höhe ändern sich neben den biotischen Faktoren wie Fressfeinden und Parasiten auch die abiotischen Faktoren drastisch, was auf verschiedenen Höhen zu verschiedener Vegetation führt.

So sinken beispielsweise Temperatur und Luftdruck, außerdem nehmen UV-Strahlung und Windexponiertheit zu. Desweiteren verkürzen sich mit zunehmender Höhe die Vegetations- und die Aperaturzeit (schneefreie Zeit) der Pflanzen. Ein deutliches Beispiel für die Abhängigkeit der Flora von der Höhe ist die Waldgrenze. Aufgrund der kurzen Vegetationszeit sowie kühlen Temperaturen und starken Winden wird das Baumwachstum ab einer bestimmten Höhe stark abgebremst, oberhalb der Waldgrenze treten nur noch verküppelte Baumformen, sowie Gebüsche und Sträucher auf (Krummholzzone). Die Baumgrenze ist erreicht wenn keine einzelnen Bäume mehr vorhanden sind. Die kühlen Temperaturen resultieren neben direktem Froststress auch in Wasserstress für die Pflanzen, da durch Transpiration Wasser verloren wird, aus gefrorenen Böden Wasser aber nur schwer wieder aufgenommen werden kann (Frosttrocknis).

### Vegetationskartierung

Mithilfe einer Vegetationskartierung lässt sich der Einfluss der genannten Faktoren wie Temperatur und UV-Strahlung bei unterschiedlicher Höhe beurteilen. Die Vegetation dient dabei als Indikator für unterschiedliche Höhenstufen (Bsp. für die montane, subalpine oder alpine Stufe).

Durch eine Vegetationskartierung lassen sich nicht nur unterschiedliche Höhenstufen unterscheiden, auch innerhalb einer Höhenstufe lassen sich bei unterschiedlicher Höhe Unterschiede in der Vegetation feststellen.

Das Hochplateau Alp Flix in den Schweizer Zentralalpen bietet sich durch eine Vielfalt verschiedenster Lebensräume und einer damit verbundenen hohen Artendiversität für eine Vegetationskartierung der subalpinen Höhenstufe an.

### Alpha- und Beta-Diversität

Lebensräume lassen sich auf verschiedene Art und Weise beschreiben. Neben einer Charakterisierung über abiotische Faktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit usw. lässt sich auch aufgrund der vorkommenden Artenvielfalt eine Aussage über ein bestimmtes Habitat treffen.

Hierfür werden sogenannte Diversitäten genutzt, man unterscheidet Alpha- und Beta-Diversität.

Unter der Alpha-Diversität versteht man die Artanzahl pro Fläche. Vergleiche der Alpha-Diversität sind nur bei gleicher Stichprobengröße sinnvoll, da die Artanzahl in der Regel mit zunehmender Stichprobengröße zunimmt. Über die Alpha-Diversität lässt sich allerdings keine Aussage darüber treffen, ob sich zwei zu vergleichende Flächen bezüglich ihrer Artzusammensetzung unterscheiden. Dazu nutzt man die Beta-Diversität. Sie berechnet sich als Anzahl der verschiedener Arten zweier Flächen geteilt durch die Gesamt-Artanzahl der beiden verglichenen Flächen. Je höher die Beta-Diversität zweier Lebensräume, desto ähnlicher sind sich beide in ihrer Artzusammensetzung. Kommen beiden Habitaten dieselben Arten vor ergibt sich ein Wert von 1.

Über die beiden Diversitäten lassen sich also sowohl Habitate verschiedener Standorte bzw. Höhen vergleichen, als auch verschiedene beprobte Bereiche innerhalb eines Standorts unterscheiden.

## 2. Material und Methoden

### Standorte und Bewertungskriterien

Zur Vegetationskartierung wurden an vier verschiedenen Standorten auf vier unterschiedlichen Höhen (2200m, 2000m, 1800m, 1600m) zufällig jeweils drei Mess-Quadrate einer Kantenlänge von 0,5m durch Werfen ausgebracht. Alle Standorte befanden sich in etwa derselben Hanglage (siehe Abbildung 1).

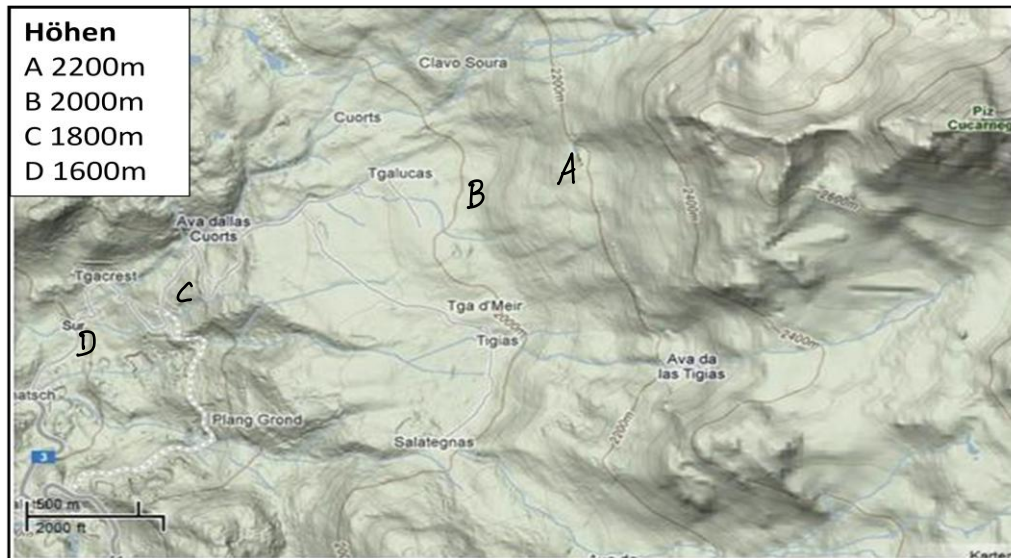


Abbildung 1: Karte der Alp Flix mit eingezeichneten Standorten der Höhenzonierung (A-D)

In jedem Quadrat (siehe Abbildung 2) erfolgte die Bestimmung...

- ...der Arten in den Quadraten (Ausnahme: Gräser)
- ...der durchschnittlichen Wuchshöhe der bestimmten Pflanzen
- ...des Deckungsgrades der Gesamt-Vegetation (bezüglich der Fläche des Mess-Quadrats)
- ...des Deckungsgrades der bestimmten Pflanzen (bezüglich der Fläche des Mess-Quadrats)

Die Mess-Quadrate wurden von unterschiedlichen Personen ausgebracht, die Wuchshöhe sowie die beiden Deckungsgrade wurden von der gleichen Person beurteilt.

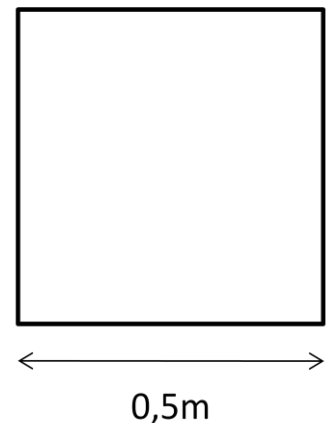


Abbildung 2: Skizze eines ausgeworfenen Mess-Quadrats

### Erwartungen

Mit zunehmender Höhe ist aufgrund der zunehmend harscheren Bedingungen (UV-Strahlung, Temperatur, Windexponiertheit, usw.) eine Abnahme der Alpha-Diversität sowie der Wuchshöhe und des Deckungsgrades zu erwarten. Außerdem ist eine hohe Beta-Diversität beim Vergleich der Mess-Quadrate eines Standorts und eine geringe Beta-Diversität beim Vergleich der verschiedenen Standorte zu erwarten, welche mit zunehmendem Höhenunterschied der Standorte abnimmt.

### 3. Ergebnisse

#### Bestimmte Arten der vier verschiedenen Standorte

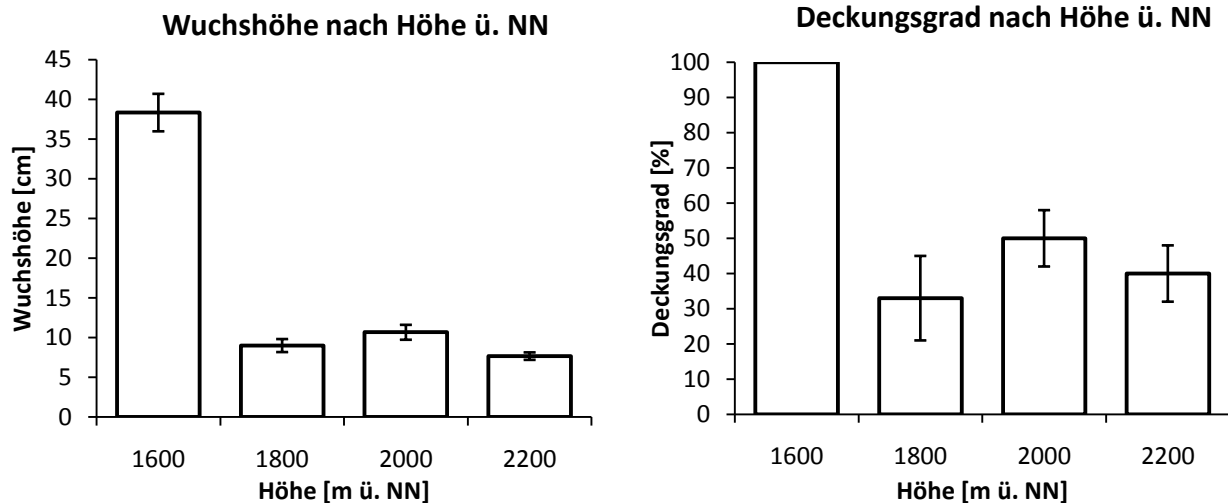
Insgesamt wurden in den Quadraten auf den vier verschiedenen Standorten 33 verschiedene Arten bestimmt. Die Gattung *Trifolium* war auf allen Höhen zu finden. Andere Pflanzen wie beispielsweise *Myosotis alpestris* bzw. *Geum montanum* waren endemisch für eine Höhe von 2000m bzw. 2200m (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht der gefundenen Pflanzenarten in den Quadrate 1-3 der jeweiligen Höhe (2200m-1600m)

Nr.	Art	Dt. Name	Familie	Höhe [m ü.NN]													
				2200			2000			1800			1600				
				Quadrat													
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	<i>Achillea sp.</i>		Asteraceae				x	x	x				x				
2	<i>Alchemilla conjuncta agg.</i>	Verbundener Frauenmantel	Rosaceae		x												
3	<i>Alchemilla hybrida agg.</i>	Bastard-Frauenmantel	Rosaceae						x					x	x	x	
4	<i>Bellis perennis</i>	Gänseblümchen	Asteraceae													x	
5	<i>Carex sp.</i>		Cyperaceae		x	x											
6	<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	Behaarter Kälberkropf	Apiaceae											x	x		
7	<i>Fragaria vesca</i>	Wald-Erdbeere	Rosaceae							x							
8	<i>Galium anisophyllum</i>	Alpen-Labkraut	Rubiaceae			x											
9	<i>Galium sp.</i>		Rubiaceae		x							x					
10	<i>Gentiana acaulis</i>	Kochscher Enzian	Gentianaceae	x													
11	<i>Geranium sylvaticum</i>	Wald-Storchschnabel	Geraniaceae												x	x	
12	<i>Geum montanum</i>	Berg-Nelkenwurz	Rosaceae	x													
13	<i>Lotus alpinus</i>	Alpen-Hornklee	Fabaceae										x				
14	<i>Luzula sudetica</i>	Sudeten-Heimsimse	Juncaceae		x												
15	<i>Myosotis alpestris</i>	Alpen-Vergissmeinnicht	Boraginaceae						x								
16	<i>Myosotis nemorosa</i>	Hain-Vergissmeinnicht	Boraginaceae											x	x	x	
17	<i>Myosotis sp.</i>		Boraginaceae		x												
18	<i>Pedicularis verticillata</i>	Quirlblättriges Läusekraut	Orobanchaceae				x										
19	<i>Plantago alpina</i>	Alpen-Wegerich	Plantaginaceae	x	x	x											
20	<i>Polygonum bistorta</i>	Schlangen-Knöterich	Polygonaceae												x	x	x
21	<i>Potentilla aurea</i>	Gold-Fingerkraut	Rosaceae	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
22	<i>Potentilla crantzii</i>	Zottiges-Fingerkraut	Rosaceae							x							
23	<i>Potentilla sterilis</i>	Erdbeer-Fingerkraut	Rosaceae									x	x				
24	<i>Ranunculus acris</i>	Scharfer Hahnenfuss	Ranunculaceae				x										
25	<i>Ranunculus montanus agg.</i>	Berg-Hahnenfuss	Ranunculaceae	x		x	x	x	x	x							
26	<i>Rumex alpestris</i>	Berg-Sauerampfer	Polygonaceae												x	x	x
27	<i>Selaginella selaginoides</i>	Dorniger Moosfarn	Selaginellaceae	x													
28	<i>Silene dioica</i>	Rote Lichtnelke	Caryophyllaceae												x	x	x
29	<i>Soldanella alpina</i>	Großes Alpenglöckchen	Primulaceae	x	x	x	x	x									
30	<i>taraxacum officinale agg.</i>	Gewöhnlicher Löwenzahn	Asteraceae				x	x	x						x	x	x
31	<i>Trifolium sp.</i>		Fabaceae	x	x		x	x	x	x	x	x					x
32	<i>Viola calcarata</i>	Langsporniges Stiefmütterchen	Violaceae		x		x										
33	<i>Viola riviniana</i>	Hain-Veilchen	Violaceae											x			

### Wuchshöhe und Deckungsgrad der verschiedenen Standorte

Der Deckungsgrad der Gesamt-Vegetation (bezüglich der Fläche des Mess-Quadrats) betrug in allen Quadraten 100%. Für die Betrachtung des Deckungsgrades und der Wuchshöhe der bestimmten Pflanzen eines Standortes bzw. einer Höhe wurde jeweils der Durchschnitt der drei Mess-Quadrate genutzt.



*Diagramm 1 A: Durchschnittliche Wuchshöhe der Vegetation der verschiedenen Höhenstufen*

*B: Durchschnittlicher Deckungsgrad der Vegetation der verschiedenen Höhestufen*

Die durchschnittliche Wuchshöhe ist mit 7-10cm bei einer Höhe von 1800m bis 2200m relativ ähnlich. Bei einer Höhe von 1600m ist die durchschnittliche Wuchshöhe hingegen deutlich höher (siehe Diagramm 1A). Der durchschnittliche Deckungsgrad der in den Mess-Quadraten bestimmten Pflanzen beträgt bei einer Höhe von 1600m 100% und hebt sich deutlich von den anderen Höhen ab (siehe Diagramm 1B). Bei den Höhen von 1800m bis 2200m scheint es zwar bezüglich des Deckungsgrades Unterschiede zu geben, aufgrund der hohen Standardabweichung lässt sich allerdings keine Aussage über einen Zusammenhang der beiden Parameter Höhe und Deckungsgrad machen.

Es lässt sich festhalten, dass sich sowohl die hohe Wuchshöhe als auch der hohe Deckungsgrad der bestimmten Pflanzen sich bei einer Höhe von 1600 m deutlich von den anderen Höhen abheben.

### Alpha-Diversität der Mess-Quadrate und der verschiedenen Standorte

Aus den bestimmten Artenanzahlen der einzelnen Mess-Quadrate lässt sich für jedes Quadrat die Alpha-Diversität berechnen(siehe Tabelle 2).

*Tabelle 2: Alpha-Diversität der Mess-Quadrate der unterschiedlichen Standorte*

Höhe [m ü. NN]	2200			2000			1800			1600		
Quadrat	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Artenanzahl	8	10	6	9	5	7	4	4	7	7	8	9
$\alpha$ -Diversität	32	40	24	36	20	28	16	16	28	28	32	36

Aus den berechneten Alpha-Diversitäten der einzelnen Mess-Quadrate der unterschiedlichen Standorte ergibt sich für die durchschnittliche Alpha-Diversität der jeweiligen Höhe folgendes Bild (siehe Diagramm 2):

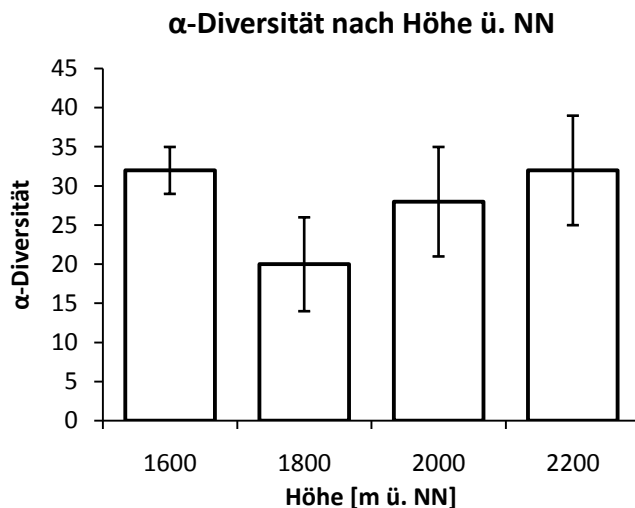


Diagramm 2: Durchschnittliche  $\alpha$ -Diversität auf den unterschiedlichen Höhen

Die Alpha-Diversität scheint von 2200m über 2000 m bis 1800m abzunehmen, wobei sie bei 1600m denselben Wert wie bei 2200m erreicht. Aufgrund der hohen Standartabweichung lässt sich allerdings keine Aussage über einen Zusammenhang zwischen Alpha-Diversität und Höhenstufe treffen.

### Beta-Diversität zwischen den verschiedenen Mess-Quadraten und Standorten

Je größer der Wert der Beta-Diversität, desto ähnlicher sind sich die beiden verglichenen Quadrate bzw. Standorte bezüglich ihrer Artzusammensetzung. Die Mess-Quadrate der untersuchten Standorte auf 2200m sowie 1800m sind sich mit Werten der Beta Diversität von mindestens 0,60 ähnlicher als die Mess-Quadrate auf 2000m, da deren Werte der Beta-Diversität über einen Wert von 0,55 nicht herauskommen. Auf einer Höhe von 1600m ist die Artzusammensetzung in den Mess-Quadraten mit Werten von 0,13 bis 0,40 am unterschiedlichsten (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3:  $\beta$ -Diversitäten zwischen den unterschiedlichen Quadraten einer Höhe

2200				2000				1800				1600			
Q	1	2	3	Q	1	2	3	Q	1	2	3	Q	1	2	3
1	1	0,71	0,60	1	1	0,44	0,55	1	1	0,67	0,78	1	1	0,13	0,40
2	0,71	1	0,67	2	0,44	1	0,50	2	0,67	1	0,63	2	0,13	1	0,30
3	0,60	0,67	1	3	0,55	0,50	1	3	0,78	0,63	1	3	0,40	0,30	1

Trotz Unterschieden in der Artzusammensetzung zwischen den Mess-Quadraten lassen sich auch die Beta-Diversitäten der unterschiedlichen Standorte miteinander vergleichen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4:  $\beta$ -Diversitäten zwischen den unterschiedlichen Höhen

Höhe	2200	2000	1800	1600
2200	1	0,76	0,81	0,96
2000	0,76	1	0,76	0,83
1800	0,81	0,76	1	0,95
1600	0,96	0,83	0,95	1

Es zeigt sich, dass die Artzusammensetzung der beprobten Standorte auf 2200m und 1600m sowie 1800m und 1600 mit Werten von 0,96 und 0,95 relativ ähnlich sind, während sich die Artzusammensetzung der beprobten Standorte auf 2200m und 2000m sowie 2200m und 1800m mit Werten von 0,76 und 0,81 mehr voneinander unterscheidet. Mit zunehmendem Abstand der Standorte nimmt die Beta-Diversität tendenziell zu (siehe Spalte 2).

#### 4. Diskussion

##### Zusammenfassung der Ergebnisse:

1. Die Gattung *Trifolium* war auf allen Höhen zu finden. *Myosotis alpestris* bzw. *Geum montanum* kamen nur auf einer Höhe von 2000m bzw. 2200m vor
2. Die relativ hohe Wuchshöhe und der Deckungsgrad der bestimmten Pflanzen einer Höhe von 1600 m unterschieden sich deutlich von den anderen Höhen. Über die Unterschiede der beiden Parameter bei einer Höhe von 1800m, 2000m und 2200m kann keine Aussage getroffen werden. Über einen Zusammenhang zwischen Höhenstufe und Alpha-Diversität kann ebenfalls keine Aussage gemacht werden.
3. Die Artenzusammensetzung der Mess-Quadrate der Höhe 2200m und 1800m waren sich relativ ähnlich, auf einer Höhe von 1600m unterschieden sich die Mess-Quadrate am meisten.
4. Die Artzusammensetzung der beprobten Standorte auf 2200m und 1600m sowie 1800m und 1600 war relativ ähnlich, während sich die Artzusammensetzung der beprobten Standorte auf 2200m und 2000m sowie 2200m und 1800m stärker voneinander unterschied. Mit zunehmendem Abstand der Standorte nimmt die Beta-Diversität zu.

Eine Abnahme der Alpha-Diversität mit zunehmender Höhe hat sich nicht bestätigt. Auch die Erwartung, dass die Wuchshöhe und Deckungsgrad mit zunehmender Höhe abnehmen konnte nicht bzw. nur bedingt durch den Unterschied der Höhe von 1600m im Vergleich zu den anderen Standorten, bestätigt werden. Die im Vergleich mit den anderen Standorten deutlich höhere Wuchshöhe auf 1600m ist vermutlich auf einen Stickstoffeintrag durch Düngung sowie auf längere Agerzeit zurückzuführen.

Die Beta-Diversität der Mess-Quadrate war v.a. bei einer Höhe von 1600m bzw. 2000m geringer als erwartet. Die Beta-Diversitäten der Standorte widersprechen den Erwartungen. Anstatt einer Abnahme der Beta-Diversität mit zunehmendem Abstand der Standorte zeigte sich ein Anstieg der Beta-Diversität.

Hauptgrund für das erhaltene Ergebnis ist die mit drei Mess-Quadraten pro Standort sehr geringe Stichprobe. Außerdem waren aufgrund des randomisierten Ausbringens der drei Mess-Quadrate häufig vorkommende Blütenpflanzen zufälligerweise nicht in diesen enthalten und wurden somit bei der Messung nicht berücksichtigt. Desweiteren unterschieden sich auch die Standorte trotz derselben Hanglage in ihrer Beschattung, Standort C (1800m) lag aufgrund mehrerer Bäume im Halbschatten und war deshalb weniger der Sonne ausgesetzt. Zudem wäre es möglich, dass die Standorte allgemein einen zu geringen Höhenunterschied hatten, sodass sich allein deshalb kein Unterschied in Alpha-Diversität, und Deckungsgrad feststellen ließ.

Ein weiterer Kritikpunkt ist die unvollständige Artbestimmung der Pflanzen in den Mess-Quadraten. Die meisten Gräser sowie Pflanzen bei welchen keine Blüten vorhanden waren wie beispielsweise *Trifolium* oder *Galium*, konnten nicht bestimmt bzw. nur auf Gattungsebene bestimmt werden. Diese Messungenauigkeit betraf alle Standorte gleichermaßen, dennoch wäre eine vollständigere Artbestimmung wünschenswert gewesen. Die gesamte Vegetationskartierung fand auf der Subalpinen Höhenstufe statt. Um einen besseren Überblick über die Vegetationsunterschiede in Abhängigkeit der Höhe zu bekommen, hätten auch Standorte aus höheren und niederen Höhenstufen in der Kartierung berücksichtigt werden müssen, dies war aber sowohl im zeitlichen Rahmen als auch vom Aspekt der Ausrüstung nicht möglich.

Trotz diverser Mängel vermittelte die durchgeführte Vegetationskartierung einen Einblick in die Diversität verschiedener Höhen. Aufgrund derselben Hanglage ließen sich die gewählten Standorte gut miteinander vergleichen, auch wenn die Beschattung bei Standort C sich aufgrund vieler Bäume etwas von den anderen Standorten unterschied. Durch die vier Standorte innerhalb einer Höhenstufe wurde zudem versucht, die Subalpine Höhenstufe „höher aufzulösen“ als bei einer Vegetationskartierung über viele verschiedene Höhenstufen, d.h. Unterschiede in der Vegetation bei relativ geringen Höhenunterschieden festzustellen.

Im Falle einer Wiederholung des Versuchs sollten folgende Dinge berücksichtigt werden:

- Größere Stichprobennahme
- Wahl der Standorte mit gleicher Ausrichtung der Hanglage und vergleichbarer Beschattung
- Randomisiertes Ausbringen der Mess-Quadrate in einem Blockdesign, sodass alle Teil-Gebiete eines Standorts, welche sich offensichtlich in ihren vorhandenen Arten unterscheiden, erfasst werden
- Berücksichtigung von Gräsern und Arten, welche zum Zeitpunkt des Versuchs nur über vegetative Merkmale bestimmbar sind, eventuell Rekrutierung von Experten