

Artenvielfalt von Bergfettwiesen

Flora und Nutzung der Frischwiesen im Val Müstair (Schweiz)



Masterarbeit

Landschaftsökologie, Master of Science

Oldenburg, 17. April 2014

vorgelegt von: **Adrian Radtke**

Anschrift: Nobelstraße 20
26129 Oldenburg

Telefon: 01578 7208000

Email: adrian.radtke@uni-oldenburg.de

Matrikelnr.: 1704487

1. Gutachter: **Prof. Dr. Rainer Buchwald**

AG Vegetationskunde und
Naturschutz

2. Gutachter: **Dr. Cord Pepler-Lisbach**

AG Landschaftsökologie

Inhalt

Zusammenfassung.....	1
Abstract.....	2
Riassunt.....	3
1 Einleitung.....	4
1.1 Das Val Müstair.....	4
1.2 Bergfettwiesen.....	6
1.3 Fragestellung.....	7
2 Untersuchungsgebiet.....	11
2.1 Gliederung des Tals.....	11
2.2 Landwirtschaft im Val Müstair.....	13
3 Methodik.....	15
3.1 Auswahl der Flächen.....	15
3.2 Geländeaufnahmen.....	16
3.2.1 Gesamtartenlisten.....	17
3.2.2 Quadratmeter-Plots.....	18
3.2.3 Randstreifen.....	19
3.3 Befragung der Landwirte.....	20
3.4 Statistische Auswertung.....	21
3.4.1 Datenaufbereitung und Vortests.....	22
3.4.2 Regressionsmodelle.....	25
3.4.3 Ordination.....	28
4 Ergebnisse.....	29
4.1 Geländeaufnahmen.....	29
4.1.1 Gesamtartenlisten.....	29
4.1.2 Quadratmeter-Plots.....	31
4.1.3 Randstreifen.....	32
4.2 Befragung der Landwirte.....	33
4.3 Statistische Auswertung.....	36
4.3.1 Vortests für die Regression.....	42
4.3.2 Regressionsmodelle.....	44

Adrian Radtke	Artenvielfalt von Bergfettwiesen	Inhalt
4.3.3 Ordination.....		47
5 Diskussion.....		50
5.1 Ergebnisdiskussion.....		50
5.2 Methodendiskussion.....		57
5.3 Ausblick.....		58
6 Fazit.....		59
Literatur.....		61
Danksagung.....		65
Anhang.....		I

Abbildungen

Abbildung 1: Lage der ausgewählten Flächen.....	16
Abbildung 2: Beispiel für die Standortauswahl der Quadratmeter-Plots.....	18
Abbildung 3: Beispiel für die Lage eines Randstreifens.....	20
Abbildung 4: Ökologische Gruppen der Randstreifen-spezifischen Arten.....	32
Abbildung 5: Altersverteilung der Flächen.....	34
Abbildung 6: Verteilung der Nachsaat-Typen.....	34
Abbildung 7: Verteilung der Beweidungstypen.....	34
Abbildung 8: Verteilung der Schnitthäufigkeit.....	35
Abbildung 9: Verteilung der Zeitpunkte des 1. Schnitts.....	35
Abbildung 10: Verteilung der Düngungsarten.....	36
Abbildung 11: Verteilung der Bewässerung.....	36
Abbildung 12: Artenzahlen der Fraktionen.....	38
Abbildung 13: Boxplots der Artenzahlen.....	39
Abbildung 14: Boxplots der wichtigsten Umweltvariablen.....	41
Abbildung 15: Boxplots der wichtigsten Bewirtschaftungsparameter.....	42
Abbildung 16: Wireframe-Diagramme der signifikantesten Modellvariablen.....	46
Abbildung 17: Histogramme der Residuen.....	46
Abbildung 18: Q-Q-Plots der Modelle.....	47
Abbildung 19: Biplots der Ordinationsergebnisse.....	48
Abbildung 20: Biplots der Ordinationsergebnisse für ausgewählte Arten.....	48

Tabellen

Tabelle 1: Verwendete Deckungsklassen.....	18
Tabelle 2: Erklärende Variablen.....	23
Tabelle 3: Klassifikation der Mahdzeit.....	24
Tabelle 4: Klassifikation der Bewässerung.....	24
Tabelle 5: Häufigste Pflanzenarten.....	30
Tabelle 6: Gefährdete und geschützte Pflanzenarten in den Flächen.....	31
Tabelle 7: Gefährdete und geschützte Pflanzenarten in den Randstreifen.....	33
Tabelle 8: Zeigerwerte der gefährdeten und geschützten Arten.....	37
Tabelle 9: Ökologische Gruppen der Randstreifen-spezifische Arten.....	38
Tabelle 10: Vergleich der abhängigen Variablen.....	39
Tabelle 11: Erklärende Variablen.....	40
Tabelle 12: Kollinearität.....	43
Tabelle 13: Ergebnisse der univariaten Regression.....	44
Tabelle 14: Reduzierte Modelle.....	45
Tabelle 15: Eigenwerte der Hauptkomponenten.....	49

Abkürzungen

ANCOVA	Kovarianzanalyse (<i>analysis of covariance</i>)
ANOVA	Varianzanalyse (<i>analysis of variance</i>)
ARTmean	Mittlere Artenzahlen der Flächen pro Quadratmeter
ARTtotal	Gesamtartenzahlen der Flächen
BRP	Bruttoregionalprodukt
CA	Komponentenanalyse (<i>component analysis</i>)
GIS	Geoinformationssystem
GLM	Verallgemeinertes Lineares Modell (<i>generalised linear model</i>)
LNF	Landwirtschaftliche Nutzfläche
ÖLN	Ökologischer Leistungsnachweis
PCA	Hauptkomponentenanalyse (<i>principal component analysis</i>)

Zusammenfassung

Für das Gebiet des Val Müstair in den Schweizer Alpen wurden die Ursachen der botanischen Artenvielfalt in den bewirtschafteten Talwiesen untersucht. Es sollte insbesondere analysiert werden, ob die Umweltfaktoren oder die Bewirtschaftungsparameter als Ursache des Artenreichtums überwiegen. Für die Arbeit wurden im Mai und Juni 2013 Aufnahmen auf insgesamt 80 Wiesen durchgeführt, bei denen sowohl die Gesamtarten als auch die mittleren Arten pro Quadratmeter untersucht wurden. Ferner fand eine exemplarische Aufnahme von Randstreifen statt.

Insgesamt wurden über 150 Arten gefunden. Dabei kamen im oberen Bereich des Tals, wo die Bewirtschaftung extensiver ist, mehr Arten vor als im unteren Bereich. Die Randstreifen waren deutlich artenreicher als die angrenzenden Wiesen, gefährdete und geschützte Arten kamen in den Flächen nur vereinzelt vor.

Die statistische Auswertung der Daten zeigt, dass neben der Höhenlage auch der Zeitpunkt der ersten Mahd, die Anzahl der Schnitte pro Jahr, die Bewässerung, der Bodentyp und die Gründigkeit des Bodens, das Alter der Flächen und die Düngung einen Einfluss auf die Artenzahlen der Wiesen haben. Mit einer Kombination von Bewirtschaftungsfaktoren lässt sich die Artenvielfalt dabei besser vorhersagen als nur mit der Meereshöhe, bei der Erstellung von Regressionsmodellen wird diese durch *backward selection* aussortiert. Sowohl für die Zahl der Gesamtarten als auch für die der Arten pro Quadratmeter ist der Zeitpunkt der ersten Mahd der wichtigste Faktor. Die Durchführung einer Hauptkomponentenanalyse lässt erkennen, dass, neben den für die reine Artenzahl wichtigen Faktoren, die Neigung und die Exposition die Artenzusammensetzung der Flächen bestimmen.

Um die Artenvielfalt der Wiesen zu erhalten, sollte eine weitere Intensivierung der Flächen vermieden werden. Die erste Mahd sollte nicht zu früh stattfinden, jährlich nicht zu viele Schnitte durchgeführt, Bewässerung und Düngung sparsam eingesetzt und der Umbruch oder die Aufgabe von älteren Wiesen vermieden werden. Wenn möglich sollte versucht werden, den Artenreichtum der Randstreifen auf die Flächen zu übertragen.

Abstract

Species diversity of mountain hay meadows

The botanical biodiversity of cultivated meadows was examined for the area of the Val Müstair valley in the Swiss Alps. The specific research aim was to analyse whether species richness is predominantly determined by environmental factors or by cultivation methods. 80 meadows were inspected for their total number of species and species per square meter during May and June of 2013. In addition in selected cases neighbouring field borders were studied as well.

More than 150 species were found altogether. The upper parts of the valley, where management is more extensive, featured more species than the lower parts. The field borders were considerably more diverse than the adjoining meadows; endangered and protected species only occurred occasionally.

The statistical analysis shows that along with altitude several other factors are responsible for diversity. This includes timing of the first cut, amount of cuts per year, irrigation, soil type and depth of the soil, time-period since start land usage and fertilization. Using a combination of management factors instead of deducting species numbers on altitude alone allows for a more accurate prediction of diversity. When creating regression models altitude is eliminated through backward selection. Both for the total number of species as well as for the species per square meter the time of the first cut is the most important factor. A principal component analysis shows that beside the above-mentioned factors that determine the amount of species, the inclination and the exposure of the land determine the composition of the meadows.

To preserve the diversity of the meadows, further intensification of cultivation should be avoided. Preferred farming practices include late and less frequent cuts, as well as reduced irrigation and fertilization. If possible, measures should be undertaken to transfer the species diversity from the field borders to the meadows.

Riassunt

Diversità da spezias in prada grassa

Per la regiun da la Val Müstair illas Alps svizras sun gnüdas examinadas las causas da la diversità botanica da spezias illa prada cultivada giò la val. I dess gnir analisà impu-stüt scha'ls factuors da l'ambient o ils parameters da la cultivaziun predomineschan sco causa da la diversità da spezias. Per la lavur s'haja inventarisà in mai e gün 2013 in tuot 80 prats ingio ch'i s'ha examinà las spezias totalas sco eir las spezias in media per meter quadrat. Plünavant s'haja fat üna registraziun exemplarica da sriblas a l'ur.

In tuot s'haja chattà sur 150 spezias. Lapro sun gnüdas avant illa part sura da la val, ingio cha la cultivaziun es plü extensiva, daplü spezias co illa part suot. Las sriblas a l'ur cuntgnivan daplü spezias co ils prats cunfinants, spezias periclitadas e protettas gnivan avant be sporadicamaing illas surfatschas.

La valütaziun statistica da las datas demuossa cha sper l'otezza sur mar han eir ils seguaints factuors ün'influenza süls nomers da las spezias illa prada: il mumaint dal prüm tagl, il numer dals tagls per on, la sauaziun, il tip da terrain ed il terratsch, l'età da las surfatschas e l'aldar. Cun üna cumbinaziun da factuors da cultivaziun as lascha predir plü bain sur da la diversità da spezias co a man da l'otezza sur mar, cun la construcziun da models da regressiun vain quella tras *backward selection* sortida oura. Tant pro'l numer total da las spezias sco eir per las spezias per meter quadrat es il mumaint dal prüm tagl il plü decisiv. La realisaziun d'üna ordinaziun lascha chapir cha, sper ils factuors principals pel spür numer da las spezias, sun decisivas la pendenza e l'exposiziun da las surfatschas per la cumposiziun da las spezias.

Per mantgnair la diversità da las spezias sülla prada as stuvessa evitar üna ulteriura cultivaziun plü intensiva da las surfatschas. Il prüm tagl nu stuvess gnir fat massa bod, per on nu's stuvessa far massa blers tagls, esser spargnuoss cun sauar e metter grasha ed evitar da rumper sü o laschar crescher aint prada plü veglia. Scha pussibel as stuvessa provar dad extender la ricchezza da spezias da las sriblas a l'ur süllas surfatschas.

Traducziun: Valentin Pitsch

1 Einleitung

Die Artenvielfalt von Bergfettwiesen hängt von vielen Faktoren ab. Diese Arbeit konzentriert sich auf das Gebiet des Val Müstair in den Schweizer Alpen und analysiert die für diese Region wichtigen Faktoren des botanischen Artenreichtums.

1.1 Das Val Müstair

Das Val Müstair (auch: Münstertal) ist ein etwa 18 km langes Tal in den Alpen. Der obere Teil des Tals befindet sich in der Schweiz und gehört zum Kanton Graubünden, der untere Teil befindet sich im italienischen Südtirol. Der obere Talbereich stellt den östlichsten Teil der Schweiz dar und ist vom angrenzenden Engadin durch den 2 149 m hohen Ofenpass abgetrennt (BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 25). Auf italienischer Seite geht das Val Müstair bei Glurns in die Talweitung des Vinschgau über, ein sich nach Süden öffnendes Alpenhaupttal. Der das Val Müstair entwässernde Rombach mündet an dieser Stelle in die Etsch (LENTZ 1990, S. 24–33).

Umgeben ist das Val Müstair sowohl im Norden als auch im Süden von 2 500 bis fast 3 000 m hohen Bergketten. Über das Val Vau steht es in Verbindung zum unbesiedelten Höhenttal Val Mora auf etwa 2 100 m (TAPPEINER AG 2011). Zwischen Val Mora und Val Müstair liegt jedoch eine kontinentale Wasserscheide bei Döss Radond, sodass dieses Tal nicht ins Val Müstair entwässert (LENTZ 1990, S. 26). Die kleineren Nebentäler dagegen sind durch Seitenbäche mit dem Rombach verbunden. Geologisch gehört das gesamte Gebiet zum ostalpinen Deckensystem. Das Gestein ist schiefrig, zermürbt und leicht abtragbar. Teilweise kommen gipsreiche Schichten vor, welche vom Wasser ausgewaschen werden. Die Seitenbäche des Rombachs nehmen viel Material auf und befördern es ins Haupttal. Dieses hat ein vergleichsweise geringes Gefälle im Längsprofil, das Gestein lagert sich hier wieder ab. Der Talboden besteht daher fast vollständig aus Schuttkegeln (LENTZ 1990, S. 29 / CUMÜN DA VAL MÜSTAIR 2014).

Das Klima des Val Müstair ist mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 5,6 °C und einem mittleren jährlichen Niederschlag von 800 mm bezogen auf den Alpenraum vergleichsweise mild und regenarm. Durch die Verbindung zum Vinschgau ist ein geringer Einfluss mediterraner Luftmassen vorhanden. Das Val Müstair ist Teil einer inneralpinen Trockeninsel und wird durch die umliegenden Bergketten weitgehend von größeren Niederschlägen abgeschirmt. Das Niederschlagsmaximum tritt im Sommer auf, in

den Monaten Juli und August, wobei der Niederschlag überwiegend als Starkregen auf wenige Tage verteilt auftritt. Das günstige Klima sorgt bei der Vegetation zu einer Anhebung der Höhengrenzen im Vergleich zu den Gebieten des Alpennord- und Südhangs (LENTZ 1990, S. 30–35 / BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 25).

Diese Arbeit befasst sich mit dem oberen Teil des Tals ab der Staatsgrenze zwischen Müstair und Taufers auf 1 247 m. Ursprünglich bestand dieser Bereich aus sechs Gemeinden, welche zum 1. Januar 2009 zur Cumün da Val Müstair zusammengelegt wurden. Die ehemaligen Gemeinden werden als Fraktionen innerhalb der neuen Gemeinde weitergeführt (CUMÜN DA VAL MÜSTAIR 2014). Die Fraktionen sind, vom Ofenpass absteigend betrachtet: Tschierv (1 660 m), Fuldera (1 638 m), Valchava (1 440 m), Santa Maria (1 375 m) und Müstair (1 250 m), sowie das zwischen Fuldera und Valchava auf einer Terrasse am Hang liegende Lü (1 910 m) (LENTZ 1990, S. 24). Insgesamt leben in der Cumün da Val Müstair 1 540 Einwohner (Stand: Dezember 2012), wobei seit 2005 eine deutliche Abnahme feststellbar ist (CUMÜN DA VAL MÜSTAIR 2014).

Deckungsgleich mit der Cumün da Val Müstair ist die Biosfera Val Müstair, ein regionaler Naturpark von nationaler Bedeutung. Regionale Naturparks sind ein Instrument des Schweizer Rechts, mit denen sowohl die Natur und Landschaft einer Gemeinde erhalten und aufgewertet, als auch eine nachhaltige Wirtschaftsweise entwickelt werden soll (PäV Art. 19 – 21, SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT 2007). Die Biosfera Val Müstair ist 198 km² groß und umfasst somit etwa doppelt so viel Fläche, wie laut Gesetz mindestens erforderlich wäre. Sie ist zwischen zwei Nationalparks gelegen: im Westen der Schweizerische Nationalpark und im Süden auf italienischer Seite der Nationalpark Stilfser Joch. Der Schweizerische Nationalpark und der regionale Naturpark bilden seit Juni 2010 zusammen das UNESCO Biosphärenreservat Val Müstair – Parc Naziunal (BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 9–10).

Der Schweizerische Nationalpark ist der derzeit einzige Nationalpark der Schweiz. Zu seiner Gründung im Jahr 1914 war er der erste Nationalpark der Alpen. Durch sein Schutzkonzept, welches natürliche Prozesse mit einschließt, ist er auch der am besten geschützte Nationalpark der Alpen (NETZWERK SCHWEIZER PÄRKE 2013). Das Biosphärenreservat ist so aufgeteilt, dass der Nationalpark die streng geschützte Kernzone bildet, während im regionalen Naturpark die Entwicklungs- und Wirtschaftszonen liegen. Zwischen Nationalpark und Naturpark besteht eine Überlappung im Bereich Val Nügli, sodass sich ein kleiner Teil der Kernzone auch innerhalb des Naturparks befindet (BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 24).

Die Branchen mit der größten regionalwirtschaftlichen Bedeutung im Val Müstair sind der öffentliche Sektor, das Gewerbe und der Hoch- und Tiefbau. Die Landwirtschaft hat mit 5 % einen relativ geringen Anteil am Bruttoregionalprodukt (BRP), jedoch liegt die erwirtschaftete Lohnsumme für Einheimische bei beinahe 10 %. Der Tourismus hat einen etwas höheren Anteil am BRP, generiert aber weniger Einkommen für die Bewohner des Tals (BUCHLI et al. 2003, S. 12). Der Schwerpunkt liegt auf den Sommerferien und der Wintersaison, in Herbst und Frühjahr ist die Auslastung der Unterkünfte sehr gering (BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 50).

1.2 Bergfettwiesen

Im Gegensatz zu anderen Graslandtypen sind Fettwiesen nicht natürlichen Ursprungs. Wie auch Fettweiden entstehen sie nur bei regelmäßiger Nutzung durch den Menschen. Im Wörterbuch der Ökologie wird die Fettwiese als „*artenreiche, produktive Wiese, die zwei- bis dreimal im Jahr (auch weitere Male) gemäht werden kann*“ definiert (SCHAEFER 2012, S. 91). Die Wiesen werden geschnitten und teilweise beweidet, um der Sukzession entgegen zu wirken. Zudem wird die Produktivität durch Zugabe von Nährstoffen erhöht. Für die Ausprägung der Wiesen ist die Bewirtschaftungsart daher von hoher Bedeutung. (DELARZE & GONSETH 2008, S. 193)

Der Lebensraum der Fettwiesen lässt sich nach Artenzusammensetzung in einen Tal- und einen Bergtyp unterteilen. Bergfettwiesen kommen in der oberen montanen und der subalpinen Stufe zwischen 800 m und 2 000 m Höhe vor, also in der gesamten Ausdehnung des Val Müstair. *Trisetum flavescens* (Wiesen-Goldhafer) nimmt meist die dominante Rolle unter den Gräsern ein, woraus sich der den Bergfettwiesen entsprechende pflanzensoziologische Name *Polygono-Trisetetion* ableitet. Die weitere im Namen enthaltene Art *Polygonum bistorta* (Schlangen-Knöterich) tritt ebenfalls häufig auf (DELARZE & GONSETH 2008, S. 193–197). Da beide Arten vereinzelt auch im Tiefland vorkommen, sind jedoch als Unterscheidung zur Talfettwiese (*Arrhenatherion*) andere Arten (z.B. *Primula elatior* und *Silene dioica*) besser geeignet (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, S. 985).

Die Benennung der zugehörigen Pflanzengesellschaft variiert in der Literatur. Während DELARZE und GONSETH (2008, S. 193) die Goldhaferwiesen insgesamt (*Polygono-Trisetetion*) den Bergfettwiesen gleichsetzen, werden sie in anderen Quellen in verschiedene Subassoziationen untergliedert, von denen die Berg-Fettwiese eine ist (DIERSCHKE & BRIEMLE 2002, S. 103 / ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, S. 985). Da sich

die Analysen dieser Arbeit auf die bewirtschafteten Frischwiesen im Talgrund konzentrieren, werden vor allem Flächen der Subassoziation der Berg-Fettwiesen untersucht. Daneben kommen aber auch die bodenfeuchten Bergwiesen für die Untersuchung in Frage, da sie Elemente der anderen Subassoziationen der Bergwiesen mit feuchteren, vergleyten oder pseudovergleyten Böden verbinden (DIERSCHKE & BRIEMLE 2002, S. 103–104).

Der Übergang von der Talwiese zur Bergwiese verläuft abhängig von geografischer Breite und Klima in der Schweiz zwischen 800 m und 1 200 m (MARSCHALL 1947, S. 25), vereinzelt sogar bis 1 500 m (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, S. 982). Ursächlich ist dabei nicht nur die Höhenlage selbst, sondern auch einige ökologische Faktoren, die eng damit verbunden sind. Zu diesem „Höhenkomplex“ gehören niedrige Temperaturen, eine lang anhaltende Schneedecke und relativ kurze Vegetationsperiode, hohe Niederschläge und damit starke Auswaschung, Versauerung und Erosion der Böden, sowie eine verringerte biologische Aktivität der Böden. Zusammen bestimmen diese Faktoren die Artenzusammensetzung des montanen Graslands. Die Sonneneinstrahlung hat einen großen Einfluss auf die Ausprägung des Höhenkomplexes, sodass zwischen Nord- und Südhang oft deutliche Unterschiede erkennbar sind (DIERSCHKE & BRIEMLE 2002, S. 87, 101).

Der Wechsel zwischen Tal- und Bergfettwiesen erfolgt nicht abrupt, sondern fließend. Im Grenzbereich ist das Artenspektrum weitgehend identisch mit dem der Talfettwiesen, es kommen jedoch bereits einige Arten der Bergfettwiesen vor (POTT 1995, S. 308). Mit zunehmender Höhe wird die Nutzung der Wiesen meist extensiver, vor allem die verkürzte Vegetationszeit wirkt sich ertragsmindernd aus (DIERSCHKE & BRIEMLE 2002, S. 101). Analog zum Übergang zu den Talfettwiesen bestehen auch Übergänge zu anderen Lebensraumtypen. Werden die Wiesen nachbeweidet, so nehmen sie Charakterzüge der Fettweiden an. Es existieren zudem Übergangsformen zu den Nasswiesen und den Magerwiesen (DELARZE & GONSETH 2008, S. 196).

1.3 Fragestellung

Die Alpen sind eine der artenreichsten Regionen Europas. Rund 40 % aller europäischen Pflanzenarten kommen in diesem Gebirge vor (BÄTZING 2003, S. 241). Der WWF zählt sie daher zu den 200 wichtigsten Ökoregionen der Erde. Innerhalb der Alpen wurden dreiundzwanzig „Priority Areas“ festgelegt, in denen bevorzugt Maßnahmen zum Erhalt der Artenvielfalt getroffen werden sollen. Das Val Müstair ist Teil einer

dieser Zonen. Sowohl botanisch als auch faunistisch gehört es zu den artenreichsten Regionen der Schweiz. Unter anderem sind viele Arten der traditionellen bäuerlichen Kulturlandschaft auffindbar (BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 35).

Einen wichtigen Beitrag zur Artenvielfalt stellen die Wiesen. Rund ein Drittel der heimischen Gefäßpflanzenflora hat seinen Schwerpunkt im Kulturgrasland. Damit ist dies ähnlich artenreich oder sogar artenreicher als die natürliche Klimaxvegetation. Unter den Bergfettwiesen sind die Bestände in den Alpen artenreicher als die in den nördlichen Mittelgebirgen (ELLENBERG & LEUSCHNER 2010, S. 954, 985).

Im Talgrund des Val Müstair wurde die Nutzung der Wiesen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts intensiviert. Die Fettwiesen stellen die hauptsächliche Form der Bodennutzung dar (LENTZ 1990, S. 160–161). Der Entwicklungsdruck zu effizienteren Formen der Bewirtschaftung könnte in Zukunft zu einer weiteren Intensivierung der landwirtschaftlichen Flächen in günstigen Lagen führen, während Flächen in ungünstigeren Lagen extensiviert werden oder brachfallen (BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 35).

Für die Biosfera Val Müstair ist die Bewirtschaftung der Wiesen aus mehreren Gründen von Interesse. Als UNESCO-Biosphärenreservat ist sie eine Modellregion für nachhaltige Entwicklung. Die Reservate dienen als „Freiluftlabore“, in denen mit Modellprojekten innovative Methoden getestet und das Management optimiert werden soll. Eine der wichtigsten Aufgaben der Biosphärenreservate ist die Bewahrung der Biodiversität (DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION E.V. 2014). Auch als regionaler Naturpark ist sie der Nachhaltigkeit und der Bewahrung von Natur und Landschaft verpflichtet (PäV Art. 20f, (SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT 2007). Dementsprechend hat die Biosfera in ihrem Leitbild unter anderem den Grundsatz verankert, dass die Biodiversität erhalten und gefördert werden soll. Gleichzeitig wurde das Ziel aufgestellt, das Grundfutter der Viehwirtschaft zu großem Teil aus eigener Produktion im Tal zu produzieren (BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2004, S. 22). Die Bewirtschaftung der Fettwiesen effizient und gleichzeitig umweltverträglich zu gestalten ist daher ein wichtiger Schritt für die nachhaltige Entwicklung des Tals und Schlüssel zur Bewahrung der biologischen Vielfalt im Val Müstair, zumal viele Arten im halbintensiven bis halbextensiven Kulturgrasland ihren optimalen Wuchsbereich haben (DIERSCHKE & BRIEMLE 2002, S. 196).

Artenreiche, halbintensiv bewirtschaftete Wiesen sind die traditionelle Form der Kulturlandschaft im Untersuchungsgebiet. Doch die Erhaltung der Artenvielfalt erfüllt nicht nur eine Museumsfunktion und dient zum Schutz der Arten an sich. Artenreiches Kulturgrasland leistet auch wichtige Beiträge zum Boden-, Gewässer- und Grundwasser-

schutz – unter anderem bei der Regulierung des Oberflächenabflusses und der Grundwasserneubildung. Daneben tragen artenreiche Fettwiesen zur Lebensqualität bei und bieten die Lebensgrundlage vieler Tierarten (DIERSCHKE & BRIEMLE 2002, S. 196–197), charakteristisch ist das Vorkommen von *Saxicola rubetra* (Braunkehlchen), *Chorthippus parallelus* (Gemeiner Grashüpfer), *Maniola jurtina* (Großes Ochsenauge), *Colias hyale* (Goldene Acht) und mehreren *Amara*-Arten (Kanalläufer). Eine spezifische Art der Bergfettwiesen ist *Boloria titania* (Natterwurz-Perlmutterfalter) (DELARZE & GONSETH 2008, S. 193–196). Auch im Val Müstair stellen die Wiesen ein Habitat für Heuschrecken, Schmetterlinge und Brutvögel dar, unter anderem für die Rote-Liste-Art *Saxicola rubetra* (KELLER et al. 2010 / BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 28–29). Das Val Müstair vermarktet sich als ruhiger Ort, an dem Besucher aus den größeren Städten in intakter Naturlandschaft Erholung und Entschleunigung finden können (BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 65), es werden auch spezielle pflanzenkundliche Wanderungen angeboten (ENGADIN VAL MÜSTAIR 2013). Die Artenvielfalt ist also auch für die Tourismusbranche von Bedeutung.

Im Rahmen dieser Arbeit soll analysiert werden, welche Auswirkungen die Bewirtschaftung der Wiesen auf die Artenvielfalt hat. Als Basis dienen dabei bereits bestehende Untersuchungen zu Bergfettwiesen. Die bisher ausführlichste Arbeit über die Schweizer Goldhaferwiesen stellt die Promotionsarbeit von MARSCHALL (1947) dar. Aktualisiert wurde sie einige Jahre später durch einen Zeitschriftenbeitrag, in welchem neben vierzehn anderen Gebieten in der Schweiz auch das Val Müstair einbezogen wurde (MARSCHALL 1951). Die Untersuchungen fanden im obersten Talabschnitt um Fuldera, Tschier und Lü statt und erfolgten vor der Heuernte. Dabei wurde eine Flächengröße von 100 m² festgelegt, vorrangig berücksichtigt wurden mittelfeuchte Wiesen (MARSCHALL 1951, S. 197–202).

In den verschiedenen Beständen hat MARSCHALL eine mittlere Zahl von 40 Arten gefunden. Detaillierte Werte zum Val Müstair liegen leider nicht vor. Der Zeitpunkt der Hauptentfaltung mit der höchsten Blütenvielfalt war kurz vor der Heuernte. Es wurde festgestellt, dass neben der Feuchtigkeit die Intensität der Düngung einen großen Einfluss auf die Wiesen hat. Des Weiteren spielte die Mahdzahl eine wichtige Rolle. Häufiges Abmähen hatte ähnliche Folgen wie die Beweidung von Flächen. Das bedeutet, dass die Artenzahlen sanken und typische Weidearten auftraten. Einige Arten konnten zudem ihre Samen nicht fertig ausbilden, wenn der erste Schnitt zu früh gesetzt wurde. Von den Umweltfaktoren spielte die Höhenlage die größte Rolle und war eng mit dem Klima verknüpft. Bodenfaktoren waren laut der Untersuchung eher nebensächlich, ob-

wohl das Wurzelsystem in der Wiesenvegetation einen Anteil von 50 bis 80 % an der gesamten Pflanzensubstanz ausmacht und ist damit höher als bei Pflanzen aus anderen Lebensräumen (BLUME et al. 2010, S. 379). Da in Fettwiesen die Düngung genügend Nährstoffe für die Pflanzen liefert und über längere Zeit zudem den Boden selbst verändert, verliert dieser aber seine Bedeutung als Ressource. Wichtiger für die Artenzusammensetzung war die Exposition: es bestanden große Unterschiede zwischen nord- und südexponierten Flächen. Der Einfluss der Neigung konnte in der Untersuchung nicht beurteilt werden. (MARSCHALL 1951, S. 201–205)

Ähnliche Beobachtungen finden sich auch in der neueren Literatur. DELARZE und GONSETH (2008, S. 197) sehen Bergfettwiesen durch mehrschürige und früh im Jahr einsetzende Bewirtschaftung gefährdet. DIERSCHKE und BRIEMLE (2002, S. 149) beschreiben ebenfalls den Einfluss intensiver Düngung auf die Artenausprägung: der Anteil der Gräser und der hochwüchsigen Arten innerhalb der Wiesen wächst an, niedrigwüchsige und magerkeitsliebende Pflanzen gehen zurück. Ebenfalls beschrieben werden die kürzeren Entwicklungszeiten für die Pflanzen. TASSER und TAPPEINER (2002, S. 180–183) haben für das weiter östlich am Etschtal gelegene Passeier herausgefunden, dass veränderte Bewirtschaftungsmethoden die wichtigste Ursache für Veränderungen in der Vegetationsstruktur der Bergwiesen in der subalpinen Stufe sind. Sowohl eine Intensivierung als auch eine Aufgabe der Nutzung führt zur Verringerung der Artenzahlen. JEANGROS und BERTOLA (2001, S. 178–179) haben zudem für eine Region im Oberwallis festgestellt, dass sich die Artenzusammensetzung von mittleren Wiesen durch Beregnung der von feuchteren, nährstoffreicheren Wiesen angleicht und die Artenvielfalt abnimmt.

Diese Zusammenhänge sollen im Rahmen dieser Arbeit anhand der Aufnahmedaten verifiziert und für den Raum des Val Müstair quantifiziert werden. Dabei stehen folgende Fragen zur Diskussion: Hängt das Vorkommen von Arten eher von den Umweltfaktoren ab oder sind die Bewirtschaftungsparameter wichtiger? Welche Bewirtschaftungsparameter geben den größten Ausschlag für die Artenvielfalt? Lassen sich die Ergebnisse auch auf das Vorkommen von gefährdeten und geschützten Arten beziehen? Aus den Antworten auf diese Fragen lässt sich ableiten, welche Bewirtschaftungsmethoden von der Biosfera gefördert werden sollten, um ein möglichst großes Artenspektrum im Tal sicherzustellen und die gefährdeten und bedrohten Arten zu fördern.

2 Untersuchungsgebiet

Im Folgenden wird die genaue Gliederung des Untersuchungsgebiets vorgestellt, insbesondere wird dabei auf die Umweltfaktoren innerhalb der Wiesen eingegangen. Zudem erfolgt auch eine Beschreibung der Situation der Landwirtschaft im Tal.

2.1 Gliederung des Tals

Das Tal ist durch mehrere Höhenstufen unterteilt, die auch Einfluss auf das Pflanzenwachstum haben (vgl. Abb. 1 auf S. 16). Am tiefsten gelegen ist Müstair auf einer Höhe von 1 250 m. Von dort aus steigt der Talgrund bis Sta. Maria an. Sta. Maria und Valchava befinden sich weniger als einen Kilometer voneinander entfernt auf der gleichen Höhenstufe bei etwa 1 400 m. Dahinter steigt der Talgrund erneut an. Die Abtrennung zur nächsten Fraktion ist die größte Zäsur im Tal. Zusätzlich zu einem Höhenunterschied von circa 250 m verläuft hier das bewaldete Val da l'Archa Gronda. Danach folgt Fuldera auf 1 638 m. Hinter dem Ort befindet sich die ehemals versumpfte Ebene Palüds als Lais, die vom Rombach durchflossen wird. Hier ist die Steigung gering, auf der anderen Seite der Ebene liegt mit Tschierv der letzte Ort des Tals lediglich 20 m höher als Fuldera (LENTZ 1990, S. 24, 173–185). Innerhalb Tschiervs steigt das Tal wieder an, die höchste landwirtschaftlich genutzte Fläche im Talgrund liegt auf etwa 1 800 m. Von dort aus beginnt der Anstieg zum Ofenpass, landwirtschaftlich genutzte Flächen befinden sich dort keine mehr (KANTON GRAUBÜNDEN 2013).

Zusätzlich zu den Wiesen und Äckern im Talgrund werden auch einige Flächen auf höher gelegenen Terrassen bewirtschaftet, meist in der Nähe von Berghöfen. Das größte Gebiet davon liegt bei Lü, einer ehemaligen Gemeinde auf 1 900 m, südexponiert am Hang nördlich des Tals. Weitere Flächen mit Grünlandbewirtschaftung befinden sich bei Lüsai, Chaunt, Valpatschun, Craistas, Chasalba, Büglios, Terza, Pütschai süsom und Pütschai d'immez (LENTZ 1990, S. 209). Die Landwirtschaftliche Nutzfläche (LNF) erstreckt sich am Sonnenhang bis zu einer Höhe von etwa 2 000 m (BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 26).

Aus Sicht der Bewirtschaftung lässt sich das Val Müstair in drei Gruppen unterteilen: die Berghöfe, der obere Teil des Tals mit Fuldera und Tschierv sowie der untere Teil mit Müstair, Sta. Maria und Valchava. Während in Fuldera und Tschierv ausschließlich Grünlandwirtschaft betrieben wird und aufgrund des feuchten Klimas keine Bewässerung nötig ist, findet in den unteren Gemeinden auch Ackerbau statt und die Wiesen

müssen künstlich bewässert werden. Eine dritte Gruppe bilden die Terrassen am Hang, wo zwar kein Ackerbau betrieben wird, aufgrund der hohen Sonneneinstrahlung und geringen Wasserspeicherkapazität aber viele der Wiesen bewässert werden müssen. (LENTZ 1990, S. 209)

Der Boden des Val Müstair besteht hauptsächlich aus Regosolen und Phaeozemen mit jeweils über 40 % Anteil an der gesamten LNF. Die beiden Bodentypen kommen innerhalb des gesamten Tals mit nahezu gleichen Anteilen vor (ANU 2014), wobei die Phaeozeme im Bereich der Schuttkegel auftreten. Sie bilden dort leichte, mineralreiche Böden und bieten sehr gute Standortbedingungen. Im unteren Bereich des Tals werden sie häufig zum Ackerbau genutzt (LENTZ 1990, S. 125). Im oberen Bereich des Tals, vor allem im Palüds dals Lais und um Tschierv finden sich mehrere Bereiche mit feuchteren Böden wie Gleyen und Halbmoorböden. Gleye sind mineralische Böden, die teilweise durch Grundwasser, Hangwasser oder Staunässe beeinflusst werden. Halbmoore sind hingegen organische Böden mit hohem Grundwasserstand, die in der Nähe von Gewässern liegen und dadurch regelmäßigem Eintrag von mineralischem Material ausgesetzt sind (BGS 2008, S. 55–58). Auch nördlich von Fuldera am Rombach und östlich von Müstair sind diese feuchten Böden anzutreffen. Sie machen zusammen weitere 11 % der LNF aus (ANU 2014). Auch in den Wiesen bei Lü herrschen sehr feuchte Bedingungen. Grund dafür ist das Austreten von Hangwasser. Bei den anderen Höfe auf den Terrassen tritt dieses Phänomen nicht auf, die Böden dort haben eine deutlich geringere Wasserspeicherkapazität (LENTZ 1990, S. 124).

Die Ebene Palüds dals Lais ist ein Sonderstandort im Tal. Durch eine Rufe (einen Murenabgang) war der Rombach an dieser Stelle ehemals aufgestaut und hat einen See gebildet (LENTZ 1990, S. 30). Lange Zeit war das Gebiet so sumpfig, dass dort *Equisetum pallustre* (Sumpf-Schachtelhalm) in großen Mengen geerntet werden konnte (PINÖSCH 1983, S. 79). Gegen Ende des Zweiten Weltkriegs wurde der Sumpf drainiert, um die Anbaufläche im Tal zu erweitern. Während der Rombach ansonsten einen relativ natürlichen Verlauf hat, war er an dieser Stelle kanalisiert. Als letztes großes Projekt der Gesamtmelioration des Val Müstair (s. Kap. 1.3) wurde zwischen 2004 und 2006 eine Revitalisierung des Bachs durchgeführt, bei welcher das Bachbett verbreitert wurde. Das dabei frei gewordene Material wurde auf den angrenzenden Landwirtschaftsflächen verteilt, um die Bodenqualität zu verbessern (DARNUZER INGENIEURE AG 2008).

2.2 Landwirtschaft im Val Müstair

Charakteristisch für die bündnerischen Südtäler ist eine Mischform aus Ackerbau und Alpwirtschaft. Auf mehrere Höhenstufen verteilt wurde eine angepasste Nutzungsform entwickelt, die weitgehende Selbstversorgung ermöglicht. Mit zunehmender Höhenlage werden diese Acker-Alp-Betriebe von Wiesen-Alp-Betrieben abgelöst, da durch höhere Niederschläge Grünlandbewirtschaftung vereinfacht und Ackerbau erschwert wird. (LENTZ 1990, S. 122)

Im unteren Teil des Val Müstair bis Sta. Maria war der Acker-Alp-Betrieb ehemals stark verbreitet. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts fand ein Rückgang der Selbstversorger-Landwirtschaft statt. Viehhaltung und eine intensivere Grünlandwirtschaft ermöglichten die Generierung von Einnahmen, Ackerbau dagegen wurde nur für den Eigenbedarf betrieben und rückte in den Hintergrund. Autarkiebestrebungen der Schweiz während des Zweiten Weltkriegs machten diese Entwicklung teilweise rückgängig, konnten sie aber nicht aufhalten (LENTZ 1990, S. 122–124). Der traditionelle Terrassenanbau von Getreide und Kartoffeln wurde so im 20. Jahrhundert durch die Milch- und Fleischproduktion verdrängt. Bis 1990 stand dabei die Milchproduktion im Vordergrund, seitdem hat die Fleischproduktion immer mehr an Bedeutung gewonnen (FRITSCH 2005, S. 13–15).

Aufgrund des hochliegenden Talbodens beginnen die Sömmerungsweiden in den oberen Fraktionen bereits im direkten Anschluss an die Siedlungen. Es sind nur wenige Maiensässe vorhanden, also unterhalb der Alpstufe gelegene Weiden, auf die das Vieh bereits im Frühjahr geschickt wird. Die Folge ist eine zweistufige Landwirtschaft, bei der das Vieh etwas länger im Tal verbleibt und dann direkt auf die Alpweiden gebracht wird. Wie der Talboden liegen auch die Alpweiden höher als in anderen Gebieten der Alpen, wodurch die Sömmerungsperiode mit etwa 90 Tagen vergleichsweise kurz ist. Die Bewirtschaftung der Talwiesen wird daher umso intensiver betrieben, dort wird Heu für die Fütterung des Viehs im Winter angebaut. Im Val Müstair ist die Alpwirtschaft auf Ebene der ehemaligen Gemeinden organisiert, wodurch im Sommer mehr Arbeitskräfte im Tal zur Verfügung stehen als bei Einzelalpung. (LENTZ 1990, S. 124–125, 227–228)

Die Entwicklung vom Ackerbau zur Grünlandwirtschaft lässt sich aus den jeweiligen Flächenanteilen ablesen. Von 1939 bis 1980 ist die Grünlandfläche im Tal von rund 850 ha auf fast 950 ha angewachsen, wobei die insgesamt zur Verfügung stehende LNF gleich geblieben ist. Bereits 1986 wurden 89,7 % der LNF im Val Müstair für Grünland verwendet, nur 10,3 % für Ackerland (LENTZ 1990, S. 159–160). Aus Karten zur

Bodennutzung (LENTZ 1990, S. 173–185) geht hervor, dass damals existierende Ackerflächen seitdem in Wiesen umgewandelt worden sind. Der Grünlandanteil hat sich dadurch vermutlich noch weiter erhöht.

Die Bewirtschafter im Tal sind sowohl Haupterwerbs- als auch Nebenerwerbslandwirte, wobei mehr als 90 % der LNF im Haupterwerb bewirtschaftet wird. Durch die 1968 beschlossene Gesamtmelioration wurde der Großteil des Kulturlands im Tal neu geordnet, sodass eine effektivere Bewirtschaftung möglich ist. Seit 1981 bewirtschaften die Landwirte die neu zugeteilten Flächen, zuvor waren der Besitz durch Realerbteilung stark zersplittert. Gleichzeitig mit der Gesamtmelioration hat eine Modernisierung der Betriebe und die Einrichtung eines modernen Bewässerungssystems stattgefunden. Mehrere kleine Betriebe konnten diese Umstellungen nicht finanzieren und haben sich aus der Landwirtschaft zurückgezogen. Die Betriebsaufgaben führten dazu, dass ein höherer Anteil der Flächen von den verbliebenen großen Betrieben bewirtschaftet wird, für welche sich die Landwirtschaft als Hauptberuf nun wieder mehr lohnt. Die verbliebenen Landwirte haben sich zum Teil aber stark verschuldet, um die notwendigen Umstrukturierungen durchführen zu können. Geld zum Aufkauf der frei werdenden Flächen war nicht mehr vorhanden, sodass weiterhin viele Flächen gepachtet werden müssen. Dabei achten die Landwirte darauf, Pachtverträge mit verschiedenen Eigentümern auszuhandeln, um einseitige Abhängigkeiten zu vermeiden. Ein Problem sind kurze Laufzeiten der Pachtverträge, da in diesem Fall eine Investition in die Verbesserung der Flächen für die Landwirte unattraktiv wird. (LENTZ 1990, S. 137–146)

Derzeit gibt es 54 landwirtschaftliche Betriebe im Val Müstair. Die Zahl der Betriebe hat seit Mitte des 20. Jahrhunderts stetig abgenommen. Zu Ende des Jahrhunderts erfolgte ein weiterer starker Rückgang, seitdem ist die Zahl stabil. Trotz dieser Reduzierung werden weiterhin alle zum Kulturland gehörenden Flächen im Tal auch tatsächlich bewirtschaftet. Rund achtzig Prozent der Landwirte im Tal betreiben dabei biologische Landwirtschaft (BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 40), bereits vor Gründung der Biosfera war der Anteil der nach Bio Suisse-Kriterien arbeitenden Landwirte sehr hoch. Das Val Müstair nimmt hier eine Spitzenposition im landesweiten Vergleich ein (KARTHÄUSER 2008, S. 92).

Innerhalb des Grünlands ist der Anteil von Fettwiesen im Verlauf des 20. Jahrhunderts deutlich gestiegen. Das liegt einerseits daran, dass auch auf guten Standorten Ackerland zu Grünland umgewandelt wurde, andererseits an der intensiveren Nutzung von

ungünstigeren Standorten zur Futterproduktion oder als Weide für im Tal verbleibende Rinder. (LENTZ 1990, S. 33, 160–161)

3 Methodik

3.1 Auswahl der Flächen

Vor Beginn der Aufnahmen erfolgte die Auswahl der geeigneten Flächen. Das Ziel war dabei, möglichst viele Flächen im Tal in die Untersuchung aufzunehmen. Beschränkt wurde die Auswahl auf mesophiles Grünland im Talgrund. Trockene oder sehr feuchte Standorte, insbesondere an den Hängen, wurden nicht mit berücksichtigt. Es wurde dennoch Wert darauf gelegt, verschiedene Parameter abzudecken, unter anderem verschiedene Flächengrößen und Bewirtschaftungsintensitäten. Des Weiteren wurde darauf geachtet, möglichst gleichmäßig über das Tal verteilte Flächen auszuwählen und somit alle Höhenstufen zu berücksichtigen. Es wurden auch einige der Wiesen im Palüds dals Lais untersucht, die im Rahmen der Revitalisierung des Rombachs neu gestaltet worden sind. Um einen Überblick über geeignete Flächen im Tal zu erlangen, fand Anfang Mai eine erste Sichtung der Wiesen statt. Zurückgegriffen wurde dabei auf die Bodenbedeckungs-Karte der amtlichen Vermessung (KANTON GRAUBÜNDEN 2013), in der alle landwirtschaftlich genutzten Flächen der Cumün da Val Müstair verzeichnet sind.

Neben den Lage- und Bewirtschaftungsparametern der Wiesen war die Auswahl der Flächen abhängig vom Kooperationswillen der jeweils zuständigen Landwirte. In Zusammenarbeit mit dem Landwirtschaftsbeauftragten der Biosfera, Reto Lamprecht, konnten elf Landwirte gefunden werden, die einer Untersuchung ihrer Flächen und anschließender Befragung zugestimmt haben. Insgesamt wurden so 80 Flächen festgelegt, auf denen die Untersuchungen stattfinden konnten (s. Abb. 1).

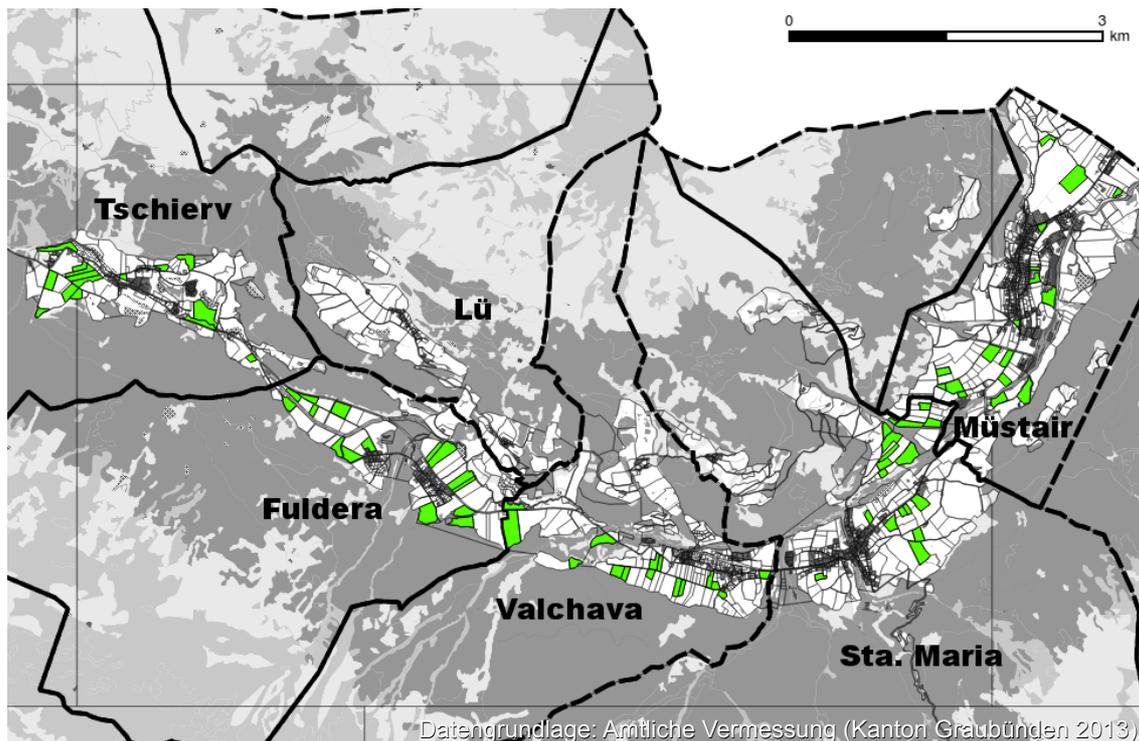


Abbildung 1: Lage der ausgewählten Flächen

3.2 Geländeaufnahmen

Von den Flächen wurden im Gelände sowohl Gesamtartenlisten mit Deckungsgraden, als auch Quadratmeter-Plots angefertigt. Die Flächen wurden vor Beginn der Aufnahmen ausgewählt und die Grenzen im Gelände anhand von GPS-Koordinaten aus dem Geoinformationssystem (GIS) identifiziert.

Die Bestimmung der Pflanzen erfolgte wenn möglich im Gelände oder noch vor Ort im Tal. Hauptsächlich eingesetzt wurden dafür die Flora Helvetica (LAUBER 2012) und die Exkursionsflora von Rothmaler (JÄGER & ROTHMALER 2007 / JÄGER 2011). Zur Bestimmung von Süßgräsern wurde außerdem das Taschenbuch der Gräser (KLAPP & OPITZ VON BOBERFELD 2006) verwendet. Nicht im Feld bestimmbare Arten wurden ab fotografiert und, wenn vertretbar, einzelne Individuen zur näheren Bestimmung mitgenommen. Dafür kam neben den bereits erwähnten Werken die Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz (BINZ 1990) sowie die Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete (OBERDORFER et al. 1990) zum Einsatz. Zur besseren bildlichen Darstellung der Bestimmungsmerkmale wurde auf die Website Flora-de (ehemals Blumen in Schwaben) (MEYER 2005) zurückgegriffen. Nicht eindeutig identifizierte Pflanzen wurden in ein Herbarium aufgenommen und nach Rückkehr

aus der Schweiz bestimmt, auch mit Hilfe meiner beiden Betreuer Prof. Dr. Rainer Buchwald und Dr. Cord Peppeler-Lisbach. Dabei kam auch die Flora Vegetativa (EGGENBERG & MÖHL 2013) zum Einsatz.

Mit den Aufnahmen begonnen wurde am 15. Mai 2013 in der Fraktion Müstair. Zuerst wurden die Wiesen am sonnenexponierten Hang nördlich des Roms zwischen Müstair und Sta. Maria untersucht, später dann auf der Schattenseite südlich des Roms. Hinter Sta. Maria wurden die Wiesen das Tal hinauf steigend erst in der Fraktion Valchava, dann in Fuldera und schließlich in Tschierv aufgenommen. Mit diesem Vorgehen konnten die durch Sonneneinstrahlung und Höhenlage verursachten Unterschiede in der Vegetationsentwicklung zwischen den einzelnen Flächen optimal ausgenutzt werden. Der Entwicklungsstand zwischen den einzelnen Wiesen war durchaus vergleichbar, auch wenn die letzte Aufnahme in Tschierv erst am 23. Juni und somit mehr als einen Monat nach der ersten Aufnahme durchgeführt wurde.

Durch den gewählten Zeitraum konnte auf allen Flächen eine Aufnahme vor dem ersten Schnitt der Wiesen durchgeführt werden. Zu diesem Zeitpunkt im Frühsommer weisen Bergfettwiesen die meisten Blütenstände auf, der Aufwuchs nach der Mahd ist blütenärmer. Die im Spätsommer hinzukommenden Arten wurden, so weit dies möglich war, vegetativ aufgenommen. Hier waren insbesondere Habichtskräuter, Flockenblumen und Disteln zu erwarten (DIERSCHKE & BRIEMLE 2002, S. 103).

3.2.1 Gesamtartenlisten

Die Flächen wurden zu Fuß so abgelaufen, dass alle Bereiche begutachtet werden konnten. Ein etwa fünf Meter breiter Bereich an den Rändern wurde dabei ausgelassen, sodass nur Arten aus den Flächen selbst berücksichtigt sind. Auch größere gestörte Stellen und steilere Böschungsstufen innerhalb der Wiesen wurden nicht in die Aufnahmen einbezogen. Das Muster der Begehung wurde an die Form der Flächen angepasst, meist war es diagonal. Während der Begehung wurden alle aufgefundenen Pflanzenarten notiert. Nach abgeschlossener Begehung wurden den verschiedenen Arten jeweils Deckungsgrade zugeordnet, das heißt die verhältnismäßigen Anteile der Arten an der bedeckten Fläche insgesamt (BRAUN-BLANQUET 1964, S. 36). Die Abgrenzung der Deckungsgrade zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Verwendete Deckungsklassen

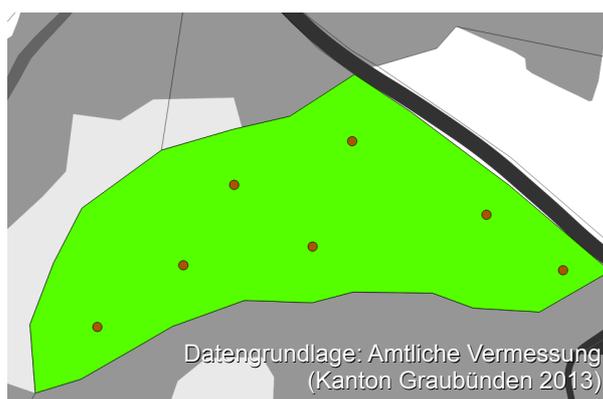
Code	Beschreibung	Klassenweite
1	einzel	weniger als 1 %
2	selten	1 bis 5 %
3	mäßig häufig	5 bis 25 %
4	dominant	mehr als 25 %

Für jede Fläche wurde so eine Gesamtartenliste erstellt, in der die vorhandenen Pflanzenarten inklusive ihres Deckungsgrads aufgeführt sind.

3.2.2 Quadratmeter-Plots

Um die Artenzahl von Flächen unterschiedlicher Größen besser miteinander vergleichen zu können, wurden neben den Gesamtartenlisten auch Quadratmeter-Plots aufgenommen. Dazu wurden pro Hektar Fläche jeweils vier, bei kleineren Flächen jedoch mindestens drei Quadrate angelegt. Diese Quadrate haben eine Größe von ein mal einem Meter. Die Größe wurde im Gelände abgeschätzt und stichprobenartig mit einem Zollstock nachgemessen. Die Aufnahme der Plots erfolgte während der Begehung für die Gesamtartenlisten. Die Lage der Punkte war möglichst gleichmäßig über die Flächen verteilt und zufällig angeordnet, ohne dass vorher ein genaues Bild der Pflanzenzusammensetzung an den Standorten bekannt war.

Die Auswahl der Standorte für die Quadratmeter-Plots ist beispielhaft in Abbildung 2 dargestellt. Der Beginn der Aufnahmen war im Südosten. Die Begehung wurde zunächst entlang der Straße in Richtung Nordwesten durchgeführt und verlief dann diagonal hin und her, bis der westlichste Zipfel der



Fläche erreicht war. Dabei wurden in regelmäßigen Abständen Quadratmeter-Plots angelegt. Auch auf dem Rückweg gefundene Arten wurden noch in die Gesamtartenliste aufgenommen. Insgesamt wurden auf dieser ca. 1,7 ha großen Wiese so sieben Plots angelegt. Da die Auswahl im Gelände erfolgte, war eine exakt gleichmäßige und auf den Meter genaue Ver-

teilung der Standorte nicht möglich. Dennoch sind die Quadratmeter-Plots gut über die gesamte Wiese verteilt und liegen nicht zu dicht nebeneinander.

Aufgenommen wurden alle Pflanzenarten, die sich innerhalb der Quadratmeter-Plots befanden. Auf eine Angabe der Deckungsgrade wurde dabei verzichtet, stattdessen lässt sich die Frequenz der Arten innerhalb der Flächen berechnen. Zusätzlich aufgenommen wurden die GPS-Koordinaten der Quadratmeter-Plots, um eine Darstellung im GIS zu ermöglichen und die Standorte bei Bedarf auch später wieder auffinden zu können. Ebenfalls aus dem GPS-Gerät entnommen werden konnte die Höhenlage der Plots.

Die Neigung der Flächen wurde zu Beginn der Untersuchungen ebenfalls mit aufgenommen. Allerdings erwies sich das Neigungsmessgerät als wenig zuverlässig und musste häufig neu kalibriert werden. Da dies im Gelände nicht immer möglich war, wurde im weiteren Verlauf auf eine Aufnahme der Neigung verzichtet, stattdessen wurden für die Auswertung dem digitalen Geländemodell (PARCS 2013) Neigungswerte entnommen.

3.2.3 Randstreifen

Während der Vorauswahl der Wiesen Anfang Mai fiel auf, dass in einigen Randstreifen eine deutlich höhere Artenvielfalt vorhanden war, als in den Wiesen selbst. Deshalb wurde beschlossen, an besonders artenreichen Stellen auch eine beispielhafte Aufnahme der Randstreifen vorzunehmen.

Ausgewählt wurden dazu drei Randstreifen mit einer Länge von jeweils ca. 100 m, die direkt neben bereits aufgenommenen Probeflächen lagen. Sie befanden sich in den unteren drei Fraktionen des Tals, Müstair, Sta. Maria und Valchava, jeweils an südexponierten Böschungen zwischen Feldweg und Wiese. In den oberen beiden Fraktionen, Fuldera und Tschier, gab es entweder keine vergleichbaren südexponierten Böschungen oder diese waren zum Zeitpunkt der Aufnahme bereits abgemäht (z.B. die Böschung entlang der Straße zwischen Fuldera und Valchava). Zudem war der Unterschied in der Artenzusammensetzung zwischen Wiesen und Randstreifen weniger groß, sodass hier auf eine Aufnahme verzichtet wurde.

Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Lage eines Randstreifens. Dieser befindet sich in der Fraktion Sta. Maria und ist süd-ostexponiert. Es befinden sich mehrere Probeflächen in

der Umgebung, an eine Fläche grenzt der Randstreifen direkt an. Die beiden anderen Randstreifen-Aufnahmen wurden an ähnlich gelegenen Stellen angefertigt.



Abbildung 3: Beispiel für die Lage eines Randstreifens

Für die Randstreifen wurde jeweils eine Gesamtartenliste ohne Deckungsgrade erstellt. Die Anfangs- und Endpunkte wurden per GPS festgelegt, sodass eine Gesamtlänge von ungefähr 100 m abgemessen werden konnte. Dann wurden auf einer Breite von ein bis drei Metern zwischen Weg und Wiese alle Arten aufgenommen, die sich innerhalb der Randstreifen befanden.

3.3 Befragung der Landwirte

Um die Bewirtschaftungsparameter der untersuchten Wiesen zu ermitteln, wurde eine Befragung der jeweils zuständigen Landwirte durchgeführt. Dazu wurde ein Fragebogen erstellt, der sowohl allgemeine Fragen zu den Betrieben als auch spezielle Fragen zu den einzelnen Flächen beinhaltet (s. Anh. I).

Allgemeine Fragen zum Betrieb:

- Wird der Betrieb im Haupterwerb oder Nebenerwerb geführt?
- Welcher Anteil von der bewirtschafteten Fläche ist Grünland?
- Wird konventionell oder ökologisch gearbeitet?
- Wenn ökologisch, seit wann und mit welchem Programm?

Spezielle Fragen zu den einzelnen Flächen:

- Seit wann ist die Fläche Grünland?
- Wurde seitdem eine Übersaat durchgeführt?
- Wie wird die Fläche gemäht?
- Wie wird die Fläche beweidet?
- Wie wird die Fläche gedüngt?
- Wird die Fläche bewässert?

Die Befragung der Landwirte erfolgte überwiegend nach Durchführung der Geländeaufnahmen. So konnte sichergestellt werden, dass bei eventuellen Änderungen in der Flächenauswahl die Landwirte kein zweites Mal befragt werden müssen. Zudem waren die Landwirte in der Regel an einem möglichst schnellen Verlauf der Befragung interessiert, sodass es von Vorteil war, bereits eine enge Auswahl der Flächen vorlegen zu können.

3.4 Statistische Auswertung

Die Aufnahmedaten wurden zunächst in eine Tabelle und im GIS eingetragen. Die Abgrenzung der Flächen erfolgte dabei anhand der Grundstücksgrenzen aus der amtlichen Vermessung (KANTON GRAUBÜNDEN 2013). Fälle, in denen die Grenzen der aufgenommenen Wiesenflächen in der Realität von denen in der amtlichen Vermessung abwichen, wurden berücksichtigt und entsprechend angepasst. Die Digitalisierung der Quadratmeter-Plots und der Randstreifen erfolgte anhand der im Gelände aufgenommenen GPS-Daten.

Mit Hilfe der Roten Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen (MOSER et al. 2002) wurden die in den Flächen vorkommenden Arten identifiziert, die auf der Roten Liste der Schweiz oder der Ostalpen stehen und die in der Schweiz gesetzlich geschützt sind (NHV Anh. 2, SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT 1991). Informationen über ihre Lebensraumansprüche wurden der Flora indicativa (LANDOLT 2009) entnommen. Anschließend fand ein Vergleich mit den am häufigsten gefundenen Arten statt, um herauszufinden welche Umweltfaktoren das Vorkommen der gefährdeten und geschützten Arten limitieren. Die häufigsten Arten wurden hier als die Arten definiert, die in mehr als 90 % der Aufnahmen vorhanden waren.

Ein weiterer Vergleich fand zwischen den in den Randstreifen vorhandenen Pflanzenarten und denen aus den angrenzenden Flächen statt. Es wurde untersucht, wie hoch die Zahl der nur in den Randstreifen vorkommenden Arten ist. Zudem wurden die ökologischen Gruppen der Randstreifen-spezifischen Arten aus der Flora indicativa (LANDOLT 2009) herangezogen, um Grünlandarten zu identifizieren, welche potenziell noch in die Flächen einwandern können.

Es wurde ein Vergleich der Werte aller Flächen mit denen der zehn artenärmsten Flächen („arme Flächen“) und denen der artenreichsten Flächen („reiche Flächen“) durchgeführt. Für die Festlegung der Gruppen wurden die Artenzahlen der Gesamtartenlis-

ten verwendet. Verglichen wurden die Gesamtartenzahlen, die Arten pro Quadratmeter und die gefährdeten und geschützten Arten pro Fläche. Für die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den Artenzahlen pro Fläche und pro Quadratmeter (abhängige Variablen) und den Umwelt- und Bewirtschaftungsparametern (erklärende Variablen) wurde ein Vergleich der Werte zwischen den Gruppen durchgeführt und mit Boxplots visualisiert. Für die Erfassung von komplexeren Zusammenhängen wurde danach ein Regressionsmodell erstellt und eine Ordination durchgeführt. Dafür war die Beschaffung weiterer Daten notwendig. Zudem mussten die vorhandenen Daten so formatiert und transformiert werden, dass eine Bearbeitung im Statistikprogramm möglich ist.

3.4.1 Datenaufbereitung und Vortests

Die Basisdaten des Gebiets wurden vom Geodatenserver des Schweizerischen Nationalparks (PARCS 2013) abgerufen. Auf Grundlage der Geländehöhen aus dem Digitalen Geländemodell DGM_2M wurden mit dem Spatial Analyst Toolset von ArcGIS Neigungs- und Expositionswerte in Grad berechnet. Aus einer vom Amt für Natur und Umwelt Graubünden bereitgestellten Bodenkarte der landwirtschaftlichen Flächen des Val Müstair (ANU 2014) wurden die Bodentypen und die pflanzennutzbare Gründigkeit übernommen. Für Flächen, die sich über verschiedene Bodentypen erstrecken, wurden dabei die Typen mit dem höchsten Anteil an der Fläche ausgewählt, die Gründigkeitswerte wurden gemittelt.

Basierend auf Neigung, Exposition und Bodentyp wurde für die Flächen zudem ein Heterogenitätsindex berechnet. Dabei wurde jeweils ein Punkt verteilt, wenn innerhalb der Flächen verschiedene Bodentypen auftraten, die Neigungswerte stark variierten (mehr als 10° pro Fläche) oder deutlich verschiedene Expositionswerte auftraten (berücksichtigt wurden dafür Bereiche mit einer Neigung von mehr als $2,5^\circ$). Insgesamt konnte so ein Heterogenitätsindex von 3 erreicht werden. Die Entfernung der Flächen von den Höfen der jeweils für die Bewirtschaftung zuständigen Landwirte wurde manuell erfasst. Gemessen wurde dabei die Distanz in Metern auf der Luftlinie zwischen den Höfen und dem nächstgelegenen Grenzpunkt der Flächen.

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht aller verfügbaren erklärenden Variablen für die statistische Auswertung. Auch für diese Variablen wurde ein Vergleich zwischen armen Flächen, den reichen Flächen und den Flächen insgesamt durchgeführt.

Tabelle 2: Erklärende Variablen

Bezeichnung	Kürzel	Beschreibung
Flächengröße	vFla	Größe der Fläche in m ²
Meereshöhe	vHoe	Durchschnittliche Höhenlage der Fläche in m ü. M.
Neigung	vNei	Durchschnittliche Neigung der Fläche in Grad
Hofdistanz	vDis	Entfernung der Fläche vom Hof des Landwirts in m (Luftlinie)
Bodentyp	vBod	Bodentyp der Fläche
Gründigkeit	vGru	Tiefe des potenziell durchwurzelbaren Raums in cm
Heterogenität	vHet	Index der Heterogenität der Fläche, berechnet aus Neigung, Exposition und Bodentyp
Alter der Fläche	vAlt	Alter der Fläche in Jahren
Nachsaat	vNac	Wurde auf der Fläche eine Übersaat oder Neusaat durchgeführt? (ja/nein)
Art der Beweidung	vWei	Mit welchem Vieh wird die Fläche beweidet?
Anzahl Schnitte	vZah	Wie häufig wird die Fläche pro Jahr gemäht?
Zeitpunkt 1. Mahd	vZei	Wann findet der erste Schnitt der Fläche statt?
Mistdüngung	vMis	Wie häufig wird jährlich Mist auf die Fläche aufgetragen?
Gülldüngung	vGue	Wie häufig wird jährlich Gülle auf die Fläche aufgetragen?
Gesamtdüngung	vDue	Düngezahl, berechnet aus den Variablen Mist und Gülle
Bewässerung	vWas	Wird die Fläche künstlich bewässert?
Biologische Bewirtschaftung	vBio	Betreibt der Bewirtschafter der Fläche biologische Landwirtschaft?
Nord-Süd-Exposition	vNor	Exposition in Nord-Süd-Richtung (Norden = 1, Süden = -1)
Ost-West-Exposition	vOst	Exposition in Ost-West-Richtung (Osten = 1, Westen = -1)

Um die Variablen verarbeiten zu können, mussten sie teilweise bearbeitet werden. Für das Alter wurde ein Maximalwert für die Flächen festgelegt, die laut den Landwirten „schon immer“ Grünland waren. Hier wurde ein Alter von 50 Jahren gewählt, womit die älteste in der Befragung angegebene Umwandlung um 20 Jahre überstiegen wird.

Für Variablen mit klarer ja/nein Kategorisierung (z.B. Übersaat, biologischer Landbau) wurde ja als „1“ und nein als „0“ geführt. Der Zeitpunkt des ersten Schnitts wurde für die Auswertung in numerische Klassen umgewandelt (s. Tab. 3). Für die Berechnung der Düngezahl wurden die Werte der Düngung mit Mist und Gülle zusammengerechnet. Die Bewässerung der Flächen ist eigentlich ja/nein kategorisiert, jedoch ist auch eine unregelmäßige Bewässerung vorstellbar (nicht jedes Jahr, nur teilweise, etc.). Daher wurden hier Zwischenklassen eingeführt (s. Tab. 4). Die Variablen Bodentyp und

Weidetyp können nicht numerisch dargestellt werden und wurden als Faktoren aufgenommen.

Tabelle 3: Klassifikation der Mahdzeit

Klasse	Zeitpunkt 1. Mahd
1	Mitte Juni
2	Ende Juni
3	Anfang Juli
4	Mitte Juli

Tabelle 4: Klassifikation der Bewässerung

Klasse	Bewässerung
0	nein
0.5	Selten / sanft
1	ja

Die Daten zur Exposition lagen als Gradzahlen von 0° Nord über 90° Ost, 180° Süd, 270° West und 360° Nord vor. Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, wurden die Werte durch Cosinus- und Sinus-Transformation durch die zwei Variablen Nord-Süd-Exposition und Ost-West-Exposition ersetzt. (LEYER & WESCHE 2007, S. 45)

Es sollten nun die Variablen, die die Artenzahlen am besten erklären, identifiziert und in einem Regressionsmodell zusammengefasst werden. Dazu wurden die Daten mit dem Statistikprogramm R (R CORE TEAM 2013) bearbeitet.

Mit Hilfe eines Shapiro-Tests wurden die einzelnen Variablen auf Normalverteilung überprüft. Liegt der ausgegebene p-Wert bei Shapiro-Tests nahe Null, so muss die Hypothese einer Normalverteilung verworfen werden (CRAWLEY 2013). Wenn keine Normalverteilung vorliegt, kann es sinnvoll sein, die Daten zu transformieren. Die häufigste Transformation biologischer Daten ist die Logarithmierung. Sie wird beispielsweise benutzt, wenn die Verteilung der Daten schief ist oder wenn eine Exponentialverteilung zugrunde liegt, die durch eine logarithmische Transformation linearisiert werden kann. Bei Datensätzen mit Nullwerten muss vor der Logarithmierung eine Konstante c hinzugefügt werden, die etwa halb so groß wie der kleinste Wert außer Null gewählt werden sollte (DORMANN & KÜHN 2009, S. 38). Bei Kopplung der Mittelwerte an die Gruppenvarianzen kann eine Wurzel-Transformation durchgeführt werden. Auch hier muss bei Nullwerten eine Konstante hinzugefügt werden, es wird die Addition von $c = 0,375$ empfohlen (KÖHLER et al. 2012, S. 75).

Eine weitere Möglichkeit der Transformation ist die Standardisierung. Dabei werden die Datenmittelwerte auf null und die Standardabweichung auf eins normiert. Diese wird bei multiplen Regressionen für die kontinuierlichen erklärenden Variablen verwendet, wenn die Gefahr besteht, dass die Variablen durch unterschiedliche Größenordnungen

nicht vergleichbar sind (LEYER & WESCHE 2007, S. 41–42). Weitere Transformationen sind arcsin-Wurzel-Transformation bei Prozentwerten und Rangtransformation bei nicht-parametrischen Statistiken (DORMANN & KÜHN 2009, S. 38–42).

Für die Entscheidung, welche Transformationen im Fall der vorliegenden Variablen durchgeführt werden sollten, mussten also die Daten analysiert werden, die nicht von sich aus normalverteilt waren. Die Rechtsschiefe einer Verteilung und das Vorliegen einer Exponentialverteilung kann durch Anzeigen des Histogramms erkannt werden. Gruppierte Variablen im Sinne der Wurzel-Transformation und Prozentwerte lagen nicht vor, eine Standardisierung oder Rangtransformation war daher nicht notwendig.

Um herauszufinden, ob Zusammenhänge zwischen einzelnen erklärenden Variablen bestehen, wurde ein Test auf Kollinearität durchgeführt. Dabei wurden alle Variablen gleichzeitig auf Korrelation geprüft und das Ergebnis in einer Matrix ausgegeben. Gemessen wurde der Korrelationswert *rho* nach Spearman, da dieser robuster ist als der Standardwert nach Pearson und auch für nicht normalverteilte Daten ausgelegt ist (ETH ZÜRICH 2014). Bei einem *rho*-Wert von eins besteht ein absoluter Zusammenhang, bei einem Wert von null besteht nicht der geringste Zusammenhang (CRAWLEY 2013, S. 375). Es wird empfohlen, keine Variablen zusammen in ein Regressionsmodell aufzunehmen, deren *rho*-Wert mehr als 0,7 beträgt (GREEN 1979).

3.4.2 Regressionsmodelle

Bei einer Regression wird die Abhängigkeit einer Variablen von einer oder mehreren erklärenden Variablen getestet. Liegen mehrere erklärende Variablen vor, von denen eine Abhängigkeit besteht, können diese mit multipler Regression zu einem Modell zusammengefasst werden (DORMANN & KÜHN 2009, S. 61, 89–90). Da sowohl die Gesamtartenzahlen pro Fläche (Code: „ARTtotal“) als auch für die mittleren Artenzahlen pro Quadratmeter der Flächen („ARTmean“) analysiert werden sollten, wurden unabhängig von einander zwei verschiedene Modelle erstellt. Die Daten von ARTtotal lagen als ganzzahlige Zähldaten vor. Alle Voraussetzungen einer Poissonverteilung waren erfüllt: die Arten waren zufällig über die Flächen verteilt, die durchschnittliche Artenzahl war größer als Null, es war von Interesse, wie viele Arten pro Fläche vorkommen und diese Zahl konnte beliebig groß sein (KÖHLER et al. 2012, S. 285). Die Daten von ARTmean waren dagegen nicht ganzzahlig, ihr Ursprung als Zähldaten ist durch die Mittelwertbildung verloren gegangen. Der Typ der Verteilung musste noch getestet werden.

Im Fall von ARTtotal wurde ein Verallgemeinertes Lineares Modell (GLM) für Poissonverteilte Daten erstellt. Für ARTmean hingegen stand nicht fest, welcher Art die Verteilung ist. Im Fall einer Normalverteilung ist eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) auszuführen, wenn, wie hier, sowohl stetige als auch kategoriale erklärenden Variablen vorliegen (CRAWLEY 2013, S. 388). In allen anderen Fällen muss ein GLM mit entsprechender Berücksichtigung der Verteilung erstellt werden (DORMANN & KÜHN 2009, S. 139).

Es war nicht bekannt, ob die Beziehungen zwischen der Artenzahl und den verschiedenen Variablen linear sind und zu- oder abnehmen, je größer die Ausprägung ist („sigmoid“), oder ob sie ein Optimum besitzen, von dem aus gesehen sie beidseitig abnehmen („unimodal“). Eine derartige nichtlineare Abhängigkeit lässt sich mit der zweiten Potenz der Variablen darstellen. Für spätere Analysen wurden daher die numerischen Variablen quadriert. (LEYER & WESCHE 2007, S. 27)

Für die Regressionsrechnung wurden zunächst die abhängigen Variablen einzeln in Beziehung zu den erklärenden Variablen gesetzt. Da noch nicht bekannt war, ob die Abhängigkeit der Variablen sigmoid oder unimodal ist, wurden für die numerischen Variablen je zwei Regressionen benötigt. Für die sigmoide Variante wurde eine univariate Regression der Artenzahlen in Abhängigkeit von den erklärenden Variablen durchgeführt. Für die unimodale Variante wurde die erklärende Variable jeweils quadriert noch einmal zum Term hinzugefügt (DORMANN & KÜHN 2009, S. 93).

Die Regression lieferte jeweils einen Gütewert R^2 sowie einen p-Wert, der die Signifikanz anzeigt. Das R^2 gibt den Anteil der Varianz im Datensatz an, der durch die Regression erklärt wird, und sollte daher möglichst hoch sein. Für den p-Wert wurde eine Schwelle von 0,05 angesetzt was dem üblichen Verfahren entspricht. So können die Variablen identifiziert werden, die einen signifikanten Einfluss auf die Artenzahlen haben. (DORMANN & KÜHN 2009, S. 6, 67)

Um herauszufinden, ob das Hinzufügen der quadrierten Variablen zu einer Verbesserung der Güte geführt hat, wurde anschließend eine Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt, bei der die Regressionen für die sigmoiden Terme mit denen der unimodalen Terme verglichen wurden. Der bei einer ANOVA ausgegebene p-Wert gibt an, ob durch die Erweiterung eines Modells die Erklärung der Gesamtvarianz signifikant verbessert wird (DORMANN & KÜHN 2009, S. 93). Liegt der ausgegebene p-Wert also unter 0,05, so ist die Verbesserung durch Hinzunahme der quadrierten Variable signifikant und es wird ein nicht-linearer Zusammenhang angenommen. Liegt der p-Wert darüber, wird von einem linearen Zusammenhang ausgegangen.

Zusätzlich zu den einzelnen Regressionen wurden mit *backward selection* Modelle mit mehreren Variablen für ARTmean und ARTtotal erstellt. Dazu wurde zunächst durch Regression ein Gesamtmodell mit allen verfügbaren erklärenden Variablen und allen quadrierten Variablen erstellt. Mit der step-Funktion von R (R CORE TEAM 2013) wurden dann alle Variablen aussortiert, die nicht signifikant zur Erklärung beitragen (DORMANN & KÜHN 2009, S. 94–96). Dabei wurde für die quadratische Kontingenz (χ^2) ein kritischer Wert von 3,841 angesetzt, der einem p-Wert von 0,05 entspricht (MITTAG 2012, S. 301). Wird dieser Wert nicht überschritten, so liegt keine Signifikanz vor und die Variable kann aus dem Modell gestrichen werden. Übrig bleiben reduzierte Modelle, die genau die Kombination von Faktoren beinhalten, mit denen die Artenvielfalt am besten erklärt wird (DORMANN & KÜHN 2009, S. 94–96).

Anhand des reduzierten Modells wurde überprüft, ob die angenommene Verteilung richtig ist. Ein wichtiger Kennwert ist hier die Dispersion. Sie berechnet sich aus der Devianz der Residuen geteilt durch die Freiheitsgrade. Residuen sind die Abweichungen zwischen den beobachteten und den durch das Modell vorhergesagten Werten. Die Zahl der Freiheitsgrade entspricht den Werten der Stichprobe, die nicht für die Schätzung verwendet werden (DORMANN & KÜHN 2009, S. 64, 142). Bei binominal- und poissonverteilten Daten sollte das Verhältnis eins zu eins betragen. Ist die Devianz deutlich größer als eins, müssen die Modelle auf Überdispersion korrigiert werden, indem eine quasi-Verteilung angenommen wird. Überdispersion tritt auf, wenn wichtige erklärende Variablen nicht im Modell vorhanden sind (CRAWLEY 2013, S. 570, 592, 665).

Die Bewertung des Modells erfolgte anhand des R^2 des reduzierten Modells und anhand der Residuen. Die Residuen wurden mit Hilfe eines Shapiro-Tests auf Normalverteilung untersucht und das Ergebnis grafisch als Histogramm dargestellt. In einem Q-Q-Plot wurden die Quantile der vorhergesagten Werte mit denen der gemessenen Werte verglichen. Daraus lässt sich ablesen, ob die Varianz der Daten bei höheren Werten zunimmt oder gleich bleibt (DORMANN & KÜHN 2009, S. 64–66). Sind die Residuen nicht normalverteilt, so lässt dies auf Trends in der Treffsicherheit des Modells schließen. Es kann vorkommen, dass die Residuenverteilung heteroskedastisch ist, das Modell beispielsweise bei kleinen Werten bessere Ergebnisse liefert als bei großen Werten (CRAWLEY 2013, S. 405, 568).

Um die vorhergesagten Ergebnisse in Abhängigkeit von mehreren Variablen darstellen zu können, wurden abschließend Wireframe-Diagramme erstellt. Dabei werden in ei-

nem dreidimensionalen Koordinatensystem auf die X- und Y-Achse zwei erklärende Variablen gelegt und die prognostizierten Werte für die abhängige Variable als Ebene auf der Z-Achse dargestellt. Durch das Erstellen mehrerer Wireframe-Diagramme nebeneinander kann auch die Wirkung einer dritten erklärenden Variable dargestellt werden. (SARKAR 2008, S. 98–103)

3.4.3 Ordination

Ordination ist der Sammelbegriff für eine Reihe von komplexen mathematischen Verfahren, mit deren Hilfe Daten in ihrer Gesamtheit grafisch in einem Koordinatensystem dargestellt werden können. Hierbei werden mehrdimensionale Zusammenhänge reduziert und dabei ähnliche Aufnahmen nahe beieinander angeordnet (LEYER & WESCHE 2007, S. 57–58).

Die Wahl der Methode hängt von der Beschaffenheit der Daten ab. Für lineare Zusammenhänge geeignet ist die Hauptkomponentenanalyse (PCA) (LEYER & WESCHE 2007, S. 119–120). Die PCA ähnelt einer Regression in dem Sinne, dass Variablen gesucht werden, welche die kleinsten Abweichungen von den Datenpunkten aufweisen. Im Gegensatz zu den bereits erstellten Modellen werden bei der PCA jedoch die erklärenden Variablen zu Hauptkomponenten kombiniert. Dies sind hypothetische Variablen, die als Achsen so aus dem Zentrum der Daten gelegt werden, dass die Varianz von ihnen gebündelt wird (DORMANN & KÜHN 2009, S. 175). Dabei enthält die erste Hauptkomponente den höchsten Eigenwert: sie bildet die meisten Arten-Variablen-Beziehungen ab. Danach lassen sich weitere Hauptkomponenten erzeugen, die unabhängig von der ersten sind. Diese haben jeweils geringere Eigenwerte, können aber teilweise für die Interpretation der Daten noch relevant sein (LEYER & WESCHE 2007, S. 108–109). Da die Variablen verschiedene Einheiten und unterschiedliche Größenordnungen aufweisen, muss eine PCA über die Korrelationsmatrix durchgeführt werden (DORMANN & KÜHN 2009, S. 175).

Eine andere Methode der Ordination ist die Komponentenanalyse (CA). Hier werden theoretische Gradienten entwickelt, die die Variation der Arten bestmöglich erklärt. Im Vergleich zur PCA ist die CA für unimodale Zusammenhänge ausgelegt. (LEYER & WESCHE 2007, S. 65–75)

Die Ergebnisse der Ordination werden in Biplots dargestellt, in welchen sowohl die abhängigen als auch die erklärenden Variablen enthalten sind. Abhängig von der Beschaffenheit der Daten kann es sinnvoll sein, mehrere Biplots zu erstellen, etwa um

mehr als zwei Hauptkomponenten darstellen oder eine Auswahl von Werten darstellen zu können.

4 Ergebnisse

Da das Untersuchungsgebiet in der Schweiz liegt, werden für die Beschreibung der Pflanzenarten im Folgenden die Schweizer Namen verwendet. Sowohl die lateinischen als auch die deutschen Artnamen wurden der Flora Helvetica (LAUBER 2012) entnommen. Für ergänzende Informationen wurde auf die Flora Indicativa (LANDOLT 2009) und die Website InfoFlora.ch (INFO FLORA 2004) zurückgegriffen.

4.1 Geländeaufnahmen

Es wurden insgesamt 80 Flächen, 405 Quadratmeter-Plots und 3 Randstreifen aufgenommen. Eine Liste aller gefundenen Arten befindet sich in Anhang II.

Während der Aufnahmen im Gelände fiel auf, dass in einigen der Flächen etwa 5 m breite Streifen lagen, die sich im Blühaspekt deutlich vom Rest der Wiesen unterscheiden (auch auf dem Titelbild dieser Arbeit erkennbar). Die Streifen verlaufen im Bereich der ehemaligen Langlaufloipen aus dem Winter.

4.1.1 Gesamtartenlisten

Es wurden insgesamt 131 Pflanzenarten auf Artniveau bestimmt, weitere 5 auf Ebene der Gattung. Sieben Arten konnten nicht bestimmt werden, sie gehen aber dennoch in die Analyse mit ein. Durchschnittlich wurden 35,35 Arten pro Fläche gefunden, wobei die Spannweite zwischen 11 Arten auf der artenärmsten Fläche und 75 Arten auf der artenreichsten Fläche liegt.

Die einzige Art, die in allen Aufnahmen vorkam, war *Taraxacum officinale* aggr. (Gewöhnlicher Löwenzahn). Sie hatte zudem den höchsten durchschnittlichen Deckungsgrad. Ebenfalls häufig vorhanden waren *Trifolium pratense* (Gewöhnlicher Rot-Klee), *Dactylis glomerata* (Wiesen-Knäuelgras), *Silene dioica* (Rote Waldnelke) und *Poa trivialis* (Gewöhnliches Rispengras). Alle Arten, die auf mehr als 90 % der Flächen vorkamen („häufigste Arten“), sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Häufigste Pflanzenarten

Pflanzenname	Anteil Flächen	Mittlerer Deckungsgrad
<i>Taraxacum officinale</i> aggr.	100,00 %	3,04
<i>Trifolium pratense</i>	97,59 %	2,94
<i>Dactylis glomerata</i>	97,50 %	2,72
<i>Silene dioica</i>	96,25 %	1,61
<i>Poa trivialis</i>	95,00 %	2,74
<i>Myosotis arvensis</i>	93,75 %	1,89
<i>Rumex acetosa</i>	92,50 %	2,39
<i>Achillea millefolium</i>	91,25 %	2,51
<i>Ranunculus acris</i>	91,25 %	2,04

Es traten vergleichsweise wenig gefährdete und geschützte Arten auf. In der Schweiz sind alle Orchideenarten gesetzlich geschützt, darunter auch das in den Flächen gefundene *Dactylorhiza majalis* (Bleitblättriges Knabenkraut). Ebenfalls geschützt ist *Lilium martagon* (Türkenbund) geschützt (NHV Anh. 2, SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT 1991). *Dactylorhiza majalis* wurde auf vier Flächen gefunden, *Lilium martagon* auf zwei Flächen, jeweils mit einem Deckungsgrad von weniger als 1 %.

Unter den gefundenen Rote-Liste-Arten ist *Ornithogalum umbellatum* (Doldiger Milchsterne) besonders hervorzuheben, da es, obwohl für die Schweiz insgesamt keine Gefährdung vorliegt, in den Ostalpen vom Aussterben bedroht ist. Die Art war zudem besonders häufig vorhanden: sie kam insgesamt in sieben Flächen vor, davon in einer mit einem Deckungsgrad der Stufe 2 (zwischen 1 % und 5 %). In den Ostalpen stark gefährdet und in der gesamten Schweiz potentiell gefährdet ist *Polygala vulgaris* subsp. *oxyptera* (Schmalflügelige Wiesen-Kreuzblume), die nur in einer Fläche vorkam – dort jedoch ebenfalls mit einem Deckungsgrad der Stufe 2. In den Ostalpen als „verletzlich“ eingestuft sind die Arten *Draba nemorosa* (Hellgelbes Felsenblümchen), *Geranium dissectum* (Schlitzblättriger Storchschnabel) und *Myosotis ramosissima* (Hügel-Ver-gissmeinnicht), darunter gilt *D. nemorosa* auch in der gesamten Schweiz als „verletzlich“. Potenziell gefährdete Arten sind *Primula veris* subsp. *columnae* (Graufilzige Frühlings-Schlüsselblume) und *Veronica agrestis* (Acker-Ehrenpreis). (MOSER et al. 2002)

Eine Übersicht der gefundenen Pflanzenarten, die entweder gesetzlich geschützt oder in der Roten Liste als gefährdet eingestuft sind, bietet Tabelle 6. Alle anderen in den Aufnahmen vorhandenen Arten gelten als ungefährdet.

Tabelle 6: Gefährdete und geschützte Pflanzenarten in den Flächen

Pflanzenname	Bewertung Rote Listen / Schutzstatus	Anzahl Flächen	Maximaler Deckungsgrad	Fundorte
<i>Dactylorhiza majalis</i>	Schweiz: gesetzlich geschützt	4	1	FUL, TSC
<i>Draba nemorosa</i>	Schweiz und Ostalpen: VU (verletzlich)	3	1	MUE
<i>Geranium dissectum</i>	Ostalpen: VU (verletzlich)	1	1	MUE
<i>Lilium martagon</i>	Schweiz: gesetzlich geschützt	2	1	TSC
<i>Myosotis ramosissima</i>	Schweiz: NT (potentiell gefährdet) Ostalpen: VU (verletzlich)	2	1	STA, FUL
<i>Ornithogalum umbellatum</i>	Ostalpen: CR (vom Aussterben bedroht)	7	2	MUE, STA
<i>Polygala vulgaris subsp. oxyptera</i>	Schweiz: NT (potentiell gefährdet) Ostalpen: EN (stark gefährdet)	1	2	TSC
<i>Primula veris subsp. columnae</i>	Ostalpen: NT (potentiell gefährdet)	1	1	VAL
<i>Veronica agrestis</i>	Ostalpen: NT (potentiell gefährdet)	3	1	MUE

Fundorte: MUE = Müstair, STA = Sta. Maria, VAL = Valchava, FUL = Fuldera, TSC = Tschiers

Von den gefährdeten Arten wurden die meisten im unteren Bereich des Tals in Müstair und Sta. Maria gefunden, darunter auch *Ornithogalum umbellatum*. Im oberen Bereich des Tals traten die beiden geschützten Arten und zwei weitere gefährdete Arten auf. In Valchava, welches die Mitte des Tals darstellt, wurde dagegen nur eine gefährdete Art gefunden.

4.1.2 Quadratmeter-Plots

Über die 80 ausgewählten Flächen verteilt wurden insgesamt 405 Quadratmeter-Plots eingerichtet. Im Durchschnitt sind dies etwa fünf Plots pro Wiese. Bei einer durchschnittlichen Flächengröße von 1,2 ha wurde der anvisierte Schnitt von vier Plots pro Hektar erfüllt.

Die durchschnittliche Artenzahl pro Quadratmeter beträgt auf alle Aufnahmen gerechnet 14,5. Im Plot mit der niedrigsten Artenzahl fanden sich drei verschiedene Pflanzenarten, im Plot mit der höchsten waren 27. Bei den Mittelwerten der Plots für die einzelnen Flächen war die Spannweite etwas geringer. Die artenärmste Wiese hatte im Durchschnitt 4,67 Arten pro Quadratmeter, die artenreichste Wiese hatte 24.

Das Repertoire an gefährdeten und geschützten Arten ähnelt dem der Gesamtartenlisten. Es fehlen vor allem Arten, die nur vereinzelt auf den Flächen vorkommen und nicht durch Zufall innerhalb eines der Plots lagen. Von den gefährdeten Arten wurden *Veronica agrestis* (4 Plots), *Ornithogalum umbellatum* (3 Plots) und *Polygala vulgaris* subsp. *oxyptera* (1 Plot), von den geschützten Arten nur *Dactylorhiza majalis* (2 Plots) aufgenommen. Zusätzliche Arten gab es nicht, da alle Arten, die innerhalb der Quadratmeter-Plots gefunden worden sind, auch in die Gesamtartenlisten eingetragen wurden. Für das gesamte Tal berechnet beträgt die durchschnittliche Zahl von gefährdeten und geschützten Arten nur 0,024 pro Quadratmeter, die am besten abschneidende Wiese hat einen Schnitt von 0,67.

4.1.3 Randstreifen

Innerhalb der drei Randstreifen wurden insgesamt 92 verschiedene Arten gefunden. Das Arteninventar ähnelt dem der untersuchten Flächen, wobei hier auch Pflanzen auftreten, die innerhalb der Wiesen nicht vorkamen. Dies sind insgesamt dreizehn Arten, von denen elf auf Artniveau bestimmt werden konnten. Es handelt sich dabei vorrangig um Pflanzen magerer Wiesen sowie Unkraut- und Ruderalpflanzen und drei Waldpflanzen (LANDOLT 2009). Die nicht bestimmten Arten wurden keiner Gruppe zugeordnet (s. Abb. 4). Von den dreizehn Arten kam nur *Thymus pulegioides* in allen drei untersuchten Randstreifen vor. Alle anderen Randstreifen-spezifischen Arten kamen jeweils nur einmal vor.

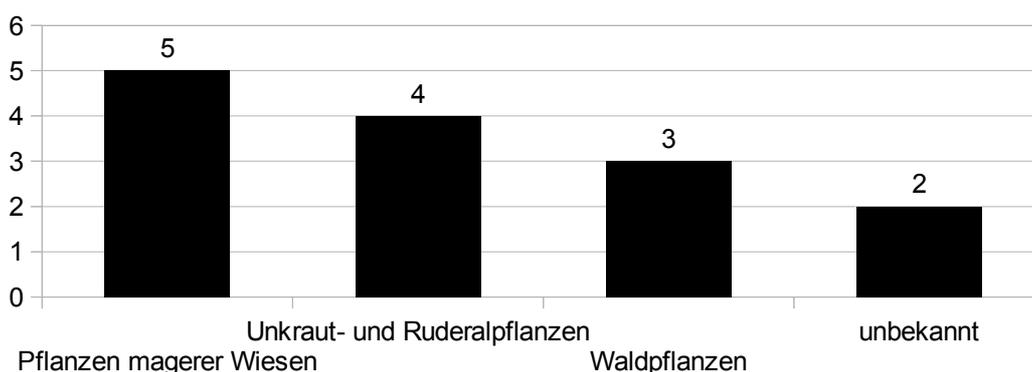


Abbildung 4: Ökologische Gruppen der Randstreifen-spezifischen Arten

Die drei Randstreifen unterscheiden sich in Hinblick auf die Artenvielfalt nicht wesentlich. Im Randstreifen in der Fraktion Müstair wurden insgesamt 50 Arten gefunden, in

Sta. Maria 61 Arten und in Valchava 56 Arten. Darunter waren 27 Arten, die in allen drei Randstreifen vorkamen.

Gefährdete Arten, die ausschließlich innerhalb der Randstreifen auftraten, waren *Fumaria officinalis* subsp. *wirtgenii* (Wirtgens Erdrauch) und *Potentilla verna* (Frühlings-Fingerkraut). *Fumaria officinalis* subsp. *wirtgenii* gilt in der Schweiz und in den Ostalpen als potentiell gefährdet, *Potentilla verna* nur in den Ostalpen (MOSER et al. 2002). Neben diesen beiden Arten kamen hier auch die aus den anderen Aufnahmen bekannten *Ornithogalum umbellatum* und *Primula veris* subsp. *columnae* vor (s. Tab. 7). Es kamen keine gesetzlich geschützten Arten in den Randstreifen vor.

Tabelle 7: Gefährdete und geschützte Pflanzenarten in den Randstreifen

Pflanzenname	Bewertung Rote Listen / Schutzstatus	Anzahl Randstreifen
<i>Fumaria officinalis</i> subsp. <i>wirtgenii</i>	Schweiz und Ostalpen: VU (verletzlich)	1
<i>Ornithogalum umbellatum</i>	Ostalpen: CR (vom Aussterben bedroht)	2
<i>Potentilla verna</i>	Ostalpen: VU (verletzlich)	1
<i>Primula veris</i> subsp. <i>columnae</i>	Ostalpen: NT (potentiell gefährdet)	1

4.2 Befragung der Landwirte

Anhand eines Fragebogens wurden die jeweils zuständigen Landwirte zu ihren Bewirtschaftungsmethoden befragt. Nur einer der beteiligten Landwirte bewirtschaftet seine Flächen konventionell, alle anderen arbeiten nach Bio Suisse-Kriterien (Label „Knospe“ zertifiziert). Die Umstellung erfolgte bei acht von zehn Bio-Landwirten Mitte der 1990er Jahre. Ein Landwirt stellte seinen Betrieb bereits etwas früher um, ein anderer erst im Jahr 2000. Der konventionell arbeitende Landwirt erbringt einen ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN), worin Grundlagen der umweltverträglichen Bewirtschaftung festgeschrieben sind. Der ÖLN ist in der Schweiz Voraussetzung, um Direktzahlungen vom Staat zu erhalten (DZV Art. 11–25, SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT 2013). Alle Befragten betreiben die Landwirtschaft als Haupterwerb, wenngleich einige von ihnen daneben auch touristische Dienstleistungen anbieten.

In vielen Fällen waren die Flächen älter, als die Landwirte dies benennen konnten. Nur etwa ein Drittel der Flächen wurde in der jüngeren Vergangenheit neu angelegt (s. Abb. 5). An einigen Stellen wurde Acker in Grünland umgewandelt, zudem wurden 2005 im

Rahmen der Revitalisierung des Roms die Wiesen zwischen Fuldera und Tschieri grundlegend bearbeitet. Unter anderem wurde Boden neu aufgeschichtet, sodass hier von einer teilweisen Neuanlage der Flächen ausgegangen werden kann. Übersaat oder Neueinsaat wurde nur in einzelnen Wiesen durchgeführt (s. Abb. 6).

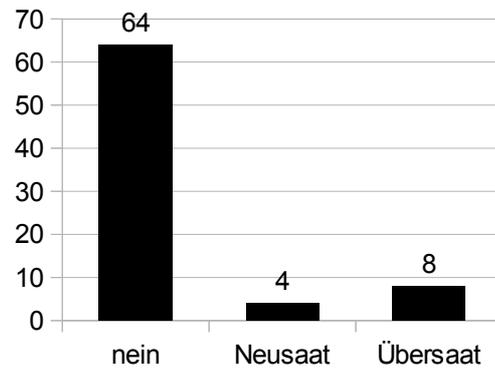
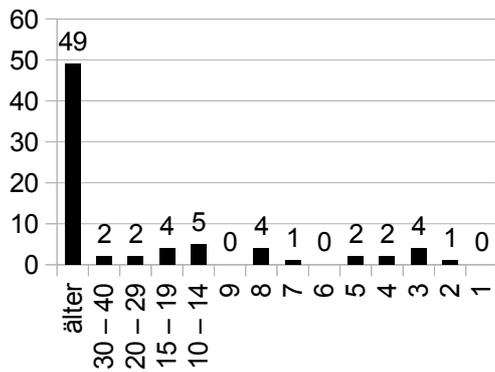


Abbildung 5: Altersverteilung der Flächen

Abbildung 6: Verteilung der Nachsaat-Typen

Die Flächen werden, wenn überhaupt, fast ausschließlich im Herbst beweidet. Die Hauptfunktion der Wiesen ist die Produktion von Heu für den Winter, während das Vieh im Sommer weiter oben auf den umliegenden Alpweiden weidet. Nur im Frühjahr, wenn die Bergwiesen noch nicht ausreichend gewachsen sind, und vor allem im Herbst, nach dem letzten Schnitt, werden die Flächen beweidet. Den Hauptanteil daran stellt die Beweidung mit Rindern dar, vorwiegend mit Milchkühen, aber auch mit Mutterkühen und Jungvieh. Ebenfalls eingesetzt werden Schafe, Pferde und Esel, wobei Schafe und Esel auf den untersuchten Flächen häufig zusammen eingesetzt werden (s. Abb. 7).

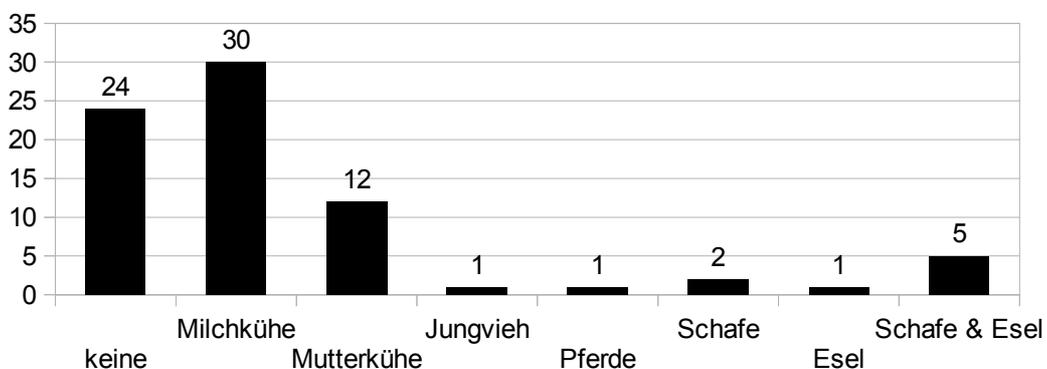


Abbildung 7: Verteilung der Beweidungstypen

Der Großteil der Flächen wird zweimal jährlich gemäht, es gibt allerdings auch Wiesen die dreimal oder nur einmal gemäht werden (s. Abb. 8). Der Zeitpunkt des ersten Schnitts ist dagegen sehr verschieden. Er variiert zwischen Mitte Juni und Mitte Juli (s. Abb. 9), wobei er sich mit zunehmender Höhenlage nach hinten verschiebt: in Müstair ist eine frühe Mahd Mitte Juni sehr üblich, in Fuldera und Tschierv hingegen wird keine Wiese vor Anfang Juli gemäht. Dementsprechend befinden sich die häufig gemähten Flächen eher unten im Tal, während sich alle nur einmal gemähten Flächen in Tschierv befinden.

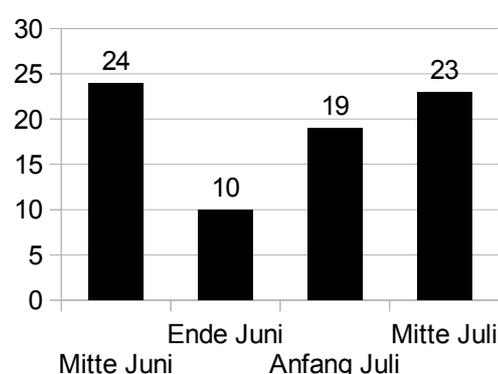
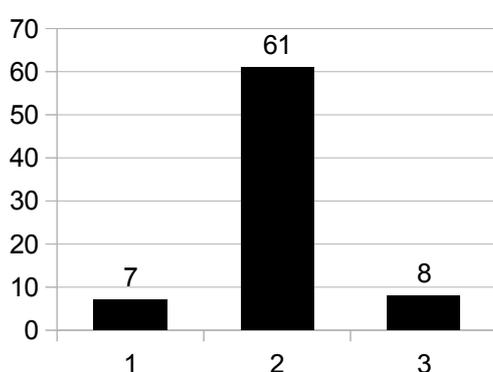


Abbildung 8: Verteilung der Schnitthäufigkeit

Abbildung 9: Verteilung der Zeitpunkte des 1. Schnitts

Zur Düngung der Flächen werden Mist und Gülle eingesetzt, häufig auch in Kombination. Nur eine der untersuchten Flächen wird gar nicht gedüngt (s. Abb. 10). Grund dafür ist laut dem bewirtschaftenden Landwirt die große Hofentfernung dieser Fläche, welche eine Düngung zu aufwendig macht. Die anderen Flächen werden bis zu dreimal jährlich gedüngt. Während unten im Tal oft beide Düngemittel eingesetzt werden, wird oberhalb von Sta. Maria häufig nur noch ein Typ verwendet. Ab Fuldera gewinnt der Mist gegenüber der Gülle an Bedeutung.

Etwa zwei Drittel der untersuchten Flächen werden künstlich bewässert, wobei ein Teil der Landwirte angab, die Bewässerung nur sanft oder nur in sehr trockenen Jahren einzusetzen. Der restliche Teil der Flächen wird gar nicht bewässert (s. Abb. 11). Es handelt sich bei den unbewässerten Flächen vor allem um Wiesen in Fuldera und Tschierv, wo das Klima feuchter ist als weiter unten im Tal. Auf den meisten Flächen wurde dort bislang auch keine Infrastruktur zur Bewässerung eingerichtet.

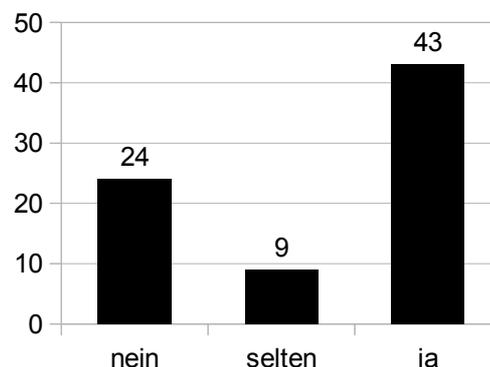
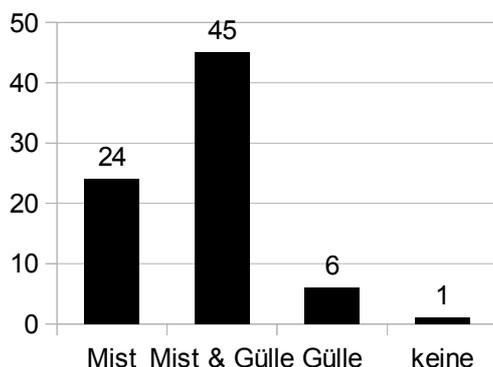


Abbildung 10: Verteilung der Düngungsarten Abbildung 11: Verteilung der Bewässerung

Bei der Befragung der Landwirte stellte sich heraus, dass vier der aufgenommenen Flächen falsch zugeordnet waren und nicht von den teilnehmenden Personen bewirtschaftet werden. Dies hat verschiedene Gründe: zum Teil hat die Bewirtschaftung in den vergangenen Jahren gewechselt und war in den zur Verfügung stehenden Daten noch falsch zugeordnet. In anderen Fällen sind die Flurstücke in mehrere Parzellen aufgeteilt und werden von verschiedenen Landwirten bewirtschaftet, was zur Folge hatte, dass Aufnahmen auf falschen Bereichen der Flächen durchgeführt wurden. Für diese Flächen wurden keine Bewirtschaftungsdaten erhoben, da aus Zeitgründen die richtigen Bewirtschafter nicht mehr ermittelt und befragt werden konnten.

4.3 Statistische Auswertung

Der Vergleich der Zeigerwerte zwischen den gefährdeten und geschützten Pflanzenarten und den häufigsten Pflanzenarten ist in Tabelle 8 dargestellt. Enthalten sind die Mittelwerte der häufigsten Arten, die Mittelwerte aller gefährdeten und geschützten Arten sowie die Zeigerwerte der in mehr als einer Fläche gefundenen gefährdeten und geschützten Arten.

Tabelle 8: Zeigerwerte der gefährdeten und geschützten Arten

	Temperatur	Kontinentalität	Licht	Feuchte	Wechselfeuchte	Reaktion	Nährstoff	Humus	Durchlüftung	Wurzeltiefe	Mahdverträglichkeit
Häufigste Arten	3,33	3,29	3,67	3	1,67	3,13	3,57	3	2,56	2,43	3,44
<i>Ornithogalum umbellatum</i>	4,5	4	3	3	2	4	4	3	1	1	2
<i>Dactylorhiza majalis</i>	2,5	3	4	4,5	3	4	3	5	1	1	2
<i>Draba nemorosa</i>	3	5	4	1,5	1	4	3	3	3	-	-
<i>Veronica agrestis</i>	3,5	2	4	3,5	1	2	4	3	3	1	-
<i>Lilium martagon</i>	3	3	3	3	2	4	3	3	1	-	2
<i>Myosotis ramosissima</i>	3,5	4	4	1	1	4	2	3	3	-	2
Mittelwert	3,5	3,44	3,67	2,83	1,89	3,44	2,89	3,67	1,89	1,6	2,14
Varianz	0,5	0,78	0,25	1,13	0,61	0,78	0,61	1	1,11	0,8	0,14

Die größte Abweichung zwischen den Mittelwerten der häufigsten und der gefährdeten und geschützten Arten besteht bei der Mahdverträglichkeit. Hier liegen alle Werte unter dem Mittel der häufigsten Arten. Ebenfalls hoch ist die Abweichung bei Wurzeltiefe und Nährstoffzahl, während die Werte für Licht, Kontinentalitätszahl, Feuchte und Wechselfeuchte nahezu identisch sind. Die Varianzen sagen aus, wie groß die Unterschiede innerhalb der gefährdeten und geschützten Arten sind. Während bei Mahdverträglichkeit und Licht relativ ähnliche Ansprüche bestehen, sind die Zeigerwerte für Feuchtigkeit, Humus und Durchlüftung sehr verschieden.

Als nächstes wurde der Vergleich der Randstreifen mit den direkt angrenzenden Flächen durchgeführt. Der Randstreifen mit dem größten Unterschied zur angrenzenden Fläche ist der in Sta. Maria. Dies ist mit 62 Arten der artenreichste der drei Streifen, während die angrenzende Fläche die artenärmste ist. Der Randstreifen wies 39 Arten mehr auf als die Vergleichsfläche. Bei den anderen Randstreifen war der Unterschied mit 19 und 24 Arten deutlich geringer.

Tabelle 9: Ökologische Gruppen der Randstreifen-spezifische Arten

	Wald-pflanzen	Gebirgs-pflanzen	Pionier-pflanzen	Sumpfpflanzen	Mager-wiesen-pflanzen	Ruderal-pflanzen	Fett-wiesen-pflanzen	unbe-kannt
Müstair	2	0	1	0	5	1	9	5
Sta. Maria	1	0	1	3	15	9	12	4
Valchava	1	2	0	0	12	3	10	1

Tabelle 9 zeigt die Zugehörigkeit der in den Randstreifen neu auftretenden Arten zu den ökologischen Gruppen. Die meisten neuen Arten gehören dem Grünland an, entweder der Gruppe der Mager- oder der Fettwiesen. Es kamen auch einige Ruderalpflanzen vor. Waldpflanzen, Gebirgspflanzen, Pionierpflanzen und Sumpfpflanzen wurden hingegen nur vereinzelt gefunden.

Als erster Trend ließ sich bereits im Gelände feststellen, dass die Artenvielfalt im Verlauf der Aufnahmen zugenommen hat. Die zu Beginn aufgenommenen Flächen im unteren Bereich des Tals waren weniger artenreich als die Flächen im oberen Bereich des Tals. Dies spiegelt sich auch in den durchschnittlichen Artenzahlen der Fraktionen wieder. Während Müstair mit 26,8 Arten pro Fläche den geringsten Wert aufweist, ist die durchschnittliche Zahl in Tschier mit 50,1 Arten pro Fläche am höchsten. Ähnliches gilt für die Artenzahlen pro Quadratmeter: die Fraktion mit dem geringsten Wert ist hier ebenfalls Müstair mit 10,74 Arten pro Quadratmeter, die mit dem höchsten ist Tschier mit 19 Arten pro Quadratmeter (s. Abb. 12).

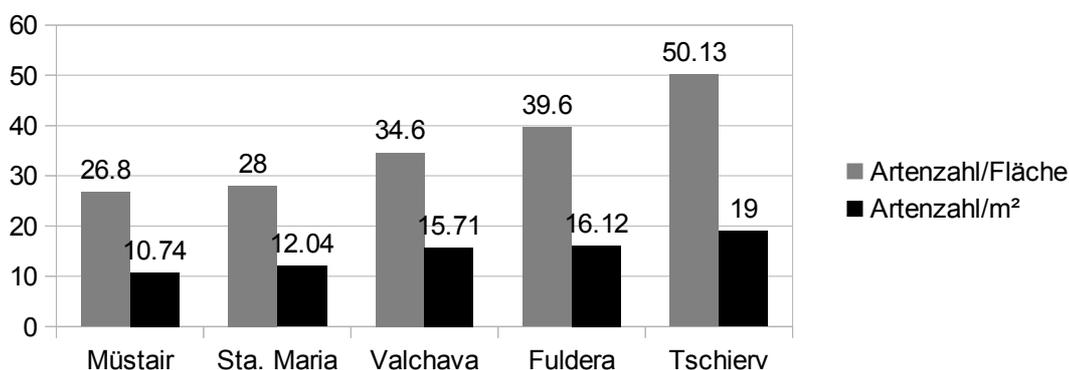


Abbildung 12: Artenzahlen der Fraktionen

Die Artenvielfalt steigt also an, je höher im Tal sich die Flächen befinden. Dies kann verschiedene Ursachen haben, da mit der Höhenlage verschiedene Parameter ver-

knüpft sind. Zudem verläuft das Val Müstair bogenförmig, sodass Unterschiede in der Sonneneinstrahlung zwischen dem oberen und dem unteren Bereich bestehen. Um die tatsächlich ursächlichen Faktoren herauszufinden, ist daher eine weitere Analyse notwendig.

Als einfachste Methode wurde ein Vergleich der artenärmsten Flächen („arme Flächen“) mit den artenreichsten Flächen („reiche Flächen“) sowie mit den Gesamtergebnissen durchgeführt. Für die armen Flächen wurden die zehn mit der geringsten Artenzahl ausgewählt, sie weisen zwischen 11 und 20 Arten auf. Da es zwei zehnt-reichste Flächen mit jeweils 47 Arten gibt, wurden für die reichen Flächen elf Aufnahmen berücksichtigt. Die artenreichste Fläche insgesamt hat 75 Arten. Die Mittelwerte der abhängigen Variablen finden sich sowohl für den gesamten Datensatz, als auch für die armen und reichen Flächen in Tabelle 10, die der erklärenden Variablen in Tabelle 11.

Tabelle 10: Vergleich der abhängigen Variablen

Bezeichnung	Alle Flächen: mittlere Artenzahl	Arme Flächen: mittlere Artenzahl	Reiche Flächen: mittlere Artenzahl
Gesamtartenlisten	35,8	18,0	54,4
Quadratmeter-Plots	14,8	7,1	20,5
Gefährdete und geschützte Arten	0,2	0,3	0,2

Der Unterschied zwischen den armen und den reichen Flächen findet sich in nahezu gleichem Verhältnis auch in den durchschnittlichen Artenzahlen pro Quadratmeter wieder. Die mittleren Artenzahlen lassen sich auch als Boxplot darstellen (s. Abb. 13).

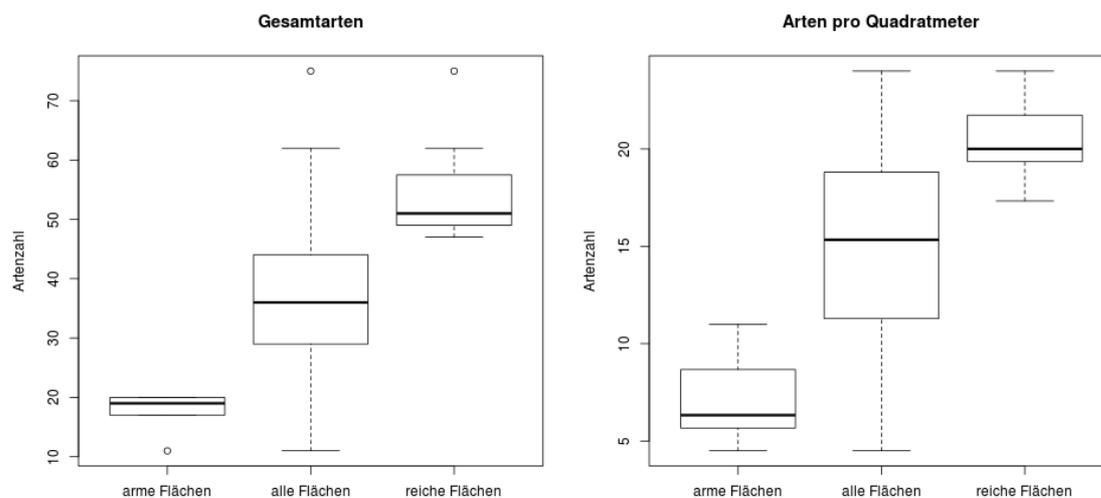


Abbildung 13: Boxplots der Artenzahlen

Auch aus den Boxplots lässt sich erkennen, dass das Verhältnis der armen und reichen Flächen zwischen den Gesamtarten und den Arten pro Quadratmeter sehr ähnlich ist. Die Flächen mit der höchsten Artenvielfalt insgesamt haben auch die meisten Arten pro Quadratmeter; die mit der geringsten Vielfalt haben die wenigsten Arten pro Quadratmeter. Auffällig ist jedoch die geringe Spannweite der Gesamtarten bei den armen Flächen, abgesehen von einem Ausreißer mit 11 Arten. Die restlichen armen Flächen weisen zwischen 17 und 20 Arten auf.

Tabelle 11: Erklärende Variablen

Bezeichnung	Alle Flächen: Mittelwerte	Arme Fläche: Mittelwerte	Reiche Flächen: Mittelwerte
Flächengröße	11,5 ha	10,2 ha	13,1 ha
Meereshöhe	1 495 m	1 333 m	1 704 m
Neigung	7,0 °	6,4 °	7,5 °
Hofdistanz	1 088 m	933 m	1 385 m
Bodentyp	Regosol* / Phaeozem**	Paheozem*	Regosol*
Gründigkeit	45,6 cm	62,5 cm	30,0 cm
Heterogenität	0,95	0,10	0,91
Alter der Fläche	36,2 Jahre	11,5 Jahre	43,0 Jahre
Nachsaat	0,16	0,50	0,09
Art der Beweidung	Milchkuh* / ohne**	Milchkuh*	Mutterkuh*
Anzahl Schnitte	2 Schnitte	2,5 Schnitte	1,45 Schnitte
Zeitpunkt 1. Mahd	Mitte Juni* / Mitte Juli**	Mitte Juni	Mitte Juli* / Anfang Juli**
Mistdüngung	0,9 mal pro Jahr	1,1 mal pro Jahr	0,9 mal pro Jahr
Güledüngung	1,0 mal pro Jahr	1,4 mal pro Jahr	0,7 mal pro Jahr
Gesamtdüngung	1,9 mal pro Jahr	2,5 mal pro Jahr	1,6 mal pro Jahr
Bewässerung	0,63	1,00 (= alle)	0,00 (= keine)
Biologische Bewirtschaftung	0,96	0,90	1,00 (= alle)
Nord-Süd-Exposition	-0,13	-0,44	-0,03
Ost-West-Exposition	0,50	0,31	0,56

* = häufigstes Merkmal, ** = ähnlich häufiges Merkmal

Werden die erklärenden Variablen betrachtet, so bestehen deutliche Unterschiede zwischen armen und reichen Flächen bei der Höhenlage, der Gründigkeit des Bodens, der Heterogenität der Flächen, dem Alter der Flächen und der Übersaat, der Mahdzahl und

dem Zeitpunkt des ersten Schnitts, der Gülledüngung und der Gesamtdüngung, der Bewässerung und der Exposition. Der Anstieg bei der Hofdistanz ist vor allem durch einen Ausreißer verursacht, ansonsten sind die Werte ähnlich.

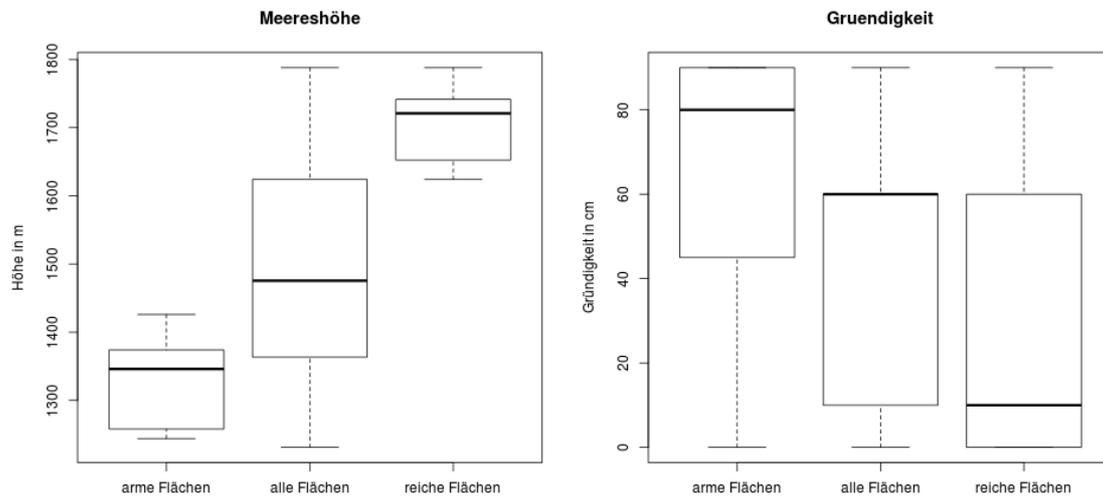


Abbildung 14: Boxplots der wichtigsten Umweltvariablen

In Abbildung 14 sind die beiden Umweltvariablen mit dem deutlichsten Unterschied zwischen armen und reichen Flächen als Boxplot dargestellt. Der Unterschied in der Meereshöhe zeigt sich auch darin, dass die reichen Flächen vor allem in der Fraktion Tschieriv liegen, nur zwei Flächen befinden sich in Fuldera. Die zehn ärmsten Flächen liegen dagegen unten im Tal, in den Fraktionen Müstair, Sta. Maria und Valchava (in absteigender Reihenfolge). Die Unterschiede in der Gründigkeit des Bodens finden sich auch bei den Bodentypen wieder: acht der zehn armen Flächen liegen auf Phaeozem-, die restlichen auf Regosol-Böden. Unter den reichen Flächen ist dagegen nur eine mit Phaeozem-Boden und sechs mit Regosol-Böden, zudem auch zwei Fluvisol- und zwei Gley-Böden.

Boxplots der wichtigsten Bewirtschaftungsparameter sind in Abbildung 15 abgebildet.

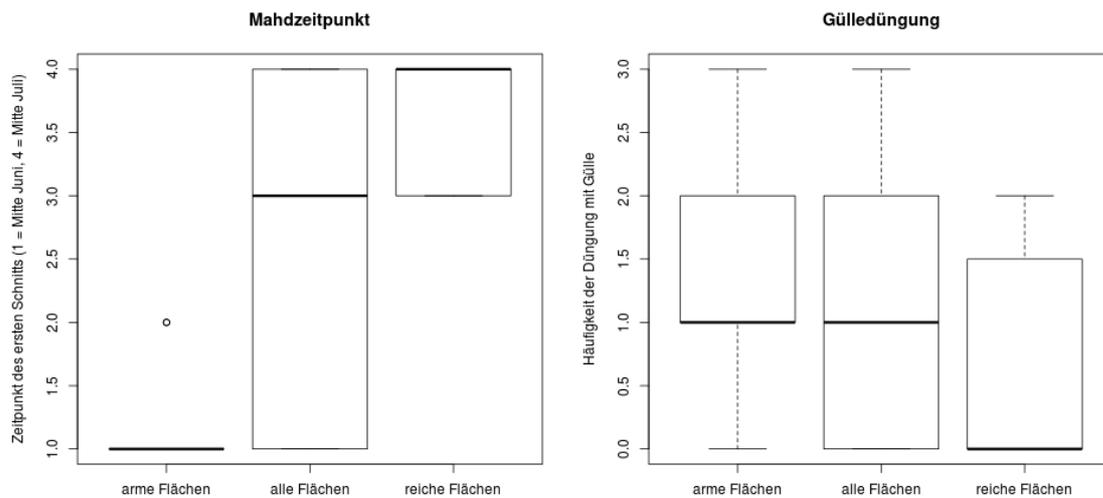


Abbildung 15: Boxplots der wichtigsten Bewirtschaftungsparameter

Beim Zeitpunkt der ersten Mahd gibt es keine Überlappungen zwischen armen und reichen Flächen. Alle artenarmen Flächen werden im Juni gemäht, bis auf eine sogar alle bereits in der Mitte des Monats. Die artenreichen Flächen werden dagegen Anfang bis Mitte Juli gemäht. Bei der Gülldüngung gibt es dagegen Überlappungen. Es ist jedoch auffällig, dass auf viele der reichen Flächen keine Gülle gebracht wird, auf den Großteil der armen Flächen hingegen schon und bis zu drei mal jährlich. Neben den dargestellten Variablen ist bei der Bewässerung der deutlichste Unterschied zu erkennen: alle armen Flächen werden bewässert, alle reichen Flächen werden nicht bewässert. Auch beim Alter der Flächen bestehen große Unterschiede. Von den reichen Flächen war eine von den Umbaumaßnahmen am Rombach betroffen, eine wurde 1998 eingerichtet, auf einer weiteren Fläche fand Übersaat statt. Die restlichen acht Flächen stellen alte Grünlandstandorte dar, welche sich seit Jahrzehnten entwickelt konnten. Von den armen Flächen hingegen ist keine länger als fünfzehn Jahre ungestört. Acht Flächen wurden seit 1999 komplett neu eingerichtet, auf den anderen beiden hat entweder eine Neueinsaat oder eine Übersaat stattgefunden.

4.3.1 Vortests für die Regression

Der Shapiro-Test kam zum Ergebnis, dass beide abhängigen Variablen normalverteilt sind. Allerdings ist es nicht ungewöhnlich, dass sich verschiedene Verteilungen bei hohen Mittelwerten der Normalverteilung annähern (DORMANN & KÜHN 2009, S. 12). Aufgrund des Ursprungs der Gesamtartenlisten als Zähldaten wird daher weiter von einer Poisson-Verteilung ausgegangen. Von den erklärenden Variablen ist einzig die Nei-

gung der Flächen normalverteilt. Die Variablen Flächengröße, Exposition, Hofdistanz, Gülledüngung und Gesamtdüngung sind rechtsschief, das Alter der Flächen ist links-schief. Es wurde versucht, diese Variablen mithilfe einer Logarithmierung zur Normalverteilung zu transformieren. Bei der Flächengröße und der Hofdistanz war dies erfolgreich, alle anderen Variablen ließen sich nicht transformieren.

Als nächstes fand der Test auf Kollinearität statt. Zusammenhänge zwischen den erklärenden Variablen wurden dabei in drei verschiedenen Fällen festgestellt. Diese sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Kollinearität

Variable 1	Variable 2	Wert
Gülledüngung	Gesamtdüngung	0,96
Meereshöhe	Bewässerung	-0,87
Meereshöhe	Zeitpunkt 1. Mahd	0,80

Der stärkste Zusammenhang besteht dabei zwischen Gülledüngung und Gesamtdüngung. Wird häufig im Jahr Gülle auf die Fläche gebracht, so wird die Fläche auch insgesamt häufig gedüngt. Das gleiche gilt für die Höhe der Flächen über dem Meer und dem Zeitpunkt der ersten Mahd. Ein negativer Zusammenhang besteht dagegen zwischen der Meereshöhe und der Bewässerung.

Die univariate Regression zeigt, dass die Abhängigkeit von ARTtotal zur Flächengröße, pflanzenverfügbaren Gründigkeit, Gülledüngung und Gesamtdüngung unimodal, zu allen anderen erklärenden Variablen sigmoid ist. Das größte R^2 hat die Variable Meereshöhe, die Variablen Neigung und Mist und die Expositionsvariablen sind aufgrund eines zu hohen p-Werts nicht signifikant. Für ARTmean ist die Beziehung zur Flächengröße, Gründigkeit, dem Alter der Fläche und den Expositionsvariablen unimodal. Das höchste R^2 hat der Zeitpunkt des 1. Schnitts. Neigung, Hofdistanz, Weidetyp, Mistdüngung und biologische Bewirtschaftung sind nicht signifikant (s. Tab. 13).

Tabelle 13: Ergebnisse der univariaten Regression

Erklärende Variable	ARTtotal (Poisson-glm)		ARTmean (lm)	
	R ²	p-Wert	R ²	p-Wert
Flächengröße	* 0,135	* 0,071	* 0,083	* 0,043
Meereshöhe	0,557	0	0,415	0
Neigung	0,003	0,331	0,039	0,087
Hofdistanz	0,015	0,041	0,045	0,066
Bodentyp	0,298	0	0,267	0
Gründigkeit	* 0,157	* 0	* 0,142	* 0,004
Heterogenität	0,084	0	0,062	0,030
Alter der Fläche	0,182	0	* 0,328	* 0
Übersaat	0,074	0	0,068	0,022
Art der Beweidung	0,030	0,016	0,021	0,458
Anzahl Schnitte	0,356	0	0,340	0
Zeitpunkt 1. Mahd	0,455	0	0,424	0
Mistdüngung	0,007	0,161	0,005	0,553
Gülledüngung	* 0,169	* 0,044	0,072	0,019
Gesamtdüngung	* 0,176	* 0,044	0,084	0,011
Bewässerung	0,487	0	0,292	0
Biologische Bewirtschaftung	0,020	0,012	0,001	0,752
Nord-Süd-Exposition	0,008	0,133	* 0,079	* 0,050
Ost-West-Exposition	0,001	0,611	* 0,089	* 0,033

* kennzeichnet das die Werte der Regressionen vom unimodalen Term

Tabelle 13 zeigt bereits, welche Variablen in einer univariaten Regression eine besonders gute Modellgüte vorweisen können. Neben den Variablen mit dem höchsten R² gibt es jeweils noch mehrere andere, die ebenfalls zur Erklärung der Artenzahlen beizutragen scheinen. Zusammenhänge zwischen den Variablen werden dabei jedoch nicht berücksichtigt. Für eine genauere Betrachtung werden daher Regressionsmodelle herangezogen.

4.3.2 Regressionsmodelle

Das Modell für ARTtotal nach der *backward selection* besteht aus der Flächengröße, dem Alter der Wiesen, dem Zeitpunkt der ersten Mahd, der Gülledüngung, der Bewässerung und der Neigung der Fläche, wobei zur Bewässerung ein negativer Zusammenhang vorliegt. Für ARTmean besteht das Modell aus der Entfernung zum Hof, dem Bo-

dentyp, der Anzahl der Schnitte, dem Zeitpunkt der 1. Mahd und der Neigung der Fläche. Von den verschiedenen Bodentypen lässt sich vor allem aus den Halbmoorböden eine Aussage zur Artenzahl ableiten, die sich wie die Anzahl der Schnitte negativ auswirkt. Die anderen Bodentypen sind nicht signifikant (s. Tab. 14).

Tabelle 14: Reduzierte Modelle

ARTtotal			ARTmean			
Variable	Schätzwert	Signifikanz	Variable	Schätzwert	Signifikanz	
Achsenabschnitt	2,0895	***	Achsenabschnitt	5.2013	*	
Fläche (logarithmiert)	0,0279	**	Hofdistanz (logarithmiert)	0.9011	***	
Alter der Fläche	0,0044	***	Bodentyp	Gley	1.6035	
Zeitpunkt 1. Mahd	0,1433	***		Halbmoor	-5.6412	***
Gülledüngung	normal	0,3343		***	Phaeozem	-2.0066
	quadriert	-0,1494		***	Regosol	-0.2821
Bewässerung	-0.3237	***		Alter der Fläche	0.0704	***
Neigung	0.0155	*	Anzahl Schnitte	-2.6674	***	
			Zeitpunkt 1. Mahd	1.8614	***	
			Neigung	0.4395	***	

Signifikanz-Codes: „ “ = $p > 0,05$ „ * “ = $p < 0,05$ „ ** “ = $p < 0,01$ „ *** “ = $p < 0,001$

Auch innerhalb der stark signifikanten Variablen (in Tab. 14 mit *** gekennzeichnet) können noch Unterscheidungen getroffen werden. In beiden Modellen weist jeweils der Zeitpunkt der ersten Mahd den geringsten p-Wert auf und ist somit die signifikanteste Variable. Für ARTtotal folgen darauf die Bewässerung, die Gülledüngung und das Alter der Fläche. Für ARTmean steht das Alter der Fläche an zweiter Stelle, danach kommen die Anzahl der Schnitte, die Neigung, der Halbmoorboden und die Hofentfernung. Die beiden Variablen mit der größten Signifikanz sind jeweils als Wireframe-Diagramme in Abbildung 16 dargestellt. Zusätzliche Wireframe-Diagramme mit jeweils drei abgebildeten Variablen befinden sich in Anhang III.

In beiden Diagrammen befindet sich der Zeitpunkt der ersten Mahd auf der x-Achse. Während der Anstieg bei ARTmean kontinuierlich erfolgt, findet bei ARTtotal ein Sprung in der Artenzahl zwischen 2 (Ende Juni) und 3 (Anfang Juli) statt. Der Anstieg mit zunehmender Bewässerung bei ARTtotal ist weniger deutlich als der Anstieg mit zunehmendem Alter der Fläche bei ARTmean.

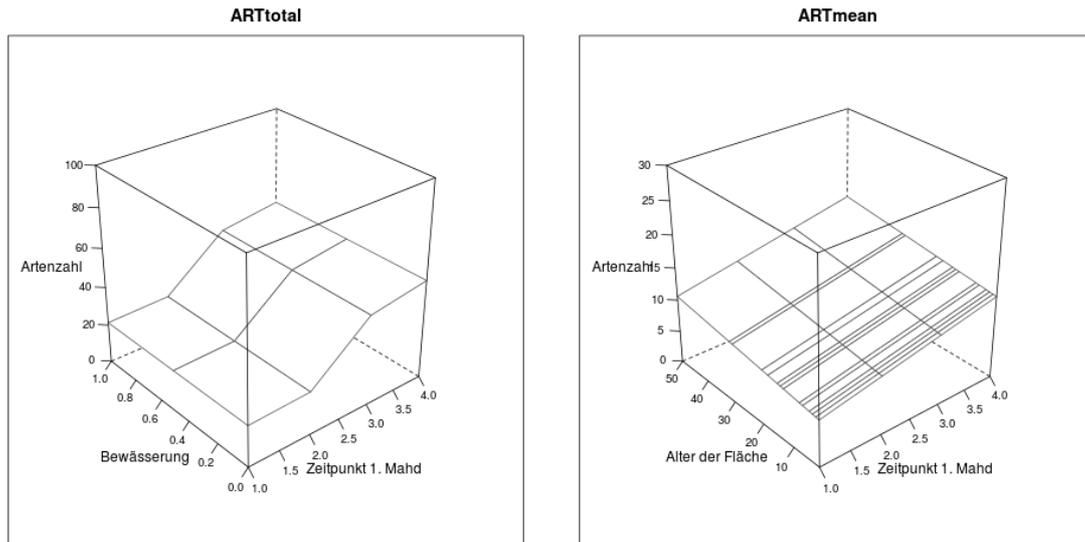


Abbildung 16: Wireframe-Diagramme der signifikantesten Modellvariablen

Die Devianz der Residuen des ARTtotal Modells beträgt 60,83 bei 68 Freiheitsgraden. Der Kennwert für Dispersion liegt mit etwa 0,89 nur wenig unter der Normdispersion von eins. Es liegt also keine ausgeprägte Über- oder Unterdispersion vor, die Annahme einer Poissonverteilung kann beibehalten werden. Das Gesamtmodell hat eine Güte 0,782 – die Regression erklärt also 78,2 % der Varianz des ursprünglichen Datensatzes. Die weitere Analyse ergibt, dass die Residuen normalverteilt sind, die Prognosen des Modells sind also sowohl für kleine als auch für große Werte gleichermaßen geeignet (s. Abb. 17). Für das reduzierte Modell von ARTmean ist das R^2 mit 0,83 etwas höher. Die Residuen sind ebenfalls normalverteilt, jedoch nicht so deutlich wie die des ARTtotal-Modells (s. Abb. 17).

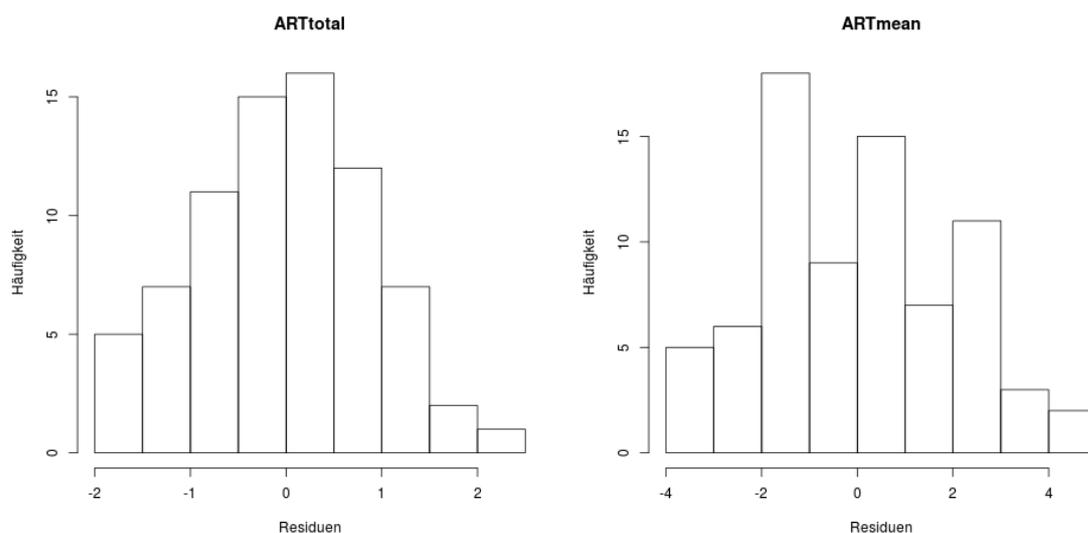


Abbildung 17: Histogramme der Residuen

Abbildung 18 zeigt die Abweichung der vorhergesagten Werte aus den Modellen von den tatsächlich im Gelände gemessenen Werten. Die Spanne von ARTmean ist dabei breiter als die von ARTtotal.

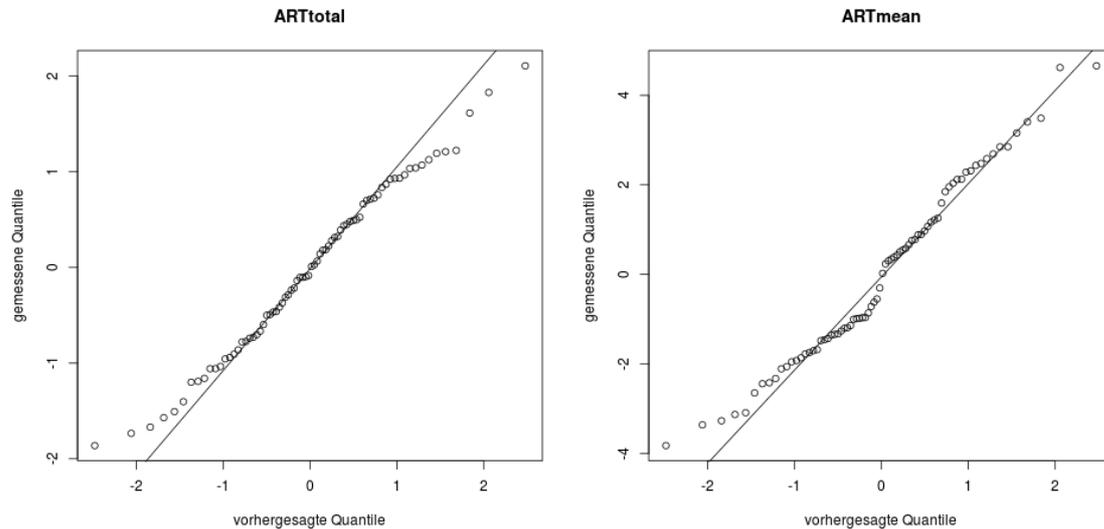


Abbildung 18: Q-Q-Plots der Modelle

Die durchgezogene Linie im Plot stellt die Normalverteilung dar. Je mehr die Quantile davon abweichen, desto ungenauer ist das Modell. Die Werte von ARTtotal liegen insgesamt etwas dichter an der Linie, dafür bestehen bei geringen und bei hohen Werten deutlichere Tendenzen als bei ARTmean.

4.3.3 Ordination

Da die Mehrheit der Beziehungen zwischen den erklärenden und den abhängigen Variablen sigmoid ist (s. Tab. 13), wird als Methode eine Hauptkomponentenanalyse gewählt. Das Ergebnis der PCA ist in Abbildung 19 dargestellt, sowohl für die erste und zweite Hauptkomponente als auch für die dritte Hauptkomponente. Um einzelne Arten besser analysieren zu können, wurde zudem in Abbildung 20 die Auswahl der häufigsten Arten und der gefährdeten und geschützten Arten als Ordinationsplot dargestellt. Die Kürzel der Umweltvariablen (grün dargestellt) sind in Tabelle 2 erklärt, die Artcodes (rot dargestellt) sind in Anhang II aufgeführt. In Anhang III finden sich vergrößerte Darstellungen der Biplots.

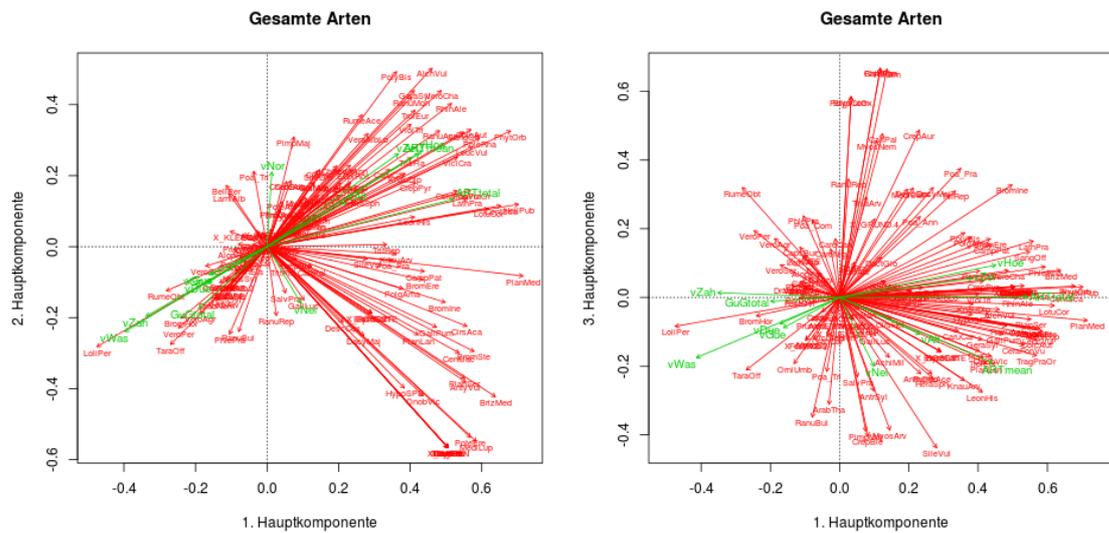


Abbildung 19: Biplots der Ordinationsergebnisse

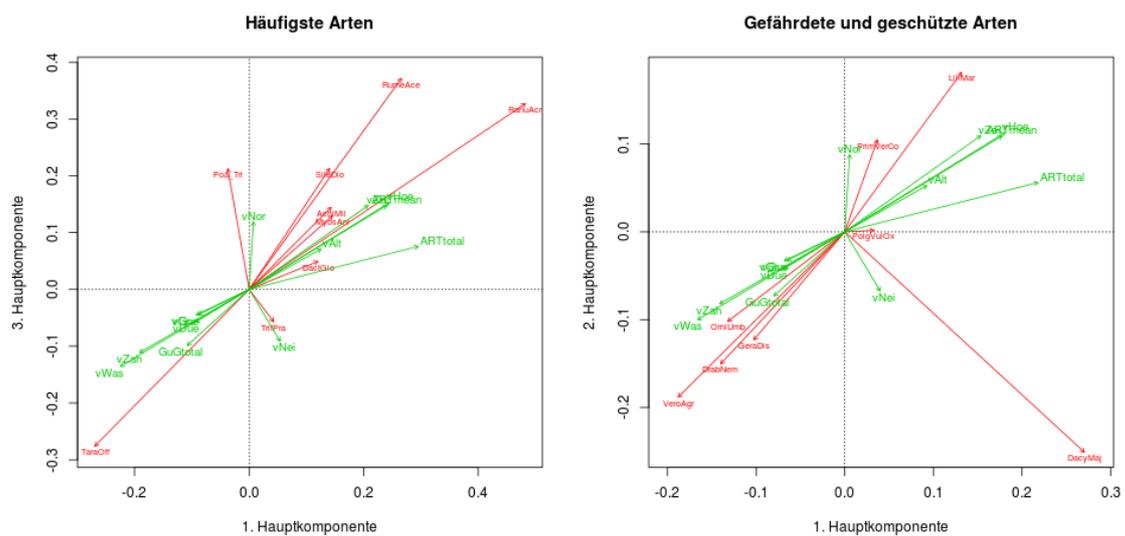


Abbildung 20: Biplots der Ordinationsergebnisse für ausgewählte Arten

Der Großteil der Arten liegt im 1. und 4. Quadranten des Koordinatensystems, also bei positiven Werten der ersten Hauptkomponente. Ebenfalls dort liegen die Umweltvariablen Alter der Fläche, Höhe und Mahdzeit, sowie die abhängigen Variablen ARTtotal und ARTmean. Dies bedeutet, dass mit den meisten Arten ein positiver Zusammenhang besteht. Dem entgegen wirkend befinden sich auf der gegenüberliegenden Seite Bewässerung, Mahdzahl und die Düngungs-Variablen. Sie wirken sich negativ auf die meisten Arten aus. Nur die Arten im 2. und 3. Quadranten sind positiv mit Bewässerung, hoher Mahdzahl und Düngung verknüpft. Mit der zweiten Hauptkomponenten korreliert sind die Variablen Nord-Süd-Exposition und Neigung, wobei Nordexposition

und Neigung einander entgegenstehen. Hier liegen im positiven und im negativen Bereich ähnlich viele Arten. Auch bei der dritten Hauptkomponente liegt Neigung nahe der Achse im negativen Bereich und es ist kein großer Unterschied in der Artenzahl erkennbar. Die nominal skalierten Variablen sind nicht im Diagramm dargestellt.

Die häufigsten Arten verteilen sich ähnlich wie die Gesamtarten. Der Großteil der Arten liegt im 1. Quadranten, einzig *Taraxacum officinale* befindet sich im 3. Quadranten. Es liegen allerdings deutlich weniger Arten im 4. Quadranten. Die Art, die am deutlichsten mit dem Zeitpunkt des 1. Schnitts, dem Alter der Flächen und der Meereshöhe korreliert ist, ist *Ranunculus acris*. Für die gefährdeten Arten sieht das Ergebnis anders aus. Hier liegen mit *Veronica agrestis*, *Draba nemorosa*, *Geranium dissectum* und *Ornithogalum umbellatum* gleich vier Arten im negativen Bereich zwischen erster und zweiter Hauptkomponente. Die geschützten Arten befinden sich dagegen im positiven Bereich der ersten Hauptkomponente, *Dactylorhiza majalis* ist stark negativ mit der zweiten Hauptkomponente verbunden, während sich *Lilium martagon* im positiven Bereich befindet.

Die erste Hauptkomponente hat einen Eigenwert von 21,4. Der Abstand zur 2. Hauptkomponenten mit einem Eigenwert von 11,579 ist relativ hoch, danach nehmen die Werte kontinuierlich ab, wie in Tabelle 15 dargestellt ist.

Tabelle 15: Eigenwerte der Hauptkomponenten

1. HK	2. HK	3. HK	3. HK	4. HK	5. HK	6. HK
21,409	11,579	8,529	7,372	5,808	5,364	4,668

5 Diskussion

5.1 Ergebnisdiskussion

Die einzelnen Wiesen unterscheiden sich stark in ihrer Artenvielfalt, die Spannweite liegt zwischen 11 und 75 Arten. Der Mittelwert von rund 35 Arten liegt dabei relativ mittig und entspricht in etwa den Beobachtungen von MARSCHALL (1951, S. 201), der im Durchschnitt 40 Arten pro Bestand gestellt hat.

Die beiden häufigsten Arten, *Taraxacum officinale* und *Trifolium pratense*, weisen auch die höchsten durchschnittlichen Deckungsgrade auf. Ähnliches gilt für die anderen Arten, die in mehr als 90 % der Aufnahmen vertreten sind. Ausnahmen bilden *Silene dioica* und *Myosotis arvensis*, welche in fast allen Wiesen vorkommen, aber nie dominant auftreten. Werden die Zeigerwerte der häufigen Arten betrachtet, so fällt auf, dass diese relativ mittig liegen, die Feuchtezahl und die Humuszahl befinden sich sogar genau mittig auf der Skala. Dies zeigt, dass die untersuchten Flächen tatsächlich mesophil sind. Die auffälligste Abweichung nach oben findet sich bei der Lichtzahl: im Vergleich zu anderen Pflanzenarten treten die häufig auftretenden Arten an hellen Standorten mit guter Lichtversorgung auf. Da es sich bei den untersuchten Flächen um Grünland handelt, liegt keine Beschattung durch Bäume und Sträucher vor. Ein weiterer hoher Wert ist der Zeigerwert für Nährstoffe. Die Arten bevorzugen nährstoffreiche Standorte, insbesondere Böden mit hohem Stickstoff- und Phosphorgehalt, was typisch für gedüngte Fettwiesen ist (DIERSCHKE & BRIEMLE 2002, S. 86–87).

Viele der in den Flächen festgestellten Arten sind identisch mit Arten, die bereits von MARSCHALL (1951) gefunden wurden. Das Verhältnis der Arten untereinander hat sich jedoch verändert. Den höchsten Wert damals (Produkt aus Stetigkeit und Menge) erreichte *Trisetum flavescens*. Es wurde in den neuen Untersuchungen in rund 74 % der Flächen gefunden und gehört damit nicht zu den häufigsten Arten. Allerdings konzentrierte sich MARSCHALL auf den oberen Bereich des Tals, wo der Anteil von *T. flavescens* auch heute noch deutlich höher ist. Ungefähr gleich geblieben ist der Anteil von *Heracleum sphondylium*, *Polygonum bistorta* und einigen weiteren Kräutern. Stark zugenommen hat der Anteil von *Taraxacum officinale*, *Silene dioica*, *Anthriscus sylvestris* und *Crepis biennis*, stark abgenommen hat dagegen der Anteil von *Campanula scheuchzeri*. Die größten Veränderungen hat es bei der Zusammensetzung der Gräser gege-

ben. Die Anteile von *Dactylis glomerata* und *Poa trivialis* haben deutlich zugenommen, während die Anteile von *Festuca rubra* und *Agrostis capillaris* deutlich zurückgegangen sind.

Taraxacum officinale und *Anthriscus sylvestris* sind beides Stickstoffzeiger, die bei starker Gülledüngung dominant auftreten (DIERSCHKE & BRIEMLE 2002, S. 86). Die Gräser *Dactylis glomerata* und *Poa trivialis* sind ebenfalls Arten nährstoffreicher Standorte, während *Agrostis capillaris* eine Art nährstoffarmer Standorte ist (LANDOLT 2009). Aus der Entwicklung der Artenzusammensetzung lässt sich so die Tendenz ablesen, dass der Düngemiteleinsatz seit den 1950er Jahren zugenommen hat.

Der Anteil der gefährdeten und geschützten Arten ist relativ gering. Bemerkenswert ist, dass viele der gefährdeten Arten im unteren Bereich des Tals auftreten, wo die Intensität der Bewirtschaftung höher ist. Das Vorkommen liegt zum Teil auch auf intensiv bewirtschafteten Wiesen, die dreimal jährlich gemäht oder mehrfach gegüllet werden. Mit Ausnahme von *Ornithogalum umbellatum* sind die Vorkommenszahlen jedoch so gering, dass sich kaum Aussagen über die Ursachen treffen lassen. *O. umbellatum* hat eine sehr hohe Temperaturzahl, was die Abwesenheit in höheren Lagen erklärt. Zudem ist die Nährstoffzahl höher als die der anderen gefährdeten Arten, sodass starke Düngung sich nicht negativ auswirkt. *Dactylorhiza majalis*, die am häufigsten auftretende geschützte Art, hat dagegen eine geringe Temperaturzahl und zudem eine sehr hohe Feuchtezahl. Sie kommt dementsprechend nur in der oberen Hälfte des Tals vor, wo ein humideres Klima herrscht.

Eine genauere Betrachtung der gefährdeten und geschützten Arten zeigt, dass keine Art der ökologischen Gruppe der Fettwiesenpflanzen angehört. Fast die Hälfte ist der Gruppe der Unkraut- und Ruderalpflanzen zuzuordnen, außerdem kommen Waldpflanzen, Sumpfpflanzen und Pflanzen magerer Wiesen vor. Auffällig ist, dass die Mahdverträglichkeit und die Nährstoffzahl deutlich unter dem Schnitt der häufigen Arten liegt. Der eigentliche Lebensraum dieser Pflanzen ist also nicht in den bewirtschafteten Talwiesen. Es ist daher fraglich, ob hier überhaupt spezielle Maßnahmen zum Erhalt der gefährdeten und geschützten Arten zu treffen sind oder ob diese besser auf andere Lebensräume ausgelegt werden sollten.

Die Ergebnisse der Quadratmeter-Plots ähneln denen der Gesamtflächen. Wiesen, die insgesamt wenig Arten haben, haben meist auch eine geringe Artenzahl pro Quadratmeter. Die Ergebnisse der Artenzusammensetzung und dem Auftreten von gefährdeten und geschützten Arten ähneln sich stark, auch wenn insgesamt in den Quadratmeter-

Plots etwas weniger Arten vorkommen als in den Gesamtartenlisten. Da alle Arten aus den Plots in die Listen aufgenommen wurden, umgekehrt jedoch zwischen den Plots weitere Arten gefunden wurden, die nicht in die Quadratmeter-Statistik eingehen, ist dies nicht weiter verwunderlich.

Die Befragung der Landwirte ergab, dass der Großteil der Flächen schon seit längerer Zeit besteht. Auch Neueinsaat oder Übersaat fanden nur wenig statt. Die Wiesen sind also in den meisten Fällen über Jahrzehnte gewachsene Vegetationseinheiten. Es lässt sich eine Abnahme der Bewirtschaftungsintensität mit steigender Höhenlage erkennen: der Zeitpunkt des ersten Schnitts wandert nach hinten, die Gesamtzahl der Schnitte und der Einsatz von Düngung nimmt ab, eine Bewässerung ist nicht mehr notwendig.

Analog zur Abnahme der Bewirtschaftungsintensität steigen mit zunehmender Höhe die Artenzahlen an. In Tschierv wurden pro Fläche beinahe doppelt so viele Arten gefunden wie in Müstair. Die größten Sprünge nach oben liegen dabei zwischen Sta. Maria und Valchava sowie zwischen Fuldera und Tschierv. Dies sind jeweils Fraktionen, die von der Höhenlage eigentlich ähnlich sind. Ein Anstieg der Artenzahlen pro Quadratmeter findet im gleichen Verhältnis statt: auch hier ist der Wert von Tschierv beinahe doppelt so hoch wie der von Müstair und die größeren Sprünge liegen an den gleichen Stellen (s. Abb. 11). Es wird daher vermutet, dass nicht die Höhenlage allein Ursache der steigenden Artenvielfalt ist.

Genauere Informationen zu den erklärenden Variablen liefert die Regression. Zunächst wurden die Beziehungen untereinander analysiert. Dabei wurden die Beobachtungen aus der Befragung der Landwirte noch einmal bestätigt. Die abnehmende Bewirtschaftungsintensität mit zunehmender Höhe ist so stark, dass sowohl für den Zeitpunkt der ersten Mahd als auch für die Bewässerung Kollinearität mit der Meereshöhe vorlag. Die Kollinearität zwischen Gülledüngung und Gesamtdüngung ist wenig überraschend, da die eine Variable benutzt wurde, um die andere zu berechnen.

Werden die Variablen einzeln betrachtet, so sind die Meereshöhe, der Zeitpunkt des ersten Schnitts und die Anzahl der Schnitte, sowie die Bewässerung der Flächen die wichtigsten Faktoren. Vor allem also Variablen, die dem Höhenkomplex zugeordnet werden oder Folge davon sind. Die signifikanten Variablen für ARTtotal und ARTmean sind zum Großteil identisch. Weitere Faktoren mit einem R^2 von über 0,1 sind der Bodentyp, die pflanzenverfügbare Gründigkeit und das Alter der Flächen, sowie im Fall

von ARTtotal die Flächengröße und die Düngung mit Gülle. In beiden Fällen unbedeutend sind die Neigung und die Düngung mit Mist.

Insgesamt lässt sich die Artenvielfalt mit einer Kombination von Variablen besser erklären, als mit einzelnen Variablen. Auch wenn die Höhenlage bei der univariaten Regression für ARTtotal das höchste R^2 aufweist, kommt es im durch *backward selection* reduzierten Regressionsmodell nicht mehr vor. Stattdessen sind der Zeitpunkt der ersten Mahd, die Güllendüngung, die Bewässerung und das Alter der Fläche wichtig. Auch die Flächengröße und die Neigung sind von Bedeutung, wenngleich die Signifikanz geringer ist als bei den anderen Variablen. Scheinbar sind die Faktoren, die mit steigender Meereshöhe verknüpft sind, insgesamt also wichtiger als die Höhenzunahme an sich. Auch bei ARTmean sind der Zeitpunkt des ersten Schnitts, das Alter der Fläche und die Neigung signifikante Faktoren. Zusätzlich finden sich im Modell die Hofdistanz, der Bodentyp und die Anzahl der Schnitte.

Es wird angenommen, dass ARTmean das genauere Modell ist, da es unabhängig von Flächengröße und Heterogenität funktioniert. Dies bestätigt auch die gemessene Modellgüte, die etwas höher ist. Die Residuen sind dagegen bei ARTtotal stärker normalverteilt. Heteroskedastizität liegt jedoch bei keinem der beiden Modelle vor, die Quantile befinden sich im Q-Q-Plot nahe an der Normalverteilung.

Es überrascht zunächst, dass die Flächengröße auch bei ARTtotal nicht zu den wichtigsten erklärenden Variablen gehört und die Heterogenität gänzlich fehlt. Allerdings hat bereits MARSCHALL (1951, S. 201) festgestellt, dass oberhalb einer Aufnahmefläche von 4 m² nur noch wenig neue Arten hinzukommen und das Minimalareal der Assoziation bei 100 m² liegt. Die Bedeutung der absoluten Flächengröße nimmt also mit steigenden Werten ab. Da die untersuchten Flächen durchgängig deutlich größer als 100 m² sind, scheint die Wirkung der Variable in den Hintergrund zu rücken. Die Heterogenität ist schon im Vorhinein limitiert, da die Flächen allesamt im Talgrund liegen und Extremlagen als Standort für Fettwiesen nicht in Frage kommen (MARSCHALL 1951, S. 205). Zwar gibt es durchaus Unterschiede bei der Heterogenität der Flächen, der Einfluss auf die Artenvielfalt ist aber nicht groß genug, um eine Aufnahme ins Modell zu rechtfertigen.

Im Ordinationsplot der PCA ist erkennbar, dass der Großteil der Arten positiv mit der ersten Hauptkomponente verknüpft ist. Der Zeitpunkt der ersten Mahd und die Meereshöhe sind die erklärenden Variablen, mit denen die meisten Arten übereinstimmen. Dies bestätigen die Ergebnisse der Regression. Die am stärksten negativen Variablen

Bewässerung und Mahdzahl sind in der Folge mit den meisten Arten negativ korreliert. Vor allem Arten wie *Taraxacum officinale*, *Lolium perenne* (Englisches Raygras) und *Rumex obtusifolius* (Stumpfblättriger Ampfer), welche auf intensivere Bewirtschaftungsformen hinweisen, stimmen mit ihnen überein. Sie verfügen über eine hohe Nährstoffzahl und eine hohe Mahdoleranz (LANDOLT 2009). Allerdings liegen im negativen Bereich der ersten Hauptkomponente auch die im unteren Talbereich vorkommenden gefährdeten Arten, was dazu führt, dass der Pfeil von GuGtotal (gefährdete und geschützte Arten aus den Gesamtartenlisten) in diese Richtung zeigt.

Die zweite Hauptkomponente hat einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Arten, allerdings nicht so sehr auf deren Anzahl. Sowohl im negativen als auch im positiven Wertebereich sind ungefähr gleich viele Arten vorhanden. Die Komponente ist positiv mit Nordexposition und negativ mit Neigung verknüpft, was auch auf feuchtere Standorte hindeuten könnte. Deutlicher an Feuchtigkeit geknüpft ist aber die dritte Hauptkomponente, auf welcher Arten mit hoher Feuchtezahl wie *Caltha palustris* (Sumpf-Dotterblume), *Myosotis nemorosa* (Hain-Vergissmeinnicht) und *Ranunculus repens* (Kriechender Hahnenfuß) im positiven Bereich und mit der die Arten *Silene vulgaris* (Gewöhnliche Klatschnelke), *Arabidopsis thaliana* (Schotenkresse) und *Ranunculus bulbosus* (Knolliger Hahnenfuß) mit relativ geringer Feuchtezahl negativ verknüpft sind (LANDOLT 2009). Auch hier zeigt sich der Einfluss vor allem in der Artenzusammensetzung, nicht jedoch in der Artenzahl.

Die artenarmen Wiesen waren mit einer Ausnahme nicht älter als fünf Jahre. Das Alter der Flächen wurde in beide Modellen aufgenommen. Eine Erklärung dafür ist, dass nach einer Neueinsaat die Wiesen zunächst hauptsächlich Arten aus der Saatmischung beinhalten. Viele Graslandarten breiten sich nur langsam aus, wodurch die Flächen erst nach und nach von neuen Arten besiedelt werden. Auch an ehemaligen Grünlandstandorten ist die Besiedlungsrate nicht unbedingt höher, da die Samenbank von rund zwei Dritteln aller Grünlandarten nur kurzlebig ist (DIERSCHKE & BRIEMLE 2002, S. 182–184). Durch intensive Bewirtschaftung wird die Lebensdauer der Samen zusätzlich reduziert, zudem ist bei Ackerbau-Folgenutzung der Nährstoffgehalt in den ersten Jahren noch so hoch, dass vor allem hochwüchsige Arten gefördert werden (ROSENTHAL & HÖLZEL 2009, S. 298, 308). Das bedeutet, dass die Neuanlage von artenreichen Wiesen und auch die Regeneration von verarmten Wiesen sehr aufwändig ist, bei Intensivgrünland noch mehr als bei Brachen. Aus diesem Grund muss Wert darauf gelegt werden, dass die bestehenden artenreichen Wiesen in der jetzigen Form erhalten bleiben und weder extensiviert noch intensiviert oder umgebrochen werden.

Nicht zutreffend ist diese Tendenz für die im Rahmen der Revitalisierung des Rombachs umgestalteten Wiesen der Palüds als Lais. Von den drei Wiesen, die laut Bewirtschafter betroffen waren, gehört eine sogar zu den artenreichsten Flächen. Die anderen beiden Flächen haben eine Artenvielfalt, die in etwa dem Durchschnitt der Fraktion entspricht. Dies mag daran liegen, dass die Flächen nicht in ihrer gesamten Ausdehnung von den Baumaßnahmen betroffen waren. Zum anderen scheinen die Baumaßnahmen so durchgeführt worden zu sein, dass das Arteninventar der Wiesen größtenteils erhalten geblieben ist, da nur in einer der drei Flächen einzelne Quadratmeter-Plots deutlich geringeren Artenzahlen aufweisen.

In beiden Modellen vorhanden ist der Zeitpunkt der ersten Mahd. Ist er zu früh angesetzt, kommen noch nicht alle Pflanzen zur Samenreife (MARSCHALL 1951, S. 204), wodurch sich die Artenzahl der Wiesen verringert. Zudem ermöglicht ein früher erster Schnitt erst das dreimalige Mähen. Da durch häufigeres Mähen die Arten mit geringer Schnittpertoleranz ausfallen, sinken die Gesamtartenzahlen der Wiesen weiter.

Die Neigung der Flächen findet sich ebenfalls in beiden Modellen, wenngleich mit weniger starker Wirkung als die anderen beiden Faktoren. Auch der direkte Vergleich zwischen armen und reichen Flächen zeigt keine großen Unterschiede, in der univariaten Regression ist die Neigung nicht signifikant. Wie die Ordinationsdiagramme zeigen, liegt die Wirkung der Neigung mehr in der Artenzusammensetzung als in der Artenzahl. Zusammen mit der Nord-Exposition der Flächen wird von der Neigung die zweite Hauptkomponente gebildet. Bei dieser Hauptkomponente ist der Unterschied in der Artenzahl nicht so deutlich wie bei der ersten Hauptkomponente. Dass Neigung und Nord-Süd-Exposition ähnliche Wirkungen haben könnte daran liegen, dass sich an südexponierten Hängen die Bewirtschaftung eher lohnt als an nordexponierten und so stärker geneigte Flächen noch als Fettwiesen betrieben werden.

Der Zusammenhang zwischen Artenvielfalt und Gölledüngung ist laut ARTtotal-Modell und der univariaten Regression für die Gesamtartenlisten unimodal. Das bedeutet, es gibt ein Optimum an Düngung, das nicht überschritten werden sollte. Bei zu hohem Düngemittelsatz bildet sich eine „Gölleflora“ aus hochwüchsigen Arten wie Stauden und *Taraxacum officinale* aus. Kleinere Arten und Untergräser werden dagegen verdrängt und die Artenvielfalt sinkt (DIERSCHKE & BRIEMLE 2002, S. 86, 157). Aufgrund des höheren Harnstoffanteils wirken die Nährstoffe aus Gölle im Unterschied zu Festmist schneller und direkter auf die Pflanzen (KORIATH & KOLLEKTIV 1975). Dies dürfte der Grund sein, weshalb sich durch die Gölledüngung das Vorkommen der Arten bes-

ser erklären lässt als durch die Mistdüngung und sogar als durch eine Kombination aus beiden Variablen.

Ebenfalls in ARTtotal findet sich die Bewässerung. In den bewässerten Wiesen ist die Artenvielfalt geringer als in den unbewässerten. Das schlägt sich auch darin nieder, dass von den armen Wiesen alle bewässert wurden, während auf keiner reichen Wiese künstliche Bewässerung stattfand. Diese Beobachtung deckt sich mit der von JEANGROS und BERTOLA (2001, S. 178–179) festgestellten Abnahme der Artenvielfalt bei Bewässerung.

Die Hofdistanz hängt ebenfalls mit der Artenvielfalt zusammen. Im Gespräch mit einem Landwirt wurde erwähnt, dass sich die Düngung einer Fläche aufgrund der großen Hofentfernung nicht lohnt. Ähnliches könnte für weitere Bewirtschaftungsparameter gelten, insbesondere für die Beweidung. Der Bodentyp hat nur im Fall der Moorböden einen signifikanten Effekt. Hier ist die Artenvielfalt geringer als bei den anderen Typen. Allerdings sind auch nur vier Flächen mit Halbmoor-Böden in den Aufnahmen vorhanden, die Stichprobengröße ist möglicherweise nicht groß genug. Im direkten Vergleich wurden auch deutliche Unterschiede bei der Gründigkeit festgestellt. Zudem waren die armen Flächen fast durchgehend auf den produktiveren Phaeozem-Böden, während der häufigste Bodentyp der reichen Wiesen Regosol war. Da im Rahmen der Regressionsmodelle für diese Variablen keine Signifikanz festgestellt worden ist, lässt sich diese Tendenz jedoch nicht verallgemeinern. Ein Grund für das Fehlen in den Regressionsmodellen könnte sein, dass sowohl auf den Phaeozem-Böden als auch auf den tiefgründigeren Böden eine intensivere Bewirtschaftung betrieben wird und dadurch die Wirkung dieser Faktoren bereits von anderen Variablen abgebildet wird.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Artenzahlen steigen, je weniger intensiv die Flächen bewirtschaftet werden. Um die Artenvielfalt zu erhalten, sollten daher extensive Bewirtschaftungsmethoden gefördert werden. Dies sind insbesondere ein später Zeitpunkt der ersten Mahd, eine geringe Zahl von Schnitten pro Jahr und ein angepasster Einsatz von Gülledüngung und künstlicher Bewässerung.

Die Untersuchung der Randstreifen zeigt, dass im unteren Bereich des Tals potenziell eine größere Artenvielfalt vorhanden ist, auch nicht in den Flächen vorhandene Grünlandarten kommen hier vor. Innerhalb der Randstreifen ist zudem die Zahl der gefährdeten Arten deutlich größer als in den Flächen. Zwar handelt es sich hierbei nicht um Pflanzen der Fettwiesen, einige der Arten wurden dennoch an anderer Stelle auch innerhalb der Wiesen gefunden. Die Einwanderung vom Rand in die Flächen funktioniert

scheinbar nicht. Dies liegt eventuell an der intensiveren Bewirtschaftung innerhalb der Flächen. Doch auch im unteren Talbereich existieren weniger intensiv bewirtschaftete Wiesen. Hier sollte versucht werden, die Artenvielfalt der Randstreifen auf die Flächen zu übertragen. Eine Möglichkeit dafür wäre zum Beispiel die Verteilung von Mahdgut aus den Randstreifen auf den Flächen. Gegenüber dem Aussäen von Saatgut aus dem Handel hat die Mahdgutübertragung mehrere Vorteile (ROSENTHAL & HÖLZEL 2009, S. 300). Zudem müssen in diesem Fall keine großen Distanzen zurückgelegt werden, was die Durchführung der Maßnahme erleichtert.

5.2 Methodendiskussion

Es sollte berücksichtigt werden, dass es sich beim Autor dieser Arbeit um keinen ausgewiesenen Fachmann der Schweizer Flora handelt. Das Thema wurde bewusst gewählt, um die eigenen Kenntnisse zu erweitern. Auch daher konnten trotz großen Aufwands und der Konsultation meiner beiden Prüfer leider nicht alle Pflanzen bis auf Art-niveau bestimmt werden. Auch die Fehlbestimmung einzelner Pflanzen ist nicht vollständig auszuschließen. Da bei der Auswertung der Daten die absoluten Artenzahlen im Vordergrund standen, ist dies in den meisten Fällen jedoch kein schwerwiegender Mangel.

Die Geländeaufnahmen wurden ausschließlich in den Monaten Mai und Juni durchgeführt. Dies war sehr passend, da der Unterschied in der Entwicklung der Wiesen im Frühjahr von Müstair nach Tschierv ausgenutzt werden konnte. Aussagen über die Artenvielfalt nach dem ersten Schnitt können so jedoch nicht getroffen werden. Jede Fläche wurde nur ein einziges Mal aufgenommen. Es wurde davon ausgegangen, dass die größte Zahl der Arten im Frühjahr zur Blüte kommt. Arten, die erst im Hochsommer oder Herbst blühen, wurden wenn möglich vegetativ erfasst (z.B. *Colchicum autumnale*). Es ist dennoch möglich, dass weitere Arten in den Flächen vorhanden sind, die mit dieser Methodik nicht zu entdecken waren. Dies gilt jedoch für alle Flächen gleichermaßen, sodass keine Verzerrung der Artenzahlen zu erwarten ist.

Die Bewirtschaftungsparameter der Flächen sind zum Teil recht homogen. Fast alle Flächen werden biologisch bewirtschaftet, der Großteil wird zweimal jährlich gemäht. Mit einer breiteren Datenbasis ließen sich eventuell noch eindeutiger Ergebnisse erzielen. Allerdings bildet die Auswahl in etwa die realen Verhältnissen im Tal ab, in dem über 80% der Betriebe biologisch arbeiten und die Landwirtschaft insgesamt relativ extensiv ist.

5.3 Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit konnten viele Antworten gefunden werden, einige Fragen sind jedoch auch offen geblieben oder haben sich im Verlauf der Bearbeitung neu gestellt. Diese hätten den Rahmen der Arbeit gesprengt oder liegen außerhalb der Fachkompetenz des Autors, sind aber dennoch von Interesse. Sie können als Anregung für zukünftige Forschungen verstanden werden.

Artenvielfalt lässt sich auch auf andere Aspekte als die Flora beziehen. Wie wirkt sich die Bewirtschaftung der Wiesen auf andere Artengruppen aus? Es könnte zusätzlich noch die Moosschicht der Wiesen untersucht werden, aber auch die faunistische Artenvielfalt ist von Interesse. Wiesenbewohner sind unter anderem Brutvögel, Heuschrecken, Schmetterlinge und Laufkäfer. Eine Analyse dieser Tiergruppen und auch die Verknüpfung zum Artenreichtum der Flächen wäre ebenfalls von Belang für die Bewertung und auch für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen der Biodiversität im Tal.

Die untersuchten Randstreifen waren deutlich artenreicher als die angrenzenden Fettwiesen. Es kamen sowohl Wiesenpflanzen als auch Ruderalpflanzen vor, die nicht innerhalb der direkt angrenzenden Flächen wuchsen, einige Pflanzenarten waren auch vollkommen neu. Die Stichprobengröße von drei ist hier jedoch sehr gering. Interessant wäre eine weitere Analyse der Randstreifen im gesamten Tal. Auch die Strukturelemente innerhalb der Flächen sollten in eine solche Untersuchung mit einbezogen werden.

Thematisch ähnlich ist die Frage, wie sich die Artenvielfalt der Randstreifen auf die Flächen übertragen ließe. Es ist überraschend, dass sich in den untersuchten Streifen sogar Fettwiesenpflanzen befanden, die in den direkt angrenzenden Flächen nicht gefunden werden konnten. Das Potenzial für Einwanderung ist scheinbar groß, bisher aber ungenutzt. Konzepte für die Übertragung auszuarbeiten und im Versuch auszutesten würde ein lohnenswertes, jedoch auch längerfristig zu betreibendes Projekt darstellen.

Während der Aufnahmen wurde wiederholt festgestellt, dass die im Winter angelegten Loipenstreifen auch im Frühjahr noch deutlich zu erkennen sind. Dort, wo der Schnee länger liegen blieb, weicht der Blühaspekt von den umliegenden Flächen ab. Im Rahmen dieser Arbeit wurden diese Streifen nicht explizit untersucht. DELARZE und GONSETH (2008, S. 197) schreiben, dass das floristische Artenspektrum durch künstliche Beschneidung nicht beeinflusst wird. Ob die Aussage aber auch auf die schmalen Loipenstreifen im Val Müstair zutrifft, muss noch analysiert werden. Fest steht, dass die Entwicklung der Pflanzen in diesen Streifen deutlich verzögert wird. In zukünftige floris-

tische Arbeiten ähnlicher Art ließe sich die Frage, ob es es einen Unterschied zu den umliegenden Bereichen der Wiesen gibt, relativ einfach integrieren.

In der Literatur wurde darauf hingewiesen, dass die Praxis von Pachtverträgen mit kurzen Laufzeiten die Landwirte daran hindert, Energie und Ressourcen für die langfristige Verbesserung der bewirtschafteten Wiesen aufzuwenden (LENTZ 1990, S. 139). Im persönlichen Gespräch mit den Landwirten wurde dies teilweise bestätigt. Es wäre daher interessant zu erfahren, ob ein Unterschied in der Artenzusammensetzung zwischen Pachtland und Eigenland besteht. Auch dies ließe sich in eine ähnliche Arbeit relativ einfach integrieren.

Ein weiteres Forschungsgebiet stellt die Verknüpfung zum Tourismus dar. Das Val Müstair vermarktet sich als Destination mit sanftem Tourismus und hohem natürlichen Wert. Es werden bereits botanische Wanderungen angeboten, die Talwiesen stehen dabei jedoch nicht explizit im Vordergrund. Um den Wert der artenreichen Wiesen besser nutzen zu können, sollte das Angebot an geführten botanischen Wanderungen ausgebaut und noch weiter vermarktet werden. Die blütenreichste Zeit ist im Frühsommer, der für die Tourismusbranche im Val Müstair ansonsten schwierigsten Jahreszeit (BIOSFERA VAL MÜSTAIR 2011, S. 50). Dies bietet die Möglichkeit, eine bessere Auslastung in der Nebensaison zwischen Wintersportzeit und Sommerferien zu erreichen und neue Gäste anzulocken. So ließe sich aus den artenreichen Wiesen direkt Wertschöpfung generieren. Vorteilhaft wäre dies besonders für die Landwirte, die im Nebenerwerb bereits Unterkünfte betreiben.

6 Fazit

Die Untersuchungen zeigen, dass die floristische Artenvielfalt der Fettwiesen im Val Müstair nicht nur von der Höhenlage, sondern auch von Bewirtschaftungsfaktoren abhängt. Insbesondere der Zeitpunkt der ersten Mahd, die Bewässerung der Flächen, die Düngung mit Gülle und das Alter der Wiesen sind von Bedeutung für eine hohe Diversität. Dabei hat eine intensivere Nutzung der Flächen stets einen Rückgang der Artenzahlen zur Folge und je länger die Flächen als Grünland genutzt werden, desto mehr Arten können sich etablieren.

Die Bewirtschaftung wird extensiver, je weiter oben im Tal die Wiesen liegen. Von Müstair nach Tschiers verdoppelt sich dadurch die Artenvielfalt der Flächen nahezu.

Dennoch gibt es auch Arten, die nur im unteren Bereich des Tals vorkommen, darunter auch mehrere gefährdete Arten.

Um die Artenvielfalt im Tal zu erhalten oder noch weiter zu steigern, werden folgende Vorschläge angeregt:

- Verhinderung einer weiteren Intensivierung der Flächen
- Verhinderung des Umbruchs von älteren Grünlandflächen
- Beibehaltung der flächendeckenden Bewirtschaftung im Tal
- Schaffung von Anreizen für spätere Mahdzeitpunkte
- Aufklärung über die Wirkung von Düngemitteln und Bewässerung
- Schaffung von Möglichkeiten, Wertschöpfung aus der Artenvielfalt zu generieren
- Übertragung des Mähguts der Randstreifen auf die Wiesen
- Weitere Forschung zur faunistischen Artenvielfalt oder der Artenvielfalt anderer Lebensräume im Tal

Diese Empfehlungen sollen dabei helfen, die Artenvielfalt im Val Müstair zu erhalten.

Literatur

- ANU (2014): *Bodenkarte Val Müstair*. Chur: Amt für Natur und Umwelt Graubünden.
- BÄTZING, W. (2003): *Die Alpen: Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft* (2. Auflage). München: Verlag C.H. Beck.
- BGS (2008): *Klassifikation der Böden der Schweiz* (3. Auflage). Luzern: Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz. Verfügbar unter: http://www.soil.ch/doku/klass_03_2010.pdf (Stand: 4.4.2014).
- BINZ, A. (1990): *Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz* (19. Auflage). Basel: Schwabe Verlag.
- BIOSFERA VAL MÜSTAIR (2004): *Leitbild Biosfera Val Müstair - Parc Naziunal*. Verfügbar unter: <http://www.biosfera.ch/leitbild.pdf> (Stand: 14.1.2014).
- BIOSFERA VAL MÜSTAIR (2011): *Charta 2010/11. Regionaler Naturpark Biosfera Val Müstair*. Biosfera Val Müstair. Verfügbar unter: <http://www.biosfera.ch/pdf/RNPChartaBiosferaValMuestair07.01.2010.pdf> (Stand: 14.1.2014).
- BLUME, H.-P., G.W. BRÜMMER, R. HORN, E. KANDELER, I. KÖGEL-KNABNER, R. KRETZSCHMAR, et al. (2010): *Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde* (16. Auflage). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): *Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde* (3. Aufl.). Wien & New York: Springer-Verlag.
- BUCHLI, S., B. BUSER & P. RIEDER (2003): *movingAlps: ein neuer Weg in der Regionalentwicklung? Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie* 1, 3–26.
- CRAWLEY, M.J. (2013): *The R book* (2. Auflage). Chichester: John Wiley & Sons.
- CUMÜN DA VAL MÜSTAIR (2014): *Cumün da Val Müstair*. Verfügbar unter: <http://www.cdvm.ch> (Stand: 8.1.2014).
- DARNUZER INGENIEURE AG (2008): *Naturnahe Revitalisierung des Rombaches in Fuldera. Zusammenfassung des Projekts*.
- DELARZE, R. & Y. GONSETH (2008): *Lebensräume der Schweiz: Ökologie - Gefährdung - Kennarten* (2. Auflage). Bern: Ott Verlag.
- DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION E.V. (2014): *Biosphärenreservate - Mensch und Biosphäre*. Verfügbar unter: <http://www.unesco.de/biosphaerenreservate.html> (Stand: 17.3.2014).
- DIERSCHKE, H. & G. BRIEMLE (2002): *Kulturgrasland: Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren* (Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht). Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- DORMANN, C.F. & I. KÜHN (2009): *Angewandte Statistik für die biologischen Wissenschaften*. Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ. Verfügbar unter: http://cran.r-project.org/doc/contrib/Dormann+Kuehn_AngewandteStatistik.pdf (Stand: 17.2.2014).

- EGGENBERG, S. & A. MÖHL (2013): *Flora Vegetativa: Ein Bestimmungsbuch für Pflanzen der Schweiz im blütenlosen Zustand* (3. Auflage). Bern: Haupt Verlag.
- ELLENBERG, H. & C. LEUSCHNER (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht* (6. Auflage). Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- ENGADIN VAL MÜSTAIR (2013): *Ausgewählte Sommer-Erlebnisse, Engadin Scuol Samnaun Val Müstair. Nationalparkregion Engadin Val Müstair*. Verfügbar unter: <http://www.engadin.com/erlebnisse/ferientipps/ausgewaehlte-sommer-erlebnisse/?S=1&R=4> (Stand: 25.3.2014).
- ETH ZÜRICH (2014): *R: Correlation, Variance and Covariance (Matrices)*. Verfügbar unter: <http://stat.ethz.ch/R-manual/R-patched/library/stats/html/cor.html> (Stand: 5.3.2014).
- FRITSCH, M. (2005): *Abklärung der Anwendungsmöglichkeiten integraler Strukturverbesserungsmaßnahmen für regionale Entwicklungsprojekte. Bedürfnisanalyse Schlussbericht*. Bundesamt für Landwirtschaft.
- GREEN, R.H. (1979): *Sampling design and statistical methods for environmental biologists*. New York: John Wiley & Sons.
- INFO FLORA (2004): *Info Flora. Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora. Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora*. Verfügbar unter: <http://www.infoflora.ch/> (Stand: 10.5.2013).
- JÄGER, E.J. (2011): *Rothmaler - Exkursionsflora von Deutschland: Gefäßpflanzen: Grundband*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- JÄGER, E.J. & W. ROTHMALER (2007): *Rothmaler - Exkursionsflora von Deutschland: Gefäßpflanzen: Atlasband*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- JEANGROS, B. & C. BERTOLA (2001): *Auswirkung der Beregnung auf Dauerwiesen einer Bergregion. AGRARForschung* 8 (4), 174–179.
- KANTON GRAUBÜNDEN (2013): *GeoGr - Geodatendrehscheibe Graubünden*. Verfügbar unter: http://geogr.mapserver.ch/shop/?q=de/start_page (Stand: 8.2.2014).
- KARTHÄUSER, J.M. (2008): *Die Biosfera Val Müstair – Parc Naziunal: Zur Akzeptanz des geplanten UNESCO-Biosphärenreservats* (Diplomarbeit). Oldenburg: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Verfügbar unter: http://www.biosfera.ch/PDF_Jugend/Karthauser_2008_Akzeptanz_Biosfera.pdf (Stand: 15.4.2013).
- KELLER, V., A. GERBER, H. SCHMID, B. VOLET & N. ZBINDEN (2010): *Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz* (Umwelt-Vollzug). (BAFU & Schweizerische Vogelwarte, Hrsg.). Bern & Sempach: Bundesamt für Umwelt; Schweizerische Vogelwarte.
- KLAPP, E. & W. OPITZ VON BOBERFELD (2006): *Taschenbuch der Gräser: Erkennung und Bestimmung, Standort und Vergesellschaftung, Bewertung und Verwendung*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- KÖHLER, W., G. SCHACHTEL & P. VOLESKE (2012): *Biostatistik. Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler*. Berlin & Heidelberg: Springer-Verlag.
- KORIATH, H. & KOLLEKTIV (1975): *Güllewirtschaft, Gülledüngung*. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag.

- LANDOLT, E. (2009): *Flora indicativa: Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*. Bern: Haupt Verlag.
- LAUBER, K., Gygax, Andreas, Wagner, Gerhart (2012): *Flora Helvetica: Flora der Schweiz*. Bern: Haupt Verlag.
- LENTZ, S. (1990): *Agrargeographie der bündnerischen Südtäler Val Müstair und Val Poschiavo* (Mannheimer geographische Arbeiten). Mannheim: Geographisches Institut der Universität Mannheim.
- LEYER, I. & K. WESCHE (2007): *Multivariate Statistik in der Ökologie: Eine Einführung*. Berlin & Heidelberg: Springer-Verlag.
- MARSCHALL, F. (1947): *Die Goldhaferwiese (Trisetum flavescens) der Schweiz: Eine soziologisch-ökologische Studie* (Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz) (Band 26). Bern: Verlag Hans Huber.
- MARSCHALL, F. (1951): *Beiträge zur Kenntnis der Goldhaferwiese (Trisetum flavescens) der Schweiz. Vegetatio* 3 (3), 195–209.
- MEYER, T. (2005): *Flora-de: Flora von Deutschland. Flora-de: Flora von Deutschland*. Verfügbar unter: <http://blumeninschwaben.de/index.htm> (Stand: 7.2.2014).
- MITTAG, H.-J. (2012): *Statistik: eine interaktive Einführung*. Berlin & Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- MOSER, D.M., A. GYGAX, BÄUMLER, BEAT, N. WYLER & R. PALESE (2002): *Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz* (BUWAL-Reihe „Vollzug Umwelt“). Bern & Chambésy: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweizer Flora; Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.
- NETZWERK SCHWEIZER PÄRKE (2013): *Portrait Schweizerischer Nationalpark*. Netzwerk Schweizer Pärke. Verfügbar unter: http://www.paerke.ch/de/pdf/portrait/nationalpark_portr_de.pdf (Stand: 14.1.2014).
- OBERDORFER, E., T. MÜLLER & D. KORNECK (1990): *Pflanzensoziologische Exkursionsflora*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- PARCS (2013): *New PARCS Webserver. parcs.ch*. Verfügbar unter: <http://snp.sde.parcs.ch> (Stand: 8.2.2014).
- PINÖSCH, D. (1983): *Val Müstair - Münstertal. Geschichtsschronik*. Sta. Maria Val Müstair.
- POTT, R. (1995): *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- R CORE TEAM (2013): *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Wien: R Foundation for Statistical Computing. Verfügbar unter: <http://stat.ethz.ch/R-manual/R-patched/library/stats/html/00Index.html> (Stand: 5.3.2014).
- ROSENTHAL, G. & N. HÖLZEL (2009): *Renaturierung von Feuchtgrünland, Auengrünland und mesophilem Grünland*. In S. Zerbe & G. Wiegand (Hrsg.): *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa* (S. 498). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- SARKAR, D. (2008): *Lattice: Multivariate Data Visualization With R (Use R!)*. New York: Springer-Verlag.

- SCHAEFER, M. (2012): *Wörterbuch der Ökologie* (5. Auflage). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT (1991): *Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (Stand am 1. Januar 2014)*. NHV. Verfügbar unter: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19910005/201401010000/451.1.pdf> (Stand: 14.4.2014).
- SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT (2007): *Verordnung über die Pärke von nationaler Bedeutung (Stand am 1. Januar 2008)*. PÄV. Verfügbar unter: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20071162/200801010000/451.36.pdf> (Stand: 14.1.2014).
- SCHWEIZERISCHER BUNDESRAT (2013): *Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Stand am 1. Januar 2014)*. DZV. Verfügbar unter: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20130216/201401010000/910.13.pdf> (Stand: 7.4.2014).
- TAPPEINER AG (2011): *Val Müstair. Wanderkarte 1:35.000*. Lana: Tourismus Engadin Scuol Samnaun Val Müstair AG.
- TASSER, E. & U. TAPPEINER (2002): *Impact of Land Use Changes on Mountain Vegetation*. *Applied Vegetation Science* 5, 173–184.

Danksagung

Diese Arbeit wäre nicht möglich gewesen ohne die Hilfe meiner beiden Betreuer. Rainer Buchwald half mir von Beginn an bei der Organisation des Themas, besuchte mich vor Ort in der Schweiz, um die genaue Methodik der Aufnahmen mit mir festzulegen und war eine große Hilfe bei der Bestimmung der Pflanzenarten. Cord Peppler-Lisbach half ebenfalls dabei, die verbliebenen unbekannt Arten zu bestimmen und war mir bei der Erarbeitung eines Konzepts für die statistische Auswertung behilflich.

Ein besonderer Dank gebührt auch der Biosfera Val Müstair und dem Schweizerischen Nationalpark, die mich in ihrem Gebiet forschen ließen und finanziell unterstützten. Ursula Koch trieb die Koordination vor Ort voran, stand immer hilfreich zur Seite und stellte den ersten Kontakt zu den Landwirten her. Reto Lamprecht war als landwirtschaftlicher Beirat sehr hilfsbereit und gab wichtige Ratschläge für die Auswahl der Flächen und die Auswertung der Daten. Valentin Pitsch übersetzte die Zusammenfassung dieser Arbeit ins Rätoromanische.

Mehr als dankbar bin ich auch den beteiligten Landwirten, die mich auf ihren Flächen Untersuchungen durchführen ließen und gerne Auskunft über ihre Bewirtschaftungsmethoden gaben, mich teilweise sogar auf einen Kaffee oder eine Cola zu sich einluden.

Ich danke allen Institutionen, die mir Daten zur Verfügung stellten. Christian Schmid vom Schweizerischen Nationalpark ermöglichte mir den Zugang zum GIS-Server des SNP. Peter Vincenz vom Amt für Landwirtschaft und Geoinformation stellte mir Bewirtschafteterdaten zur Verfügung. Von Nicolin Ragaz und Norbert Danuser vom Amt für Natur und Umwelt erhielt ich die Bodendaten der untersuchten Flächen. Den Zugang zu Literatur zum Thema ermöglichte mir Hans-Peter Schreich, der die Öffnungszeiten der Biblioteca Jaura für mich ausdehnte und bei der Recherche mit vielen Ratschlägen half.

An der Universität Oldenburg gilt mein Dank Astrid Behrends von der Universitätsbibliothek, die mir verlängerte Ausleihfristen ermöglichte und eine zügige Anschaffung der Flora Helvetica veranlasste. Des Weiteren danke ich der Fakultät V, die mir mit einem Mobilitätstipendium den Aufenthalt in der Schweiz finanziell erleichterte.

Vor Ort ermöglichten den Aufenthalt Hannelore Cueni, die mir eine Unterkunft im Tal organisierte sowie Ruth und Marcus Cola(-Federspiel), die mir ihre wunderschöne Ferienwohnung für zwei Monate im Frühsommer zur Verfügung stellten.

Ich möchte meiner Familie und meinen Freunden danken, die mich aus der Heimat unterstützten, dabei halfen, meine Akkus regelmäßig wieder zu aufladen und gemeinsam Zeit mit mir in der Bibliothek verbrachten.

Sehr hilfsbereit beim Korrekturlesen war Christina, die mir mit zahlreichen Anmerkungen half, den Text der Arbeit zu optimieren. Ich danke auch Tabea und Sönke für das spontane Korrekturlesen meines englischsprachigen Abstracts.

Zu guter Letzt danke ich meiner Freundin und Sambo (bald hoffentlich auch wieder offiziell) Mareile, die mich seit nun schon fast sieben Jahren überallhin begleitet. Danke für die Unterstützung über Skype, die Besuche in der Schweiz, das Hinauflaufen auf die Berge, das Ertragen meines zeitweisen Vertieftseins ins Thema und nicht zuletzt auch fürs Korrekturlesen. Danke für so vieles!

Anhang

Anhang I Fragebogen zur Grünlandbewirtschaftung

Anhang II Alphabetische Gesamtartenliste

Anhang III Zusätzliche Wireframe Diagramme

Anhang IV Ordinationsdiagramme

Anhang V Selbstständigkeitserklärung

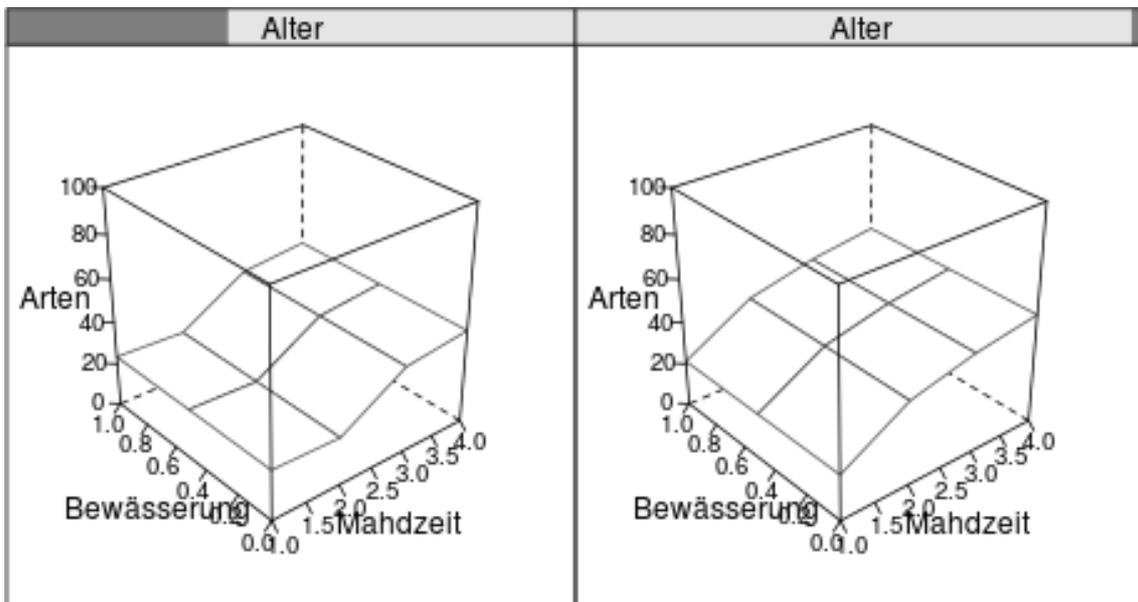
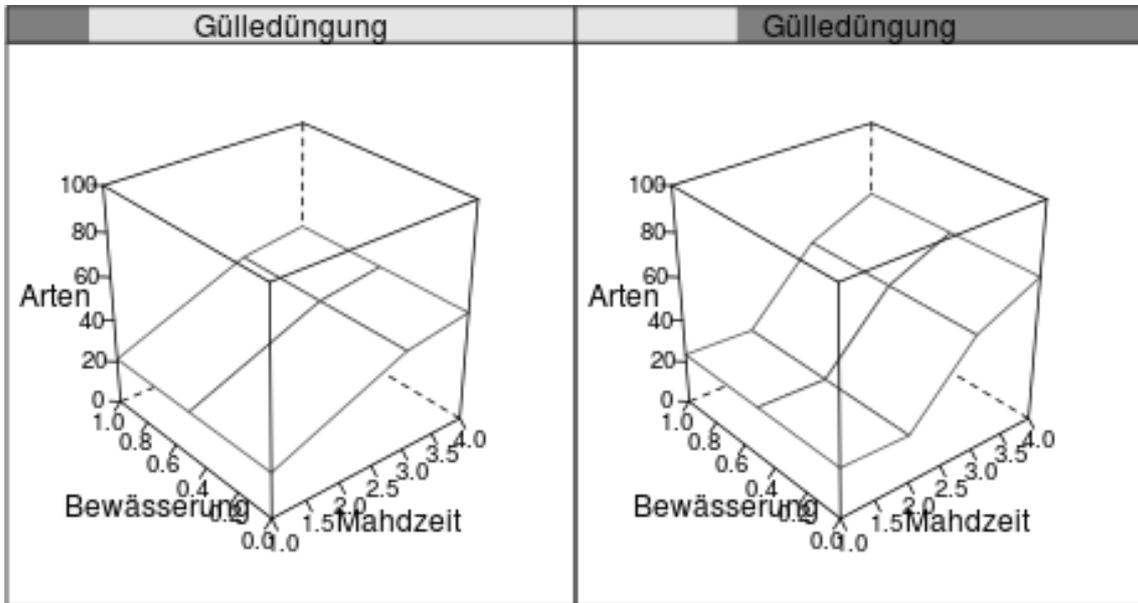
Anhang II: Alphabetische Gesamtartenliste

Code	Artnamen deutsch	Artnamen latein	Gefährdung	Anzahl Flächen	Anteil %	Mittlerer Deckungsgrad	Anzahl Randstreifen
AchiMil	Gewöhnliche Wiesen-Schafgarbe	Achillea millefolium L. s.l.		73	91,25	2,51	3
AlchVul	Gemeiner Frauenmantel	Alchemilla vulgaris aggr.		62	77,5	2,37	2
AlliSPE	Lauch	Allium spec.		1	1,25	1	0
AlopPra	Wiesen-Fuchsschwanz	Alopecurus pratensis L.		47	58,75	2,28	3
AnthOdo	Ruchgras	Anthoxanthum odoratum L.		41	51,25	2,44	2
AntrSyl	Wiesen-Kerbel	Anthriscus sylvestris (L.) HOFFM.		70	87,5	2,31	2
AntyVul	Gewöhnlicher Wundklee	Anthyllis vulneraria L. s.str.		3	3,75	1	2
ArabTha	Schotenkresse	Arabis thaliana (L.) HEYNH.		16	20	1,38	0
ArasSPE	Gänsekresse	Arabis spec.		2	2,5	1	0
ArrhEla	Französisches Raygras	Arrhenatherum elatius (L.) J. PRESL et C. PRESL		1	1,25	1	2
ArteCam	Gewöhnlicher Feld-Beifuss	cf Artemisia campestris L. s.str.		0	0	0	1
ArteVul	Gemeiner Beifuss	Artemisia vulgaris L.		0	0	0	1
BarbVul	Gemeine Winterkresse	Barbarea vulgaris R. BR.		2	2,5	1	0
BellPer	Massliebchen	Bellis perennis L.		70	87,5	1,57	3
BlysCom	Zusammengedrückte Quellbinse	cf Blysmus compressus (L.) LINK		1	1,25	2	0
BrizMed	Mittleres Zittergras	Briza media L.		4	5	1,25	0
BromEre	Gewöhnliche Aufrechte Trespe	Bromus erectus HUDS. s.str.		4	5	2	3
BromHor	Gersten-Trespe	Bromus hordeaceus L.		12	15	2,58	1
BromIne	Grannenlose Trespe	Bromus inermis LEYSS.		15	18,75	1,67	1
BromSte	Taube Trespe	Bromus sterilis L.		5	6,25	1,6	0
CaduCri	Krause Distel	Carduus crispus L.		1	1,25	1	0
CaltPal	Sumpfdotterblume	Caltha palustris L.		6	7,5	1,67	0
CampPat	Wiesen-Glockenblume	Campanula patula L. s.str.		6	7,5	1,17	3
CampTra	Nesselblättrige Glockenblume	Campanula cf trachelium L.		3	3,75	1	0
CapsBur	Gemeines Hirntäschel	Capsella bursa-pastoris (L.) MEDIK.		10	12,5	1,1	1
CareCan	Graue Segge	Carex canescens L.		1	1,25	2	0
CareFia	Schlaffe Segge	Carex cf flacca SCHREB.		1	1,25	1	1
CareNig	Braune Segge	Carex nigra (L.) REICHARD		2	2,5	1	0
CarePan	Rispen-Segge	cf Carex paniculata L.		2	2,5	1,5	0
CarlSPE	Golddistel	Carlina spec.		0	0	0	1
CaruCar	Kümmel	Carum carvi L.		67	83,75	2,22	3
CentJac	Gewöhnliche Wiesen-Flockenblume	Centaurea cf jacea L. s.str.		4	5	1	2
CentSca	Gewöhnliche Skabiosen-Flockenblume	Centaurea scabiosa L. s.str.		19	23,75	1,32	1
CeraFonVu	Gewöhnliches Hornkraut	Cerastium fontanum subsp. vulgare (HARTM.) GREUTER & BURDET		40	50	1,4	1
ChaeVil	Villars Gebirgs-Kälberkropf	Chaerophyllum villarsii W. D. J. KOCH		5	6,25	1,2	0
ChenBon	Guter Heinrich	Chenopodium bonus-henricus L.		8	10	1,13	1
CirsAca	Stängellose Kratzdistel	Cirsium acaule SCOP.		5	6,25	1	0
CirsArv	Acker-Kratzdistel	Cirsium arvense (L.) SCOP.		0	0	0	1
CirsEri	Wollköpfige Kratzdistel	Cirsium eriophorum (L.) SCOP. s.str.		1	1,25	1	0
CirsHel	Verschiedenblättrige Kratzdistel	Cirsium helenioides (L.) HILL		5	6,25	1,2	0
ColcAut	Herbst-Zeitlose	Colchicum autumnale L.		40	50	1,75	1
CrepAur	Gold-Pippau	Crepis aurea (L.) CASS.		4	5	1,25	0
CrepBie	Wiesen-Pippau	Crepis biennis L.		50	62,5	1,38	1
CrepPyr	Pyrenäen-Pippau	Crepis pyrenaica (L.) GREUTER		8	10	1,63	0
CrocAlb	Frühlings-Krokus	Crocus albiflorus KIT.		17	21,25	1,41	0
CynoCri	Wiesen-Kammgras	Cynosurus cristatus L.		2	2,5	1	1
DactGlo	Wiesen-Knäuelgras	Dactylis glomerata L.		78	97,5	2,72	3
DacyMaj	Breitblättriges Knabenkraut	Dactyloctenium majalis (RCHB.) P. F. HUNT & SUMMERH.	§ Schweiz	4	5	1	0
DescCes	Rasen-Schmiele	Deschampsia cespitosa (L.) P. BEAUV.		13	16,25	1,38	0
DianCar	Gewöhnliche Kartäuser-Nelke	Dianthus carthusianorum L. s.str.		1	1,25	1	0
DrabNem	Hellgelbes Felsenblümchen	Draba nemorosa L.	Schweiz: VU Ostalpen: VU	3	3,75	1	0
ElymCan	Hunds-Quecke	Elymus caninus (L.) L.		1	1,25	3	0
ElymRep	Kriechende Quecke	Elymus repens (L.) GOULD		1	1,25	2	0
EquiArv	Acker-Schachtelhalm	Equisetum arvense L.		3	3,75	1,33	0
EupRos	Wiesen-Augentrost	Euphrasia rostkoviana HAYNE s.str.		3	3,75	1,67	0
FallCon	Gemeiner Windenknoterich	Fallopia convolvulus (L.) Ä. LÖVE		0	0	0	1
FestOvi	Schaf-Schwingel	Festuca ovina aggr.		2	2,5	1,5	2
FestPra	Wiesen-Schwingel	Festuca pratensis HUDS. s.str.		1	1,25	1	0
FestRub	Rot-Schwingel	Festuca rubra aggr.		2	2,5	1	2
FiliUlm	Moor-Geissbart	Filipendula ulmaria (L.) MAXIM.		2	2,5	2,5	0
FragVes	Wald-Erdbeere	Fragaria vesca L.	Schweiz: NT Ostalpen: NT	0	0	0	1
FumaOffW	Wirtgens Erdrauch	Fumaria officinalis subsp. Wirtgenii (W. D. J. Koch) ARCANO.		0	0	0	1
GaliAlb	Weisses Wiesen-Labkraut	Galium album MILL.		2	2,5	1	2
GaliLuc	Glänzendes Labkraut	Galium cf lucidum ALL.		9	11,25	1,11	2
GaliPum	Niedriges Labkraut	Galium cf pumilum MURRAY		4	5	1,5	0
GaliVer	Gewöhnliches Labkraut	Galium cf verum L. s.str.		0	0	0	1
GeraDis	Schlitzblättriger Storchschnabel	Geranium dissectum L.	Ostalpen: VU	1	1,25	1	0
GeraSyl	Wald-Storchschnabel	Geranium sylvaticum L.		46	57,5	1,74	1
GeumRiv	Bach-Nelkenwurz	Geum rivale L.		1	1,25	1	0
GlechHed	Gewöhnliche Gundelrebe	Glechoma hederacea L. s.str.		16	20	1,38	2
HeliPub	Flaum-Wiesenhafer	Helictotrichon pubescens (HUDS.) PILG.		18	22,5	2	2
HeraSph	Wiesen-Bärenklau	Hieracium sphondylium L. s.str.		70	87,5	2,49	3
HierPil	Langhaariges Habichtskraut	Hieracium pilosella L.		1	1,25	1	2
HypoSPE	Ferkelkraut	Hypochaeris spec.		2	2,5	1	0
KnauArv	Feld-Wittwenblume	Knautia arvensis (L.) COULT.		26	32,5	1,19	3
KnauDip	Wald-Wittwenblume	Knautia dipsacifolia KREUTZER S.I.		19	23,75	1	0
KoelPyr	Gewöhnliche Pyramiden-Kammschmiele	Koeleria pyramidata (LAM.) P. BEAUV.		0	0	0	1

Code	Artnamen deutsch	Artnamen latein	Gefährdung	Anzahl Flächen	Anteil %	Mittlerer Deckungsgrad	Anzahl Randstreifen
LamiAlb	Weisse Taubnessel	Lamium album L.		42	52,5	1,24	1
LasiLat	Breitblättriges Laserkraut	Laserpitium latifolium L.		1	1,25	1	0
LathPra	Wiesen-Platterbse	Lathyrus pratensis L.		15	18,75	1,33	0
LeoniHis	Raues Milchkraut	Leontodon hispidus L. s.l.		19	23,75	1,32	2
LeucVul	Gewöhnliche Wiesen-Margerite	Leucanthemum vulgare LAM.		65	81,25	1,82	3
LiliMar	Türkenbund	Lilium martagon L.	§ Schweiz	2	2,5	1	0
LoliPer	Englisches Raygras	Lolium perenne L.		50	62,5	2,54	2
LotuCor	Gewöhnlicher Hornklee	Lotus corniculatus L.		23	28,75	1,39	3
MediLup	Hopfenklee	Medicago lupulina L.		3	3,75	2	2
MediSat	Saat-Luzerne	Medicago sativa L.		2	2,5	1	1
MyosArv	Acker-Vergissmeinnicht	Myosotis arvensis HILL.		75	93,75	1,89	3
MyosNem	Hain-Vergissmeinnicht	Myosotis nemorosa BESSER		5	6,25	1,2	0
MyosRam	Hügel-Vergissmeinnicht	Myosotis ramosissima ROCHEL	Schweiz: NT Ostalpen: VU	2	2,5	1	0
MyosSyl	Wald-Vergissmeinnicht	Myosotis sylvatica HOFFM.		1	1,25	1	0
OnobVic	Saat-Esparsette	Onobrychis vicifolia SCOP.		5	6,25	1,6	3
OrigVul	Echter Dost	Origanum vulgare L.		1	1,25	1	1
OrniUmb	Doldiger Milchstern	Ornithogalum umbellatum L.	Ostalpen: CR	7	8,75	1,14	2
PhlePra	Wiesen-Lieschgras	Phleum pratense aggr.		44	55	2,14	2
PhleRha	Rätisches Alpen-Lieschgras	Phleum rhaeticum (HUMPHRIES) RAUSCHERT		24	30	1,96	0
PhraAus	Schilf	Phragmites australis (CAV.) STEUD.		1	1,25	1	0
PhytBet	Betonienblättrige Rapunzel	Phyteuma betonicifolium VILL.		1	1,25	1	0
PhytOrb	Rundköpfige Rapunzel	Phyteuma orbiculare L.		38	47,5	1,42	1
PimpMaj	Grosse Bibernelle	Pimpinella major (L.) HUDS.		66	82,5	2,24	3
PlanLan	Spitz-Wegerich	Plantago lanceolata L.		27	33,75	1,22	2
PlanMed	Mittlerer Wegerich	Plantago media L.		22	27,5	1,18	2
PlanSer	Schlangen-Wegerich	Plantago serpentina ALL.		3	3,75	1	0
Poa_Ann	Einjähriges Rispengras	Poa annua L.		14	17,5	1,64	1
Poa_Com	Platthalm-Rispengras	Poa compressa L.		11	13,75	1,27	0
Poa_Pra	Gewöhnliches Wiesen-Rispengras	Poa pratensis L.		18	22,5	2,06	2
Poa_Tri	Gewöhnliches Rispengras	Poa trivialis L. s.str.		76	95	2,74	3
PolgAma	Sumpf-Kreuzblume	Polygala amarella CRANTZ		7	8,75	1,14	0
PolgVulOx	Schmalflügelige Wiesen-Kreuzblume	Polygala vulgaris cf subsp. oxyptera (RCHB.) SCHÜBL. & G. MARTENS		1	1,25	2	0
PolyBis	Schlangen-Knöterich	Polygonum bistorta L.		40	50	2,3	0
PoteArg	Silber-Fingerkraut	Potentilla argentea L.		0	0	0	1
PoteAur	Gold-Fingerkraut	Potentilla cf aurea L.		4	5	1	1
PoteEre	Blutwurz	Potentilla erecta (L.) RAEUSCH.		2	2,5	1	0
PoteVer	Frühlings-Fingerkraut	Potentilla verna L.	Ostalpen: NT	0	0	0	1
PrimVerCo	Graufilzige Frühlings-Schlüsselblume	Primula veris subsp. columnae (TEN.) MAIRE & PFTTM.	Ostalpen: NT	1	1,25	1	1
PrunVul	Kleine Brunelle	Prunella vulgaris L.		5	6,25	1,2	0
RanuAcr	Gewöhnlicher Scharfer Hahnenfuss	Ranunculus acris L. s.str.		73	91,25	2,04	2
RanuBul	Knolliger Hahnenfuss	Ranunculus bulbosus L.		29	36,25	1,83	3
RanuMon	Berg-Hahnenfuss	Ranunculus cf montanus aggr.		17	21,25	1,53	0
RanuRep	Kriechender Hahnenfuss	Ranunculus repens L.		14	17,5	1,14	0
RhinAle	Zottiger Klappertopf	Rhinanthus alectorolophus (SCOP.) POLLICH		43	53,75	2,33	2
RhinMin	Kleiner Klappertopf	Rhinantus minor L.		2	2,5	1,5	0
RosaCan	Hunds-Rose	Rosa canina L.		0	0	0	2
RumeAce	Wiesen-Sauerampfer	Rumex acetosa L.		74	92,5	2,39	3
RumeCt	Krauser Ampfer	Rumex crispus L.		2	2,5	2	0
RumeObt	Stumpfblättriger Ampfer	Rumex obtusifolius L.		35	43,75	1,49	1
SalvPra	Wiesen-Salbei	Salvia pratensis L.		5	6,25	1,2	3
SangOff	Grosser Wiesenknopf	Sanguisorba officinalis L.		36	45	1,69	2
SileDio	Rote Waldnelke	Silene dioica (L.) CLAIRV.		77	96,25	1,61	3
SileVul	Gewöhnliche Klatschnelke	Silene vulgaris (MOENCH) GARCKE s.str.		44	55	1,43	3
TaraOff	Gewöhnlicher Löwenzahn	Taraxacum officinale aggr.		80	100	3,04	3
ThalAqu	Akeleiblättrige Wiesenraute	Thalictrum aquilegifolium L.		1	1,25	2	1
ThlaArv	Acker-Taschelkraut	Thlaspi arvense L.		3	3,75	1	1
ThymPul	Arznei-Feld-Thymian	Thymus pulegioides L. s.str.		0	0	0	3
TragPraOr	Östlicher Wiesen-Bocksbart	Tragopogon pratensis subsp. orientalis (L.) CELAK.		30	37,5	1,37	3
TrifPra	Gewöhnlicher Rot-Klee	Trifolium pratense L. s.str.		78	97,5	2,94	3
TrifRep	Kriechender Klee	Trifolium repens L. s.str.		28	35	1,86	3
TrisFla	Wiesen-Goldhafer	Trisetum flavescens (L.) P. BEAUV.		59	73,75	2,68	3
TrolEur	Europäische Trollblume	Trollius europaeus L.		40	50	1,4	0
TussFar	Hufflattich	Tussilago farfara L.		1	1,25	1	0
VeraAlbLo	Grünlicher Germer	Veratrum album subsp. lobelianum (BERNH.) ARCANG.		9	11,25	1,22	0
Verogr	Acker-Ehrenpreis	Veronica agrestis L.	Ostalpen: NT	3	3,75	1	0
VerArv	Feld-Ehrenpreis	Veronica arvensis L.		44	55	1,41	2
VerCha	Gamander-Ehrenpreis	Veronica chamaedrys L.		31	38,75	1,29	1
VerPer	Persischer Ehrenpreis	Veronica persica POIR.		5	6,25	1	0
VerSer	Gewöhnlicher Thymian-Ehrenpreis	Veronica serpyllifolia L. s.str.		24	30	1,17	0
ViciCra	Gewöhnliche Vogel-Wicke	Vicia cracca L. s.str.		45	56,25	1,51	2
ViciSep	Zaun-Wicke	Vicia sepium L.		48	60	1,46	1
ViolTri	Gewöhnliches Feld-Stiefmütterchen	Viola tricolor L.		37	46,25	1,19	3
Codes unbestimmte Arten	Beschreibung / Vermutung	Vermuteter Artnamen latein	Gefährdung	Anzahl Flächen	Anteil %	Mittlerer Deckungsgrad	Anzahl Randstreifen
_GRAS-2	eventuell Süßgras	cf Poaceae		3	3,75	1,67	1
_GRUEN	unbestimmtes Kraut			1	1,25	1	0
_GRUND-4	unbestimmtes Grundblatt			2	2,5	1	0
_LIPPE	eventuell Lippenblütler	cf Lamiales		1	1,25	1	0
_KERZE-2	unbestimmter Stängel			0	0	0	1
_KLEE	eventuell Hülsenfrüchtler	cf Fabaceae		14	17,5	1,64	0
_KUEMMER	verkümmerte Knospen			1	1,25	1	0
_ROSETTE	unbestimmte Grundrosette			1	1,25	1	2

Anhang III: Zusätzliche Wireframe Diagramme

Wireframe-Diagramme für ARTtotal:



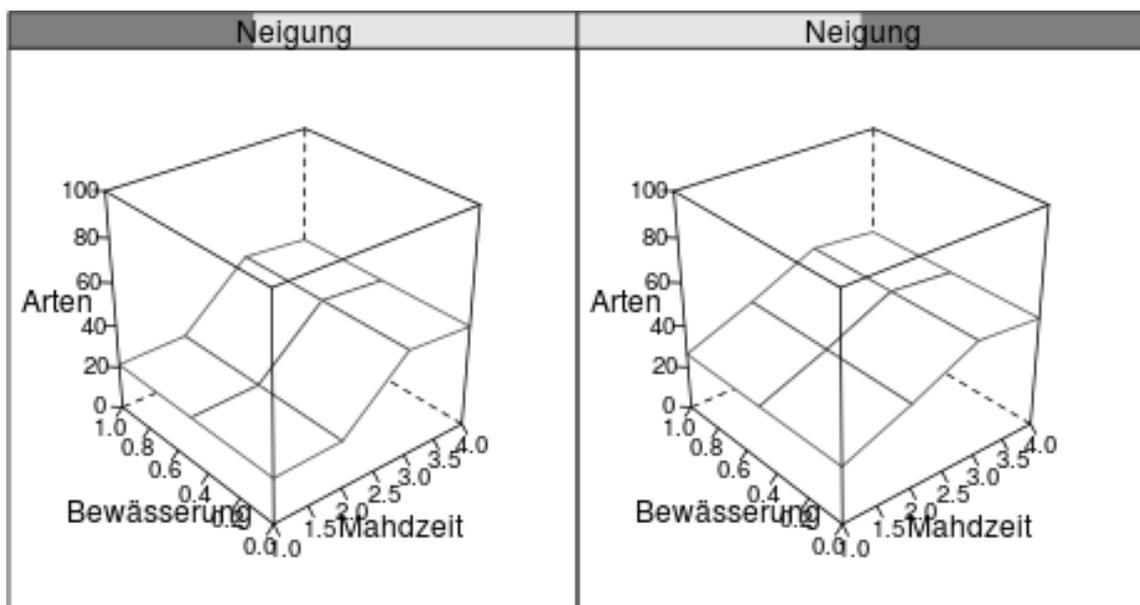
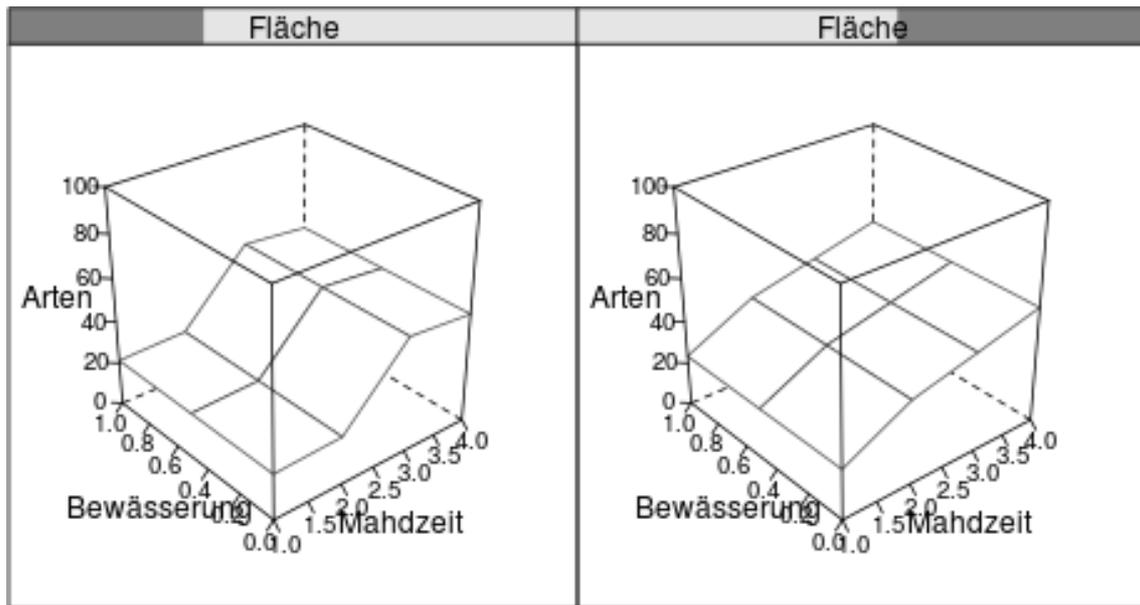
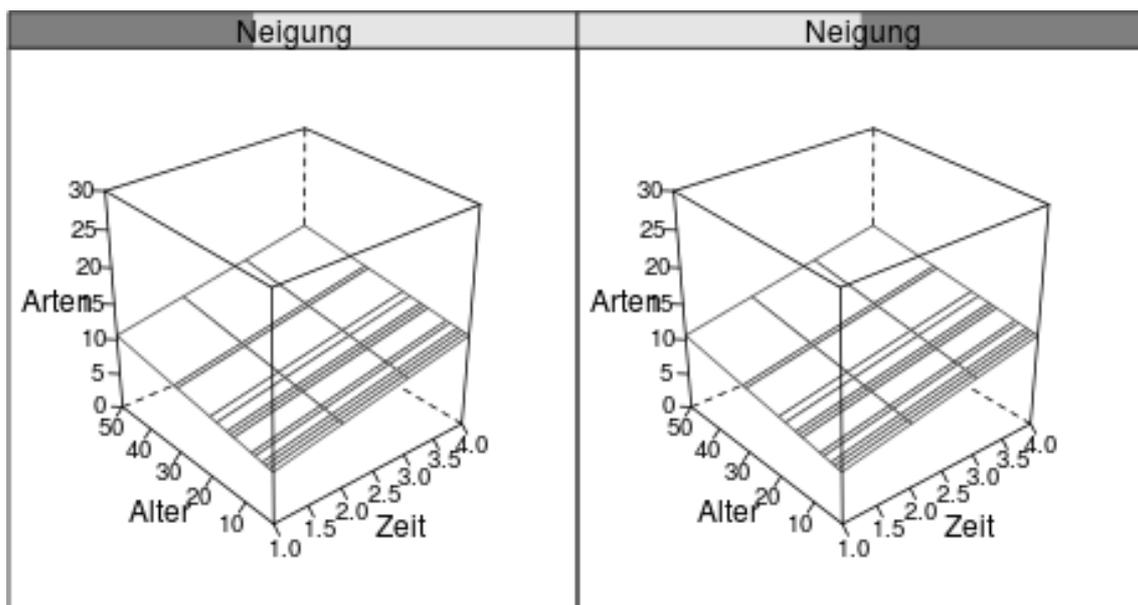
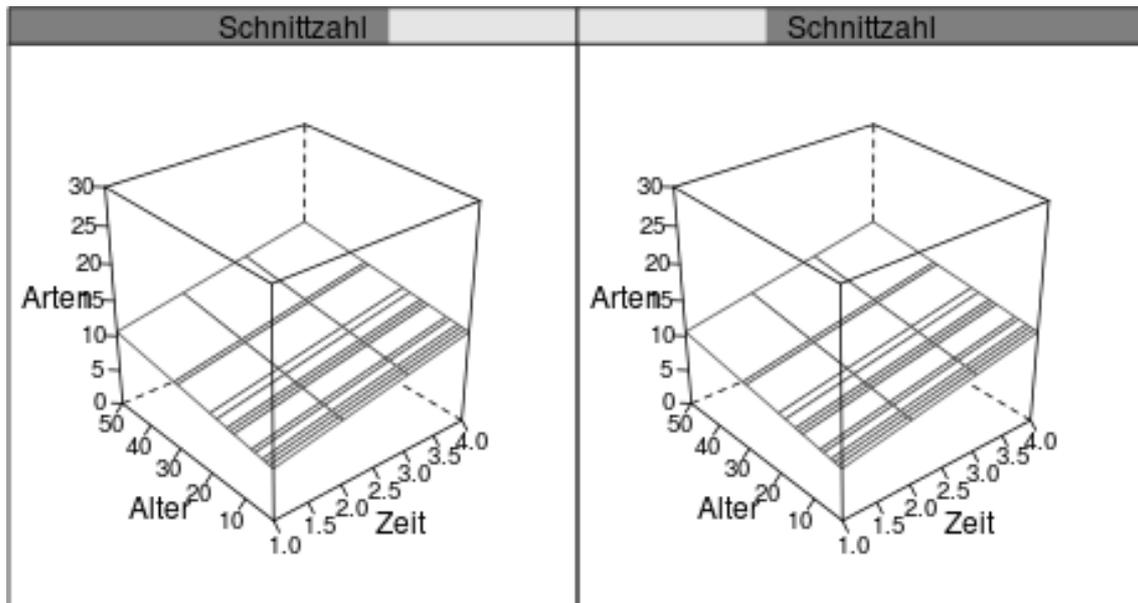
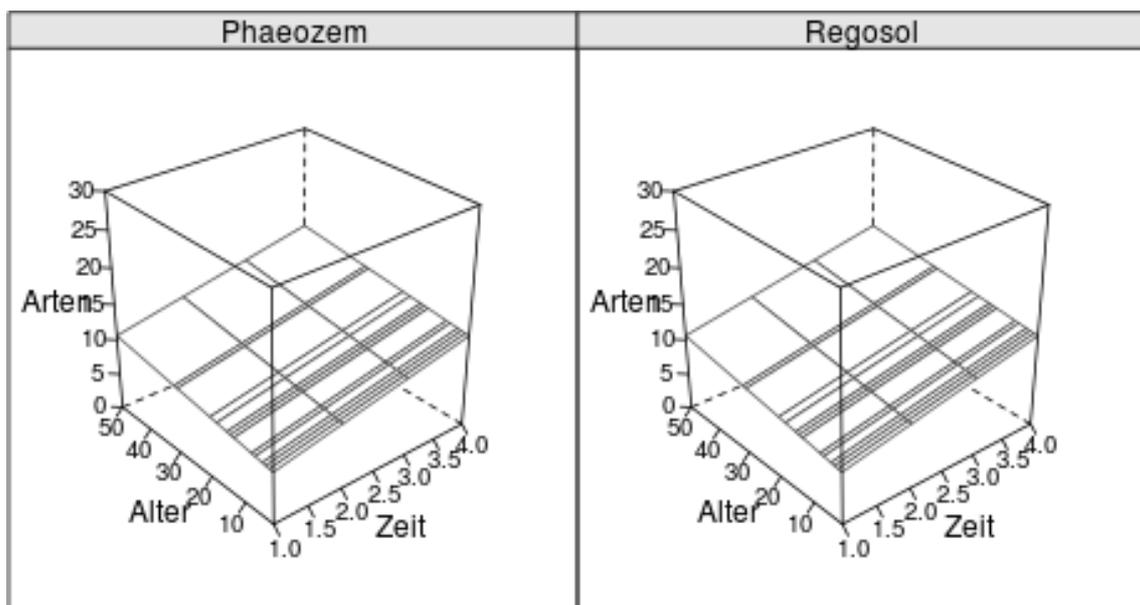
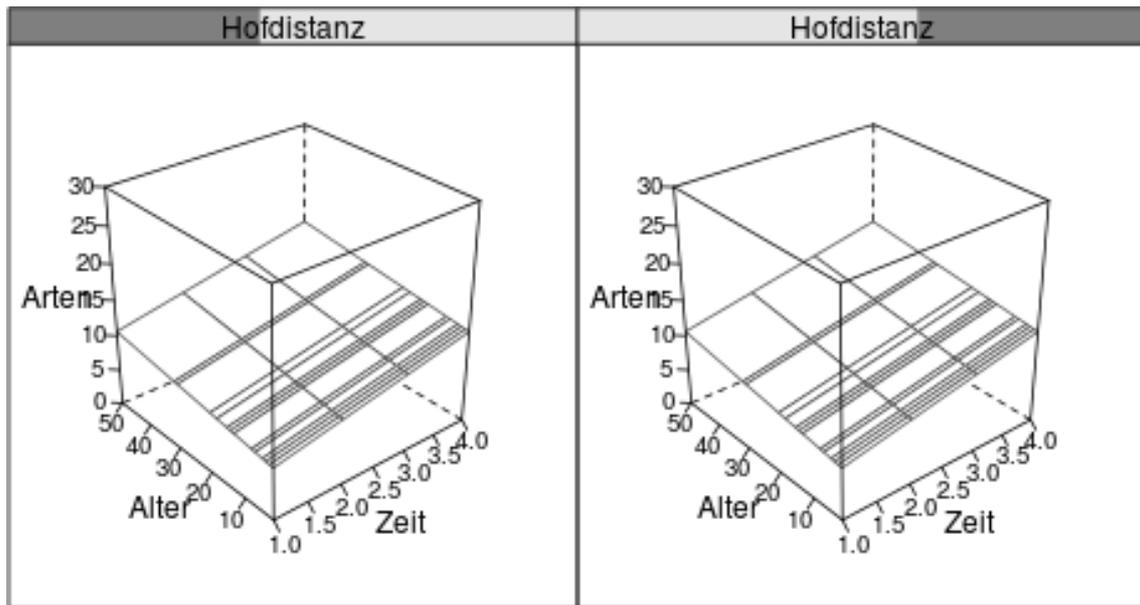
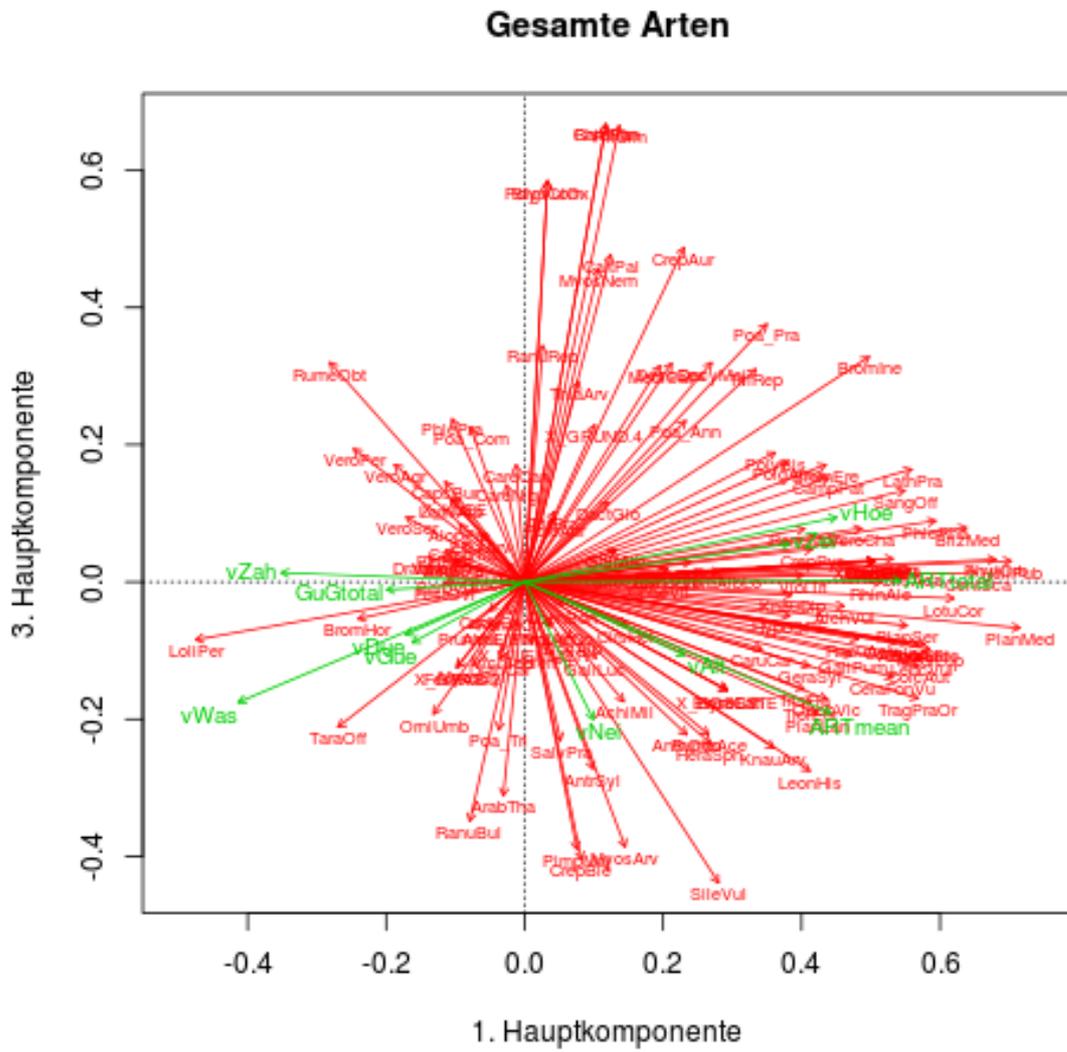
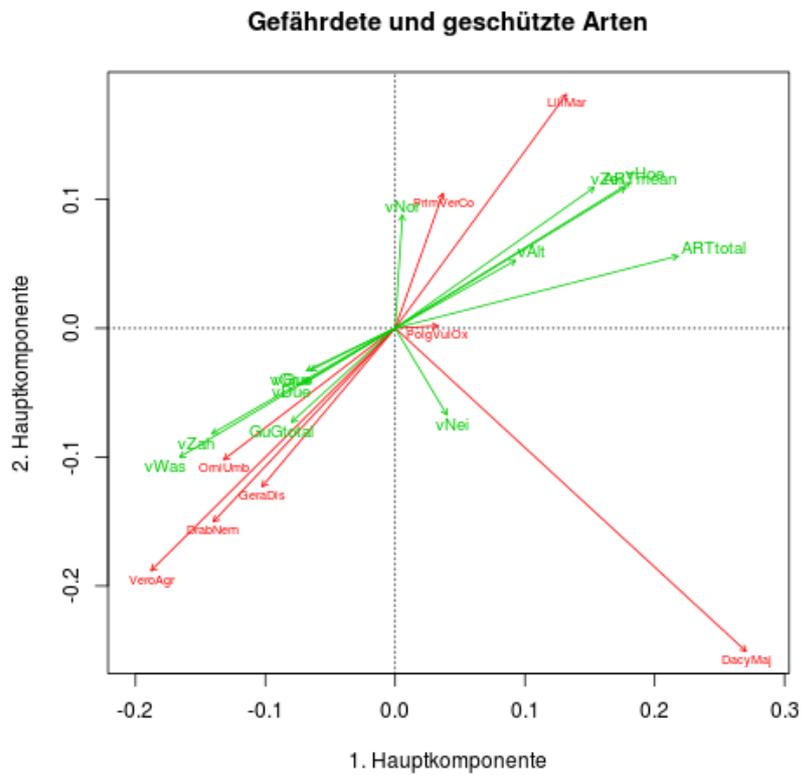
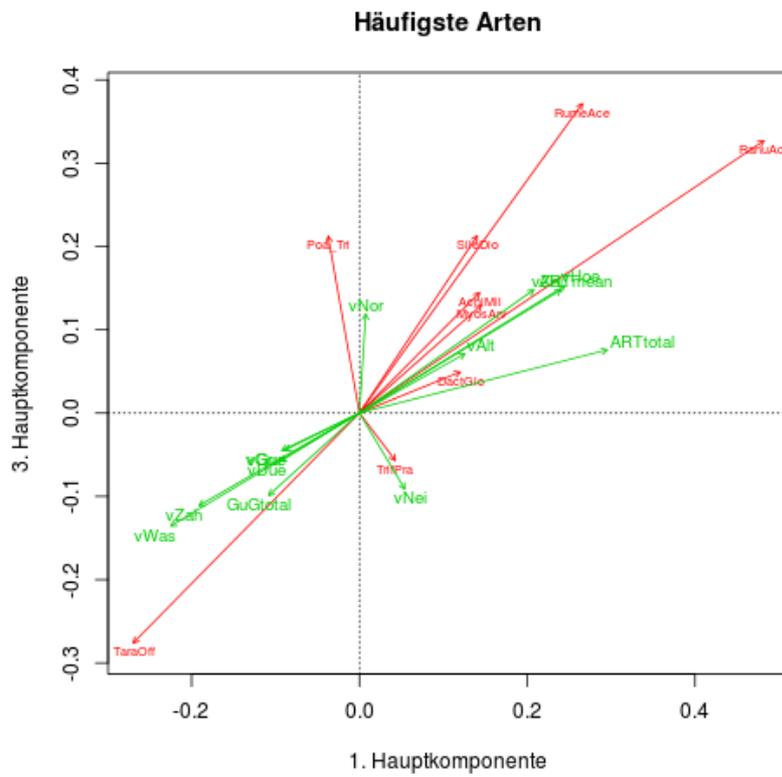


Diagramme für ARTmean:









Anhang V: Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Außerdem versichere ich, dass ich die allgemeinen Prinzipien wissenschaftlicher Arbeit und Veröffentlichung, wie sie in den Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg festgelegt sind, befolgt habe.

Oldenburg, den 17. April 2014

Adrian Radtke