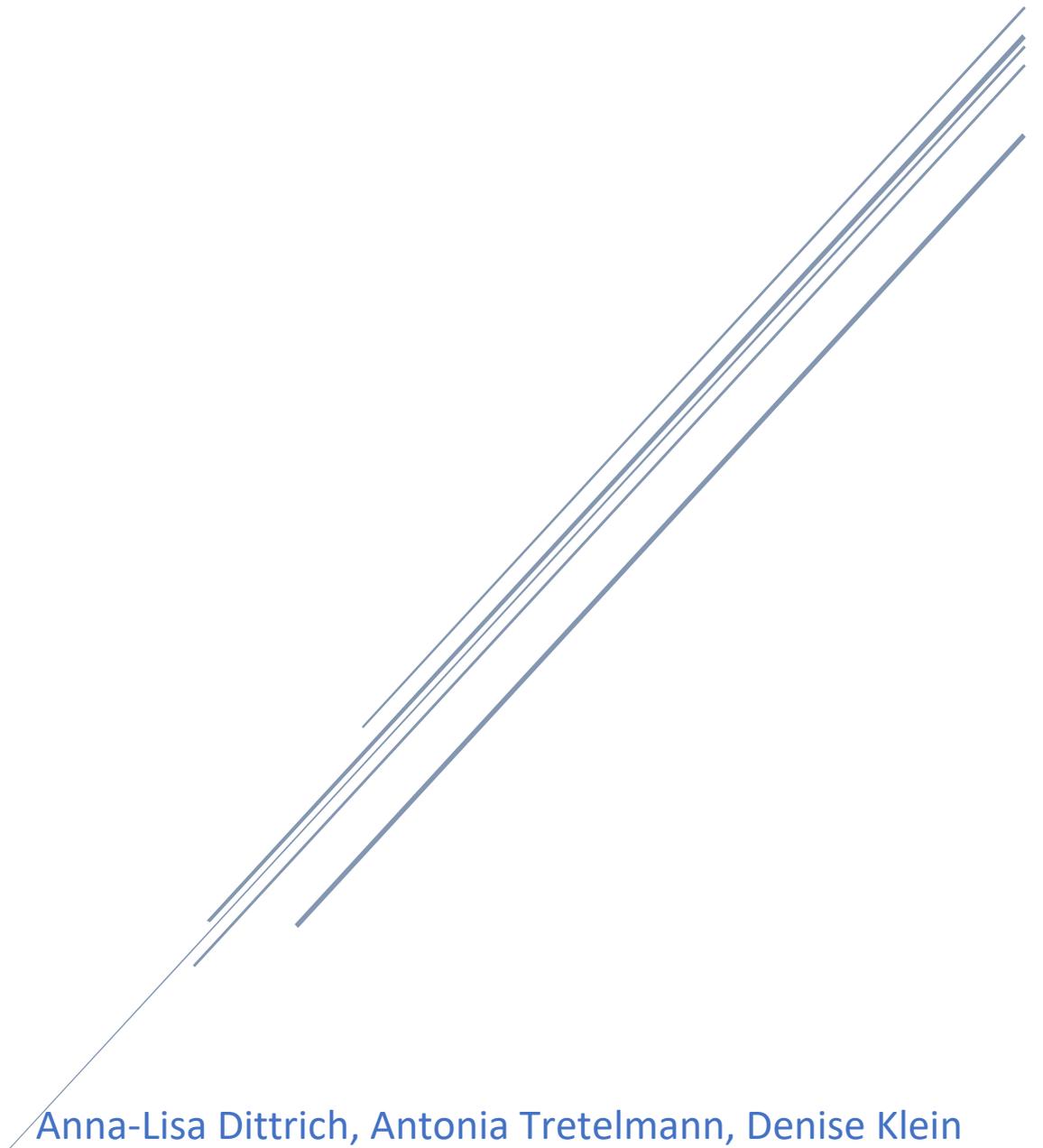


HÖHENZONIERUNG

Protokoll zur Alp Flix Exkursion 2018



Anna-Lisa Dittrich, Antonia Tretelmann, Denise Klein

Inhalt

Einleitung.....	2
Material und Methoden	2
Ergebnisse	3
Gruppe eins:	3
Gruppe zwei:	5
Gruppe drei:	8
Diskussion.....	12
Gruppe eins:	12
H1	12
Gruppe zwei:	13
H2	13
Gruppe drei:	13
H3	13
H4	14
Zu H3 und H4.....	14
Schlussfolgerung.....	15
Quellen:	15

Einleitung

Im Gebirge findet sich meistens eine schematische Abfolge verschiedener Vegetationen. Diese Bereiche werden Höhenzonierungen oder -stufen genannt. Bei unserer Exkursion auf der Alp Flix haben wir uns damit beschäftigt, wie man diese Zonen erkennen kann und welche Eigenschaften diese aufweisen. Die Alp Flix ist ein Hochplateau in den Schweizer Alpen und befindet sich auf ungefähr 2200 m.ü.NN. Unsere analysierten Slots haben sich in der subalpinen und alpinen Zone befunden. Die subalpine Zone liegt in dem Bereich zwischen 1500 m.ü.NN und 2000 m.ü.NN, die alpine Zone startet bei ungefähr 2000 m.ü.NN und endet bei ca. 2700 m.ü.NN (Veit, 2002, S.159). Die Zonen sind allerdings regional sehr unterschiedlich. Als subalpine Zone wird der Bereich bezeichnet wo aufgelockerte Baumbestände und Krummholz zu finden sind, das ist meistens zwischen der Wald- und Baumgrenze. Die alpine Zone ist dadurch zu erkennen, dass sie zwischen der Baumgrenze und der Grenze von geschlossenen Rasen liegt.

Durch die verschiedenen Bedingungen in den Höhenzonen gibt es Unterschiede in den morphologischen und anatomischen Anpassungen von Gebirgspflanzen. Mit steigender Höhe nimmt die Sonnenbestrahlung zu und das Gewebe wird mehr erwärmt (Ozenda, 1988, S.237). Ein Schutzmechanismus ist die Ausbildung von Stängelbehaarung. Ein weiterer ist, dass alle nicht Photosynthese treibenden Pflanzenteile reduziert sind (Veit, 2002, S.174). Gebirgspflanzen werden zu der intensiven Sonnenstrahlung auch durch die abnehmende Temperatur gestresst. Eine Anpassung an die sinkenden Temperaturen mit der Höhe ist die Ausbildung von Rosetten und Polstern. An der Bodenoberfläche ist es immer wärmer als in der Umgebung, dadurch sind die Pflanzen auch im Winter vor Kälte und Wind geschützt.

Auf diesen Grundlagen basieren unsere Hypothesen:

H1: Mit steigender Höhe steigt der Bedeckungsgrad (%) der Polster- und Rosettenpflanzen

H2: Mit steigender Höhe steigt die Anzahl an Arten die eine Behaarung aufweisen

H3: Mit steigender Höhe nimmt die Wuchshöhe ab.

H4: Mit steigender Höhe nimmt die Größe des Blütenstandes ab.

Material und Methoden

Zum Testen unserer Hypothesen haben wir uns in jeweils drei Gruppen eingeteilt. Jede Gruppe war für eine der Hypothesen verantwortlich. An den vorgegebenen Stellen wurde jeweils zufällig ein Slot ausgewählt, der mit zwei Zollstäben zu einem Quadrat mit den Maßen 1,20m * 1,20m abgemessen wurde. In diesem Viereck wurden alle Pflanzen auf ihre Art bestimmt und dokumentiert.

Zusätzlich hat jede Gruppe, spezifisch für ihre Hypothese, noch weitere Daten erfasst.

Eine Gruppe hat den Bedeckungsgrad von Polster- und Rosettenpflanzen, prozentual zur Gesamtfläche, bestimmt.

Die zweite Gruppe hat sich mit Arten, die eine Behaarung aufzeigen, beschäftigt. Hierfür wurden in einem Slot alle Arten bestimmt und angegeben ob die jeweilige Pflanze Behaarung aufgewiesen hat. Anschließend wurde die Zahl der Arten mit Behaarung durch die Gesamtzahl geteilt um den prozentualen Anteil der Pflanzen mit Behaarung zu ermitteln.

Die letzte Gruppe hat die Wuchshöhe und Größe der Blütenstände von Fabaceen abgemessen. Dafür wurden von jeder Fabaceen-Art, die sich in diesem Slot befand, fünfmal die Höhe (in cm) und die Blütenstandgröße (Höhe x Durchmesser in cm) aufgenommen, um diese Werte in der Auswertung mitteln zu können. Nach der Mittelung der jeweiligen Art wurde noch die durchschnittliche Wuchshöhe beziehungsweise Blütenstandgröße der jeweiligen Meereshöhe ermittelt.

Die Slots wurden insgesamt viermal entlang eines Höhengradienten auf 1600, 1800, 2000 und 2200 Metern Höhe aufgenommen. Sie entsprachen in etwa derselben Exposition um die Werte besser miteinander vergleichen zu können

Ergebnisse

Gruppe eins:

Im Folgenden sind die Artenlisten der analysierten Slots aufgezeigt. Zwischen 1600m und 2000m befanden sich keine Polster- und Rosettenpflanzen in den Slots. In Slot vier wurden Polster- und Rosettenpflanzen dokumentiert. Diese sind, mit ihrem prozentualen Anteil, unter der Artenliste aufgetragen.

Slot1 (1600 m.ü.NN)

- *Trifolium pratense*
- *Trifolium repens*
- *Silene vulgaris*
- *Campanula scheuchzeri*
- *Bistorta officinalis*
- *Leucanthemum vulgare*
- *Taraxacum spec.*
- *Vicia sepium*
- *Trisetum flavescens*
- *Rumex alpestris*
- *Lolium perenne*
- *Dactylorhiza majalis*
- *Anthyllis vulneraria* agg.
- *Achillea millefolium*
- *Alchemilla spec.*

Slot 2 (1800 m.ü.NN)

- *Melampyrum sylvaticum*
- *Silene vulgaris*
- *Poa nemoralis*
- *Oxalis acetosella*
- *Hieracium angustifolium*
- *Crepis pontana*
- *Fragaria moschata*
- *Geranium spec.*
- *Galium mollugo*
- *Luzula luzulina*

Slot 3 (2000 m.ü.NN)

- *Phleum alpinum*
- *Poa alpina*
- *Alchemilla spec.*
- *Taraxacum spec.*
- *Trifolium spec.*
- *Geranium spec.*
- *Dactylis glomerata*
- *Bistorta officinalis*
- *Deschampsia cespitosa*
- *Ranunculus acris*
- *Veronica serpyllifolia*

- *Silene dioica*
- *Chaerophyllum hirsutum*
- *Geranium spec.*

Slot 4 (2200 m.ü.NN)

- *Plantago alpina*
- *Potentilla aurea*
- *Alchemilla spec.*
- *Poa alpina*
- *Galium anisophyllum*
- *Luzula spec.*
- *Lotus corniculatus*
- *Plantago atrata*
- *Gentiana acaulis*
- *Carex lasiocarpa*
- *Luzula spicata*
- *Carex rupestris*
- *Asteraceae spec.*
- *Primula spec.*
- *Fabaceae spec.*

Polster-und Rosettenpflanzen (%)

- *Anthenaria dioica* (30%)
- *Sempervivum montanum* (8%)
- *Thymus pulegioides* (5%)
- Laubmoos (20%)
- *Helianthemum nummularium* (8%)

Gruppe zwei:

Untenstehend sind die Tabellen aufgelistet, die die im Slot bestimmten Arten mit der jeweiligen Angabe über die Behaarung, enthalten.

Tabelle 1: Aufnahme auf 1.600 m.ü.NN

Art	Behaarung
<i>Sanguisorba minor</i>	-
<i>Bellis perennis</i>	Behaarter Stängel und Blätter
<i>Trifolium spec.</i>	-
<i>Alchemilla spec.</i>	-
<i>Plantago lanceolata</i>	Wenig behaart am Stängel, deutlichere Behaarung an den Blättern
<i>Trifolium pratense</i>	-
<i>Trifolium repens</i>	-
<i>Poa trivialis</i>	-
<i>Taraxacum spec.</i>	-
<i>Veronica arvensis</i>	Behaarte Blätter und Stängel
<i>Viola tricolor</i>	Stängel bis zur Hälfte mit kurzen Härchen besetzt
<i>Rumex alpestris</i>	-
<i>Cerastium fontanum</i>	-
<i>Agrostis capillaris</i>	-

Tabelle 2: Aufnahme auf 1.800 m.ü.NN

Art	Behaarung
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	Stängel behaart
<i>Trifolium repens</i>	Blätter behaart, Stängel leicht behaart
<i>Tussilago farfara</i>	-
<i>Anthriscus sylvestris</i>	-
<i>Veronica chamaedrys</i>	-
<i>Potentilla aurea</i>	Stängel, Blätter und Kelchblätter behaart
<i>Oxalis acetosella</i>	Stängel und Blätter behaart
<i>Carex flacca</i>	-
<i>Viola spec.</i>	-
<i>Luzula spec.</i>	behaart
<i>Carex digitata</i>	-
<i>Crepis pontana</i>	Blätter, Kelch und Stängel behaart
<i>Crepis pyrenaica</i>	-

Tabelle 3: Aufnahme auf 2.000 m.ü.NN - Aufnahme 1

Art	Behaarung
<i>Alchemilla spec.</i>	Stängel und Blattnerven behaart
<i>Polygonum bistorta</i>	-
<i>Taraxacum spec.</i>	-
<i>Phleum alpinum</i>	-
<i>Poa alpina</i>	-
<i>Trifolium repens</i>	-
<i>Ranunculus acris</i>	Blätter behaart, Stängel leicht behaart

Deschampsia cespitosa	-
Myosotis scorpioides agg.	-
Phystuca pratensis	-

Tabelle 4: Aufnahme auf 2.000 m.ü.NN - Aufnahme 2

Art	Behaarung
Alchemilla spec.	-
Caltha palustris	-
Crepis aurea	Stängel behaart
Deschampsia cespitosa	-
Myosotis scorpioides	Stängel, Blätter und Kelch behaart
Phleum alpinum	-
Poa alpina	-
Polygonum bistorta	-
Ranunculus acris	Blätter behaart, Stängel leicht behaart
Taraxacum spec.	-
Trifolium repens	-
Trisetum flavescens	-
Veronica serpyllifolia	Stängel und Blätter leicht behaart

Tabelle 5: Aufnahme auf 2.200 m.ü.NN

Art	Behaarung
Anthoxanthum odoratum	-
Potentilla aurea	Behaart
Vaccinium myrtillus	Alles behaart
Vaccinium uliginosum agg.	-
Pulsatilla alpina sub. alpiifolia	Alles behaart
Plantago atata	-
Homogyne alpina	-
Festuca spec.	-
Poa alpina	-
Myosotis alpestris	Alles behaart
Viola calcarata	Blattrand behaart
Luzula alpinopilosa	Blätter und Ährchen behaart
Caryophyllaceae	-
Cirsium acaule	-
Polygonum viviparum	-
Trifolium repens	Blätter und Stängel behaart
Helianthemum nummularium	-
Gentiana spec.	-
Geranium spec.	-
Geranium spec.	Stängel und Blattnerven behaart
Carduoideae spec.	-
Nardus stricta	-

Tabelle 6 liegt folgende Berechnung zu Grunde:

$$\text{Anteil behaarter Arten [\%]} = \frac{\text{Zahl Arten mit Behaarung}}{\text{Gesamtartenzahl}}$$

Tabelle 6: Veränderung des Anteils behaarter Arten mit der Höhe

	1.600 m	1.800 m	2.000 m 1. Slot	2.000 m 2. Slot	Mittel 2.000 m	2.200 m
Anteil der behaarten Arten [%]	29	46	20	31	26	36

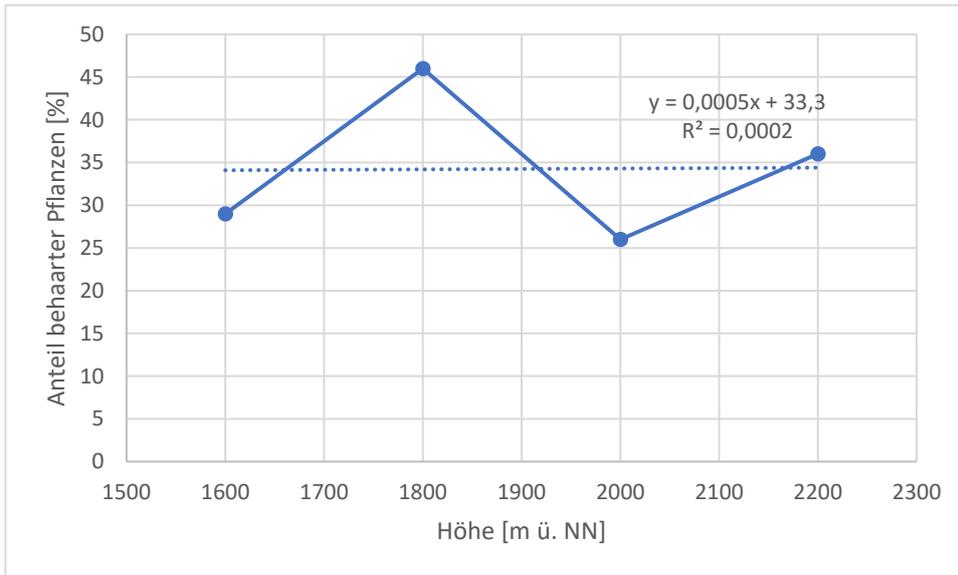


Abbildung 1: Veränderung des Anteils behaarter Arten mit der Höhe

Der in der Hypothese angenommene Zusammenhang, dass der Anteil der Arten mit Behaarung in der Höhe zunimmt, konnte sich durch die durchgeführten Untersuchungen nicht bestätigen. Das Bestimmtheitsmaß beträgt 0,02%, ein klarer Trend lässt sich so also nicht formulieren.

Gruppe drei:

Die dritte Gruppe beschäftigte sich mit Hypothese drei und vier, der Annahme, dass die Wuchshöhe und die Blütenstandgröße der Fabaceen mit steigender Höhe abnehmen.

Im Folgenden befinden sich die Artenlisten der verschiedenen Kartierungen. Auf der Höhe von 2000 Metern über Normalnull wurden drei Slots aufgenommen, wobei sich Slot 3.1 und 3.3 auf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche befanden.

Slot 1 (1600 m.ü.NN)

- *Achillea millefolium*
- *Alchemilla spec*
- *Apiaceae spec*
- *Capsella bursa-pastoris*
- *Koeleria spec*
- *Phleum alpinum agg.*
- *Rumex acetosa*
- *Silene dioica*
- *Taraxacum spec*

Slot 2 (1800 m.ü.NN)

- *Achillea millefolium*
- *Alchemilla spec*
- *Carum spec*
- *Centaurea nervosa*
- *Hieracium hoppeanum*
- *Melampyrum sylvaticum*
- *Plantago lanceolata*
- *Silene vulgaris*

Slot 3.1 (2000 m.ü.NN)

- *Caltha palustris*
- *Carex nigra*
- *Deschampsia cespitosa*
- *Poa alpina*
- *Polygonum bistorta*
- *Ranunculus acris*
- *Sanguisorba minor*
- *Trifolium repens*

Slot 3.2 (2000 m.ü.NN)

- *Alchemilla spec*
- *Anthoxanthum odoratum*
- *Apiaceae spec*
- *Carum spec*
- *Crepis alpestris*
- *Daucus carota cf*
- *Hieracium spec*
- *Luzula multiflora*
- *Myosotis scorpioides*
- *Phleum alpinum*
- *Plantago alpina*
- *Poa alpina*
- *Polygonum bistorta*
- *Potentilla aurea*
- *Pulsatilla alpina ssp. apiifolia*
- *Rhinanthus alectorolophus*
- *Sanguisorba major*
- *Trifolium alpinum*

Slot 3.3 (2000 m.ü.NN)

- *Alchemilla spec*
- *Caltha palustris*
- *Crepis aurea*
- *Deschampsia cespitosa*
- *Myosotis scorpioides*
- *Phleum alpinum*
- *Poa alpina*
- *Polygonum bistorta*
- *Taraxacum spec*
- *Trifolium repens*
- *Veronica serpyllifolia*
- *Ranunculus acris*
- *Trisetum flavescens*

Slot 4 (2000 m.ü.NN)

- *Alchemilla alpina*
- *Alchemilla spec*
- *Androsace alpina*
- *Anthoxanthum odoratum*
- *Bartsia alpina*
- *Botrychium lunaria*
- *Carex curvula*
- *Cirsium acaule*
- *Homogyne alpina ssp. alpina*
- *Lotus corniculatus*
- *Luzula alpinopilosa*
- *Myosotis alpestris*
- *Nardus stricta*
- *Plantago alpina*
- *Plantago atrata*
- *Polygala alpestris*
- *Pulsatilla alpina ssp. apiifolia*
- *Vaccinium myrtillus*

Nach der Artenliste werden nun die Ergebnisse der Hypothesen-Untersuchungen dargestellt.

Hypothese 3: Mit steigender Höhe nimmt die Wuchshöhe von Fabaceen ab.

In der folgenden Tabelle ist die Dokumentation der Wuchshöhe der Fabaceen-Arten in den vier verschiedenen Höhen festgehalten.

Dabei fällt auf, dass, trotz des eindeutig fallenden Trends, einzelne Arten in höheren Meereshöhen größer sind als in niedrigeren, besonders in Slot drei sind die jeweils aufgenommenen *Trifolium repens* größer als die durchschnittlichen Fabaceenarten auf 1800 m.ü.NN. *Trifolium alpinum* jedoch wächst in Slot 3.2 deutlich weniger hoch, etwa gleich hoch wie *Lotus corniculatus* auf 2200 m.ü.NN.

Tabelle 7: Aufgenommene Fabaceen-Wuchshöhen

Höhe [m.ü.NN]	Slot	Art	Wuchshöhe [cm]						Durchschnitt pro Höhe [cm]
			1	2	3	4	5	Schnitt	
1600	1	<i>T. repens</i>	28	27	30	37	22	28,8	28,025
		<i>T. pratense</i>	32	22,5				27,25	
1800	2	<i>L. corniculatus</i>	20,5	14,5	23	18	15	18,2	21,45
		<i>T. pratense</i>	30	26	23	23,5	21	24,7	
2000	3.1	<i>T. repens</i>	27	15,8	25,7	20,8	20,5	21,96	19,66
	3.2	<i>T. alpinum</i>	12	9	8,5	10	12	10,3	
	3.3	<i>T. repens</i>	28,2	21	26,5	31,5	26,4	26,72	
2200	4	<i>L. corniculatus</i>	9	8,2	11,8	13,5	9,3	10,36	10,36

Das folgende Diagramm zeigt die gemittelte Größe der Fabaceen auf den vier unterschiedlichen Höhen. Dabei ist mittels der Regressionsgeraden eine negative Steigung von 0,0274 und somit eine konstante Abnahme der Wuchshöhe mit zunehmender Meereshöhe zu erkennen. Durch die gute Korrelation mit dem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 94,1\%$ und der eindeutig negativen Steigung kann die Hypothese als bestätigt angenommen werden.

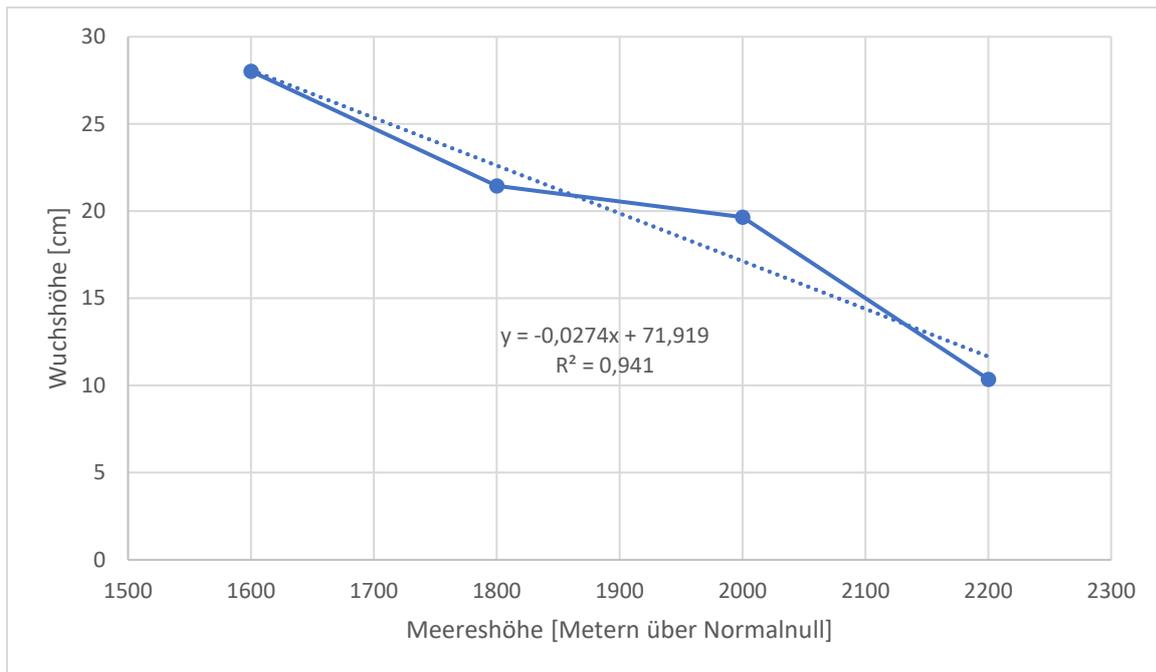


Abbildung 2: Gemittelte Wuchshöhen der Fabaceen-Vertreter im Höhenprofil

Hypothese 4: Mit steigender Höhe nimmt die Größe des Blütenstandes von Fabaceen ab.

In dieser Tabelle befindet sich die Aufnahme der Blütenstandgrößen. Da dafür dieselben Slots verwendet wurden, gibt es auf 2000 m.ü.NN wieder drei Slots.

Für das Volumen wurde zunächst die Grundfläche der als Kreisform angenommenen Blüten ermittelt mit $A = \pi * d^2 / 4$ (d = Durchmesser). Anschließend wurde angenommen, dass die Blütenstände insgesamt näherungsweise einem Zylinder entsprechen und somit das Volumen berechnet über $V = A * h$ (Grundfläche * Höhe).

Höhe [m.ü.NN]	Slot	Blütenstand Höhe x Durchmesser [cm]						Durchschnitt pro Höhe [cm]	Volumen [cm³]
		1	2	3	4	5	Schnitt		
1600	1	2,5x2,5	2x2	1,5x1	2x2,3	2x2,2	2 x 2	2 x 2	6,28
		3x2,5	1x1,5				2 x 2		
1800	2	1,5x1,5	1,5x2,5	1,5x2	1,5x2	1,5x2	1,5 x 2	1,8 x 2,08	6,12
		2x2,5	2,5x2,5	2x2,5	2,5x2,3	1,5x1	2,1 x 2,16		
2000	3.1	1,5x2	2,2x2,2	1x1,7	1,2x1,4	1,3x2	1,44 x 1,86	1,68 x 2,01	5,33
	3.2	2,5x3	2x2,5	2x2,5	4x2,5	2x2	2,5 x 2,5		
	3.3	1,4x2,2	0,9x1,6	0,7x1	1,5x1,9	1x1,6	1,1 x 1,66		
2200	4	1x2	1,3x2	1,8x2,3	1,4x2	1,2x1,8	1,34 x 2,02	1,34 x 2,02	4,29

Es folgen zwei Diagramme, im ersten sind die Größen der Blütenstände, aufgeschlüsselt nach Höhe und Durchmesser angegeben, im zweiten Diagramm das angenäherte Volumen.

Bei Abbildung 3 ist für die Höhe der Blütenstände ein minimaler Abfall von $-0,001$ in der Regressionsgerade zu erkennen, wobei die Werte mit $R^2 = 95,91\%$ gut korrelieren. Für den Durchmesser jedoch ist kein eindeutiger Trend zu erkennen mit einer Steigung der Regressionsgeraden von $-5 \cdot 10^{-6}$ und einer schlechten Korrelation von $R^2 = 0,13\%$.

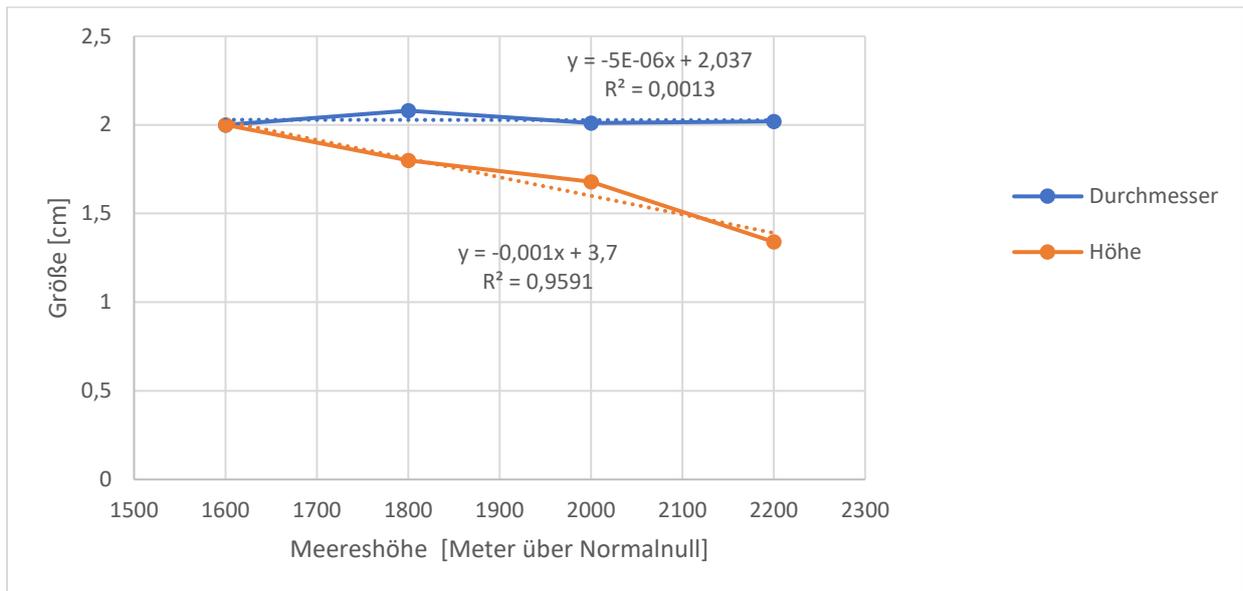


Abbildung 3: Durchmesser und Höhe der Blütenstände im Höhenverlauf

In Abbildung 4 ist in der Regressionsgerade eine Steigung von $-0,0034$ zu verzeichnen, also einer sehr geringen Abnahme mit der Höhe, die Werte korrelieren mit $91,92\%$ akzeptabel.

Da die Abnahme so gering ist kann Hypothese 4 nicht bestätigt werden.

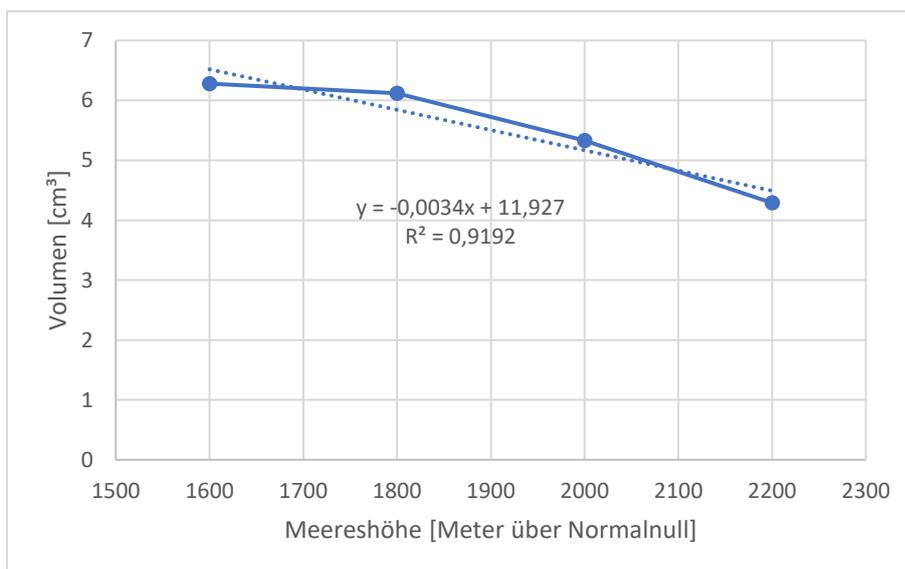


Abbildung 4: Angenähertes Volumen der Blütenstände im Höhenverlauf

Diskussion

Gruppe eins:

H1

Die Ergebnisse entsprechen unseren Erwartungen. In den unteren Slots zwischen 1600 m.ü.NN und 2000 m.ü.NN kommen noch gar keine Polster- und Rosettenpflanzen vor. In diesen Höhen ist der biotische Stress, der mit steigender Höhe erhöht wird, noch zu gering ist. Die Vegetation der verschiedenen Höhenstufen ist regional sehr unterschiedlich deswegen lässt sich keine allgemein gültige Abfolge, der aufzutreffenden Pflanzen, darstellen. Allerdings treten Polster- und Rosettenpflanzen oft unterhalb der nivalen Zone auf. Diese beginnt in den Alpen zwischen 2800 m.ü.NN und 3200 m.ü.NN (Veit, 2002, S.159). Mit unseren analysierten Slots liegen wir unter diesem Bereich. Um ein aussagekräftigeres Ergebnis erlangen zu können, wäre es daher nützlich noch weitere Daten, von höheren Lagen, in die Bewertung der Hypothese mit einfließen zu lassen. Wie bereits erwähnt ist die Artzusammensetzung sehr variabel und hängt von mehreren Faktoren ab, so auch von dem Untergrund. Slot 4 war zum Teil auf einer Felsplatte. Felsböden sind dadurch charakterisiert, dass organisches Material auf festem Gestein aufliegt. Darum ist die Felsvegetation durch bodennahe Pflanzen charakterisiert (Scheffer/Schachtschabel, 2010, S.316). In unserem Fall waren 20% des Slots von Laubmoos bedeckt und 30% von *Anthenaria dioica*. Andere Rosettenpflanzen haben den Slot mit einem geringeren Anteil bedeckt, diese sind im Ergebnisteil aufgelistet. Zusammenfassend lässt sich die Hypothese, dass der Bedeckungsgrad (%) der Polster- und Rosettenpflanzen mit steigender Höhe steigt, bestätigen. Dieses Ergebnis lässt sich durch die sich ändernden Lebensbedingungen, für die Pflanzen, mit steigender Höhe erklären. Das Polster und die Rosette als Wuchsform bringt mehrere Vorteile mit sich. In der Einleitung wurde schon der Faktor Temperatur angesprochen. In höheren Lagen ist es meist kälter, durch die spezielle Wuchsform können wärmere Temperaturen, innerhalb der Polster und Rosetten, entstehen. Bei *Silene acaulis* kann es dazu kommen, dass die Temperatur, im Inneren der Pflanze, 15°C wärmer ist, als die Lufttemperatur, die 2m über der Pflanze ist. Zudem können im Inneren der Polsterpflanzen, Feuchtigkeit und Nährstoffe besser gespeichert werden (Ellenberg 2010, S.683). Eine weitere Beobachtung ist, dass der Schneebestand mit steigender Höhe zunimmt. Schneebretter und Lawinen können hochwüchsige Pflanzen sehr leicht beschädigen. Mit ihrer Nähe zum Boden sind Polster- und Rosettenpflanzen vor dieser Art von Zerstörung geschützt (Ellenberg 2010, S.682).

Gruppe zwei:

H2

Die Hypothese hätte besser getestet werden können, wenn neben der Aufnahme behaart – nicht behaart, auch der Anteil der jeweiligen Pflanze im Slot bestimmt worden wäre. Dadurch hätte man die Werte besser miteinander vergleichen können.

Zusätzlich spielt auch die Unterschiedlichkeit der Standorte eine Rolle. So finden sich im Wald (1.800 m.ü.NN) andere Bedingungen als auf einer gut gedüngten Wiese (2.000 m.ü.NN) und es liegen unterschiedliche limitierende Faktoren vor. Neben UV-Stress, können auch Trockenheit, Temperatur, etc. Einfluss auf die Artzusammensetzung, und somit auch auf das Vorhandensein von Arten mit Behaarung, haben. (LANGE et al., 1981)

Das alpine Klima verursacht auch histologische Veränderungen. So ist die Behaarung viel ausgeprägter als in der Ebene. Dies wird teilweise auf die Ultraviolettstrahlung zurückgeführt, wobei jedoch widersprüchliche Aussagen vorliegen. (OZENDA, 1988) Die Helligkeit nimmt bei gleicher Wolkenbedeckung mit der Höhe zu. So ist es im Sommer zweimal, im Winter sogar sechsmal so hell wie auf Meereshöhe, besonders der Anteil von Ultraviolettlicht ist höher. Auch im Schatten nimmt die Lichtintensität mit der Höhe ebenfalls zu. Gegen eine zu hohe Intensität (besonders UV-Strahlen) muss sich die Pflanzen schützen können. Dies geschieht u.a. durch den in dieser Hypothese untersuchten Haarschutz. (LANDOLT, 2003)

Wahrscheinlich ist auf einem Ausschnitt von 600 m Höhendifferenz noch kein eindeutiger Trend zu erkennen. Und man hätte noch Vergleichswerte aus tieferen, bzw. höheren Lagen benötigt um diesen aufzeigen zu können.

Gruppe drei:

H3

Bei der Aufnahme der Wuchshöhen der Fabaceen war auffällig, dass auf denselben Höhen die Größe der Arten teilweise stark voneinander abwichen, was daran liegen könnte, dass unterschiedliche Arten eine unterschiedliche Wuchshöhe erreichen können auch mit den selben Ausgangsbedingungen. Besonders am dritten Standort wiesen die beiden Slots mit *Trifolium repens* eine verhältnismäßig große Höhe auf, was daran liegen könnte, dass diese Wiesen zur landwirtschaftlichen Nutzung gedüngt und somit künstlich günstigere Bedingungen geschaffen wurden. Slot 3.2 mit dem niedrigeren *Trifolium alpinum* hingegen stand an einem sehr nässegeprägten Teil der Wiese, was erschwerte Bedingungen schaffen kann.

Die Bestätigung der Hypothese, dass die Wuchshöhe mit steigender Meereshöhe abnimmt, lässt sich durch diverse ökophysiologische Ursachen erklären. Zum einen nimmt die Lufttemperatur im Jahresmittel um $0,55^{\circ}\text{C}$ pro 100m nach oben ab. Durch die niedrigeren Temperaturen ist das Wachstum der Pflanzen weiter oben weniger intensiv als in tieferen Lagen, da die meisten Lebensvorgänge temperaturabhängig sind und nach der van-'t-Hoff'schen Regel mit zunehmender Temperatur schneller vonstatten gehen (Landolt 2003, S.37). Mit der Temperatur einhergehend nimmt auch die Länge der Vegetationszeit nach oben hin ab, im Schnitt nimmt die Wachstumsperiode um 6-7 Tage pro 100 m Höhenzunahme ab, womit die Pflanzen weniger Zeit haben in die Höhe zu wachsen (Ellenberg 2010, S.676). Auch durch erhöhten Windeinfluss und eine unzureichende Bodenentwicklung können die Pflanzen nur langsamer und somit kleiner wachsen (Ozenda 1988, S.199).

Zusammenfassend kann man sagen, dass durch die härteren Bedingungen in höheren Lagen die Wuchshöhe der Pflanzen beeinträchtigt wird und daher die Höhe der Fabaceen-Vertreter mit zunehmender Meereshöhe abnimmt.

H4

Durch die sehr kleinen Messungen im unteren Zentimeter-Bereich können Messungenauigkeiten sehr schnell zu gravierenden systematischen Fehlern führen, wodurch die Ergebnisse verfälscht werden. Auch wurden für die Volumenberechnung starke Vereinfachungen getroffen, da die Blütenstände in der Natur einer komplexeren Form unterliegen. So führt dies ebenso zu Ungenauigkeiten, die einer Bestätigung oder Widerlegung der Hypothese im Weg stehen.

Die Idee für die Aufstellung der Hypothese bestand darin, dass die Pflanze durch extremere Bedingungen in höheren Lagen weniger Energie in die Ausbildung großer Blüten stecken kann. Dass allerdings in der Höhe auch die Konkurrenz um die bestäubenden Insekten größer ist, da diese dort seltener vorkommen, kann gleichzeitig zu einem gegenläufigen Trend führen. Wenn man die Blütenstandgröße in Relation zur Wuchshöhe setzt, ist in unserer Untersuchung auch eine leichte Zunahme mit der Höhe zu erkennen, da das Volumen der Blütenstände weniger abnimmt als die Wuchshöhe der Fabaceen.

Zu H3 und H4

Dadurch, dass auf jedem Slot maximal zwei Fabaceen-Vertreter vorhanden waren, standen sehr wenige Daten zur Verfügung, um repräsentative Aussagen treffen zu können. Außerdem spielen viele weitere Faktoren eine Rolle, wie die Geologie, das lokale Relief, unterschiedliche Bestäubung, Düngung oder das Mikroklima, welches mit zunehmender Höhe und damit extremeren Bedingungen in seiner ausgleichenden Wirkung bedeutsamer wird (Ozenda 1988, S.18).

Schlussfolgerung

Wir haben bestätigt, dass die Anzahl von Polster- und Rosettenpflanzen mit steigender Höhe zunimmt und, dass die Wuchshöhe verschiedener Fabaceen-Vertreter mit steigender Höhe abnimmt. Bei den anderen beiden Hypothesen reichten unsere Daten nicht aus, womit wir ein eindeutiges Ergebnis erlangen hätten können. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich Pflanzen an sich ändernde Höhenlagen, physiologisch, anpassen.

Quellen:

Heinz Veit (2002): Die Alpen - Geoökologie und Landschaftsentwicklung, Ulmer UTB

Paul Ozenda (1988): Die Vegetation der Alpen, Gustav Fischer Verlag

Blume, H.-P. et al. (2010): Scheffer/Schachtschabel - Lehrbuch der Bodenkunde, 16. Auflage, Spektrum Verlag

Landolt, Elias (2003): Unsere Alpenflora, Verlag des Schweizer Alpen-Club SAC

Ellenberg, Heinz und Leuschner Christoph (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, 6. Auflage, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.