



## **Inhalt**

Zusammenfassung .....	4
Abstract .....	4
Einleitung .....	6
Untersuchungsgebiet und Datengrundlage.....	7
Methoden.....	11
Vegetationsaufnahmen .....	12
Vegetationskartierung .....	13
Resultate .....	14
Auswertung des ursprünglichen Datensatzes .....	14
Vegetationskartierung .....	15
Auswertung des Gesamtdatensatzes.....	16
Diskussion .....	32
Kartierung.....	32
Vegetationsaufnahmen .....	32
Danksagungen .....	38
Persönliche Erklärung .....	38
Literatur .....	39
Internetquellen.....	42
Anhang A: Kartierungsschlüssel.....	44
Anhang B: Stetigkeitstabellen.....	32
Anhang C: Artenliste.....	48
Anhang D: Gesamttabelle der Vegetationsaufnahmen .....	51



## **Zusammenfassung**

In der Val Trupchun im Südwesten des Schweizerischen Nationalparks ist die Huftierdichte sehr hoch. Der Alpensteinbock (*Capra ibex ibex*), einst ausgerottet, heute Symboltier Graubündens und der Alpen, wurde hier vor ca. 100 Jahren erfolgreich wieder angesiedelt. Bisher fehlen Untersuchungen, welche die Vegetation in Verbindung mit der Raumnutzung der Steinböcke betrachten. Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen eines Projektes entstanden, welches diese Lücke füllen soll, und fokussiert auf das Nahrungsangebot. Die Untersuchungen basieren auf der Habitateinteilung des EU-Projektes HABILALP, welche das Untersuchungsgebiet in 153 verschiedene Habitattypen einteilt. In dieser Arbeit wurden 26 häufige Straten ausgewählt und vegetationsökologisch untersucht. Mindestens zehn Vegetationsaufnahmen wurden zur Charakterisierung in jedem Stratum gemacht. Ältere, bereits vorhandene Daten wurden so weit wie möglich integriert. Mit den insgesamt 421 Vegetationsaufnahmen konnte einerseits die Vegetation des Untersuchungsgebietes detailliert beschrieben werden, andererseits konnten auch die ausgewählten Straten vegetationsökologisch gut charakterisiert werden. Probekartierungen zeigten, dass Methoden der Fernerkundung, wie in HABILALP verwendet, einer traditionellen Feldkartierung überlegen sein dürften. Dies gilt besonders für das hochalpine und schwer zugängliche Untersuchungsgebiet. Der im Untersuchungsgebiet gefundene Vegetationsgradient widerspiegelte primär die Höhenlage und den geologischen Untergrund, lässt sich deshalb kartografisch einfach darstellen und mit geographischen Informationssystemen simulieren.

## **Abstract**

The valley of Trupchun is located in the southwestern part of the Swiss National Park and is well known for the dense population of ungulates inhabiting the area. The Alpine ibex (*Capra ibex ibex*), once extincted in Switzerland, has successfully been reintroduced here 100 years ago and is now a symbol of the Alps and of Grisons. However, studies which combine the vegetation pattern with the choice of homerange of Alpine ibex have not been designed so far for his area. This paper is embedded in a project to fill this gap and focusses on food supply. The survey is based on the classification of habitats by a project of the European Union named HABILALP. This classification was made by remote sensing techniques and divides the area into 153 different strata. For the present study 26 frequent strata were chosen and vegetation-ecologically analysed. At least ten relevés were sampled in each stratum in order to characterize the vegetation. As far as possible, data from former studies were integrated into the data collected for fullfilling this objective. By analysing the resulting 421 relevés, the

study area's vegetation could be described precisely on the one hand and on the other hand the chosen strata could be characterized on an vegetation-ecological basis. A vegetation mapping test shows that methods including remote sensing are likely to be superior to traditional field mapping. This is crucial in particular for alpine and thus heavily accessible regions. The gradient of vegetation found in the study area is mainly caused by altitude and the bedrock type. Therefore, this gradient is easy to map and simulate with geographical information systems.

## Einleitung

Nachdem der Alpensteinbock (*Capra ibex ibex*) in der Schweiz zu Beginn des 19. Jahrhunderts ausgerottet wurde, hat man 1911 den ersten Steinbock, ein Abkömmling aus der letzten überlebenden Kolonie der Alpen (Parco Nazionale Gran Paradiso im Aostatal), freigelassen (Abderhalden & Buchli 1999). Die Wiederansiedlung ist geglückt und seither gilt der Steinbock als Symbol des Naturschutzes und der Alpen und ist vor allem in Graubünden auch für den Tourismus von grosser Bedeutung.

In der Val Trupchun, welche im Südwesten des Schweizerischen Nationalparks (SNP) und somit im Herzen der Alpen liegt, lebt heute wieder eine grosse Steinbockpopulation, die grösste der Schweiz. Dieses Gebiet eignet sich deshalb besonders gut für Untersuchungen. Steinböcke haben in der Schweiz (fast) keine natürlichen Feinde mehr. Einerseits weil die grossen Raubtiere wie Bären, Luchse und Wölfe ausgerottet wurden, andererseits dürfen die gesetzlich geschützten Steinböcke nur zur Bestandesregulierung bejagt werden. Die grössten Populationsverluste kommen durch Abstürze, Lawinenunfälle oder aber Krankheiten zustande (Haller 1996). Ausserdem kommt neben der interspezifischen der intraspezifischen Konkurrenz eine Bedeutung zu: Ab einem bestimmten Sättigungsgrad der Bestandesdichte wird das weitere Anwachsen des Bestandes durch ein natürliches Regulierungssystem gebremst, der Generationenwechsel (Turnover) wird verlangsamt (Nievergelt 1965; David 1995). Die Wahl des Lebensraumes wird nicht durch den Feinddruck, sondern durch andere ökologische Faktoren bestimmt. Das Klima spielt eine grosse Rolle. Die grössten Alpensteinbockpopulationen lassen sich in trockenen, inneralpinen Tälern finden mit einer hohen Sonneneinstrahlung (Wiersema 1989). Über den Alpenbogen verteilt leben ca. 45'000 Individuen, in der Schweiz ca. 15'000 (Baumann 2009). Der Alpensteinbock präferiert steiles Gelände, vor allem im Winter ist er auf südexponierte, stark besonnte und steile Bergflanken angewiesen, da er mit seinem gedrungenen Körperbau mit hohen Schneelagen nicht gut zurecht kommt (Haller 1996). An steilen Lagen ist die Nahrung ausserdem besser verfügbar, weil der Schnee abrutscht (Nievergelt 1965). Der Vegetation und somit der Nahrungsgrundlage kommt neben dem Klima eine grosse Bedeutung für die Habitatwahl zu (Wiersema 1989).

Laut Filli (2008) wurden im Nationalpark zwar bereits viele vegetations- und auch huftierökologische Forschungsprojekte durchgeführt, hingegen existieren noch kaum Arbeiten, welche beides miteinander kombinieren. Hier soll die vorliegende Arbeit eingreifen. Sie ist eingebettet in ein Projekt der WSL und des Schweizerischen Nationalparks, welches die gegenseitige Beeinflussung von Vegetation und Huftieren untersucht. Dafür wird sowohl

die Nahrungswahl als auch das Nahrungsangebot analysiert. Diese Arbeit untersucht qualitative (Artenzusammensetzung) Merkmale der Vegetation in der Val Trupchun, damit diese später mit quantitativen (Flächenanteile) Merkmalen der Vegetation und mit Raumnutzungsdaten der Steinböcke kombiniert werden, und mittels Verschneidung der Daten Rückschlüsse gezogen werden können auf die gegenseitige Beeinflussung. Wenn in Zukunft Raubtiere als Prädatoren in das Ökosystem eingreifen, ist es wichtig, diese Zusammenhänge zu verstehen, damit Änderungen in der Lebensraumnutzung der Huftiere analysiert werden können (Filli 2008).

In dieser Arbeit versuche ich, folgende Fragen zu beantworten:

- Welche Pflanzengemeinschaften wachsen im Lebensraum der Steinböcke?
- Welche Pflanzenarten diskriminieren zwischen den Pflanzengemeinschaften?
- Widerspiegelt die HABILALP-Stratifikation das Vegetationsmuster?

## **Untersuchungsgebiet und Datengrundlage**

Die Val Trupchun liegt im Südwesten des Schweizerischen Nationalparks, im Kanton Graubünden (Abb. 1-3). Anders als sonst im Nationalpark sind nicht Dolomit, sondern Kalke und Kalkschiefer die vorherrschenden geologischen Formationen (Trümpy et al. 1997). Dies könnte auch ein Grund für die hohen Huftierdichten sein (Haller 2006), da das Nahrungsangebot hier üppiger sein dürfte als in den Dolomitgebieten des Parks. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über 1804 ha und reicht von 1823 bis 2776 mü.M.. Es deckt jene Fläche ab, in welcher sich 90% der Steinböcke aufhalten. Klimatisch gesehen handelt es sich um eine kontinental geprägte, inneralpine Trockenregion. Die jährliche Durchschnittstemperatur liegt bei  $-0.3^{\circ}\text{C}$ , die jährliche Niederschlagsmenge beläuft sich auf 902 mm (gemessen bei Buffalora, MeteoSchweiz 2009a+b).

Am Talboden wechseln sich Magerwiesen mit Lärchen-Arvenwäldern ab (Abb. 3). Am Taleingang wachsen an den südexponierten Hängen vorwiegend Lärchen-Fichten-Wälder, an den südexponierten Hängen wachsen Bergföhren-Fichtenwälder mit vereinzelt Grünlerengebüschen und Lärchen-Fichten-Wäldern. Stellenweise kommen reine Lärchenwälder vor. In den höher gelegenen Regionen herrschen Grasheiden auf Silikat-Karbonatgesteinen vor, einzig in den höchst gelegenen Gebieten des Seitentals Müschauns lassen sich Grasheiden auf Karbonatgestein finden (Zoller 1995).

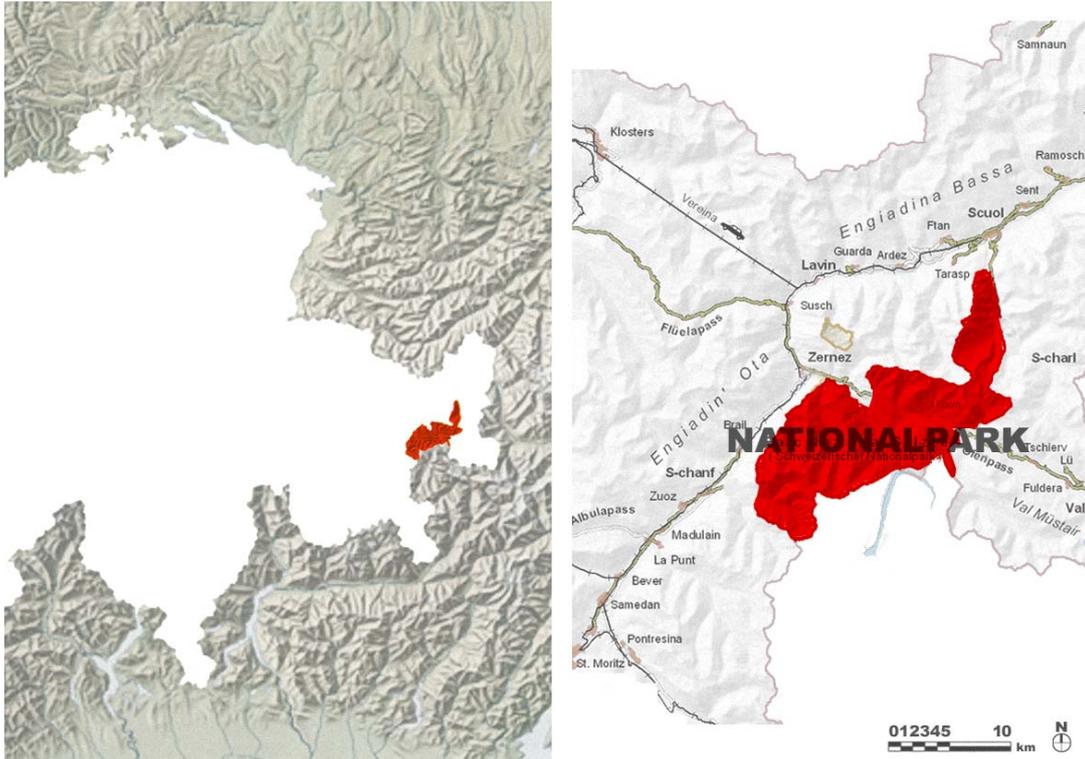


Abb. 1: Lage des Schweizerischen Nationalparks (nach Diener et al. 2007, abgeändert; nach <http://www.nationalpark.ch>, abgeändert)



Abb. 2: Lage der Val Trupchun im Schweizerischen Nationalpark (nach <http://www.nationalpark.ch>, abgeändert; eigene Darstellung, basierend auf MAIN\_ORTHO.IR2000COL)

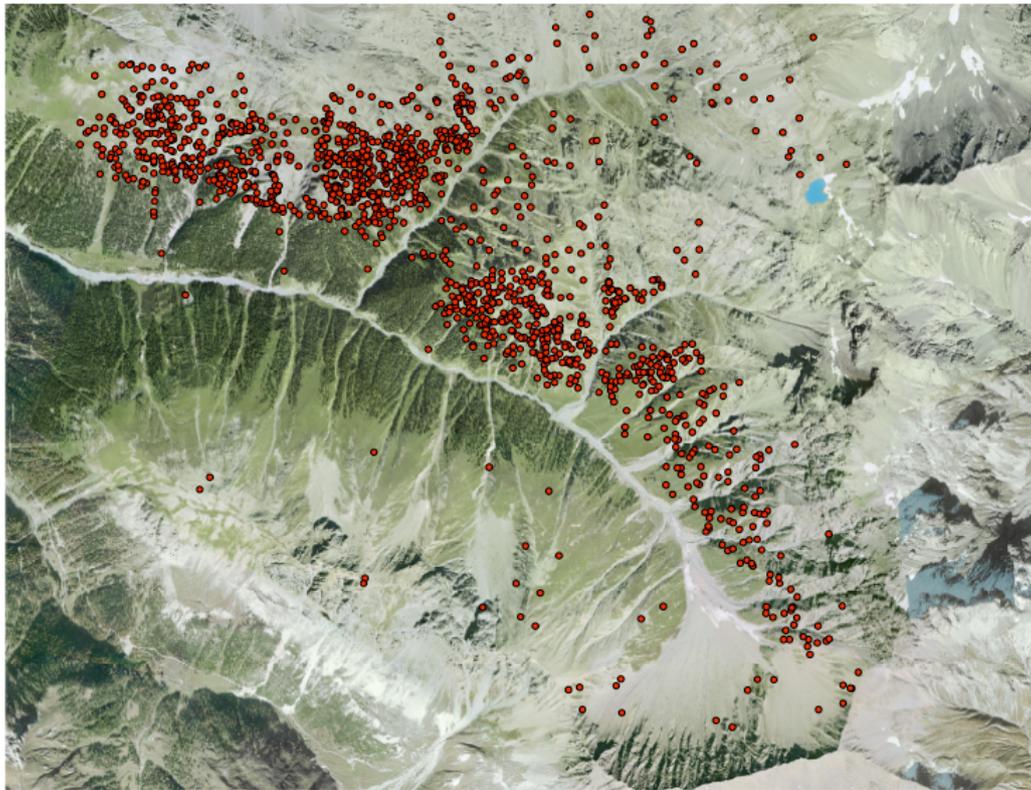


Abb. 3: Vegetationskarte der Val Trupchun (nach SANW 1992, abgeändert)

Tab. 1: Steckbrief Alpensteinbock nach Filli (2006)

<b>Ordnung</b>	<i>Artiodactyla</i> (Paarhufer)	
<b>Familie</b>	<i>Bovidae</i> (Hornträger)	
<b>Unterfamilie</b>	<i>Caprinae</i> (Ziegenartige)	
<b>Gattung</b>	<i>Capra</i> (Wildziegen)	
<b>Art</b>	<i>Capra ibex ibex</i> (Alpensteinbock)	
<b>Brunftzeit</b>	Dez bis Jan	
<b>Tragzeit</b>	21 bis 23 Wochen	
<b>Setzzeit</b>	Juni	
<b>Anzahl Jungtiere</b>	1, selten 2	
	<b>Böcke</b>	<b>Geissen</b>
<b>Hornlänge</b>	bis 120 cm	18 bis 40 cm
<b>Gewicht</b>	80 bis 100 kg	30 bis 50 kg
<b>Schulterhöhe</b>	74 bis 100 cm	65 bis 85 cm
<b>Max. Alter</b>	bis 20 Jahre	bis 24 Jahre

## Räumliche Verteilung der Steinböcke



0 250 500 1'000 1'500 2'000  
Meters

### Legende

ART

• Steinbock



Die Steinbockpopulation in der Val Trupchun (Abb. 4) umfasst ca. 250 Tiere. Der nutzbare Lebensraum erstreckt sich von ca. 1800 m ü. M. bis rund 3000 m ü. M.. Während laut Aberhalden (2005) die Geissen diesen Bereich ganzjährig mehr oder weniger regelmässig nutzen, ist bei den Böcken im Winter eine Konzentration unmittelbar oberhalb der Waldgrenze auf ca. 2250 m ü. M. feststellbar. Im Schnitt deckt sich die Aufenthaltshöhe in dieser Jahreszeit mit jener der Geissen. Im Sommer hingegen liegt die mittlere Aufenthaltshöhe der männlichen Tiere auf ca. 2450 m ü. M. und somit ca. 100 m höher als die der Geissen.

Vom Untersuchungsgebiet existierte als Planungsgrundlage ein digital im ArcGIS vorliegendes, stratifiziertes Luftbild mit 20x20m-Raster (Parameter wie Geologie, Strahlung, Exposition, Hangneigung, Höhenlage und Deckungsgrad der Vegetation waren für die Stratenbildung entscheidend), welches im Rahmen des EU-Projektes HABILALP (Lotz 2006) entwickelt, und vom Nationalpark zur Verfügung gestellt wurde. In zwei Arbeiten (Madl 1991; Camenisch 1997) wurden Vegetationsaufnahmen im Untersuchungsgebiet gemacht (insgesamt 253), die ebenfalls zur Verfügung standen.

## **Methoden**

Im Feld wurden einerseits Vegetationsaufnahmen, andererseits Vegetationskartierungen vorgenommen. Zusätzlich wurde die Produktivität an ausgesuchten Stellen gemessen (siehe hierzu Caliaro 2009).

Die verwendete HABILALP-Stratifizierung teilt das Gebiet in 153 verschiedene Habitatstypen ein. Diese für die Feldarbeit schwer fassbare Fülle wurde mit Hilfe von GIS (ArcGIS) vereinfacht, indem die Kurvatur, und ausserdem jene Straten, welche weniger als 2.2% Deckung erreichten, nicht berücksichtigt wurden. Es resultierten 26 Stratengruppen.

Diesen wurden die bereits vorliegenden Vegetationsaufnahmen von Madl (1991) und Camenisch (1997) zugeordnet.

### **Vegetationsaufnahmen**

Da die Vegetationsaufnahmen von Madl (1991) das im Untersuchungsgebiet liegende Grünland nur teilweise abbildeten (nur Magerwiesen, keine Fettwiesen und Schutthalden) und Camenisch (1997) ausschliesslich Waldaufnahmen machte, war es notwendig, weitere Vegetationsaufnahmen vorzunehmen, um die Repräsentativität zu verbessern. Für jede der 26 Stratengruppen wurden zufällig Punkte ausgewählt (in Abhängigkeit der Zugänglichkeit), an welchen die Vegetationsaufnahmen durchgeführt wurden. Um die Wanderwege wurde eine Pufferzone von 10 Metern Breite angelegt, um anthropogen bedingte Störungen zu minimieren. Im Sommer 2008 wurden während dreier Monate insgesamt 168 Vegetationsaufnahmen nach Braun-Blanquet (1964) vorgenommen, und zwar in jedem Stratencluster so viele, dass zusammen mit den von Camenisch (1997) und Madl (1991) erhobenen Daten mindestens zehn Aufnahmen vorlagen (der Gesamtdatensatz umfasst nun 421 Aufnahmen). Die Nomenklatur richtete sich nach Lauber & Wagner (2007). Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden die Aufnahmegrößen identisch gewählt wie jene von Camenisch (1997) und Madl (1991): in Wiesen 9 m<sup>2</sup>, im Schutt und im Wald 49 m<sup>2</sup>. Die Deckungsgrade wurden folgendermassen codiert: r = einzelnes Individuum, + = mehr als ein Individuum und Deckung < 1% , 1 = Deckung 1% - 5%, 2 = Deckung 6% - 25%, 3 = Deckung 26% - 50%, 4 = Deckung 51% - 75%, 5 = Deckung 76% - 100%. Die Koordinaten der Aufnahmestandorte wurden mittels eines GPS-Gerätes erfasst.

Die Rohdaten der Vegetationsaufnahmen wurden digitalisiert und mitMULVA-5 (Wildi & Orłóci1996) analysiert. Dafür wurden die codierten Deckungsgrade wie folgt in Zahlwerte transformiert: r = 1, + = 2, 1 = 3, 2 = 4, 3 = 5, 4 = 6, 5 = 7. Zur Erzeugung eines Kartierungsschlüssels wurden die Vegetationsaufnahmen mittels Clusteranalysen klassifiziert (Beierkuhnlein, 2007). Die Differentialarten zwischen den Vegetationsgemeinschaften wurden mit einer Diskriminanzanalyse ermittelt. Diese Vorgehensweise wird zu den divisiven Klassifikationsverfahren gezählt (Trempe 2005).

Die Vergleichsmatrix der Aufnahmen wurde mit dem Ähnlichkeitsmass von van der Maarel berechnet und die Ähnlichkeitsstruktur mit einer Hauptkomponentenanalyse (PCOA) untersucht (Wildi & Orłóci 1996). Mit einer Ordination wurde die Ähnlichkeitsstruktur dargestellt. Die resultierenden Koordinaten der ersten und zweiten Achse der Hauptkomponentenanalyse wurden, um eine Normalverteilung zu gewährleisten, im

Statistikprogramm SPSS 16.0 transformiert ( $\log(x + 1.3)$ ) und anschliessend einer Varianzanalyse (Einfaktorielle ANOVA, Vegetationstypen als unabhängige Variable) inklusive einem Post-Hoc-Test (Bonferroni, Achse 1 bzw. 2 als abhängige Variablen) unterzogen.

Um Aussagen machen zu können bezüglich der Häufigkeiten der Arten in den einzelnen Vegetationsgemeinschaften, wurden in Excel 12.0 die absolute und die relative Stetigkeit berechnet.

### **Vegetationskartierung**

Für die Kartierung wurde aus technischen Gründen jene Fläche des Wintereinstandes berücksichtigt, in der sich im langjährigen Mittel 50% der Steinböcke aufhalten. Im Sommereinstand hätte nicht kartiert werden können, da die Tiere sonst zu sehr gestört worden wären. Die Schneebedeckung, welche Teile der Vegetation unverfügbar werden lässt, wurde insofern berücksichtigt, als dass die Hänge sehr steil sind, deshalb keine Lawinen entstehen können und der Schnee sich weniger ansammeln kann als auf flachen Abschnitten. Ausserdem liegt im Wald weniger Schnee als auf freien Flächen. Es wurden sowohl im Haupttal, als auch im Seitental (Müschauns) zu kartierende Flächen ausgeschieden (Abb. 5).

Die im Kartierschlüssel (Anhang A: Tab. 4) ausgeschiedenen Differentialarten wurden flächendeckend kartiert (insgesamt ca. 1 km<sup>2</sup>). Dafür wurde das Gebiet planmässig entlang von Höhenlinien in Schlaufen abgelaufen, wobei links und rechts der Begehungsrouten bis in fünf Meter Distanz Differentialarten gesucht und ins Luftbild eingetragen wurden (Pfadenhauer 1997). In einem zweiten Schritt wurde die Karte der Differentialarten gemäss Kartierungsschlüssel in eine Vegetationskarte übersetzt und in der Folge mit ArcGIS digitalisiert (Massstab 1:1000, insgesamt ca. 0.4 km<sup>2</sup>). Diese Kartierung soll den Weg bereiten für spätere Kartierungen des gesamten Tals. Da es sich heraus stellte, dass weitere Vegetationsaufnahmen notwendig sind, um die Vegetation detaillierter beschreiben zu können, wurden zusätzlich 60 Vegetationsaufnahmen gemacht. Vor allem in den Übergangsbereichen, beispielsweise von Grünland zu Wald oder von Schutt zu Grünland schien der ursprüngliche Kartierungsschlüssel zu wenig detailliert zu sein. Der für die Wintereinstandskartierung verwendete Schlüssel (Anhang A: Tab. 4) wurde deshalb nachträglich modifiziert, d.h. mit den zusätzlich gemachten Vegetationsaufnahmen ergänzt. Diese zusätzlichen Aufnahmen und die Datenanalyse mit dem neuen Datensatz erfolgte wie oben beschrieben.

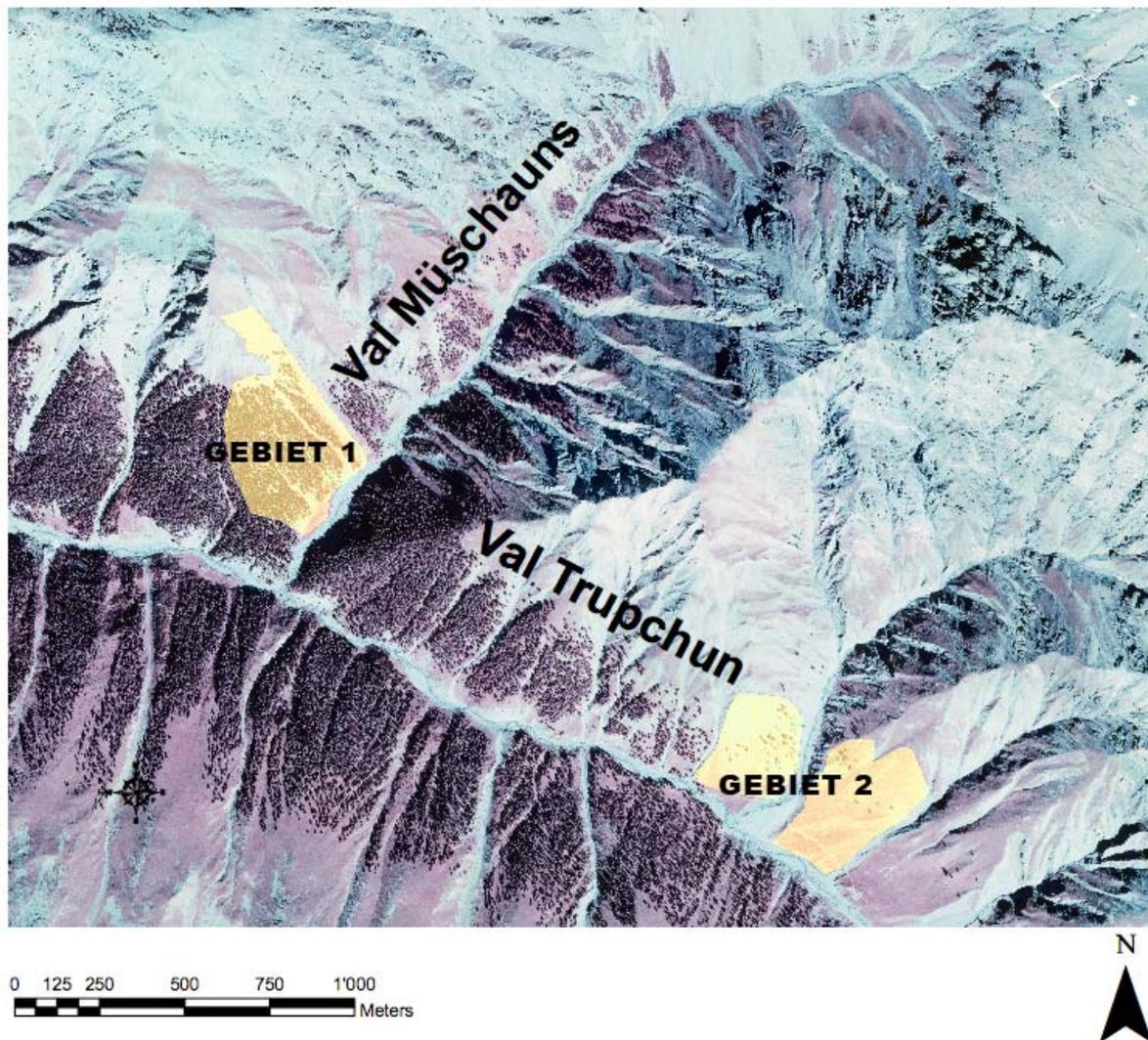


Abb. 5: Kartierte und digitalisierte Gebiete (in gelb) (basierend auf MAIN\_ORTHO.IR2000COL)

## Resultate

### Auswertung des ursprünglichen Datensatzes

Auf die Auswertung des Datensatzes, welcher für die Kartierung verwendet wurde, wird an dieser Stelle nur kurz eingegangen (eine vertiefte Betrachtung der Vegetationsaufnahmen

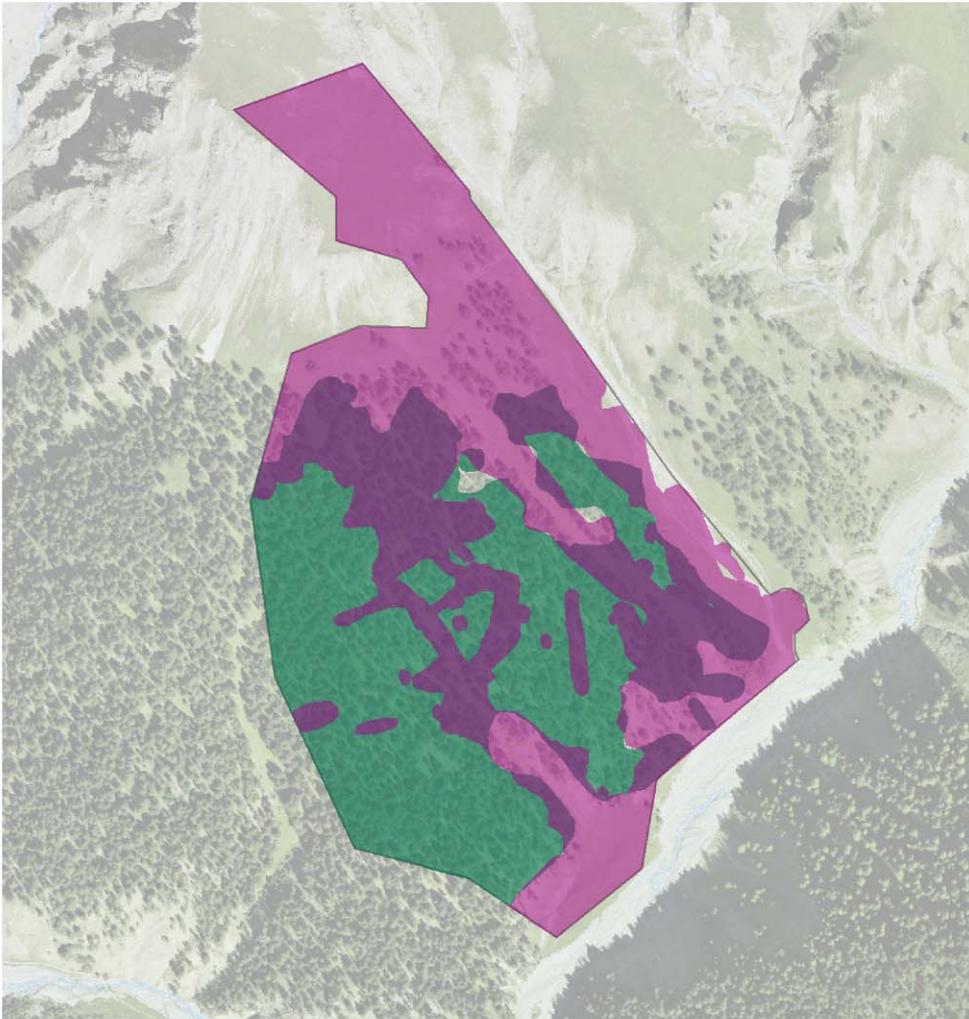
folgt anhand des Gesamtdatensatzes weiter unten). Mittels MULVA-5 lassen sich die Vegetationsaufnahmen in zehn Vegetationstypen unterteilen. Es handelt sich um vier Wiesen, vier Wald- und zwei Schutttypen (Anhang A: Tab. 4). Die Wiesentypen zeichnen sich durch das Vorkommen von *Senecio doronicum* und *Carlina acaulis* aus. In den Waldaufnahmen finden sich *Geranium sylvaticum*, *Luzula sieberi* und *Calamagrostis villosa*, auf Schuttflächen wachsen *Carex firma* und *Saxifraga caesia*.

### **Vegetationskartierung**

Im kartierten Gebiet 1 in der Val Müschauns überlappen sich Wald- und Wiesentypen oft. Dies rührt daher, dass *Senecio doronicum* und *Carlina acaulis* oft gleichzeitig mit *Geranium sylvaticum*, *Luzula sieberi* oder *Calamagrostis villosa* vorkommen. Die Vegetationsgemeinschaften wurden so digitalisiert, dass jene Flächen als Wiese ausgeschieden wurden, in welchen Wiesenarten vorkamen, und jene Flächen als Wald, in welchen Waldarten vorkamen. Die Schnittflächen könnten als neuer Vegetationstyp aufgefasst werden, als Übergangsgemeinschaft zwischen Wiese und Wald. In den auf dem Luftbild gut zu erkennenden Waldlichtungen tritt dieses Phänomen der Überlappung besonders häufig auf (Abb. 6).

# Vegetationskartierung Gebiet 1

Wiese gesamt und Wald gesamt



## Legende

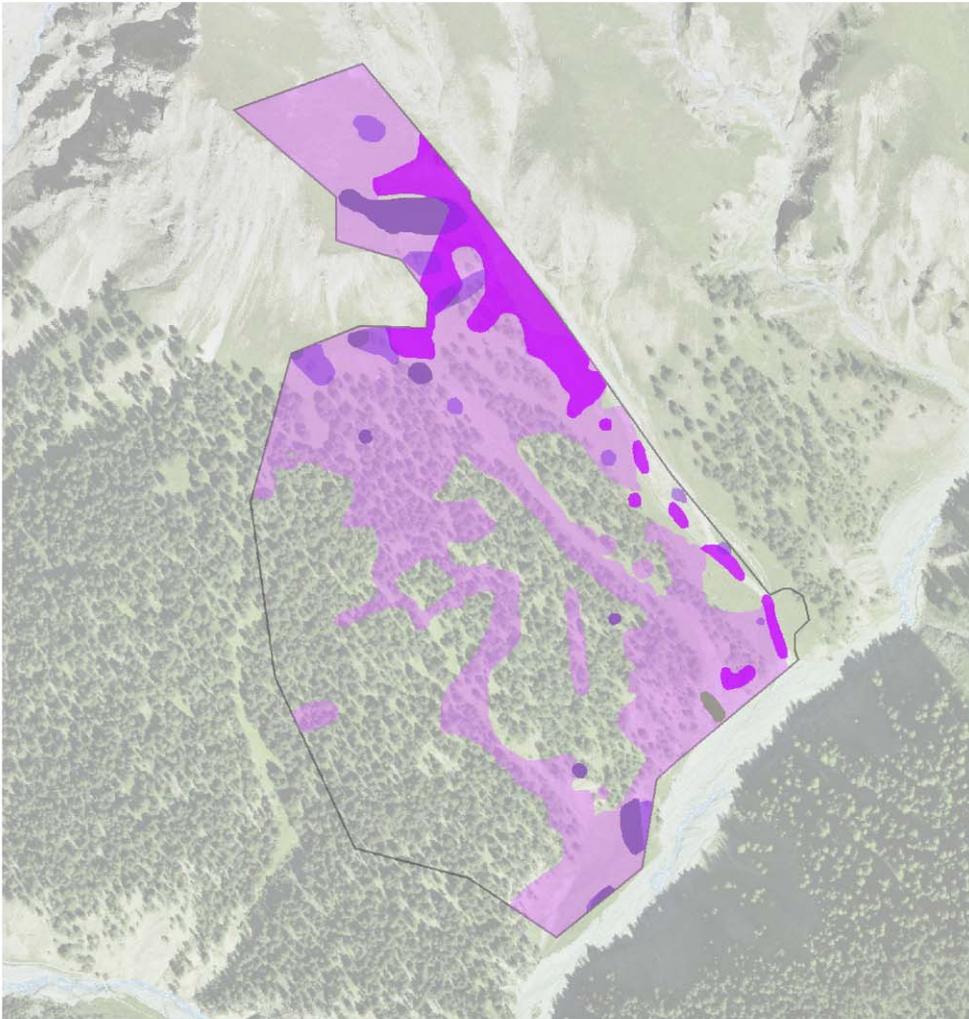
-  Wiese gesamt
-  Wald gesamt



Abb. 6:Vegetationskarte Wiese und Wald gesamthaft (basierend auf MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

# Vegetationskartierung Gebiet 1

## Einzelne Wiesentypen



### Legende

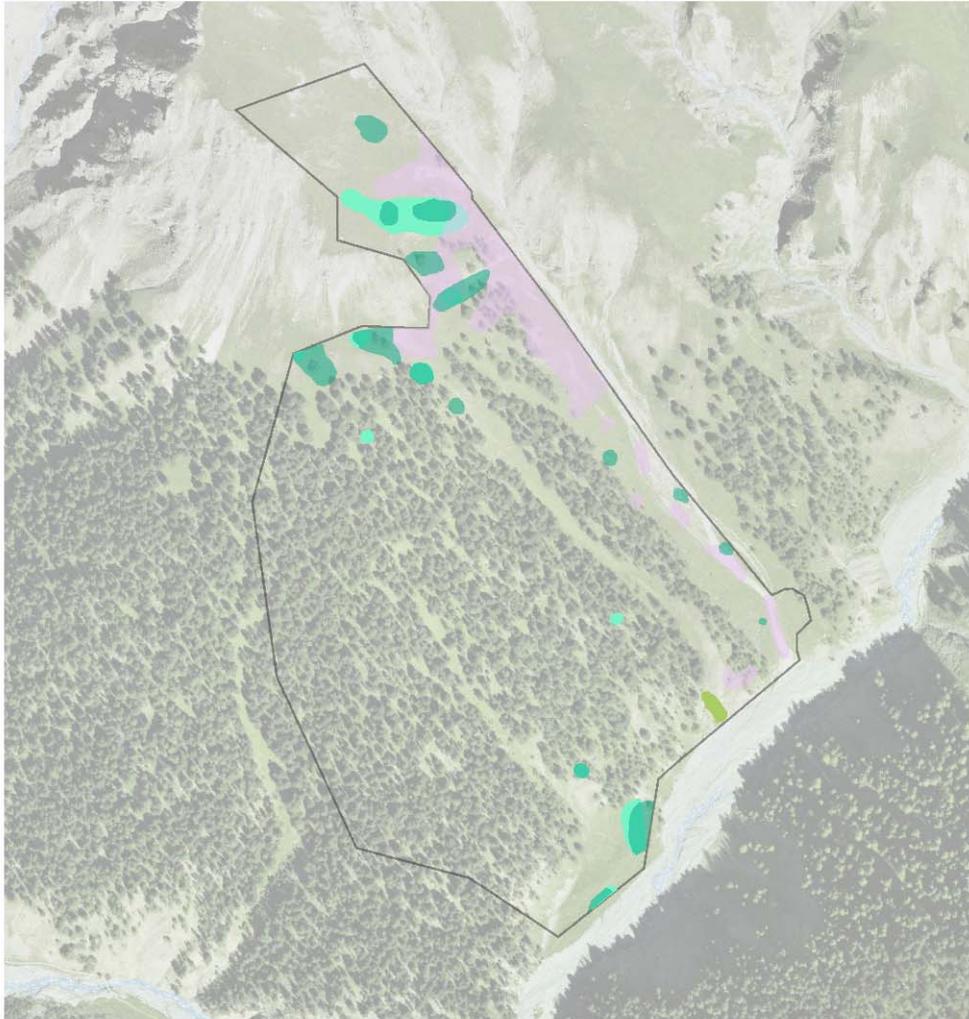
- Wiese 1
- Wiese 2
- Wiese 3
- Wiese 4



Abb. 7: Vegetationskarte einzelne Wiesentypen (basierend auf MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

# Vegetationskartierung Gebiet 1

Alle Differentialarten von Wiese 1, Wiese 2 und Wiese 4



## Legende

-  *Gentiana campestris*
-  *Gypsophila repens*
-  *Petasites paradoxus*
-  *Potentilla crantzii*

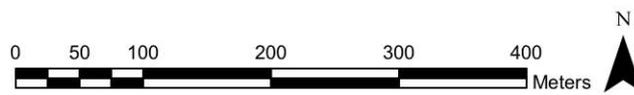
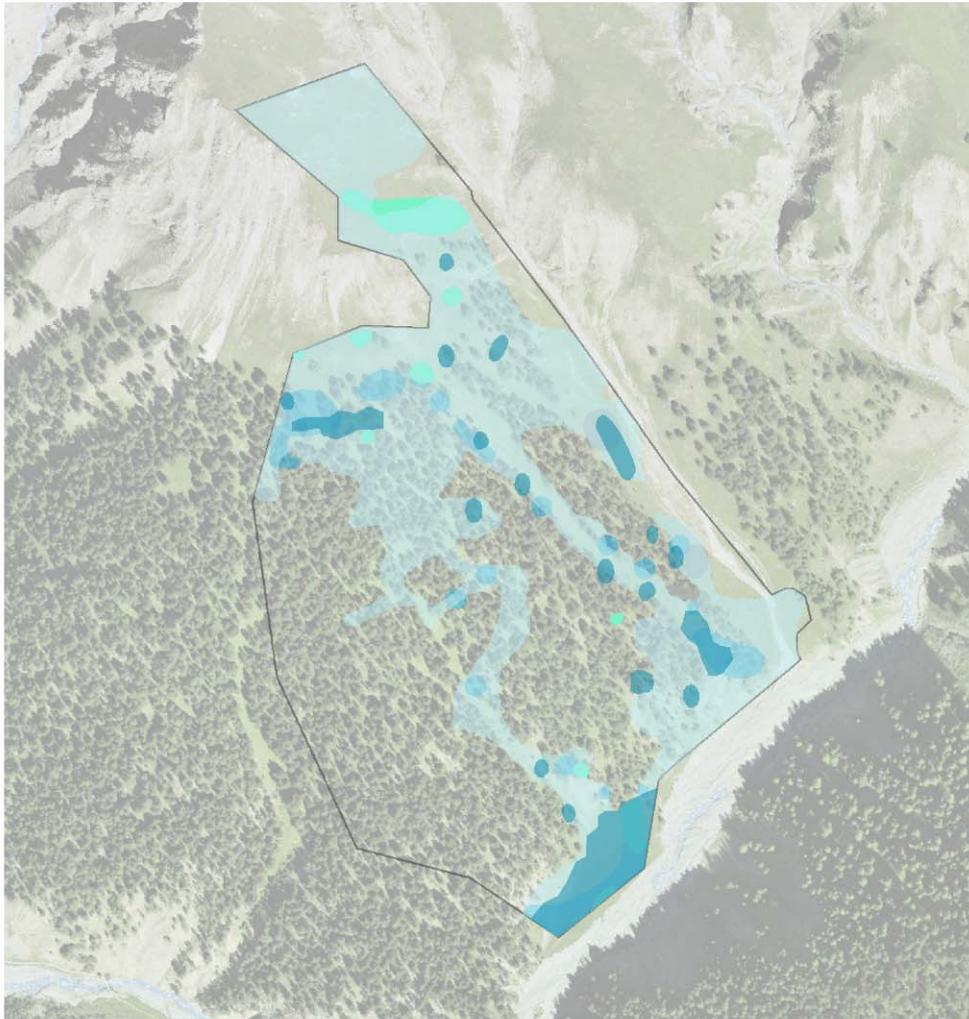


Abb. 8: Vegetationskarte Differentialarten Wiese 1, 2, 4 (basierend auf MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

# Vegetationskartierung Gebiet 1

Alle Differentialarten von Wiese 3



## Legende

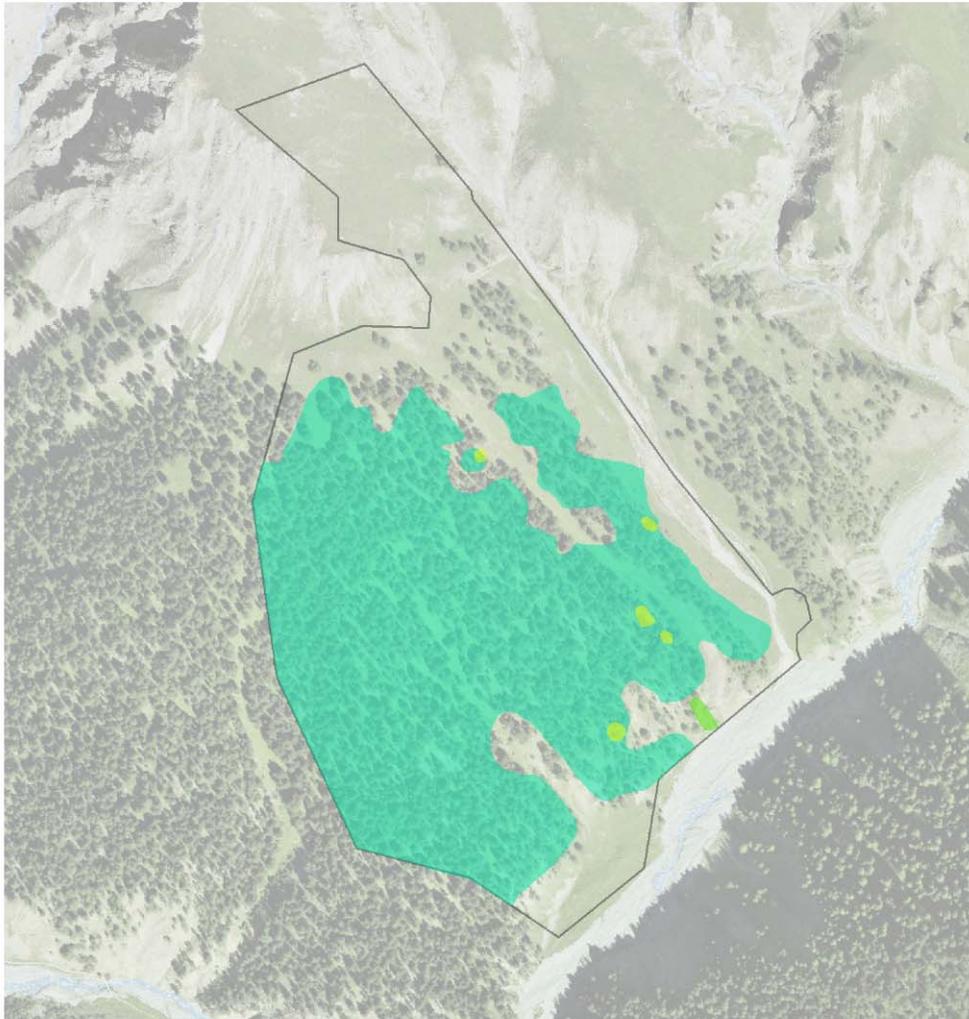
-  *Achillea millefolium*
-  *Leucanthemum adustum* nur in Wiese
-  *Potentilla crantzii*
-  *Veronica chamaedrys*
-  *Vicia cracca*



Abb. 9: Vegetationskarte Differentialarten Wiese 3 (basierend auf MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

# Vegetationskartierung Gebiet 1

Einzelne Waldtypen



## Legende

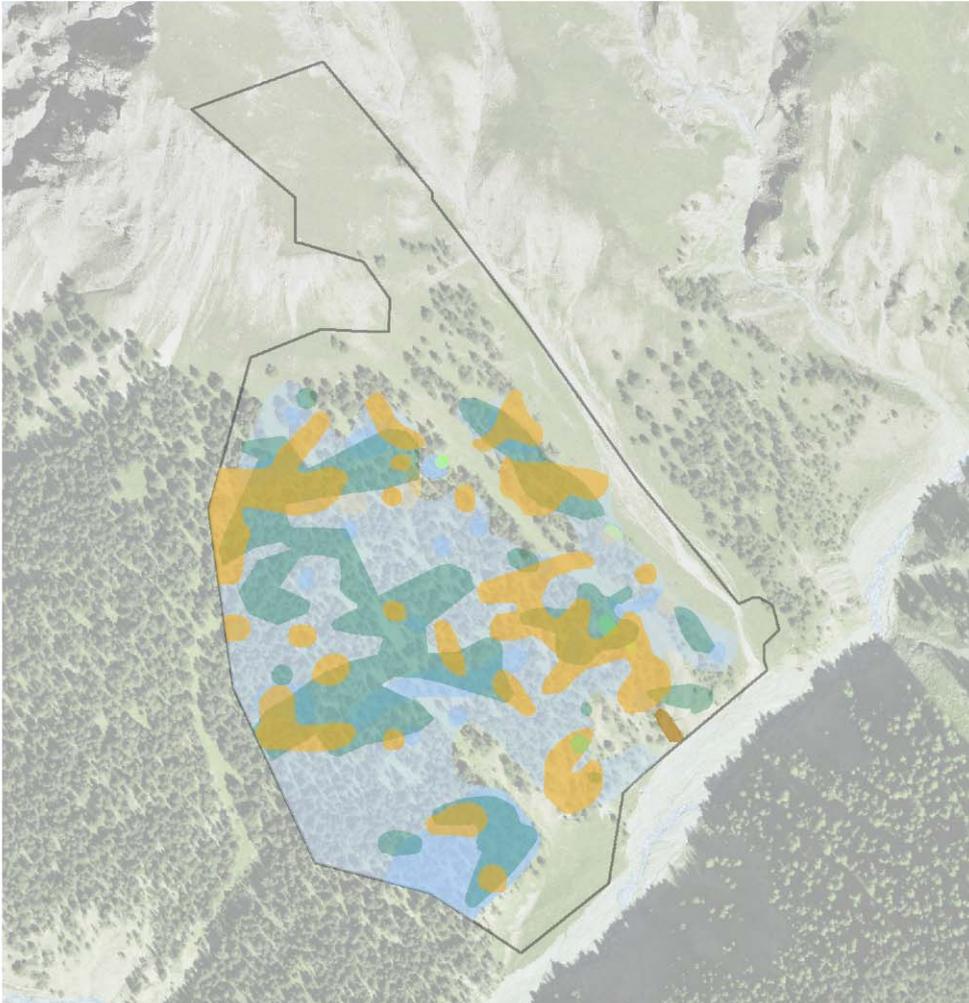
- Wald 2
- Wald 3
- Wald 4



Abb. 10: Vegetationskarte Waldtypen (basierend auf MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

# Vegetationskartierung Gebiet 1

Alle Differentialarten von Wald 2, Wald 3 und Wald 4  
inklusive Differentialarten von Wald gesamt



## Legende

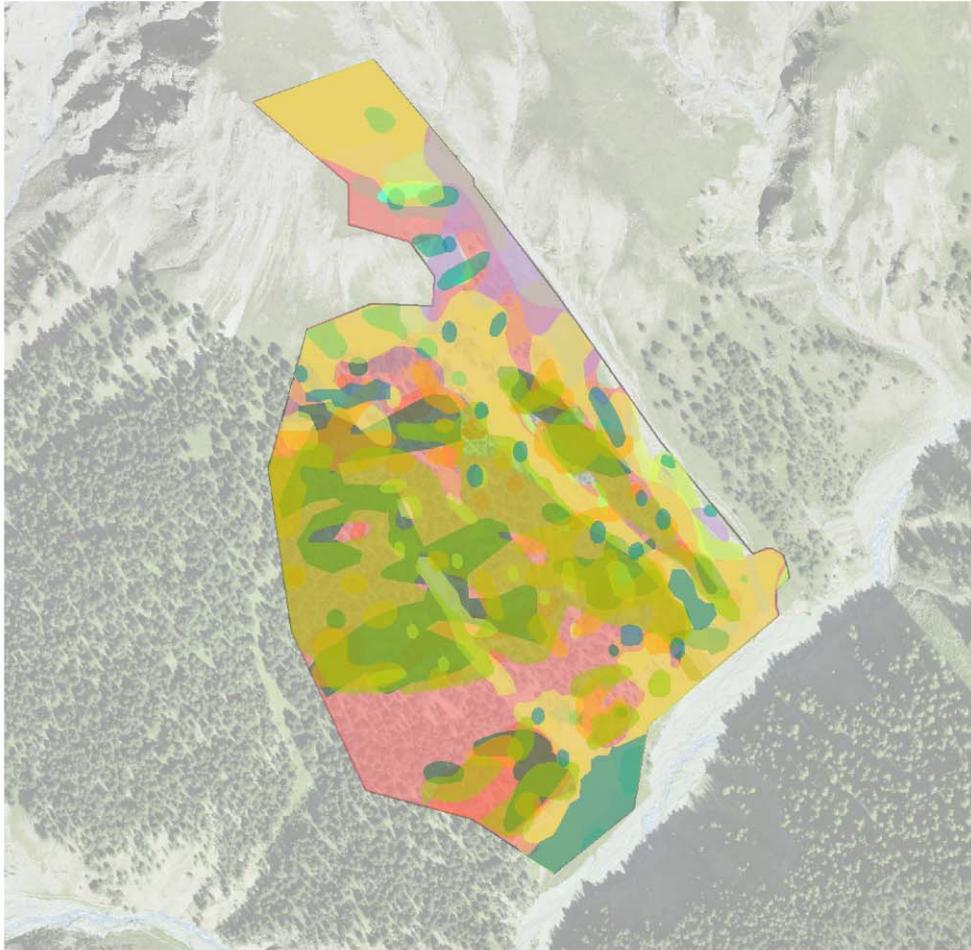
 <i>Carduus defloratus</i>	 <i>Luzula sieberi</i>
 <i>Dryas octopetala</i>	 <i>Oxalis acetosella</i>
 <i>Geranium silvaticum</i>	 <i>Peucedanum ostruthium</i>
 <i>Leucanthemum adustum</i> nur im Wald	 <i>Phyteuma orbiculare</i>



Abb. 11: Vegetationskarte aller Wald-Differentialarten (basierend auf MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

# Vegetationskartierung Gebiet 1

Alle Differentialarten



## Legende

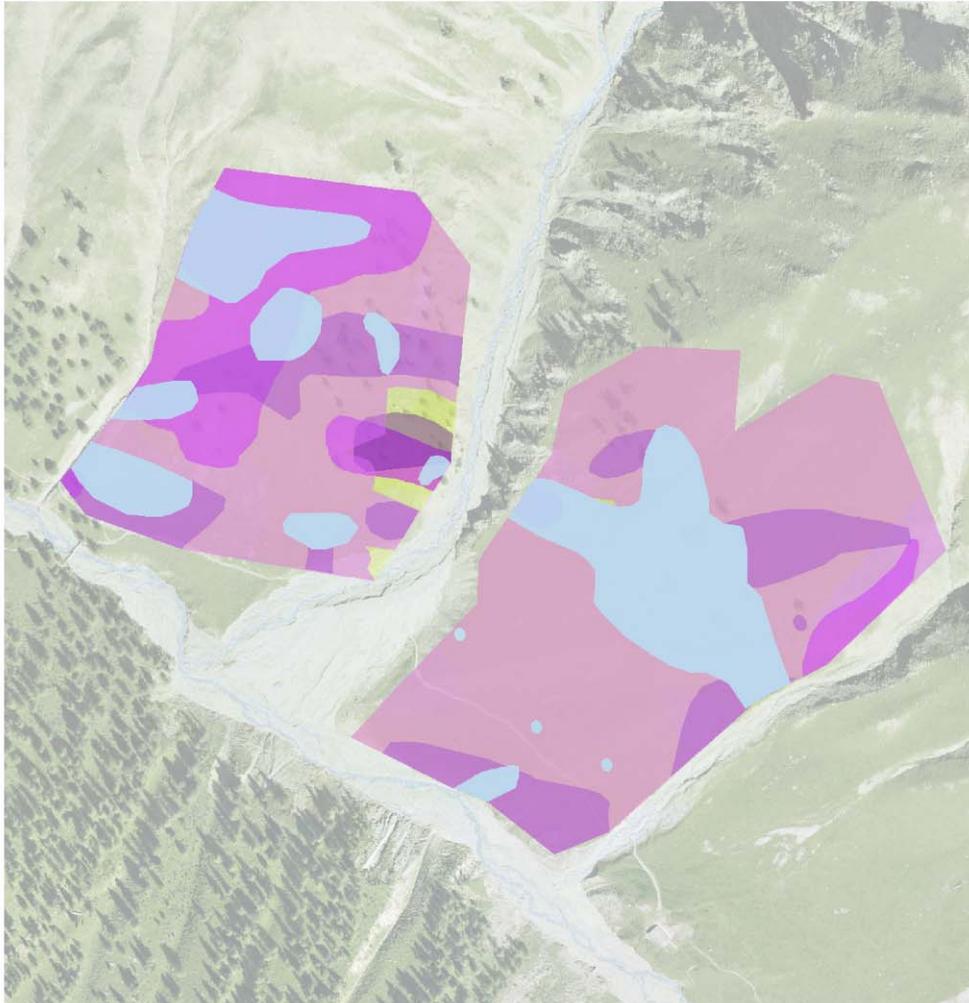
 <i>Achillea millefolium</i>	 <i>Geranium silvaticum</i>	 <i>Peucedanum ostruthium</i>
 <i>Calamagrostis villosa</i>	 <i>Gypsophila repens</i>	 <i>Phyteuma orbiculare</i>
 <i>Carduus defloratus</i>	 <i>Leucanthemum adustum</i>	 <i>Potentilla crantzii</i>
 <i>Carlina acaulis</i>	 <i>Luzula sieberi</i>	 <i>Senecio doronicum</i>
 <i>Dryas octopetala</i>	 <i>Oxalis acetosella</i>	 <i>Veronica chamaedrys</i>
 <i>Gentiana campestris</i>	 <i>Petasites paradoxus</i>	 <i>Vicia cracca</i>



Abb. 12: Vegetationskarte aller Differentialarten (basierend auf MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

# Vegetationskartierung Gebiet 2

Einzelne Wiesentypen inklusive Wiesen-Differentialarten



## Legende

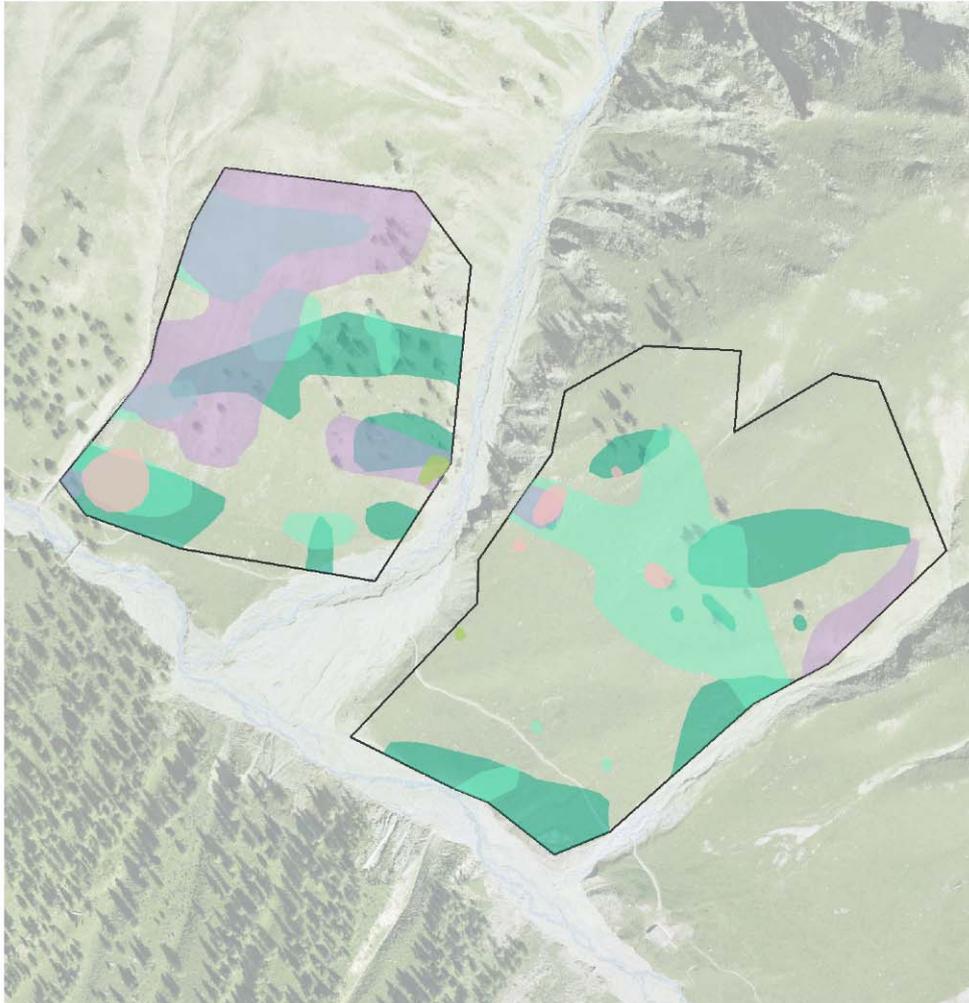
- Wiese 4
- Wiese 3
- Wiese 1
- Wiese 2
- Carlina acaulis*
- Senecio doronicum*



Abb. 13: Vegetationskarte Wiesentypen (basierend auf MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

# Vegetationskartierung Gebiet 2

Alle Differentialarten von Wiese 1, Wiese 2 und Wiese 4



## Legende

- Hieracium villosum*
- Petasites paradoxus*
- Gypsophila repens*
- Potentilla crantzii*
- Gentiana campestris*



Abb. 14: Vegetationskarte Differentialarten Wiese 1, 2, 4 (basierend auf MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

## Vegetationskartierung Gebiet 2

Alle Differentialarten von Wiese 3



### Legende

- Potentilla crantzii*
- Leucanthemum adustum*
- Vicia cracca*
- Achillea millefolium*
- Veronica chamaedrys*



Abb. 15: Vegetationskarte Differentialarten Wiese 3 (basierend auf MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

## Auswertung des Gesamtdatensatzes

Mittels MULVA-5 lassen sich die Vegetationsaufnahmen in fünf Hauptgruppen unterteilen (Anhang D: Gesamttabelle der Vegetationsaufnahmen). Dabei handelt es sich um eine Wald-, zwei Wiesen- und zwei Schuttgruppen. Es lassen sich folgende Differentialarten herauslesen: Exklusiv in allen Wiesenaufnahmen finden sich *Carlina acaulis*, *Gysophila repens* und *Oxytropis jaquinii*, in allen Waldaufnahmen *Luzula sieberi*, *Oxalis acetosella*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtilis* und *Picea abies*, die Schuttaufnahmen haben als gemeinsame Nenner *Ranunculus alpestris* und *Biscutella laevigata*.

Diese fünf Gruppen lassen sich weiter in insgesamt zehn Untergruppen unterteilen (Abb. 16 und Tab. 2). Wiese, Wald und Schutt sind klar unterscheidbar. Dabei kann man einen Gradienten erkennen, welcher sich von den Waldtypen, über den Lägertypus, zu den Wiesen-, und schliesslich den Schutttypen erstreckt: Von Wald b, Wald a und Wald c über Wiese 2b, Wiese 2a, Wiese 1b und Wiese 1a zu Schutt 1, Schutt 2a und Schutt 2b.

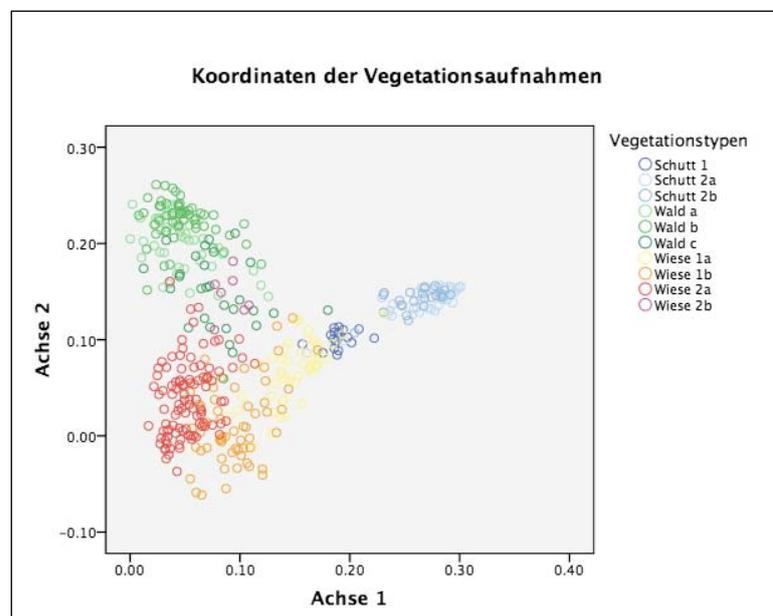


Abb. 16: Ordination der Vegetationsaufnahmen, die für die Charakterisierung der zehn Vegetationstypen verwendet wurden. Die Achskoordinaten basieren auf einer Hauptkomponentenanalyse.

In der Folge werde ich nun auf die einzelnen Vegetationstypen eingehen. Im Vergleich zur Einteilung, welche im Feld verwendet wurde, kommt die Hochstaudenflur (Wiese 2b) beim

modifizierten Kartierungsschlüssel (Tab. 2) als zusätzlicher Vegetationstyp zum Vorschein. Diese zeichnet sich durch Arten wie *Urtica dioica*, *Aconitum napellus*, *Polemonium coeruleum* oder *Trollius europaeus* aus und befindet sich an ehemaligen Viehlägerstellen, wo ein erhöhter Stickstoffeintrag stattgefunden hat.

Wald b kennzeichnet sich durch das Vorkommen von *Adenostyles alliariae*. *Hedysarum hedysaroides* kommt exklusiv in Wald a vor. *Selaginella selaginoides* und *Arctostaphylos alpina* sind sowohl in Wald a, als auch in Schutt 2b zu finden. *Polygala chamaebuxus* weist auf Wald c hin, kommt jedoch auch in der Wiese vor. Allgemein lässt sich sagen, dass in den Waldtypen viele Pflanzenarten vorkommen, welche auch anderswo wachsen. Die Lägeraufnahmen teilen ebenfalls viele Arten mit anderen Vegetationstypen. So kommen zum Beispiel *Geranium sylvaticum*, *Lonicera coerulea*, *Peucedanum ostruthium* oder *Polemonium coeruleum* auch im Wald vor und *Briza media* wächst auch in Wiese 2.

Das Kennzeichen von Wiese 2 ist *Hieracium pilosella*. *Crepis aurea* und *Coloeglossum viride* verbinden Wiese 2 mit Wald a. Wiese 1b lässt sich von den übrigen Wiesentypen durch die Absenz von *Senecio doronicum* definieren. Wiese 1a kennzeichnet sich durch das exklusive Vorkommen von *Arabis alpina*, *Petasites paradoxus* und *Saxifraga aizoides*. Viele Arten teilt Wiese 1a mit den Schutttypen, so beispielsweise *Cerastium latifolium*, *Salix retusa*, *Hieracium staticifolium*, oder *Sedum atratum*. *Antennaria carpatica* und *Veronica alpina* wachsen hingegen nur im Schutt 1. In den Vegetationstypen Schutt 2a und Schutt 2b lassen sich *Carex firma* und *Saxifraga caesia* finden, *Salix reticulata* teilen sie mit Wald a. *Erica herbacea*, Differentialart für Schutt 2b, kommt vereinzelt auch in Wiese 2 vor.

*Gentiana verna*, *Anthyllis alpestris*, *Leucanthemum adustum*, *Hieracium sylvaticum*, *Dryas octopetala*, *Carduus defloratus* und *Minuartia recurva* haben ein breites Spektrum und kommen in Wald-, Wiesen- und Schutttypen vor, einzig in den Lägeraufnahmen fehlen sie. *Euphorbia cyparissias* gehört ebenfalls zu den breit gestreuten Arten, sie fehlt einzig im Schutt.

Der Vegetationstyp Wiese 2a ist mit 24% der gemachten Aufnahmen am stärksten vertreten (Abb. 17). Den kleinsten Anteil hat Wiese 2b (Läger) mit nur 2%. In einer späteren Untersuchung müsste man diesem Vegetationstyp gezielt mehr Beachtung schenken.

Tab. 2: Kartierungsschlüssel

Hauptgruppe	Wiese			Wald			Schutt	
Untergruppe	Wiese Ia	Wiese Ib	Wiese 2	Wald a	Wald b	Wald c	Schutt I	Schutt 2a
<i>Arabis alpina</i>	x							
<i>Petasites paradoxus</i>	x							
<i>Saxifraga aizoides</i>	X							
<i>Carlina acaulis</i>	X	x	X					
<i>Gypsophila repens</i>	X	X	x					
<i>Oxytropis jaquinii</i>	x	X	x					
<i>Senecio doronicum</i>		X	X					
<i>Polygala chamaebuxus</i>			X			x		
<i>Briza media</i>			X					
<i>Hieracium pilosella</i>			X					
<i>Crepis aurea</i>			x	x				
<i>Coloeglossum viride</i>			x	x				
<i>Hedysarum hedysaroides</i>				x				
<i>Gentiana verna</i>	x	x	X	X	X			x
<i>Anthyllis alpestris</i>	x	X	X	X		X		x
<i>Leucanthemum adustum</i>		x	X	x	x	X		
<i>Hieracium sylvaticum</i>	X	x	X	X	X	X		x
<i>Dryas octopetala</i>			x	X				x
<i>Selaginella selaginoides</i>				X				
<i>Adenostyles alliariae</i>					x			
<i>Peucedanum ostruthium</i>					X			
<i>Lonicera coerulea</i>					x	x		
<i>Geranium sylvaticum</i>				X	X	X		
<i>Luzula sieberi</i>				X	X	X		
<i>Oxalis acetosella</i>				x	X	x		
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>				X	X	X		
<i>Vaccinium myrtillus</i>				X	X	x		
<i>Picea abies</i>				x	x	X		
<i>Linnaea borealis</i>					x	x		
<i>Carduus defloratus</i>	X	X	X			X	x	
<i>Euphorbia cyparissias</i>	x	X	X			X		
<i>Arabis caerulea</i>			x				X	
<i>Antennaria carpatica</i>							x	
<i>Cirsium acule</i>			X				X	
<i>Veronica alpina</i>							X	
<i>Cerastium latifolium</i>	x						X	
<i>Minuartia recurva</i>	x			x			X	
<i>Sedum atratum</i>	x						X	X
<i>Hieracium staticifolium</i>	X						X	X
<i>Biscutella laevigata</i>							x	x
<i>Salix retusa</i>	x						x	X
<i>Ranunculus alpestris</i>							X	X
<i>Saussurea alpina</i>		x						x
<i>Carex firma</i>								X
<i>Saxifraga caesia</i>								X
<i>Salix reticulata</i>				x				X
<i>Arctostaphylos alpina</i>				x				
<i>Erica herbacea</i>			x					
<i>Polemonium coeruleum</i>					x			
<i>Rumex alpestris</i>								
<i>Urtica diocea</i>								

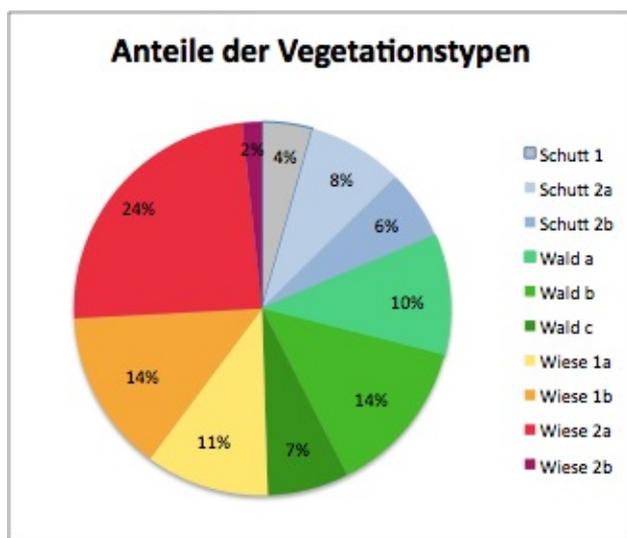


Abb. 17: Anteile der Vegetationstypen an den Vegetationsaufnahmen

Durch den Vergleich der absoluten und relativen Stetigkeiten (Tab. 3 und Anhang B: Tab. 5-9) werden die häufigsten Arten sichtbar. Über den gesamten Datensatz gesehen handelt es sich dabei um *Sesleria varia*, *Ranunculus montanus s.l.* und *Galium anisophyllum*. Diese Arten kommen in mindestens 60% aller 421 Vegetationsaufnahmen vor.

Tab. 3: Stetigkeiten gesamter Datensatz

Stetigkeiten über den gesamten Datensatz (häufigste 20 Arten)		
Art	Absolute Stetigkeit	Relative Stetigkeit In Prozent
<i>Sesleria varia</i>	333	79.10
<i>Ranunculus montanus s.l.</i>	277	65.80
<i>Galium anisophyllum</i>	259	61.52
<i>Polygonum viviparum</i>	193	45.84
<i>Leontodon hispidus s.l.</i>	191	45.37
<i>Helianthemum grandiflorum</i>	189	44.89
<i>Anthyllis alpestris</i>	188	44.66
<i>Hieracium sylvaticum</i>	182	43.23
<i>Campanula scheuchzeri</i>	170	40.38
<i>Carduus defloratus s.l.</i>	169	40.14
<i>Poa alpina</i>	162	38.48
<i>Festuca rubra s.l.</i>	157	37.29
<i>Lotus alpinus</i>	147	34.92
<i>Campanula cochlearifolia</i>	146	34.68
<i>Carex sempervirens</i>	145	34.44
<i>Thymus polytrichus</i>	144	34.20
<i>Festuca violacea s.l.</i>	139	33.02
<i>Euphorbia cyparissias</i>	138	32.78
<i>Gentiana verna s.l.</i>	130	30.88
<i>Homogyne alpina</i>	130	30.88

Die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) der Mittelwerte ergibt, dass sich die zehn Vegetationstypen auf der ersten und zweiten Achse der Hauptkomponentenanalyse statistisch signifikant unterscheiden (Achse 1:  $F = 3.722$ ,  $p = 0.002$ , Achse 2:  $F = 6.589$ ,  $p < 0.001$ ). Die Achsen 1 und 2 der Hauptkomponentenanalyse erklären 14.72 % der im Datensatz enthaltenen Varianz. Dies ist in Anbetracht des grossen Datensatzes ein recht hoher Anteil.

Durch einen Post-Hoc-Test (Bonferroni) für die abhängige Variable Achse 1, wird ersichtlich, dass sich fünf Gruppen signifikant unterscheiden (Abb. 18). Die Gruppenzugehörigkeiten lassen sich an den Buchstaben a bis e erkennen. Die Vegetationstypen Schutt 1 und Wiese 1a lassen sich keiner Gruppe zuordnen. Schutt 2a und Schutt 2b bilden hingegen eine Gruppe, ebenso Wiese 2a, Wald b und Wald c. Auch Wiese 1b, Wiese 2b und Wald c bilden aufgrund der Mittelwerte der Koordinaten von Achse 1 eine Gruppe.

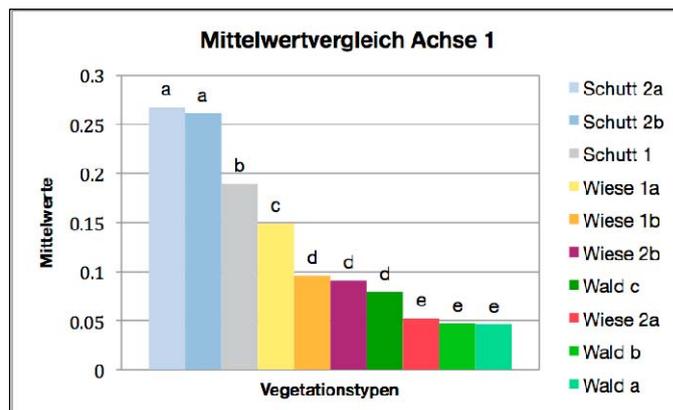


Abb. 18: Vergleich der Koordinaten der Achse 1 der Hauptkomponentenanalyse für die zehn unterschiedlichen Vegetationstypen. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0.05$ ).

Bei Achse 2 (Post-Hoc-Test (Bonferroni) für die abhängige Variable Achse 2) zeigt sich folgendes Bild (Abb. 19): Wiese 2a und Wiese 1b lassen sich keiner Gruppe zuordnen, Wald a und Wald b bilden eine Gruppe, Wiese 2a, Wald c, Schutt 2a und Schutt 2b befinden sich in einem Cluster, Wiese 2b und Schutt 1 bilden sowohl eine eigene Gruppe und sind zusätzlich Teil von anderen Clustern. Schutt 1 bildet nämlich auch mit Wiese 1a eine Gruppe.

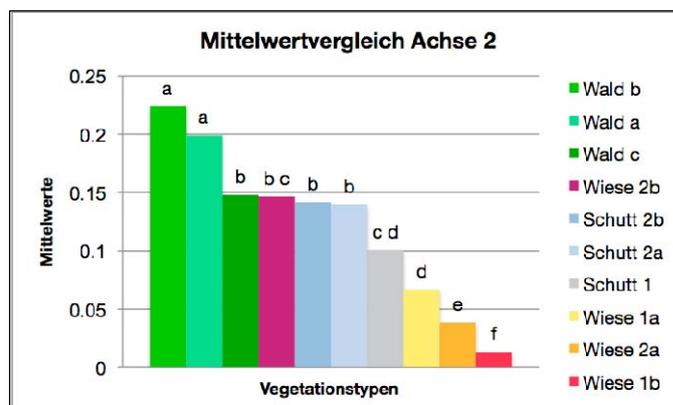


Abb. 19: Vergleich der Koordinaten der Achse 2 der Hauptkomponentenanalyse für die zehn unterschiedlichen Vegetationstypen. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0.05$ ).

Betrachtet man die räumliche Anordnung der einzelnen Vegetationstypen im Untersuchungsgebiet (Abb. 20), so deckt sich dies weitgehend mit dem Eindruck, welchen man beim Betrachten des Kartenausschnittes des Tals erhält. Am Taleingang sind sehr viele Waldaufnahmen lokalisiert, je höher die Aufnahmeorte liegen, desto grösser wird der Anteil von Wiesenaufnahmen (oft über der Waldgrenze). Die Schutttypen sind ausschliesslich im Seitental Müschauns zu finden.

### Räumliche Verteilung der Vegetationsaufnahmen

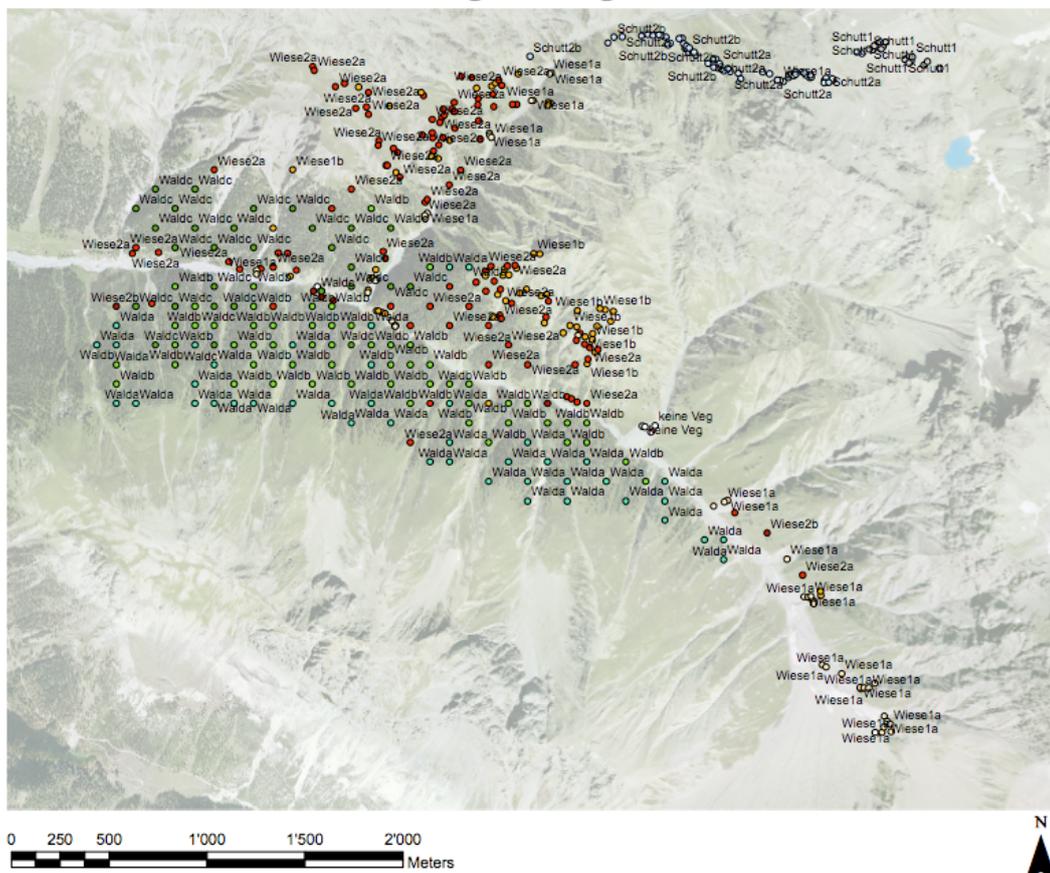


Abb. 20: Räumliche Verteilung der Vegetationsaufnahmen und deren Zugehörigkeit zu den zehn Vegetationstypen (basierend auf MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

## **Diskussion**

### **Kartierung**

Da es sich nur eine Probekartierung handelt und deshalb nur eine kleine Fläche des Untersuchungsgebietes abdeckt (ca. 3%), kann sie nicht mit den Steinbockdaten verschnitten werden. Es wäre nicht möglich, Aussagen zu machen bezüglich der Vegetation-Herbivoren-Interaktionen. Die Karten dienen hingegen als Erfahrungswert für zukünftige Untersuchungen. Bei einer Karte des gesamten Tals wäre es lohnenswert, die Flächenanteile der einzelnen Vegetationstypen bzw. Differentialarten zu berechnen, um diese zu vergleichen mit der tatsächlichen Nutzung durch die Huftiere.

Bei Kartierungen durch Feldbegehung ist meiner Ansicht nach abzuwägen zwischen Kosten und Nutzen (Effizienz vs. Detaillierungsgrad), da sie zwar mit grossem Aufwand verbunden sind, dadurch jedoch auch kleinräumige Änderungen der Vegetation registriert werden können. Dem Umstand, dass diese Methode subjektiv angewandt, und je nach Person, welche sie vornimmt, anders interpretiert wird, kann entgegen gewirkt werden, indem auf Artbasis kartiert wird.

### **Vegetationsaufnahmen**

Meine Untersuchungen zeigen, dass sich die Vegetation in der Val Trupchun in zehn Vegetationstypen einteilen lässt, die auf einem Gradienten liegen, welcher von Wald über Läger und Wiese zu Schutt verläuft, und sich auch räumlich widerspiegelt. Dies muss mit den Umweltfaktoren zusammenhängen. Diese Faktoren ändern sich über die Höhenstufen hinweg (Baltisberger 1997): Die Vegetation muss sich mit zunehmender Höhe den immer tieferen Temperaturen (welche die Waldgrenze bedingen) und der stärker werdenden UV-Strahlung anpassen, die Behaarung nimmt deshalb zu (z.B. *Dryas octopetala*, *Leontopodium alpinum*). Um die Verdunstung zu reduzieren, haben sie eine veränderte Blattmorphologie (z.B. Fettblättrigkeit bei der Gattung *Sedum*) und werden, je höher man steigt, kleiner. Damit bilden sie ein Mikroklima und entgehen der zunehmenden Windgeschwindigkeit (z.B. Polsterwuchs von *Carex firma* oder Rosettenform von *Saxifraga caesia*). Da der Schnee in den Höhen länger liegen bleibt, verkürzt sich die Vegetationsperiode. Als Anpassung wachsen in der alpinen und subnivalen Stufe des Hochgebirges viele mehrjährige Pflanzen oder solche mit klonaler Vermehrung (z.B. *Polygonum viviparum*). Im Schutt bzw. Geröll kann sich ausserdem kein tiefgründiger Boden entwickeln, das Wasserspeichervermögen ist gering. Ein grosses Wurzelsystem bringt Halt und vergössert die Wasser- und Nährstoffaufnahme (z.B.

Arten der Gattung *Salix*). Diese Anpassungen konnten wir vor allem bei den Arten der Schutttypen beobachten, die dazugehörigen Vegetationsaufnahmen wurden allesamt über der Waldgrenze vorgenommen.

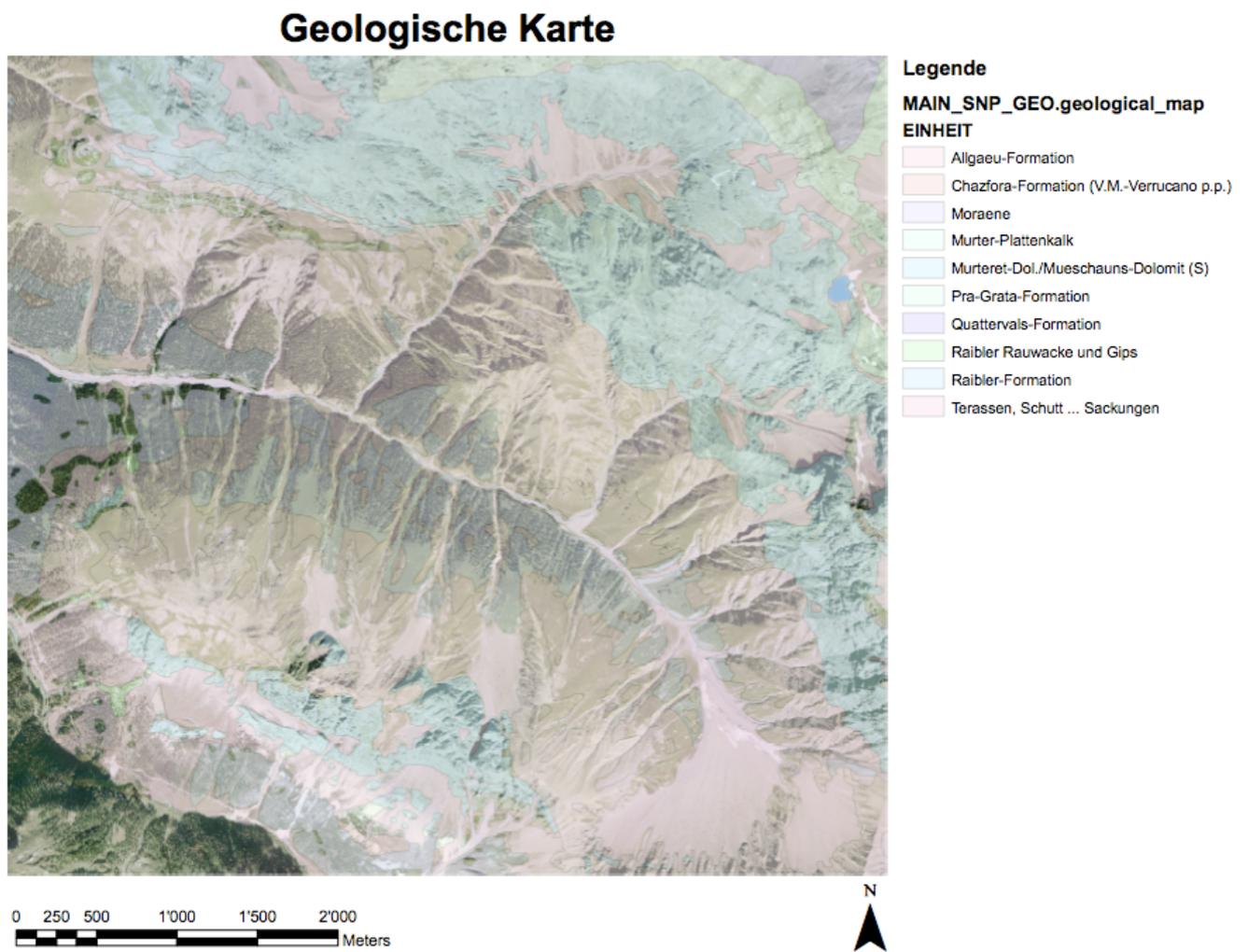


Abb.21: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes (basierend auf MAIN\_SNP-GEO.geological\_map und MAIN\_ORTHO.RGB2000COL)

Dass die Schutttypen ausschliesslich im Seitental Müschauns zu finden sind, liegt wohl am Wechsel der geologischen Formationen (Abb. 21) von Karbonat/Silikat zu Dolomit (Zoller 1995). Dies deckt sich mit der Erkenntnis, dass die Vegetation die geologischen Gegebenheiten (und somit auch die Bodentypen) gut spiegelt (Ellenberg 1996; Nagy & Grabherr 2009). *Ranunculus alpestris* beispielsweise, Differentialart der Schutttypen, wächst nicht auf Silikat, sondern weist auf karbonatischen Untergrund hin (in Dolomit enthalten) (Frey & Lössch 2004). Ebenso *Saxifraga caesia*, Differentialart von Schutt 2a und Schutt 2b (Lauber & Wagner 2007). Demgegenüber weisen *Vaccinium myrtillis* und *Vaccinium vitis-idaea*, beides Wald-Differentialarten, auf silikatisches Substrat hin (Ellenberg 1996). Im Talkessel des Haupttals, wo der Untergrund von Geröll dominiert wird und wo man eigentlich auch Schuttarten erwarten würde, kommt vermehrt der Typ Wiese 1 vor. Es handelt sich dabei um Arten, welche auf karbonatischem Schutt wachsen (Lauber & Wagner 1997; Metz 2000). Wiese 1a und Schutt 1 haben jene Arten gemeinsam, welche auch auf Dolomit-Schutt wachsen können.

Auffallend ist, dass der Vegetationstypus Wald c fast ausschliesslich an den südexponierten Hängen vorkommt. Da viele Arten dieses Vegetationstyps auch in den anderen Waldtypen vorkommen, ist es schwierig, dafür einen Grund zu finden. Zumindest *Carduus defloratus*, *Euphorbia cyparissias* und *Polygala chamaebuxus* deuten auf lichte Wälder und somit eine erhöhte Sonneneinstrahlung hin (Ellenberg et al. 1992; Lauber & Wagner 1997).

Während bei der Stratifizierung von HABITALP vor allem die Geologie und die Hangneigung mit der Vegetationseinteilung übereinstimmen (Caliaro 2009), vermute ich, dass die in meiner Arbeit untersuchten Gruppen ebenso die Geologie, ansonsten jedoch eher die Höhenstufung (und damit die Länge der Schneebedeckung, die Sonneneinstrahlung, die Lufttemperatur und die Windexposition) und deshalb auch die räumliche Verteilung spiegeln. So wurden bei Caliaro (2009) beispielsweise *Saxifraga caesia* (Art des Schutttyps 2), *Ranunculus alpestris* (Art der Schutttypen) *Carduus defloratus* (Wiesenart, wächst auch in Wald c und selten auf Schutt 1) einem Cluster zugeordnet, obwohl diese Arten im Untersuchungsgebiet an unterschiedlichen Orten wachsen. Bezüglich der Geologie deckt sich die Einteilung hingegen: *Carex firma*, *Saxifraga caesia* (wachsen auf Schutt 2), *Dryas octopetala* (wächst auf Schutt und im Wald), und *Hieracium staticifolium* (häufig auf Schutt in Wiese 1) werden aufgrund des bevorzugt dolomitischen Gesteinsuntergrundes einem Cluster zugeordnet.

Die Analyseergebnisse der vorliegenden Vegetationsaufnahmen lassen sich einreihen in bisherige Untersuchungen, wonach die Differenzierung der Vegetation durch die Umweltfaktoren bedingt ist, die Gewichtung der einzelnen Elemente wird jedoch unterschiedlich wahrgenommen. Als wichtigste Faktoren werden je nachdem die Höhenlage und der geologische Untergrund (Pausas & Carreras 1999), das Klima (Schwabe & Kratochwil 2004; Box & Fujiwara 2005), die Dauer der Schneebedeckung, das Relief und der Bodentyp (Vetterli 1981), oder zusätzlich zum Bodentyp, Relief und zur Schneebedeckung die Nährstoffverfügbarkeit (Fortin & Pilote) genannt.

Meine Untersuchungen lassen vermuten, dass die Einteilung von HABITALP zu detailliert ist, d.h. im Untersuchungsgebiet viel weniger verschiedene Vegetationstypen vorkommen als Habitattypen in HABITALP. Anstelle von 153 verschiedenen Straten habe ich lediglich zehn verschiedene Vegetationsgruppen erhalten, obwohl sich die Val Trupchun durch viele kleinräumige Unterschiede in Bezug auf die Geologie, auf die Exposition, die Sonneneinstrahlung etc. auszeichnet. Sind die Pflanzenarten bezüglich dieser Faktoren weit weniger sensitiv, als die HABITALP-Stratifizierung dies erwarten liesse? Um dies vertieft zu untersuchen, sind weitere Vegetationsaufnahmen von Nöten, um den Detaillierungsgrad zu erhöhen. Diese Stratifizierung (und damit die Verwendung von GIS und Fernerkundung) erweist sich, wie Caliaro (2009) zeigen konnte, für qualitative Untersuchungen (Artenzusammensetzung), als sehr hilfreich, sie vermag die Vegetation recht gut abzubilden. Zu diesem Resultat kommen auch Studien, welche in anderen Regionen Vegetationsuntersuchungen anhand von Fernerkundungsdaten vorgenommen haben (Fuller et al. 1998; Ihse 2007). Gerade für Regionen, welche wie das Hochgebirge schwer zugänglich sind, ist diese Vorgehensweise besonders geeignet. Die Val Trupchun ist geradezu prädestiniert für solche nicht-invasive Methoden, weil das Wild sehr störungssensitiv ist.

Quantitative Erhebungen wie Produktivitätsmessungen sind für die Nahrungsangebotsanalyse zentral und werden heutzutage meist mittels Fernerkundungen vorgenommen (Ihse 2007; Zhu et al. 2007; Gillespie et al. 2008). In Gebieten mit hoher Konsumation durch Herbivoren sind sie jedoch unzureichend. Durch die Beäsung besteht nämlich die Gefahr, dass produktive Flächen fälschlicherweise als unproduktiv dargestellt werden. Sie müssen daher vor Beäsung geschützt werden (z.B. mit Metallkörben, damit die übrigen Faktoren wie Strahlung und Niederschlag nicht beeinflusst werden), Feldbegehungen sind deshalb unverzichtbar.

Werden die Vegetationsanalysen (abgesehen von Produktivitätsmessungen) in der Val Trupchun in Zukunft am Computer durchgeführt, so ist es, wie dies viele Untersuchungen für andere Regionen auch betonen (Ihse 2007; Molnár et al. 2007; Gillespie et al. 2008; Thompson et al. 2009), unerlässlich, diese im Feld zu überprüfen. In Kombination können diese Daten wertvolle Informationen liefern, und für die Raumnutzung von Huftieren ist die Vegetationsverteilung ein zentraler Faktor. Die Verdaubarkeit ist bei der Nahrungswahl ein entscheidendes Kriterium (Holtmeier 1999). Huftiere müssen sich zwischen Qualität und Quantität entscheiden (Owen-Smith & Novellie 1982; Senft et al. 1987). Bei den Alpensteinböcken können es sich vor allem die Böcke aufgrund der Grösse leisten, Pflanzen mit einem hohen Anteil an Nahrungsfasern und wenig Protein und somit qualitativ weniger hochstehende Nahrung zu fressen, da sie diese besser verwerten können als die Geissen (Baumann 2009). Im Winter, wenn der Schnee in den flacheren Regionen zu hoch liegt, als dass die Steinböcke damit zurecht kämen, müssen sich beide Geschlechter mit qualitativ schlechterem Futter (vorwiegend *Cyperaceae*) begnügen (Baumann 2009; Zingg 2009). Bei der Nahrungswahl von Huftieren spielt die intra- und interspezifische Konkurrenz eine grosse Rolle (Moss 1991). Im Untersuchungsgebiet zeigt sich dies besonders in dieser Jahreszeit. Die Gämse (*Rupicapra rupicapra*), welche sich den Rest des Jahres vor allem von Gräsern (*Cyperaceae*) ernährt, weicht im Winter aufgrund der Ressourcenknappheit auf Nadelgehölze (*Coniferae*) aus (Trutmann 2009). Es wäre spannend zu untersuchen, wie der Hirsch (*Cervus ephalus*), und somit die dritte im Untersuchungsgebiet lebende Huftierart, auf die Raumnutzung der Steinböcke und Gämsen Einfluss nimmt. Die Steinböcke halten sich im Untersuchungsgebiet sowohl im Winter als auch im Sommer vorwiegend an den südexponierten Hängen auf, obwohl sie nur in den Wintermonaten auf diese besonders stark besonnten Hänge angewiesen sind. Die Vermutung besteht, dass sie sich wegen der grossen Hirschherden, welche hierarchisch höher stehen (Baumann 2009), von diesen Hängen fernhalten.

Ich empfehle für das weitere Vorgehen, noch mehr Vegetationsaufnahmen zu machen, um die Diskrepanz zwischen den in dieser Arbeit untersuchten zehn Vegetationstypen, den der Forschung zugrunde gelegten und von Caliaro (2009) untersuchten 26 Straten, und den von HABILALP vorgegebenen 153 Straten zu lösen. Vor allem in den Übergangsbereichen (zwischen Grünland und Schutt) war die gewählte Stratifikation unzureichend. Ausserdem ist die Auflösung des für die Stratenbildung entscheidenden Luftbildes mit dem 20 x 20 m Raster in Übergangszonen des Gesteinsuntergrundes oder des Vegetationstypus wohl zu grob, denn

in alpinen Gebieten können Umweltbedingungen im Abstand von wenigen Metern wechseln (Körner 1999). Diese weiteren Vegetationsaufnahmen sind wieder mit HABITALP zu vergleichen. Darauf aufbauend empfehle ich, die Vegetationsanalysen mittels Fernerkundung und GIS vorzunehmen und die resultierenden Daten mit den ökologischen Faktoren aus HABITALP und den Steinbockdaten in ArcGIS zu verschneiden. Ausserdem wäre es nützlich, die Produktivitätsmessungen auf Basis der neu gewählten Einteilung im Feld vorzunehmen und diese Daten ebenfalls zu integrieren. Zusammen mit den Hintergrundinformationen zur Nahrungswahl (Ten Houte de Lange 1978; Zimmermann 1990; Zingg 2009) und zur interspezifischen Konkurrenz mit den ebenfalls im Untersuchungsgebiet lebenden Hirschen und Gämsen (Stauffer 1988; Märki 1997; Trutmann 2009) sollten Rückschlüsse auf die Habitatwahl möglich sein, womit ein wichtiger Beitrag zum Verständnis der gegenseitigen Beeinflussung von Vegetation und Steinböcken geleistet werden kann. Wird die Analyse am Computer nämlich mit Felduntersuchungen kombiniert, erhält man ein detailliertes Bild der Landschaft und deren Ökosysteme.

## **Danksagungen**

Ich danke Martin Schütz und Anita Risch für die konstruktive Betreuung und die spannende Zeit an der WSL und im Feld. Bei Michael Schmidt möchte ich mich für die Fakultätsvertretung bedanken. Weiter danke ich den Mitarbeitenden der WSL und des Nationalparks, insbesondere Dieter Trummer, Bert Höwecke, Flurin Filli und Ruedi Haller für die Hilfestellungen und die Bereitstellung der Infrastruktur.

Meinen Eltern, Ramin Mosayebi und Doris Baschnagel bin ich tief dankbar für die Unterstützung in so manchen Belangen. Ein ganz herzliches Dankeschön möchte ich nicht zuletzt an Stefanie Caliaro richten für die schöne Zeit in Zuoz und im Feld. Ausserdem möchte ich mich bei meinen Freunden für die Unterstützung bedanken.

## **Persönliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst, und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

## Literatur

- ABDERHALDEN, W. (2005): Raumnutzung und sexuelle Segregation beim Alpensteinbock *Capra ibex ibex*. Nationalpark-Forschung in der Schweiz 92, Zernez.
- ABDERHALDEN, W. & BUCHLI, C. (1999): Steinböcke auf Wanderschaft. Zum Verhalten der Steinböcke in der Kolonie ALBRIS/SNP, Cratschla2, 2-8.
- BALTISBERGER, M. (1997): Systematische Botanik. Einheimische Farn- und Samenpflanzen, vdf, Zürich.
- BAUMANN, P.W. (2009): Der Alpensteinbock. Ein Leben über dem Abgrund, ott, Bern.
- BEIERKUHNEIN, C. (2007): Biogeographie. Die räumliche Organisation des Lebens in einer sich verändernden Welt, Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BOX, E.O.; FUJIWARA, K. (2005): Vegetation types and their broad-scale distribution. In: Maarel, E. Van der (Hrsg.) (2005): Vegetation ecology. Blackwell Science, Oxford.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde, Springer, Wien.
- CALIARO, S. (2009): Remote sensing versus field survey for vegetation mapping – a contradiction? Masterarbeit am Zoologischen Institut der Universität Zürich.
- CAMENISCH, M. (1997): Arbeitsberichte zur Nationalparkforschung. Stichprobennetz Val Trupchun. Forschungskommission des Schweizerischen Nationalparks, Zernez.
- DAVID, A. (1994): Zur Ökologie und Einbürgerung des Alpensteinbocks (*Capra ibex ibex*) in den Berchtesgadener Alpen. In: Nationalparkverwaltung Berchtesgaden (Hrsg.) (1994): Zur Situation des Schalenwildes im Nationalpark Berchtesgaden. Forschungsbericht 28, 75-110.
- DIENER, R.; HERZOG, J.; MEURON, P. de; MEILI, M. & SCHMID, C. (2007): Die Schweiz – ein städtebauliches Porträt. Materialien, Birkhäuser, Basel.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in kausaler, dynamischer und historischer Sicht, Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG, H.; Weber, H. E.; Düll, R.; Wirth, V.; Werner, W. & Paulissen, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Erich Goltze, Göttingen.
- FILLI, F. (2008): Arbeitsberichte zur Nationalparkforschung. Huftiere in einem alpinen Lebensraum. Schwerpunktprogramm Huftierforschung im Schweizerischen Nationalpark 2008-2014, Forschungskommission des Schweizerischen Nationalparks, Zernez.
- FILLI, F. (2006): Steinböcke und ihr Lebensraum. Cratschla 1, 6-7.
- FORTIN, G. & PILOTE, J.L. (2008): Multidate mapping approach to determine alpine and subalpine vegetation variations on Mount Jacques Cartier, Quebec, Eastern Canada

(1973-2004). Mountain mapping and visualisation, 6<sup>th</sup> ICA mountain cartography workshop, 11.-15.Februar 2008, Lenk.

- FREY, W. & LÖSCH, R. (2004): Lehrbuch der Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit, Spektrum, München.
- GILLESPIE, T.W.; FOODY, G.M.; ROCCHINI, D.; GIORGI, A.P. & SAATCHI, S. (2008): Measuring and modelling biodiversity from space. *Progress in Physical Geography* 32, 203-221.
- HALLER, R. (2006): Die räumliche Verteilung der Huftiere im Schweizerischen Nationalpark - Evaluation der Aufnahme- und Analysemethoden und Vergleich mit den Bestandserhebungen. In : Filli, F.; Suter, W. (Hrsg.) (2006): Huftierforschung im Schweizerischen Nationalpark. *Nationalpark-Forschung in der Schweiz* 93, 45-72.
- HALLER, H. (1996): Prädation und Unfälle beim Steinbock *Capra ibex* im Engadin. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 1, 26-35.
- HOLTMEIER, F.K. (1999): Tiere als ökologische Faktoren in der Landschaft. Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie 6, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster.
- IHSE, M. (2007): Colour infrared aerial photography as a tool for vegetation mapping and change detection in environmental studies of Nordic ecosystems: A review. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography* 61, 170-191.
- KÖRNER, C. (1999): Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems, Springer, Berlin.
- LAUBER, K. & WAGNER, G. (2007): Flora Helvetica. Haupt, Bern.
- LOTZ, A. (Hrsg.) (2006): Alpine habitat diversity HABILALP. Project report 2002-2006, EU community initiative INTERREG III B Alpine space programme, Nationalparkverwaltung Berchtesgaden.
- MADL, E. (1991): Die Vegetation der alpinen Stufe von Dschembrina und von Teilen des Val Mueschauns (Val Trupchun, Schweizerischer Nationalpark). Diplomarbeit am Systematisch-Geobotanischen Institut der Universität Bern.
- MÄRKI, K. (1997): Nahrungswahlverhalten von Rothirschen (*Cervus elaphus L.*) auf zwei subalpinen Weiden im Schweizerischen Nationalpark, Diplomarbeit am Zoologischen Institut der Universität Zürich.
- METZ, P. (2000): Pflanzengesellschaften Mitteleuropas und der Alpen. Erkennen – bestimmen – bewerten, ein Handbuch für die vegetationskundliche Praxis, Ecomed, Landsberg.
- MOLNÁR, Z.; Bartha, S.; Seregélyes, T.; Illyés, E.; Botta-Dukát, Z.; Tímár, G.; Horváth, F.; Révész, A.; Kun, A.; Bölöni, J.; Biró, M.; Bodoncz, L.; József, A.D.; Fogarasi, P.; Horváth, A.; Isépy, I.; Karas, L.; Kecskés, F.; Molnár, C.; Ajkai, O. & Rév, S. (2007): A

grid based, satellite-image supported multi-attributed vegetation mapping method (MÉTA), *Folia Geobotanica* 42, 225-247.

- MOSS, R. (1991): Diet selection – an ecological perspective. *Proceedings of the Nutrition Society* 50, 71-75.
- NAGY, L. & GRABHERR, G. (2009): *The biology of alpine habitats*. Oxford University Press, Oxford.
- NIEVERGELT, B. (1965): *Der Alpensteinbock (Capra Ibex L.) in seinem Lebensraum. Ein ökologischer Vergleich verschiedener Kolonien*, Dissertation an der Philosophischen Fakultät II der Universität Zürich.
- OWEN-SMITH, N. & NOVELLIE, P. (1982): What should a clever ungulate eat? *The American Naturalist* 2, 151-178.
- PAUSAS, J.G. & CARRERAS, J. (1999): Relationship between vegetation units and terrain parameters in vegetation maps using GIS tools: A case study in the eastern Pyrenees, *Ecologia Mediterranea* 25, 57-73.
- PFADENHAUER, J. (1997): *Vegetationsökologie. Ein Skriptum*, IHW, Technische Universität München.
- SCHWABE, A. & KRATOCHWIL, A. (2004): Festucetalia valesiacae communities and xerothermic vegetation complexes in the central Alps related to environmental factors. *Phytocoenologia* 34, 329-446.
- SENFT, R.L.M.; COUGHENOUR, M.B.; BAILEY, D.W.; RITTENHOUSE, L.R.; SALA, O.E. & SWIFT, D.M. (1987): Large herbivore foraging and ecological hierarchies. Landscape ecology can enhance traditional foraging theory, *BioScience* 11, 789-799.
- STAUFFER, C. (1988): *Verteilung, Koexistenz und Äsungsdruck von Rothirsch, Alpensteinbock und Gemse im Val Trupchun, Schweizerischer Nationalpark*. Diplomarbeit am Zoologischen Institut der Universität Zürich.
- TEN HOUTE DE LANGE, S.M. (1978): *Zur Futterwahl des Alpensteinbockes (Capra Ibex L.). Eine Untersuchung an der Steinbockkolonie am Piz Albris bei Pontresina*, *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* 24, 113-138.
- TRÜMPY, R.; SCHMID, S.M.; CONTI, P. & FROITZHEIM, N. (1997): *Erläuterungen zur geologischen Karte 1:50 000 des Schweizerischen Nationalparks. Geologische Spezialkarte Nr. 122, Nationalpark-Forschung in der Schweiz* 87, Zerne.
- TRUTMANN, C. (2009): *Diet composition of Alpine chamois (Rupicapra rupicapra L.): Is there evidence for forage competition to the Alpine ibex (Capra ibex L.)?* Masterarbeit am Zoologischen Institut der Universität Zürich.
- VETTERLI, L. (1981): *Pflanzensoziologische Kartierung in der alpinen Stufe 1 : 2500*. In: *Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien (Hrsg.) (1981): Angewandte Pflanzensoziologie. Alpine Vegetationskartographie*, Österreichischer Agrarverlag, Wien, 259-276.

- WIERSEMA, G. (1989): Climate and vegetation characteristics of ibex habitats in the european alps. Mountain research and development2, 119-128.
- WILDI, O. & ORLÓCI, L. (1996): Numerical exploration of community patterns. A guide to the use of MULVA-5. SPB Academic, Amsterdam.
- WISSENSCHAFTLICHE NATIONALPARKKOMMISSION DER SCHWEIZERISCHEN AKADEMIE DER NATURWISSENSCHAFTEN (SANW) (Hrsg.) (1992): Vegetationskarte des Schweizerischen Nationalparks und seiner Umgebung 1:50'000, auf der topographischen Basis der Landeskarte der Schweiz, Blätter: Tarasp 249, Ofenpass 259, Bern.
- ZIMMERMANN, B. (1990): Wechselwirkungen zwischen alpinen Rasen und frei lebenden Huftieren im Schweizerischen Nationalpark: Produktion, Konsumation, Selektivität. Diplomarbeit am Institut für Systematische Botanik an der Universität Zürich.
- ZHU, W.Q.; PAN, Y.Z. & ZHANG, J.S. (2007): Estimation of net primary productivity of chinese terrestrial vegetation based on remote sensing. Journal of Plant Ecology 31, 413-424.
- ZINGG, A. (2009): Seasonal variability in the diet composition of Alpine ibex (*Capra ibex ibex* L.) in the Swiss National Park. Masterarbeit am Zoologischen Institut der Universität Zürich.
- ZOLLER, H. (1995): Vegetationskarte des Schweizerischen Nationalparks. Erläuterungen, Nationalpark-Forschung in der Schweiz 85, Zernezh.

## Internetquellen

- METEOSCHWEIZ (2009a): Standardnormwerte 1961-1990: Lufttemperatur 2m, [http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima\\_schweiz/tabellen.html](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz/tabellen.html). Zugriff: 22.03.2009.
- METEOSCHWEIZ (2009b): Standardnormwerte 1961-1990: Niederschlagssumme, [http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima\\_schweiz/tabellen.html](http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz/tabellen.html). Zugriff: 22.03.2009.
- SCHWEIZERISCHER NATIONALPARK (SNP) (2009): Übersichtskarte. <http://www.nationalpark.ch/snp.html>. Zugriff: 21.09.2008.

## GIS-Produkte

Die verwendeten GIS-Layer wurden freundlicherweise vom Schweizerischen Nationalpark zur Verfügung gestellt:

MAIN\_ORTHO.IR2000COL  
 MAIN\_ORTHO.RGB2000COL  
 MAIN\_SNP\_GEO.geological\_map  
 MAIN\_SNP\_ZOOL.ungulate\_spat\_dis\_2009\_data





## Anhang B: Stetigkeitstabellen

Tab. 5: Stetigkeiten Wiese 1

Stetigkeiten im Vegetationstyp Wiese 1 (häufigste 20 Arten)		
Art	Absolute Stetigkeit	Relative Stetigkeit in Prozent
<i>Sesleria varia</i>	81	79.41
<i>Campanula cochlearifolia</i>	80	78.43
<i>Helianthemum grandiflorum</i>	75	73.53
<i>Gypsophila repens</i>	74	72.55
<i>Thymus polytrichus</i>	74	72.55
<i>Galium anisophyllum</i>	71	69.61
<i>Ranunculus montanus s.l.</i>	71	69.61
<i>Festuca pumila</i>	68	66.67
<i>Trisetum distichophyllum</i>	65	63.73
<i>Carduus defloratus s.l.</i>	63	61.76
<i>Leontodon hispidus s.l.</i>	58	56.86
<i>Euphorbia cyparissias</i>	51	50.00
<i>Anthyllis alpestris</i>	39	38.24
<i>Poa alpina</i>	36	35.29
<i>Senecio doronicum</i>	36	35.29
<i>Aster alpinus</i>	33	32.35
<i>Carlina acaulis</i>	33	32.35
<i>Oxytropis jacquinii</i>	33	32.35
<i>Silene vulgaris s.l.</i>	32	31.37
<i>Saxifraga aizoides</i>	31	30.39

Tab. 6: Stetigkeiten Wiese 2

Stetigkeiten im Vegetationstyp Wiese 2 (häufigste 20 Arten)		
Art	Absolute Stetigkeit	Relative Stetigkeit in Prozent
<i>Ranunculus montanus s.l.</i>	95	88.79
<i>Galium anisophyllum</i>	94	87.85
<i>Sesleria varia</i>	92	85.98
<i>Helianthemum grandiflorum</i>	87	81.31
<i>Lotus alpinus</i>	87	81.31
<i>Carex sempervirens</i>	85	79.44
<i>Festuca rubra s.l.</i>	83	77.57
<i>Carduus defloratus s.l.</i>	79	73.83
<i>Phyteuma orbiculare</i>	79	73.83
<i>Euphorbia cyparissias</i>	77	71.96
<i>Anthyllis alpestris</i>	73	68.22
<i>Carlina acaulis</i>	73	68.22
<i>Polygala chamaebuxus</i>	73	68.22
<i>Campanula scheuchzeri</i>	70	65.42
<i>Senecio doronicum</i>	69	64.49
<i>Scabiosa lucida</i>	67	62.62
<i>Briza media</i>	66	61.68
<i>Thymus polytrichus</i>	64	59.81
<i>Polygala alpestris s.l.</i>	61	57.01
<i>Phleum alpinum s.l.</i>	57	53.27

Tab. 7: Stetigkeiten Wald

Stetigkeiten im Vegetationstyp Wald (häufigste 20 Arten)		
Art	Absolute Stetigkeit	Relative Stetigkeit in Prozent
<i>Sesleria varia</i>	117	91.41
<i>Hieracium sylvaticum</i>	113	88.28
<i>Ranunculus montanus s.l.</i>	110	85.94
<i>Luzula sieberi</i>	107	83.59
<i>Homogyne alpina</i>	101	78.91
<i>Geranium sylvaticum</i>	96	75.00
<i>Galium anisophyllum</i>	93	72.66
<i>Polygonum viviparum</i>	88	68.75
<i>Valeriana montana</i>	86	67.19
<i>Poa alpina</i>	82	64.06
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	81	63.28
<i>Larix decidua</i>	80	62.50
<i>Aster bellidiastrum</i>	77	60.16
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	75	58.59
<i>Calamagrostis villosa</i>	75	58.59
<i>Leontodon hispidus s.l.</i>	75	58.59
<i>Campanula scheuchzeri</i>	74	57.81
<i>Vaccinium myrtillus</i>	73	57.03
<i>Pinus cembra</i>	71	55.47
<i>Myosotis alpestris</i>	69	53.91

Tab. 8: Stetigkeiten Schutt 1

Stetigkeiten im Vegetationstyp Schutt 1 (häufigste 20 Arten)		
Art	Absolute Stetigkeit	Relative Stetigkeit in Prozent
<i>Minuartia recurva</i>	18	100.00
<i>Trisetum distichophyllum</i>	18	100.00
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	17	94.44
<i>Taraxacum alpinum</i>	16	88.89
<i>Hieracium staticifolium</i>	14	77.78
<i>Prizelago alpina</i>	14	77.78
<i>Sedum atratum</i>	14	77.78
<i>Campanula cochlearifolia</i>	11	61.11
<i>Cerastium latifolium</i>	11	61.11
<i>Ranunculus alpestris</i>	11	61.11
<i>Arabis caerulea</i>	10	55.56
<i>Festuca pumila</i>	10	55.56
<i>Veronica alpina</i>	10	55.56
<i>Androsace chamaejasme</i>	9	50.00
<i>Cirsium acaule</i>	9	50.00
<i>Leontodon hispidus s.l.</i>	9	50.00
<i>Arabis serpyllifolia</i>	8	44.44
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	8	44.44
<i>Achillea atrata</i>	7	38.89
<i>Antennaria carpatica</i>	7	38.89

Tab. 9: Stetigkeiten Schutt 2

Stetigkeiten im Vegetationstyp Schutt 2 (häufigste 20 Arten)		
Art	Absolute Stetigkeit	Relative Stetigkeit in Prozent
<i>Carex firma</i>	58	98.31
<i>Dryas octopetala</i>	56	94.92
<i>Saxifraga caesia</i>	52	88.14
<i>Anthyllis alpestris</i>	42	71.19
<i>Hieracium staticifolium</i>	42	71.19
<i>Polygonum viviparum</i>	42	71.19
<i>Bartsia alpina</i>	37	62.71
<i>Sesleria varia</i>	36	61.02
<i>Ranunculus alpestris</i>	31	52.54
<i>Salix retusa</i>	30	50.85
<i>Soldanella alpina</i>	29	49.15
<i>Salix reticulata</i>	26	44.07
<i>Rhododendron hirsutum</i>	25	42.37
<i>Festuca pumila</i>	24	40.68
<i>Biscutella laevigata</i>	19	32.20
<i>Achillea atrata</i>	17	28.81
<i>Arctostaphylos alpina</i>	15	25.42
<i>Erica herbacea</i>	15	25.42
<i>Sedum atratum</i>	15	25.42
<i>Pinguicula alpina</i>	13	22.03

## Anhang C: Artenliste

<i>Achillea atrata</i>	<i>Briza media</i>	<i>Dianthus silvester</i>
<i>Achillea millefolium s.l.</i>	<i>Calamagrostis varia</i>	<i>Dianthus superbus</i>
<i>Acinus alpinus</i>	<i>Calamagrostis villosa</i>	<i>Doronicum grandiflorum</i>
<i>Aconitum napellus</i>	<i>Campanula barbata</i>	<i>Draba aizoides</i>
<i>Aconitum vulparia s.l.</i>	<i>Campanula cochleariifolia</i>	<i>Draba siliquosa</i>
<i>Adenostyles alliariae</i>	<i>Campanula rapunculoides</i>	<i>Draba stylaris</i>
<i>Adenostyles glabra</i>	<i>Campanula scheuchzeri</i>	<i>Dryas octopetala</i>
<i>Agropyron caninum</i>	<i>Carduus defloratus s.l.</i>	<i>Dryopteris dilatata</i>
<i>Agropyron repens</i>	<i>Carex alba</i>	<i>Elyna myosuroides</i>
<i>Agrostis alpina</i>	<i>Carex atrata</i>	<i>Empetrum hermaphroditum</i>
<i>Agrostis gigantea</i>	<i>Carex curvula</i>	<i>Epilobium alpestre</i>
<i>Agrostis rupestris</i>	<i>Carex ferruginea</i>	<i>Epilobium angustifolium</i>
<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Carex firma</i>	<i>Epilobium fleischeri</i>
<i>Agrostis tenuis</i>	<i>Carex flacca</i>	<i>Epilobium montanum</i>
<i>Ajuga pyramidalis</i>	<i>Carex humilis</i>	<i>Epipactis atrorubens</i>
<i>Alchemilla fissa</i>	<i>Carex montana</i>	<i>Erica herbacea</i>
<i>Alchemilla vulgaris s.l.</i>	<i>Carex mucronata</i>	<i>Erigeron alpinus s.l.</i>
<i>Androsace chamaejasme</i>	<i>Carex ornithopoda</i>	<i>Euphorbia cyparissias</i>
<i>Androsace helvetica</i>	<i>Carex rupestris</i>	<i>Euphrasia hirtella</i>
<i>Androsace obtusifolia</i>	<i>Carex sempervirens</i>	<i>Euphrasia minima</i>
<i>Antennaria carpatica</i>	<i>Carex silvatica</i>	<i>Euphrasia rostkoviana</i>
<i>Antennaria dioeca</i>	<i>Carex verna</i>	<i>Euphrasia stricta</i>
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	<i>Carlina acaulis</i>	<i>Festuca heterophylla</i>
<i>Anthriscus silvestris</i>	<i>Carum carvi</i>	<i>Festuca ovina s.l.</i>
<i>Anthyllis alpestris</i>	<i>Centaurea scabiosa</i>	<i>Festuca pratensis s.l.</i>
<i>Aquilegia atrata</i>	<i>Cerastium alpinum s.l.</i>	<i>Festuca pumila</i>
<i>Arabis alpina</i>	<i>Cerastium caespitosum s.l.</i>	<i>Festuca rubra s.l.</i>
<i>Arabis caerulea</i>	<i>Cerastium latifolium</i>	<i>Festuca violacea s.l.</i>
<i>Arabis ciliata</i>	<i>Cerastium strictum</i>	<i>Fragaria vesca</i>
<i>Arabis hirsuta</i>	<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	<i>Galeopsis tetrahit</i>
<i>Arabis pumila</i>	<i>Chamorchis alpina</i>	<i>Galium album</i>
<i>Arabis serpyllifolia</i>	<i>Chenopodium bonus-henricus</i>	<i>Galium anisophyllum</i>
<i>Arctostaphylos alpina</i>	<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	<i>Galium boreale</i>
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	<i>Circaea alpina</i>	<i>Gentiana acaulis</i>
<i>Arenaria ciliata s.l.</i>	<i>Cirsium acaule</i>	<i>Gentiana nivalis</i>
<i>Arnica montana</i>	<i>Cirsium spinosissimum</i>	<i>Gentiana punctata</i>
<i>Artemisia genipi</i>	<i>Clematis alpina</i>	<i>Gentiana purpurea</i>
<i>Artemisia mutellina</i>	<i>Coeloglossum viride</i>	<i>Gentiana verna s.l.</i>
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>	<i>Colchicum autumnale</i>	<i>Gentianella campestris</i>
<i>Asplenium viride</i>	<i>Coronilla vaginalis</i>	<i>Gentianella ciliata</i>
<i>Aster alpinus</i>	<i>Cotoneaster integerrimus</i>	<i>Gentianella tenella</i>
<i>Aster bellidiastrum</i>	<i>Crepis alpestris</i>	<i>Geranium sylvaticum</i>
<i>Astragalus alpinus</i>	<i>Crepis aurea</i>	<i>Geum montanum</i>
<i>Astragalus australis</i>	<i>Crepis conyzifolia</i>	<i>Geum rivale</i>
<i>Astragalus frigidus</i>	<i>Crepis jacquini</i>	<i>Globularia cordifolia</i>
<i>Avenella flexuosa</i>	<i>Crepis terglouensis</i>	<i>Globularia nudicaulis</i>
<i>Avenula versicolor</i>	<i>Crocus albiflorus</i>	<i>Gnaphalium hoppeanum</i>
<i>Bartsia alpina</i>	<i>Cuscuta epithymum</i>	<i>Gymnadenia conopsea</i>
<i>Bellis perennis</i>	<i>Cyrtopteris alpina</i>	<i>Gymnadenia odoratissima</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Gymnocarpium robertianum</i>
<i>Biscutella laevigata</i>	<i>Daphne mezereum</i>	<i>Gypsophila repens</i>
<i>Botrychium lunaria</i>	<i>Daphne striata</i>	<i>Hedysarum hedysaroides</i>
<i>Brachypodium pinnatum</i>	<i>Deschampsia caespitosa</i>	<i>Helianthemum alpestre</i>
<i>Helianthemum grandiflorum</i>	<i>Neottia nidus-avis</i>	<i>Pyrola rotundifolia</i>
<i>Helictotrichon pubescens</i>	<i>Nigritella nigra</i>	<i>Pyrola secunda</i>

*Heracleum sphondylium s.l.*  
*Hieracium amplexicaule*  
*Hieracium lactucella s.l.*  
*Hieracium pilosella s.l.*  
*Hieracium sylvaticum*  
*Hieracium staticifolium*  
*Hieracium villosum s.l.*  
*Hippocrepis comosa*  
*Homogyne alpina*  
*Juniperus nana*  
*Kernera saxatilis*  
*Knautia dipsacifolia s.str.*  
*Koeleria pyramidata s.l.*  
*Lamium album*  
*Larix decidua*  
*Laserpitium krapfii*  
*Lathyrus pratensis*  
*Lathyrus silvester*  
*Leontodon autumnalis*  
*Leontodon helveticus*  
*Leontodon hispidus s.l.*  
*Leontodon incanus*  
*Leontodon montanus*  
*Leontopodium alpinum*  
*Leucanthemopsis alpina*  
*Leucanthemum adustum*  
*Ligusticum mutellina*  
*Lilium martagon*  
*Linaria alpina*  
*Linnaea borealis*  
*Linum catharticum*  
*Lonicera alpigena*  
*Lonicera coerulea*  
*Lotus alpinus*  
*Luzula alpinopilosa*  
*Luzula multiflora*  
*Luzula pilosa*  
*Luzula sieberi*  
*Maianthemum bifolium*  
*Matricaria chamomilla*  
*Medicago lupulina*  
*Melampyrum pratense*  
*Melampyrum sylvaticum*  
*Melica nutans*  
*Milium effusum*  
*Minuartia recurva*  
*Minuartia rupestris*  
*Minuartia verna*  
*Moneses uniflora*  
*Myosotis alpestris*  
*Nardus stricta*

*Soldanella alpina*  
*Solidago alpestris*  
*Sorbus aucuparia*  
*Sorbus chamaemespilus*  
*Stellaria media s.l.*

*Onobrychis viciifolia*  
*Orbanche alba*  
*Oxalis acetosella*  
*Oxyria digyna*  
*Oxytropis campestris*  
*Oxytropis halleri*  
*Oxytropis jacquinii*  
*Paris quadrifolia*  
*Parnassia palustris*  
*Pedicularis verticillata*  
*Petasites paradoxus*  
*Peucedanum ostruthium*  
*Phleum alpinum s.l.*  
*Phyteuma betonicifolia*  
*Phyteuma orbiculare*  
*Phyteuma ovatum*  
*Picea abies*  
*Pimpinella major*  
*Pimpinella saxifraga s.l.*  
*Pinguicula alpina*  
*Pinus cembra*  
*Pinus mugo s.l.*  
*Pinus silvestris*  
*Plantago alpina*  
*Plantago atrata*  
*Plantago media*  
*Poa alpina*  
*Poa annua*  
*Poa badensis*  
*Poa chaixii*  
*Poa nemoralis*  
*Poa pratensis s.l.*  
*Polemonium coeruleum*  
*Polygala alpestris s.l.*  
*Polygala chamaebuxus*  
*Polygonatum verticillatum*  
*Polygonum aviculare*  
*Polygonum viviparum*  
*Potentilla aurea*  
*Potentilla caulescens*  
*Potentilla crantzii*  
*Potentilla grandiflora*  
*Primula auricula*  
*Primula integrifolia*  
*Prizelago alpina*  
*Prunella grandiflora*  
*Prunella vulgaris*  
*Pseudorchis albida*  
*Pulmonaria australis s.l.*  
*Pulsatilla vernalis*  
*Pyrola minor*

*Ranunculus acris s.l.*  
*Ranunculus alpestris*  
*Ranunculus montanus s.l.*  
*Ranunculus nemorosus s.l.*  
*Ranunculus repens*  
*Rhamnus pumilus*  
*Rhinanthus alectorolophus*  
*Rhinanthus glacialis*  
*Rhinanthus minor*  
*Rhododendron ferrugineum*  
*Rhododendron hirsutum*  
*Ribes petraeum*  
*Rosa pendulina*  
*Rubus idaeus*  
*Rubus saxatilis*  
*Rumex alpestris*  
*Sagina saginoides*  
*Salix appendiculata*  
*Salix myrsinifolia*  
*Salix purpurea*  
*Salix reticulata*  
*Salix retusa*  
*Salix serpyllifolia*  
*Sanguisorba minor*  
*Sanguisorba officinalis*  
*Saponaria ocymoides*  
*Saussurea alpina*  
*Saussurea discolor*  
*Saxifraga aizoides*  
*Saxifraga androsacea*  
*Saxifraga caesia*  
*Saxifraga exarata*  
*Saxifraga muscoides*  
*Saxifraga mutata*  
*Saxifraga oppositifolia*  
*Saxifraga paniculata*  
*Saxifraga stellaris*  
*Scabiosa lucida*  
*Sedum alpestre*  
*Sedum atratum*  
*Selaginella selaginoides*  
*Sempervivum tectorum*  
*Senecio abrotanifolius*  
*Senecio doronicum*  
*Senecio gaudinii*  
*Sesleria varia*  
*Sibbaldia procumbens*  
*Silene acaulis*  
*Silene dioica*  
*Silene nutans*  
*Silene vulgaris s.l.*

*Stellaria nemorum s.l.*  
*Taraxacum alpinum*  
*Taraxacum officinale*  
*Teucrium montanum*  
*Thalictrum aequilegifolium*  
*Thalictrum minus s.l.*  
*Thesium alpinum*  
*Thlaspi rotundifolium*  
*Thymus polytrichus*  
*Tofieldia calyculata*  
*Tragopogon pratensis*  
*Trifolium badium*  
*Trifolium montanum*  
*Trifolium pallescens*  
*Trifolium pratense s.l.*  
*Trifolium repens*  
*Trifolium thalii*  
*Trisetum distichophyllum*  
*Trisetum flavescens*  
*Trollius europaeus*  
*Tussilago farfara*  
*Urtica dioeca*  
*Vaccinium gaultherioides*  
*Vaccinium myrtillus*  
*Vaccinium vitis-idaea*  
*Valeriana montana*  
*Valeriana officinalis*  
*Valeriana tripteris*  
*Veratrum album s.l.*  
*Veronica alpina*  
*Veronica aphylla*  
*Veronica chamaedrys*  
*Veronica fruticans*  
*Veronica officinalis*  
*Veronica serpyllifolia*  
*Vicia cracca s.l.*  
*Vicia sepium*  
*Viola biflora*  
*Viola calcarata*  
*Viola pinnata*  
*Viola rupestris*  
*Viola silvestris*

## **Anhang D: Gesamttabelle der Vegetationsaufnahmen**