



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Buckelwiesenverbreitung und Waldgrenzentwicklung in
den Südtiroler Dolomiten“

Verfasser

Manuel Ecker

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 453

Studienrichtung lt. Studienblatt: Theoretische und Angewandte Geographie

Betreuerin: Ao. Univ.-Prof. Christine Embleton-Hamann

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche erkennbar. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, im Oktober 2012

Unterschrift

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen Personen herzlich bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit tatkräftig unterstützt haben.

Besonders meiner Diplomarbeitsbetreuerin Frau Ao. Univ.-Prof. Christine Embleton-Hamann, die mich laufend bis zur Vollendung meiner Arbeit immer unterstützt hat, möchte ich meinen Dank aussprechen. Sie half mir bei der Themenfindung, unterstützte mich bei der Ausarbeitung des Konzeptes sowie bei der Geländebegehung in den Dolomiten und gab mir auch wertvolle Tipps bei der Datenverarbeitung.

Weiters richtet sich mein Dank an Andrea Hofinger, die mir ebenfalls im Gelände wertvolle Hilfe leistete sowie an Christine Gassner, die mir bei der Datenauswertung half.

Natürlich möchte ich mich auch bei meinen Eltern herzlich bedanken, die mich die ganzen Studienjahre finanziell unterstützt haben.

Außerdem richtet sich mein Dank auch an meinen Bruder Thomas Ecker sowie an Stefan Wallner, Christoph Vogl und Thomas Flommer, die beim Korrekturlesen der Arbeit und Ausbessern der Beistrichfehler nicht verzweifelt sind. Zusätzlich gaben sie mir wertvolle Tipps zur besseren Formulierung meiner Aussagen.

Abschließend danke ich auch Martin Schiegl, Werner Stöckl, Markus Ebner, Gerhard Pestal und Christine Hörfarter, die mich auch während der Arbeitszeit an der Geologischen Bundesanstalt immer tatkräftig unterstützt haben.

Inhaltsverzeichnis

Kurzbeschreibung.....	1
Abstract	3
1. Einleitung	5
2. Buckelwiesen	7
2.1. Definition.....	7
2.2. Gestalt des Kleinreliefs.....	9
2.3. Entstehungstheorien.....	10
2.3.1. Karstansatz	11
2.3.2. Frostkonzept	12
2.3.3. Windwurfkonzept.....	13
2.3.4. Glaziale Aufschüttungen	15
2.3.5. Kombination des Karstansatzes mit anderen Konzepten	16
2.4. Verbreitung von Buckelwiesenvorkommen	17
3. Waldgrenze.....	19
3.1. Definition Wald- und Baumgrenze.....	19
3.2. Einflussfaktoren auf die Waldgrenze	21
3.3. Abiotische Einflussgrößen.....	21
3.3.1. Wärmebilanz	21
3.3.2. Frosthärte und Schäden	22
3.3.3. Frostrocknis und Abrasion	23
3.3.4. Bodentemperaturen	24
3.3.5. Wind	25
3.3.6. Schneebedeckung	26
3.3.7. Böden	28
3.3.8. Topographie und Geomorphologie	29
3.3.9. Exposition.....	30
3.4. Biotische Einflussgrößen	30
3.4.1. Einfluss der Fauna auf die Waldgrenze.....	30
3.4.2. Anthropogener Einfluss.....	31
3.4.3. Klimatische Veränderungen	32
3.5. Waldgrenzentwicklung in Südtirol während des Postglazials bis zur heutigen Zeit.....	33
4. Untersuchungsgebiet	35
4.1. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes	35
4.1.1. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes nach Gebirgsgruppen	35
4.1.2. Gründe für die Auswahl des Untersuchungsgebiets	36
4.2. Geologie.....	37
4.2.1. Quartärgeologie.....	39
4.3. Klima	40
4.4. Waldbedeckung	45
5. Untersuchungsmethoden	47
5.1. Arbeitshypothesen	47
5.2. Luftbildauswertung.....	48
5.2.1. Auswertung der Waldgrenzen	49
5.3. Buckelwiesenkategorien	50
5.4. Methodik der statistischen Auswertungen.....	55
5.4.1. Fläche	55
5.4.2. Seehöhe und Hangneigung.....	56
5.4.3. Exposition.....	57
5.4.4. Kalkgehalt	59

5.4.5.	Gebirgsgruppen	61
5.4.6.	Position im Relief	61
5.4.7.	Kolmogorov-Smirnov Test	62
5.4.8.	T – Test nach Student für zwei unabhängige Stichproben.....	62
5.4.9.	Chi ² - Test.....	63
5.4.10.	U Test von Mann und Whitney	64
5.4.11.	Rayleigh Test.....	64
5.4.12.	Watson Test with Ties	65
5.4.13.	Korrelationsanalyse	67
5.4.14.	Berechnung der Buckelwiesendichte pro Quadratkilometer	68
5.4.15.	Frequency ratio	68
5.5.	Literaturrecherche.....	69
6.	Daten	70
7.	Ergebnisse	71
7.1.	Buckelwiesenstandorte	71
7.1.1.	Identifizierungsprobleme von Buckelwiesen auf Orthophotos.....	84
7.2.	Lage der Waldgrenzen.....	85
7.3.	Statistische Auswertungen nach Lageparametern	86
7.3.1.	Fläche	88
7.3.2.	Seehöhen	88
7.3.3.	Expositionen.....	93
7.3.4.	Hangneigungen.....	97
7.3.5.	Kalkgehalt	101
7.3.6.	Auswertung der Lageparameter nach den Gebirgsgruppen	102
7.3.7.	Auswertung der Lageparameter nach dem Relief	107
7.4.	Prüfstatistik.....	111
7.4.1.	Fläche	112
7.4.2.	Seehöhe	113
7.4.3.	Hangneigung	114
7.4.4.	Exposition.....	116
7.4.5.	Kalkgehalt	118
7.5.	Weitere statistische Tests.....	119
7.5.1.	Flächengröße - Seehöhe	119
7.5.2.	Flächengröße - Hangneigung	121
7.5.3.	Flächengröße - Kalkgehalt	121
8.	Interpretation der Ergebnisse/Diskussion.....	124
8.1.	Bewertung der Methode der Buckelwiesenextraktion auf Orthophotos	129
8.2.	Weitere Vorgehensweise	130
9.	Zusammenfassung.....	131
10.	Literaturverzeichnis.....	133
11.	Abbildungsverzeichnis	139
12.	Tabellenverzeichnis.....	141
13.	Anhang	143

Kurzbeschreibung

In dieser Arbeit geht es um das geomorphologische Phänomen der „Buckelwiesen“, die sich aus einem rhythmischen Wechsel von Buckel und Mulden zusammensetzen. Zur Genese dieses Kleinreliefs gibt es vier verschiedene Ansätze, die in der Vergangenheit teilweise sehr kontrovers diskutiert wurden, von denen sich bisher allerdings keiner durchsetzen konnte. Ein Problem ist auch, dass es zu wenige Informationen über die flächenhafte Verbreitung dieses Phänomens gibt.

Im Zuge dieser Arbeit sollen daher durch die Auswertung von Orthophotos Buckelwiesen in den Südtiroler Dolomiten kartiert und in Karten dargestellt werden, um einen Überblick über die Verbreitung zu erhalten. Mit Hilfe eines Geländemodells sollen die Lageparameter Flächengröße, Exposition, Seehöhe, Hangneigung und Kalkgehalt zu den gebuckelten Arealen erhoben und statistisch ausgewertet werden, um mögliche Korrelationen zwischen den Parametern zu suchen. Zusätzlich erfolgt auch eine Beschreibung der Waldgrenzentwicklung seit dem Postglazial sowie die Auswertung der rezenten Waldgrenzen im Untersuchungsgebiet. Dadurch soll die Entstehungstheorie des Windwurfkonzeptes, welches an das Vorhandensein einer rezenten oder ehemaligen Waldbedeckung gekoppelt ist, überprüft und gegebenenfalls falsifiziert werden.

Die Untersuchungen ergaben dabei, dass die Buckelwiesen im Untersuchungsgebiet bei bestimmten Hangneigungen und Seehöhen bevorzugt auftreten. Da keine gebuckelten Flächen oberhalb der postglazialen Waldgrenzen kartiert werden konnten, kann das Windwurfkonzept als mögliche Entstehungstheorie nicht verworfen werden. Der Großteil des Kleinreliefs wurde außerdem in Gebieten mit carbonathaltigen Gesteinen gefunden, wodurch angenommen werden kann, dass Karstlösungen von entscheidender Bedeutung für die Genese sind. Allerdings gibt es auch eine gewisse Anzahl an gebuckelten Arealen, die, aufgrund diverser Probleme bei der Orthophotoauswertung, möglicherweise fälschlich als Buckelwiesen kartiert wurden und die sich teilweise nicht in Gebieten mit verkarstungsfähigen Gesteinen befinden.

Abstract

This work is about the geomorphological phenomenon "Buckelwiesen" which are composed of a rhythmic alternation of hummocks and pits. On the genesis of this small-sized relief there are four different approaches that have been discussed controversially in the past but none of them could prevail in the scientific community. Another problem is that there is too little information on the distribution of the phenomenon.

In the course of this work Buckelwiesen are mapped in the Dolomites of South Tyrol through the evaluation of orthophotos and presented in maps to get an overview of the distribution. With the help of a digital terrain model the location parameters aerial extent, aspect, elevation, slope and lime content of Buckelwiesen are collected and evaluated statistically to search for correlations between the parameters. In addition there is also a description of the forest boundary development since the Holocene, and the evaluation of the recent forest boundaries in the evaluated area. This leads to the theory of the windfall concept which is linked to the existence of a recent or former forest cover. The concept is reviewed and possibly falsified.

The investigations have shown that Buckelwiesen occur preferentially at certain altitudes and slope gradients in the evaluated area. Since no hummocky areas were mapped above the postglacial forest boundaries, -the windfall-concept-, as a possible theory of the origin of Buckelwiesen, can not be rejected. Most of the hummocky reliefs were found in areas with lime rocks. Thus it can be assumed that karst-solutions are critical for the genesis. However there may be a certain number of hummocky areas, which were probably mapped falsely as Buckelwiesen due to various problems with the orthophoto mapping and some of them are partially located in areas with rocks which are not able to form karst formations.

1. Einleitung

Diese Arbeit widmet sich der Untersuchung des geomorphologischen Phänomens „Buckelwiesen“ in den Südtiroler Dolomiten. Zur Genese der gebuckelten Areale gibt es in wissenschaftlichen Kreisen mehrere Theorien, die sich teilweise widersprechen. Um die jeweiligen Konzepte verifizieren oder falsifizieren zu können, ist es wichtig die Verbreitung des Phänomens zu kennen. Im Folgenden soll nun versucht werden mit Hilfe von Orthophotos mögliche Buckelwiesenstandorte im Untersuchungsgebiet zu ermitteln und diese anhand bestimmter statistischer Lageparameter zu vergleichen um eventuelle Gemeinsamkeiten zu ermitteln. Zusätzlich soll das Windwurfkonzept zur Entstehung der Buckelwiesen überprüft werden. Dazu ist auch die Untersuchung der Waldgrenzentwicklung seit dem Postglazial in den Südtiroler Dolomiten notwendig.

Im ersten Kapitel dieser Arbeit wird ein Überblick über das Phänomen der Buckelwiesen gegeben. Welche Definitionen gibt es und wie sieht das Kleinrelief Buckelwiese überhaupt aus. Außerdem werden die unterschiedlichen Entstehungskonzepte der verschiedenen Autoren diskutiert, sowie die bisherigen Erkenntnisse über die Verbreitung des Phänomens dargestellt. Das zweite Kapitel befasst sich mit den Definitionen zur Waldgrenze sowie den Einflussfaktoren darauf. Zusätzlich wird auch versucht, die Entwicklung der Baum- und Waldgrenzen im Untersuchungsgebiet seit dem Postglazial zu skizzieren. Im vierten Kapitel wird das Untersuchungsgebiet hinsichtlich der Geologie, dem Klima und der Waldbedeckung näher vorgestellt. Natürlich erfolgen auch eine genaue Abgrenzung des Gebietes, eine Unterteilung in Gebirgsgruppen sowie eine Beschreibung der Gründe, die zur Auswahl dieser Region führten. Der nächste Teil der Arbeit widmet sich den Arbeitshypothesen und der Beschreibung der Arbeitsmethoden. Hierbei soll erklärt werden, wie die Auswertung der Orthophotos zur Bestimmung der Buckelwiesenstandorte und Lage der Waldgrenzen erfolgte. Außerdem werden auch die verschiedenen Buckelwiesenkategorien beschrieben. Zusätzlich erfolgt eine Darstellung der verschiedenen statistischen Methoden, die zur Auswertung der Lageparameter verwendet wurden. Das nächste Kapitel widmet sich der Darstellung der gewonnenen Ergebnisse. Hierbei erfolgt die Angabe der Lage der gefundenen Buckelwiesen mit Hilfe von Orthophotos. Ein Unterkapitel widmet sich auch den Identifizierungsproblemen die durch die Orthophotoauswertung auftraten. Daran anschließend erfolgen die Auswertungen der Waldgrenzen sowie der Lageparameter, getrennt nach dem gesamten Untersuchungsgebiet sowie nach den Gebirgsgruppen und Reliefformen. Auf den letzten

Seiten dieses Kapitels werden die Ergebnisse der statistischen Auswertungen grafisch und tabellarisch dargestellt. Im achten Kapitel werden die Resultate sowie mögliche Ursachen, die zu deren Entstehung führten, diskutiert und ein Link zwischen den postglazialen Waldgrenzen und den Seehöhen der Buckelwiesen hergestellt. Die abschließenden Teile widmen sich der Bewertung der Methode der Buckelwiesenextraktion mit Hilfe von Orthophotos sowie der weiteren Vorgehensweise zur Untersuchung des Phänomens in den Südtiroler Dolomiten. Vor dem Anhang, der die statistischen Auswertungen der einzelnen Buckelwiesen zeigt, und den obligaten Literatur-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnissen werden in einer Zusammenfassung noch einmal die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen erwähnt.

2. Buckelwiesen

2.1. Definition

Bevor man sich mit der Gestalt des Kleinreliefs und den Entstehungstheorien befasst, muss genau definiert werden, was unter diesem Begriff zu verstehen ist. In der Vergangenheit wurden teilweise sehr lebhafte und leidenschaftliche wissenschaftliche Diskussionen um dieses Phänomen geführt, wobei die Autoren teilweise gewisse Auffassungsunterschiede hatten, was genau unter diesem Kleinrelief verstanden werden kann (ENGELSCHALK 1971). Unter Buckelwiesen (siehe Abb. 1) im weiteren Sinn versteht HAMANN 1985: „*Flächen, die durch muldenförmige Vertiefungen im Wechsel mit kleinen Bodenkuppen rhythmisch reliefiert sind*“. Diese Erhebungen bauen sich aus anorganischer Substanz und nicht aus vegetationsbedeckten Höckern auf. Aus morphographischer Sicht lassen sich die Buckelwiesen laut ENGELSCHALK 1971 folgendermaßen charakterisieren:

„Buckelfluren besitzen eine unruhige Oberfläche, die sich aus vergesellschafteten, wohlausgebildeten Buckeln und abflusslosen Mulden zusammensetzt. Die Buckel sind lückenlos in einer Dichte von 170 bis 900 Stück pro Hektar angeordnet, und ihre Größe bewegt sich zwischen 100 und 700 cm im Durchmesser, zwischen 25 und 150 cm in der Höhe. Sie bestehen aus anstehendem Lockergestein, das mehr oder minder stark verwittert ist, und werden Bodenbuckel genannt.“ (ENGELSCHALK 1971).

HAMANN 1985 bemerkte, dass in dieser Definition ein recht breites Formenspektrum Platz findet und stellt diese in der Tabelle 1 in Vergleich zu den Werten anderer Autoren dar. Da Engelschalk diese Werte kannte und in die Untersuchungen der Buckelwiesenareale des eiszeitlichen Isargletschers miteinfließen ließ, stellen diese Zahlen einen guten Überblick über die Grenz- und Durchschnittswerte dar.



Abbildung 1: Buckelwiese bei Kompatsch auf der Seiser Alm

	Höhe	Basisdurchmesser des Buckels	Dichte
ENGELSCHALK, 1971, S. 13	40 - 50 cm	200 - 400 cm	570/ha
Minimalwert	25 cm	100 cm	170/ha
Maximalwert	150 cm	700 cm	900/ha
GRACANIN, 1970, S. 194	50 - 100 cm	80 - 300 cm	
Maximalwert	150 cm		
WÖLFEL, 1975, S. 9	über 100 cm	100 - 300 cm	500/ha
MÜLLER, 1959, S. 40	30 - 150 cm		
PENCK, 1940/41, S. 3	30 - 50 cm	200 - 300 cm	
KNAUER, 1943, S. 207	bis 150 cm	200 - 300 cm	
LUTZ, 1947, S. 99	50 cm	300 - 400 cm	
Minimalwert		200 cm	
Maximalwert	100 cm	500 cm	

Tabelle 1: Vor 1985 veröffentlichte Zahlenwerte zu den Größenverhältnissen der Buckelwiesen. Quelle: HAMANN 1985

Ursprünglich war der Begriff „Buckelwiesen“ der Landschaftsname für die welligbuckeligen, rhythmisch bewegte Oberflächengestalt der bayerischen Mittenwalder Mäher. Seit etwa 1940 lässt sich der Ausdruck in der wissenschaftlichen Literatur vorfinden, wobei ENGELSCHALK in seinen Publikationen die Bezeichnung „Buckelfluren“ bevorzugt. Er

befürchtete nämlich, die Verwendung des Ausdrucks „Buckelwiese“ könnte den Eindruck erwecken, dass die Vorkommen dieses Phänomens auf grasbewachsene Flächen beschränkt sind, obwohl diese Geländeform auch in bewaldeten Bereichen auftritt. Nichtsdestotrotz hat sich in der geomorphologischen Literatur der Fachausdruck „Buckelwiesen“ durchgesetzt (EMBLETON-HAMANN 1999 und ENGELSCHALK 1971).

2.2. Gestalt des Kleinreliefs

Die Art und Weise der Vergesellschaftung der Einzelformen sowie deren Gestalt prägen das Erscheinungsbild der Buckelwiesen. Dabei wird zwischen einer Vielzahl von morphometrisch erfassbaren Merkmalen unterschieden, wie die (nach HAMANN 1985):

- Höhe der Vollform bzw. Tiefe der Hohlform
- Durchmesser des Grundrisses der Voll- bzw. Hohlform
- Form des Grundrisses
Buckel bzw. Mulden mit rundem oder mehr oder weniger in die Länge gezogenem Grundriss
- Krümmungsart der Flächenelemente

Ob im Gesamterscheinungsbild der Buckelwiesen eher die Buckel oder Mulden in Erscheinung treten, wird durch deren Größe und Gestalt determiniert. Meistens dominiert jedoch keine dieser beiden Einzelformen und beide weisen einen etwa gleichen Anteil am Aufbau des Reliefs auf. Die Art und Weise der Vergesellschaftung wird durch folgende Punkte bestimmt (nach HAMANN 1985):

- Anordnungsdichte der Einzelformen
- Regelmäßigkeit des Reliefs, wobei die durch die Abstände der Buckelscheitel, Gleichförmigkeit der Einzelformen und die Ausrichtung der Längsachsen der Erhebungen determiniert wird

Zur zahlenmäßigen Charakterisierung werden vor allem folgende Merkmale herangezogen (nach HAMANN 1985):

- Durchmesser der Buckel: teilweise erfolgt bei den Daten in der Literatur keine Angabe, ob es sich um Längs- oder Querachse einer ovalen bzw. um den Durchmesser einer runden Form handelt
- Höhe der Bodenbuckel: ENGELSCHALK 1971 versteht darunter den „*Abstand zwischen einem Buckelscheitel und der tiefsten Stelle der benachbarten Mulde, senkrecht zur Geländeoberfläche gemessen*“. HAMANN 1985 merkte dazu an, dass dadurch nicht die Vollform allein, sondern der Höhenunterschied zwischen Buckel und Mulde charakterisiert wird. Bei der Mittelung über ein bestimmtes Areal lässt sich dadurch die Reliefenergie und nicht die mittlere Höhe der Buckel berechnen.
- Anordnungsdichte der Bodenbuckel

Zusätzlich zu den bereits erwähnten Faktoren können Buckelwiesen laut ENGELSCHALK 1971 auch noch über das die Buckel aufbauende Material charakterisiert werden. Dabei ist laut ihm das anstehende Lockergestein entscheidend am Aufbau der Erhebungen beteiligt.

2.3. Entstehungstheorien

Die Entstehung der Buckelwiesen ist in der Vergangenheit aufgrund unterschiedlicher, sich teilweise widersprechender Theorien, sehr kontrovers diskutiert worden. Zusammenfassend lassen sich dabei vier unterschiedliche Konzepte unterscheiden: Karstansatz, Frostkonzept, Windwurfkonzept und Konzept der glazialen Aufschüttungen. Dabei schränkt jede dieser Entstehungstheorien die Verbreitung von Buckelwiesen ein, da nur bestimmte Faktoren zur Genese führen. Beispielsweise ist die Ausbildung von Buckelwiesen nach dem Windwurfkonzept nur in Gebieten mit ehemaligen Waldflächen möglich. Buckelwiesen in karstfreien Gebieten würden wiederum dem Karstansatz widersprechen (HAMANN 1985 und HOFINGER 2010).

2.3.1. Karstansatz

Der Karstansatz besagt, dass das Relief durch eine Oberflächensackung aufgrund der Auflösung des carbonatischen Gesteinsanteils im Bereich der Mulden entsteht. Dadurch kommt es zu Massenverlusten im Untergrund wodurch der Gesteinsschutt zusammen sinkt und die Mulden entstehen. Demnach wären die Buckel zwischen den eingesunkenen Dellen nur relative Erhebungen. Kritiker dieses Konzeptes bemängeln allerdings, dass die Scheitel der Buckel, wenn sie durch Einsinken des zwischen ihnen gelegenen Geländes entstanden wären, ungefähr in einer Ebene liegen müssten (EMBLETON-HAMANN 1999 ENGELSCHALK 1971).

Diese Theorie bedingt eine deutlich größere Boden- und Verwitterungsmächtigkeit unter den Mulden als unter den Buckeln, da der Volumenverlust durch Lösungsvorgänge mit der Verwitterung Hand in Hand geht. Ein Profilschnitt durch Buckel und Mulde zeigt daher ein ganz typisches Erscheinungsbild, wie es in der Abb. 2 von PENCK 1940/41 dargestellt wird. Diese Grafik zeigt eine geringmächtige Bodendecke über dem aus unverwittertem Material bestehenden Buckelkern, wohingegen unter der Mulde eine tiefreichende Bodenentwicklung zu sehen ist (EMBLETON-HAMANN 1999).

Profilbild vom Penck'schen Typ

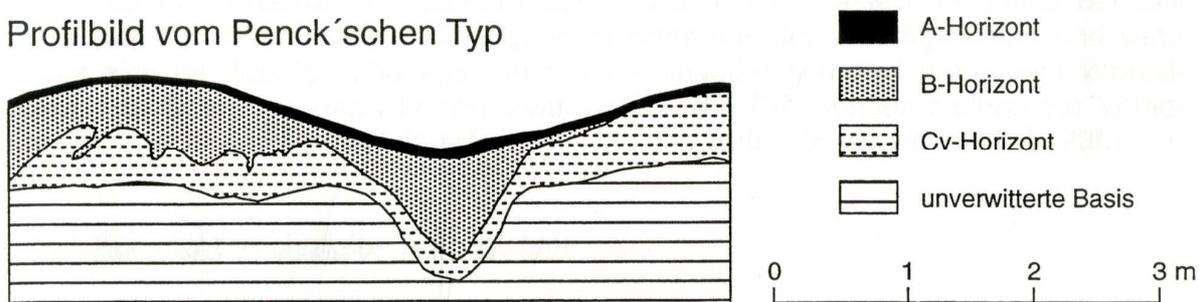


Abbildung 2: Schematisiertes Profilbild einer Grabung von Penck im Tennengebirge. Quelle: EMBLETON-HAMANN 1999

Ein strittiger Punkt am Karstansatz ist die Frage, wie ohne Primärrelief, an dem die Verkarstung der Buckel und Mulden ansetzen kann, die ersten rhythmisch differenzierten Niveauunterschiede einer Schuttdecke entstehen können. Die punktförmige Verkarstung einer ebenen Fläche aus Kalkschutt würde nur ein Gebiet aus mehr oder weniger stark eingesenkten Dolinen entstehen lassen. Außerdem konnte bei Grabungen in den Buckelwiesen bei Mittenwald nicht das von Penck publizierte idealtypische Erscheinungsbild festgestellt werden (EMBLETON-HAMANN 1999 und HOFINGER 2010).

2.3.2. Frostkonzept

Laut dem Frostkonzept werden die Buckelwiesen als fossiles, frostbedingtes Produkt des Spätglazials betrachtet. Die Vertreter dieser Theorie glauben, dass durch Frosteinwirkung im Boden Netzkrisse entstehen und sich diese zu Polygonen zusammenschließen, welche die Grundlage für die Entwicklung eines Eisrahmens bilden. Dieser übt anschließend einen Druck auf die dazwischen liegenden Felder aus, wodurch es zu deren Emporwölbung kommt. Anschließend sackt, nachdem die Eiskeile ausgeschmolzen sind, die unmittelbare Umgebung in die entstandenen Hohlformen nach, wodurch sich die Höhenunterschiede verstärken (EMBLETON-HAMANN 1999, HAMANN 1985 und HOFINGER 2010).

Die Abbildung 3 zeigt typische, daraus resultierende Profile, in welchen Verwitterungskörper, die das Aussehen von flachgedrückten Blasen besitzen, zu sehen sind. Diese setzen unter den Buckelflanken an und führen von dort schräg oder waagrecht in die Buckelzentren hinein, wo sie von weniger verwittertem Material überlagert sind. Dadurch nimmt die Verwitterungsintensität von der Buckeloberfläche zum Kern hin zu. Teilweisen lassen sich auch linsenförmige Einsprengungen von angewittertem Material in diesen Feinerdetaschen finden und stellenweise gibt es darin auch Humus (EMBLETON-HAMANN 1999 und HOFINGER 2010).

ENGELSCHALK 1971 vermutet nun einen zweiten Prozess der Buckelwiesenbildung, in welchem die Feinerdetaschen durch Fließ- und Drehbewegungen diese überwiegend schräge und verdreht anmutende Lage annahmen. Die Ursache dafür liegt in Kongeli-Solifluktions- und Solifluktionsprozessen begründet, die zu einer hangabwärts gerichteten Verschleppung der Feinerdetaschen in den Spaltenfüllungen geführt hätten, welche mit wenig intensiv verwittertem Bodenmaterial überdeckt wurden. Dies bewirkte eine weitere Aufbuckelung, die in den heutigen Größenverhältnissen resultierte (EMBLETON-HAMANN 1999).

Profilbild vom Engelschalk'schen Typ

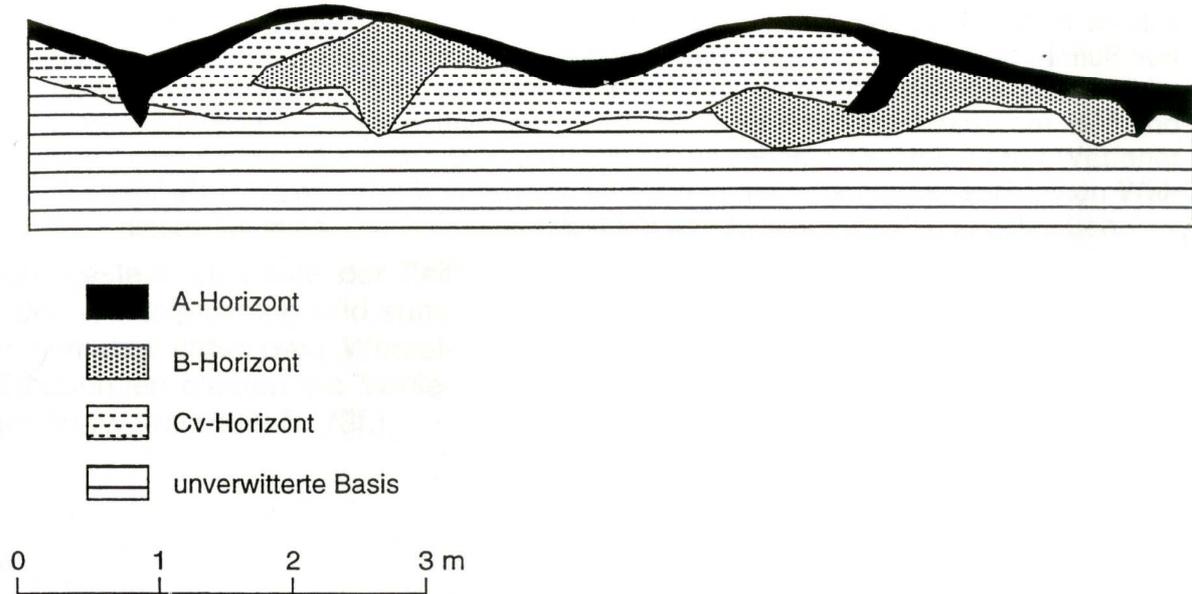


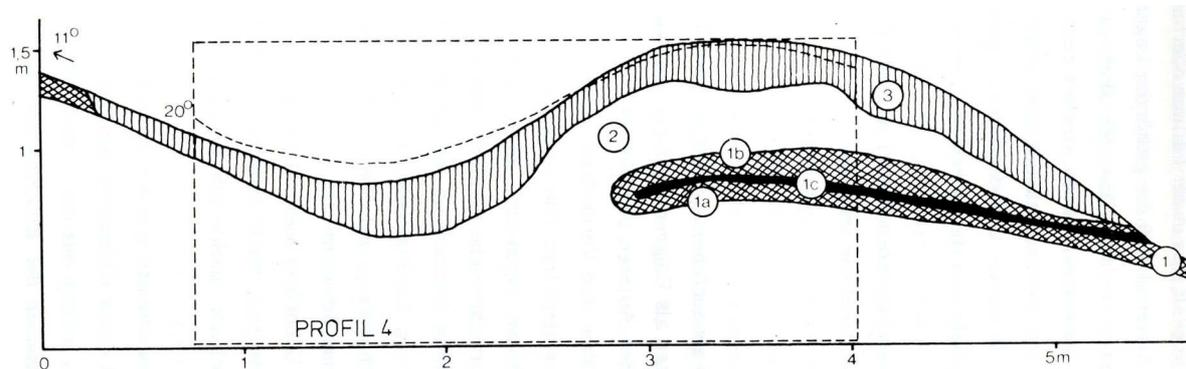
Abbildung 3: Schematische Darstellung einer Grabung von Engelschalk. Quelle: EMBLETON-HAMANN 1999

2.3.3. Windwurfkonzept

Die Vertreter dieser Theorie bringen die Buckelwiesengenesse aufgrund der Regelmäßigkeit und der Anordnungsdichte der Buckel, die an das Standortmuster von Bäumen in einem Wald erinnern, mit Windwurfkatastrophen in Zusammenhang. Dabei wird durch die auskippenden Wurzelteller der umstürzenden Bäume die Böden um die unmittelbaren Wurzelräume hochgerissen und senkrecht gestellt. Anschließend fällt das Material aus den Wurzelpackungen im Laufe der Zeit zu Boden und sammelt sich ineinander oder nestförmig nebeneinander gemengt unter den Wurzelstöcken und formt dabei die Bodenbuckel. Die Vertiefungen der ehemaligen Wurzelräume bleiben nun zwischen diesen Erhebungen als Mulden zurück (EMBLETON-HAMANN 1999 und HOFINGER 2010).

Dieses Konzept kann also nur in bewaldeten Bereichen oder ehemaligen Waldgebieten seine Gültigkeit finden. So meinte schon STINI 1940, dass die Buckelwiesen an ehemaliges Waldland gebunden sein dürften, da er oberhalb der Waldgrenzen keine gebuckelten Areale beobachten konnte. Beobachtungen durch GERLACH 1960, die in den Karpaten durchgeführt wurden, konnten das Windwurfkonzept untermauern. Wie im Vertikalschnitt (siehe Abb. 4) zu sehen ist, baut sich der Buckel aus den weitgehend umgewandelten Wurzeltellerresten eines umgestürzten Baumes auf. Dabei besteht das Zentrum des Buckels

aus einem gewachsenen, ungestörten Bodenprofil mit B- und Ah-Horizont. Die begrabene, ehemalige Hangoberfläche wird durch einen darüber liegenden, schmalen, organischen Auflagenhorizont aus teilweise zersetzten Blättern und Holzstücken dargestellt. Ein auf den Kopf gestelltes Bodenprofil aus liegendem Humus- und hangendem Verwitterungshorizont überdeckt dieses normale Profil. Dies ist dadurch erklärbar, dass die Vertiefung der Standort eines ehemaligen Baumes ist und das mit dem Wurzelteller des umfallenden Baumes mitgerissene Material der Mulde nach unten versetzt abgelagert wurde (siehe Abb. 5). Der Wurzelteller, der zur Entstehung des in der Abb. 4 gezeigten Buckels geführt hat, muss dabei stark überkippt gewesen sein, da sich das herausgerissene Material in inverser Horizontabfolge ablagern konnte. Die Vegetationsdecke schloss sich später über der reliefierten Oberfläche wieder und führte zur Ausbildung eines lockeren Humushorizontes. Auch HAMANN konnte 1985 am Südrand des Tengegebirges Buckelwiesen vorfinden, die aus einer Windwurfkatastrophe in den ehemaligen subalpinen Wäldern hervorgingen (HAMANN 1985 und HOFINGER 2010).



- 1 : Normaler, schwarzbrauner Humushorizont, dicht, mit Sandstein Komponenten bis zu 4 cm Durchmesser, mittelschwerer Boden
- 1a : Fossiler, dicht gelagerter Humushorizont in ungestörter Position
- 1b : Fossiler, locker gelagerter Humushorizont in auf den Kopf gestellter Position
- 1c : Dünne Schicht von zersetzten Vegetationsrückständen
- 2 : Leichter Boden, locker gelagert, gelblich-bräunlich-graue Farbe, beinhaltet Reste von stark zersetzten Wurzeln, Skelettanteil bis zu 50 % (Fraktionen von 1 mm - 17 cm)
- 3 : Rezentler lockerer Humushorizont, gräulich-braun, mit Sandstein-Komponenten bis zu 10 cm Durchmesser, Bodenart: leichter Boden, greift zungenförmig in den Unterboden ein

Abbildung 4: Profilbild einer Grabung von Gerlach in den Karpaten. Quelle: HAMANN 1985

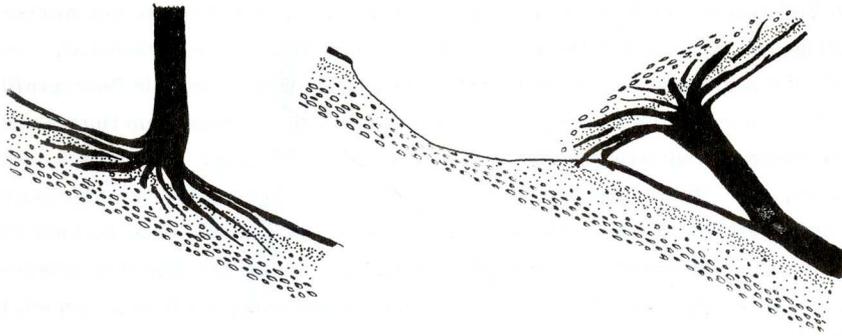


Abbildung 5: Entstehung von Buckel und Mulde durch einen umstürzenden Baum. Quelle: HAMANN 1985

2.3.4. Glaziale Aufschüttungen

Laut dem Konzept der glazialen Aufschüttungen entstanden die Buckelwiesen bereits während der Ablagerungen des Schuttes, aus dem sie aufgebaut sind. Die Vertreter dieses Konzeptes sehen darin typische Eiszerfalls-Landschaften, die durch Aufschüttungs- und Umlagerungsprozesse des durch Eistransporte bewegten Buckelwiesenmaterials entstanden sind (EMBLETON-HAMANN 1999).

KNAUER 1943 deutet die Buckelwiesen als eine besondere Art der Grundmoränenablagerungen, wohingegen EBERL in einer Mitteilung an EBERS 1957 angibt, die gebuckelten Areale seien durch Vorgänge entstanden, die im Vorfeld von abschmelzenden Gletscherzungen auftreten. Einen anderen Formungsprozess schlug PRIEHÄUSSER 1957 vor, der im ungleichmäßig löchrigen Zerfall von schuttdurchsetzten Firneisdecken die Antwort auf die Frage der Buckelwiesengenese fand. Laut seiner Theorie sammelt sich der während des Abschmelzens frei getaute Schutt in Hohlformen der Firnoberfläche zu Schuttkörpern an, welche in der Folge auf den Hängen als Buckel abgesetzt werden (HAMANN 1985).

ENGELSCHALK 1971 merkte allerdings kritisch an, dass die Mittenwälder Buckel kristalline Geschiebe beinhalten, was allerdings der Theorie von PRIEHÄUSSER widerspricht, da er die Herkunft des Schuttes in den umliegenden Felswänden der Kalkalpen sieht und das die Buckelwiesen aufbauende Substrat als eine eigene Gesteinsschicht, die dem Grundmoränenmaterial aufliege. Zusätzlich entstanden die tiefer gelegenen Buckelwiesen im bayerischen Alpenvorland in Gebieten, die nicht von einer Firnvereisung betroffen waren und sich auch zu weit entfernt von den Felswänden der Kalkalpen befinden. Auch HAMANN

1985 konnte aufgrund des Aufbaues der Buckelwiesen über Werfener Schiefer keine Übereinstimmung mit den erwähnten Erklärungsversuchen feststellen.

2.3.5. Kombination des Karstansatzes mit anderen Konzepten

Die Entstehung des Primärreliefs in der Karsttheorie lässt sich durch die Kombination verschiedener Elemente der soeben erwähnten Ansätze erklären (nach (EMBLETON-HAMANN 1999)):

1) Korrosive Ausbildung eines Primärreliefs unter Waldbedeckung

Der Einfluss eines Waldes führt nach KRIEG 1953 und MÜLLER 1962 zu einer ungleichmäßigen Verteilung des in den Boden eindringenden Sickerwassers. Im unmittelbaren Bereich der Stämme dringt aufgrund des Blätterdaches weniger Wasser in den Untergrund ein als zwischen den Bäumen. Außerdem liefert die ungleichmäßige Schneeverteilung im Frühling den Bereichen zwischen den Bäumen vermehrte Einträge von lösungsfreudigen Schmelzwässern, da die dünne Schneedecke im Bereich der Stämme viel früher abschmilzt als die ungleich Mächtigere zwischen den Bäumen. Auch in der warmen Jahreszeit führen Rohhumuskissen rund um die Stammanläufe den mit lösungsfreudigen, organischen Säuren angereicherten Niederschlag zu den Lösungsherden zwischen den Bäumen. Dies führt dazu, dass durch die Karstlösung aus einer planaren Kalkschuttdecke langsam eine Gebuckelte entsteht (EMBLETON-HAMANN 1999).

2) Entstehung eines Primärreliefs durch Windwurf

HAMANN 1984 postulierte, dass die Entstehung des Primärreliefs einiger Buckelwiesen bei Mittenwald auf Windwürfe zurück zu führen sei, indem diese Flächen korrosiv fixiert und anschließend ausgestaltet wurden. Die durch Windwürfe entstandenen Buckelwiesen am Südrand des Tennengebirges weisen nämlich die typischen Profilbilder vom Engelschalk'schen Typus mit der Anordnung von Schichten und Linsen wechselnder Verwitterungsintensität und Herkunft auf (EMBLETON-HAMANN 1999).

3) Sedimentationsbedingtes Primärrelief

Ein initiales Relief ist für die Buckelwiesengenesse laut ZECH und WÖLFEL 1974 überall dort vorhanden, wo durch die Aufschüttung einer Lockermaterialdecke eine leicht reliefierte Oberfläche angelegt wurde. Eine etwaige Verkarstung kann nun an gegebenen Hohlformen ansetzen und dabei langsam Mulden ausbilden, wobei dies noch zusätzlich durch die feineren Korngrößen der Senken, die durch eine dichtere Lagerung die Lösungskontaktdauer erhöhen, unterstützt wird (EMBLETON-HAMANN 1999).

2.4. Verbreitung von Buckelwiesenvorkommen

Bisher wurden Buckelwiesenvorkommen in der Literatur in den Alpen sowie in der Tatra erwähnt. Das Verbreitungsgebiet in den Alpen umfasst vor allem, wie laut KNAUER 1943 angegeben wurde, diluvial vergletscherte Gebiete. EBERS 1951 stellte dabei fest, dass es sich um ein alpines Phänomen handeln muss, da aus dem ehemals vergletscherten norddeutschen Raum und Skandinavien keine Vorkommnisse bekannt sind. Besonders auffällig ist auch, dass die Vorkommen in den Alpen hauptsächlich nur in Gebieten mit kalkhaltigen Gesteinen, nicht jedoch im Kristallin auftreten (ENGELSCHALK 1971).

Teilweise wurden in der Literatur auch Buckelwiesen erwähnt, die über carbonatfreiem Substrat vorkommen. Daraus ist laut ENGELSCHALK 1971 der Schluss zu ziehen, dass die Bodenbuckelungen nicht nur auf Kalkmoränen oder -schotter beschränkt sind. Allerdings ist es für ihn doch auch verwunderlich, dass es bisher keine gesicherten Informationen zu Vorkommen über rein kristallinem Untergrund gibt. Abgesehen von den unterschiedlichen petrographischen Ausgangsmaterialien gibt es doch die Gemeinsamkeit, dass eine gewisse Wasserdurchlässigkeit besteht. Ausnahmslos handelt es sich um Lockermaterialien, die von Natur aus, im Vergleich zum Festgestein, eine vertikale Entwässerung und Abtragung von Material entlang von unterirdischen Abzugsbahnen ermöglichen. Ein einzelnes Buckelwiesenvorkommen konnte über anstehendem Gestein, nämlich Hauptdolomit, gefunden werden. Allerdings ist durch die typischen Klüfte dieses Gesteins ebenfalls eine große Wasserdurchlässigkeit gegeben (HAMANN 1985).

Zusätzlich stellte STINI 1940 fest, dass die Buckelwiesen an „Waldland“ gebunden sein dürften, da er keine Buckelwiesen oberhalb der Waldgrenze auffinden konnte. Allerdings fanden HASERODT 1965 auch Buckelwiesen im Hochkönigmassiv und Hagengebirge, die

über den postglazialen Waldgrenzen in einem Höhenbereich von 2200-2400 m liegen. Gleiches gilt auch für HAMANN 1985, die einzelne Areale im Tennengebirge zwischen 2100 und 2300 m, und GOLDBERGER 1950, welcher eine Buckelwiese am Tschirgant, welche ohne Waldbedeckung entstand, vorfand.

Ebenfalls ungleichmäßig verteilt sind die Buckelwiesen in Bezug zur Höhenlage. So konnte ENGELSCHALK 1971 für die Buckelwiesen im Bereich des eiszeitlichen Isargletschers durchschnittliche Höhenlagen im Alpenvorland von 600-700 m bzw. im Gebirge von 850-1000 m feststellen. Diese Häufung dürfte auf geomorphologische Umstände wie relativ flache Geländeformen, zurück zu führen sein. In höheren, ebenfalls flachen Regionen konnte er ebenfalls gebuckelte Areale nachweisen, allerdings sind diese dann auf die Almgebiete beschränkt. Aus diesem Grund fallen die oberen Almen- und Buckelwiesengrenzen meist zusammen.

Auch im Massiv der Kräuterin gibt es Buckelwiesenareale hauptsächlich in den Gebieten mit Almflächen, die sich dort in einem Höhenbereich von 1200-1400 m befinden (EMBLETON-HAMANN 1999).

Mehr Gemeinsamkeiten gibt es in Bezug auf die Neigungen der Buckelwiesen. Laut ENGELSCHALK 1971 gibt es die meisten Areale auf Hängen, die zwischen 5° und 14° geneigt sind. Ab einem Gefälle von etwa 33° kann sich das Kleinrelief nicht mehr ausbilden. Laut den Untersuchungen von HAMANN 1985, die zu ähnlichen Ergebnissen führten, bilden sich gebuckelte Flächen meistens auf Hängen mit Neigungen zwischen 5° und 14° aus. Laut ihren Annahmen wird das Kleinrelief durch Denudationsprozesse zerstört, wenn das Hanggefälle mehr als 30° beträgt.

3. Waldgrenze

3.1. Definition Wald- und Baumgrenze

Es gibt eine Vielzahl von unterschiedlichen Definitionen verschiedener Autoren zur Bestimmung der Waldgrenze. Dies lässt sich auf die differierende Betrachtungsweise der einzelnen Disziplinen zurückführen. Geographen verstehen unter der Waldgrenze etwas anderes als Ökologen, Pflanzensoziologen oder Förster (HOLTMEIER 1967).

Außerdem ist es auch nicht immer einfach eine genaue Höhenangabe zur Lage der Waldgrenze zu machen. Die Form dieser Grenze variiert nämlich mehr oder weniger. Wälder können unterhalb ihrer oberen Grenze geschlossen auftreten, welche an einer Linie abrupt enden. Oft gibt es aber auch einen Übergangsbereich, in welchem die Bäume nach oben zu immer weniger werden bis nur mehr einzelne Individuen zu finden sind (HOLTMEIER 2009 und TRANQUILLINI 1979). Dieser Übergangsbereich wird häufig als Kampfzone bezeichnet, in welchem die Bäume um ihr Überleben aufgrund widriger äußerer Einflüsse „kämpfen“ (TRANQUILLINI 1979).

WIESER u. a. 2007 bezeichnen diesen Übergangsbereich auch als Waldgrenzökoton, welches sich zwischen der Waldgrenze und den obersten Baumindividuen erstreckt. In diesem Übergangsbereich oberhalb des geschlossenen Waldbestandes können Bäume durch die erschwerten klimatischen Bedingungen verkrüppeln oder zu Krummholz deformiert werden und dabei das Aussehen von Büschen annehmen. Dennoch gelten diese Individuen noch als – wenn auch deformierte - Bäume. Die übliche Waldgrenzvegetation wie beispielsweise *Pinus mugo* (Latschen), welche aufgrund ihrer genetischen Entstehung keinen baumartigen Wuchs aufweisen, werden dagegen als Büsche bezeichnet.

Die meisten Baumdefinitionen beziehen sich allerdings auf die Baumhöhe oder in Bezug auf die Waldgrenze auf einen minimalen Bedeckungsgrad. Die kritische minimale Baumhöhe reicht dabei je nach Definition unterschiedlicher Autoren (siehe Tab. 2) von 2-8 m, die minimale Waldbedeckung von 30-40%. Dabei werden für unterschiedliche Baumgattungen auch verschiedene Mindesthöhen definiert (HOLTMEIER 2009).

HOLTMEIER 2009 vertritt die Theorie des Einflusses der Schneedecke auf die Identifizierung von Bäumen. In den Gebirgen der mittleren Breiten sind über 2 m große Pflanzen den harschen Witterungsbedingungen oberhalb der winterlichen Schneedecke ausgeliefert, wohingegen kleinere Individuen innerhalb der Schneedecke geschützt sind.

Somit sollte eine Pflanze als Baum bezeichnet werden, sobald sie über die durchschnittliche Schneedeckenhöhe hinausreicht.

Viele Autoren geben bei der Höhenlage der Wald- und Baumgrenzen keine Angaben über die verwendeten Definitionen an. Da im Zuge dieser Arbeit neben den aktuellen Höhenlagen der Wald- und Baumgrenzen auch die seit der letzten Eiszeit untersucht werden, können auch keine genauen Meterangaben der Grenzen eruiert werden. Die heutigen Untersuchungsmethoden, welche meist auf der Analyse von Pollen oder der Dendrochronologie beruhen, können keine genauen Meterangaben, sondern nur ungefähre Werte der Höhengrenzen der Bäume angeben. Dennoch ist ein Überblick über die verschiedenen Baumdefinitionen von Nöten um eine ungefähre Vorstellung der Größen der Individuen zu bekommen.

Author	Tree height (m)
Brockmann-Jerosch (1919)	5
Schröter (1926)	4-5
Leibundgut (1938)	5
Vincent (1938)	8
Rubner (1953)	6-8
Hermes (1955)	5
Plesnik (1959)	8
Jenic and Locvenc (1962)	5
Ellenberg (1963)	2
Wardle (1964, 1965a)	1
Holtmeier (1965)	>average depth of winter snowpack
Hustich (1966)	5
Müller-Dombois and Ellenberg (1974)	2
Wardle (1974, 1981a)	2
Bernadzki (1976)	2
Braathe (1977)	2.5 (at timberline 3)
Kullman (1979 onwards)	2
Little (1979)	4
Piussi and Schneider (1985)	2
Timoney et al. (1992)	3-4
Hofgaard (1997a)	2
Paulsen et al. (2000)	3

Tabelle 2: Minimale Baumhöhen verschiedener Autoren zur Identifizierung der oberen Baumgrenze. Quelle: HOLTMEIER 2009

3.2. Einflussfaktoren auf die Waldgrenze

Die Waldgrenze ist vielen möglichen Einflussfaktoren ausgesetzt, welche die Reproduktion und das Wachstum der Bäume und somit die Höhenlage bestimmen.

Nach WIESER u. a. 2007 lassen sich diese Einflussgrößen in biotische und abiotische Faktoren unterteilen, teilweise überschneiden sich diese Faktoren aber auch. Zusätzlich darf auch der anthropogene Einfluss nicht unerwähnt bleiben, da gerade seit der menschlichen Besiedelung der Gebirge die Waldgrenze stärkeren Schwankungen unterlag.

3.3. Abiotische Einflussgrößen

3.3.1. Wärmebilanz

Obwohl es verschiedene Baumgattungen mit unterschiedlich bevorzugten Standortbedingungen gibt, hängt die obere Waldgrenze primär von der mit steigender Höhenlage immer schlechter werdenden Wärmebilanz ab, die ein Baumindividuum zum Wachsen benötigt. Die Entwicklung und das Wachstum können nämlich nur während der Vegetationsperiode stattfinden, welche eine gewisse Länge aufweisen muss, damit ein bestimmter Wert der Wärmezufuhr erreicht wird um einem Baumindividuum ein Gedeihen zu ermöglichen (TRANQUILLINI 1979 und HOLTMEIER 2009).

Diese Wärmezufuhr wird somit direkt durch die herrschenden Temperaturen, der Länge der Vegetationsperiode, aber auch durch eventuelle Fröste während der Wachstumsperiode bestimmt. Es gibt aber auch indirekte Einflüsse der Wärmezufuhr wie den Wind oder die Dauer der Schneebedeckung und der damit verbundenen Beeinflussung der Bodentemperaturen. Diese können auch durch Schmelzwässer von tauenden Schneeflächen niedrig gehalten werden. An den dem Wind zugewandten Seiten von Bäumen kommt es oft zu niedrigeren Luft-, Boden- und auch Nadeltemperaturen als auf den Leeseiten, welche zu einem verminderten Wachstum von Ästen führen können (HOLTMEIER 2009).

Die Wärmebilanz und somit die Höhenlage der Waldgrenze hängt aber auch von der Exposition ab. Nordseitige und in tief eingeschnittenen Tälern wachsende Bäume erhalten deutlich weniger Sonnenstrahlung und weisen damit auch eine geringere Wärmebilanz als Wälder an hoch gelegenen Südhängen auf. Weiters nimmt in manchen Gebieten die Waldgrenze taleinwärts aufgrund kalter Luftströmungen von den Berghängen, vor allem in

vergletscherten Tälern, ab (siehe Abb. 6). In diesen glazial geprägten Tälern ist auch eine untere Waldgrenze direkt über dem kalten, weil vergletscherten Talgrund möglich. Moränen können ebenfalls für die schlechten Standortbedingungen für die Bäume verantwortlich gemacht werden. In Beckenlagen oder Dolinen mit kaltem Talgrund kann es ebenfalls zu einer Umkehrung der normalen Vegetationsbedeckung und somit zur Ausbildung einer unteren Waldgrenze kommen. (TRANQUILLINI 1979 und HOLTMEIER 2009).

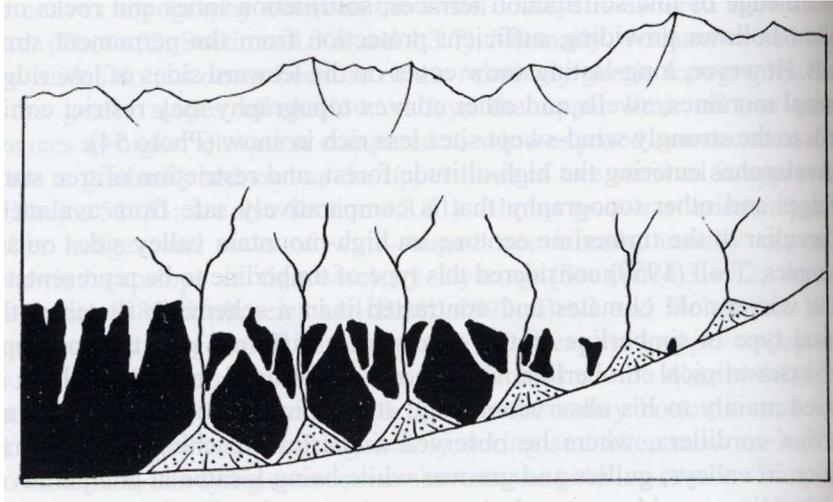


Abbildung 6: Abnahme der Baumgrenze in Richtung des Talschlusses. Quelle: HOLTMEIER 2009

Des Weiteren gibt es einen spürbaren Anstieg der Waldgrenze von den Außenseiten von Gebirgen zu den inneren, kontinentaleren Gebieten, welcher auf wärmere Sommer zurück zu führen ist (TRANQUILLINI 1979).

3.3.2. Frosthärte und Schäden

In den alpinen Gebieten in mittleren Breiten sind Bäume an der Waldgrenze häufig von Frostereignissen betroffen. Dabei lässt sich mit zunehmender Seehöhe sowie höherer Kontinentalität des Klimas eine höhere Frosthärte im Winter wie im Sommer feststellen. Vor allem aber die klimatischen Bedingungen während der Wintermonate sowie im Spätwinter sind von besonderer Bedeutung für das Baumwachstum. Fröste verursachen Schäden hauptsächlich an Nadeln und Pflanzensprosslingen. Die Intensität dieser Schäden hängt dabei von der Länge der vorangegangenen Vegetationsperiode ab, in welcher die Bäume genügend Abwehrkräfte entwickeln müssen um die Beschädigungen durch klimatische Verhältnisse,

mechanische Kräfte wie Abrasion oder Pilzbefall der Nadeln zu überleben (HOLTMEIER 2009 und TRANQUILLINI 1979).

Allgemein lässt sich festhalten, dass die Bäume an der Waldgrenze eine derartig hohe Frosthärte aufweisen, dass es kaum zu Frostschäden kommt (TRANQUILLINI 1979). Im Gegensatz dazu weisen Pflanzen, welche sich im Winter unter der schützenden Schneedecke befinden, eine deutlich reduzierte Frosthärte auf. Zusätzlich ändert sich die Frosthärte auch im Verlauf der Jahreszeiten, nimmt im Herbst mit den sinkenden Temperaturen und der verminderten Tageslänge schnell zu und im Frühling im Gegensatz deutlich ab (TRANQUILLINI 1979 und WIESER u. a. 2007). Dadurch kann es in den höheren Lagen in frostigen Sommernächten vor allem an jungen, kleinen Bäumen in der Nähe der kalten Bodenschichten zu Frostschäden kommen (HOLTMEIER 2009).

Die Nadeln der Bäume können auch durch starke Temperaturunterschiede in Mitleidenschaft gezogen werden. An sonnenreichen Plätzen können sich die Nadeln deutlich höher aufheizen als die tatsächlichen Lufttemperaturen liegen. Kommt es dann zu einer kalten Nacht, womöglich auch noch mit Frost, kann dies ebenfalls zu Schäden führen (HOLTMEIER 2009).

3.3.3. Frostrocknis und Abrasion

Bäume können im Winter auch durch Frostrocknis geschädigt werden. Im Gegensatz zu Frostschäden, welche durch plötzliche Dehydration verursacht werden, kommt es bei Frostrocknis zu einem sukzessiven Wasserverlust durch die Transpiration. Der Wasserverlust kann aufgrund des gefrorenen Bodens und Baumgewebes nicht ausgeglichen werden. Besonders von diesem Phänomen sind Pflanzensprosslinge und kleine Bäume an der Waldgrenze betroffen, da die Dicke der die Pflanzen schützenden Kutikula mit zunehmender Seehöhe abnimmt. Während wärmerer Wetterphasen im Winter können die Bäume bei kurzzeitiger Beendigung der Frostrocknis etwas Wasser aufnehmen (HOLTMEIER 2009, TRANQUILLINI 1979 und WIESER u. a. 2007).

Frostrocknis tritt vor allem im Spätwinter auf, wenn sich die Nadeln und Pflanzensprosslinge tagsüber aufgrund der stärker werdenden Sonnenstrahlung deutlich höher als die Lufttemperatur erwärmen. Das große Dampfdruckgefälle zwischen den Blättern und den umgebenden Luftmassen führt zu höherer Transpiration und somit zu schnellerer Austrocknung (HOLTMEIER 2009 und TRANQUILLINI 1979).

Von dem Phänomen der Frostrocknis sind nur Bäume, die über die Schneedecke hinausragen, betroffen. Somit kommt es bevorzugt an Sonnenhängen und in eher schneearmen Gebieten zu derartigen Beschädigungen der Bäume. Zusätzlich tritt Frostrocknis auch an der Luvseite von Bäumen auf, da Wind einerseits einen kühlenden Effekt bewirkt und andererseits die Luftschichten austrocknet und somit die Verdunstung fördert (HOLTMEIER 2009).

An besonders windexponierten Standorten kann es durch Abrasion, ausgelöst von Eis- oder Bodenpartikeln, der Wachsschichten an den Bäumen zu signifikanten Wasserverlusten kommen, da die schützende Kutikula der Bäume geschädigt wird. Zusätzlich können starke Winde gefrorene Nadeln oder Sprösslinge brechen und die Bäume dadurch schädigen. Außerdem kommt es dadurch an den offenen Gewebestellen noch zu vermehrter Verdunstung, was wiederum die Frostrocknis begünstigen kann (HOLTMEIER 2009 und TRANQUILLINI 1979).

Allgemein lässt sich jedoch festhalten, dass Frostrocknis bei ausgewachsenen Bäumen eher nicht zum Absterben führt und dadurch hauptsächlich Pflanzensprösslinge, welche nicht durch eine Schneedecke geschützt sind, gefährdet werden können (HOLTMEIER 2009).

3.3.4. Bodentemperaturen

Die Bodentemperaturen weisen einen erheblichen Einfluss auf das Baumwachstum auf, da dieses erst ab einem gewissen Temperaturwert – je nach Baumart stattfinden kann. Normalerweise wurzeln Pflanzensprösslinge in der obersten 10–20 cm dicken Bodenschicht und sind somit besonders anfällig für tiefe Temperaturen, welche die Vegetationszeit verkürzen (HOLTMEIER 2009).

Die Temperaturen können dabei auf kleinem Raum relativ stark variieren, da sie durch verschiedenste Dinge wie die Bodentextur, Porosität, Bodendichte, Humusgehalt, Bodenfeuchte, Wärmeleitfähigkeit, Wärmespeicherfähigkeit, Bodenbedeckung durch Vegetation, Exposition, Strahlung, Bodenwasser, Schneebedeckung etc. beeinflusst wird (HOLTMEIER 2009 und WIESER u. a. 2007).

Die durchschnittlichen Bodentemperaturen nehmen wie die durchschnittlichen Seehöhen mit der Höhe hin ab, wobei der Rückgang der Bodentemperaturen geringer ist als derjenige der Lufttemperaturen. Somit vergrößert sich der Temperaturgradient zwischen Luft und Boden mit steigender Höhe (HOLTMEIER 2009).

Unter schneebedeckten Böden fallen die Temperaturen nur wenige Grade unter den Gefrierpunkt (WIESER u. a. 2007), wohingegen an schnee- und vegetationsarmen Plätzen die Böden mehrere Meter tief gefroren werden können und erst im Frühjahr wieder auftauen. Demzufolge gibt es daher auch im Winter an windexponierten Plätzen mit geringerer Schneebedeckung eher tiefere Bodentemperaturen als in Leelagen. Eine vorhandene Pflanzendecke kann ebenfalls die täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen im Boden beeinflussen. So erhitzen sich vegetationsfreie Böden im Sommer stärker als diejenigen, die mit Pflanzen bedeckt sind. Auf dunklen Böden an windgeschützten Plätzen kann diese Überhitzung soweit führen, dass junge Pflanzensprosslinge absterben (HOLTMEIER 2009).

3.3.5. *Wind*

Die Windgeschwindigkeiten nehmen im Regelfall mit zunehmender Höhe zu und können auf exponierten Berggipfeln höhere Werte als in stürmischen Küstengebieten erreichen. In den mittleren Breiten wehen die Winde allgemein meist aus westlichen Richtungen und erreichen in den Wintermonaten die höchsten Geschwindigkeiten. Durch die Topographie werden die lokalen Windgeschwindigkeiten und Richtungen in den Tälern allerdings erheblich beeinflusst und können somit deutlich von den über den Berggipfeln herrschenden Strömungen abweichen. Daraus resultieren stark gegliederte Windströmungen mit windexponierten und windgeschützten Plätzen, welche einen großen Einfluss auf die Vegetation ausüben (HOLTMEIER 2009 und WIESER u. a. 2007).

Das Baumwachstum kann mechanisch durch Winddruck oder Abrasion durch Eiskristalle oder Bodenpartikel, ausgelöst durch Windströmungen, behindert werden (TRANQUILLINI 1979 und WIESER u. a. 2007). Starke Stürme können zu Stammbrüchen oder Windwürfen führen. Starkes Raureifwachstum und dadurch bedingte Stammbrüche auf der Luvseite von Bäumen kann ebenfalls Bäume schädigen. Weiters werden durch Luftströmungen die Standortbedingungen (Änderungen der Luft- oder Bodentemperaturen, Bodenfeuchtigkeit, Verdunstung, Schneehöhe sowie Dauer der Schneebedeckung) verändert. Diese Änderungen der Standortbedingungen durch Windströmungen stellen überhaupt eine der wichtigsten Einflüsse auf das Baumwachstum an der Waldgrenze dar (HOLTMEIER 2009).

Windströmungen reduzieren die Temperaturunterschiede zwischen Pflanzen und den umgebenden Luftschichten sowie zwischen unterschiedlich besonnten Plätzen. Während

klarer Strahlungsnächte verhindern Winde aufgrund der Durchmischung eine starke bodennahe Abkühlung der Luftmassen. Einen weiteren wichtigen Faktor, welcher die Standortbedingungen verändern kann, stellt die Verlagerung der Schneedecke durch den Wind dar (WIESER u. a. 2007). Dies hängt dabei, abgesehen von der Windgeschwindigkeit und Richtung, von der Kohärenz der Schneekristalle, der Dichte und dem Wasseräquivalent der Schneedecke ab (HOLTMEIER 2009).

Ebenfalls von Bedeutung sind die Windströmungen für die Verteilung von Samen und Pollen. Nadelverluste durch starke Winde während der Vegetationsperiode führen zur Senkung photosynthetischer Aktivitäten und Nährstoffverlusten. Zusätzlich kann es auch zu vermehrtem Bodenabtrag kommen, wodurch den Bäumen die Lebensgrundlage entzogen werden kann (HOLTMEIER 2009).

3.3.6. Schneebedeckung

Die Schneebedeckung unterliegt starken Schwankungen und wird vor allem durch die Topographie und Pflanzenbedeckung, welche die Oberflächenrauigkeit und damit die Windrichtungen bestimmen, determiniert. Obwohl die Dauer der Schneebedeckung primär von der Menge des gefallenen Schnees abhängt, gibt es jedes Jahr ein annähernd gleiches Muster der Schneeverteilung. Normalerweise werden konvexe Luvhänge schneller schneefrei, da die Winde den Schnee verfrachten. An konkaven und den Winden abgewandten Hängen lagern sich dagegen die Schneemassen ab. Dies gilt auch für die der Sonne zugewandten, aber windgeschützten Hängen, da die Einstrahlung nicht ausreicht um die großen Schneemassen abzuschmelzen, wohingegen vom Wind abgeblasene Nordhänge schneller schneefrei werden können. Allgemein lässt sich jedoch schon festhalten, dass es auf den der Sonne zugewandten Südhängen aufgrund der stärkeren Einstrahlung schneller zur Schneeschmelze kommt als auf Nordhängen (HOLTMEIER 2009).

Positive effects	Negative effects
Protection from frost	Short growing season
frost drought	Delayed rise of soil temperature
ice particle abrasion	→ Germination impeded
grazing, browsing	→ Root growth delayed
Moisture supply (important on Rapidly draining substrate)	→ Decomposition impeded
	→ Nutrient uptake impeded
	Mechanical damage caused by
	→ Snow break
	→ Snow creep
	→ Snow slides
	→ Avalanches
	Snow fungi infections

Tabelle 3: Die Einflüsse der Schneedecke auf Bäume an der Waldgrenze. Quelle: HOLTMEIER 2009

Die Schneebedeckung kann positive und negative Effekte auf die Vegetation haben (siehe Tab. 3). Eine schmelzende Schneedecke kann bei wenig permeablen Bodenschichten zu lang anhaltender Bodenfeuchte führen und somit auf sonst trockenen Böden genügend Wasser für das Baumwachstum bereitstellen. Bei großen Blöcken oder auf Schuttflächen versickert das Schmelzwasser dagegen relativ schnell. Lang verfügbares Schmelzwasser kann aber auch zu Nährstoffauswaschung und Verarmung führen. Die Bodentemperaturen können längere Zeit niedrig bleiben, wodurch Photosynthese, Wurzelwachstum, Nährstoffaufnahme gebremst werden können. Andererseits kann durch das Schmelzwasser eingebrachte Feinmaterial, welches durch äolische Prozesse auf die raue Schneedecke gelangt ist, die Bodenbildungsprozesse und damit auch das Baumwachstum begünstigen (HOLTMEIER 2009).

Im Winter schützt eine hohe geschlossene Schneedecke die Vegetation vor Frost- oder Abrasionsschäden und intensiver Sonneneinstrahlung. Die Sommerwärme wird länger im Boden gespeichert, dieser kann sich nicht so stark abkühlen. Im Gegensatz dazu sind Pflanzen, welche ein wenig über die Schneedecke ragen, großen Temperaturschwankungen in windarmen Strahlungsnächten ausgesetzt, da sich die Nadeln tagsüber aufgrund der Rückstrahlung der weißen Schneeoberfläche stärker als die Lufttemperatur erwärmen und nachts knapp oberhalb der Schneeflächen die Temperaturen aufgrund der Ausstrahlung am stärksten abfallen (HOLTMEIER 2009).

An besonders schneereichen Expositionen auf Nordhängen oder in Lawenstrichen können immergrüne Nadelbäume durch Pilzbefall beeinträchtigt werden. Diese Pilze können sich am besten innerhalb der Schneedecke bei hoher Feuchtigkeit und Temperaturen um den

Gefrierpunkt entwickeln. Bäume sind erst davor geschützt, wenn sie hoch genug sind und über die jährlichen durchschnittlichen Schneehöhen hinausragen (HOLTMEIER 2009).

Weitere Effekte, die durch eine hohe Schneedecke auftreten können, betreffen mechanische Schäden, wodurch die Bäume anfälliger für Pilzbefall werden können. Solche mechanischen Schäden können durch Schneedruck oder durch die Schneesetzung entstehen und dadurch Stammbrüche auslösen. Weiters kann Schneegleiten an steilen Hängen auftreten und zu deformierten Bäumen führen, die in ihrem Wachstum beeinträchtigt werden (HOLTMEIER 2009 und TRANQUILLINI 1979).

3.3.7. Böden

Aufgrund der vielfältigen physikalischen und chemischen Unterschiede gehören die Böden zu den komplexesten Faktoren, welche die Waldgrenzen beeinflussen. Böden weisen einen erheblichen Einfluss auf die Vegetation durch die Temperaturverhältnisse, Wasserverfügbarkeit, Dekomposition und Bereitstellung von Nährstoffen auf. Diese Faktoren sind wiederum hauptsächlich vom Mikrorelief, Ausgangsgestein, Mikroklima und der Pflanzenbedeckung abhängig.

Obwohl man wegen dieser vielfältigen Faktoren nicht von lokalen Studien über den Einfluss von Böden auf andere Standorte schließen kann, gibt es doch einige Gemeinsamkeiten. Die meisten Böden im Waldgrenzbereich sind flachgründig und weisen einen hohen Skelett- und Humusanteil auf. Ranker, Rendzina und Podsol Böden oder auch Bereiche mit Hangschutt, welche die Bodenentwicklung behindern, sind weit verbreitet. Besonders über wasserundurchlässigen Bereichen zwischen konvexen Hangbereichen können auch vergleyte Böden auftreten.

Ein weiterer edaphisch-biotischer Faktor des Baumwachstums an der Waldgrenze betrifft die Symbiose zwischen Wurzeln und einem Pilz im Boden. Diese mit Mykorrhiza bezeichnete Lebensgemeinschaft erlaubt den Bäumen durch das feine Pilzgeflecht genügend Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen (HOLTMEIER 2009, TRANQUILLINI 1979 und WIESER u. a. 2007).

3.3.8. Topographie und Geomorphologie

Obwohl die Höhe der Waldgrenze primär von den zonalen und klimatischen Bedingungen abhängt, ist die Topographie einer der Schlüsselfaktoren, welche das Baumwachstum determiniert (siehe Abb. 7). Der Effekt der Mikrotopographie auf die Einstrahlung und den Wind und somit auf die Temperatur, Feuchtigkeit, Schneebedeckung, Evaporation etc. spielen eine wichtigere Rolle als der Einfluss der Seehöhe (HOLTMEIER 2009 und WIESER u. a. 2007).

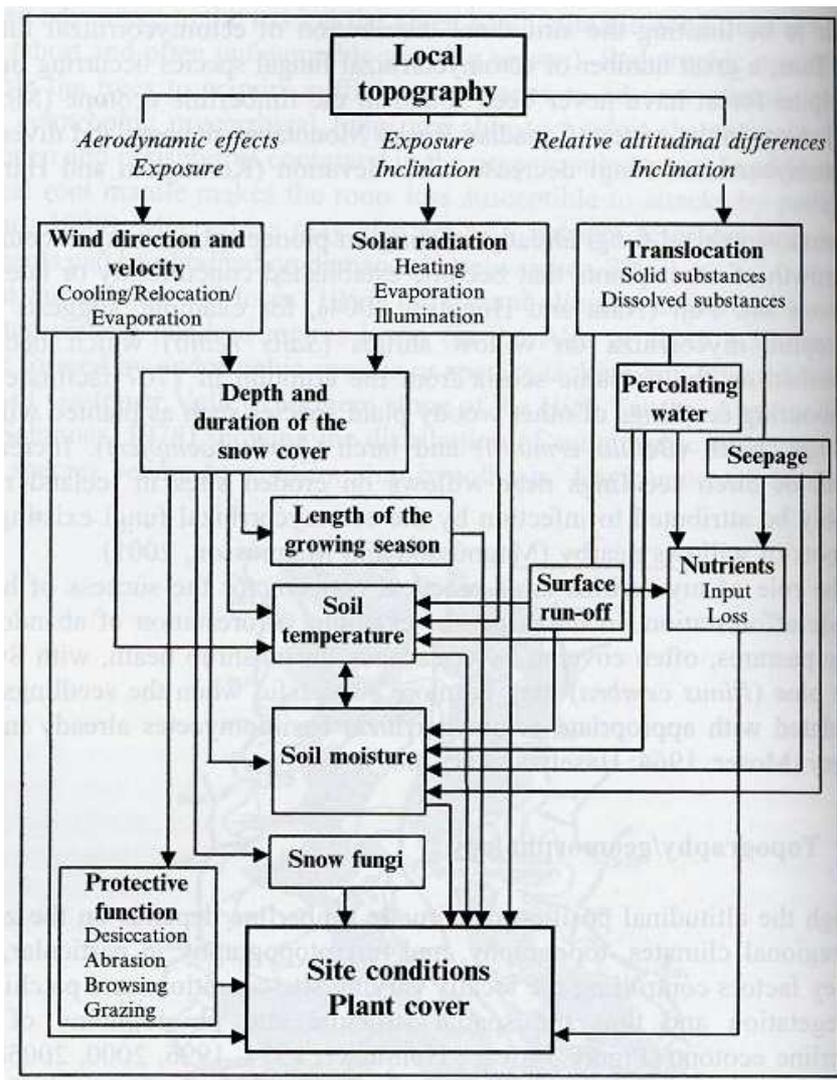


Abbildung 7: Einflüsse der Mikrotopographie auf die verschiedenen Standortfaktoren und die Pflanzenbedeckung. Quelle: HOLTMEIER 2009

Auf steilen Hangbereichen können Massenbewegungen wie Sturzprozesse, Lawinen und Rutschungen einen erheblichen Einfluss auf die Waldgrenzen aufweisen. In diesen Bereichen werden die Waldgrenzen häufig auch nicht durch klimatische, sondern durch topographische Einflüsse, beispielsweise Felswände, bestimmt. Weiters können Bergrücken, Rinnen und

Schuttkegel zu einem unregelmäßigen, mehr oder weniger bänderartigen Waldbewuchs mit dazwischen liegenden baumfreien Bereichen führen. In Lawinenbahnen lassen sich häufig gegen Stammbrüche resistente Baumarten, wie beispielsweise Birken oder Erlen, die sich nach einem Lawinenabgang wieder aufrichten oder Beschädigungen besser verkraften, vorfinden. Auf Schutthängen beeinflusst die Bodenfeuchtigkeit, die vom Bodensubstrat und Humusgehalt abhängig ist, das Muster der Baumbedeckung (HOLTMEIER 2009).

3.3.9. Exposition

Die Exposition zur Sonneneinstrahlung oder auch zu den Windströmungen ist ein, wie teilweise schon erwähnt wurde, ebenfalls wichtiger bestimmender Faktor der Waldgrenze. Die Stärke der Sonneneinstrahlung sowie auch der Anteil des ultravioletten Lichtes nehmen mit der Höhe wegen des geringeren Wasserdampfangebotes und der damit geringeren Rückstrahlung der einfallenden Strahlen exponentiell zu. Diese starke Strahlung kann die Bodenoberfläche so stark aufheizen, dass Pflanzensprosslinge geschädigt werden können (TRANQUILLINI 1979). Die Windstärken nehmen mit steigender Höhe ebenfalls zu, da die Reibung mit der Höhe abnimmt. Aus diesem Grund nehmen die Unterschiede zwischen Luv- und Leeseiten beziehungsweise sonnigen und schattigen Standorten mit der Seehöhe ebenfalls zu (HOLTMEIER 2009).

3.4. Biotische Einflussgrößen

3.4.1. Einfluss der Fauna auf die Waldgrenze

Obwohl Tiere ebenfalls auf einer eher lokalen Ebene Einfluss auf die Höhe der Waldgrenze ausüben, wurde dies von vielen Autoren lange nicht berücksichtigt. Durch Rinder- und Schaftierhaltung wurden beispielsweise in vielen Teilen der Erde die Baumgrenzen negativ beeinflusst. Aber auch die Effekte von wild lebenden Tieren wie Vögeln, Huftieren oder Insekten sind nicht zu unterschätzen. Deren Einflüsse auf die Bäume reichen vom Verbiss, über die Samenverbreitung, Fraß von Samenkörnern und das Zertrampeln von Pflanzen bis zur Durchwühlung des Bodens und der Sedimente. Der Einfluss von Pflanzen fressenden Insekten beschränkt sich dagegen hauptsächlich auf das Abfressen von Blättern. Murmeltiere,

Wühlmäuse und andere in Bodenbauten lebende Tiere können Schäden an Pflanzenwurzeln und Sprösslingen hervorrufen, aber auch mineralstoffhaltige Erden an die Oberfläche befördern, auf denen Samenkörner besser gedeihen können. Eine hohe Schneebedeckung kann außerdem die Bäume vor Verbiss-Schäden durch Huftiere schützen. (HOLTMEIER 2009).

Von besonderer Bedeutung für die Verbreitung von Samenkörnern an der Baumgrenze ist der Tannenhäher, vor allem für die Zirbe, welche in den Südtiroler Dolomiten oft die Baumgrenze bildet. Dieser Vogel reißt die Zapfen von den Bäumen ab und versteckt sie in Moospolstern, zwischen Baumwurzeln und anderen Standorten. Dabei versteckt er meist mehr Zapfen in einem größeren Umkreis, teilweise auch über der Baumgrenze, als er zum Überleben benötigt, woraus dann neue Bäume gedeihen können. Dadurch trägt der Vogel einen wichtigen Schritt zur Verjüngung und Ausbreitung der Zirbenwälder an der Waldgrenze bei (HOLTMEIER 1967, 2009 und TRANQUILLINI 1979).

3.4.2. Anthropogener Einfluss

In vielen Teilen der Erde hat die Menschheit einen entscheidenden Einfluss auf die Herabsenkung der Waldgrenzen ausgeübt. Verändert wurden nicht nur die Höhenlagen der Waldgrenzen, sondern auch deren Zusammensetzung und Verteilung. Bevor der menschliche Einfluss eingesetzt hat, bedeckten die Wälder, abgesehen von Lawinen-, Steinschlagbahnen oder anderen Gefahrenbereichen, die Gebirgshänge bis zur klimatisch möglichen Waldgrenze. Durch die menschlichen Eingriffe wurde die Waldgrenze um etwa 150 bis 300 m unter den postglazialen Level der klimatisch möglichen Grenze gedrückt (HOLTMEIER 2009).

In vielen Teilen der europäischen Alpen begann der anthropogene Einfluss durch landwirtschaftliche Nutzungen, Weidewirtschaft und Brandrodungen vor etwa 4500 Jahren (vor 7000 Jahren nach WIESER u. a. 2007). Vor allem weniger steile, leicht zu erreichende Hänge wurden teilweise komplett entwaldet. Die Bäume hielten sich dort teilweise nur auf steilen Hängen oder auf Bändern in Felswänden, wo sie nicht erreicht werden konnten. Zusätzlich wurde das Holz als Brennstoff beim Erz- oder Salzabbau benötigt (HOLTMEIER 2009).

Die meisten subalpinen Wälder überalterten schließlich, da die Jungbäume entweder von den Tieren zertrampelt oder gefressen wurden. Durch Brandrodungen wurden vor allem Zirbenbestände deutlich dezimiert, da die Rinden dieser Bäume, im Gegensatz zu den

Lärchen, keinen Schutz gegen die Feuer bieten konnten. Als Resultat breiteten sich in den baumfrei gewordenen Gebieten in den Dolomiten Latschen und Grünerlen aus (HOLTMEIER 2009).

Durch die Weidewirtschaft wurden die Böden verdichtet und aufgerissen, wodurch es zu höherem Oberflächenwasserabfluss und Erosion kam. Das Nährstoffangebot nahm auch ab und resultierte in schwierigeren Lebensbedingungen für die keimenden Jungbäume (WIESER u. a. 2007).

Die Entwaldung führte auch zu einer Verschärfung der Standortfaktoren für eventuell wieder keimende Jungbäume, da nun Strahlung und Windstärken durch den fehlenden Schutz durch die Bäume zunahmen. Die Bodentemperaturen und Feuchtigkeiten veränderten sich ebenso wie die Dauer der Schneebedeckung. Gleichzeitig kam es auch zu vermehrtem Schneegleiten und Bodenerosion, da nun die schützende Pflanzenschicht und deren Wurzeln fehlten (HOLTMEIER 2009).

3.4.3. Klimatische Veränderungen

Bei klimatischen Veränderungen dauert es sehr lange, bis die Baumgrenzen darauf reagieren. Dies liegt in der langen Lebensdauer beziehungsweise im langsamen Wachstum von Bäumen im subalpinen Bereich. Die aktuelle Höhenlage, Aussehen und Alter der Bäume an der Waldgrenze hängt daher eher von den vergangenen als den aktuellen Klimazuständen ab (HOLTMEIER 2009).

Heutzutage lässt sich in den Dolomiten ein Höherklettern der Vegetationsstufen nachweisen. So konnte anhand einer Studie eine Zunahme der Vegetation auf hohen Gipfeln mit Höhen um 2700-2800 m um 10%, auf niedrigen Gipfeln mit Höhen um 2200-2400 m um nur etwa 1-3% nachgewiesen werden. Ein Gipfel wies auf einer Höhe von etwa 2700 m sogar erste Bestände von Lärchen auf, wobei allerdings abgewartet werden muss, ob die Bäume die nächsten Winter überleben werden. Insgesamt kann in den nächsten Jahrzehnten mit einem Höherklettern der Waldgrenze gerechnet werden (UNIVERSITÄT INNSBRUCK, 2009).

3.5. Waldgrenzentwicklung in Südtirol während des Postglazials bis zur heutigen Zeit

Eine Reihe von Autoren beschäftigte sich in unterschiedlichen Untersuchungen bereits mit der Frage der Waldgrenzentwicklung nach dem Ende der letzten Eiszeit im Alpenraum. Dabei wurden unterschiedliche Methoden wie die Dendrochronologie, Datierungen von Holzresten sowie Holzkohle mit Hilfe der Radiokarbonmethode (C14-Datierung) oder auch die Palynologie (Pollenanalyse) angewandt. Dabei wurde versucht nur auf neuere Literatur, die im Jahre 1980 oder später publiziert wurde, zurück zu greifen, da ältere Untersuchungen teilweise widersprüchliche Ergebnisse geliefert haben.

Allgemein lässt sich festhalten, dass die Waldgrenzen im Postglazial teilweise höher lagen als heute und etwa um einen Bereich von etwa ± 200 m geschwankt haben (BORTENSCHLAGER 1992 und NICOLUSSI 2009). Podsolböden oberhalb der Waldgrenze, welche sich in den Alpen unter zapfentragenden Bäumen entwickelten, können außerdem als Indikator für eine in größere Seehöhen als heute reichende Waldbedeckung im Klimaoptimum des Holozäns gesehen werden (HOLTMEIER 2009).

Vor allem im Bereich zwischen 10000 und 5000 Jahren vor heute lagen die Waldgrenzen höher. So konnte für die Westtiroler Zentralalpen eine Waldgrenze von 2400-2450 m festgestellt werden (STAFFLER u. a. 2011). Beispielsweise wurde im Kaunertal ein Baum auf einer Seehöhe von 2400 m gefunden und auf ein Alter von 4674 und 4377 vor Christus datiert (NICOLUSSI u. a. 2006 und NICOLUSSI u. a. 2005). Nach WIESER u. a. 2007 erreichte die Waldgrenze zwischen 8000 und 5000 Jahren vor heute in den Südalpen sogar eine Höhe bis zu 2700 m.

Von 5000 bis 2000 Jahren kam es dann zu einer Absenkung, die womöglich auf klimatische oder auch anthropogene Einflüsse zurück zu führen ist. Spätestens ab 3800 vor heute kam es vermehrt zu Brandrodungen und zu einer Kultivierung der Landschaft, die bis Christi Geburt anhielt, wodurch der Wald zurückgedrängt wurde. In diesem Zeitbereich konnten in einem Höhenbereich von 2400 m keine Holzreste mehr datiert werden (STAFFLER u. a. 2011).

Für den Bereich um Langtaufers im Vinschgau in den westlichen Ötztaler Alpen lässt sich für den Übergang vom älteren zum jüngeren Atlantikum (etwa 6500 Jahre vor heute) für Sonnenhänge eine Baumgrenze von 2400-2520 m nachweisen. Ob dichter Wald nun bis 2520 m reichte oder nur einzelne Bäume in dieser Höhenlage wachsen konnten, kann allerdings nicht einwandfrei eruiert werden. Die expositionsbedingt günstigen Wärmeverhältnissen dürften allerdings dazu geführt haben, dass die Waldgrenze etwa im Bereich um 2500 m lag.

Heutzutage verläuft die Waldgrenze in diesem Bereich etwa auf einer Höhe von 2100-2200 m (STAFFLER u. a, 1999 und DAMM 1998).

Auch REASONER u. a. 2009 kamen durch die Analyse von Pollen aus den Schweizer Zentralalpen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Waldgrenzen im Postglazial etwa um einen Wert von 100-180 Höhenmetern gegenüber den heutigen Grenzen geschwankt haben und die höchsten Seehöhen etwa zwischen 10000 und 6000 Jahren vor heute erreichten. Nach 6000-5000 Jahren vor heute kam es zu einer Absenkung der Wald- und Baumgrenzen um etwa 180 m bzw. 300-400 m, die auf klimatische, vor allem aber anthropogene Eingriffe zurück zu führen war.

4. Untersuchungsgebiet

4.1. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet (siehe Abb. 8) umfasst den Südtiroler Anteil der italienischen Dolomiten. Die Abgrenzung nach Norden bildet das Pustertal zwischen Innichen und Mühlbach. Den westlichen Teil begrenzen das Eisack- und Etschtal von Brixen über Bozen bis Salurn. Daran anschließend bildet die Provinzgrenze von Südtirol und dem Trentino zwischen Salurn und dem Kreuzbergpass den südlichen Teil. Am östlichen Rand verläuft die Grenze durch das Sextental von Innichen bis zum Kreuzbergpass (BOSELLINI 1998).

4.1.1. Abgrenzung des Untersuchungsgebietes nach Gebirgsgruppen

Das Untersuchungsgebiet der Südtiroler Dolomiten wurde zusätzlich in Gebirgs(unter)gruppen (siehe Abb. 8) unterteilt. Dazu wurde die im Jahre 2005 publizierte Einteilung IVOEA (Internationale vereinheitlichte orographische Einteilung der Alpen) herangezogen und geringfügig modifiziert, da das Untersuchungsgebiet nur den Südtiroler Anteil der Dolomiten umfasst. Einerseits bilden die modifizierten Abgrenzungen der Gebirgsgruppen daher streckenweise die Landesgrenze von Südtirol. Andererseits wurde aufgrund der hohen Anzahl an Buckelwiesen und um etwa gleich große Untersuchungsgebiete zu erhalten zusätzlich die Gebirgsuntergruppe „Grödner und Fassaner Dolomiten“ in einen nördlichen und südlichen Abschnitt geteilt. Die modifizierte Abgrenzung dieser beiden Gebirgsuntergruppen bildet das Grödner Tal (MÖBUS 2011 und MARAZZI o. J.).

Umrahmungen der Gebirgsgruppen:

Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten: Pustertal von St. Lorenzen bis Innichen, Sextner Tal, Kreuzbergpass, Landesgrenze von Südtirol, Campolungo Sattel, Badiatal, St. Lorenzen im Pustertal.

Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal: St. Lorenzen im Pustertal, Badiatal bis Corvara, Grödner Joch, Grödner Tal, Eisacktal, Pustertal bis St. Lorenzen.

Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal: Corvara im Badiatal, Campolungo Sattel, Landesgrenze von Südtirol, Karrerpass, Eggental, Eisacktal, Grödner Tal, Grödner Joch, Corvara im Badiatal.

Fleimstaler Alpen: Karrerpass, Landesgrenze von Südtirol, Etschtal, Eisacktal, Eggental, Karrerpass.

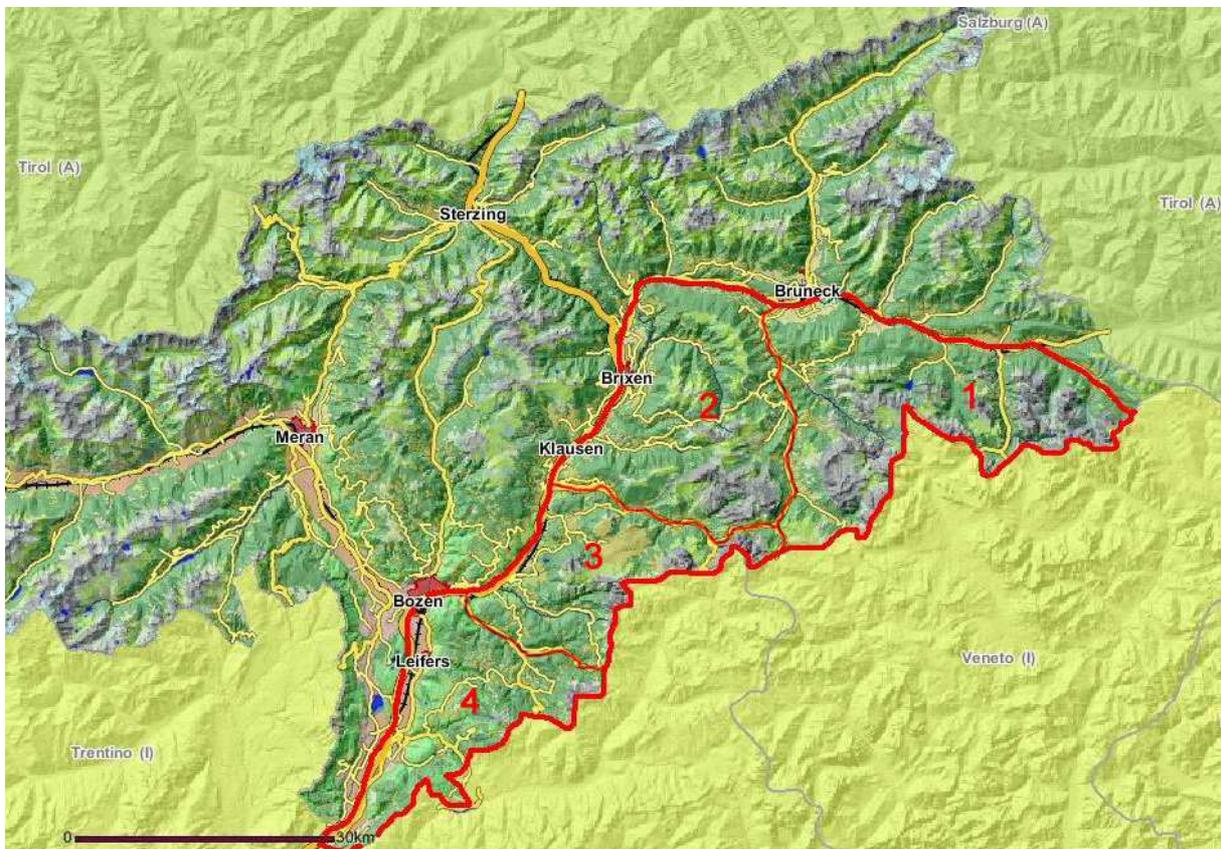


Abbildung 8: Abgrenzung des Untersuchungsgebietes nach Gebirgsgruppen (1=Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten, 2=Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal, 3=Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal, 4=Fleimstaler Alpen). Kartengrundlage: Geobrowser Land Südtirol - http://gis2.provinz.bz.it/geobrowser/?project=geobrowser_pro&view=geobrowser_pro_atlas-b&locale=de (17.2.2012)

4.1.2. Gründe für die Auswahl des Untersuchungsgebiets

Wie in Kapitel 2 erwähnt wurde, findet die Buckelwiesengense hauptsächlich in Gebieten mit verkarstungsfähigen Gesteinen wie Kalk oder Dolomit statt. Die Dolomiten zeichnen sich zwar durch eine sehr unterschiedliche Gesteinszusammensetzung aus (siehe Kap. 4.2)

allerdings dominieren doch vor allem die dem Gebirge namensgebenden (verkarstungsfähigen) Gesteinsarten. Ein weiteres Argument für die Wahl der Südtiroler Dolomiten waren Hinweise in der Literatur auf Buckelwiesenvorkommen (Zeitschrift Alpin, Ausgabe Juni 2005).

Weiters liegen für das Land Südtirol auch hochaufgelöste Orthophotos in einer Auflösung von 2,5 x 2,5 m vor, welche für die Identifizierung von Buckelwiesen essentiell sind. Ungenauere Auflösungen würden die Erfassung mit Hilfe von Orthophotos unmöglich machen, da zu große Verwechslungsmöglichkeiten mit anderen morphologischen Phänomenen und mit der Vegetation bestehen würden (siehe auch Kap. 7.1.1).

4.2. Geologie

Die Entstehung der Dolomiten lässt sich grob in drei verschiedene Perioden einteilen. Vor etwa 200-250 Millionen Jahren wurden die Gesteine der Dolomiten gebildet (Lithogenese). Während der orogenetischen Periode vor etwa 10-20 Millionen Jahren wurden die Gesteine gehoben und verformt und schließlich führt die Morphogenese durch Erosion, Verwitterung sowie Ver- und Enteisung seit etwa 2-3 Millionen Jahren, grundsätzlich aber erst seit den letzten 10000 Jahren zur heutigen Landschaftsausprägung (BOSELLINI, 1998).

Für die Lithogenese zeichnen sich die unterschiedlichsten Gesteinsarten wie Sedimentgesteine sowie stellenweise auch Vulkanitgesteine verantwortlich, die in Meeresbecken sowie auch auf dem Land gebildet wurden. Aufgrund der Plattentektonik bildeten sich die Gesteine der Dolomiten viel weiter südlich auf dem afrikanischen Kontinent und wanderten im Laufe der Jahrtausende weiter nach Norden. Durch die Kollision zwischen der adriatisch-afrikanischen und europäischen Platte bildeten sich schließlich die Alpen.

Bei Waidbruck im Eisacktal lassen sich mit dem Waidbrucker Konglomerat die ältesten Gesteine der Dolomiten finden (siehe Abb. 9). Diese setzen sich aus kalkfreiem Brixner Quarzphyllit (siehe auch HEISSEL und LADURNER 1935), welcher der Abtragungsschutt eines bereits bestehenden Gebirges ist, zusammen. Darüber lagert örtlich eine etwa 2000-3000 m mächtige Schicht aus Tuffen, Laven und Gesteinstrümmern die als Etschtaler Vulkanit Gruppe bezeichnet wird. Vor etwa 260 bis 65 Millionen Jahren bildete sich die Grödner Formation, welche die klassische permo-mesozoische Schichtabfolge der Dolomiten aus roten und grauen Sandsteinen bildet. In den oberen Schichten befinden sich auch bereits erste Ablagerungen des nach Westen vordringenden Thetysmeeres. Durch das langsame aber

stetige Absinken der Erdkruste bildeten sich im Folgenden mehrere 100 m mächtige, unterschiedlich fossilreiche Gesteinsschichten, wie die Bellerophon- und darüber die Werfen-Formation (siehe Abb. 9), in den flachen Meeresbecken (KEIM, 2009).

Vor etwa 245 Millionen Jahren schließlich zerbrach die Erdkruste an mehrere Stellen und das Gebiet westlich des Gadertales wurde aus dem Meer herausgehoben, während der östliche Teil vom Meer bedeckt blieb und erste Riffe entstanden. Die dabei entstandenen Inselzonen wurden von Flüssen umflossen, welche teilweise die abgelagerten Schichten wie die Werfen-Formation wieder abtrugen (KEIM, 2009).

Nach einer neuerlichen Überflutung dieser Bereiche entstand zunächst die Morbiac-Formation aus dunkelgrauen Kalken und Mergeln mit eingeschlossenen Pflanzenresten und darüber die regelmäßig geschichteten, hellen Dolomite der Contrin-Formation. Dieser Sockel bildete die Grundlage für die üblichen Gesteinsformationen in den Dolomiten aus sanft gewellten Almen mit dazwischen hoch aufragenden, isolierten Gebirgsstöcken. Schlerndolomit und Casianer Dolomit (siehe Abb. 9), die aus ehemaligen, in tropischen Meeren entstandenen Riffen aufgebaut sind, bilden den schroffen Aufbau dieser Gebirgsstöcke. Zwischen den Riffen lagerten sich in den 400-800 m tiefen Meeresbecken verwitterungsanfällige, dünne Kalke, Mergel, vulkanische Gesteine und Sandsteine ab und bildeten die charakteristischen sanften Böden zwischen den schroffen Gebirgen (Fernazza-Gruppe, Buchenstein-, Wengen- und St. Cassian-Formation, siehe Abb. 9) (KEIM, 2009).

Vor etwa 238 Millionen Jahren wurde dieses nebeneinander von Riffen und Becken in den westlichen Dolomiten mit mehreren hunderte Meter mächtigen Schichten aus vulkanischen Gesteinen bedeckt. Die Kalkproduktion in den Riffen kam dabei vermutlich zeitweise zum Erliegen. Nach dem Ende der vulkanischen Tätigkeiten begannen die Riffe wie in den östlichen Dolomiten, wo die vulkanische Gesteinsbedeckung gänzlich fehlt, wieder zu wachsen (KEIM, 2009).

Das Riffwachstum endete vor etwa 235 Millionen Jahren. Darüber lagerten sich bunt gefärbte, unterschiedliche Gesteinsschichten ab, die in Abbildung 9 als Raibl-Gruppe bezeichnet werden und in den darüber liegenden mehrere 100 m mächtigen, eben geschichteten Hauptdolomit überleiten. Oberhalb lagern der Dachsteinkalk und die Graukalk-Gruppe. Auf der Puez und Fanes Hochfläche lagern auch noch jüngere Sedimente wie der Fanes Encrinit, Rosso Ammonitico, Biancone und Puez Mergel, die vor etwa 180–120 Millionen Jahren entstanden sind. Noch jüngere Meeresablagerungen, deren Entstehungszeit vor etwa 30 Millionen Jahren lag, befinden sich nur noch im Fanesgebiet (KEIM, 2009).

Wie schon weiter oben erwähnt wurde, lag der Bildungsraum der Gesteine, welche die Dolomiten aufbauen, etwa 3000 km weiter südlich. Vor 140 bis 90 Millionen Jahren, während der unteren bis mittleren Kreidezeit, kam es durch eine Ozeanbodenspreizung zur Öffnung des Südatlantiks, wodurch die Adriatisch-Afrikanische Platte leicht im Gegenuhrzeigersinn rotierte und nach Norden wanderte. Der penninische Ozeanboden, welcher die Europäische von der Afrikanisch-Adriatischen Platte trennte, wurde dabei subduziert wodurch es zur Kollision mit der nach Süden abtauchenden Europäischen Platte kam. Während der einsetzenden alpidischen Gebirgsbildung kam es zu mehreren Verformungsphasen der Dolomiten. Der stärkste Aufstieg zum Gebirge, wodurch es auch zu bruchlosen Deformationen aber auch bruchhaften Verschiebungen der Gesteine kam, erfolgte vor etwa 13 bis 7 Millionen Jahren (KEIM, 2009). Dabei wurden die jüngeren Sedimente aus dem Tertiär und der Kreide durch Fließgewässer und die Schwerkraft abgetragen. Die Flüsse gruben sich aufgrund der weiteren Hebung immer tiefer ein bis die widerstandsfähigen Gesteine wie die jurassischen Kalke, triassischen Dolomite, permische Sandstein und der Porphyrtuff freigelegt wurden. Diese blieben nun stehen während die verwitterungsanfälligen vulkanischen Gesteine und die sedimentären Umlagerungsprodukten weiter abgetragen wurden und die Hochebenen und Täler entstanden (BOSSELLINI, 1998 und KEIM, 2009).

4.2.1. Quartärgeologie

Nach dem Ende der letzten großen Eiszeit, der Würmeiszeit, vor etwa 10000 Jahren waren alle Dolomitentäler mit großen Eismassen bedeckt. Dabei ragten nur die höchsten Gipfel aus den Eismassen heraus. Durch die Erosionstätigkeiten der Gletscher entstanden Verebnungen und Terrassen, charakteristische U-Täler, Kare, Hängetäler oder Felsstufen. Durch Rückzugs- und Vorstoßprozesse kam es auch zur Bildung von Moränen. An den zum Teil übersteilten Bergflanken fehlte nach dem Abschmelzen der Eismassen der Halt, sodass es an vorgezeichneten tektonischen Bruchstellen zu großen Felsstürzen kam.

Heute ist der alte Gesteinsuntergrund der Dolomiten in den Tälern und an den Talflanken häufig mit Erosionsmaterial überdeckt, das sich während der postglazialen Phase abgelagert hat. Diese Materialien wurden durch fluviale Prozesse der Oberflächengewässer weiter transportiert und zu flachen Schuttkörpern umgelagert, wodurch auch Flussterrassen entstanden. An den Berghängen kam es durch Massenbewegungen zu umfangreichen Geröllfeldablagerungen, welche durch mechanische Gesteinsverwitterungen entstanden.

Weitere Massenbewegungen wie Rutschungen und Kriechbewegungen kommen ebenfalls häufig vor und haben zur Formung der Landschaft beigetragen (BOSELLINI, 1998).

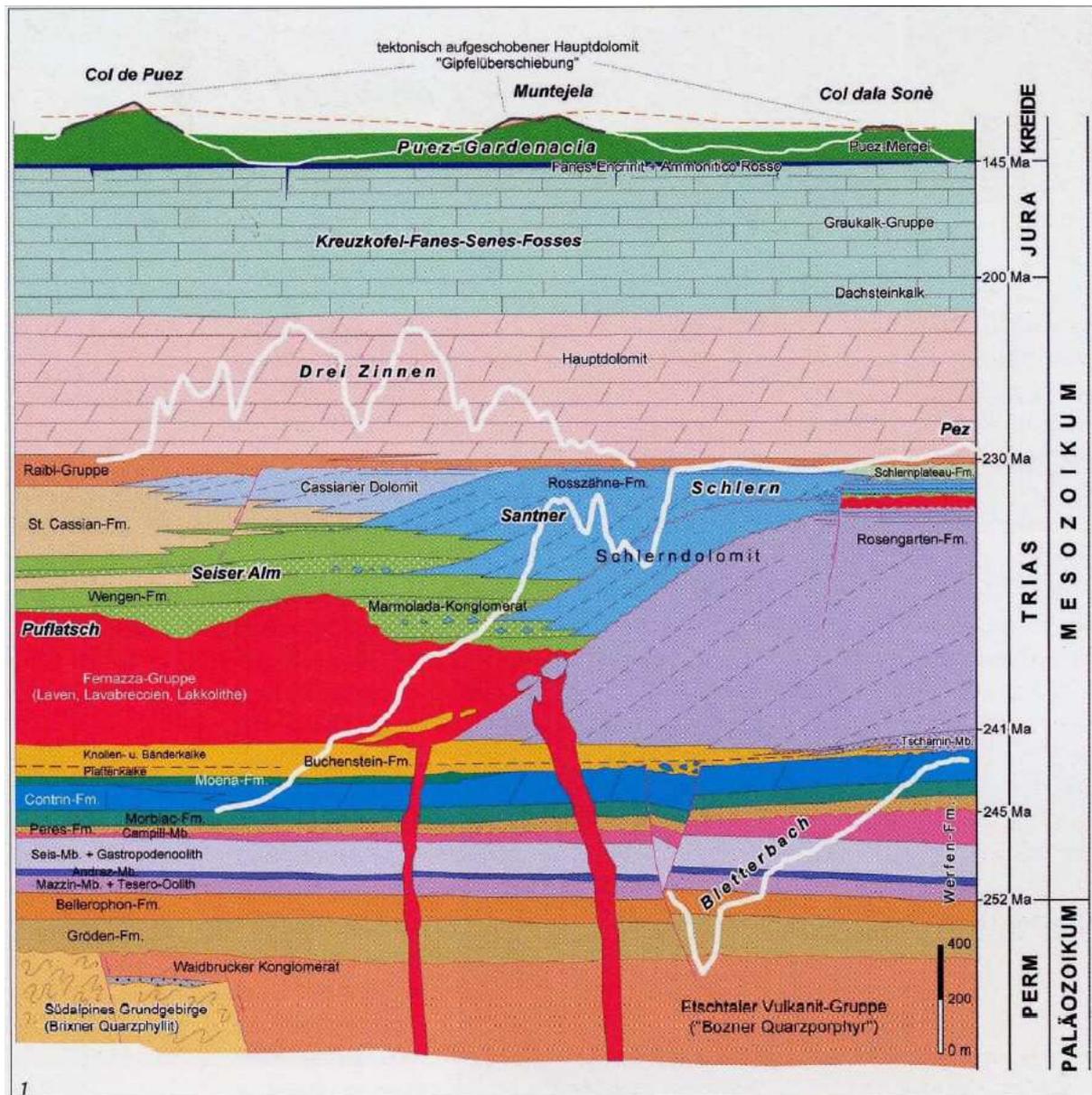


Abbildung 9: Übersicht der Schichtabfolgen in den Südtiroler Dolomiten (verändert nach Brandner et al., 2007, Geo. Alp Band 4). Die Gesteinsabfolgen wurden vereinfacht dargestellt um eine bessere Übersicht zu erhalten. Um eine bessere Orientierung im Schichtaufbau zu gewährleisten sind einige charakteristische Bergkulissen abgebildet. (Ma = Millionen Jahre). Quelle: KEIM 2009

4.3. Klima

Das Klima in den Südtiroler Dolomiten ist geprägt von der inneralpinen Lage des Gebietes in den Ostalpen und weist daher deutlich kontinentale Züge mit starken jahreszeitlichen Temperaturschwankungen auf. So werden kalte Winde aus nördlichen Richtungen durch die

Barrieren der Hohen Tauern, Zillertaler, Stubai- und Ötztaler Alpen abgeblockt. Aus dem Mittelmeerraum können feuchtere Luftmassen für Niederschläge sorgen, allerdings werden diese teilweise durch die Dolomiten und vor allem die italienischen Voralpen abgehalten. Nur das breite, nach Süden zu offene Etschtal gewährleistet einen passablen Luftmassentransport in das Gebiet. Niederschläge die aus westlichen oder nordwestlichen Richtungen heranziehen regnen sich meist schon an den Alpen aus (LANDESWETTERDIENST SÜDTIROL o. J. und FINK 2009).

Diese abgeschirmte Lage schützt das Untersuchungsgebiet vor den üblichen Einflüssen der typischen Wettersysteme in Mitteleuropa wie die Westströmung oder Einflüssen aus dem Mittelmeerraum, wodurch es zu vergleichsweise geringen Niederschlägen und großen Temperaturschwankungen kommt. Aufgrund der großen Höhenerstreckung des Untersuchungsgebietes kommt es auch zu ausgeprägten Temperatur- und Niederschlagsunterschieden zwischen den niedrigsten Lagen im Etschtal und den über 3000 m hohen Berggipfeln in den Dolomiten (LANDESWETTERDIENST SÜDTIROL o. J. und FINK 2009).

Generell fallen die höchsten Niederschlagssummen in der Regel im Sommer in Form von konvektiven Niederschlägen. Ein zweites Niederschlagsmaximum tritt im Oktober und November in der Form von häufigen, intensiven Landregenfällen auf. Das Winterhalbjahr und die erste Frühlingszeit sind durch häufige Trockenperioden charakterisiert, in denen teilweise 60-80 Tage lang kein Niederschlag fällt. In den Spätfrühling fällt ebenfalls ein Niederschlagsmaximum, welches allerdings recht variabel sein kann (LANDESWETTERDIENST SÜDTIROL o. J. und FINK 2009).

Durch die geringen Niederschläge und der fehlenden Bewölkung ist die Anzahl der Sonnenstunden im Vergleich zu den Gebieten nördlich der Alpen deutlich erhöht. Allerdings führt das gebirgige Terrain zu deutlichen Unterschieden in der Sonnenbestrahlung zwischen Nord- und Südhängen. Im Winter gibt es auch einige Orte die längere Zeit überhaupt keine direkte Sonneneinstrahlung erhalten (LANDESWETTERDIENST SÜDTIROL o. J. und FINK 2009).

Die Abgeschlossenheit des Gebietes führt auch zu eher windarmen Verhältnissen vor allem in den Tälern und im Winter auch häufig zu Inversionswetterlagen. Große Tiefdruckgebiete die nördlich der Alpen vorbeiziehen und dort starke Winde verursachen können erreichen die Südtiroler Dolomiten meist nur in abgeschwächter Form. Mittelmeertiefs werden durch die Gebirgsketten ebenfalls abgeblockt und weisen in der Regel sowieso geringere Druckdifferenzen und damit auch geringere Windgeschwindigkeiten auf. In den

Sommermonaten treten häufig klassische Berg-Talwindssysteme auf (LANDESWETTERDIENST SÜDTIROL o. J. und FINK 2009).

In der Abbildung 10 und Tabelle 4 sind einige Klimawerte von den Klimastationen in Bozen, Toblach, St. Peter (Vilnöss), St. Ulrich in Gröden, Salurn, Sexten, Montal im Pustertal und Stern im Gadertal dargestellt. Bozen und das am südlichen Rand des Untersuchungsgebiets gelegene Salurn weisen dabei mit einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von $11,8^{\circ}\text{C}$ die höchsten Werte auf. An den im Pustertal gelegenen Stationen von Toblach und Montal dagegen liegen die Jahresdurchschnittstemperaturen im Mittel nur bei $5,4^{\circ}\text{C}$ bzw. $7,8^{\circ}\text{C}$. Obwohl sich St. Peter (Villnöß) und St. Ulrich in Gröden auf ähnlicher Höhenlage wie Toblach befinden, gibt es dennoch größere Temperaturunterschiede. St. Peter (Villnöß) weist sogar eine höhere Jahresdurchschnittstemperatur als das etwa 260 m tiefer gelegene Montal auf. Recht auffallend präsentiert sich Stern im Gadertal mit einer mittleren Jahrestemperatur von nur $-0,6^{\circ}\text{C}$, was immerhin mehr als 6°C weniger ist als das etwa auf ähnlicher Höhenlage liegende Sexten. Selbst im April liegen die Durchschnittswerte dort noch leicht unter dem Gefrierpunkt, während in Sexten im Mittel etwa 5°C gemessen werden können. Der Grund dürfte allerdings ein lokaler Kaltluftsee sein, da umliegende Stationen in der Nähe alle deutlich höhere Werte aufweisen.

Auch die Niederschlagssummen zeigen sich nicht einheitlich. Die geringsten Jahresniederschläge mit 697 mm bzw. 708 mm weisen Bozen und Montal auf, der meiste Niederschlag fällt in St. Ulrich mit 951 mm. An den anderen erwähnten Stationen lassen sich Werte um die 850 mm messen. Auffallend dabei präsentiert sich das nur auf einer Seehöhe von 224 m gelegene Salurn, welches einen mittleren Jahresniederschlag von immerhin 841 mm erhält und damit einen deutlich höheren Wert hat als das weiter nördlich gelegene Bozen oder das viel höher gelegene, aber durch Gebirgsgruppen besser abgeschirmte, Montal.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es zwischen den einzelnen Tälern doch größere Temperatur- und auch Niederschlagsunterschiede geben kann. Vor allem die Ausrichtung der umliegenden Gebirgsgruppen die vor Niederschlägen abschirmen, sowie die Seehöhe und die Lage der Stationen am Talboden oder auf Hangbereichen sind von großer Bedeutung. Allgemein lässt sich dennoch festhalten, dass niedrigere Temperaturen und höhere Niederschlagssummen vor allem in höheren Lagen anzutreffen sind.

Untersuchungsgebiet

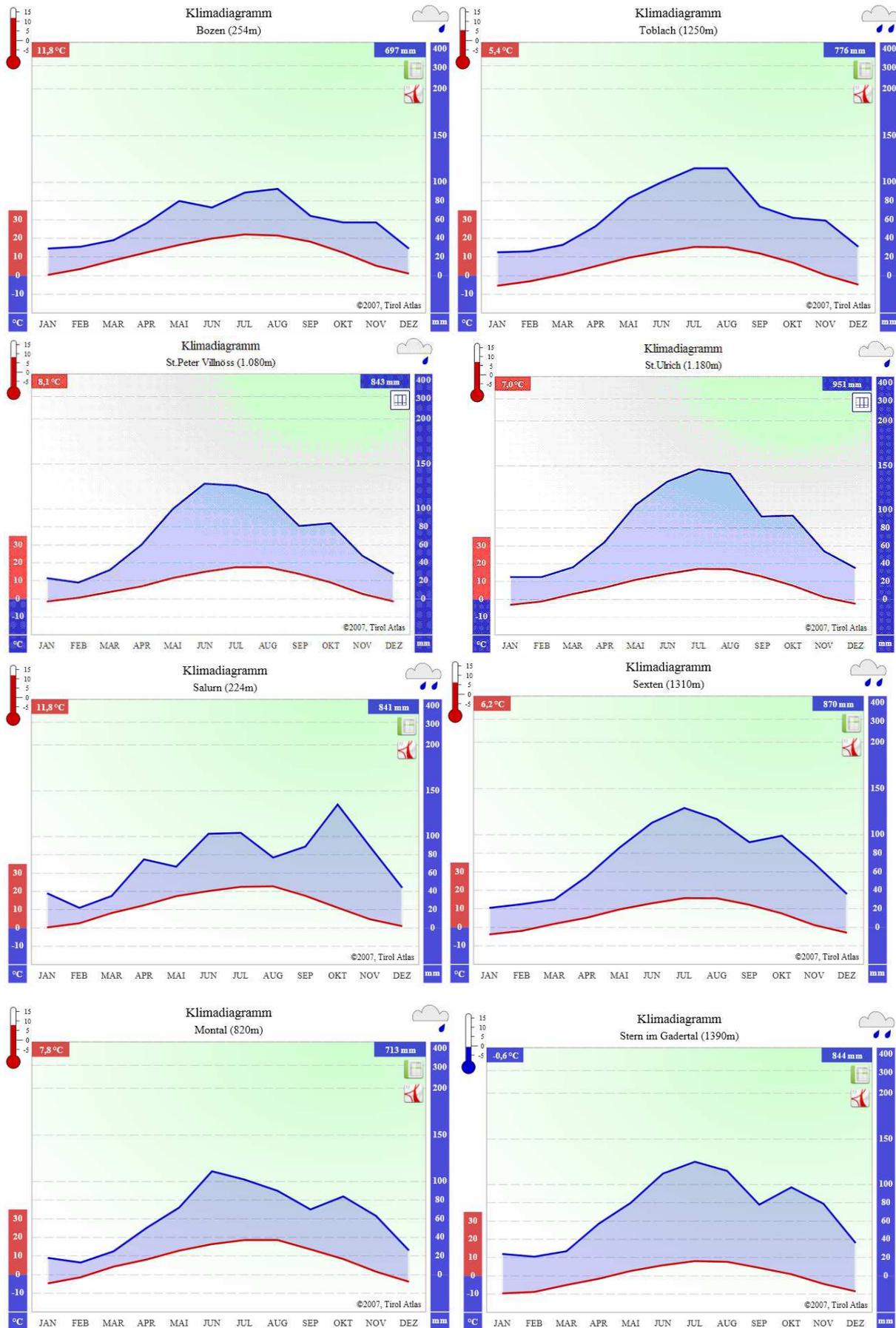


Abbildung 10: Klimadiagramme aus dem Untersuchungsgebiet. Quelle: <http://tirolatlas.uibk.ac.at/maps/interface/thema.py/index?lang=de> (20.8.2012)

Untersuchungsgebiet

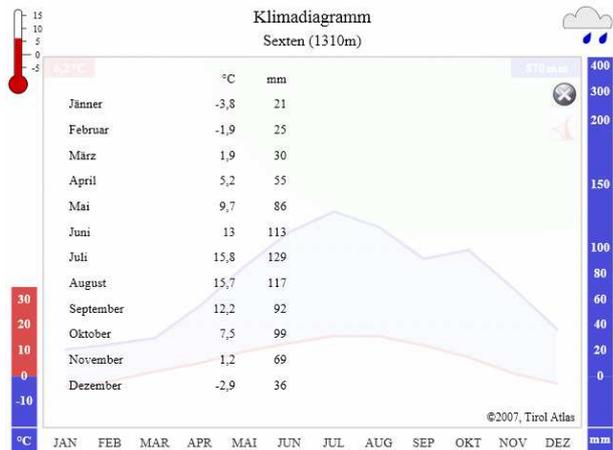
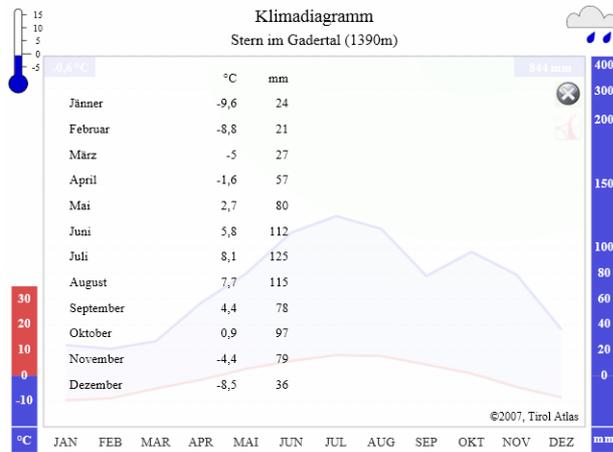
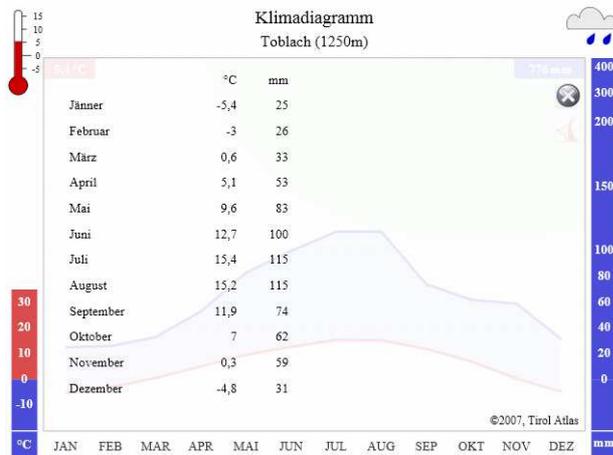
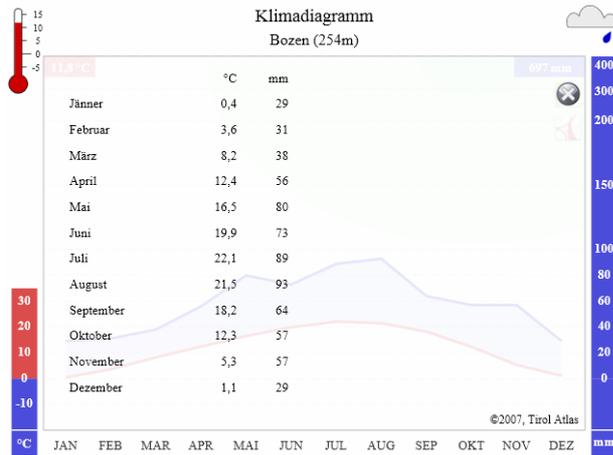


Tabelle 4: Klimatabellen aus dem Untersuchungsgebiet.
Quelle: <http://tirolatlas.uibk.ac.at/maps/interface/thema.py/index?lang=de> (20.8.2012)

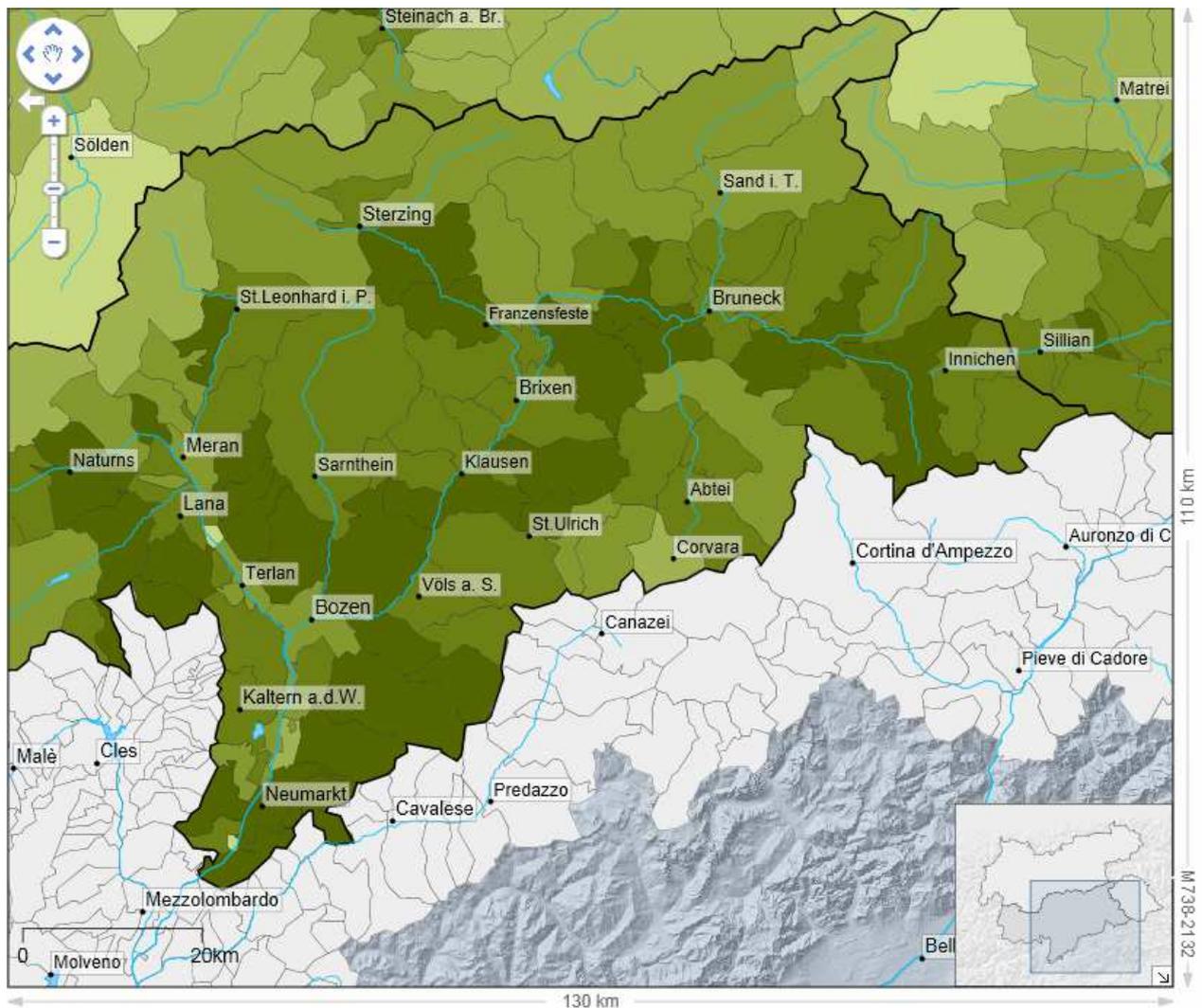
4.4. Waldbedeckung

Das Untersuchungsgebiet lässt sich in zwei verschiedene Wuchsgebiete einteilen, welche den regional vorherrschenden Waldtypen und klimatischen Bedingungen entsprechen. Vertikal wird ein Wuchsgebiet in Höhenstufen unterteilt, für die bestimmte Leitbaumarten bestimmend sind. Ein Wuchsgebiet, welches große Teile des Pustertales sowie die Täler in welchen Ladinisch gesprochen wird umfasst, wird als „Randliche Inneralpine Fichtenwaldgebiete“ bezeichnet. In diesem Bereich sind ausgedehnte hochmontane Fichtenwälder, die an Schatthängen von Tannen-Fichtenwäldern abgelöst werden, bestimmend. An trockenen Standorten bilden Kiefernwälder, regional auch Lärchenwälder, die Ersatzgesellschaften. Aufgrund der Höhenlage der Täler und den allgemein eher kühleren klimatischen Verhältnissen im Vergleich zu den südlicher und westlicher gelegenen Gebieten, kommen colline Eichen-Kiefernwälder nur in einem schmalen Randbereich im unteren Pustertal und äußeren Wipptal vor (AUTONOME PROVINZ BOZEN-SÜDTIROL – ABTEILUNG FORSTWIRTSCHAFT – AMT FÜR FORSTPLANUNG – 2010).

Das zweite Wuchsgebiet wird als „Südliches Zwischenalpines Fichten-Tannenwaldgebiet“ bezeichnet und umfasst die Gebiete um das Eisack- und Etschtal sowie die Fleimstaler Alpen. Zusätzlich werden diesem Gebiet auch das Hochpustertal in den Sextener und Pragser Dolomiten zugerechnet, welches sich klimatisch betrachtet mit dem Wuchsgebiet „Randliche Inneralpine Fichtenwaldgebiete“ vergleichen lässt. Das Hauptgebiet zeichnet sich durch eine breite colline Höhenstufenfolge mit Hopfenbuchen- und Flaumeichenwäldern sowie darüber gelegenen Eichen-Kiefernwäldern und Eichen-Kastanien-Mischwäldern aus. Die submontane Teilstufe wird von Fichten-Buchen-Tannen eingenommen, während in der darüber liegenden mittelmontanen Stufe Nadelholz-Buchen Mischwälder vorherrschen. Fichten-Tannenwälder und Fichtenwälder bestimmen die hochmontane Verbreitungsstufe, welche an trockenen Standorten von Kiefernwäldern ersetzt wird.

Für beide Wuchsgebiete gilt, dass sich über der hochmontanen Stufe tiefsubalpine Lärchen-Fichtenwälder befinden, die in der hochsubalpinen Zone in einen Lärchen-Zirbenwald übergehen und dort die Waldgrenze bilden. Dieser Bereich kann inneralpin recht breit, in zwischenalpinen Buchenverbreitungsgebieten recht schmal ausgebildet sein. Lärchen-Zirbenwälder können regional in Kalkschiefer Gebieten auch durch reine Lärchenwälder ersetzt sein (AUTONOME PROVINZ BOZEN-SÜDTIROL – ABTEILUNG FORSTWIRTSCHAFT – AMT FÜR FORSTPLANUNG – 2010).

Die Gemeinden in den Südtiroler Dolomiten weisen, gemessen an der Gemeindefläche, sehr hohe Waldanteile auf (siehe Abb. 11), die teilweise Werte um die 75% erreichen. So präsentieren sich beispielsweise 79%, 78% bzw. 77% der Flächen von Altrei, Karneid bzw. Montan in den Fleimstaler Alpen bewaldet. Deutlich geringere Waldanteile lassen sich für Gemeinden mit großen Anteilen an hochgelegenen Lagen oberhalb der Waldgrenze erheben. Beispielsweise weisen Corvara, Wolkenstein bzw. St. Christina in Gröden nur Waldanteile an der Gemeindegessamtfläche von 27%, 34% bzw. 35% auf. Die meisten anderen Gemeinden werden zu 50-70% der Gesamtfläche von Wäldern bedeckt.



Legende:

Anteil der Waldflächen an der Gemeindefläche

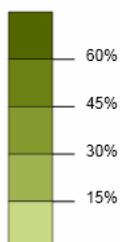


Abbildung 11: Waldanteil der Gemeinden im Untersuchungsgebiet in Prozent sowie in den umliegenden Gemeinden, Quelle: <http://tirolatlas.uibk.ac.at/maps/thema/query.py/text?lang=de;id=1190> (21.8.2012)

5. Untersuchungsmethoden

5.1. Arbeitshypothesen

- Wo in den Südtiroler Dolomiten gibt es potentielle Buckelwiesenstandorte? Ist die Methode der Orthophotoauswertung geeignet für die Buckelwiesensuche?
- Auswertung der gefundenen Standorte nach statistischen Lageparametern. Gibt es Übereinstimmungen oder sind die Buckelwiesen willkürlich verteilt → mögliche Ursachen für die Verteilung.
- Wie verhalten sich die aktuellen und postglazialen Waldgrenzen?
- Überprüfung des Windwurfkonzeptes: Gibt es Buckelwiesen oberhalb der postglazialen Waldgrenzen, dann erfolgt eine Falsifizierung des Windwurfkonzeptes.

Das primäre Ziel der Diplomarbeit widmet sich der Standortsuche von Buckelwiesen in den Südtiroler Dolomiten. Dazu wurden nach einem Geländeaufenthalt in den Dolomiten die Orthophotos des Gebietes abgesucht und die Standorte kartiert. Das Ergebnis ist eine Karte mit den im Gelände verifizierten und den möglichen Standorten der Buckelwiesen in den Südtiroler Dolomiten. Zusätzlich soll geklärt werden, ob die Methode der Buckelwiesensuche mit Hilfe von Orthophotos zu befriedigenden Ergebnissen führt.

In einem nächsten Schritt wurden die Standorte nach morphologischen Gesichtspunkten und nach statistischen Lageparametern ausgewertet und statistisch überprüft. Hierbei sollen mögliche Übereinstimmungen der Lageparameter zwischen den verschiedenen Standorten gefunden werden, um daraus eventuell auf die Verteilungsformen der Buckelwiesen schließen zu können. Es soll auch untersucht werden, ob sich Buckelwiesen wirklich nur über verkarstungsfähigem Gestein befinden, wie eine Entstehungstheorie lautet (siehe Kapitel 2.3.1), oder auch in anderen Gebieten vorkommen.

Weiters sollen die Seehöhen der aktuellen und postglazialen Waldgrenzen herausgearbeitet werden und mit den Buckelwiesenstandortflächen verglichen werden. Eine Theorie zur Genese der Buckelwiesen besagt, dass buckelige Flächen in ehemaligen Windwurfgebieten entstanden sind (siehe Kapitel 2.3.3). Demzufolge können Buckelwiesen nur auf bewaldeten oder auf ehemals bewaldeten Flächen entstanden sein. In verschiedenen Untersuchungen

wurden Genesungszeiten von Buckelwiesen zwischen ca. 700 und 7000 Jahren angegeben (siehe EMBLETON-HAMANN 1999). Somit kann die Annahme getroffen werden, dass sich Buckelwiesen oberhalb der heutigen Waldgrenzen nur im Postglazial gebildet haben und nur unterhalb der damaligen Baumgrenzen entstanden sein können. Lassen sich also Buckelwiesenstandorte oberhalb der postglazialen Waldgrenzen finden, kann, zumindest für diese Flächen, das Windwurfkonzept falsifiziert werden.

5.2. Luftbildauswertung

Um die möglichen Standorte der Buckelwiesen in den Südtiroler Dolomiten zu erhalten, wurden die Orthophotos des Landes ausgewertet und mit Hilfe des EDV Programmes ArcGIS kartiert. Dabei war es von großer Bedeutung das Erscheinungsbild von bekannten Buckelwiesen auf den Orthophotos mit dem tatsächlichen Aussehen im Gelände zu vergleichen um mit dem gewonnenen Wissen anschließend die gebuckelten Wiesen in den gesamten Südtiroler Dolomiten kartieren zu können. Aus diesem Grunde erfolgte vom 21.–25.5.2010 eine Geländebegehung der Buckelwiesen auf der Glatz Alm, der Seiser Alm und zwischen dem Niglerpass und dem Karerpass und im Zuge dessen der Vergleich mit den entsprechenden Orthophotos. Anschließend erfolgte die Auswertung der Orthophotos meist im Maßstab 1:3000 bis 1:3500 der kompletten Südtiroler Dolomiten und die Kartierung der gefundenen Buckelwiesen. Der angegebene Maßstabsbereich war am besten geeignet die Buckelwiesen auf den Orthophotos zu identifizieren, da bei einer zu starken Vergrößerung die Bilder zu grobkörnig geworden wären, um noch etwas erkennen zu können. Bei kleinerem Maßstab dagegen wären die Buckel und Mulden von anderen Phänomenen kaum zu unterscheiden gewesen.

Es gab auch den Versuch mit Hilfe des digitalen Geländemodells Hillshades zu erzeugen und darauf die Buckelwiesen nachzuweisen. Allerdings konnten keine befriedigenden Ergebnisse erzielt werden, da die Buckelwiesen auf den Hillshades aufgrund des fehlenden Unterschiedes zwischen den planaren und gebuckelten Flächen kaum zu erkennen sind (siehe Abb. 12). Auch bei mit Wald bedeckten Gebieten, die mit Hilfe der Orthophotos ebenfalls keine Identifizierung von Buckelwiesen erlauben, waren die Ergebnisse nicht befriedigend. Möglicherweise könnte hier aber eine höhere (bei diesen Untersuchungen nicht vorhandene) Auflösung des digitalen Geländemodells, und dadurch genauerer Hillshadebilder Abhilfe schaffen.

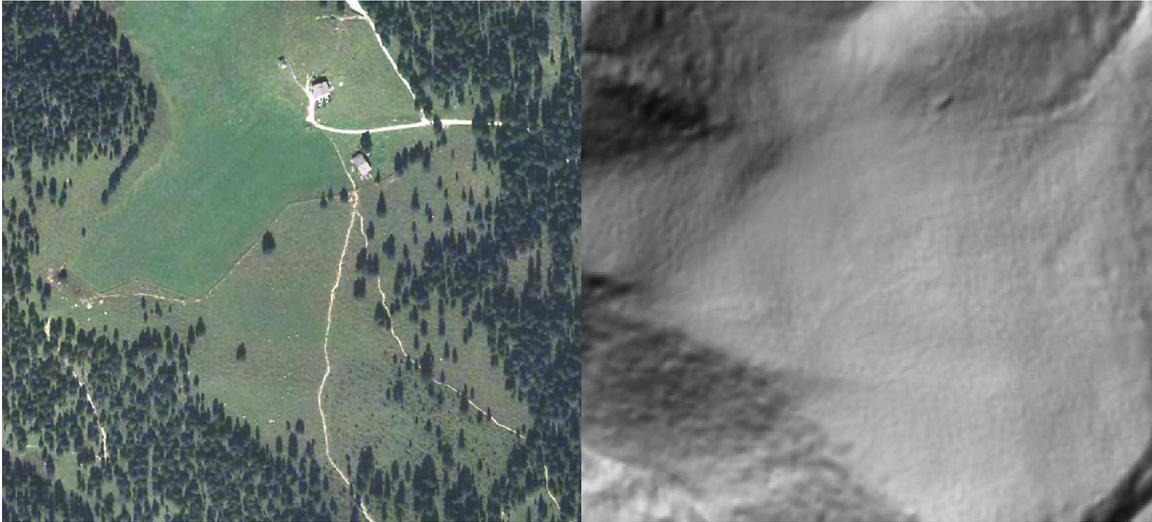


Abbildung 12: Orthophoto und Hillshade der Glatschalm. Datenquelle: Orthophotos 2006 und Digitales Geländemodell 2004/05 des Landes Südtirol, verändert von Manuel Ecker

Allgemein lässt sich festhalten, dass die Buckelwiesen auf den Orthophotos teilweise ein wellenartiges, regelmäßig angeordnetes Muster aufweisen, welches durch die Anordnung der Buckel und Mulden entsteht (siehe Abb. 12). Bei manchen Wiesen, beispielsweise auf der Seiser Alm in Kompatsch (siehe Abb. 14), zeigten sich die Buckel und Mulden am Orthophoto dagegen eher unregelmäßig angeordnet.

5.2.1. Auswertung der Waldgrenzen

Zur Auswertung der aktuellen Waldgrenzen wurde auf die Orthophotos und einen Höhenschichtlayer mit Isolinien, der aus dem digitalen Geländemodell vom Land Südtirol erstellt wurde, zurückgegriffen. Zuerst wurde anhand der Orthophotos pro Gebirgsgruppe die Lage der dicht bewaldeten Bereiche eruiert und anschließend die Seehöhe anhand der Höhenschichtlinien abgelesen. Gleiches galt für die Standorte von einzeln stehenden Bäumen zur Bestimmung der Baumgrenze.

Durch diese Methode lassen sich zwar keine exakten Höhendaten im Meterbereich erhalten, aber für die benötigte Genauigkeit waren die Ergebnisse durchaus zu gebrauchen. Das Ziel dieser Tätigkeit liegt nur in der ungefähren Bestimmung der Lage der Waldgrenze um einen Vergleich mit den Höhen der Waldgrenzen im Postglazial zu erhalten, welche in der Literatur ebenfalls nur mit ungefähren Werten angegeben werden konnten.

5.3. Buckelwiesenkategorien

Da die Bodenbuckelungen stärker oder schwächer ausgeprägt sein können und daher auch auf den Orthophotos unterschiedlich charakteristische Erscheinungsbilder aufweisen, wurden mehrere Kategorien von digitalisierten Buckelwiesen erstellt. Außerdem bilden die im Gelände verifizierten sowie die planierten Buckelwiesen ebenfalls eigene Kategorien:

- Gesicherte Buckelwiesen

Diese Flächen umfassen alle während der Geländebegehung aufgesuchten Buckelwiesenstandorte. Als gesichert wurden somit nur solche Flächen kartiert, die nach erfolgter Begutachtung im Gelände auch tatsächlich als Buckelwiesen identifiziert werden konnten und deren Abgrenzung zu buckelfreien Flächen klar ersichtlich war (siehe Abb. 13 und 14).



Abbildung 13: Gesicherter Buckelwiesenstandort am Fuße des Rosengartens. Datenquelle: Orthophotos des Landes Südtirol 2006, verändert von Manuel Ecker



Abbildung 14: Gesicherte Buckelwiesenstandorte auf der Seiser Alm (rote Umrahmung). Datenquelle: Orthophotos des Landes Südtirol 2006, verändert von Manuel Ecker

- Wahrscheinliche Buckelwiesen

Die wahrscheinlichen Buckelwiesen umfassen alle Flächen der Orthophotos, die mit großer Wahrscheinlichkeit Buckelwiesen darstellen. Sie weisen ein für Buckelwiesen typisches Erscheinungsbild (siehe Abb. 15) auf den Orthophotos auf. Es erfolgte allerdings keine Verifikation im Gelände, ob die ausgewiesenen Flächen tatsächlich Buckelwiesen sind oder sich das charakteristische Erscheinungsbild nur auf den Orthophotos zeigt.



Abbildung 15: Wahrscheinliche Buckelwiesenstandorte beim Würzjoch. Datenquelle: Orthophotos des Landes Südtirol 2006, verändert von Manuel Ecker

- Mögliche Buckelwiesen

Als mögliche Buckelwiesen wurden diejenigen Flächen kartiert, die ein schwach typisches Erscheinungsmuster auf den Orthophotos aufweisen und eventuell auch buckelfreie Flächen sein könnten (siehe Abb. 16). Auch schwach gebuckelte Wiesen, die auf den Orthophotos nur schwer zu erkennen sind, würden unter diese Kategorie fallen. Hierbei wäre eine Verifikation im Gelände notwendig, um die tatsächlichen Buckelwiesenstandorte von den fälschlich als Buckelwiesen kartierten Flächen unterscheiden zu können und das Ergebnis zu korrigieren.



Abbildung 16: Möglicher Buckelwiesenstandort in den Sextener Dolomiten (rote Umrahmung). Datenquelle: Orthophotos des Landes Südtirol 2006, verändert von Manuel Ecker

- **Planierte Buckelwiesen**

Als planierte Buckelwiesen werden diejenigen Flächen bezeichnet, die einmal gebuckelt waren aber durch maschinelle Bearbeitung eingeebnet wurden (siehe Abb. 17). Gründe für die Einebnung waren der Bau von Schipisten oder die Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Flächen, da ebene Wiesen und Felder einfacher zu bearbeiten sind als buckelige. Kenntnisse über planierte Buckelwiesen lieferte Herr Armin Davai von der Forststation Kaltenbrunn (E-Mail Verkehr im April 2010), der Hüttenwirt der Glatz Alm, Herr Dietmar Profanter (persönliches Gespräch am 22.5.2010) sowie Herr Michael Eppacher, ein Mitarbeiter des Forstinspektorates Brixen (persönliches Gespräch am 23.5.2010).



Abbildung 17: Planierte Buckelwiese auf der Glatsch Alm (rote Umrahmung). Datenquelle: Orthophotos des Landes Südtirol 2006, verändert von Manuel Ecker

Die aktuellen Waldgrenzen in Südtirol wurden ebenfalls mit Hilfe der Orthophotos erhoben, um sie mit denen des Postglazials und eventuellen Buckelwiesenvorkommen oberhalb der aktuellen und rezenten Waldgrenzen zu vergleichen.

5.4. Methodik der statistischen Auswertungen

Die kartierten Buckelwiesen sollen nun anhand verschiedener Lageparameter statistisch beschrieben und nach geeigneten Prüfverfahren ausgewertet werden. Folgende Parameter wurden ausgewählt:

- Fläche
- Seehöhe
- Exposition
- Hangneigung
- Kalkgehalt

Mit Hilfe des digitalen Geländemodells sowie der EDV Programme ArcGIS Versionen 9.3, 10.0 und Microsoft Office Excel Versionen 2003 und 2010 wurden die Lageparameter nach folgenden Kriterien ausgewertet:

5.4.1. Fläche

- Durchschnitt
- durchschnittliche Standardabweichung aller Buckelwiesen

Hier wird einerseits die durchschnittliche Größe einer Buckelwiese in m² angegeben sowie andererseits die Standardabweichung vom Mittelwert aller Flächen der jeweiligen Buckelwiesenkategorie dargestellt.

5.4.2. *Seehöhe und Hangneigung*

- absolutes Minimum
- absolutes Maximum
- durchschnittliches Maximum
- durchschnittliches Minimum
- Range
- Durchschnitt
- durchschnittliche Standardabweichung pro Buckelwiese
- durchschnittliche Standardabweichung aller Buckelwiesen

Für die Seehöhen und Hangneigungen erfolgten Berechnungen der absoluten Maxima und Minima der einzelnen Buckelwiesen als auch der durchschnittlichen Maxima und Minima, bezogen jeweils auf die unterschiedlichen Buckelwiesenkategorien. Die Berechnung der durchschnittlichen Maxima und Minima erfolgte durch arithmetische Mittelung der absoluten Maxima und Minima jeder einzelnen Buckelwiese.

Mit der Bezeichnung „Range“ wird die Höhererstreckung in Meter bzw. das Hangneigungsspektrum in Grad pro kartierter Buckelwiese angegeben. Die Berechnung der durchschnittlichen Höhererstreckung je Buckelwiesenkategorie erfolgte wiederum analog wie die Kalkulation der durchschnittlichen Maxima und Minima durch die Bildung des arithmetischen Mittels des Ranges aller einzelnen Buckelwiesen. Ein Range von 50 m bei den gesicherten Buckelwiesen ergibt somit eine mittlere Höhererstreckung jeder Buckelwiese von 50 m (die Messwerte jeder einzelnen Buckelwiese werden von diesem Wert mehr oder weniger abweichen). Unter Hangneigungsspektrum werden die unterschiedlichen Werte der Hangneigungen pro Buckelwiese verstanden (z. B. erstreckt sich eine Buckelwiese über einen Hang mit unterschiedlichen Neigungen zwischen 3° und 15° . In diesem Fall würde das Hangneigungsspektrum 12° betragen).

Die durchschnittlichen Höhen und Neigungen zeigen die mittleren Seehöhen und Hangneigungen aller Buckelwiesen. Sie bilden sich aus den arithmetischen Mitteln, welche sich aus den durchschnittlichen Höhen und Neigungen jeder einzelnen Buckelwiese berechnen lassen.

Die Standardabweichung pro Buckelwiese zeigt die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert der Seehöhe und Hangneigung der jeweiligen Buckelwiese an und wurde ebenfalls für die vier verschiedenen Kategorien berechnet. Dazu wurde zuerst die Standardabweichung

vom Mittelwert der jeweiligen Buckelwiese berechnet und anschließend daraus das arithmetische Mittel aller Buckelwiesen pro Kategorie gebildet. Beispielsweise zeigt eine Standardabweichung der Seehöhe der gesicherten Buckelwiesen von 12 m, dass jedes Pixel einer gesicherten Buckelwiese eine durchschnittliche Standardabweichung vom Mittelwert der jeweiligen Buckelwiese von 12 m aufweist (die Messwerte jeder einzelnen Buckelwiese werden von diesem Wert wiederum mehr oder weniger abweichen).

Die Standardabweichung aller Buckelwiesen hingegen ist ein Maß für die Abweichung vom Mittelwert, welcher sich aus den Werten aller Buckelwiesen (im Gegensatz zum Mittelwert jeder einzelnen Buckelwiese) für jede Buckelwiesenkategorie zusammensetzt. Hierbei erfolgte zuerst die Kalkulation des Mittelwertes über alle Buckelwiesen und anschließend wurde die mittlere Standardabweichung für jede Wiese berechnet. Beispielsweise zeigt eine Standardabweichung von 196 m in der Kategorie der möglichen Buckelwiesen, dass die mittlere Standardabweichung, bezogen auf alle Mittelwerte der Buckelwiesen dieser Kategorie 196 m beträgt.

5.4.3. Exposition

- Nord
- Nordost
- Ost
- Südost
- Süd
- Südwest
- West
- Nordwest
- Durchschnitt
- durchschnittliche Standardabweichung aller Pixel

Die Verteilung der Expositionen wird in Prozent, bezogen auf die oben aufgelisteten Standardexpositionsrichtungen, angeführt. Dazu wurde die Anzahl der Pixel pro Buckelwiese für die verschiedenen Standardexpositionsrichtungen erhoben und anschließend für jede der vier Buckelwiesenkategorien die Summe der Pixel pro Expositionsrichtung gebildet. Daraus

erfolgte die Berechnung der Prozentanteile pro Standardexpositionsrichtung für die jeweiligen Buckelwiesenkategorien.

Zusätzlich wurden auch die gemittelten Expositionsrichtungen pro Buckelwiesenkategorie und die Standardabweichungen berechnet. Aufgrund der Besonderheit von Expositionsdaten im Vergleich zu den anderen Lageparametern, wurden dabei spezielle Verfahren angewandt. Die Daten können als Vektoren auf einem Einheitskreis betrachtet werden und zwischen 0° und 360° variieren. Somit können keine statistischen Standardmethoden zur Analyse der Daten verwendet, sondern müssen speziell für Vektoren entwickelte Verfahren angewandt werden. Die Expositionsdaten wurden zuerst in das Bogenmaß transformiert und anschließend mit folgenden Formeln (nach MARDIA 2000) die durchschnittlichen Expositionsrichtungen berechnet:

$$\bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \cos \theta_{1...n}$$

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sin \theta_{1...n}$$

$$\bar{\theta} = \begin{cases} \tan^{-1} \frac{\bar{S}}{\bar{C}} & \text{if } \bar{C} \geq 0 \\ \tan^{-1} \frac{\bar{S}}{\bar{C}} + \pi & \text{if } \bar{C} < 0 \end{cases}$$

$\bar{\theta}$ = durchschnittliche Expositionsrichtung (kann auch als Zentrum der Masse bezeichnet werden)

\bar{C} , \bar{S} = Kartesische Koordinaten des Zentrums der Masse (\bar{C} = Cosinus, \bar{S} = Sinus)

θ_j = Einzelmesswerte der Winkel im Bogenmaß für $j = \theta_1 \dots \theta_n$

n = Anzahl der Messwerte

Die Einzelmesswerte stellen die einzelnen Pixel der Buckelwiesen dar, von denen jedes eine bestimmte Exposition aufweist.

Die Formel zeigt, dass von jedem Einzelmesswert die Sinus und Cosinus Werte berechnet und anschließend alle \bar{C} und \bar{S} Werte addiert wurden. Die Cotangens Funktion aus der Division der \bar{C} und \bar{S} Werte ergibt nun die durchschnittliche Expositionsrichtung, wobei bei negativem \bar{C} zusätzlich zum Ergebnis noch eine Addition vom Wert π nötig war.

Die Standardabweichung bezieht sich auf den Mittelwert aller Pixel, die als Buckelwiese einer bestimmten Kategorie definiert wurden. Gibt es pro Kategorie nur eine einzelne kartierte Wiese, stellt der Wert die Standardabweichung vom Mittelwert der jeweiligen Wiese (die wiederum aus vielen Pixeln besteht), dar. Die Berechnung erfolgte durch folgende Formeln (nach MARDIA 2000):

$$\bar{R} = \sqrt{(\bar{C}^2 + \bar{S}^2)}$$

$$v = \sqrt{\{-2\log\bar{R}\}}$$

v = Standardabweichung

\bar{R} = Länge des Vektors der zum Zentrum der Masse führt

\bar{C} , \bar{S} = Kartesische Koordinaten des Zentrums der Masse

Um die Länge des Vektors der zum Zentrum der Masse führt zu erhalten, müssen zuerst die quadrierten Werte von \bar{C} und \bar{S} addiert und anschließend daraus die Wurzel gezogen werden. Der negative Logarithmus des \bar{R} multipliziert mit 2 und die Bildung der Wurzel aus diesem Ausdruck ergibt nun die Standardabweichung aller Pixel.

5.4.4. Kalkgehalt

- Ja
- Nein

Die Bestimmung des Kalkgehaltes der einzelnen Buckelwiesenflächen erfolgte mit Hilfe der geologischen Karte von Italien im Maßstab 1:100000. Diese Karte wurde aufgrund der flächendeckenden Verfügbarkeit für das gesamte Untersuchungsgebiet verwendet. Dazu wurde das laut Karte vorherrschende Gestein an jedem einzelnen Buckelwiesenstandort ausgewertet. Dabei wurde lediglich unterschieden, ob sich die Buckelwiesen laut Kartenlegende über kalkhaltigem oder kalkfreiem Gestein befinden oder nicht. Ging aus der Kartenlegende nicht einwandfrei der Kalkgehalt hervor, wurden auch die umliegenden

Gesteinsarten auf deren Kalkgehalt untersucht. Zusätzlich wurden auch die Gesteine in den Hangpartien oberhalb der Buckelwiesen (z. B. Geologie von Wänden oder von Oberhängen, wenn sich Buckelwiesen unterhalb befinden) betrachtet, da aufgrund gravitativer Prozesse eine hangabwärts gerichtete Verlagerung von Material in die Buckelwiesenbereiche angenommen werden kann. Befindet sich eine Buckelwiese laut geologischer Karte genau im Übergangsbereich zwischen kalkhaltigem und kalkfreiem Gestein und weist etwa gleich viel Flächenanteil an beiden Gesteinsarten auf, wurde dieses Areal in zwei Buckelwiesenflächen mit unterschiedlichem Kalkgehalt (kalkhaltig oder kalkfrei) geteilt. Wenn eine Buckelwiese unterschiedlich große Flächenanteile an kalkhaltigem und kalkfreiem Gestein überdeckt, wurde diese der hauptsächlich vorherrschenden Kalkgehaltgruppe (kalkhaltig oder kalkfrei) zugerechnet.

Für die die Berechnung der Kalkgehaltprozentwerte pro Buckelwiesenkategorie wurden nun die Flächengrößen der einzelnen Buckelwiesen herangezogen und für jede Kalkgehaltgruppe addiert. Mit Hilfe der erhaltenen Flächengrößen von kalkhaltigen und kalkfreien Buckelwiesen konnten nun mit einfachen Prozentrechnungen die relativen Kalkgehaltwerte pro Buckelwiesenkategorie ermittelt werden.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass die Methode der Bestimmung des Kalkgehaltes mit Hilfe von geologischen Karten zwar relativ einfach, schnell und vor allem ohne größere Kosten durchzuführen ist damit allerdings auch ein erheblicher Unsicherheitsfaktor über die tatsächlichen Kalkgehalte verbunden ist. Eindeutigere und vor allem verlässlichere Ergebnisse würden Probennahmen im Gelände und Kalkgehaltuntersuchungen der Gesteine aus den Buckelwiesenbereichen liefern.

In einem weiteren Schritt erfolgte zusätzlich eine Auswertung der Buckelwiesen nach den oben erwähnten Lageparametern aufgeschlüsselt nach Gebirgsgruppen (genaue Beschreibung siehe Kapitel 4.1.1) und der Position im Relief. Das Ziel dieses Arbeitsschrittes war das Ermitteln von unterschiedlichen Lageparametern zwischen den verschiedenen Gebirgsgruppen und Reliefpositionen.

5.4.5. Gebirgsgruppen

- Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten
- Grödner und Fassaner Dolomiten (nördlich vom Grödner Tal)
- Grödner und Fassaner Dolomiten (südlich vom Grödner Tal)
- Fleimstaler Alpen

5.4.6. Position im Relief

- 1) unter Wänden, Schuttkegel- fächer, Hangschutt
- 2) Hochflächen
- 3) Talböden
- 4) Hangbereiche

Die Kategorie „unter Wänden, Schuttkegel- fächer, Hangschutt“ umfasst alle Buckelwiesen, die vermutlich durch Abtragungsprozesse Material von den hangaufwärts situierten Felswänden erhalten. Häufig befinden sich solche Buckelwiesen somit auf Schuttkegeln sowie über Hangschutt. Die Buckelwiesen, die der Kategorie „Hochflächen“ zugerechnet werden, liegen auf flachen oder leicht geneigten Hochebenen (z. B. Seiser Alm) oder Kämmen. Als Hochebenen wurden vor allem jene Flächen ausgewiesen, die sich deutlich nach abfallenden Hangbereichen abgrenzen lassen. Alle Buckelwiesen die sich in Tälern oder tief eingeschnittenen Kerben befinden, werden der 3. Kategorie hinzugerechnet, wobei dieser Kategorie der Vorzug gegenüber der 1. gegeben wird. Befindet sich somit eine Buckelwiese in einem Tal aber gleichzeitig auch unter einer Wand, wird diese zu den Talböden gerechnet. Die letzte Kategorie umfasst alle Buckelwiesen die sich in mehr oder weniger steilen Hangbereichen (Ober- und Unterhang) befinden. Bei Buckelwiesen, die sich sowohl im Hangbereich als auch unter Wänden befinden, erfolgte die Einteilung zur Kategorie 1.

Die statistische Prüfung der Daten erfolgte mit SPSS Version 11.5. Dabei wurden je nach Datenniveaus und Verteilung der Variablen folgende Verfahren angewandt.

5.4.7. *Kolmogorov-Smirnov Test*

Dieser Test dient zur Ermittlung ob eine normalverteilte oder eine beliebige Verteilung der Stichproben vorliegt. Der Test arbeitet dabei mit der kumulierten empirischen sowie der kumulierten erwarteten Referenzverteilung. Die Prüfgröße Z wird aus der maximalen Differenz zwischen den beiden Verteilungen berechnet. In einer Tabelle können mit der Größe Z die für einen Stichprobenumfang kritischen Werte für die maximale Differenz bei einem angegebenen Signifikanzniveau abgelesen werden. Wenn diese maximale Differenz einen gewissen Wert übersteigt ist nicht von einer Normalverteilung auszugehen. Die Nullhypothese besagt also, dass die Werte normalverteilt sind, wohingegen die Alternativhypothese von einer beliebigen Verteilung ausgeht. Der Grenzwert für die Annahme einer der beiden Hypothesen beträgt 0,05 (REINBOTH 2006).

5.4.8. *T-Test nach Student für zwei unabhängige Stichproben*

Mit Hilfe des T-Testes werden zwei voneinander unabhängige Mittelwerte verglichen. Für die Durchführung des Testes sind einige Voraussetzungen nötig. Abgesehen von der Unabhängigkeit der Daten muss auch eine Normalverteilung der beiden Stichproben im Intervallskalenniveau vorliegen (PERNERSTORFER o. J.).

Die Bezeichnung T-Test stammt von der ihm zu Grunde liegenden Prüfgröße t . Diese folgt einer bekannten Verteilung (t -Verteilung) und lässt sich aus den Varianzen, Mittelwerten und der Größe der Stichproben ermitteln. Ob es nun einen signifikanten Unterschied zwischen den Stichproben gibt, lässt sich mit Hilfe des kritischen t -Wertes, der sich aus der Anzahl der Freiheitsgrade und der Irrtumswahrscheinlichkeit zusammen setzt und aus einer Tabelle abgelesen werden kann, bestimmen. Dazu vergleicht man die t -Verteilung mit dem kritischen t -Wert. Wenn diese den kritischen t -Wert übersteigt, ist der Unterschied zwischen den beiden Mittelwerten der Verteilungen signifikant. Als kritisches Signifikanzniveau wurde ein Wert von 0,05 angenommen.

Von Bedeutung für die Prüfung der Nullhypothese ist vor allem auch die eventuelle Gleichheit der Varianzen der beiden Stichproben. Sind die Varianzen in der Grundgesamtheit gleich sollte die Nullhypothese nicht abgelehnt werden. Dies lässt sich mit dem Levene-Test auf Varianzgleichheit überprüfen (BROSIUS 2006).

5.4.9. *Chi²-Test*

Der Chi²-Test dient zur Überprüfung der Unabhängigkeit von verschiedenen Merkmalsausprägungen von zwei Variablen. Die Häufigkeiten der Merkmalsausprägungen zwischen den beiden Variablen lassen sich in einer Kreuztabelle darstellen. Gibt es nun gewisse Merkmalsausprägungen die in beiden Variablen häufig kombiniert vorkommen, so spricht man von einer Assoziation zwischen den Variablen. Demgegenüber wird von der Unabhängigkeit der Variablen gesprochen, wenn die Merkmalsausprägungen nicht überproportional häufig auftreten. Mit dem Chi²-Test wird nun getestet, ob die in einer Stichprobe beobachtete Häufigkeitsverteilung mit der Nullhypothese der Unabhängigkeit der Variablen übereinstimmt. Dazu können – unter Annahme der Unabhängigkeit der Variablen – die Merkmalsausprägungen geschätzt werden. Die Differenzen zwischen tatsächlich aufgetretenen und geschätzten Merkmalsausprägungen werden nun als Residuen bezeichnet und standardisiert. Mit den standardisierten Residuen und den Freiheitsgraden wird nun überprüft ob eine Unabhängigkeit der Variablen vorherrscht. Ist dies der Fall so weisen die aufsummierten Residuen eine bestimmte Verteilung auf, die als Chi²-Verteilung bezeichnet wird. Gibt es größere Abweichungen der Chi²-Werte ist die Nullhypothese zu verwerfen und es kann eine Abhängigkeit der Variablen angenommen werden. Der kritische Signifikanzwert beträgt dabei 0,05. Der Test ist allerdings nur valide, wenn keine der erwarteten Häufigkeiten (verschiedene Merkmalsausprägungen) <1 ist und höchstens 20% eine erwartete Häufigkeit <5 aufweisen (AUFHAUSER o. J.).

Bei kleineren Stichproben, wie bei der Unterteilung der Buckelwiesen in Gebirgsgruppen oder Reliefformen, wurden die eben erwähnten Bedingungen teilweise nicht erfüllt. Hierbei konnte teilweise eine Gruppierung der Einzelmesswerte zu zusammengefassten Gruppen eine Abhilfe schaffen um die Fallzahlen zu erhöhen, wodurch die Bedingungen zur Durchführung des Chi²-Test gewährleistet wurden.

Mit Hilfe von Assoziationsmaßen lässt sich nun auch noch die Stärke des Zusammenhanges, also die Abhängigkeit der Variablen voneinander, berechnen. Dazu wurden der Phi-Koeffizient für eine 2x2 Matrix sowie Cramer's V für größere Matrizen berechnet. Die Werte bewegen sich dabei zwischen 0 und 1, wobei 0 keinen Zusammenhang und 1 eine perfekte Assoziation darstellt (UNIVERSITÄT ZÜRICH, 2010). Ein Wert des Zusammenhangsmaßes zwischen 0,3 und 0,5 deutet dabei auf eine Schwache, zwischen 0,5 und 0,7 auf eine Mittlere und zwischen 0,7 und 1 auf eine starke Assoziation der Variablen hin.

5.4.10. *U-Test von Mann und Whitney*

Der U-Test von Mann und Whitney für unabhängige Stichproben ermöglicht die Überprüfung der zentralen Tendenz von zwei Stichproben. Im Gegensatz zum t-Test nach Student eignet sich der U-Test von Mann und Whitney auch für beliebige Verteilungen, allerdings müssen die Variablen mindestens ein ordinales Skalenniveau aufweisen.

Die Berechnungen beim U-Test von Mann und Whitney basieren auf dem Vergleich von zwei Rangreihungen, in denen sich -bei zentraler Tendenz- die Rangplätze der jeweiligen Rangreihe gleichmäßig verteilen. Bei Rangreihungen mit unterschiedlichen zentralen Tendenzen werden die Rangplätze von diesem Muster abweichen. Mit Hilfe des U-Testes wird nun die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Rangplätze in der jeweiligen Rangreihe überprüft.

Dazu werden die Rangsummen pro Reihe durch Addition der einzelnen Rangplätze ermittelt und daraus die Größen U_1 und U_2 , welche die Summen der Rangplatzüberschreitungen angeben, berechnet. Der kleinere Wert der beiden Größen wird nun mit dem kritischen Wert der theoretischen U-Verteilung verglichen, die nahezu normalverteilt ist, um daraus den Signifikanzwert zu erhalten. Ab einem Signifikanzniveau von 0,05 oder kleiner wird die Alternativhypothese, die einen signifikanten Unterschied der zentralen Tendenzen zwischen den beiden Stichproben beschreibt, angenommen (UNIVERSITÄT ZÜRICH 2010).

5.4.11. *Rayleigh Test*

Wie im Kapitel 5.4.3 schon erwähnt wurde, müssen Expositionsdaten gesondert ausgewertet werden, da herkömmliche statistische Tests, wie sie bei den anderen Lageparametern angewendet wurden, falsche Ergebnisse liefern würden. Als Analogon zum Kolmogorov-Smirnov Test, mit welchem eine Stichprobe auf eine Normal- oder eine beliebige Verteilung getestet wird, kann der Rayleigh Test betrachtet werden. Mit Hilfe dieses Testes lässt sich somit überprüfen, ob die durchschnittlichen Expositionsrichtungen der Buckelwiesen einheitlich über alle Richtungen verteilt sind, oder ob es eine bevorzugte Exposition gibt. Die H_0 -Hypothese besagt also, dass die einzelnen Durchschnittswerte der Buckelwiesen gleichmäßig über alle Expositionsrichtungen verteilt sind. Die Alternativhypothese dagegen postuliert, dass bestimmte Expositionen überdurchschnittlich häufig vorkommen. Ein Signifikanzniveau von $P = 0$ bedeutet dabei, dass laut der angegebenen Literatur die H_0 -

Hypothese angenommen werden kann, wohingegen ab einem Zahlenbereich von $P \neq 0$ die Alternativhypothese als gültig betrachtet wird.

Die Berechnung des Rayleigh Tests erfolgte nach folgender Formel (nach JOHNSON und KOTZ 1970) mit dem EDV Programm Excel.

$$R = n \cdot \bar{R}$$

$$P = \exp\left[\sqrt{1 + 4 \cdot n + 4 \cdot (n^2 - R^2)} - (1 + 2 \cdot n)\right]$$

R = Rayleigh's R

P = Signifikanz des Rayleigh Tests

n = Anzahl der Buckelwiesen

\bar{R} = siehe Kapitel 5.4.3

5.4.12. Watson Test with Ties

Der Watson Test dient zur Überprüfung der Mittelwerte zweier Stichproben von zirkulären Daten auf mögliche Unterschiede und wird ebenfalls zur Auswertung der Expositionsdaten verwendet. Die Anwendung dieses Testes erfolgt, wenn zumindest eine der beiden Stichproben keine unimodale Verteilung (eingipfelige Verteilung der Werte) aufweist. Der Watson Test with Ties ist eine Modifikation des Watson Test und wird angewandt, wenn zwei oder mehrere Werte der Samples den gleichen Winkel aufweisen. Dabei postuliert die 0-Hypothese keine Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Winkel der beiden Verteilungen wohingegen nach der Alternativhypothese signifikante Unterschiede zwischen den beiden Verteilungen vorherrschen.

Um den Test durchführen zu können, müssen die Daten der beiden Stichproben in aufsteigender Form angeordnet und durchnummeriert werden (Felder i und j, beispielhaft in Abb. 18 dargestellt), wobei jeder Wert, auch wenn er öfter vorkommt, eine eigene Nummer erhält. Für jeden Wert wird nun in einer eigenen Spalte (t_{1i} und t_{2j}) angegeben, wie oft der Winkel (a_{1i} und a_{2j}) pro Sample auftritt, wohingegen t_k die Anzahl der Werte für beide Samples angibt. Dabei bilden nun die Felder m_{1i} und m_{2j} die kumulativen Häufigkeiten der zwei verschiedenen Samples. Anschließend lässt sich die Differenz der kumulativen

Häufigkeiten (d_k) sowie der Watson Test nach folgender Formel berechnen (nach JOHNSON und KOTZ 1970):

$$U^2 = \frac{n_1 \cdot n_2}{N^2} * \left[\sum_{k=1}^N t_k d_k^2 - \frac{(\sum_{k=1}^N t_k d_k)^2}{N} \right]$$

$$d_k = \frac{m_{1i}}{n_1} - \frac{m_{2j}}{n_2}$$

U^2 = Watson U^2 (Signifikanzniveau des Watson Tests)

n_1, n_2 = Anzahl der Buckelwiesensamples

N = Gesamtanzahl aller Buckelwiesen

t_k = Anzahl der Daten aus beiden Samples pro vorkommendem Wert

d_k = Differenz zwischen den kumulativen Häufigkeitsverteilungen der beiden Samples

m_{1i}, m_{2j} = kumulative Häufigkeiten der beiden Samples

i	a_{1i}	t_{1i}	m_{1i}	$\frac{m_{1i}}{n_1}$	j	a_{2j}	t_{2j}	m_{2j}	$\frac{m_{2j}}{n_2}$	$d_k = \frac{m_{1i}}{n_1} - \frac{m_{2j}}{n_2}$	d_k^2	t_k
				0.0000	1	30°	1	1	0.1000	-0.1000	0.0100	1
				0.0000	2	35	1	2	0.2000	-0.2000	0.0400	1
1	40°	1	1	0.0833					0.2000	-0.1167	0.0136	1
2	45	1	2	0.1667					0.2000	-0.0333	0.0011	1
3	50	1	3	0.2500	3	50	1	3	0.3000	-0.0500	0.0025	2
4	55	1	4	0.3333					0.3000	0.0333	0.0011	1
				0.3333	4	60	1	4	0.4000	-0.0667	0.0044	1
				0.3333	5	65	2	6	0.6000	-0.2677	0.0711	2
5	70	1	5	0.4167					0.6000	-0.1833	0.0336	1
				0.4167	6	75	1	7	0.7000	-0.2833	0.0803	1
6	80	2	7	0.5833	7	80	1	8	0.8000	-0.2167	0.0470	3
				0.5833	8	90	1	9	0.9000	-0.3167	0.1003	1
7	95	1	8	0.6667					0.9000	-0.2333	0.0544	1
				0.6667	9	100	1	10	1.0000	-0.3333	0.1111	1
8	105	1	9	0.7500					1.0000	-0.2500	0.0625	1
9	110	2	11	0.9167					1.0000	-0.0833	0.0069	2
10	120	1	12	1.0000					1.0000	0.0000	0.0000	1
			$n_1 = 12$					$n_2 = 10$		$\sum t_k d_k =$	$\sum t_k d_k^2 =$	
										-3.5334	0.8144	

Abbildung 18: Beispielhafte Berechnung des Watson Tests. Quelle: JOHNSON und KOTZ 1970

5.4.13. Korrelationsanalyse

Mit Hilfe einer Korrelationsanalyse lassen sich die Zusammenhänge zwischen zwei oder mehreren Variablen nachweisen und mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten angeben. Dieser kann dabei Werte zwischen 1 und -1 erreichen, wobei die genannten Zahlen auf einen perfekten positiven bzw. negativen Zusammenhang hindeuten. Ein positiver Zusammenhang bedeutet dabei, dass hohe Werte einer Variablen auch große Ausprägungen der Zweiten bedingen. Im Gegensatz dazu führen bei der negativen Korrelation hohe Werte einer Unbekannten zu Geringen der Anderen. Der Wert 0 dagegen lässt auf keinen Zusammenhang schließen. Ab etwa einem Korrelationswert von 0,3-0,5 kann eine Schwache, von 0,5-0,7 eine Mittlere und ab 0,7 eine starke Korrelation der Variablen angenommen werden. Durch den Korrelationskoeffizienten lassen sich nur die Stärke und Richtung, nicht aber die Ursachen des Zusammenhanges angeben.

In dieser Arbeit wurden die Produktmomentkorrelation nach Pearson und die Rangkorrelation nach Spearman verwendet. Der erste Test wird bei intervall- oder rational skalierten Datenniveaus und bei vorhandener Normalverteilung angewandt wogegen die zweite Methode bei ordinal skalierten sowie nicht normal verteilten metrischen Daten verwendet wird. Liegt mindestens eine der Variablen in einem nominal skalierten Datenniveau vor, kann ein Zusammenhang zwischen den Beiden nur mit Hilfe des Chi²-Testes überprüft werden (z. B.: Kalkgehalt).

Der Produktmomentkorrelation nach Pearson berechnet sich nun aus der Summe der Produkte der beiden Werte der Variablen. Ist nun diese Summe der positiven und negativen Produkte gleich groß, ergibt sich ein Korrelationswert von 0. Bei der Rangkorrelation nach Spearman werden die Werte der Variablen zu Rangzahlen transformiert und gegenübergestellt. Treten dabei mehrere gleiche Werte auf, werden die Rangzahlen gemittelt. Nun wird die Summe aus den Differenzen zwischen den beiden Rangreihungen ermittelt und anschließend die Rangkorrelation nach Spearman berechnet.

Ob nun der Korrelationskoeffizient tatsächlich einen statistisch nachweisbaren Zusammenhang darstellt, ist vom Umfang der Stichprobe abhängig, welche zumindest 20 Fälle umfassen sollte. Dies kann durch die Berechnung des Signifikanzniveaus festgestellt werden. Dabei gilt ab einem Wert von $\leq 0,05$, dass die Korrelation signifikant und nicht zufällig entstanden ist. Um eine Korrelation zwischen zwei Variablen nachweisen zu können, ist also die Überprüfung auf Gültigkeit der Null- oder Alternativhypothese notwendig. Kann aufgrund eines Signifikanzniveaus $\leq 0,05$ die Alternativhypothese angenommen werden, so

gibt nun der Korrelationskoeffizient die Stärke des Zusammenhanges an. Wobei erst ab einem Korrelationswert $>0,3$ ein Zusammenhang angenommen werden kann (HÜFTLE 2006 und HOFFMANN u. a. 2004).

5.4.14. Berechnung der Buckelwiesendichte pro Quadratkilometer

Es soll nun versucht werden einen Bezug zwischen den Buckelwiesen und den zur Verfügung stehenden Flächen einer bestimmten Kategorie (z. B. verschiedene Expositionsrichtungen) des Untersuchungsgebietes herzustellen. Dazu wurden die Expositionsrichtungen, Seehöhen und Hangneigungen zu jeweils gleich großen Gruppen zusammengefasst. Anschließend erfolgten die Berechnungen der Mittelwerte für die soeben genannten Kategorien für jede einzelne Buckelwiese sowie die Flächen pro Gruppe für das gesamte Untersuchungsgebiet. Die Buckelwiesendichte pro Quadratkilometer lässt sich nun mit folgender Formel kalkulieren:

$$Bd = \frac{AB}{F}$$

Bd = Buckelwiesendichte pro Quadratkilometer

AB = Anzahl der Buckelwiese pro Gruppe

F = Fläche dieser Gruppe im gesamten Untersuchungsgebiet

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass in diese Berechnung pro Buckelwiese nur jeweils der Mittelwert der Seehöhe mitbeinbezogen wurde, und nicht die unterschiedlichen Seehöhen der Einzelpixel wie dies bei den Kalkulationen zur Frequency ratio erfolgt (siehe Kap. 5.4.15)

5.4.15. Frequency ratio

Die Frequency ratio wird in dieser Arbeit als ein Maß verwendet, um die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines bestimmten Phänomens (Buckelwiesen) in Bezug zur Verfügung stehender Fläche darzustellen. Damit lässt sich ein Zusammenhang zwischen den Flächen der Buckelwiesenareale und der Flächen des gesamten Untersuchungsgebietes ableiten. Dazu

wurden die Expositionsrichtungen, Seehöhen und Hangneigungen gruppiert und aus der Pixelanzahl für jede Gruppe der Relativanteil in Prozent für die unterschiedlichen Buckelwiesenkategorien sowie für die Gesamtfläche des Untersuchungsgebiets berechnet. Durch die Kalkulation des Relativanteils aus den Pixelwerten ist es nicht mehr notwendig für jede Buckelwiese nur einen einzigen Wert, nämlich den Mittelwert, zu verwenden. Die Kalkulation der Frequency ratio mit Hilfe der Pixelwerte stellt eine größere Genauigkeit dar, da pro Buckelwiese mehre hundert bis tausende Pixel in die Berechnungen miteinbezogen werden und nicht jeweils nur ein einzelner Wert (Mittelwert) wie bei der Berechnung der Buckelwiesendichte pro Quadratkilometer.

Die Ergebnisse der Frequency ratio lassen sich dahingehend interpretieren, dass ein Wert von 1 eine durchschnittliche Verteilung ergibt. Liegt die Zahl bei Werten über 1 so ergibt dies einen erhöhten Anteil an Buckelwiesenarealen im Vergleich zu den zur Verfügung stehenden Flächen der jeweiligen Kategorie. Ein Wert unter 1 deutet dagegen auf einen geringeren Anteil an Buckelwiesen in Bezug zur Gesamtfläche des Untersuchungsgebiets der jeweiligen Kategorie hin (LEE 2005).

$$Fr = \frac{PB}{PG}$$

Fr = Frequency ratio

PB = Prozentanzahl der Buckelwiesen pro Kategorie bzw. Klasse (Expositionskategorien wie Nord, Nordost, etc., Seehöhenklasse wie 200-400 m, 400-600 m, etc. und Hangneigungsklasse wie 0-10°, 10-20°, etc.)

PG = Prozentanzahl des gesamten Untersuchungsgebietes pro Kategorie bzw. Klasse (Expositionskategorien wie Nord, Nordost, etc., Seehöhenklasse wie 200-400 m, 400-600 m, etc. und Hangneigungsklasse wie 0-10°, 10-20°, etc.)

5.5. Literaturrecherche

Zur Beschreibung der Buckelwiesen und der Waldgrenzen im Allgemeinen sowie des Untersuchungsgebietes wurde verschiedenste Literatur herangezogen. Auch zur Erhebung der postglazialen Waldgrenzen wurde die Methode der Literaturrecherche angewendet, wobei Bedacht darauf genommen wurde, nur jüngere Artikel und Bücher mit den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen, die nach dem Jahre 1980 entstanden sind, zu verwenden.

6. Daten

Die Daten, die für die Erstellung der Arbeit von Belang waren, stammen zum Teil aus der Literatur oder aus dem Internet. Auch im Zuge eines Geländeaufenthaltes in Südtirol vom 21. bis 25. Mai 2010 wurden Daten erhoben.

Eine besondere Bedeutung kommt dabei den Orthophotos des Landes Südtirol zu, die von Herrn Rainer BELL der Universität Wien aufbereitet zur Verfügung gestellt und ursprünglich vom Landeskartenserver des Landes Südtirol aus dem Internet geladen wurden. Ohne diese Aufnahmen wäre keine Kartierung der Buckelwiesen möglich gewesen. Die Orthophotos lagen dabei im Maßstab 1:10000 und in einer Auflösung von 0,5 m aus dem Jahr 2006 vor.

Im Gelände erfolgte der Abgleich zwischen den Buckelwiesen und deren Erscheinungsbild auf den Orthophotos, um sich ausreichende Kenntnisse über das Aussehen auf den Luftbildern anzueignen. Nach dem Geländeaufenthalt war es somit möglich, die gesamten Südtiroler Dolomiten nach möglichen Standorten abzusuchen.

Für die Berechnung der Flächen, Seehöhen, Expositionen und Hangneigungen der Buckelwiesen wurde ein digitales Geländemodell im Maßstab 1:5000 und einer Auflösung von 2,5 x 2,5m des Landes Südtirol verwendet. Die geologische Karte von Italien zur Bestimmung der Kalkhaltigkeit der Buckelwiesen, die „Carta geologica d’Italia“ im Maßstab 1:100000 stand am Geobrowser des Landes Südtirol in digitaler Form zur Verfügung.

Die Auswahl der Ziele des Geländeaufenthaltes erfolgte durch Hinweise in der Literatur und mündliche Mitteilungen auf mögliche Buckelwiesenvorkommen in den Südtiroler Dolomiten und einem ersten Absuchen der Umgebung der Ziele auf den Orthophotos des Landes Südtirol. Vor allem ENGELSCHALK 1971 lieferte einige Hinweise auf mögliche Buckelwiesenstandorte sowie auch eine Ausgabe des Magazins „Alpin“ aus dem Juni 2005.

Zur Beschreibung der rezenten Waldgrenzen und der Entwicklung im Postglazial wurde auf neuere Literatur, die ab etwa den 1980er Jahren entstand, zurückgegriffen.

7. Ergebnisse

7.1. Buckelwiesenstandorte

Durch die Auswertung der Orthophotos und der Geländebegehung konnten insgesamt 538 tatsächliche und potentielle Buckelwiesenstandorte in den Südtiroler Dolomiten gefunden werden. Dabei kristallisierten sich einige Schwerpunkte heraus: Peitlerkofel- und Geislergruppe, Seiser Alm bis zum Gebiet um den Platt- und Langkofel sowie der Südtiroler Anteil des Rosengartens. Weitere Buckelwiesenstandorte liegen in den Sextener und Pragser Dolomiten, im Sennes Gebiet, in der Puez- und Latemargruppe sowie bei Aldein in den Fleimstaler Alpen. Zusätzlich gibt es auch noch einzelne (vor allem mögliche) Standorte verstreut über das gesamte Areal der Südtiroler Dolomiten. An den Rändern der Orthophotos wurden auch außerhalb von Südtirol in den Territorien der Provinzen Belluno und Trentino einige Buckelwiesenstandorte entdeckt. Diese Wiesen wurden zwar kartiert, flossen allerdings nicht in die Statistiken und Berechnungen mit ein, da sie sich außerhalb des Untersuchungsgebietes befinden.

Im Folgenden wird nun mit Hilfe der Orthophotos die Lagegenauigkeit der gefundenen Standorte in den Südtiroler Dolomiten dargestellt. Gesicherte Buckelwiesen werden dabei in Rot, Wahrscheinliche in Magenta, Mögliche in Schwarz und Planierte in blauer Farbe dargestellt. Die Abgrenzung der Gebirgsgruppen erfolgt durch eine gelbe Umrahmung. Buckelwiesen außerhalb des Untersuchungsgebietes wurden nicht eingezeichnet.

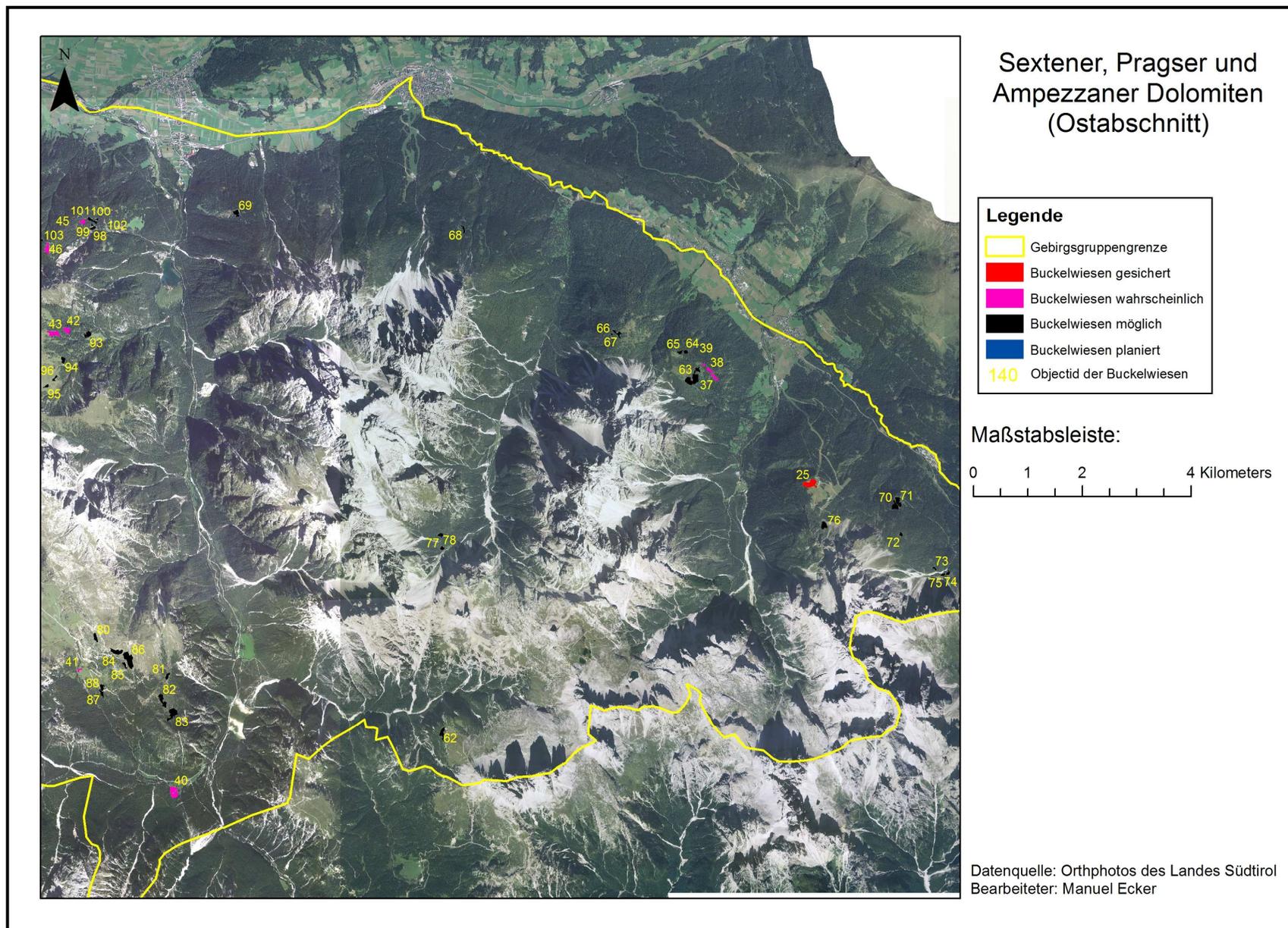


Abbildung 19:
 Buckelwiesen in
 den Sextener,
 Pragser und
 Ampezzaner
 Dolomiten
 (Ostabschnitt).
 Datenquelle:
 Orthphotos
 des Landes
 Südtirol 2006,
 verändert von
 Manuel Ecker

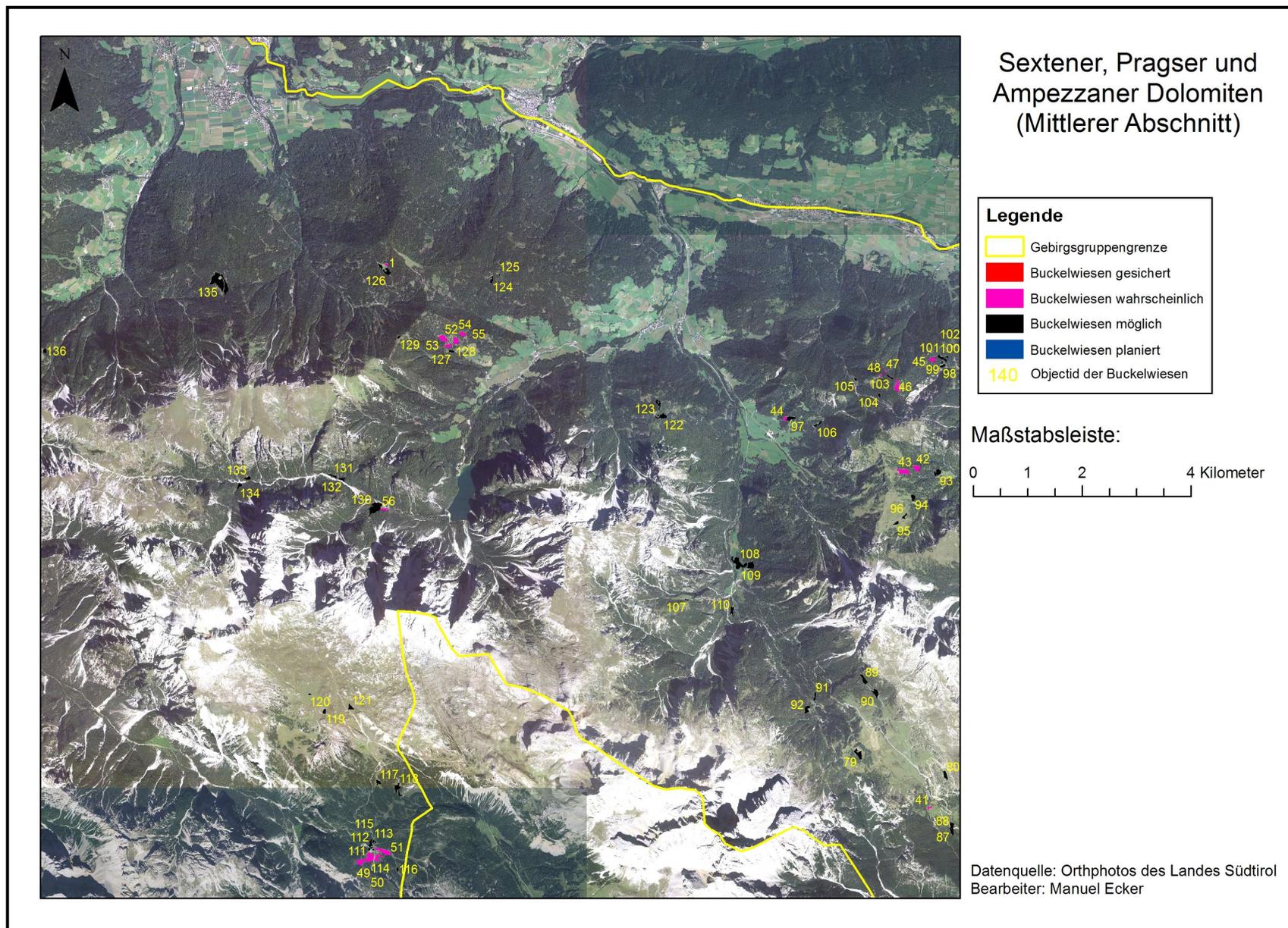


Abbildung 20:
Buckelwiesen in
den Sextener,
Pragser und
Ampezzaner
Dolomiten
(Mittlerer
Abschnitt).
Datenquelle:
Orthphotos
des Landes
Südtirol 2006,
verändert von
Manuel Ecker

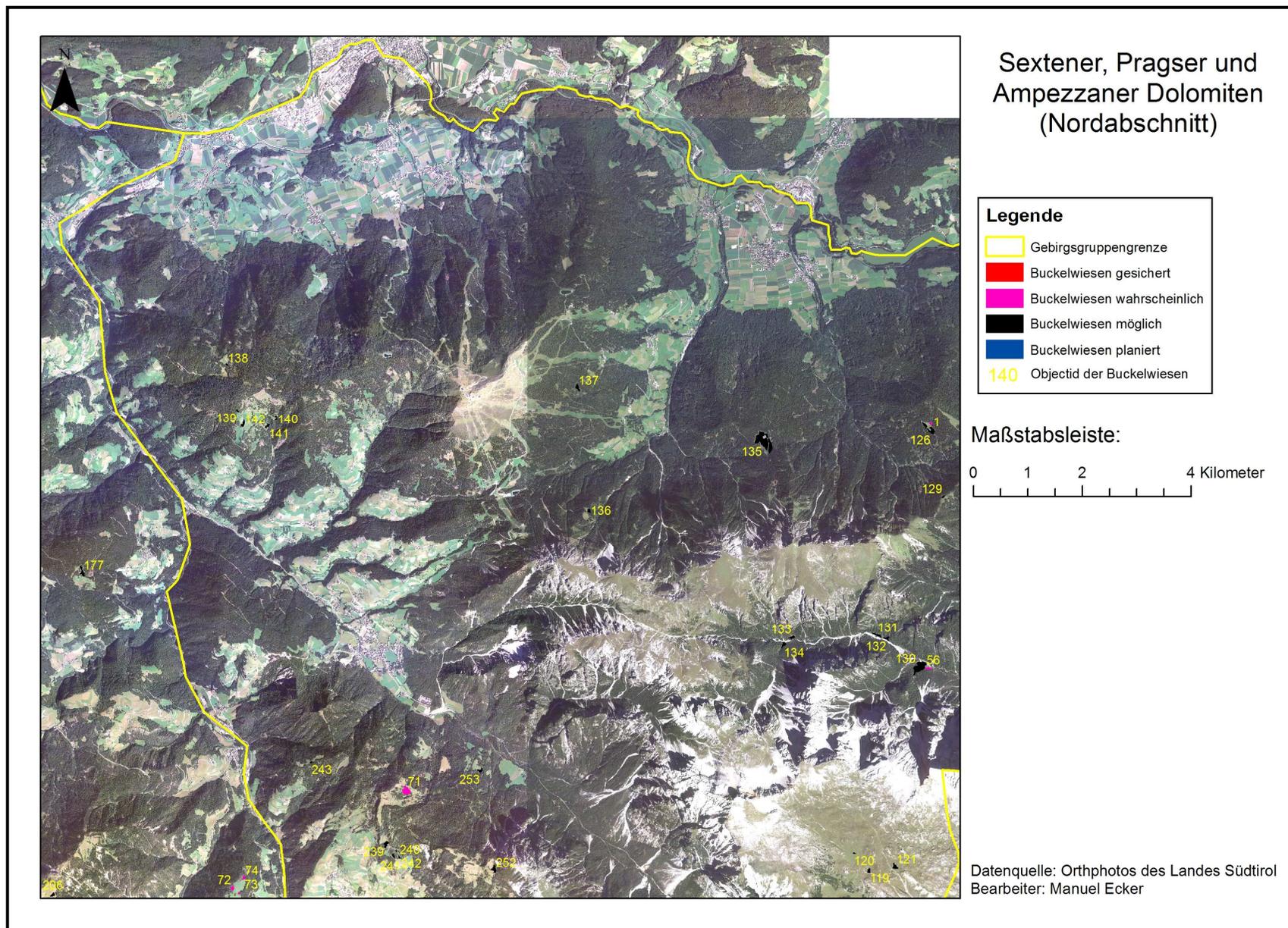


Abbildung 21:
Buckelwiesen in
den Sextener,
Pragser und
Ampezzaner
Dolomiten
(Nordab-
schnitt).
Datenquelle:
Orthphotos
des Landes
Südtirol 2006,
verändert von
Manuel Ecker

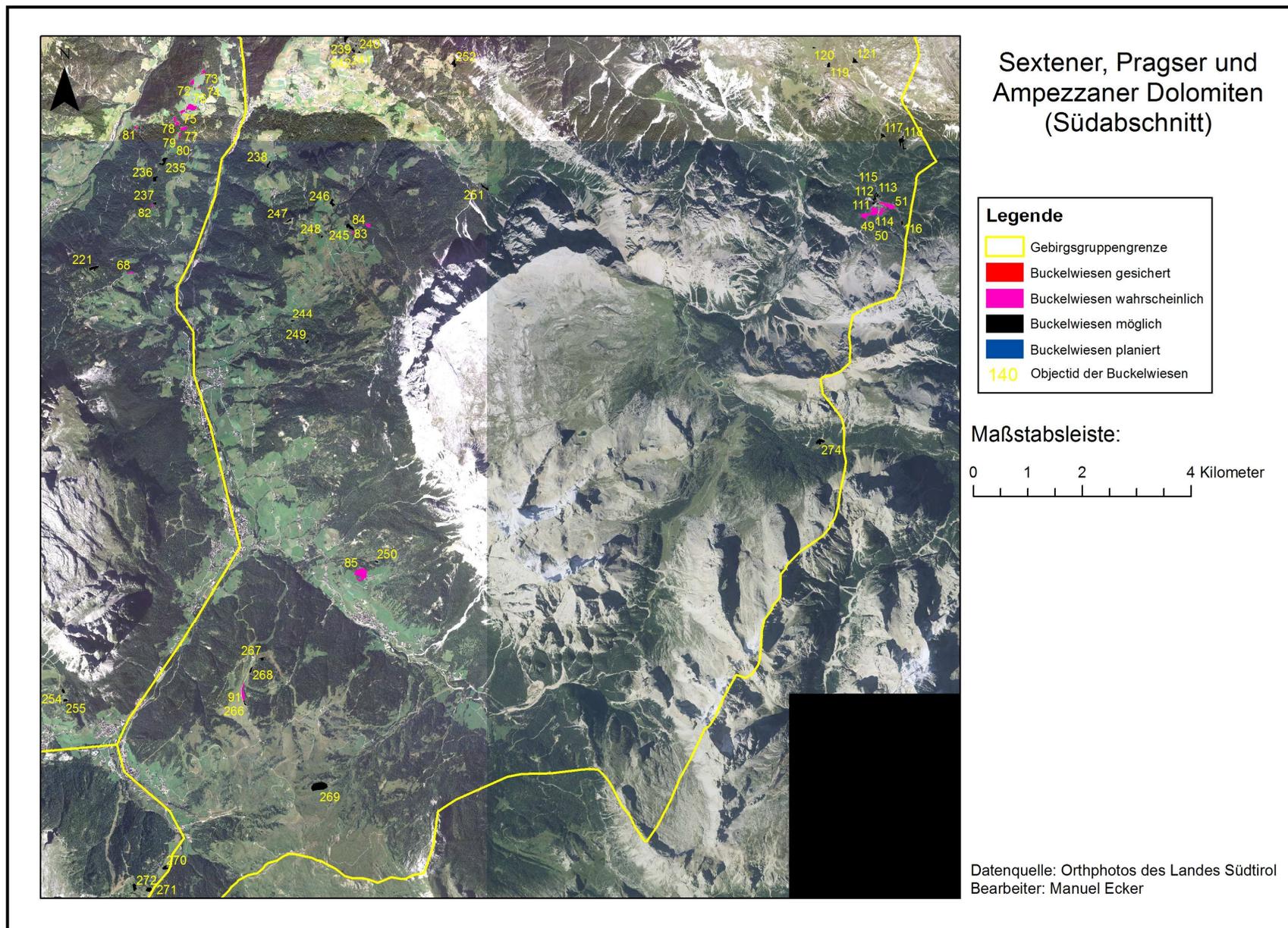


Abbildung 22: Buckelwiesen in den Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten (Südabschnitt). Datenquelle: Orthophotos des Landes Südtirol 2006, verändert von Manuel Ecker

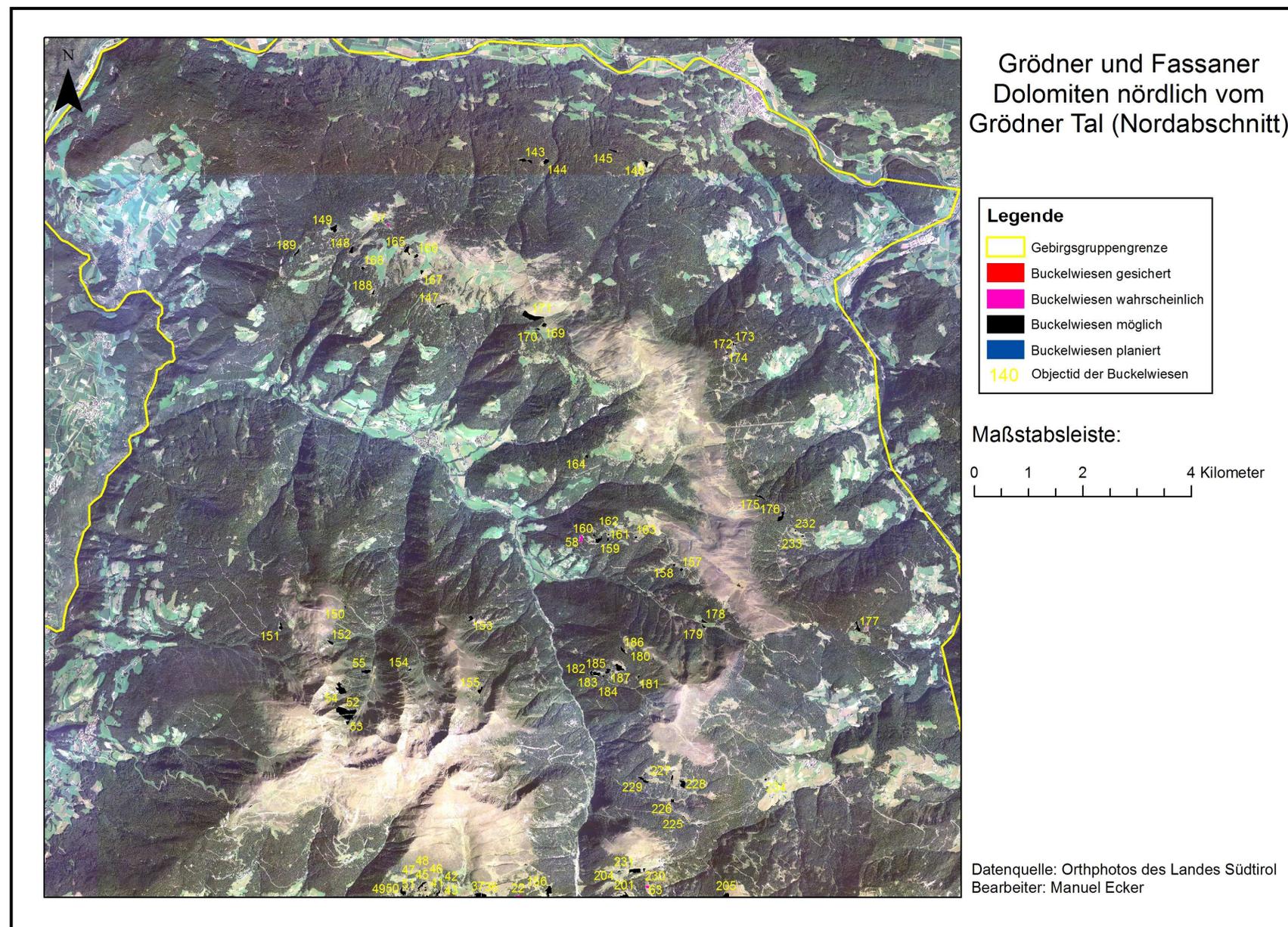


Abbildung 23:
Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal (Nordabschnitt).
Datenquelle: Orthphotos des Landes Südtirol 2006, verändert von Manuel Ecker

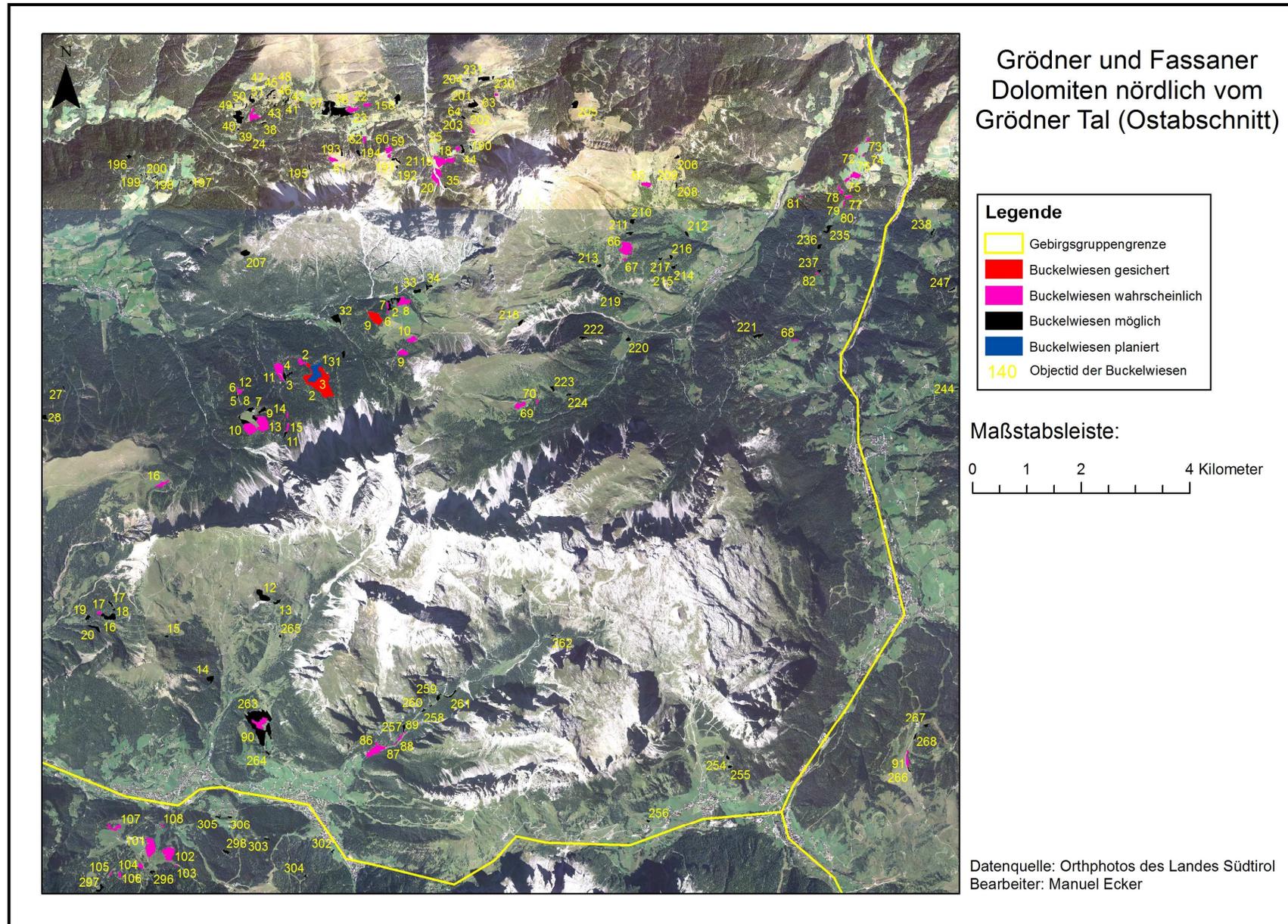


Abbildung 24:
 Buckelwiesen in
 den Grödner
 und Fassaner
 Dolomiten
 nördlich vom
 Grödner Tal
 (Ostabschnitt).
 Datenquelle:
 Orthphotos
 des Landes
 Südtirol 2006,
 verändert von
 Manuel Ecker

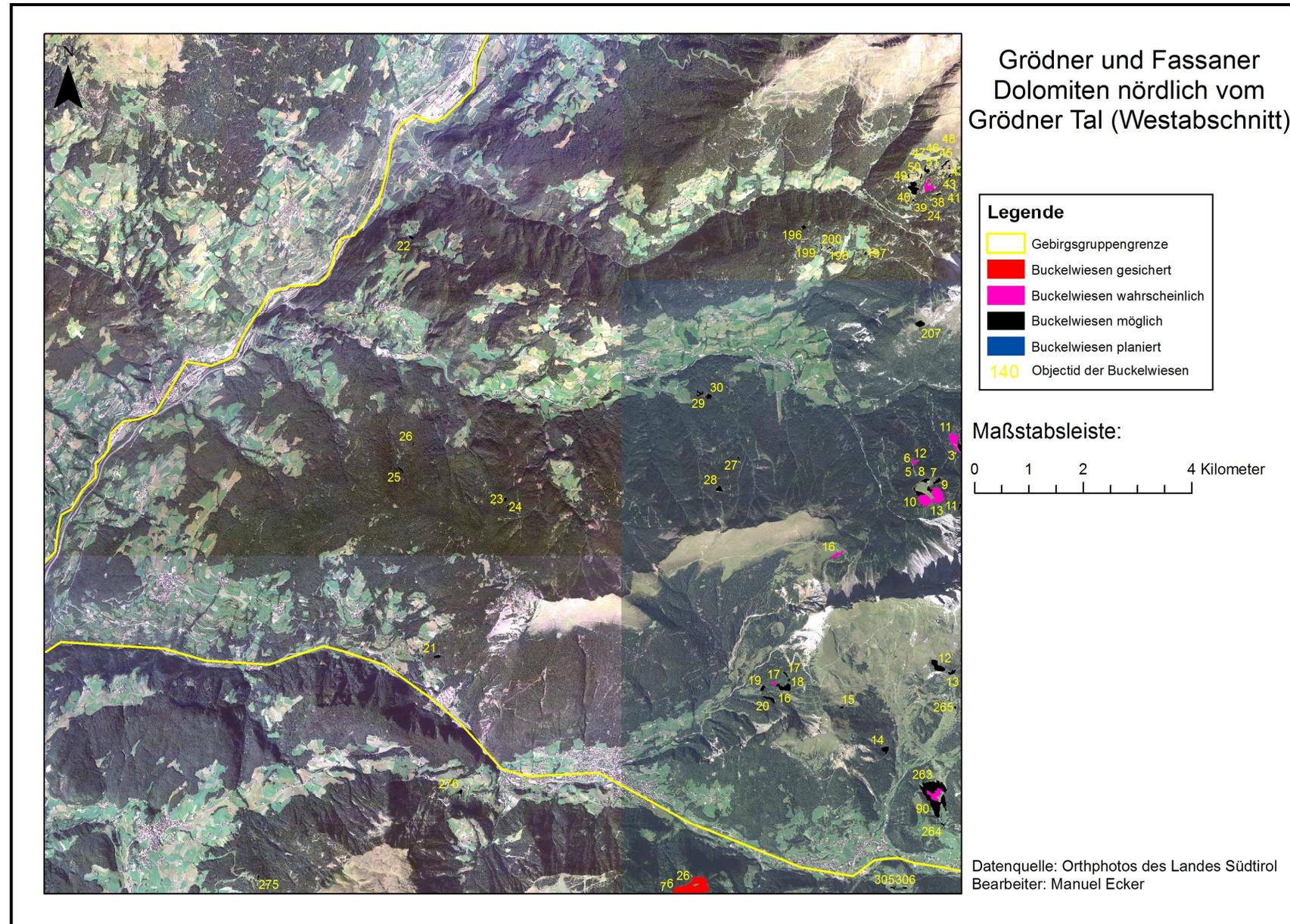


Abbildung 25:
 Buckelwiesen in
 den Grödner
 und Fassaner
 Dolomiten
 nördlich vom
 Grödner Tal
 (Westab-
 schnitt).
 Datenquelle:
 Orthphotos
 des Landes
 Südtirol 2006,
 verändert von
 Manuel Ecker

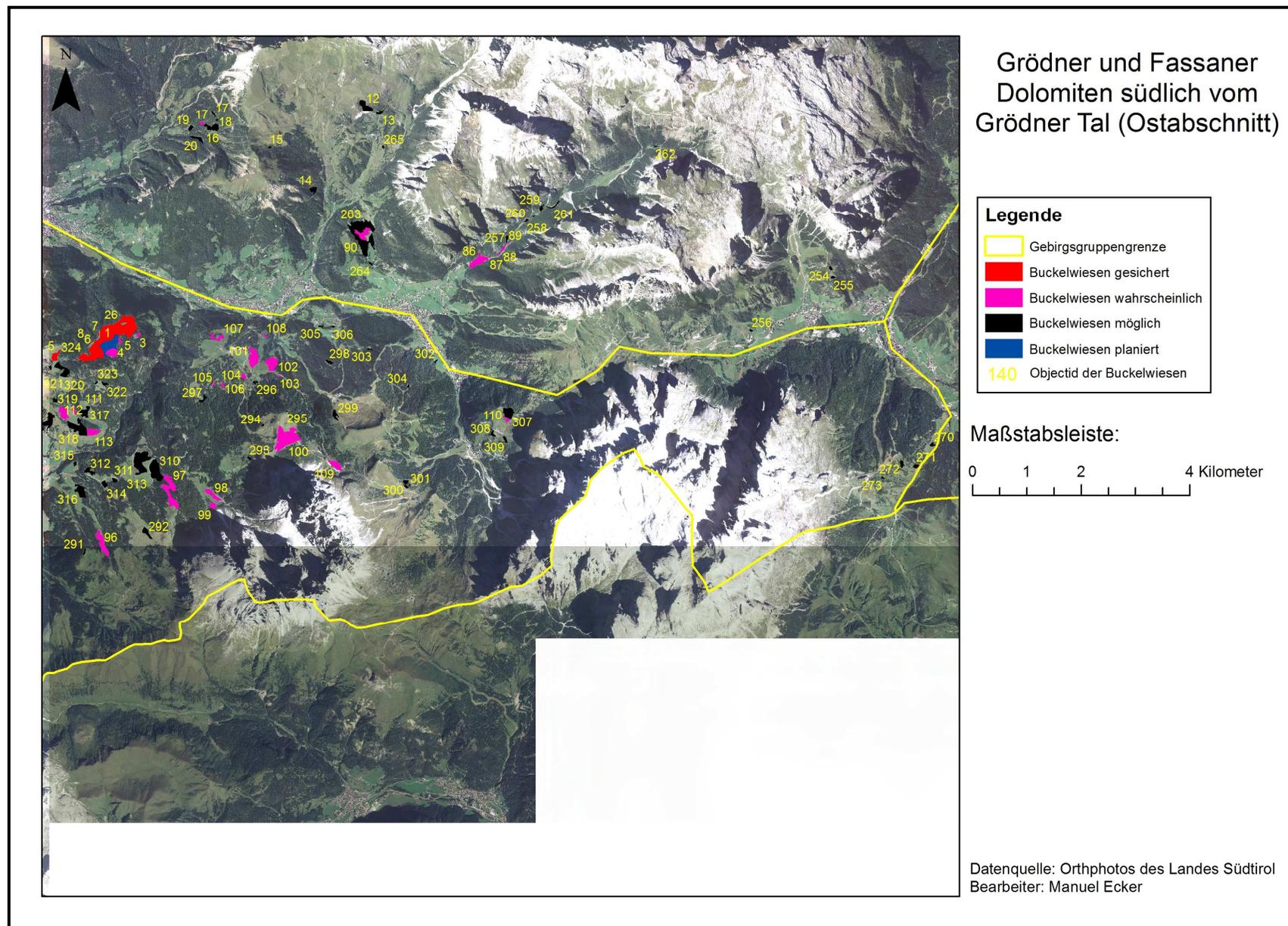


Abbildung 26:
Buckelwiesen in
den Grödner
und Fassaner
Dolomiten
südlich vom
Grödner Tal
(Ostabschnitt).
Datenquelle:
Orthphotos
des Landes
Südtirol 2006,
verändert von
Manuel Ecker

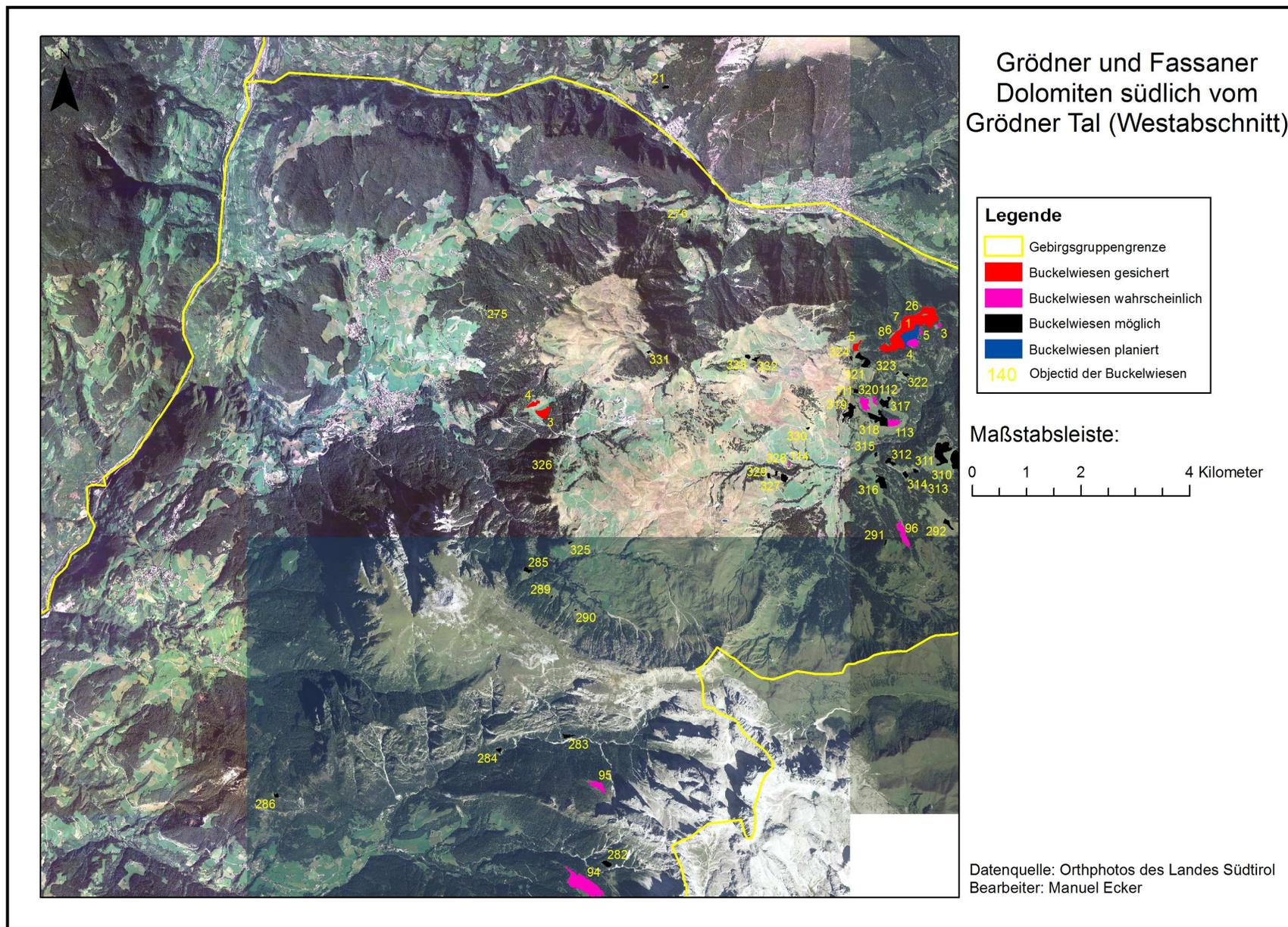


Abbildung 27:
Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal (Westabschnitt).
Datenquelle: Orthphotos des Landes Südtirol 2006, verändert von Manuel Ecker

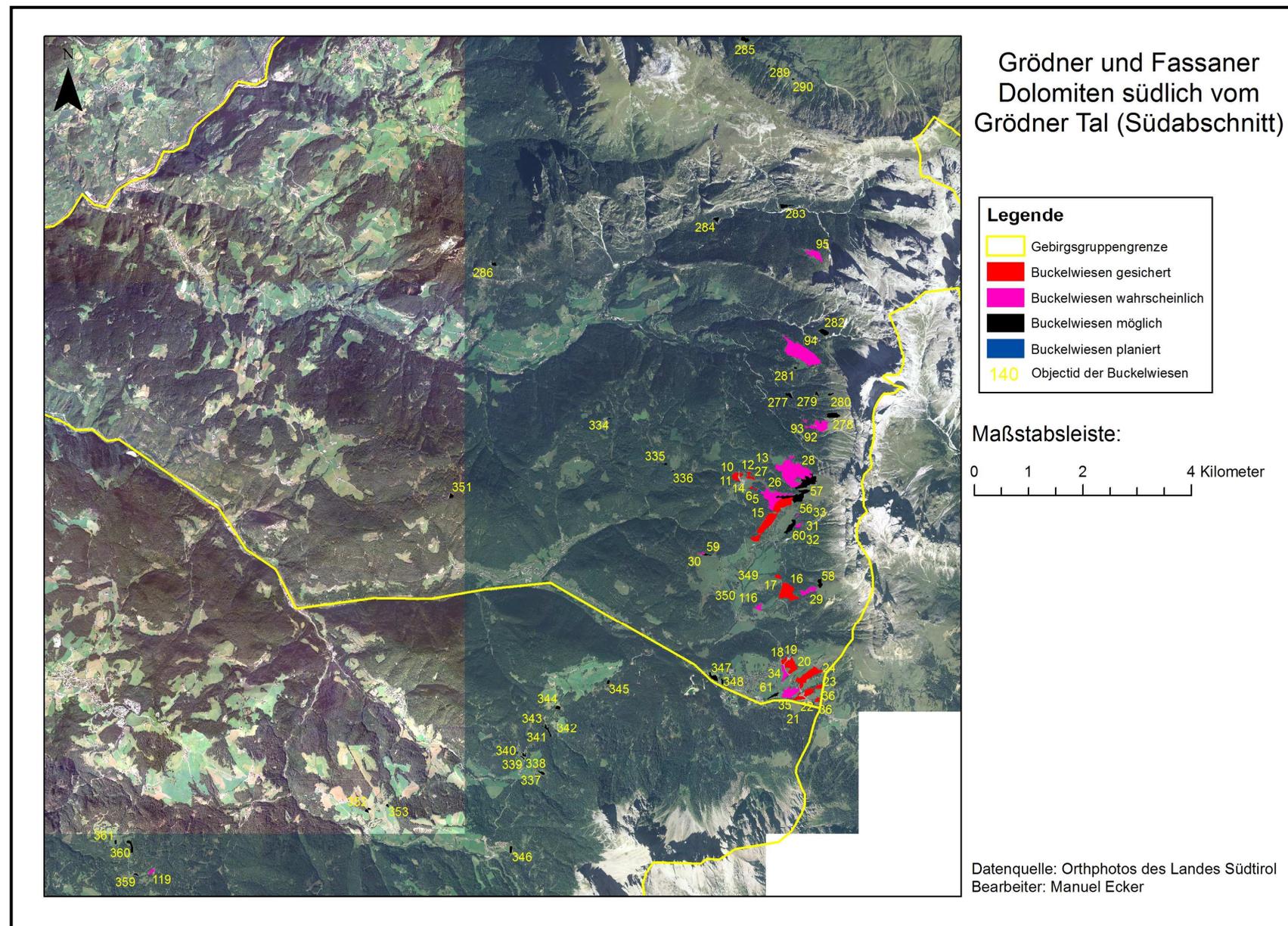


Abbildung 28:
Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal (Südabschnitt).
Datenquelle: Orthphotos des Landes Südtirol 2006, verändert von Manuel Ecker

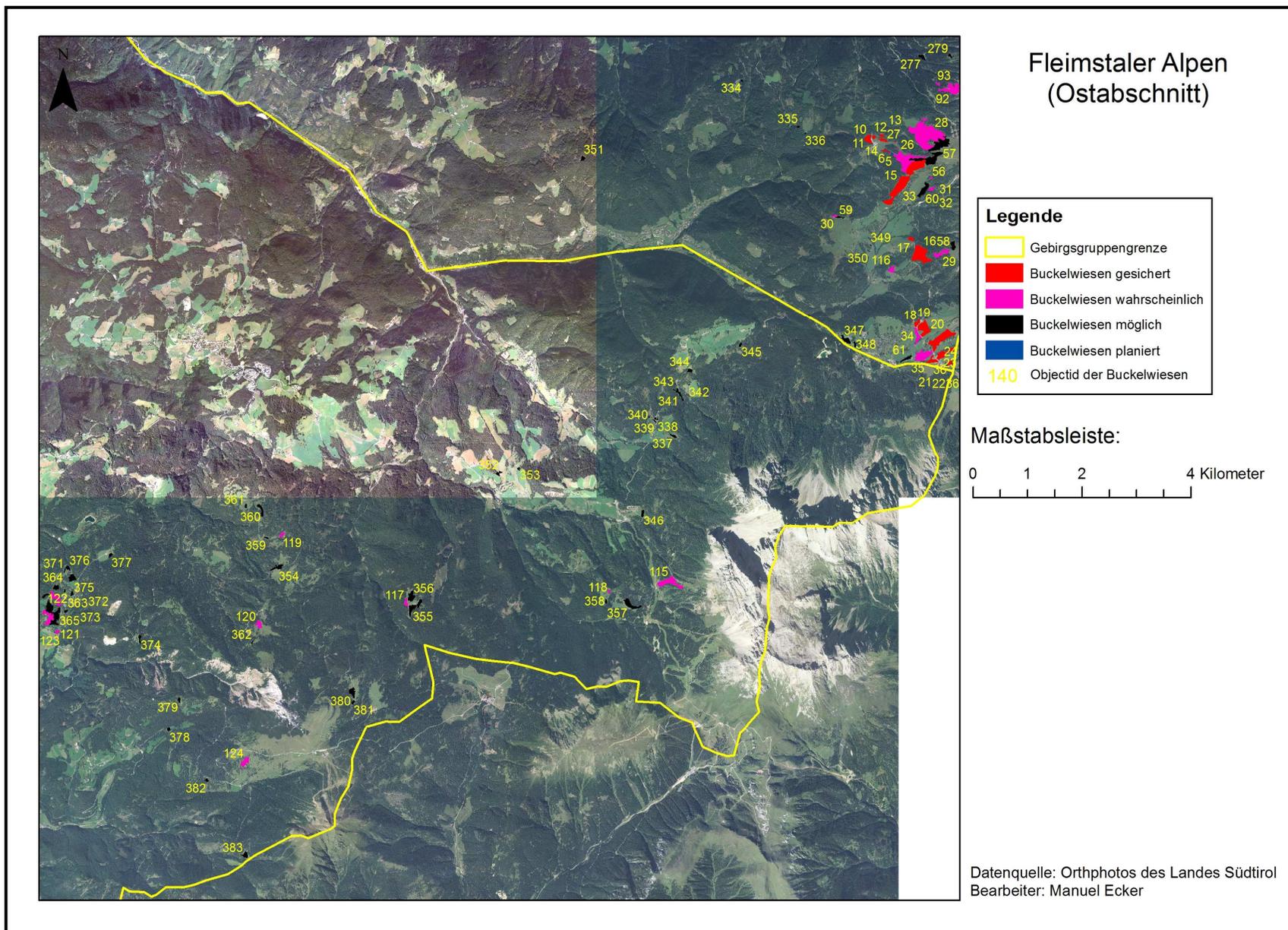


Abbildung 29:
Buckelwiesen in
den Fleimstaler
Alpen
(Ostabschnitt).
Datenquelle:
Orthphotos
des Landes
Südtirol 2006,
verändert von
Manuel Ecker

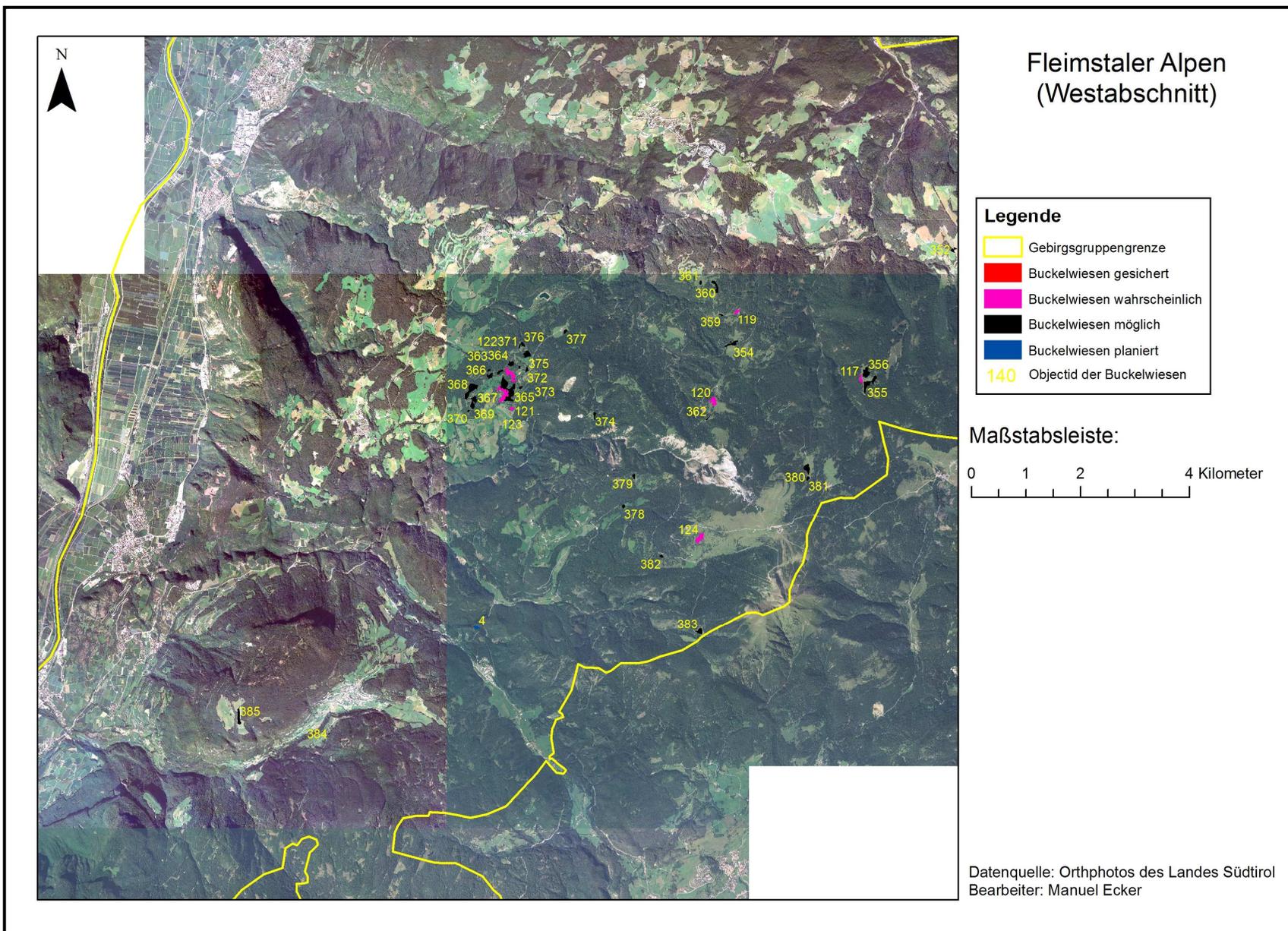


Abbildung 30:
Buckelwiesen in
den Fleimstaler
Alpen (Westab-
schnitt).
Datenquelle:
Orthphotos
des Landes
Südtirol 2006,
verändert von
Manuel Ecker

7.1.1. Identifizierungsprobleme von Buckelwiesen auf Orthophotos

Bei der Orthophotoauswertung zur Identifizierung der Buckelwiesen traten einige Schwierigkeiten auf, die im Folgenden näher erläutert werden. Grundsätzlich lassen sich die Buckel und Mulden am besten auf Almflächen mit geringer oder nicht vorhandenem Baumbestand sowie ruhiger Oberfläche mit fehlender Schuttbedeckung erkennen. In Waldgebieten ist eine mögliche Bodenbuckelung aufgrund der fehlenden Oberflächensicht nicht zu ermitteln. Wie im Kapitel 5.2 schon dargelegt wurde, brachte auch die Auswertung der Hillshades keine befriedigenden Ergebnisse.

Während des Geländeaufenthaltes stellte sich heraus, dass Windwurfflächen ebenfalls das für Buckelwiesen typische Erscheinungsbild auf den Orthophotos aufweisen können. Teilweise wurde auch eine Bodenbuckelung auf von Stürmen geschädigten Waldflächen beobachtet.

Weiters stellte die genaue Abgrenzung von Buckelwiesen zu Waldflächen aufgrund des Schattenwurfes der Bäume ein Problem dar. In diesen Bereichen konnten die gebuckelten Flächen nur mit geringerer Genauigkeit kartiert werden. Die teilweise unterschiedliche Qualität der Orthophotos hatte ebenfalls Auswirkungen auf die Auswertungen, da manche Gebiete unschärfer dargestellt werden als Andere und eine einwandfreie Kartierung der Buckelwiesen nur bedingt möglich war. Zusätzlich erschwerte die, vor allem im Hochgebirge, unruhige Oberfläche durch Geröllbedeckung die Orthophotoauswertung erheblich (siehe Abb. 31). Ein weiteres Problem in den höheren Lagen stellte auch die teilweise Überbelichtung der Orthophotos, welche durch helle Schuttflächen und Felsen hervorgerufen wurde, dar.



Abbildung 31: Unruhige Oberflächen im Hochgebirge erschweren die Identifizierung von Buckelwiesen, siehe obiges Beispielbild von der Sennes Alpe und dem dazugehörigen Orthophotoausschnitt. Der blaue Punkt stellt den ungefähren Fotoaufnahmestandort dar. Quellen: Orthophotos Land Südtirol 2006 und Foto: <http://commondatastorage.googleapis.com/static.panoramio.com/photos/original/39148525.jpg> (10.10.2011)

Wie sich bei der Geländebegehung am Fuße des Rosengartenmassivs herausstellte, gibt es aufgrund der Vegetation in Feuchtgebieten auch große Verwechslungsmöglichkeiten mit Buckelwiesen (siehe Abb. 32). Dafür zeigen sich vor allem erhöhte Grasbüschel, die von deutlich niedrigeren Vegetationsarten umgeben sind, verantwortlich, welche auf den Orthophotos das Aussehen von Buckeln aufweisen können.

Stark geneigte Flächen deutlich über 30° können ebenfalls ein buckelwiesenähnliches Erscheinungsbild annehmen. Im Zweifelsfall wurde versucht, diese Flächen aufgrund der großen Neigungen nicht mehr als (mögliche) Buckelwiesen zu klassifizieren, da in der Regel, wie frühere Untersuchungen gezeigt haben (siehe auch Kapitel 2.4), die Buckelwiesengenesse nur auf geringer geneigten Hängen stattfindet. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass das eine oder andere Areal, welches als Buckelwiese ausgewiesen wurde, doch deutlich stärker geneigt ist, da eine scharfe Abgrenzung von gebuckelten Flächen zu Steilhängen auf den vorhandenen Orthophotos nicht immer einwandfrei möglich war.



Abbildung 32: Feuchtgebiete können auf Orthophotos das Aussehen von Buckelwiesen aufweisen (siehe rote Umrandung, gelb=tatsächliche Buckelwiesenareale). Datenquelle: Orthophotos des Landes Südtirol 2006, verändert von Manuel Ecker

7.2. Lage der Waldgrenzen

Die Waldgrenze liegt allgemein im Untersuchungsgebiet meist etwa in einem Bereich zwischen 2000 und 2100 m, variiert allerdings, aufgrund der im Kapitel 3 beschriebenen Standortfaktoren deutlich. Die Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Lage der Wald- und Baumgrenzen im Untersuchungsgebiet, getrennt nach Gebirgsgruppen. Für alle

Gebirgsgruppen gilt, dass vereinzelt Bäume bis 2300 m vorkommen können. Dennoch liegt die Baumgrenze meist tiefer in einem Bereich um etwa 2200 m. Die Waldgrenze reicht in den Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal, im Gegensatz zu den anderen Gebirgsgruppen, häufiger bis 2200 m. Teilweise konnte für die Sextener, Pragser und Ampezzaner sowie die Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal auch nur eine Lage der Waldgrenze auf einer Seehöhe von 1900 m oder auch auf 2200 m festgestellt werden.

Seehöhen der Wald- und Baumgrenzen nach Gebirgsgruppen		
Gebirgsgruppe	Waldgrenze (m)	Baumgrenze (m)
Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten	2000-2100, vereinz. 1900 bzw. 2200	vereinz. bis 2300
Grödner und Fassaner Dolomiten (nördlich vom Grödner Tal)	2000-2100, vereinz. 1900 bzw. 2200	vereinz. bis 2300
Grödner und Fassaner Dolomiten (südlich vom Grödner Tal)	2000-2200	vereinz. bis 2300
Fleimstaler Alpen	2000-2100	vereinz. bis 2300

Tabelle 5: Seehöhen der Wald- und Baumgrenzen nach Gebirgsgruppen

7.3. Statistische Auswertungen nach Lageparametern

Die Buckelwiesen wurden anhand verschiedener Lageparameter (siehe Kapitel 5.4), getrennt nach Buckelwiesenkategorien, mit den EDV Programmen ArcGIS und Microsoft Excel statistisch ausgewertet. Die Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse aufgeschlüsselt nach Kategorien und Lageparametern. Anschließend wurden mit dem EDV Programm SPSS die Buckelwiesenkategorien auf mögliche statistische Gemeinsamkeiten beziehungsweise Unterschiede zwischen den Lageparametern untersucht.

Ergebnisse

Buckelwiesen		gesichert	wahrscheinlich	möglich	planiert
Anzahl der kartierten Buckelwiesen		26	124	383	5
Fläche (m²)	Durchschnitt	37411	17488	8331	24843
	Standardabweichung	47372	27845	13091	30159
Seehöhe (m)	absolutes Min	1678	1341	801	1052
	absolutes Max	2019	2130	2317	1935
	durchschnittliches Min	1776	1795	1801	1672
	durchschnittliches Max	1826	1838	1829	1706
	Range	50	43	28	34
	Standardabw. pro Buckelwiese	12	10	7	8
	Standardabw. aller Buckelwiesen	79	157	196	357
	Durchschnitt	1801	1817	1815	1689
Exposition (%)	Nord	10	9	7	7
	Nordost	7	8	7	17
	Ost	9	9	10	18
	Südost	14	9	14	37
	Süd	14	8	18	11
	Südwest	19	13	15	5
	West	19	28	14	4
	Nordwest	8	16	11	2
	Durchschnitt (Grad)	229	276	203	113
	Standardabw. aller Pixel (Grad)	63	60	65	43
Hangneigung (°)	absolutes Min	0	0	0	0
	absolutes Max	45	47	58	30
	durchschnittliches Min	3	4	5	6
	durchschnittliches Max	30	27	27	26
	Range	26	23	22	20
	Standardabw. pro Buckelwiese	4	4	4	3
	Standardabw. aller Buckelwiesen	4	5	6	7
	Durchschnitt	14	14	15	13
Kalkhaltig (%)	Ja	86	94	75	96
	Nein	14	6	25	4

Tabelle 6: Statistische Auswertungen des gesamten Untersuchungsgebietes nach Lageparametern

Die Anzahl gibt die Fallzahl der pro Buckelwiesenkategorie kartierten Buckelwiesen an. Während des Geländeaufenthaltes konnten dabei 26 gesicherte Buckelwiesen gefunden werden. Mit 124 wahrscheinlichen und 383 möglichen Buckelwiesen weisen die beiden Kategorien naturgemäß die höchsten Fallzahlen auf. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Anzahl der möglichen Buckelwiesen größer ist, als die Summe der Fallzahlen der anderen drei Buckelwiesenkategorien. Der Kategorie planierte Buckelwiesen wurden lediglich fünf Flächen zugerechnet.

7.3.1. Fläche

Die durchschnittlichen Flächengrößen der Buckelwiesen variieren stark, je nach Kategorie (siehe Tab. 6). Die größten Flächen weisen die gesicherten und planierten Buckelwiesen mit 37411 m² bzw. 24843 m² auf, während vor allem die möglichen gebuckelten Flächen im Durchschnitt mit 8331 m² deutlich kleiner sind. Hierbei sei noch einmal auf die deutlich geringeren Fallzahlen der gesicherten und planierten Buckelwiesen hingewiesen.

Die Standardabweichungen der Flächengrößen weisen ebenfalls große Unterschiede zwischen den einzelnen Buckelwiesenkategorien auf. Die mit Abstand größte Standardabweichung mit rund 47000 m² lässt sich für die Kategorie der gesicherten Buckelwiesen feststellen. Werte von rund 30000 m² bzw. 27000 m² bei den planierten bzw. wahrscheinlichen Buckelwiesen zeigen ebenfalls hohe durchschnittliche Abweichungen vom Mittelwert. Allgemein lässt sich festhalten, dass alle Buckelwiesenkategorien deutlich unterschiedlich große Buckelwiesenareale aufweisen. Diese Unterschiede sind so deutlich ausgeprägt, dass die Standardabweichungen der Buckelwiesen sogar höher sind als die durchschnittlichen Flächengrößen.

7.3.2. Seehöhen

Die absoluten Minima und Maxima der Seehöhen der gefundenen Buckelwiesen weisen zwischen den verschiedenen Kategorien ebenfalls größere Unterschiede auf (siehe Tab. 6). Den möglichen Buckelwiesen konnte ein Areal auf einer Seehöhe von nur 801 m über Normalnull zugerechnet werden, während die höchst gelegene Buckelwiese bis auf 2317 m reicht. Die am tiefsten situierten gebuckelten Areale der gesicherten und wahrscheinlichen Flächen befinden sich auf 1678 m bzw. 1341 m und erreichen höchstens 2019 m bzw. 2130 m. Somit wurden keine Buckelwiesenstandorte über den rezenten und postglazialen Waldgrenzen in Südtirol gefunden (mehr dazu siehe Kapitel 3.5 und 5.2.1).

Die durchschnittlichen minimalen Seehöhen aller Buckelwiesen liegen für die vier Kategorien meist um 1800 m, nur die planierten Flächen weisen etwas geringere Werte auf. Gleiches gilt für die durchschnittlichen Maxima der Seehöhen, welche sich um etwa 1830 m bewegen, wobei die planierten Areale wieder niedrigere Werte aufweisen. Die durchschnittliche Höhererstreckung der Buckelwiesen (Range) pro Kategorie variiert zwischen 50 m bei den Gesicherten und 28 m bei den möglichen Buckelwiesen. Relativ ähnliche Werte der

verschiedenen Buckelwiesenkategorien weisen die Standardabweichungen pro Buckelwiese auf, die zwischen 7 m bei den möglichen und 12 m bei den gesicherten Flächen liegen.

Betrachtet man die Standardabweichungen bezogen auf den Mittelwert über alle Buckelwiesen einer Kategorie, so lassen sich schon deutlichere Unterschiede erkennen. Die geringsten Werte treten dabei mit 79 m bzw. 157 m bei den gesicherten und wahrscheinlichen Buckelwiesen auf, wohingegen die möglichen und planierten Wiesen Abweichungen von 196 m bzw. 357 m aufweisen. Die durchschnittlichen Seehöhen pro Buckelwiesen (gemittelt wieder pro Buckelwiesenkategorie) liegen um etwa 1800 m, wobei die planierten Flächen mit einem Mittelwert von 1689 m etwas davon abweichen.

Die Buckelwiesendichte pro Quadratkilometer, aufgesplittert nach den 15 Seehöhenkategorien (siehe Abb. 33 und Tab. 7) ergibt für alle Buckelwiesenkategorien die höchsten Werte für Seehöhen zwischen 1800 und 2000 m. Dabei lassen sich für mögliche bzw. wahrscheinliche Buckelwiesen Zahlen von 0,64 bzw. 0,24 Buckelwiesen/km² berechnen. Deutlich geringer fallen die Werte mit 0,05 bzw. 0,02 Buckelwiesen/km² für gesicherte und planierte Areale aus, da auch die Anzahl der kartierten Wiesen deutlich geringer ist. Höhenlagen zwischen 1600 und 1800 m weisen ebenfalls noch vermehrt Buckelwiesen auf. So liegen die Dichtewerte für gesicherte, wahrscheinliche und mögliche Buckelwiesen bei 0,05; 0,14 bzw. 0,46 gebuckelten Areale pro Quadratkilometer. Den Großteil der anderen Seehöhenkategorien konnten allerdings keine Buckelwiesen zugerechnet werden. Nennenswerte Anteile an möglichen Buckelwiesen pro Quadratkilometer mit Werten von 0,16 und 0,29 lassen sich nur mehr für Höhenlagen zwischen 1400 und 1600 m bzw. 2000 und 2200 m nachweisen. Etwas davon abweichend zeigen sich die planierten Buckelwiesen, die zwar die höchsten Buckelwiesendichten/km² ebenfalls zwischen 1800 und 2000 m aufweisen, allerdings gibt es auch zwischen 1000 und 1200 m gebuckelte Areale. Mit Werten von 0,01 bzw. 0,02 Wiesen pro Quadratkilometer ist ihr Anteil allerdings recht gering.

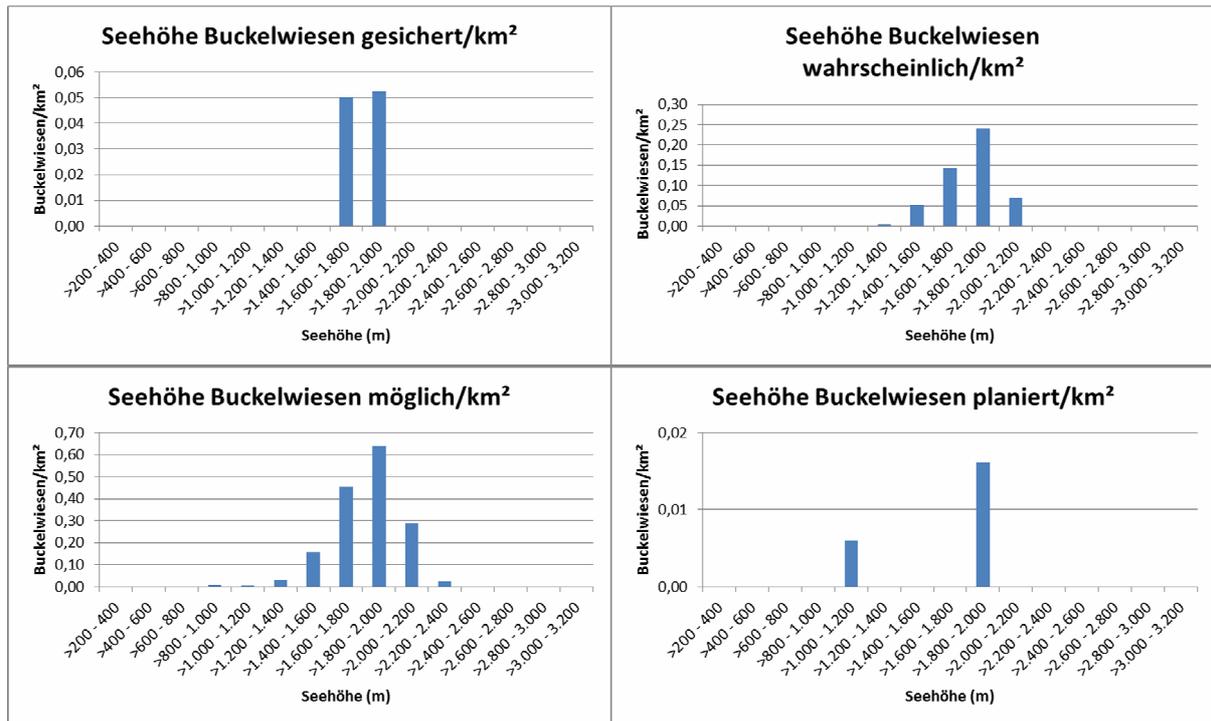


Abbildung 33: Anzahl der Buckelwiesen pro km² und Seehöhe

Anzahl Buckelwiesen/km²				
Seehöhe (m)	gesichert	wahrscheinlich	möglich	planiert
>200 - 400	0,00	0,00	0,00	0,00
>400 - 600	0,00	0,00	0,00	0,00
>600 - 800	0,00	0,00	0,00	0,00
>800 - 1.000	0,00	0,00	0,01	0,00
>1.000 - 1.200	0,00	0,00	0,01	0,01
>1.200 - 1.400	0,00	0,00	0,03	0,00
>1.400 - 1.600	0,00	0,05	0,16	0,00
>1.600 - 1.800	0,05	0,14	0,46	0,00
>1.800 - 2.000	0,05	0,24	0,64	0,02
>2.000 - 2.200	0,00	0,07	0,29	0,00
>2.200 - 2.400	0,00	0,00	0,02	0,00
>2.400 - 2.600	0,00	0,00	0,00	0,00
>2.600 - 2.800	0,00	0,00	0,00	0,00
>2.800 - 3.000	0,00	0,00	0,00	0,00
>3.000 - 3.200	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabelle 7: Anzahl der Buckelwiesen pro km² und Seehöhe

Die Berechnungen der Frequency ratio für die verschiedenen Seehöhenkategorien ergaben ebenfalls ein recht einheitliches Bild (siehe Abb. 34 und Tab. 8). So lassen sich vor allem für Höhen zwischen >1800–2000 m für alle Buckelwiesenkategorien die höchsten Werte der Frequency ratio ermitteln, die für alle Kategorien deutlich über dem Wert 1 liegen. Mit größerem Abstand zu den anderen Höhenklassen befinden sich in diesem Bereich die meisten Buckelwiesenpixel. Diese Gebiete weisen im Vergleich zum gesamten Untersuchungsgebiet einen deutlich erhöhten Anteil an Buckelwiesen auf. Gleiches lässt sich auch für die

Höhenklassen zwischen >1600–1800 m und >2000–2200 m für die Kategorien der gesicherten, wahrscheinlichen und möglichen Buckelwiesen feststellen. Die nächsthöheren und niedrigeren Höhenbereiche weisen dagegen, unterschiedlich je nach Buckelwiesenkategorie, deutlich geringere Buckelwiesenanteile auf. Die Höhenbereiche, die unter 1600 m bzw. über 2200 m liegen, sind fast zur Gänze frei von gebuckelten Arealen. Mit Hilfe der Tabelle 9 bekommt man einen Überblick über die Prozentanteile der Seehöhenklassen an den unterschiedlichen Buckelwiesenkategorien und am gesamten Untersuchungsgebiet. Wieder lassen sich die bevorzugten Höhenlagen von Buckelwiesen zwischen 1600–2000 m erkennen. Abweichend davon präsentieren sich die relativen Zahlen der Höhenbereiche für das gesamte Untersuchungsgebiet. So befindet sich ein Großteil der Südtiroler Dolomiten in Höhenlagen zwischen 1000-2200 m, wobei sich der tiefste Punkt des Untersuchungsgebiets in einer Höhenlage zwischen 200–400 m und der höchste über 3000 m befindet. Obwohl also ein recht breit gestreutes Höhenspektrum vorhanden ist, konzentrieren sich die meisten Buckelwiesen nur auf die weiter oben bereits mehrmals erwähnten Höhenlagen.

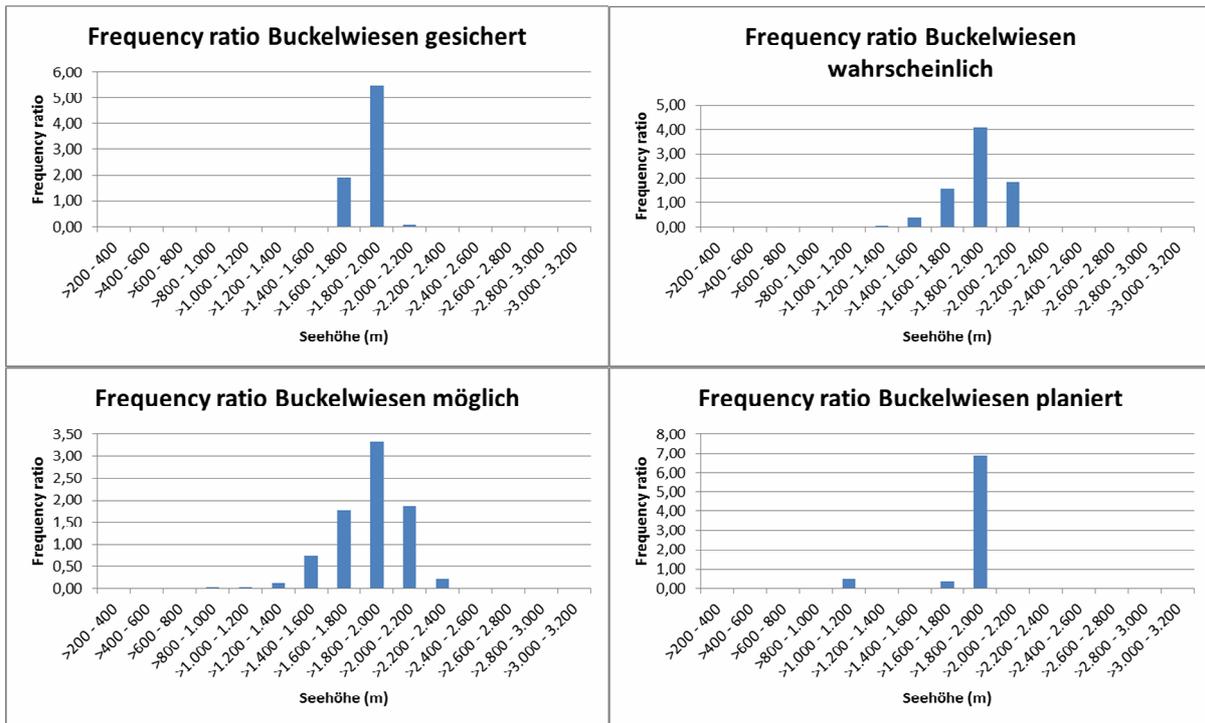


Abbildung 34: Frequency ratios der Seehöhen der Buckelwiesen

Frequency ratio Seehöhe der Buckelwiesen				
Seehöhe (m)	gesichert	wahrscheinlich	möglich	planiert
>200 - 400	0,00	0,00	0,00	0,00
>400 - 600	0,00	0,00	0,00	0,00
>600 - 800	0,00	0,00	0,00	0,00
>800 - 1.000	0,00	0,00	0,02	0,00
>1.000 - 1.200	0,00	0,00	0,01	0,49
>1.200 - 1.400	0,00	0,01	0,12	0,00
>1.400 - 1.600	0,00	0,39	0,73	0,00
>1.600 - 1.800	1,92	1,59	1,77	0,33
>1.800 - 2.000	5,50	4,10	3,32	6,88
>2.000 - 2.200	0,09	1,84	1,86	0,00
>2.200 - 2.400	0,00	0,00	0,20	0,00
>2.400 - 2.600	0,00	0,00	0,00	0,00
>2.600 - 2.800	0,00	0,00	0,00	0,00
>2.800 - 3.000	0,00	0,00	0,00	0,00
>3.000 - 3.200	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabelle 8: Frequency ratio der Seehöhe der Buckelwiesen

Prozentanteil der Seehöhen					
Seehöhe (m)	Buckelwiesen gesichert	Buckelwiesen wahrscheinlich	Buckelwiesen möglich	Buckelwiesen planiert	gesamtes Gebiet
>200 - 400	0,00	0,00	0,00	0,00	3,16
>400 - 600	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75
>600 - 800	0,00	0,00	0,00	0,00	3,19
>800 - 1.000	0,00	0,00	0,15	0,00	6,53
>1.000 - 1.200	0,00	0,00	0,05	4,40	8,97
>1.200 - 1.400	0,00	0,08	1,50	0,00	12,67
>1.400 - 1.600	0,00	5,24	9,85	0,00	13,48
>1.600 - 1.800	26,41	21,87	24,35	4,53	13,79
>1.800 - 2.000	72,73	54,29	43,96	91,07	13,23
>2.000 - 2.200	0,86	18,52	18,69	0,00	10,04
>2.200 - 2.400	0,00	0,00	1,44	0,00	7,13
>2.400 - 2.600	0,00	0,00	0,00	0,00	4,10
>2.600 - 2.800	0,00	0,00	0,00	0,00	1,49
>2.800 - 3.000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
>3.000 - 3.200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03

Tabelle 9: Prozentanteil der Seehöhen der Buckelwiesen und des gesamten Untersuchungsgebiets

7.3.3. Expositionen

Die Auswertung der Expositionen (siehe Tab. 6 und auch Abb. 35) nach den einzelnen Kategorien ergab ein differenziertes, nicht einheitliches Bild. Beispielsweise weisen die Expositionen der gesicherten Buckelwiesen im Südwest- und Westsektor die höchsten Relativanteile (Auswertung aller Pixel pro Buckelwiese) auf, während bei den wahrscheinlichen Buckelwiesen die größten Anteile hauptsächlich im Westsektor liegen. Die südlichen Expositionen treten, im Vergleich zu anderen Richtungen, bei den möglichen Buckelwiesenstandorten gehäuft auf, während planierte Buckelwiesen vor allem südöstliche Expositionen aufweisen. Ein für alle vier Kategorien einheitliches Bild lässt sich lediglich für die unterrepräsentierten Nord- bis Nordost- und teilweise auch für den Ostsektor feststellen. Zusätzlich zu den vier verschiedenen Buckelwiesenkategorien wurde zwecks der statistischen Überprüfung der Daten auch noch eine 5. Kategorie erstellt, welche die gesicherten, wahrscheinlichen und planierten Buckelwiesen umfasst (siehe Kapitel 7.4). Hierbei zeigt sich ein leicht erhöhter Anteil der Buckelwiesenpixel im Westsektor, sonst sind die Buckelwiesenareale eher gleichmäßig über alle Expositionsrichtungen mit etwas geringerer Pixelanzahl im Nord bis Ostsektor, verteilt (siehe Tab. 6 und Abb. 35).

Die Berechnungen der durchschnittlichen Expositionsrichtungen (siehe Tab. 6) ergaben eher einheitlichere Werte für die verschiedenen Buckelwiesenkategorien zwischen 203 und 276°, was somit südwestlichen bis westlichen Expositionsrichtungen entspricht. Deutliche Abweichungen davon weisen wiederum nur die planierten Buckelwiesen auf. Hierbei liegt der Durchschnittswert bei 113° und entspricht somit einer ostsüdöstlichen Expositionsrichtung. Die Standardabweichungen liegen einheitlich für alle Kategorien bei 60°, nur die planierten Wiesen weisen eine geringere Abweichung von 43° auf. Verantwortlich dafür zeichnet sich der erhöhte Anteil an Buckelwiesenpixel, die nach Südosten geneigt sind, aus. Im Gegensatz dazu sind die möglichen Buckelwiesenareale gleichmäßiger über alle Expositionsrichtungen verteilt, was sich in einer höheren Standardabweichung vom Mittelwert mit 65° widerspiegelt.

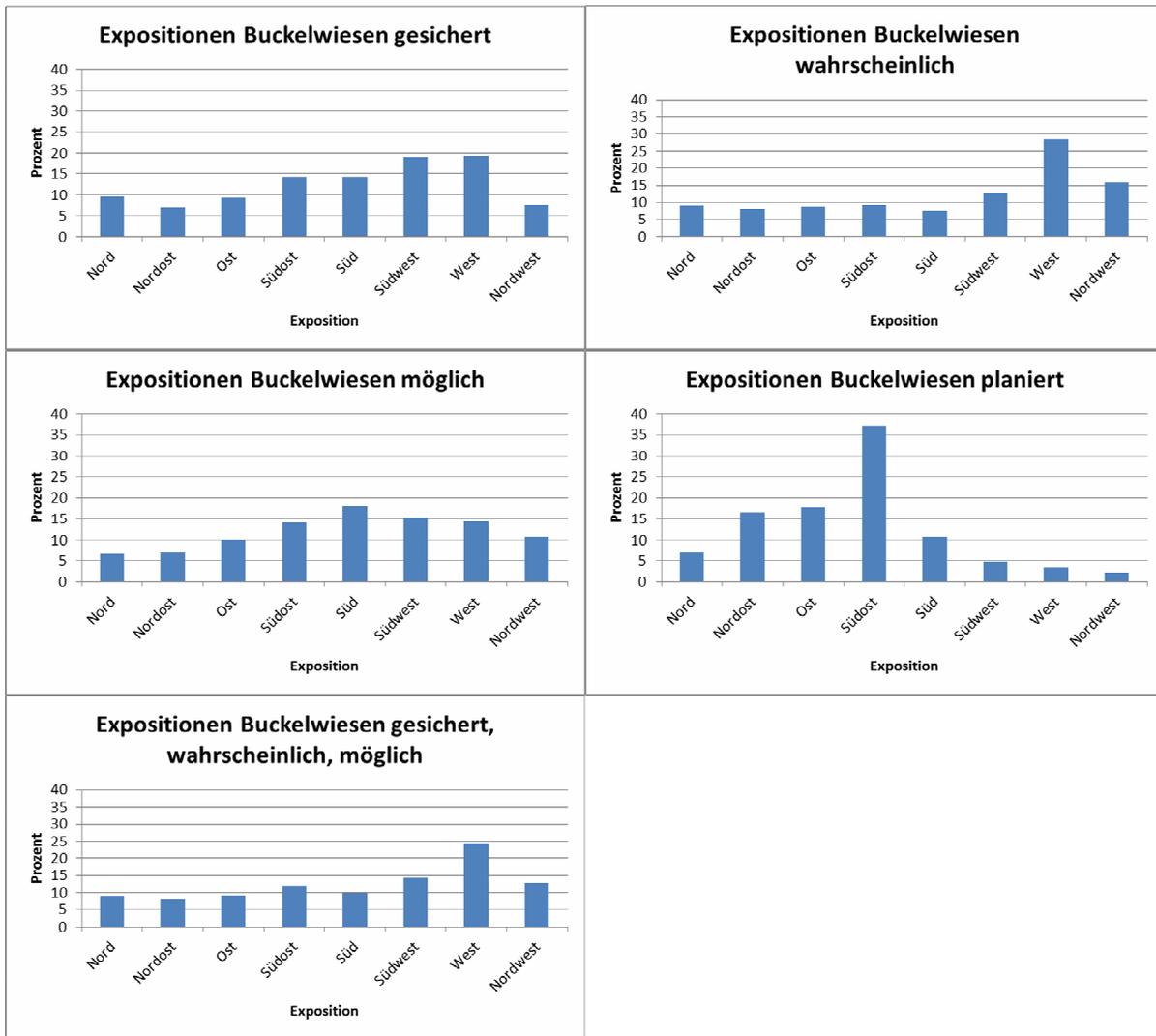


Abbildung 35: Relativanteil der Expositionsrichtungen der verschiedenen Buckelwiesenkategorien

Naturgemäß ergaben sich für die Buckelwiesenkategorien mit den höchsten Buckelwiesenanzahlen auch die größten Buckelwiesendichten pro Quadratkilometer (siehe Abb. 36 und Tab. 10). Nichtsdestotrotz lassen sich auch für die weniger populationstarken Kategorien, beispielsweise die gesicherten Buckelwiesen, bevorzugte Expositionsrichtungen erkennen. Teilweise weichen die Ergebnisse in Bezug zu den relativen Buckelwiesenanteilen deutlich voneinander ab. So fällt bei den gesicherten Buckelwiesen auf, dass vor allem im Westsektor gehäuft Buckelwiesen auftreten (höhere Buckelwiesendichte pro Quadratkilometer als auf anderen Hangexpositionen). Die Berechnung der Frequency ratio (siehe Abb. 37 und Tab. 11) ergibt dagegen für diese Kategorie, dass die meisten Buckelwiesen auf Südwesthängen auftreten. Die Kategorie wahrscheinliche Buckelwiesen weist im Südostsektor die höchste Buckelwiesendichte auf, wohingegen die Berechnung des relativen Anteils an allen Expositionsrichtungen vor allem für den Westsektor eine höhere

Prozentanzahl an Buckelwiesen ergibt. Diesem Ergebnis entspricht auch die Berechnung der Frequency ratio, die im Westsektor sogar einen Wert von 2 erreicht.

Die Auswertung der Expositionsrichtungen der Kategorie der möglichen Buckelwiesen ergibt dagegen einheitlich für süd- bis südöstlich gelegene Hangexpositionen einen erhöhten Anteil an Buckelwiesen. Vor allem für nord- bis nordöstlich exponierte Hänge ergeben die Berechnungen der Buckelwiesendichte pro Quadratkilometer und auch der Frequency ratio die geringsten Werte. Aufgrund der geringen Anzahl an planierten Buckelwiesen konnte für diese Kategorie nur für bestimmte Expositionsrichtungen eine Buckelwiesendichte pro Quadratkilometer berechnet werden (gleiches gilt teilweise auch für die gesicherten Buckelwiesen). So ergibt sich für den Westsektor noch die höchste Buckelwiesendichte, während die Kalkulationen der Frequency ratio vor allem südöstlich gelegene Expositionsrichtungen als „Buckelwiesenhotspot“ favorisieren. Fasst man die Kategorien der gesicherten, wahrscheinlichen und planierten Buckelwiesen zusammen, so ergeben sich ähnliche Auswertungen wie für die Kategorie der wahrscheinlichen Buckelwiesen.

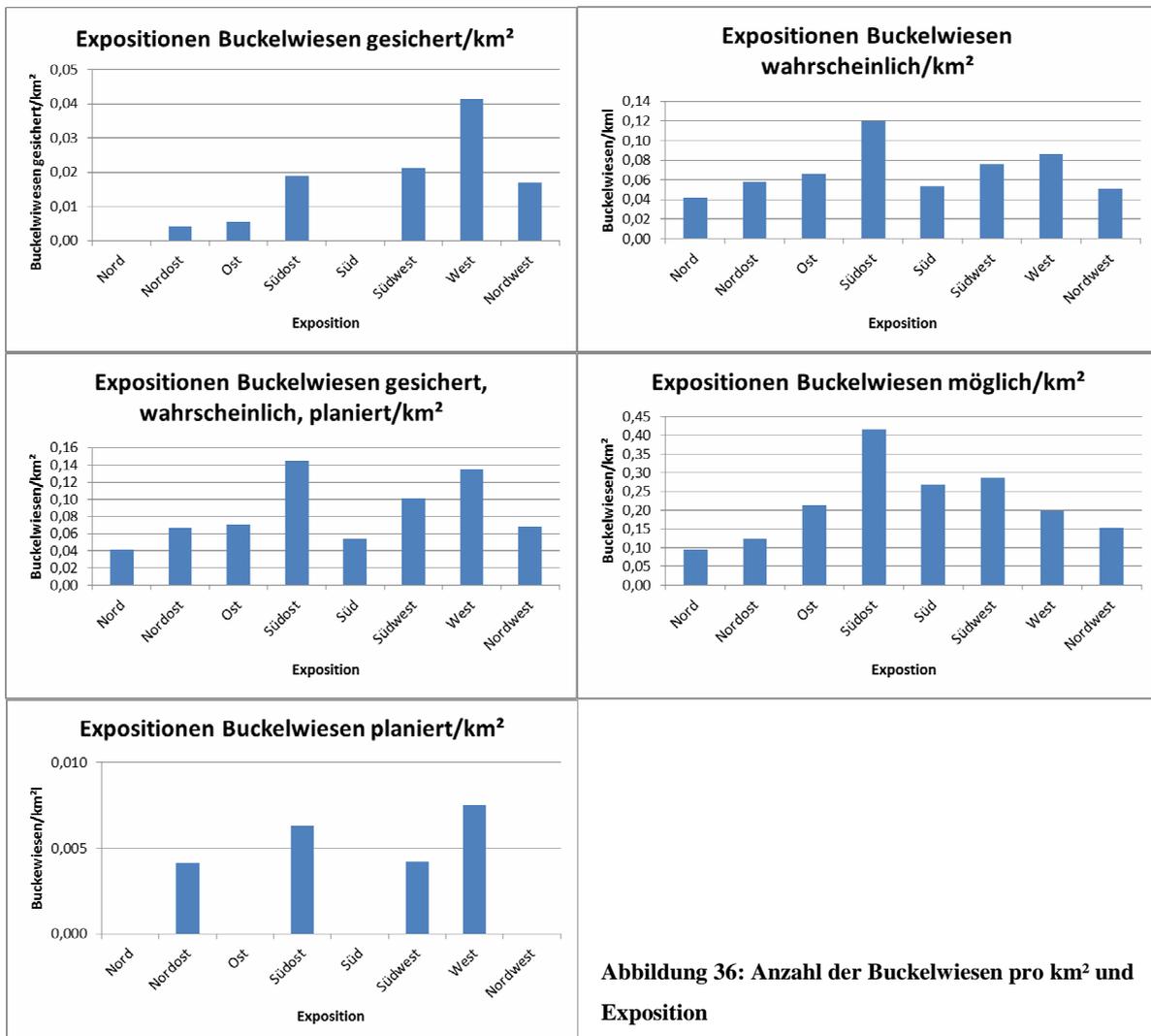


Abbildung 36: Anzahl der Buckelwiesen pro km² und Exposition

Anzahl Buckelwiesen/km ²					
	gesichert	wahrscheinlich	möglich	planiert	gesichert wahrscheinlich planiert
Nord	0,00	0,04	0,09	0,00	0,04
Nordost	0,00	0,06	0,12	0,00	0,07
Ost	0,01	0,07	0,21	0,00	0,07
Südost	0,02	0,12	0,42	0,01	0,14
Süd	0,00	0,05	0,27	0,00	0,05
Südwest	0,02	0,08	0,29	0,00	0,10
West	0,04	0,09	0,20	0,01	0,14
Nordwest	0,02	0,05	0,15	0,00	0,07

Tabelle 10: Anzahl der Buckelwiesen pro km² und Exposition

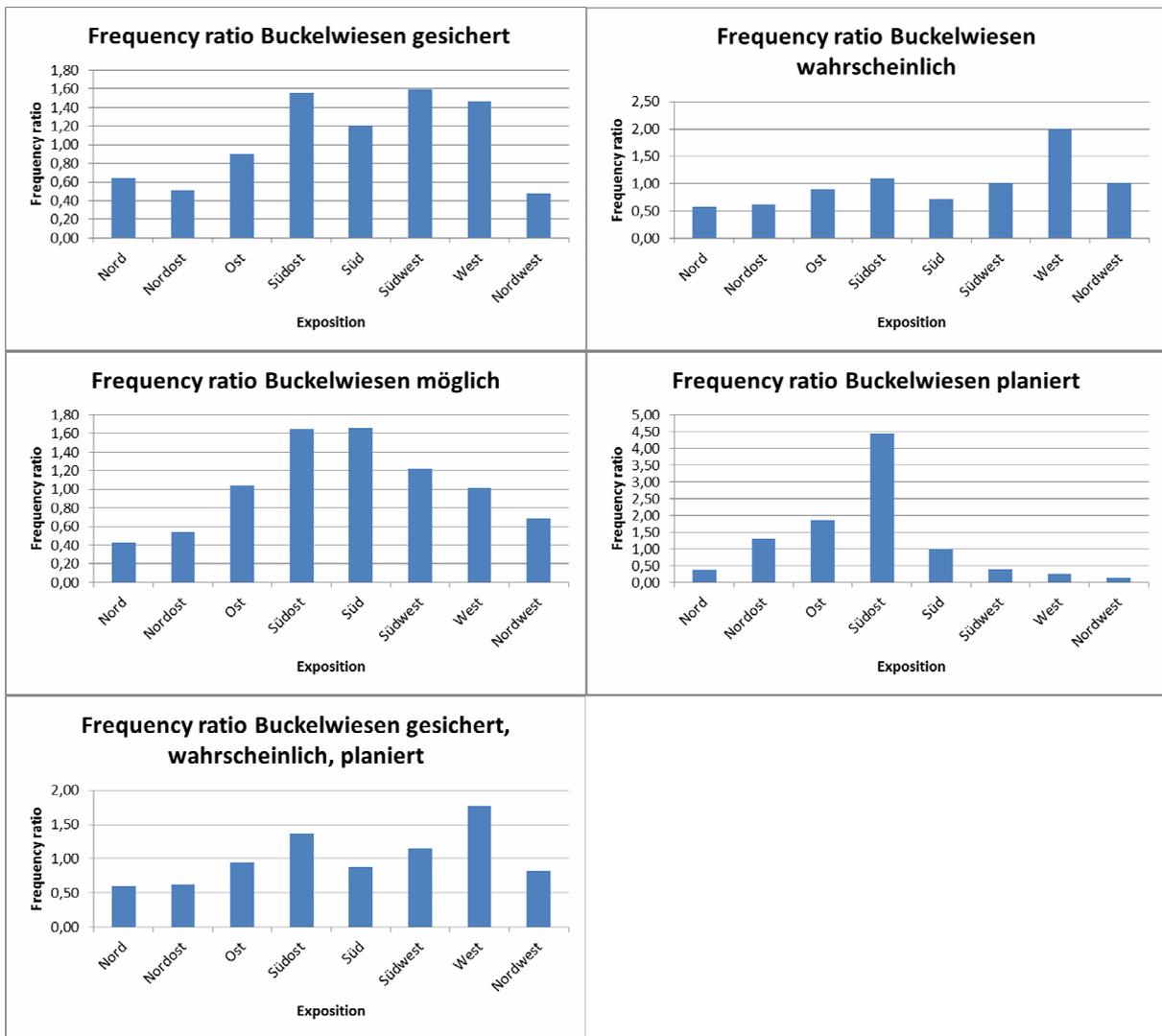


Abbildung 37: Frequency ratios der Expositionen der Buckelwiesen

Frequency ratio Expositionen der Buckelwiesen					
	gesichert	wahrscheinlich	möglich	planiert	gesichert, wahrscheinlich, planiert
Nord	0,64	0,58	0,43	0,37	0,59
Nordost	0,51	0,62	0,54	1,31	0,61
Ost	0,90	0,90	1,04	1,85	0,94
Südost	1,56	1,10	1,65	4,44	1,37
Süd	1,21	0,71	1,66	1,00	0,87
Südwest	1,59	1,01	1,22	0,38	1,16
West	1,47	2,00	1,02	0,26	1,77
Nordwest	0,47	1,02	0,69	0,14	0,82

Tabelle 11: Frequency ratio der Expositionen der Buckelwiesen

7.3.4. Hangneigungen

Anders als bei den Expositionen gibt es bezüglich der Hangneigungen zwischen den verschiedenen Buckelwiesenkategorien mehr Gemeinsamkeiten (siehe Tab. 6). Die absoluten Minima der Neigungen liegen bei allen Kategorien naturgemäß bei 0° , während die absoluten Maxima zwischen 30° bei den Planierten und 58° bei den möglichen Buckelwiesen relativ hohe Werte erreichen. Allerdings konnten manche gebuckelte Flächen aufgrund von Abgrenzungsproblemen zwischen Buckelwiesen und steilen Hängen nicht detailliert genug kartiert werden und möglicherweise wurden angrenzende, steile Hangpartien fälschlicherweise als Buckelwiesen kartiert. Betrachtet man die durchschnittlichen Maxima der Neigungen gemittelt für alle Buckelwiesen pro Kategorie, erhält man deutlich geringere Werte zwischen 26° und 30° . Die durchschnittlichen Hangneigungsminima liegen für alle Buckelwiesenkategorien einheitlich bei 4° bis 6° und das durchschnittliche Hangneigungsspektrum (Range) ergibt je nach Buckelwiesenkategorie Werte von 20 bis 26° . Ein überaus einheitliches Bild zeigt sich über alle Kategorien bei den Standardabweichungen. Sowohl die gemittelten Werte der Standardabweichung pro Buckelwiese, welche sich zwischen 3° und 4 befinden, als auch diejenigen aller Buckelwiesen, die einen Bereich von 4° bis 7° umfassen, weisen nur recht kleine Unterschiede auf. Ähnliche Ergebnisse liefern auch die Berechnungen der durchschnittlichen Hangneigungen pro Buckelwiese für alle Buckelwiesenkategorien, die im Bereich von 13° bis 15° liegen. Bezüglich der Hangneigungen lassen sich also zum Großteil sehr ähnliche Lageparameter für die verschiedenen Buckelwiesen feststellen.

Bei der Betrachtung der Anzahl der Buckelwiesen pro Quadratkilometer (siehe Abb. 38 und Tab. 12) fällt sofort auch auf, dass bei Hangneigungen zwischen 10° und 20° bei den meisten

Buckelwiesenkategorien die höchsten Buckelwiesendichten auftreten. So liegen die Werte bei den möglichen bzw. wahrscheinlichen Buckelwiesen für diesen Bereich bei 0,5 bzw. 0,19 gebuckelten Arealen pro Quadratkilometer. Davon weichen lediglich die planierten Buckelwiesen ab, die im Bereich von 0-10° die höchsten Dichtewerte aufweisen. Ebenfalls hohe Werte lassen sich für denselben Hangneigungsbereich für die anderen Buckelwiesenkategorien berechnen. Je steiler die Hänge geneigt sind, desto geringer fallen auch die berechneten Dichtewerte aus. Im Bereich zwischen 30 und 40° Neigung lassen sich nur mehr für die auf den Orthophotos als mögliche Buckelwiesen identifizierte Objekte eine geringe Buckelwiesendichte von 0,02 Buckelwiesen pro Quadratkilometer feststellen. Alle anderen noch stärker geneigten Hänge weisen keine Buckelwiesen auf.

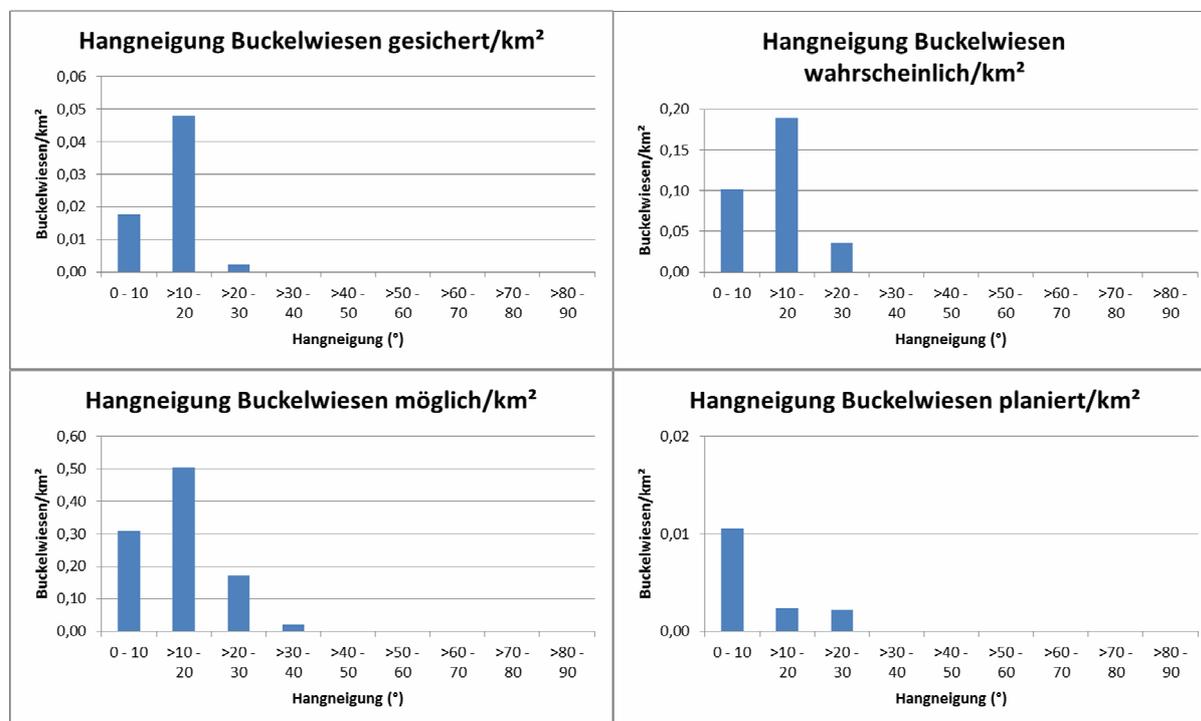


Abbildung 38: Anzahl der Buckelwiesen pro km² und Hangneigung

Anzahl Buckelwiesen/km²				
Grad	gesichert	wahrscheinlich	möglich	planiert
0 - 10	0,02	0,10	0,31	0,01
>10 - 20	0,05	0,19	0,50	0,00
>20 - 30	0,00	0,04	0,17	0,00
>30 - 40	0,00	0,00	0,02	0,00
>40 - 50	0,00	0,00	0,00	0,00
>50 - 60	0,00	0,00	0,00	0,00
>60 - 70	0,00	0,00	0,00	0,00
>70 - 80	0,00	0,00	0,00	0,00
>80 - 90	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabelle 12: Anzahl der Buckelwiesen pro km² und Hangneigung

Die Verteilung der Frequency ratio für die verschiedenen Buckelwiesenkategorien (siehe Abb. 39 und Tab. 13) sieht ebenfalls recht ähnlich aus. Die höchsten Anteile an Buckelwiesen weisen Hänge mit Neigungen zwischen $0-10^\circ$ und $>10-20^\circ$ auf. Stärker geneigte Hänge zwischen $>20-30^\circ$ können zumindest noch mit einer Frequency ratio zwischen 0,52 und 0,89 aufwarten. Allerdings weisen diese beiden Zahlen, die unter dem Wert 1 liegen, auf einen geringen Buckelwiesenflächenanteil in Bezug zur Gesamtfläche der verschiedenen Hangneigungsklassen hin. Ein Wert von 1 würde eine Buckelwiesenverteilung, die exakt der Hangneigungsverteilung des gesamten Untersuchungsgebietes entspricht, bedeuten (siehe Kap 5.4.15). Anders ausgedrückt würde die relative Verteilung genau derjenigen des gesamten Untersuchungsgebietes, aufgeschlüsselt nach den angegebenen Hangneigungsklassen, entsprechen. Auf noch stärker geneigten Flächen kommen kaum Buckelwiesen vor. Die wenigen Buckelwiesen, die auf diesen Hängen kartiert wurden, könnten auf diverse Probleme bei der Buckelwiesenidentifizierung auf den Orthophotos zurück zu führen sein (siehe Kap. 7.1.1). Probleme bei der Buckelwiesenidentifizierung). Auffallend im Vergleich zwischen der Frequency ratio und der Buckelwiesendichte pro Quadratkilometer ist die Verteilung der gesicherten Buckelwiesen. So ist die Buckelwiesendichte pro Quadratkilometer im Bereich von $>10-20^\circ$ deutlich höher als im Bereich von $0-10^\circ$, wohingegen die Frequency ratio in beiden angegebenen Neigungsbereichen hoch ist. Dies ist auf die unterschiedlichen Berechnungsmethoden der beiden Zahlen zurück zu führen.

Anhand der Tabelle 14 lassen sich die Prozentanteile der Hangneigungen für die verschiedenen Buckelwiesenkategorien und auch für sämtliche Hänge im gesamten Untersuchungsgebiet ablesen. Deutlich wird dabei der Unterschied zwischen den Hangneigungen, die sich Hangneigungsklassen zwischen $0-10^\circ$, $>10-20^\circ$ und mit etwas geringerer Prozentanzahl zwischen $>20-30^\circ$ einordnen lassen. Die stärker geneigten Flächen weisen, wie schon durch die Auswertung der Buckelwiesendichte/km² und der Frequency ratio ersichtlich wurde, fast keine Buckelwiesen auf, obwohl beispielsweise doch 9,45% der Gesamtfläche zwischen >40 und 50° geneigt sind.

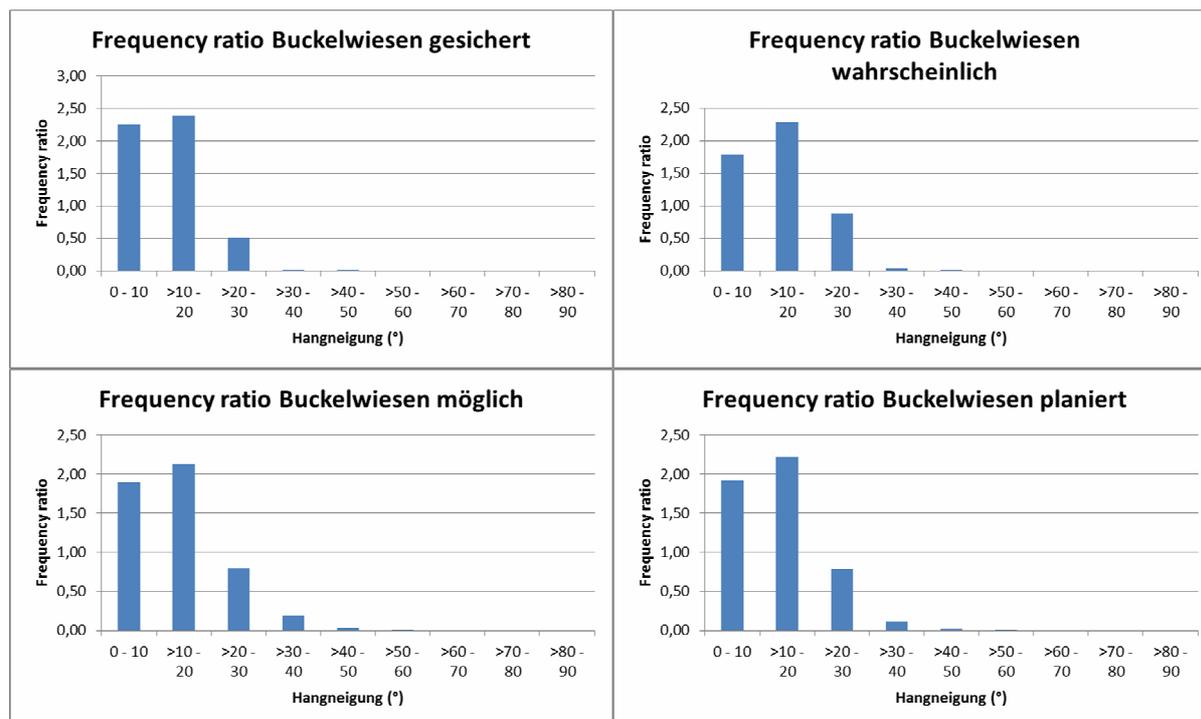


Abbildung 39: Frequency ratio der Hangneigungen der Buckelwiesen

Frequency ratio Hangneigungen der Buckelwiesen				
Grad	gesichert	wahrscheinlich	möglich	planiert
0 - 10	2,25	1,78	1,89	1,91
>10 - 20	2,39	2,28	2,13	2,22
>20 - 30	0,52	0,89	0,80	0,78
>30 - 40	0,01	0,04	0,20	0,12
>40 - 50	0,00	0,00	0,04	0,02
>50 - 60	0,00	0,00	0,01	0,00
>60 - 70	0,00	0,00	0,00	0,00
>70 - 80	0,00	0,00	0,00	0,00
>80 - 90	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabelle 13: Frequency ratio der Hangneigungen der Buckelwiesen

Hangneigungen in Prozent					
Neigung (°)	Buckelwiesen gesichert	Buckelwiesen wahrscheinlich	Buckelwiesen möglich	Buckelwiesen planiert	gesamtes Gebiet
0 - 10	34,32	27,15	28,82	29,10	15,22
>10 - 20	53,06	50,73	47,27	49,35	22,23
>20 - 30	12,33	21,10	19,01	18,69	23,82
>30 - 40	0,28	1,00	4,54	2,67	22,66
>40 - 50	0,01	0,01	0,35	0,18	9,45
>50 - 60	0,00	0,00	0,02	0,01	3,69
>60 - 70	0,00	0,00	0,00	0,00	1,91
>70 - 80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90
>80 - 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12

Tabelle 14: Prozentanteil der Hangneigungen der Buckelwiesen und des gesamten Untersuchungsgebiets

7.3.5. Kalkgehalt

Die Geologie der Südtiroler Dolomiten zeichnet sich durch einen hohen Anteil an dolomit- und kalkhaltigen Gesteinen aus (siehe Kap. 4.2). Dementsprechend ergab daher auch die Auswertung der geologischen Karte von Italien für die gesicherten, wahrscheinlichen und möglichen Buckelwiesenkategorien Kalkgehaltswerte von 86-97%, während sich der Anteil der kalkfreien Buckelwiesen nur zwischen 3-14% bewegt (siehe Tabelle 6 und Abb. 40). Differenzierter zeigt sich dagegen der Kalkgehaltanteil der möglichen Buckelwiesen, der bei 75% liegt, womit sich somit 25% aller möglichen Buckelwiesen laut der geologischen Karte von Italien über nicht verkarstungsfähigem Gestein gebildet haben. Allerdings sei an dieser Stelle auf die Dunkelziffer der fälschlicherweise als mögliche Buckelwiesen kartierten Flächen (siehe Kap. 7.1.1), sowie allgemein auf die Probleme der Bestimmung des Kalkgehaltes ohne direkte Messungen im Gelände, hingewiesen (siehe dazu Kap. 5.4.4).

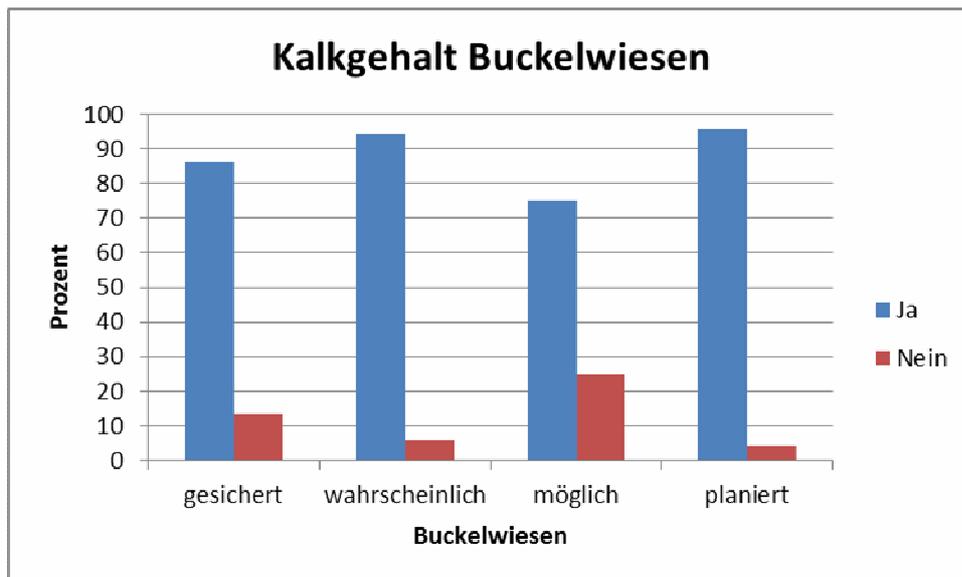


Abbildung 40: Kalkgehalt der Buckelwiesen

7.3.6. Auswertung der Lageparameter nach den Gebirgsgruppen

Im folgenden Abschnitt erfolgte eine Auswertung der statistischen Lageparameter aufgeschlüsselt nach den in Kapitel 4.1.1 definierten Gebirgsgruppen. Die

Tabelle 15: Statistische Auswertungen nach Gebirgsgruppen zeigt folgende Ergebnisse:

Gebirgsgruppe, Buckelwiesen		Gebirgs- gruppe	ge- sichert	wahr- scheinlich	mö- glich	pla- niert
Anzahl der kartierten Buckelwiesen		1	1	26	102	0
		2	3	52	162	1
		3	0	9	44	1
		4	22	37	75	3
Fläche (m ²)	Durchschnitt pro Buckelwiese	1	25491	10369	7761	0
		2	60135	13216	7325	52342
		3		16014	7972	5400
		4	34855	28854	11489	22158
	Standardabweichung	1		8541	9652	
		2	60041	17638	13879	
		3		12646	9756	
		4	47338	43886	16439	35230
Seehöhe (m)	Durchschnitt pro Buckelwiese	1	1895	1820	1856	
		2	1929	1826	1847	1914
		3		1727	1589	1055
		4	1779	1823	1821	1825
	Standardabweichung aller Buckelwiesen	1		169	188	
		2	22	169	184	
		3		140	160	
		4	64	131	162	21
Exposition (°)	Durchschnitt	1	253	152	162	
		2	10	277	172	62
		3		231	261	241
		4	217	287	269	145
	Standardabweichung aller Pixel	1	36	64	65	
		2	48	66	51	33
		3		51	59	55
		4	53	48	56	27
Hang- neigung (°)	Durchschnitt	1	13	14	14	
		2	13	14	16	9
		3		13	11	6
		4	14	14	15	17
	Standardabweichung aller Buckelwiesen	1		5	6	
		2	3	5	6	
		3		4	4	
		4	4	6	6	7
Kalkhaltig (%)	Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten	Ja	100	99	82	
		Nein	0	1	18	
	Grödner und Fassaner Dolomiten (nördlich vom Grödner Tal)	Ja	100	95	54	100
		Nein	0	5	46	0
	Fleimstaler Alpen	Ja		34	77	0
		Nein		66	23	100
	Grödner und Fassaner Dolomiten (südlich vom Grödner Tal)	Ja	83	97	96	100
		Nein	17	3	4	0

Tabelle 15: Statistische Auswertungen nach Gebirgsgruppen (1 = Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten, 2 = Grödner und Fassaner Dolomiten (nördlich vom Grödner Tal), 3 = Fleimstaler Alpen, 4 = Grödner und Fassaner Dolomiten (südlich vom Grödner Tal))

Die Anzahl der kartierten Buckelwiesen unterliegt je nach Kategorie und Gebirgsgruppe größeren Schwankungen und wird in der Tabelle 15 dargestellt. Dabei konnten in den Fleimstaler Alpen keine Gesicherten, sowie in den Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten keine planierten Buckelwiesen gefunden werden. Mit jeweils nur einer planierten bzw. gesicherten Buckelwiese in mehreren Gebirgsgruppen sind die statistischen Auswertungsmöglichkeiten begrenzt. Die angegebenen Zahlen stellen in diesen Fällen nur die Werte für die jeweilige Buckelwiese dar und sind somit in Hinblick auf allgemein gültige Aussagen über Buckelwiesen in der jeweiligen Gebirgsgruppe als kritisch zu betrachten. Die Berechnung der Standardabweichungen war in diesen Fällen nicht möglich, da zumindest die Werte von zwei Buckelwiesen pro Gebirgsgruppe und Kategorie vorhanden hätten sein müssen um zu einem Ergebnis zu gelangen. Die wahrscheinlichen und möglichen Buckelwiesen weisen dagegen in allen Gebirgsgruppen ausreichende Fallzahlen zur Berechnung der in der Tabelle 15 dargestellten statistischen Lageparameter auf. So konnten beispielsweise den Grödner und Fassaner Dolomiten (nördlich vom Grödner Tal) 52 Wahrscheinliche und 162 mögliche Buckelwiesen zugeordnet werden.

Die durchschnittlichen Flächengrößen der Buckelwiesen weisen je nach Kategorie und Gebirgsgruppe auf den ersten Blick tendenziell eher wenige Gemeinsamkeiten auf. Allerdings gibt es hinsichtlich der wahrscheinlichen und möglichen Buckelwiesen dahingehend eine Einigkeit, dass sich in Bezug zu den anderen Gebirgsgruppen die größten durchschnittlichen Flächengrößen mit 16014 m² bzw. 7972 m² in den Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal auffinden lassen. Über alle Gebirgsgruppen betrachtet weisen die gesicherten Buckelwiesen im Vergleich zu den anderen Buckelwiesenkategorien die größten durchschnittlichen Flächenareale auf. Auffallend ist auch, dass bei den möglichen Buckelwiesen die durchschnittlichen Flächengrößen in den meisten Gebirgsgruppen zwischen 7325 m² und 7972 m² liegen und somit ähnliche Werte aufweisen. Deutlich davon abweichende Arealgrößen gibt es dagegen in den Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal mit Durchschnittswerten von 11489 m².

Noch größere Unterschiede zwischen den Buckelwiesenkategorien und den Gebirgsgruppen gibt es in hinsichtlich der Standardabweichungen der Flächengrößen. Die größten Standardabweichungen der wahrscheinlichen und möglichen Buckelwiesen lassen sich mit Werten von 43886 m² bzw. 16439 m² wieder in den Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal feststellen. Ebenfalls hohe Standardabweichungen weisen die Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal auf. Die geringsten Abweichungen mit 8541

m² bei den Wahrscheinlichen und 9652 m² bei den möglichen Buckelwiesen lassen sich in den Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten feststellen. Insgesamt lässt sich somit festhalten, dass die Flächengrößen der Buckelwiesen im Vergleich zwischen den unterschiedlichen Buckelwiesenkategorien und Gebirgsgruppen eine große Heterogenität aufweisen.

In Bezug auf die Seehöhen lassen sich zwischen den verschiedenen Gebirgsgruppen und Buckelwiesenkategorien deutlich mehr Gemeinsamkeiten als bei den Flächengrößen finden. Die Bandbreite der durchschnittlichen Seehöhen für die meisten Buckelwiesenkategorien liegt bei den gesicherten Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal zwischen 1779 m und 1929 m. Bei den anderen Kategorien und Gebirgsgruppen liegen die Werte zwischen den soeben genannten Zahlen, nur die Fleimstaler Alpen weisen über alle Buckelwiesenkategorien etwas geringere Seehöhen auf. Hierbei sollte erwähnt werden, dass diese Gebirgsgruppe allgemein niedrigere Höhenlagen als die weiter nördlich und nordöstlich gelegenen Gebirge erreicht.

Die Standardabweichungen sind auch recht einheitlich und bewegen sich zwischen 131 m und 169 m bei den wahrscheinlichen Buckelwiesen sowie 160 m und 188 m bei den möglichen gebuckelten Arealen. Deutlich geringere Abweichungen weisen die gesicherten Buckelwiesen auf, allerdings gibt es nur im Bereich der Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal eine ausreichend hohe Fallzahl um die Ergebnisse als repräsentativ für die jeweilige Gebirgsgruppe betrachten zu können. Eine Standardabweichung von nur 21 m weisen die während des Geländeaufenthaltes kartierten, gesicherten Buckelwiesen im Bereich der Glatsch Alm in der Gebirgsgruppe der Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal, auf. Dieser geringe Wert lässt sich auf die geringen geographischen Abstände zueinander und dadurch bedingte ähnliche Höhenlagen der Buckelwiesen zurückführen.

Auch in Bezug auf die Expositionsrichtungen gibt es zwischen den verschiedenen Gebirgsgruppen und Buckelwiesenkategorien einige Analogien, auch wenn sie nicht so ausgeprägt vorhanden sind wie bei den Seehöhen. So ergeben sich für die meisten Buckelwiesenkategorien in den verschiedenen Gebirgsgruppen durchschnittliche Expositionsrichtungen zwischen 217° (Buckelwiesen gesichert) und 287° (Buckelwiesen wahrscheinlich, beide Kategorien liegen in den Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal), was südwest- bis westwärts gerichteten Hängen entspricht. Deutlich davon abweichend präsentieren sich die wahrscheinlichen und möglichen Buckelwiesen in den

Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten, die im Mittel südliche bis südöstliche Expositionsrichtungen aufweisen. Das einzige gesicherte Buckelwiesenareal in dieser Gebirgsgruppe weist allerdings mit einem Mittel von 253° ebenfalls in Richtung Westsüdwest. In der Kategorie der möglichen Buckelwiesen ergibt sich für die Areale in den Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal eine durchschnittlich eher südliche Expositionsrichtung (172°). Die wenigen gesicherten und planierten gebuckelten Areale, die in den Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal gefunden wurden, weisen im Mittel Nord bis nordostwärts gerichtete Expositionen auf und liegen alle im Bereich der Glatz Alm.

Die Standardabweichungen der Expositionen bewegen sich im Mittel für die meisten Buckelwiesen in einem ähnlichen Rahmen zwischen etwa 50° und 65° und weisen somit ein eher großes Hangneigungsspektrum auf. Geringere Werte von um die 30° ergeben sich nur für die Gebirgsgruppen und Buckelwiesenkategorien mit geringer Anzahl an kartierten gebuckelten Flächen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Buckelwiesen eher auf südost- bis westwärts gerichteten Hängen auftreten, weniger auf den anderen Expositionsrichtungen, wobei in den Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten der süd- bis südost Anteil überwiegt. Anhand der hohen Werte der Standardabweichungen lässt sich allerdings dennoch feststellen, dass die Einzelmesswerte der Buckelwiesen von den durchschnittlichen Expositionsrichtungen größere Abweichungen aufweisen können. Zwischen den Gebirgsgruppen bestehen in Bezug auf die Durchschnittswerte und Standardabweichungen keine signifikanten Unterschiede.

Sehr auffällig sind die Werte der durchschnittlichen Hangneigungen die sich in einem engen Rahmen, verteilt über alle Gebirgsgruppen und Buckelwiesenkategorien, von etwa $13-14^\circ$ bewegen. Leicht davon abweichende Werte ergeben sich für die möglichen Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten, sowohl nördlich als auch südlich vom Grödner Tal (16° bzw. 15°), sowie in den Fleimstaler Alpen (11°) und für die planierten Buckelwiesen südlich vom Grödner Tal. Deutlich niedrigere durchschnittliche Neigungen ergaben die Auswertungen der planierten Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal sowie den Fleimstaler Alpen, allerdings liegt dies hauptsächlich daran, dass pro Gebirgsgruppe nur jeweils eine planierte Buckelwiese kartiert werden konnte. Die Standardabweichung bezieht sich somit in diesen Fällen nur auf den Mittelwert der jeweiligen Buckelwiese.

Neben den durchschnittlichen Hangneigungen weisen auch die Standardabweichungen sehr homogene Werte auf und liegen bei 3° bei den gesicherten Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten im nördlichen Teil und 7° bei den planierten Buckelwiesen in der selben Gebirgsgruppe südlich vom Grödner Tal. In allen anderen Gebirgsgruppen und Buckelwiesenkategorien konnten Neigungen zwischen diesen eben genannten Werten ermittelt werden.

Ein deutlich differenzierteres Bild ergibt die Auswertung des Kalkgehaltes der Buckelwiesen nach den verschiedenen Gebirgsgruppen. So ergibt sich zwar für alle Gebirgsgruppen eine größere Fläche an kalkhaltigen als kalkfreien Buckelwiesen, allerdings ist vor allem in den Fleimstaler Alpen, die häufig aus kalkfreien, Vulkangesteinen aufgebaut sind, bei allen Buckelwiesenkategorien der kalkfreie Anteil doch deutlich erhöht. Die, relativ betrachtet, meisten kalkfreien möglichen Buckelwiesen mit einem Anteil von 46% lassen sich jedoch in den Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal finden. Hierbei zeichnen sich vor allem die weitläufigen, ebenfalls kalkfreien Brixener Quarzphylittzüge im nördlichen Teil der Gebirgsgruppe verantwortlich, in deren Bereich viele mögliche Buckelwiesen kartiert werden konnten. Generell über alle Buckelwiesenkategorien betrachtet gibt es die meisten kalkhaltigen Buckelwiesen in den Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten (zwischen 82% und 100%, je nach Kategorie) sowie in den Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal (zwischen 83% und 96%).

7.3.7. Auswertung der Lageparameter nach dem Relief

In einem nächsten Schritt wurden die Buckelwiesen auch nach der Lage im Relief (siehe Kap. 5.4.6) statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 16 zu sehen:

Relief, Buckelwiesen		Relief	gesichert	wahrscheinlich	möglich	planiert
Anzahl der gefundenen Buckelwiesen		1	17	35	49	3
		2	8	48	123	1
		3	0	11	42	0
		4	1	30	169	1
Fläche (m ²)	Durchschnitt pro Buckelwiese	1	32329	28079	9402	18660
		2	50920	12459	10421	62836
		3		13591	7123	
		4	15733	11429	6798	5400
	Standardabweichung	1	43173	45916	11405	29172
		2	58446	15799	18667	
		3		14795	6860	
		4		9649	9040	
Seehöhe (m)	Durchschnitt pro Buckelwiese	1	1786	1927	1949	1858
		2	1845	1791	1822	1814
		3		1671	1702	
		4	1695	1783	1799	1055
	Standardabweichung aller Buckelwiesen	1	73	98	119	52
		2	74	143	217	
		3		146	171	
		4		166	181	
Exposition (°)	Durchschnitt	1	251	283	269	58
		2	157	55	197	142
		3		282	220	
		4	143	189	171	241
	Standardabweichung aller Pixel	1	50	37	48	39
		2	67	71	67	21
		3		53	61	
		4	58	49	59	55
Hangneigung (°)	Durchschnitt	1	15	16	17	17
		2	12	12	12	9
		3		9	12	
		4	13	17	17	6
	Standardabweichung aller Buckelwiesen	1	4	5	7	7
		2	3	4	5	
		3		5	6	
		4		4	6	
Kalkhaltig (%)	Unter Wänden, Schuttkegel- fächer, Hangschutt	Ja	100	99	100	100
		Nein	0	1	0	0
	Hochflächen	Ja	67	92	76	100
		Nein	33	8	24	0
	Talböden	Ja		100	94	
		Nein		0	6	
	Hangbereiche	Ja	100	82	59	0
		Nein	0	18	41	100

Tabelle 16: Statistische Auswertungen nach dem Relief (1 = Unter Wänden, Schuttkegel- fächer, Hangschutt, 2 = Hochflächen, 3 = Talböden, 4 = Hangbereiche)

Die Tabelle 16 zeigt die Anzahl der kartierten Buckelwiesen, geordnet nach Kategorien, für jede unterschiedliche Reliefform. Die meisten Buckelwiesen konnten dabei den Hochflächen (48 wahrscheinliche und 123 mögliche Buckelwiesen) und Hangbereichen (30 wahrscheinliche und 168 mögliche gebuckelte Areale) zugeordnet werden, wobei sich gerade viele wahrscheinliche und gesicherte Buckelwiesen auch unter Wänden befinden. Eine etwas geringere Anzahl an gebuckelten Arealen konnte in den Talbereichen (11 wahrscheinliche und 42 mögliche Wiesen) kartiert werden. Die Anzahl der planierten und teilweise auch gesicherten Buckelwiesen pro Reliefform ist ziemlich gering, wodurch sich nur bedingt statistische Aussagen treffen lassen. Im Bereich von Talböden konnten überhaupt keine gesicherten oder planierten Areale kartiert werden.

Die Flächengrößen der Buckelwiesen variieren je nach Reliefform und Buckelwiesenkategorie, wobei die gesicherten Buckelwiesen mit durchschnittlichen Flächengrößen von 50920 m² auf Hochflächen und 32329 m² bei den Arealen unter Wänden die höchsten Mittelwerte aufweisen. Bei den planierten Buckelwiesen ergibt sich für die Hochflächen sogar ein mittlerer Wert von 62836 m², wobei sich diese Zahl nur aus einer Wiese zusammensetzt und somit die Flächengröße dieses einzelnen Areals darstellt. Im Gegensatz dazu bilden die gebuckelten Flächen über alle vier Buckelwiesenkategorien auf Talhängen die kleinsten durchschnittlichen Flächenareale aus. Mit mittleren Flächengrößen von 6798 m² bei den möglichen und 5400 m² bei den planierten Buckelwiesen ergeben sich damit doch sehr deutliche Unterschiede zu den Buckelwiesenarealen auf Hochflächen. Wahrscheinliche Buckelwiesen auf Hochflächen, Talböden und auf Hängen, sowie mögliche Buckelwiesen auf Hochflächen weisen mit Durchschnittswerten von 10421 m² bis 13591 m² ähnliche Flächengrößen auf.

Den verschiedenen mittleren Flächengrößen entsprechend sind auch die Standardabweichungen sehr unterschiedlich und liegen zwischen 58446 m² bei den gesicherten Buckelwiesen auf Hochflächen und nur 6860 m² bei den möglichen gebuckelten Arealen in Talbereichen. Generell weisen größere durchschnittliche Flächengrößen auch höhere Standardabweichungen auf, wobei bei fast allen Reliefformen die Standardabweichungen größer als die Flächengrößen sind. Die einzige Ausnahme davon bilden die möglichen Buckelwiesen, die sich in Talbereichen befinden. Ähnliche Standardabweichungen zwischen ca. 11000 m² und 18000 m² lassen sich für die wahrscheinlichen Buckelwiesen auf Hochflächen und Talböden und die möglichen Buckelwiesen unter Wänden und ebenso auf Hochflächen berechnen.

Berechnet man die durchschnittlichen Seehöhen für die verschiedenen Reliefformen, so ergeben sich für alle Buckelwiesenkategorien, mit Ausnahme der gesicherten gebuckelten Areale, die höchsten mittleren Werte (beispielsweise 1858 m bei den Planierten und 1949 m bei den möglichen Buckelwiesen) für die Standorte, welche sich unter Wänden befinden. Buckelwiesen auf Hochflächen weisen allgemein etwas niedrigere Seehöhen auf und liegen im Mittel zwischen 1791 m bei den Wahrscheinlichen und 1845 m bei den gesicherten Buckelwiesen. Wie nicht anders zu erwarten ist, ergeben sich für gebuckelte Areale, die der Reliefform „Talböden“ zugerechnet werden konnten, die niedrigsten durchschnittlichen Seehöhen. Die Werte liegen dabei im Bereich von 1671 m bei den Wahrscheinlichen und 1702 m bei den möglichen Standorten. Buckelwiesen auf Hängen weisen für die Kategorien der wahrscheinlichen und möglichen Buckelwiesen sehr ähnliche durchschnittliche Seehöhen von 1783 bzw. 1799 m auf. Mit jeweils nur einer kartierten Buckelwiese pro Kategorie repräsentieren die gesicherten (1695 m) und planierten Buckelwiesen (1055 m) in Hangbereichen nur den Durchschnittswert des jeweiligen Areals.

Die Standardabweichungen der mittleren Seehöhen ergeben, in Bezug auf die Buckelwiesen die sich unter Wänden befinden, etwas niedrigere Werte als bei den anderen Reliefformen. Die Berechnungen zeigen Abweichungen zwischen 73 m bei den gesicherten Buckelwiesen und 119 m bei den möglichen gebuckelten Arealen. Eine ebenfalls niedrige Standardabweichung von 74 m lässt sich für die gesicherten Buckelwiesen auf Hochflächen feststellen. Etwas höhere Werte zwischen 143 m bei den Wahrscheinlichen und 217 m bei den möglichen Buckelwiesen (beide Kategorien liegen auf Hochflächen) ergeben sich dagegen für die übrigen Reliefformen. Die geringste mittlere Standardabweichung mit 52 m weisen die drei planierten Buckelwiesen, die sich unter Wänden befinden, auf.

Somit ergibt die Auswertung der mittleren Seehöhen der Buckelwiesen nach den unterschiedlichen Reliefformen bis auf wenige Ausreißer keine großen Unterschiede sondern ähnliche Höhenlagen, die sich im Bereich zwischen 1670 m und 1950 m befinden.

In einem nächsten Schritt erfolgte die Auswertung der Expositionen nach den verschiedenen Reliefformen, wobei sich einige Unterschiede offenbarten. So ergeben sich für fast alle Buckelwiesen, die sich unter Wänden befinden im Durchschnitt westliche Expositionsrichtungen, wohingegen die drei planierten Areale im Mittel nach Nordosten gerichtet sind. Etwas abweichend davon variieren die Durchschnittswerte in Bezug auf die Buckelwiesen in Talbereichen zwischen West bei Wahrscheinlichen und Südwest bei möglichen Buckelwiesenarealen. Deutlichere Unterschiede bei den Expositionsmittelwerten

ergeben sich dagegen für die Buckelwiesen die sich auf Hochflächen befinden. So ergibt sich für diese Reliefform in Bezug auf die wahrscheinlichen Buckelwiesen ein Durchschnittswert von 55° , was einer nordöstlichen Expositionsrichtung entspricht, wohingegen mögliche gebuckelte Areale nach Südsüdwest (197°) geneigt sind. Durchschnittlich ebenfalls südliche Richtungen lassen sich für die auf Hängen situierten wahrscheinlichen und möglichen Buckelwiesen feststellen. Alle anderen Reliefformen und Buckelwiesenkategorien die nicht explizit erwähnt wurden, weisen aufgrund ihrer geringen Fallanzahl pro Gruppe teilweise deutliche Unterschiede im Vergleich zu den anderen Gruppen auf.

Die geringsten Standardabweichungen ergeben sich im Mittel für die Kategorien, die als durchschnittliche Hangneigungen südwest- bis westwärts gerichtete Hänge aufweisen, wohingegen sich die höchsten Abweichungen für die nach Nordost gerichteten Hänge feststellen lassen. Dementsprechend liegen die Standardabweichungen bei den wahrscheinlichen Buckelwiesen unter Wänden bei 37° und reichen bis zu 71° auf Hochflächen. Für die meisten anderen Reliefformen und Buckelwiesenkategorien ergeben die Berechnungen Werte zwischen ca. 50° und 70° , wobei die planierten Wiesen geringere Abweichungen aufweisen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Expositionen je nach Reliefform ziemlich unterschiedlich verteilt sind, wobei sich eine Präferenz für west- bis südostwärts gerichtete Hänge, erkennen lässt.

Die durchschnittlichen Hangneigungen unterteilt nach den Reliefformen weisen mehr Gemeinsamkeiten auf. Obwohl die Werte im Allgemeinen für die Reliefformen „Hochflächen“ und Talböden“, die in der Regel geringere Neigungen aufweisen als beispielsweise Hangbereiche, niedriger sind als für Areale unter Wänden oder auf Hängen, gibt es keine allzu großen Abweichungen zueinander. Für Buckelwiesen in Talbereichen oder auf Hochflächen ergeben sich somit durchschnittliche Hangneigungen von $9-12^\circ$, während die Areale unter Wänden und auf Hängen Mittelwerte von $15-17^\circ$ aufweisen. Davon abweichende Zahlen lassen sich für diejenigen Kategorien feststellen, die sich nur aus den Werten jeweils einer einzelnen Buckelwiese zusammensetzen.

Ebenfalls sehr einheitlich präsentieren sich die Standardabweichungen aller Buckelwiesen, die bei allen Kategorien und allen Reliefformen bei 4° bis 7° liegen. Wahrscheinliche Buckelwiesen weisen dabei im Mittel Abweichungen von $4-5^\circ$ und mögliche Buckelwiesen von $5-7^\circ$ auf. Zusammenfassend lassen sich also auch für die Berechnungen der

Hangneigungen, aufgeteilt nach den verschiedenen Reliefformen, sehr einheitliche Parameter feststellen.

Die Auswertung der Kalkgehalte der Buckelwiesen, aufgeteilt nach den Reliefformen, ergab einige unterschiedliche Ergebnisse. So gut wie alle Buckelwiesen, die sich unter Wänden befinden, konnten laut der geologischen Karte von Italien als kalkhaltig definiert werden. Dies lässt sich darauf zurück zu führen, dass sich die Felswände in den Dolomiten fast nur aus Kalk- oder Dolomitgesteinen aufbauen. Die Hochflächen weisen schon einen höheren Buckelwiesenanteil mit nicht kalkhaltigen Materialien auf. So konnten 33% der gesicherten Buckelwiesen als kalkfrei definiert werden. Diese hohe Zahl ist allerdings nur auf eine einzelne, flächenmäßig große, Buckelwiese auf der Seiser Alm zurück zu führen. Immerhin 92% der wahrscheinlichen Buckelwiesen befinden sich über kalkhaltigen Gesteinen, wobei dies hingegen nur für 76% der möglichen Buckelwiesen zutreffend ist. Die Auswertung der Kalkgehalte der Talböden ergibt für die Wahrscheinlichen und möglichen Buckelwiesen wiederum sehr hohe Werte von 100% bzw. 94%. Im Gegensatz dazu konnten die meisten kalkfreien Buckelwiesenareale auf Hängen kartiert werden. So wurden sogar 41% der Möglichen bzw. 18% der wahrscheinlichen Buckelwiesen nicht kalkhaltigen Gesteinen zugerechnet. Hochflächen und Hangbereiche der planierten Buckelwiesen sowie Hanglagen der gesicherten Buckelwiesenkategorien wurden zwar zu 100% kalkhaltigen bzw. nicht kalkhaltigen Gesteinen zugerechnet, allerdings ist die Fallzahl pro Kategorie mit jeweils nur einem kartierten Areal sehr gering.

7.4. Prüfstatistik

Die statistischen Überprüfungen der Lageparameter auf mögliche Gemeinsamkeiten beziehungsweise Unterschiede erfolgten im nächsten Schritt. Dazu wurden zuerst die Null- und die Alternativhypothesen für die einzelnen statistischen Tests definiert. Nach der Durchführung der Tests erfolgte eine Darstellung und kurze Beschreibung der Ergebnisse. Die Interpretation der gewonnenen Ergebnisse findet sich im Interpretationsteil der Arbeit.

Bei den statistischen Berechnungen wurden die Buckelwiesenkategorien, um die Fallzahlen für die Tests zu erhöhen, zu zwei Gruppen zusammengefasst, da vor allem die Gruppe der planierten Buckelwiesen mit nur fünf Arealen zu wenig umfangreich gewesen wäre. Die 1.

Gruppe umfasst die gesicherten, wahrscheinlichen und geplanten Buckelwiesenstandorte wohingegen die 2. Gruppe die möglichen Buckelwiesenstandorte beinhaltet.

7.4.1. Fläche

Nullhypothese: Es bestehen keine Unterschiede zwischen den Buckelwiesenflächen der Gruppe der gesicherten, wahrscheinlichen und geplanten sowie der Gruppe der möglichen Buckelwiesenstandorte.

Alternativhypothese: Es gibt signifikante Unterschiede der Buckelwiesenflächen zwischen der Gruppe der gesicherten, wahrscheinlichen und geplanten sowie der Gruppe der möglichen Buckelwiesenstandorte.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Fläche
N		538
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	12000,22
	Standardabweichung	21450,19
Extremste Differenzen	Absolut	,293
	Positiv	,266
	Negativ	-,293
Kolmogorov-Smirnov-Z		6,800
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,000

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

Ränge

	Buckelwiesen	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Fläche	gesichert, wahrscheinlich, geplant	155	329,27	51037,50
	möglich	383	245,31	93953,50
	Gesamt	538		

Statistik für Test^a

	Fläche
Mann-Whitney-U	20417,50
Wilcoxon-W	93953,50
Z	-5,674
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000

a. Gruppenvariable: Buckelwiesen

Tabelle 17: Statistische Auswertungen der Fläche

Die Prüfung der Flächengrößen der Buckelwiesen mit dem Kolmogorov-Smirnov Test (siehe Tab. 17) ergab, dass die Werte nicht einer normalen, sondern einer beliebigen Verteilung unterliegen. Im Folgenden wurde daher der U Test von Mann und Whitney für parameterfreie Werte gewählt um die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen. Der Test ergibt ein Signifikanzniveau von 0,0, die Alternativhypothese ist somit anzunehmen. Es gibt somit signifikante Unterschiede bei den Flächengrößen der beiden Gruppen von Buckelwiesen.

7.4.2. Seehöhe

Nullhypothese: Es bestehen keine Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Seehöhen der Gruppe der gesicherten, wahrscheinlichen und planierten sowie der Gruppe der möglichen Buckelwiesenstandorte.

Alternativhypothese: Es gibt signifikante Unterschiede der durchschnittlichen Seehöhen der Gruppe der gesicherten, wahrscheinlichen und planierten sowie der Gruppe der möglichen Buckelwiesenstandorte.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Durchschnittliche Seehöhe
N		538
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	1813,46
	Standardabweichung	185,095
Extremste Differenzen	Absolut	,047
	Positiv	,043
	Negativ	-,047
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,091
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,185

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

Gruppenstatistiken

Buckelwiesen		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Durchschnittliche Seehöhe	gesichert,	155	1809,95	156,531	12,573
	wahrscheinlich, planiert				
	möglich				
		383	1814,87	195,645	9,997

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
Durchschnittliche Seehöhe	Varianzen sind gleich	6,867	,009	-2,79	536	,780	-4,92	17,636	-39,564	29,724
	Varianzen sind nicht gleich			-,306	353,341	,760	-4,92	16,063	-36,511	26,671

Tabelle 18: Statistische Auswertungen der Seehöhe

Der Kolmogorov-Smirnov Test (siehe Tab. 18) zeigt, dass die durchschnittlichen Seehöhen der einzelnen kartierten Buckelwiesen normalverteilt sind. Aus diesem Grund wurde als nächster Schritt der T-Test für unabhängige Stichproben angewandt. Der Levene-Test der Varianzgleichheit zeigt dabei, dass die Varianzen nicht gleich sind, womit das Signifikanzniveau laut Tabelle 0,76 beträgt. Dies bedeutet, dass die Alternativhypothese abzulehnen und die Nullhypothese anzunehmen ist. Es besteht also kein signifikanter Unterschied zwischen den durchschnittlichen Seehöhen der beiden Gruppen von Buckelwiesen.

7.4.3. Hangneigung

Nullhypothese: Es bestehen keine Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Hangneigungen der Gruppe der gesicherten, wahrscheinlichen und geplanten sowie der Gruppe der möglichen Buckelwiesen. Außerdem gibt es auch keine Unterschiede zwischen den maximalen Hangneigungen der Gruppe der gesicherten, wahrscheinlichen und geplanten sowie der Gruppe der möglichen Buckelwiesen.

Alternativhypothese: Es gibt signifikante Unterschiede der durchschnittlichen Hangneigungen zwischen der Gruppe der gesicherten, wahrscheinlichen und geplanten sowie der Gruppe der möglichen Buckelwiesen. Außerdem gibt es auch signifikante Unterschiede zwischen den maximalen Hangneigungen der Gruppe der gesicherten, wahrscheinlichen und geplanten sowie der Gruppe der möglichen Buckelwiesen.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		Durchschnittliche Hangneigung	Maximale Hangneigung
N		538	538
Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	14,6742	27,3065
	Standardabweichung	5,93825	8,61724
Extremste Differenzen	Absolut	,055	,030
	Positiv	,055	,030
	Negativ	-,031	-,019
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,281	,702
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,075	,709

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Durchschnittliche Hangneigung	Varianzen sind gleich	7,722	,006	-1,876	536	,061	-1,0582	,56398	-2,16610	,04968
	Varianzen sind nicht gleich			-2,056	351,831	,040	-1,0582	,51459	-2,07027	-,04615
Maximale Hangneigung	Varianzen sind gleich	2,897	,089	,381	536	,703	,3127	,82099	-1,30005	1,92547
	Varianzen sind nicht gleich			,404	324,651	,687	,3127	,77469	-1,21133	1,83675

Tabelle 19: Statistische Auswertungen der Hangneigungen

Im ersten Schritt wurde überprüft, ob eine Normal- oder eine beliebige Verteilung vorliegt. Der Kolmogorov-Smirnov Test (siehe Tab. 19) ergibt für die durchschnittlichen und maximalen Hangneigungen für die Buckelwiesenstandorte eine Normalverteilung. Die Variable minimale Hangneigungen ergab dagegen eine beliebige Verteilung und wurde in die weiteren statistischen Auswertungen nicht miteinbezogen. Im Folgenden wurden nun mit Hilfe des T-Testes für unabhängige Stichproben die beiden Hypothesen überprüft. Das Ergebnis für die Variable „durchschnittliche Hangneigung“ zeigt - aufgrund der Varianzgleichheit des Levene-Tests – ein Signifikanzniveau von 0,061. Die Alternativhypothese ist somit abzulehnen und die Nullhypothese anzunehmen, da der kritische Wert von 0,05 überschritten wurde. Es bestehen also keine Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Hangneigungen zwischen den beiden Gruppen von Buckelwiesenstandorten. Gleiches gilt ebenfalls für die Variable „maximale Hangneigung“. Der Levene-Test für Varianzgleichheit ergibt, dass die Varianzen nicht gleich sind womit sich aus der Tabelle ein Signifikanzniveau von 0,687 ablesen lässt. Die maximalen Hangneigungen der beiden Gruppen von Buckelwiesenstandorte sind somit also nicht unterschiedlich.

7.4.4. Exposition

Nullhypothese: Es bestehen keine Unterschiede zwischen den Verteilungen der Expositionen der beiden Buckelwiesenkategorien.

Alternativhypothese: Es gibt signifikante Unterschiede der Expositionen zwischen den möglichen sowie den gesicherten, wahrscheinlichen und geplanten Buckelwiesen.

Zuerst wurde durch Anwendung des Rayleigh Testes überprüft, ob die durchschnittlichen Expositionsrichtungen der verschiedenen Buckelwiesenkategorien einheitlich über alle Richtungen verteilt sind, oder ob bestimmte Expositionen bevorzugt werden. Dieser Test dient auch dazu, die Verteilungsformen (Eingipfelig, Mehrgipfelig) der Buckelwiesenkategorien zu erhalten, deren Kenntnis für die Durchführung weiterer statistischer Tests essentiell ist (siehe Abb. 41).

Die 0-Hypothese des Rayleigh Testes, welche eine gleichmäßige Verteilung der durchschnittlichen Expositionsrichtungen der einzelnen Buckelwiesen postuliert, lässt sich für die Gruppe der gesicherten und möglichen gebuckelten Flächen sowie der Gruppe, die sich aus den gesicherten, wahrscheinlichen und geplanten Buckelwiesen zusammen setzt (Signifikanzniveau für alle Verteilungen $P = 0$), feststellen. Als Gegensatz dazu erklärt die Alternativhypothese, dass bestimmte Expositionsrichtungen überdurchschnittlich häufig vertreten sind. Dies trifft auf die Verteilungen der wahrscheinlichen und geplanten Buckelwiesenkategorien zu, die ein Signifikanzniveau von $P = 0,26$ bzw. $P = 0,76$ erreichen. Ein Wert von $P = 0$ bedeutet dabei, dass die 0-Hypothese angenommen wird, wohingegen bei einem Wert von $P \neq 0$ die Annahme der Alternativhypothese postuliert wird (JOHNSON und KOTZ 1970).

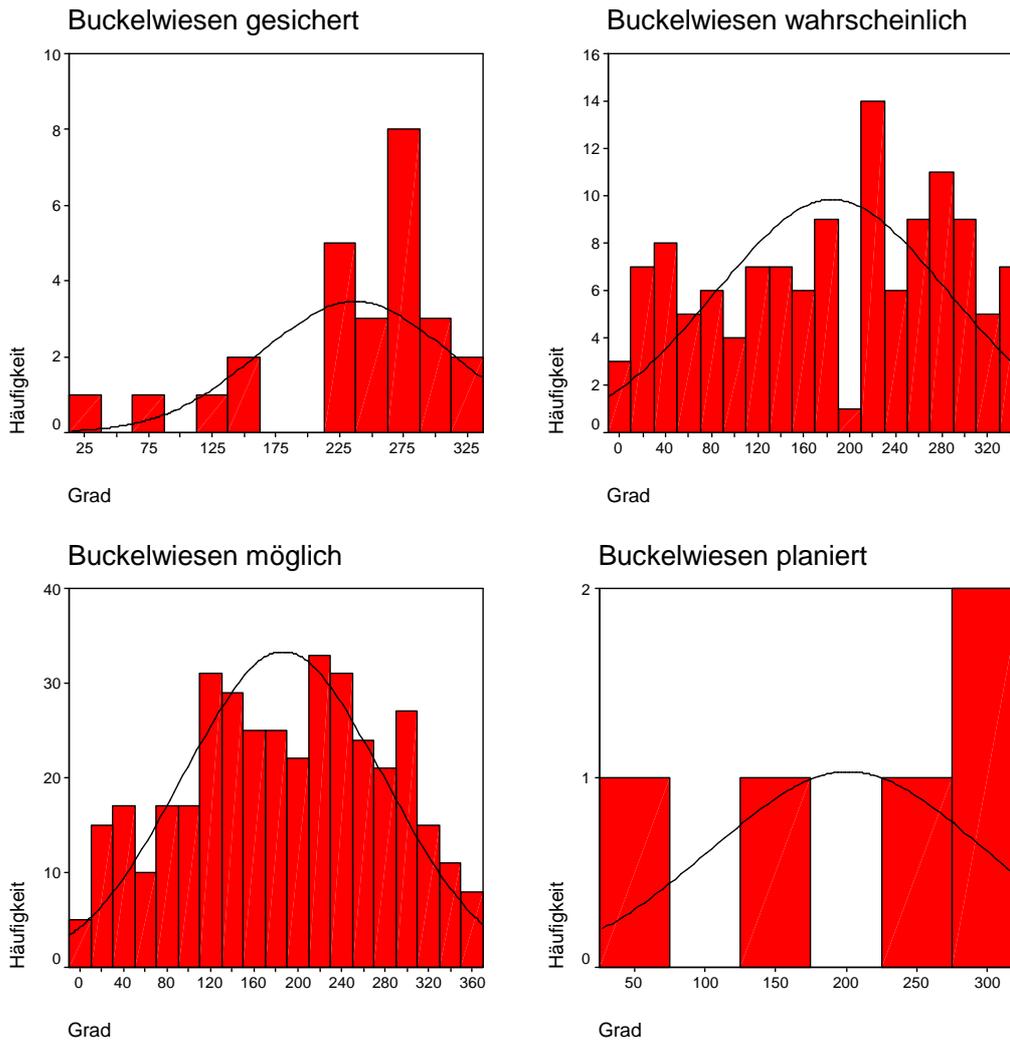


Abbildung 41: Verteilungsformen der verschiedenen Buckelwiesenkategorien

In einem nächsten Schritt wurde im EDV Programm Excel mit Hilfe des Watson Test with Ties überprüft, ob die Verteilungen der Mittelwerte der beiden Buckelwiesenkategorien „gesichert, wahrscheinlich, geplaniert“ sowie „möglich“ signifikant voneinander abweichen. Die Verwendung dieses Testes erfolgte erstens, da anzunehmen war, dass zumindest eine der beiden Stichproben eine mehrgipfelige Verteilung aufweist und zum zweiten wurde der Watson Test with Ties angewandt, da mehrere Stichproben der beiden Verteilungen die gleichen Werte aufweisen. Würde pro Verteilung jeder Wert nur einmal auftreten, würde man den Watson Test und nicht diese modifizierte Version Watson Test with Ties anwenden müssen. Das berechnete Signifikanzniveau ergab dabei den Wert $U = 4,15$ (Berechnung siehe Kap. 5.4.12). Dies bedeutet, die 0-Hypothese ist anzunehmen. Es bestehen also somit keine signifikanten Unterschiede der Expositionen zwischen den beiden Buckelwiesenkategorien „gesicherte, wahrscheinliche, geplante Buckelwiesen“ sowie „mögliche Buckelwiesen“. Im Großen und Ganzen weisen beide Stichproben also ähnliche Verteilungen der Expositionsrichtungen auf.

7.4.5. Kalkgehalt

Nullhypothese: Es bestehen keine Zusammenhänge zwischen der Kalkhaltigkeit der beiden unterschiedlichen Gruppen von Buckelwiesenstandorten.

Alternativhypothese: Es gibt Zusammenhänge zwischen der Kalkhaltigkeit der beiden unterschiedlichen Gruppen von Buckelwiesenstandorten.

Verarbeitete Fälle

	Fälle					
	Gültig		Fehlend		Gesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Buckelwiesen * Kalkgehalt	538	96,8%	18	3,2%	556	100,0%

Buckelwiesen * Kalkgehalt Kreuztabelle

Anzahl		Kalkgehalt		Gesamt
		nein	ja	
Buckelwiesen	gesichert, wahrscheinlich, planiert möglich	14	141	155
Gesamt		121	262	383
		135	403	538

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	29,879 ^b	1	,000		
Kontinuitätskorrektur ^a	28,691	1	,000		
Likelihood-Quotient	34,350	1	,000		
Exakter Test nach Fisher				,000	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	29,824	1	,000		
Anzahl der gültigen Fälle	538				

a. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

b. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 38,89.

Symmetrische Maße

		Wert	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl.	Phi	-,236	,000
Nominalmaß	Cramer-V	,236	,000
Anzahl der gültigen Fälle		538	

a. Die Null-Hypothese wird nicht angenommen.

b. Unter Annahme der Null-Hypothese wird der asymptotische Standardfehler verwendet.

Tabelle 20: Statistische Auswertungen des Kalkgehaltes

In einer Kreuztabelle werden zuerst die Anzahl der kalkhaltigen beziehungsweise kalkfreien Buckelwiesen für die beiden Gruppen dargestellt (siehe Tab. 20). Aufgrund des nominalen Datenniveaus der beiden Variablen „Kalkgehalt“ und „Buckelwiesen“ wurde der Chi² Test angewandt. Das Signifikanzniveau ergab einen Wert von 0,0, die Alternativhypothese ist somit anzunehmen. Dies bedeutet, es besteht auch ein Zusammenhang zwischen der Kalkhaltigkeit der beiden Buckelwiesenkategorien. Dieser Zusammenhang ist mit einem Wert von $\pm 0,236$ allerdings schwach ausgeprägt, wie man anhand des Assoziationsmaßes Cramer-V sehen kann (siehe Tab. 20). Die Ausgabe von Phi ist in diesem Falle nicht zulässig, da das Assoziationsmaß für eine Matrix, die größer als 2x2 ist, berechnet wurde.

7.5. Weitere statistische Tests

Es erfolgten auch weitere Tests zur Überprüfung, ob es möglicherweise zwischen den unterschiedlichen Lageparametern Gemeinsamkeiten gibt. Dabei wurde zuerst das gesamte Untersuchungsgebiet getestet und anschließend nach Gebirgsgruppen und Reliefformen aufgeteilt.

7.5.1. *Flächengröße - Seehöhe*

Nullhypothese: Es bestehen keine Zusammenhänge zwischen den Flächengrößen und der Seehöhen von Buckelwiesenstandorten.

Alternativhypothese: Es gibt signifikante Zusammenhänge zwischen den Flächengrößen und der Seehöhen von Buckelwiesenstandorten.

Die Überprüfung der beiden Lageparameter auf normalverteilte Werte mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov Testes ergab, wie weiter oben schon erwähnt wurde, im Falle der Flächengrößen beliebig verteilte Werte. In Bezug auf die Seehöhen konnte dagegen eine Normalverteilung nachgewiesen werden. Im nächsten Schritt wurde daher eine Korrelationsanalyse nach Spearman für alle Buckelwiesen, unabhängig von der jeweiligen Kategorie, durchgeführt. Das Ergebnis der Korrelationsanalyse war zwar signifikant, es wurde also in einem ersten Schritt die Alternativhypothese angenommen. Allerdings deutet der ausgegebene Korrelationswert von 0,124 auf keinen erkennbaren Zusammenhang hin. Das

Streudiagramm der Einzelmesswerte der Seehöhen und Flächen veranschaulicht ebenfalls die unterschiedlichen Merkmalsausprägungen der beiden Variablen deutlich (siehe Abb. 42).

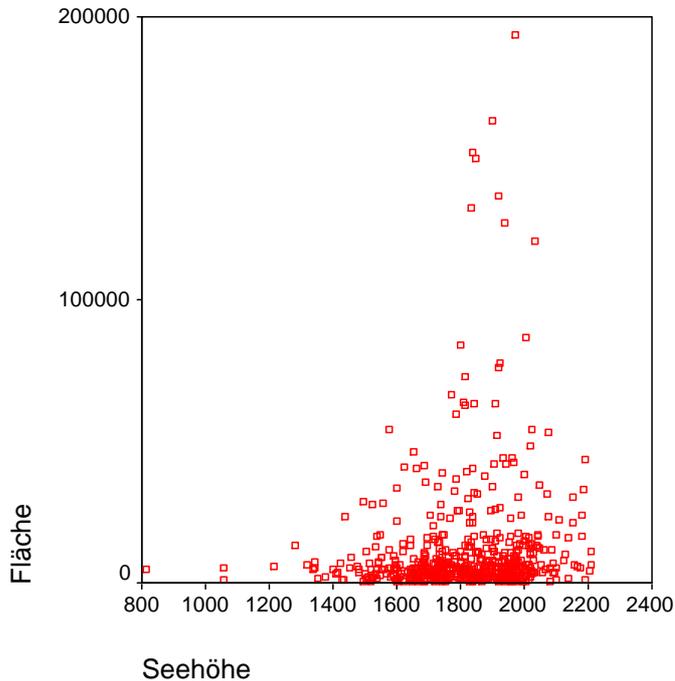


Abbildung 42: Streudiagramm der Einzelmesswerte der Seehöhen und Flächen aller Buckelwiesen

Auch die Überprüfung der einzelnen Buckelwiesenkategorien ergab keinen erkennbaren Zusammenhang der Variablen. So führten die Tests der planierten und gesicherten Buckelwiesen zu keinem signifikanten Ergebnis. Die Berechnungen für die Kategorien der Wahrscheinlichen und möglichen Buckelwiesen ergaben zwar einen Signifikanzwert unter 0,05, der die Ausgabe eines Korrelationswertes sinnvoll erscheinen lässt. Allerdings liegt auch hier das Ergebnis mit 0,082 für die Wahrscheinlichen und 0,051 für die möglichen Wiesen nahe 0, weshalb man auf keine Zusammenhänge zwischen den Variablen schließen kann.

In Bezug auf die Gebirgsgruppen ergab sich in Bezug auf die Grödner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal und die Fleimstaler Alpen der Test auf Signifikanz ebenfalls, dass die Alternativhypothese anzunehmen wäre. Die berechneten Korrelationswerte weisen mit 0,194 bzw. 0,296 allerdings wiederum auf keine vorhandenen Zusammenhänge hin. Weder für die anderen beiden Gebirgsgruppen noch für eine einzige der verschiedenen Reliefkategorien konnte ein Signifikanzwert, der auf eine Korrelation hindeuten würde, ermittelt werden.

7.5.2. *Flächengröße - Hangneigung*

Nullhypothese: Es bestehen keine Zusammenhänge zwischen den Flächengrößen und den Hangneigungen von Buckelwiesenstandorten.

Alternativhypothese: Es gibt signifikante Zusammenhänge zwischen den Flächengrößen und den Hangneigungen von Buckelwiesenstandorten.

Die Überprüfung der Hypothesen erfolgte mit Hilfe der Korrelationsanalyse nach Spearman, da die Flächengrößen keine normalverteilten Werte aufweisen. Der Test ergab allerdings für alle Buckelwiesen keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. Auch die Unterteilung der gebuckelten Flächen in Gebirgsgruppen und Reliefformen führte zu keinem signifikanten Ergebnis.

7.5.3. *Flächengröße - Kalkgehalt*

Nullhypothese: Es bestehen keine Zusammenhänge zwischen den Flächengrößen und den Kalkgehalten von Buckelwiesenstandorten.

Alternativhypothese: Es gibt signifikante Zusammenhänge zwischen den Flächengrößen und den Kalkgehalten von Buckelwiesenstandorten.

Fläche umkodiert * Kalkgehalt Kreuztabelle

Anzahl		Kalkgehalt		Gesamt
		Nein	Ja	
Fläche umkodiert	0 - <2500 m ²	48	91	139
	2500 - <5000 m ²	27	90	117
	5000 - <10000 m ²	36	89	125
	10000 - <25000 m ²	6	33	39
	25000 - <50000 m ²	16	79	95
	>= 50000 m ²	2	21	23
Gesamt		135	403	538

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	16,442 ^a	5	,006
Likelihood-Quotient	17,283	5	,004
Zusammenhang linear-mit-linear	12,380	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	538		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 5,77.

Tabelle 21: Statistische Überprüfung der Flächengrößen und Kalkgehalte (Teil 1)

Ergebnisse

Fläche umkodiert * Kalkgehalt * Gebirgsgruppe Kreuztabelle

Gebirgsgruppe			Kalkgehalt		Gesamt
			Nein	Ja	
Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten	Fläche	0 - <2500 m ²	4	27	31
		umkodiert			
	2500 - <50000 m ²	5000 - <10000 m ²	6	28	34
		10000 - <25000 m ²	3	25	28
		25000 - <50000 m ²	0	8	8
		>= 50000 m ²	2	25	27
		Gesamt	1	0	1
	16	113	129		
Grödner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal	Fläche	0 - <2500 m ²	40	26	66
		umkodiert			
	2500 - <50000 m ²	5000 - <10000 m ²	14	30	44
		10000 - <25000 m ²	27	31	58
		25000 - <50000 m ²	4	8	12
		>= 50000 m ²	9	23	32
		Gesamt	0	6	6
	94	124	218		
Fleimstaler alpen	Fläche	0 - <2500 m ²	1	9	10
		umkodiert			
	2500 - <50000 m ²	5000 - <10000 m ²	2	13	15
		10000 - <25000 m ²	5	8	13
		25000 - <50000 m ²	1	2	3
		>= 50000 m ²	4	8	12
		Gesamt	0	1	1
	13	41	54		
Grödner Dolomiten südlich vom Grödner Tal	Fläche	0 - <2500 m ²	3	29	32
		umkodiert			
	2500 - <50000 m ²	5000 - <10000 m ²	5	19	24
		10000 - <25000 m ²	1	25	26
		25000 - <50000 m ²	1	15	16
		>= 50000 m ²	1	23	24
		Gesamt	1	14	15
	12	125	137		

Chi-Quadrat-Tests

Gebirgsgruppe		Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten	Chi-Quadrat nach Pearson	9,757 ^a	5	,082
	Likelihood-Quotient	7,863	5	,164
	Zusammenhang linear-mit-linear	,330	1	,566
	Anzahl der gültigen Fälle	129		
Grödner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal	Chi-Quadrat nach Pearson	18,749 ^b	5	,002
	Likelihood-Quotient	21,095	5	,001
	Zusammenhang linear-mit-linear	11,566	1	,001
	Anzahl der gültigen Fälle	218		
Fleimstaler alpen	Chi-Quadrat nach Pearson	4,523 ^c	5	,477
	Likelihood-Quotient	4,908	5	,427
	Zusammenhang linear-mit-linear	1,804	1	,179
	Anzahl der gültigen Fälle	54		
Grödner Dolomiten südlich vom Grödner Tal	Chi-Quadrat nach Pearson	6,020 ^d	5	,304
	Likelihood-Quotient	5,262	5	,385
	Zusammenhang linear-mit-linear	1,468	1	,226
	Anzahl der gültigen Fälle	137		

a. 7 Zellen (58,3%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,12.

b. 2 Zellen (16,7%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 2,59.

c. 8 Zellen (66,7%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,24.

d. 6 Zellen (50,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,31.

Tabelle 22: Statistische Überprüfung der Flächengrößen und Kalkgehalte (Teil 2)

Die Variable Kalkgehalt weist ein nominales Datenniveau auf, also wurde in einem nächsten Schritt versucht die Hypothese mit Hilfe eines Chi² Tests zu überprüfen. Allerdings ergab die Überprüfung der Einzelmesswerte kein signifikantes Ergebnis. Aus diesem Grund wurden die Messwerte zu Gruppen zusammengefasst um den Test durchführen zu können und ein auswertbares Signifikanzniveau zu erhalten. Das Testergebnis (siehe Tab. 21 und 22) ergab, in Bezug auf alle Buckelwiesen, einen Signifikanzwert von 0,06. Die Alternativhypothese, die deutliche Zusammenhänge zwischen den Kalkgehalten und den Flächengrößen postuliert, ist somit anzunehmen. Eine mögliche Interpretation dieses Ergebnis lässt sich im Kapitel 8 nachlesen.

Berechnet man nun den selben Test für die Buckelwiesen aufgeteilt nach Gebirgsgruppen, so ergibt sich nur in Bezug auf die Grödner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal ein signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. In Bezug auf die anderen Gebirgsgruppen und auch Reliefformen ist der Test aufgrund einer großen Anzahl an Zellen, die eine erwartete Häufigkeit kleiner als 5 haben ungültig. Auch eine weitere Umkodierung der Variablen bzw. Zusammenlegung zu größeren Gruppen brachte keine auswertbaren Ergebnisse, da die Signifikanzniveaus, welche die Annahme der Alternativhypothese rechtfertigen würde, nicht erreicht wurden.

8. Interpretation der Ergebnisse/Diskussion

Nachdem in den vorherigen Kapiteln die Resultate der Untersuchungen sowie statistischen Berechnungen und die Auswertung der Literatur dargestellt wurden, soll nun versucht werden, die Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen darzustellen. Gleichzeitig wird auch ein Bezug zu den Arbeitshypothesen hergestellt und der Versuch unternommen, die gewonnenen Daten zu interpretieren.

Die geographischen Lagen der Buckelwiesenstandorte wurden bereits im Kapitel 7.1 dargestellt. Nun sollen kurz übereinstimmende und abweichende Lageparameter erwähnt und auf mögliche Ursachen dafür eingegangen werden. Die Auswertung der Flächengrößen der verschiedenen Buckelwiesenkategorien ergab teilweise recht unterschiedliche Ergebnisse, wobei vor allem aber mögliche Buckelwiesen (von denen sich nach einer Überprüfung im Gelände womöglich eine größere Zahl fälschlicherweise als Buckelwiesen deklarierte Phänomene herausstellen könnten) sein müssen sondern womöglich im Mittel kleinere Flächen aufwiesen als diejenigen von anderen Kategorien. Zusätzlich lässt sich im Bereich der Standorte der möglichen Buckelwiesen auch ein erhöhter Anteil an kalkfreien Gesteinen feststellen. Insofern verwundert es nicht, dass statistische Tests einen Zusammenhang zwischen den Flächengrößen und den Kalkgehalten von Buckelwiesen ergeben. Daraus lässt sich möglicherweise folgern, dass es einer gewissen Größe eines Areals bedarf, um als Buckelwiese auf einem Orthophoto identifiziert werden zu können. Möglicherweise würde auch ein erheblicher Anteil der als möglich kartierten Buckelwiesen einer Überprüfung im Gelände als Buckelwiesenstandorte nicht standhalten und als buckelfreie Flächen ausgewiesen werden. Dies lässt sich jedoch nur nach einer eingehenden Prüfung im Gelände feststellen.

Allgemein lassen sich Buckelwiesenstandorte häufig in Gebieten mit kalkhaltigen Gesteinen auffinden. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da laut den unterschiedlichen Entstehungstheorien die Buckelwiesengense hauptsächlich in Gebieten mit verkarstungsfähigen Gesteinen stattfindet. Auch laut der Literatur (siehe Kapitel 2.4) sind gesicherte Buckelwiesenstandorte hauptsächlich in solchen Gebieten nachgewiesen worden. Dennoch gibt es eine größere Anzahl an Buckelwiesen die sich nicht in Gebieten mit kalkhaltigen Gesteinen auffinden lassen. Mögliche Ursachen sind, wie schon mehrfach erwähnt wurde, entweder die anhand der Orthophotos falsche Deklaration als

Buckelwiesenstandorte oder aber auch falsche Angaben zu den Kalkgehalten. Dies könnte auf die mit einem Maßstab von 1:100000 doch eher ungenaue geologische Karte, die zur Bestimmung des Kalkgehaltes verwendet wurde, zurück zu führen sein. Besonders viele kalkfreie Buckelwiesenstandorte konnten vor allem in den häufig aus Vulkaniten aufgebauten Fleimstaler Alpen sowie in Gebieten mit kalkfreiem Brixener Quarzphylit in den Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal festgestellt werden. Besonders hoch ist der Anteil an kalkhaltigen Buckelwiesen bei Arealen die sich unter Felswänden befinden, die in den Dolomiten hauptsächlich aus Kalk- und Dolomitgesteinen aufgebaut sind. Ebenfalls sehr hoch ist der Kalkanteil in Tälern, die von hohen Felswänden umgeben sind, da aufgrund von Denudationsprozessen eine Verlagerung des kalkhaltigen Materials in die tieferen Bereiche angenommen werden kann.

Von Bedeutung sind auch die Ergebnisse der statistischen Untersuchungen der Hangneigungen der Buckelwiesen. Für alle Buckelwiesenkategorien konnten durchschnittliche Neigungen von etwa 13-14° berechnet werden. Die statistischen Tests ergaben auch keine signifikant abweichenden Neigungen der verschiedenen Buckelwiesenkategorien, auch nicht, wenn diese nach unterschiedlichen Gebirgsgruppen oder Reliefformen unterteilt werden. Der Großteil der gebuckelten Areale weist eine Neigung von 10° bis 20° auf, aber auch in ebenen Bereichen konnten Buckelwiesen kartiert werden. Ebenfalls häufig treten Neigungen bis 10° oder zwischen 20 und 30° auf. Die Buckelwiesengnese findet also offenbar nur in bestimmten Hangneigungsbereichen statt. Ab einem Neigungswinkel von etwa 30° oder größer können sich kaum noch gebuckelte Areale ausbilden. Darauf deuten auch Neigungswinkelmessungen von anderen Buckelwiesenstandorten in den Alpen hin (siehe Kap. 2.4).

Ebenfalls relativ einheitliche Werte liefert die Auswertung der Seehöhen der Buckelwiesen. Die meisten gebuckelten Flächen weisen durchschnittliche Höhen von etwa 1800 m auf. Mit Abstand die meisten gebuckelten Areale befinden sich in einem Höhenbereich zwischen 1800 m und 2000 m. Ebenfalls viele Buckelwiesen kommen auch noch zwischen 1600 m und 1800 m und etwas weniger in 2000-2200 m vor. Darüber und darunter lässt sich dieses Kleinrelief dagegen selten vorfinden. Die am tiefsten gelegene mögliche Buckelwiese befindet sich auf einer Seehöhe von etwa 800 m aber auch in einem Bereich zwischen 1050 m und etwa 1100 m konnte ein planiertes Areal kartiert werden. Demgegenüber befindet sich das am höchsten gelegene mögliche Buckelwiesenvorkommen in 2300 m Seehöhe, das höchste

wahrscheinliche Vorkommen in 2100 m, also in einem Bereich, in dem sich die derzeitigen Waldgrenzen befinden. Damit liegen die Vorkommen in den Südtiroler Dolomiten deutlich höher als beispielsweise die Areale im Gebiet des eiszeitlichen Isargletschers in Bayern (siehe Kapitel 2.4). Im Vergleich zu den von HAMANN 1985 im Tennengebirge gefundenen gebuckelten Flächen, die sich hauptsächlich in einem Höhenbereich von 1400-1700 m befinden, ergeben sich somit schon mehr Gemeinsamkeiten in Bezug auf die Höhenlagen.

Wahrscheinlich bietet der angegebene durchschnittliche Höhenbereich mit den meisten Vorkommen um die 1800 m ideale Voraussetzungen in den Südtiroler Dolomiten damit die Buckelwiesengenesen einsetzen kann. Es ist anzunehmen, dass diese Häufung von Buckelwiesen mit der Höhenlage von Almflächen korreliert, da sich Almen womöglich ebenfalls besonders häufig in diesen Höhenbereichen befinden und Buckelwiesen ja mit Hilfe der Methode der Orthophotoauswertung nur in nicht bewaldeten Regionen kartiert werden konnten. In tieferen Regionen gibt es einen erhöhten Waldanteil und weniger Almflächen, wodurch eventuelle Bodenbuckelungen mit Hilfe der Orthophotos nicht kartiert werden hätte können aber möglicherweise doch häufiger vorhanden sind als angenommen wurde. Mit Hilfe eines statistischen Tests, welcher die Seehöhen der Almflächen mit den Seehöhen der Buckelwiesen in Verbindung setzt, könnte zumindest getestet werden, ob es einen statistisch nachweisbaren Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen gibt oder nicht. Falls ein Zusammenhang nachgewiesen werden kann und Buckelwiesen signifikant häufig in Gebieten mit Almflächen gefunden werden, würde dies zumindest die hohe Anzahl an Buckelwiesen, die sich in ähnlicher Seehöhe wie die Almen befinden, erklären. Dies sagt allerdings aber nichts darüber aus, ob es nicht weitere und tiefer gelegene, in Waldgebieten situierte, Buckelwiesen gibt und diese Korrelation nicht doch nur zufällig, aufgrund der gewählten Identifizierungsmethode am Orthophoto entstanden ist. Allerdings gibt es auch in der verwendeten Literatur keine Hinweise auf Buckelwiesenvorkommen in den Wäldern im Untersuchungsgebiet und Hinweise auf eine Korrelation zwischen Almflächen und Buckelwiesen. Daraus lässt sich folgern, dass die Buckelwiesen vermutlich auch in den bewaldeten Bereichen nicht sehr verbreitet sind. Bei der Geländebegehung im Mai 2010 konnte auch festgestellt werden, dass die an Waldflächen angrenzenden Buckelwiesen dort ausliefen und das Kleinrelief, zumindest in dichten Wäldern, keine Fortsetzung fand. In lichten Wäldern, beispielsweise im Bereich der Glatz Alm, gab es aber sehr wohl auch eine Bodenbuckelung zu beobachten. Betreffend die tiefer gelegenen, meist dicht besiedelten und waldärmeren Täler, ist auch anzunehmen, dass, falls es jemals Buckelwiesen gab, diese

aufgrund der einfacheren Bewirtschaftung buckelfreier Flächen möglicherweise planiert wurden.

Allerdings hat schon EMBLETON-HAMANN 1999 angemerkt, dass der Nachweis der Bodenbuckelung in einen angrenzenden Wald schwer nachzuweisen ist bzw. dort auch weniger häufig auftritt. Almen wurden durch Waldrodungen in historischen Zeiten eher auf gering geneigten Flächen angelegt. Da die Buckelwiesengnese nur bis zu einer gewissen Hangneigung von etwa 30° stattfinden kann und die Grenzen von Rodungsalmen häufig mit markanten Änderungen der Geländeneigung zusammen fallen, sind die angrenzenden Waldbereiche auch häufig stärker geneigt und dadurch eher ungünstige Standorte für Buckelwiesen. Die Seehöhe alleine kann also wahrscheinlich nicht als ein ausschlaggebender Faktor bei der Buckelwiesengnese betrachtet werden sondern diese sollte in Bezug zu den Seehöhen der Almflächen gesetzt werden.

Von besonderer Bedeutung für die in dieser Arbeit aufgestellten Hypothesen, ist auch die Tatsache, dass sich Buckelwiesen nicht oberhalb der postglazialen Waldgrenzen auffinden lassen. Die aktuellen Waldgrenzen liegen im Untersuchungsgebiet bei 2000 m bis 2100 m, stellenweise auch 2200 m, wobei die postglaziale Waldgrenze etwa nochmal um ca. 200 m höher lag, also in einem Bereich zwischen 2200-2300 m, stellenweise 2400 m. Die Baumgrenzen konnten nochmal um etwa 100-200 m größere Seehöhen erreichen, allerdings ist für das Windwurfkonzept nur die Waldgrenze von Belang. Schließlich würden einzelne Bäume nach diesem Konzept nur zur Genese von vereinzelt Mulden führen und nicht zum typischen vergesellschafteten Erscheinungsbild von Buckelwiesen.

Das höchste (mögliche) Buckelwiesenvorkommen befindet sich auf 2300 m, das höchste wahrscheinliche Vorkommen auf 2100 m. Somit kann das Windwurfkonzept, nachdem die Buckelwiesengnese nur in Gebieten mit Bäumen stattfinden kann, zumindest nicht falsifiziert werden. Schließlich konnten keine Buckelwiesen oberhalb der postglazialen Waldgrenzen gefunden werden. Für eine vollständige Verifikation dieser These wären allerdings weiterführende Untersuchungen der einzelnen Buckelwiesenstandorte im Gelände notwendig. Hat es in der Vergangenheit Windwürfe gegeben oder gibt es Informationen über die Almgeschichte? Von Bedeutung wären auch die Auswertung von Bodenproben zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Gesteine, die Suche nach fossilen Baumwurzeln sowie morphometrische Analysen der Buckelwiesen wie beispielsweise die Vermessung der Buckel und Mulden.

Die Auswertung der Expositionsrichtungen der verschiedenen Buckelwiesenkategorien ergab eher differenziertere Werte. So ließ sich für die Kategorien der wahrscheinlichen und geplanten Buckelwiesen mit Hilfe statistischer Tests nachweisen, dass sich das Kleinrelief signifikant häufiger auf West- bzw. Südosthängen ausbildet als auf anderen Expositionsrichtungen. In Bezug auf die anderen Buckelwiesenkategorien konnte keine statistisch signifikant bevorzugte Richtung festgestellt werden. Obwohl es also zwischen den einzelnen Kategorien größere Unterschiede gibt, lässt sich feststellen, dass die Buckelwiesen über alle Expositionsrichtungen verteilt sind, wobei eine gewisse Häufung auf Hängen, die Richtung Südosten bis Westen gerichtet sind, auftritt. Statistisch nachweisbar ist diese Häufung allerdings nur für manche Kategorien. Aufgrund der Expositionsauswertungen lässt sich also keine wirklich bevorzugte Richtung erkennen. Eventuell lässt sich der leichte Überhang von Buckelwiesen auf Südost bis westwärts ausgerichteten Geländeexpositionen dadurch erklären, dass Almflächen eher auf sonnenbeschienenen als auf schattigen, nordwärts gerichteten Hängen gerodet wurden. Um diese These zu untermauern oder zu falsifizieren müssten allerdings die Expositionsrichtungen der Almen erhoben und überhaupt ein Zusammenhang zwischen den Expositionen von Alm- und Buckelwiesenflächen werden.

Ein anderer Ansatz ist der Vergleich von bevorzugten Expositionen der Buckelwiesen und Windwürfen. Falls es eine bevorzugte Richtung von Sturmkatastrophen im Untersuchungsgebiet aufgrund der vorherrschenden Luftströmungen gibt, könnte sich damit eventuell auch ein Zusammenhang der Expositionen der Buckelwiesen nachweisen lassen und damit die These der Buckelwiesengenesse aufgrund von Windwürfen unterstützt werden. Allerdings gab es im Untersuchungsgebiet zu wenige Windwürfe bzw. zu wenige Daten darüber um bevorzugte Windrichtungen zu erkennen. Außerdem ist aufgrund der abgeschotteten Lage der Südtiroler Dolomiten innerhalb der Alpen nicht anzunehmen, dass es eine bevorzugte Windrichtung und daher signifikant überdurchschnittlich vorkommende Expositionsrichtungen gibt, die häufig von Stürmen betroffen sind und daher auch eine höhere Anzahl an (aufgrund des Windwurfkonzeptes) Buckelwiesen aufweisen. Zusammenfassend kann postuliert werden, dass, nach derzeitigem Erkenntnisstand, die Expositionen eher eine untergeordnete Rolle bei der Buckelwiesengenesse spielen und andere Standortfaktoren wie die Hangneigungen, Seehöhen oder Kalkgehalte von größerer Bedeutung sind.

8.1. Bewertung der Methode der Buckelwiesenextraktion auf Orthophotos

In diesem Kapitel wird versucht die Methode der Buckelwiesenextraktion anhand der Orthophotos einer qualitativen Bewertung zu unterziehen. Dazu ist es nötig kurz auf die Vor- und Nachteile einzugehen und gegeneinander abzuwägen. Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode ist, dass bei Vorhandensein von ausreichend genauen Orthophotos ein großes Gebiet in kurzer Zeit auf mögliche Buckelwiesenvorkommen untersucht werden kann. Die Auflösung der Orthophotos sollte dabei allerdings nicht größer als 1 m und der Maßstab nicht kleiner als 1:10000 sein, da sonst keine exakte Abgrenzung möglich ist und die Bilder zu unscharf bzw. pixelig beim Vergrößern werden. Je besser die Auflösung und je genauer der Maßstab, desto besser lassen sich diese Kleinformen erkennen. Außerdem ist es leicht möglich, entlegene Gebiete mit keiner oder ungenügender Infrastruktur auf mögliche Buckelwiesenvorkommen zu überprüfen. Abgesehen vom Kauf der Orthophotos und der Visualisierungssoftware ist diese Methode auch relativ kostengünstig, da keine zeitaufwendigen und teuren Exkursionen in das Untersuchungsgebiet notwendig sind. Dennoch birgt diese Methode auch einige Unsicherheitsfaktoren, da keine hundertprozentige Garantie besteht, auch wirklich alle Buckelwiesenstandorte am Orthophoto aufzufinden bzw. manche Reliefformen fehlerhaft als Buckelwiesen auszuweisen. Außerdem gibt es auch einige Identifizierungsprobleme die bereits in Kapitel 7.1.1 erläutert wurden. So können zum Beispiel auf den Orthophotos in dicht bewaldeten Gebieten keine Buckelwiesen identifiziert werden. Dies stellt einen größeren Unsicherheitsfaktor da, da große Teile des Untersuchungsgebiets bewaldet sind. Allerdings gibt es auch in der verwendeten Literatur keine Hinweise auf Buckelwiesenvorkommen in den Wäldern im Untersuchungsgebiet. Daraus lässt sich folgern, dass die Buckelwiesen vermutlich auch in den bewaldeten Bereichen nicht sehr verbreitet sind.

Zusätzlich wäre, zumindest bei einem Teil der kartierten Buckelwiesen, nach der Orthophotoauswertung eine Evaluierung im Gelände wünschenswert um dadurch eine quantitative Bewertung der Buckelwiesenextraktion mit Hilfe von Orthophotos treffen zu können. Durch den Geländeaufenthalt im Untersuchungsgebiet konnten jedoch bereits wertvolle Informationen zum Aussehen der Buckelwiesen in Natura sowie am Orthophoto gesammelt werden. Durch diese Informationen kann daher angenommen werden, dass diese Methode recht verwertbare Ergebnisse liefert und auch auf andere (waldfreie) Gebiete ausgedehnt werden kann. Eventuell lassen sich auch durch bessere Auflösungen der

Hillshades (genauere Auflösungen als in dieser Arbeit verwendet wurden), in bewaldeten Gebieten zweckmäßige Ergebnisse erzielen.

8.2. Weitere Vorgehensweise

In diesem Kapitel sollen kurz ein paar Vorschläge zur weiteren Vorgehensweise gegeben werden. Ein wichtiger Schritt wäre die, zumindest teilweise, Evaluierung der Buckelwiesen. Damit soll überprüft werden, ob an den ausgewiesenen Standorten tatsächlich gebuckelte Flächen vorhanden sind. Weiters wären auch Untersuchungen von Gesteinsproben von Buckelwiesenstandorten notwendig um die tatsächlichen Kalkgehalte zu bestimmen und mit den, mit Hilfe der geologischen Karte von Italien, erhobenen Daten zu vergleichen und nötigenfalls anzupassen. Von besonderem Interesse sind dabei ausgewiesene Buckelwiesenstandorte in Gebieten mit (kalkfreiem) Brixener Quarzphyllit, da evaluiert werden sollte, ob dort tatsächlich Buckelwiesen auftreten und die Gesteinsproben wirklich kalkfrei sind. Sollten sich in diesen Gebieten die meist als mögliche Buckelwiesen ausgewiesene Flächen nicht bestätigen, so könnte die Anzahl der kalkfreien, möglichen Buckelwiesen deutlich reduziert werden. Zusätzlich können weitere statistische Tests zur Überprüfung der Zusammenhänge und deren Stärken zwischen den Lageparametern durchgeführt werden. Besteht beispielsweise eine Kohärenz zwischen den Kalkgehalten, Seehöhen, Hangneigungen, Flächen und den Expositionen von Buckelwiesenstandorten, aufgeteilt auch nach Gebirgsgruppen und Reliefformen.

Wünschenswert wären auch Orthophoto- und Digitale Höhenmodell Auswertungen von anderen gebuckelten Arealen in den Alpen um statistische Vergleiche ziehen und Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede in Bezug auf die Standortfaktoren evaluieren zu können. Möglicherweise gibt es übereinstimmende Lageparameter, die bisher noch nicht bekannt sind. Um die Orthophotoauswertung zu verbessern wäre auch der Ankauf von höher aufgelösten Bildern des Untersuchungsgebiets möglich. Eventuell lassen sich dadurch die Buckelwiesen leichter erkennen und besser von anderen Phänomenen, beispielsweise Feuchtgebiete, unterscheiden. Mit einem höher aufgelösten digitalen Geländemodell ließe sich womöglich ein genaueres Hillshade erstellen, mit dessen Hilfe Buckelwiesen auch in bewaldeten Bereichen auffindbar werden würden.

9. Zusammenfassung

Das primäre Ziel dieser Arbeit lag in der Suche von potentiellen Buckelwiesenstandorten in den Südtiroler Dolomiten, um die Verbreitung dieses Kleinreliefs zu erheben. Dazu wurden nach einem Geländeaufenthalt im Untersuchungsgebiet die Orthophotos des Landes Südtirol ausgewertet um die Standorte zu kartieren. In mehreren Karten der Gebirgsgruppen des Untersuchungsgebiets werden die Standorte der im Gelände verifizierten sowie der mit Hilfe der Orthophotos kartierten Buckelwiesen dargestellt. Anschließend wurden mit Hilfe eines digitalen Geländemodells verschiedene Lageparameter der Buckelwiesen erhoben und auf mögliche statistische Korrelationen überprüft.

Demzufolge weisen die Buckelwiesenareale ziemlich unterschiedliche Flächengrößen auf, wobei vor allem die Flächen, die möglicherweise irrtümlich aufgrund der Erscheinung am Orthophoto als Buckelwiesen ausgewertet wurden, geringere Größen auf. Überhaupt gab es bei der Orthophotoauswertung diverse Verwechslungsmöglichkeiten mit anderen Phänomenen, wodurch ein gewisser Unsicherheitsfaktor über die fälschlicherweise als Buckelwiesen identifizierte Objekte besteht. Wichtig ist auch der Hinweis, dass durch dieses Verfahren eine mögliche Buckelung in bewaldeten Gebieten nicht ermittelt werden kann. Aufgrund der Auflösung des zur Verfügung stehenden digitalen Geländemodells konnten auch durch die Generierung von Hillshades keine befriedigenden Ergebnisse erzielt werden.

Weiters wurde auch versucht mit Hilfe einer geologischen Karte von Italien zu bestimmen, ob sich die Buckelwiesen an Standorten mit kalkhaltigen Gesteinen befinden oder nicht, da die bisher in der Literatur erwähnten Flächen auf carbonathältige Gesteine beschränkt zu sein scheinen. Im Untersuchungsgebiet konnte zwar ein Großteil der erhobenen Flächen über kalkhaltigem Ausgangsgestein kartiert werden, dennoch wurde doch auch ein nicht zu kleiner Anteil über carbonatfreien Gesteinen kartiert. Hierbei drängt sich jedoch die Frage auf, ob diese Standorte wirklich kalkfrei bzw. ob es überhaupt gebuckelte Flächen sind, die möglicherweise fälschlich als Buckelwiesen ausgewiesen wurden. Nur eine Überprüfung im Gelände kann diese Fragen klären.

Deutliche Übereinstimmungen ergeben sich in Hinblick auf die Seehöhen und Hangneigungen der Buckelwiesen die im Großen und Ganzen recht ähnliche Werte aufweisen. So befinden sich die meisten Vorkommen in einem Höhenbereich um die 1800 m und weisen Neigungen zwischen 13-15° auf. Auf Hängen die mehr als 30° geneigt sind, kann die Buckelwiesengnese offenbar nicht oder kaum mehr stattfinden. Die Obergrenze der

Buckelwiesenverteilung befindet sich in einem Bereich von etwa 2300 m, also in einem Bereich der rezenten Waldgrenzen.

Ein anderes Ziel dieser Arbeit lag auch in der Skizzierung der Waldgrenzentwicklung seit dem Postglazial und der Erhebung der aktuellen Waldgrenzen im Untersuchungsgebiet. Dieser Schritt erfolgte, um das Windwurfkonzept, welches seine Gültigkeit nur bei rezenter oder ehemaliger Waldbedeckung findet, zur Entstehung der Buckelwiesen zu überprüfen. Da im Untersuchungsgebiet keine gebuckelten Areale über der postglazialen Waldgrenze, die bei etwa 2200-2400 m lag, gefunden werden konnte, kann das Zutreffen des Windwurfkonzeptes keinesfalls falsifiziert werden. Zur möglichen Verifizierung dieser Theorie wären weitere Untersuchungen im Gelände notwendig.

Ein weiterer Lageparameter der untersucht wurde betrifft die Auswertung der bevorzugten Expositionsrichtungen von Buckelwiesen. Die Ergebnisse zeigten allerdings keine einheitlichen Expositionen. Grundsätzlich sind die gebuckelten Areale über alle Richtungen verteilt, wobei es eine gewisse Häufung auf Südost- über Süd- bis Westhänge gibt. Statistisch nachweisen lässt sich dies allerdings nur für bestimmte Buckelwiesenkategorien.

Die Kartierung der Buckelwiesen im Untersuchungsgebiet sowie die statistischen Auswertungen der Lageparameter führten zu wichtigen Erkenntnissen betreffend der Verbreitung dieses Phänomens in den Südtiroler Dolomiten. Bisher gab es nur wenige Untersuchungen zu diesem Thema in diesem Gebiet. Nun gibt es erstmals ein die gesamte Gebirgsgruppe umfassendes Buckelwieseninventar, um einen Überblick über die Verbreitung zu erhalten. Durch die statistischen Auswertungen konnten auch einige Gemeinsamkeiten der Standorte ermittelt sowie in der Literatur vermerkte Thesen, beispielsweise über bevorzugte Hangneigungen für dieses Gebiet, bestätigt werden. Möglicherweise könnten weiterführende Untersuchungen im Gelände bzw. auch die Orthophotoauswertung sowie Überprüfung statistischer Lageparameter und der Vergleich mit anderen Gebirgsgruppen mit gebuckelten Arealen in den Alpen wertvolle Informationen liefern, um den in der Wissenschaft kontrovers diskutierten Entstehungstheorien zu diesem Kleinrelief einen wichtigen Input zu geben.

10. Literaturverzeichnis

Bortenschlager, S. 1992: Die Waldgrenze im Postglazial. In: Eder-Kovar, J. (Hrsg.): Palaeovegetational Development in Europe and Regions relevant to its Palaeofloristic Evolution: 9-13. Wien.

Bosellini A., 1998, Geologie der Dolomiten. Bozen.

Ebers E., 1951, Quartärgeologische Exkursion in das alpine Isargletschergebiet zwischen Bad Tölz und Mittenwald. In: Geologica Bavarica, Nr. 6. München.

Embleton-Hamann C., 1999, Die Buckelwiesen des Kräuterin-Massivs: Forschungsbericht über ein Projekt des Instituts für Geographie der Universität Wien.

Engelschalk W., 1971, Alpine Buckelfluren: Untersuchungen zur Frage der Buckelwiesen im Bereich des eiszeitlichen Isargletschers. In: Regensburger Geographische Schriften, Nr. 1.

Gerlach T., 1960, Report on the origin of small earth hillocks on the Hala Długa in the Gorce Range. In: Przegląd geograficzny, Band 32 Heft 1-2. Warschau.

Hamann C., 1985, Buckelwiesen und Konvergenzformen am Südrand des Tennengebirges und in anderen Arealen in den Nördlichen Kalkalpen. In: Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Universität Salzburg, Band 10.

Haserodt K., 1965, Untersuchungen zur Höhen- und Altersgliederung der Karstformen in den Nördlichen Kalkalpen. In: Münchener Geographische Hefte, Nr. 27.

Hofinger A., 2010, Morphometrische Analysen zur Klärung der Buckelwiesengense. Wien, Dipl.

Holtmeier F.-K., 1967, Die Waldgrenze im Oberengadin in ihrer physiognomischen und ökologischen Differenzierung. Bonn, Diss.

Holtmeier F.-K., 2009, Mountain Timberlines. Ecology, Patchiness, and Dynamics. o. O., (Advances In Global Change Research, Band. 36).

Goldberger J., 1950, Morphologische Beobachtungen am Tschirgant bei Imst. In: Schlern-Schriften, Nr. 65. Innsbruck.

Knauer J., 1943, Die Entstehung der Buckelwiesen. In: Mitteilungen Geographische Gesellschaft München, Nr. 34.

Keim L., Geologische Glanzlichter. Was die Dolomiten zum UNESCO-Welterbe macht? Autonome Provinz Bozen-Südtirol, Ressort für Raumordnung, Umwelt und Energie, Jahrgang 7 – Nr. 2, Dezember 2009, Bozen.

Krieg W., 1953, Geomorphologische Beobachtungen. Die Verkarstung des östlichen Dachsteinstockes und ein Beitrag zum Problem der Buckelwiesen. Graz, Diss.

Mardia K. v., Jupp P., 2000, Directional statistics. Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.

Müller S., 1962, Isländische Thufur und alpine Buckelwiesen – ein genetischer Vergleich. Teil II: Alpine Buckelwiesen. In: Natur und Museum 92. Frankfurt.

Priehäusser G., 1957, Über die Entstehung der Buckelwiesen bei Mittenwald. In: Bayerisch landwirtschaftliches Jahrbuch 34, München.

Staffler H., Feichter A. 1999: Subfossile Holzrestfunde in Langtaufers, Vinschgau, Öztaler Alpen. In: Der Schlern 73, Bozen.

Stini J., 1940, Zur Frage der Entstehung der Buckelwiesen. In: Geologie und Bauwesen Nr. 12., Wien.

Tranquillini W., 1979, Physiological Ecology of the Alpine Timberline. Berlin, Heidelberg, New York.

Wieser G. und M. Tausz (ed.), 2007, Trees at their upper limit. Dodrecht.

Zech W. und U. Wölfel, 1974, Untersuchungen zur Genese der Buckelwiesen im Kloaschautal. In: Forstwissenschaftliches Centralblatt 93.

Zeitschrift Alpin, Ausgabe Juni 2005, Nürnberg.

Internetquellen:

Autonome Provinz Bozen-Südtirol – Abteilung Forstwirtschaft – Amt für Forstplanung (hrsg.), 2010, Waldtypisierung Südtirol. Band 1. <http://www.provinz.bz.it/forst/studienprojekte/waldtypisierung.asp> (22.8.2012)

Aufhauser E., o. J., Chi-Quadrat-Test. <http://www.univie.ac.at/soziologie-statistik/soz/daten/chi-quadrat.pdf> (13.9.2011)

Brosius F., 2006, SPSS 14.

http://www.mitp.de/imperia/md/content/vmi/1634/1634_kapitel_20.pdf (10.9.2011)

Damm B., 1998, Waldgrenze, Baumgrenze, Waldentwicklung und Siedlungstätigkeit in den Tauferer Bergen (Südtirol) während des Postglazials. In: Geoökodynamik Band 19, http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/phil_Fak_III/Geographie/phygeo/downloads/Geo_oko_dynamik_98.pdf (23.8.2012)

Fink S., 2009, Starkniederschläge in Südtirol zwischen 1982 und 2002. Innsbruck, Dipl., http://imgi.uibk.ac.at/sekretariat/diploma_theses/Fink_Siegfried_2009_Dipl.pdf (20.8.2012)

Heissel W. und Ladurner J., 1935, Geologie des Gebietes von Villnöß – Gröden – Schlern – Rosengarten. Innsbruck. http://www.geologie.ac.at/filestore/download/JB0861_001_A.pdf (3.4.2012)

Hoffmann T. und Rödel R., 2004, Leitfaden für die statistische Auswertung geographischer Daten. <http://www.yepat.uni-greifswald.de/geo/fileadmin/dateien/Publikationen/>

GGA/GGA_33_LeitfadenStatistik.pdf (20.4.2012)

Hüftle M., 2006, Methoden der Abhängigkeitsanalyse.

<http://134.169.42.157/Methoden/AbhaeMet/AbhaeMet.pdf> (20.4.2012)

Johnson N. L. und Kotz S., 1970, *Continuous Univariate Distributions* – 2. Boston,

http://www.humanneuro.physiol.umu.se/Local_use/Manuals/circularstatistic_ZAR.pdf
(10.5.2012)

Landeswetterdienst Südtirol, o. J., Klima in Südtirol – Wissenswertes zum Klima und Wetter in Südtirol, http://wetter.bz.it/klima_suedtirol.html (17.8.2012)

Lee S., 2005, Application of logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing data, *International Journal of Remote Sensing*, 26:7, 1477- 1491,

<https://univpn.univie.ac.at/+CSCO+0h756767633A2F2F6A6A6A2E676E6171736261797661722E70627A++/doi/pdf/10.1080/01431160412331331012> (16.7.2012)

Marazzi S., o. J., La “Suddivisione orografica internazionale unificata del Sistema Alpino” (SOIUSA), <http://www.fioridimontagna.it/it/soiusa/Artic-11p-AtlOrAlpi-SOIUSA.pdf> (17.2.2012).

Möbus S., 2011, Gipfel und Gebirgsgruppen der Alpen,

<http://sites.google.com/site/gipfelderalpen> (17.2.2012)

Nicolussi K. u. a., 2005, Holocene tree-line variability in the Kauner Valley, Central Eastern Alps, indicated by dendrochronological analysis of living trees and subfossil logs. In: *Vegetation History and Archaeobotany* 14,

http://bfw.ac.at/rz/document_api.download?content=Praxisinfo_Waldgrenze.pdf (23.8.2012)

Nicolussi K., Patzelt G., 2006, Klimawandel und Veränderungen an der alpinen Waldgrenze – aktuelle Entwicklungen im Vergleich zur Nacheiszeit. In: *BFW Praxisinformation* Nr. 10,

http://bfw.ac.at/rz/document_api.download?content=Praxisinfo_Waldgrenze.pdf (23.8.2012)

Nicolussi K, 2009, Alpine Dendrochronologie - Untersuchungen zur Kenntnis der holozänen Umwelt- und Klimaentwicklung. In: R. Schmidt, C. Matulla, R. Psenner (Hrsg.): Klimawandel in Österreich. (Innsbruck University Press) Alpine Space - man & environment 6, <http://www.uibk.ac.at/alpinerraum/publications/vol6/nicolussi.pdf> (23.8.2012)

Pernerstorfer G., o. J., t-Test für unabhängige Stichproben. http://www.mathe-online.at/materialien/georg.pernerstorfer/files/Kap3/t-test_unabh.pdf (7.9.2011)

Reasoner M. A., Tinner W., 2009, Holocene Treeline Fluctuations. In: Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments Teil 8, http://www.botany.unibe.ch/paleo/publications/reprints/EncPalClimAncEnv_442.pdf (23.8.2012)

Reinboth C., 2006, Vertiefungsrichtung Marktforschung. <http://forschung.harzoptics.de/files/explorativ.pdf> (9.8.2011)

Staffler H., Nicolussi K., Patzelt G., 2011, Postglaziale Waldgrenzentwicklung in den Westtiroler Zentralalpen. In: Gredleriana, Vol. 11, http://www.naturmuseum.it/7B14F1E2-2B11-49F7-BB27-60067812C100/FinalDownload/DownloadId-642CF5D07AE14DA6AC799A7DA58AB813/7B14F1E2-2B11-49F7-BB27-60067812C100/scriptsredas/includes/reso/publ_getreso.asp?pres_ID=243279 (23.8.2012)

Universität Innsbruck, 2007, Alpine Vegetation in den Dolomiten gefährdet. http://www.uibk.ac.at/ipoint/news/uni_und_forschung/446433.html (22.8.2012)

Universität Zürich, 2010, Pearson Chi². <http://www.methodenberatung.uzh.ch/datenanalyse/zusammenhaenge/pearsonzush.html> (27.4.2012)

Universität Zürich, 2011, Mann-Whitney-U-Test. <http://www.methodenberatung.uzh.ch/datenanalyse/unterschiede/zentral/mann.htm> (14.9.2011)

Orthophotos 2006 und Geländemodell 2004/05 von Südtirol:

<http://www.provinz.bz.it/informatik/kartografie/landeskartografie-orthofoto.asp>

Geologische Karte von Italien 1:100000 für den Bereich Südtirol (CARGbrowser):

<http://www.provinz.bz.it/informatik/themen/maps-webgis.asp>

Sonstiges

Persönliches Gespräch mit Herrn Dietmar Profanter, Hüttenwirt der Gletsch Alm, 22.05.2010

Persönliches Gespräch mit Herrn Michael Eppacher, Mitarbeiter des Forstinspektorats Brixen, 23.05.2010

E-Mail Verkehr im April 2010 mit Herrn Armin Davai von der Forststation Kaltenbrunn

Verwendete EDV Programme

ArcGIS Version 9.3 und 10.0

Microsoft Office Excel Version 2003 und 2010

SPSS Version 11.5

11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Buckelwiese bei Kompatsch auf der Seiser Alm	8
Abbildung 2: Schematisiertes Profilbild einer Grabung von Penck im Tennengebirge	11
Abbildung 3: Schematische Darstellung einer Grabung von Engelschalk	13
Abbildung 4: Profilbild einer Grabung von Gerlach in den Karpaten	14
Abbildung 5: Entstehung von Buckel und Mulde durch einen umstürzenden Baum	15
Abbildung 6: Abnahme der Baumgrenze in Richtung des Talschlusses.	22
Abbildung 7: Einflüsse der Mikrotopographie auf die verschiedenen Standortfaktoren und die Pflanzenbedeckung.....	29
Abbildung 8: Abgrenzung des Untersuchungsgebietes nach Gebirgsgruppen	36
Abbildung 9: Übersicht der Schichtabfolgen in den Südtiroler Dolomiten	40
Abbildung 10: Klimadiagramme aus dem Untersuchungsgebiet.....	43
Abbildung 11: Waldanteil der Gemeinden im Untersuchungsgebiet in Prozent sowie in den umliegenden Gemeinden.....	46
Abbildung 12: Orthophoto und Hillshade der Gletschalm.....	49
Abbildung 13: Gesicherter Buckelwiesenstandort am Fuße des Rosengartens	50
Abbildung 14: Gesicherte Buckelwiesenstandorte auf der Seiser Alm	51
Abbildung 15: Wahrscheinliche Buckelwiesenstandorte beim Würzjoch.....	52
Abbildung 16: Möglicher Buckelwiesenstandort in den Sextener Dolomiten.....	53
Abbildung 17: Planierte Buckelwiese auf der Gletsch Alm	54
Abbildung 18: Beispielhafte Berechnung des Watson Tests.	66
Abbildung 19: Buckelwiesen in den Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten (Ostabschnitt)	72
Abbildung 20: Buckelwiesen in den Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten (Mittlerer Abschnitt).....	73
Abbildung 21: Buckelwiesen in den Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten (Nordabschnitt).....	74
Abbildung 22: Buckelwiesen in den Sextener, Pragser und Ampezzaner Dolomiten (Süddabschnitt).....	75
Abbildung 23: Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal (Nordabschnitt)	76
Abbildung 24: Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal (Ostabschnitt).....	77

Abbildung 25: Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten nördlich vom Grödner Tal (Westabschnitt)	78
Abbildung 26: Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal (Ostabschnitt)	79
Abbildung 27: : Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal (Westabschnitt)	80
Abbildung 28: Buckelwiesen in den Grödner und Fassaner Dolomiten südlich vom Grödner Tal (Südabschnitt)	81
Abbildung 29: Buckelwiesen in den Fleimstaler Alpen (Ostabschnitt).....	82
Abbildung 30: Buckelwiesen in den Fleimstaler Alpen (Westabschnitt)	83
Abbildung 31: Unruhige Oberflächen im Hochgebirge	84
Abbildung 32: Feuchtgebiete können auf Orthophotos das Aussehen von Buckelwiesen aufweisen.....	85
Abbildung 33: Anzahl der Buckelwiesen pro km ² und Seehöhe	90
Abbildung 34: Frequency ratios der Seehöhen der Buckelwiesen.....	91
Abbildung 35: Relativanteil der Expositionsrichtungen der verschiedenen Buckelwiesenkategorien.....	94
Abbildung 36: Anzahl der Buckelwiesen pro km ² und Exposition.....	95
Abbildung 37: Frequency ratios der Expositionen der Buckelwiesen	96
Abbildung 38: Anzahl der Buckelwiesen pro km ² und Hangneigung	98
Abbildung 39: Frequency ratio der Hangneigungen der Buckelwiesen	100
Abbildung 40: Kalkgehalt der Buckelwiesen.....	101
Abbildung 41: Verteilungsformen der verschiedenen Buckelwiesenkategorien	117
Abbildung 42: Streudiagramm der Einzelmesswerte der Seehöhen und Flächen aller Buckelwiesen	120

12. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vor 1985 veröffentlichte Zahlenwerte zu den Größenverhältnissen der Buckelwiesen	8
Tabelle 2: Minimale Baumhöhen verschiedener Autoren zur Identifizierung der oberen Baumgrenze.....	20
Tabelle 3: Die Einflüsse der Schneedecke auf Bäume an der Waldgrenze.....	27
Tabelle 4: Klimatabellen aus dem Untersuchungsgebiet.	44
Tabelle 5: Seehöhen der Wald- und Baumgrenzen nach Gebirgsgruppen.....	86
Tabelle 6: Statistische Auswertungen des gesamten Untersuchungsgebietes nach Lageparametern	87
Tabelle 7: Anzahl der Buckelwiesen pro km ² und Seehöhe	90
Tabelle 8: Frequency ratio der Seehöhe der Buckelwiesen	92
Tabelle 9: Prozentanteil der Seehöhen der Buckelwiesen und des gesamten Untersuchungsgebiets.....	92
Tabelle 10: Anzahl der Buckelwiesen pro km ² und Exposition.....	96
Tabelle 11: Frequency ratio der Expositionen der Buckelwiesen.....	97
Tabelle 12: Anzahl der Buckelwiesen pro km ² und Hangneigung	98
Tabelle 13: Frequency ratio der Hangneigungen der Buckelwiesen.....	100
Tabelle 14: Prozentanteil der Hangneigungen der Buckelwiesen und des gesamten Untersuchungsgebiets.....	100
Tabelle 15: Statistische Auswertungen nach Gebirgsgruppen.....	102
Tabelle 16: Statistische Auswertungen nach dem Relief	107
Tabelle 17: Statistische Auswertungen der Fläche	112
Tabelle 18: Statistische Auswertungen der Seehöhe.....	113
Tabelle 19: Statistische Auswertungen der Hangneigungen.....	115
Tabelle 20: Statistische Auswertungen des Kalkgehaltes	118
Tabelle 21: Statistische Überprüfung der Flächengrößen und Kalkgehalte (Teil 1).....	121
Tabelle 22: Statistische Überprüfung der Flächengrößen und Kalkgehalte (Teil 2).....	122
Tabelle 23: Statistische Einzelauswertungen der gesicherten Buckelwiesen	143
Tabelle 24: Statistische Einzelauswertungen der wahrscheinlichen Buckelwiesen.....	145
Tabelle 25: Statistische Einzelauswertungen der möglichen Buckelwiesen.....	151
Tabelle 26: Statistische Einzelauswertungen der planierten Buckelwiesen.....	151
Tabelle 27: Einzelauswertungen der gesicherten Buckelwiesen nach Expositionsdaten	152

Tabelle 28: Einzelauswertungen der wahrscheinlichen Buckelwiesen nach Expositionsdaten
..... 154

Tabelle 29: Einzelauswertungen der möglichen Buckelwiesen nach Expositionsdaten..... 159

Tabelle 30: Einzelauswertungen der geplanten Buckelwiesen nach Expositionsdaten..... 159

13. Anhang

Abschließend werden auf den nächsten Seiten die statistischen Auswertungen jeder einzelnen Buckelwiese sowie ein Lebenslauf dargestellt. Dabei wurden folgende Abkürzungen verwendet:

Objectid: Objektnummer der jeweiligen Buckelwiese

Fläche: Fläche der Buckelwiesen in m²

Min, Max: Minimale bzw. maximale Seehöhe (in m) bzw. Hangneigung (in °) der betreffenden Buckelwiese

Range: Höhererstreckung (in m) bzw. Hangneigungsspektrum (in °) pro Buckelwiese

Mean: Mittelwert der jeweiligen Buckelwiese (in m und °)

Std: Standardabweichung vom Mittelwert der jeweiligen Buckelwiese (in m und °)

Kalk: Kalihaltigkeit der jeweiligen Buckelwiese: 0 = nein, 1 = ja

Gebirgsgruppe: 1 = Sextener, Prager und Ampezzaner Dolomiten, 2 = Grödner und Fassaner Dolomiten (nördlich vom Grödner Tal), 3 = Fleimstaler Alpen, 4 = Grödner und Fassaner Dolomiten (südlich vom Grödner Tal)

Relief: Position im Relief: 1 = Unter Wänden, Schuttkegel- fächer, Hangschutt, 2 = Hochflächen, 3 = Talböden, 4 = Hangbereiche

Buckelwiesen gesichert														
Objectid	Fläche (m ²)	Hangneigung (°)					Seehöhe (m)					Kalkgehalt	Gebirgsgruppe	Relief
		Min	Max	Range	Mean	Std	Min	Max	Range	Mean	Std			
1	11276	2	22	20	10	4	1893	1912	19	1904	4	1	2	1
2	127162	0	45	45	12	4	1888	1990	102	1937	19	1	2	1
3	35501	0	34	34	11	6	1678	1700	22	1689	4	1	4	2
4	15733	0	34	33	13	7	1687	1706	19	1695	3	1	4	4
5	17065	4	29	25	16	4	1855	1885	30	1872	7	1	4	2
6	151955	0	34	34	10	4	1797	1885	89	1837	14	1	4	2
7	1571	4	23	20	15	4	1828	1842	14	1836	4	1	4	2
8	1157	1	18	17	8	4	1852	1856	4	1855	1	1	4	2
9	41966	1	32	31	16	5	1906	1982	76	1945	19	1	2	2
10	15334	2	34	32	13	4	1707	1735	28	1721	7	1	4	1
11	3679	5	19	13	12	2	1736	1750	14	1742	4	1	4	1
12	10539	5	22	17	12	3	1759	1799	39	1775	9	1	4	1
13	456	16	24	9	19	2	1832	1840	8	1836	2	1	4	1
14	4430	12	32	20	22	4	1774	1837	63	1803	18	1	4	1
15	136527	0	32	32	17	5	1802	2019	217	1919	56	1	4	1
16	72798	4	33	29	19	4	1771	1866	95	1813	23	1	4	1
17	6860	7	28	21	20	4	1724	1767	43	1742	11	1	4	1
18	8511	3	39	36	12	7	1717	1735	18	1724	4	1	4	1
19	38668	2	24	23	11	3	1724	1761	37	1743	9	1	4	1
20	66277	2	35	32	15	5	1711	1826	115	1771	33	1	4	1
21	13098	1	23	22	8	2	1684	1710	25	1697	5	1	4	1
22	27668	3	31	28	14	6	1706	1793	88	1737	25	1	4	1
23	5422	5	23	17	13	4	1720	1745	26	1731	6	1	4	1
24	894	9	35	26	20	5	1755	1772	17	1764	4	1	4	1
25	25491	0	31	31	13	7	1877	1923	46	1895	8	1	1	2
26	132658	0	35	35	8	4	1803	1841	38	1831	6	0	4	2

Tabelle 23: Statistische Einzelauswertungen der gesicherten Buckelwiesen

Anhang

Buckelwiesen wahrscheinlich														
Objectid	Fläche (m ²)	Hangneigung (°)					Seehöhe (m)					Kalk	Gebirgs- gruppe	Relief
		Min	Max	Range	Mean	Std	Min	Max	Range	Mean	Std			
1	2390	7	27	19	15	3	1892	1906	14	1899	3	0	1	2
2	10453	0	33	33	12	6	1949	1983	34	1974	8	1	2	2
3	4048	1	19	19	8	4	1808	1822	14	1815	2	0	4	2
4	25600	1	20	18	11	3	1775	1809	34	1792	8	0	4	2
5	4169	3	16	13	10	3	1804	1821	16	1812	5	0	4	2
6	2145	14	23	9	18	2	1916	1939	23	1928	6	1	2	2
7	4431	15	30	15	24	3	1858	1911	53	1882	14	1	2	4
8	25876	5	34	29	24	4	1875	1945	70	1911	17	1	2	4
9	16308	7	32	25	21	4	1976	2051	76	2005	18	1	2	1
10	15104	9	30	21	19	4	1975	2026	52	1998	12	1	2	1
11	36609	1	38	36	19	5	1760	1821	62	1785	14	1	2	4
12	6991	1	25	24	13	5	1930	1969	39	1954	9	0	2	1
13	86877	1	40	40	13	6	1949	2046	97	2005	22	1	2	1
14	3212	6	20	14	12	3	1905	1934	30	1919	7	1	2	1
15	4911	5	24	19	10	3	1964	1988	25	1975	6	1	2	1
16	11652	0	26	26	11	4	2035	2073	38	2060	10	1	2	2
17	4200	2	24	22	10	5	1799	1813	14	1804	3	1	2	4
18	40198	3	23	20	11	3	1808	1885	78	1839	21	1	2	3
19	12681	3	36	33	12	4	1817	1849	33	1832	8	1	2	3
20	16535	1	28	27	12	4	1823	1871	48	1845	10	1	2	3
21	859	2	19	18	8	3	1818	1822	4	1820	1	1	2	3
22	7435	0	29	29	14	7	1924	1947	23	1937	4	1	2	4
23	17613	1	29	27	11	5	1902	1932	30	1915	7	1	2	4
24	21029	0	32	32	14	5	1801	1863	62	1827	13	0	2	4
25	5653	1	32	31	16	8	1907	1933	26	1918	5	1	2	1
26	77498	1	37	36	18	5	1855	2018	163	1925	31	1	4	1
27	555	13	20	7	17	1	1860	1870	10	1865	3	1	4	1
28	193410	0	40	40	20	5	1870	2116	246	1973	53	1	4	1
29	22791	4	39	35	24	5	1897	2031	134	1955	36	1	4	1
30	2847	0	23	23	7	4	1672	1680	8	1678	2	1	4	2
31	5893	5	31	26	21	3	1856	1902	46	1878	11	1	4	1
32	582	18	27	9	22	2	1914	1922	8	1918	2	1	4	1
33	1389	7	32	26	20	6	1903	1918	15	1912	3	1	4	1
34	16398	1	27	26	11	4	1688	1728	39	1714	9	1	4	1
35	41309	2	17	15	7	1	1667	1712	45	1687	10	1	4	1
36	1428	13	36	23	22	4	1731	1773	42	1754	13	1	4	1
37	7401	4	28	24	14	5	1865	1899	33	1880	9	1	1	2
38	5918	0	20	20	6	4	1906	1911	6	1908	1	1	1	2
39	2368	5	21	16	11	4	1902	1911	9	1906	2	1	1	2
40	23547	0	11	11	4	2	1434	1445	11	1438	3	1	1	3
41	2966	1	44	43	14	8	1909	1929	20	1920	5	1	1	4
42	10389	1	32	31	13	6	1931	1974	43	1958	7	1	1	4
43	16573	7	38	31	19	5	2007	2084	76	2045	19	1	1	2
44	4986	11	32	21	20	3	1470	1493	23	1483	5	1	1	3
45	7199	6	32	26	20	4	1713	1750	37	1728	9	1	1	4
46	12378	4	29	25	18	4	1989	2050	60	2017	15	1	1	1
47	985	1	26	25	17	5	1655	1657	2	1656	1	1	1	2
48	1816	6	34	28	19	5	1964	1981	17	1974	4	1	1	4
49	30340	0	36	36	9	6	1968	1996	28	1979	7	1	1	2
50	9220	0	36	36	7	6	1967	1980	13	1972	1	1	1	2
51	17672	0	34	33	10	6	1969	1988	19	1980	4	1	1	2
52	12256	6	29	23	16	5	1704	1754	50	1733	11	1	1	4
53	6742	7	25	18	15	3	1674	1697	23	1684	5	1	1	4
54	10072	4	29	24	16	4	1665	1707	42	1688	9	1	1	4
55	7522	8	27	19	15	3	1719	1749	31	1734	7	1	1	4
56	9004	5	24	19	14	5	1496	1598	102	1552	42	1	1	3
57	1850	3	13	10	8	2	1837	1845	7	1841	2	0	2	2
58	6323	9	29	20	19	4	1577	1607	29	1594	7	0	2	4
59	11612	3	31	28	15	5	1959	1994	35	1980	9	1	2	1
60	3612	6	30	24	15	5	1976	1996	20	1987	4	1	2	1
61	10181	4	35	32	11	4	2007	2035	28	2020	7	1	2	1
62	5909	1	34	33	15	4	1869	1903	34	1882	10	1	2	1
63	2689	7	19	12	11	2	1985	1998	13	1992	3	1	2	1
64	5168	9	23	14	16	3	1986	2037	51	2019	13	1	2	1
65	13530	13	36	23	26	4	1954	2044	90	1993	23	1	2	4
66	42732	1	39	38	17	6	1936	2017	81	1969	17	1	2	2
67	2453	4	17	13	8	3	1932	1941	9	1937	2	1	2	4
68	3275	7	27	20	15	4	1656	1689	32	1669	10	1	2	4
69	16834	4	36	32	21	5	2007	2084	76	2045	19	1	2	4
70	2857	16	38	23	25	3	1929	1957	28	1942	7	1	2	4

Buckelwiesen wahrscheinlich														
Objectid	Fläche (m ²)	Hangneigung (°)					Seehöhe (m)					Kalk	Gebirgs- gruppe	Relief
		Min	Max	Range	Mean	Std	Min	Max	Range	Mean	Std			
71	16990	1	35	34	20	6	1718	1775	57	1747	15	1	1	4
72	4744	8	24	16	15	3	1528	1547	20	1540	5	1	2	2
73	3394	10	30	20	16	3	1522	1541	19	1533	4	1	2	2
74	1396	2	21	19	9	5	1532	1539	7	1536	1	1	2	2
75	5069	7	19	12	13	2	1578	1605	27	1593	7	1	2	2
76	16780	6	34	28	19	5	1507	1578	72	1548	16	1	2	2
77	6614	4	31	27	20	5	1654	1694	40	1676	11	1	2	2
78	7228	0	35	35	16	9	1649	1672	23	1665	4	1	2	2
79	2601	5	26	21	17	4	1696	1707	11	1702	3	1	2	2
80	329	10	20	11	14	3	1715	1719	4	1717	1	1	2	2
81	1698	12	21	9	17	2	1341	1362	22	1350	6	1	2	4
82	1556	13	34	21	22	4	1744	1764	20	1754	5	1	2	2
83	4667	1	12	10	6	2	1868	1876	9	1872	2	1	1	2
84	1452	1	16	15	9	4	1829	1835	6	1831	2	1	1	2
85	34033	2	30	28	13	3	1697	1756	58	1729	13	1	1	4
86	40766	0	19	19	5	3	1616	1638	21	1623	5	1	2	3
87	1247	3	10	7	7	2	1641	1646	5	1643	1	1	2	3
88	5334	4	13	9	7	2	1646	1657	11	1653	3	1	2	3
89	939	1	5	5	3	1	1655	1657	2	1656	1	1	2	3
90	31467	0	39	38	11	6	1837	1866	28	1851	7	1	2	2
91	10705	2	34	32	13	5	2006	2036	30	2019	9	1	1	2
92	48181	4	35	31	24	4	1915	2092	176	2021	41	1	4	1
93	2973	17	27	10	22	2	1868	1905	37	1887	10	1	4	1
94	163061	4	47	43	19	5	1754	2013	259	1900	54	1	4	1
95	31168	5	37	32	17	5	2028	2130	102	2070	23	1	4	1
96	43894	5	40	34	18	4	1911	2026	115	1962	28	1	4	2
97	76294	1	27	27	11	4	1864	1979	115	1917	33	1	2	2
98	21236	3	16	13	8	2	1818	1869	51	1840	13	1	4	1
99	10880	2	15	13	8	2	1846	1865	19	1855	4	1	4	1
100	120991	0	33	33	12	5	1962	2071	108	2032	22	1	4	1
101	46498	0	24	24	9	3	1623	1669	46	1651	12	1	4	2
102	40323	2	24	22	14	4	1631	1702	70	1660	15	1	4	2
103	1302	6	15	9	11	2	1719	1726	8	1723	2	1	4	2
104	6854	0	14	14	5	2	1677	1688	10	1683	2	1	4	2
105	3128	2	14	12	7	2	1686	1700	13	1693	3	1	4	2
106	4290	0	10	10	4	2	1686	1693	7	1691	2	1	4	2
107	15634	4	23	19	14	3	1612	1673	61	1643	18	1	4	2
108	2685	12	33	21	19	4	1542	1556	14	1548	3	1	4	4
109	23825	4	35	31	10	2	1966	2016	50	1992	11	1	4	1
110	6584	8	32	24	19	4	1991	2035	45	2012	11	1	4	1
111	32004	2	26	24	12	3	1816	1872	56	1845	13	1	4	2
112	9269	10	32	21	18	3	1792	1827	35	1814	8	1	4	2
113	23022	0	20	19	10	4	1754	1782	27	1768	6	1	4	2
114	2082	3	27	23	13	3	1785	1797	11	1792	3	1	4	2
115	41830	2	32	30	19	4	1822	1988	166	1905	42	1	3	1
116	9783	9	22	13	15	2	1671	1705	34	1690	7	1	4	1
117	6621	0	14	13	5	2	1744	1753	9	1749	2	0	3	2
118	2567	7	21	14	13	3	1730	1743	13	1736	3	1	3	2
119	5611	4	22	18	8	2	1685	1697	11	1691	2	0	3	2
120	12936	2	24	22	12	3	1816	1841	26	1828	6	1	3	4
121	28019	4	27	23	15	4	1515	1591	76	1559	18	0	3	4
122	21738	0	26	25	14	5	1574	1618	44	1600	9	1	3	4
123	9004	5	24	19	14	5	1496	1598	102	1552	42	0	3	4
124	15796	3	27	24	14	4	1904	1943	39	1923	9	1	3	4

Tabelle 24: Statistische Einzelauswertungen der wahrscheinlichen Buckelwiesen

Buckelwiesen möglich														
Objectid	Fläche (m ²)	Hangneigung (°)					Seehöhe (m)					Kalk	Gebirgs- gruppe	Relief
		Min	Max	Range	Mean	Std	Min	Max	Range	Mean	Std			
1	10330	2	31	29	17	5	1848	1892	44	1868	11	1	2	4
2	7985	12	38	27	22	6	1851	1918	66	1889	18	1	2	4
3	7487	9	38	29	27	4	1784	1819	36	1801	9	1	2	4
4	5036	6	34	27	22	6	1814	1869	55	1840	15	1	2	4
5	1311	19	36	18	32	3	1912	1930	18	1922	4	0	2	1
6	577	25	35	10	30	2	1928	1949	21	1939	5	0	2	1
7	7863	3	18	16	12	3	1962	1988	25	1975	6	1	2	1
8	7801	0	20	20	13	4	1975	2002	27	1990	5	1	2	1
9	6389	5	17	12	10	2	1995	2015	20	2005	5	1	2	1
10	13136	0	34	33	16	7	1960	1990	29	1977	6	1	2	1

Anhang

Buckelwiesen möglich															
Objectid	Fläche (m ²)	Hangneigung (°)					Seehöhe (m)					Kalk	Gebirgs- gruppe	Relief	
		Min	Max	Range	Mean	Std	Min	Max	Range	Mean	Std				
11	4676	7	30	22	13	4	1984	2019	34	2000	8	1	2	1	
12	30513	1	36	35	17	7	2115	2199	84	2152	22	1	2	4	
13	7076	0	35	35	13	8	2079	2100	21	2089	4	1	2	2	
14	12215	4	32	28	15	4	1863	1902	39	1879	9	1	2	4	
15	1857	2	22	20	14	4	2132	2145	13	2139	3	1	2	2	
16	24934	6	38	32	21	7	1800	1873	73	1830	19	1	2	4	
17	3490	0	32	32	18	8	1900	1917	18	1908	3	1	2	4	
18	1238	1	17	17	8	3	1885	1891	6	1888	1	1	2	4	
19	6626	3	31	28	17	5	1737	1766	29	1753	7	1	2	4	
20	11037	5	38	33	16	6	1708	1773	65	1741	16	1	2	3	
21	5922	3	30	27	18	5	1194	1231	37	1216	10	0	2	4	
22	4894	3	33	29	20	5	801	833	32	816	7	0	2	2	
23	3158	13	31	18	23	4	1735	1759	24	1747	6	0	2	4	
24	2457	13	39	26	28	4	1697	1720	22	1709	6	0	2	4	
25	4668	17	44	27	32	4	1466	1563	97	1518	26	0	2	4	
26	1067	11	27	16	18	4	1428	1441	13	1435	3	0	2	4	
27	1648	20	36	17	26	2	1625	1651	26	1637	6	0	2	4	
28	9548	1	35	34	23	6	1945	1982	37	1967	9	0	2	4	
29	6394	4	14	10	9	2	1304	1326	22	1317	5	0	2	4	
30	7431	6	13	7	9	1	1332	1348	16	1341	4	0	2	4	
31	5606	0	19	19	5	3	1744	1755	11	1748	2	1	2	3	
32	20351	3	35	33	16	5	1693	1735	42	1714	9	1	2	3	
33	8406	9	37	28	24	5	1924	1990	66	1954	16	1	2	4	
34	6574	0	44	44	15	7	2035	2063	28	2054	7	1	2	4	
35	1217	3	44	40	11	8	1877	1886	9	1883	2	1	2	3	
36	63304	1	33	32	15	6	1883	1973	90	1911	20	1	2	4	
37	26589	1	33	32	16	6	1892	1973	81	1925	24	0	2	4	
38	1775	0	15	15	6	3	1843	1850	7	1846	2	0	2	4	
39	1890	8	31	23	19	5	1757	1777	20	1767	4	0	2	4	
40	29909	6	27	21	15	4	1787	1852	65	1824	16	0	2	4	
41	4033	1	28	27	12	6	1930	1961	31	1951	8	1	2	4	
42	550	3	26	23	16	6	1956	1963	7	1959	2	1	2	4	
43	2349	5	24	19	14	3	1943	1965	22	1954	6	0	2	4	
44	7854	3	40	37	23	7	1912	1965	53	1939	12	1	2	1	
45	5861	9	28	19	16	3	1940	1998	58	1969	14	0	2	4	
46	1025	6	17	11	11	2	1966	1974	8	1970	2	0	2	4	
47	1006	10	17	7	13	1	1932	1946	14	1939	4	0	2	4	
48	544	7	17	10	12	3	1970	1976	6	1973	2	0	2	4	
49	1404	10	31	21	22	4	1873	1899	26	1885	8	0	2	4	
50	2082	6	27	21	14	4	1853	1880	27	1868	7	0	2	4	
51	7759	2	31	29	14	5	1886	1924	38	1899	8	0	2	4	
52	43824	11	58	47	35	6	2051	2317	266	2190	71	0	2	4	
53	21199	12	55	43	31	7	2079	2215	136	2151	28	0	2	4	
54	23723	2	45	43	24	8	2141	2244	103	2179	24	0	2	4	
55	9840	7	45	38	28	5	1870	1968	98	1913	26	0	2	4	
56	54216	1	37	37	21	6	1941	2087	146	2023	28	1	4	1	
57	53237	3	42	39	22	5	1978	2147	169	2075	38	1	4	1	
58	12265	17	36	20	27	4	2022	2076	54	2047	12	1	4	1	
59	3767	2	22	20	10	3	1670	1686	15	1677	4	1	4	2	
60	23396	4	30	26	15	3	1804	1877	73	1840	19	1	4	1	
61	8246	1	15	14	6	2	1642	1666	24	1654	6	1	4	1	
62	11415	0	32	32	7	5	2203	2215	13	2208	3	1	1	2	
63	43977	13	54	41	31	5	1875	1995	120	1933	25	1	1	4	
64	3840	13	24	11	17	2	1881	1906	25	1893	6	1	1	4	
65	4956	3	34	31	24	5	1907	1954	47	1929	12	1	1	4	
66	1046	2	20	18	11	4	1949	1955	6	1952	1	1	1	2	
67	7068	0	20	20	10	4	1944	1986	41	1967	10	1	1	2	
68	4656	5	32	27	20	5	1695	1712	17	1702	4	1	1	4	
69	11576	10	32	21	22	4	1553	1597	45	1577	10	1	1	4	
70	13277	0	27	27	9	5	1806	1822	16	1816	3	1	1	4	
71	12990	0	31	31	12	6	1810	1837	27	1823	5	1	1	4	
72	2983	0	23	22	11	5	1941	1952	12	1945	3	1	1	1	
73	2147	1	21	20	8	3	1853	1858	5	1855	1	1	1	1	
74	3641	0	27	27	6	5	1830	1839	9	1835	2	1	1	1	
75	2664	2	35	33	7	5	1840	1848	8	1843	2	1	1	1	
76	13009	24	40	16	31	2	2005	2091	86	2045	20	1	1	1	
77	4893	2	29	27	13	5	1964	1978	14	1970	3	1	1	3	
78	3850	4	20	16	10	3	1929	1940	11	1935	3	1	1	3	
79	13733	0	16	16	5	2	1981	1989	8	1985	2	1	1	3	
80	7847	0	23	23	8	4	2116	2131	15	2124	4	1	1	4	

Anhang

Buckelwiesen möglich														
Objectid	Fläche (m ²)	Hangneigung (°)					Seehöhe (m)					Kalk	Gebirgs- gruppe	Relief
		Min	Max	Range	Mean	Std	Min	Max	Range	Mean	Std			
81	5843	0	23	23	8	4	2157	2171	14	2165	3	1	1	2
82	16901	0	24	24	10	4	2079	2119	41	2100	12	1	1	2
83	23143	0	30	30	9	5	2062	2088	26	2078	5	1	1	2
84	16359	1	30	30	11	5	2166	2195	29	2183	8	1	1	2
85	5241	0	30	30	9	5	2170	2181	10	2177	2	1	1	2
86	33207	1	28	27	11	4	2161	2203	41	2186	10	1	1	2
87	6508	8	26	19	14	3	1878	1910	32	1895	7	1	1	4
88	6688	5	22	17	13	3	1905	1930	25	1918	6	1	1	4
89	10359	0	31	31	10	6	2122	2136	14	2129	2	1	1	1
90	11564	1	32	32	13	6	2077	2106	29	2087	6	1	1	1
91	4118	4	18	14	11	2	1756	1781	25	1768	7	1	1	3
92	8989	1	28	27	12	5	1748	1774	26	1760	5	1	1	3
93	11133	6	35	28	18	5	1785	1821	37	1800	7	1	1	4
94	7273	12	36	23	23	5	1957	2001	43	1979	10	0	1	4
95	3777	4	23	19	15	3	2021	2034	13	2028	3	1	1	2
96	4347	8	28	20	20	4	2009	2034	25	2025	5	1	1	2
97	10965	0	29	28	14	5	1490	1518	28	1504	6	1	1	3
98	4370	10	45	35	25	6	1611	1642	32	1625	7	1	1	4
99	954	16	37	21	22	4	1637	1656	19	1643	4	1	1	4
100	7405	5	38	33	21	7	1656	1721	65	1686	16	1	1	4
101	1695	18	39	21	27	3	1680	1702	22	1693	5	1	1	4
102	386	8	31	23	22	5	1684	1692	8	1688	2	1	1	4
103	2981	1	35	34	16	8	2012	2026	14	2022	3	1	1	2
104	2014	2	18	16	8	3	1903	1912	8	1909	2	1	1	1
105	1966	15	29	13	23	2	1722	1746	25	1734	5	1	1	3
106	4759	4	20	16	11	2	1545	1579	34	1560	9	1	1	3
107	1161	16	28	12	22	3	1964	1979	15	1973	4	1	1	4
108	28920	3	20	17	11	2	1476	1527	51	1497	11	1	1	3
109	13008	3	20	18	12	2	1519	1550	31	1534	7	1	1	3
110	7075	2	12	10	5	1	1510	1522	12	1515	2	1	1	3
111	1860	0	35	35	13	8	1958	1971	13	1964	3	1	1	2
112	7644	0	48	48	18	9	1957	1992	34	1976	10	1	1	2
113	1998	1	31	30	16	7	1979	1988	9	1983	2	1	1	2
114	532	0	35	35	17	10	1961	1969	8	1964	3	1	1	2
115	530	10	21	12	15	3	1990	1997	7	1993	2	1	1	2
116	2173	0	18	18	5	3	2017	2023	5	2019	1	1	1	2
117	4599	0	20	20	5	4	2065	2071	6	2068	1	1	1	2
118	13593	0	33	33	6	5	2018	2029	11	2023	2	1	1	2
119	4099	2	20	18	12	4	2192	2211	19	2204	5	1	1	2
120	1090	1	11	10	4	2	2189	2192	3	2190	1	1	1	2
121	6270	1	26	25	12	5	2201	2221	21	2209	5	1	1	2
122	14579	8	44	36	27	5	1690	1766	76	1733	15	0	1	2
123	7183	2	28	26	17	5	1737	1789	52	1760	13	1	1	2
124	4731	0	24	24	10	5	1799	1826	28	1809	7	0	1	2
125	576	6	27	21	14	5	1836	1842	7	1839	2	0	1	2
126	15242	5	24	18	13	3	1869	1894	24	1880	6	0	1	2
127	3325	5	23	18	15	3	1643	1663	21	1654	5	1	1	4
128	642	11	25	15	15	3	1659	1671	13	1666	3	1	1	4
129	2060	5	29	24	15	5	1962	1975	12	1968	3	1	1	2
130	33569	1	20	19	4	2	1591	1615	24	1600	5	1	1	3
131	5049	2	18	16	12	2	1645	1660	15	1655	3	1	1	3
132	4747	5	17	12	11	2	1637	1653	16	1644	4	1	1	3
133	4978	1	18	17	7	3	1753	1765	13	1757	2	1	1	3
134	4802	0	32	32	5	5	1762	1770	8	1766	1	1	1	3
135	63604	0	40	39	14	6	1782	1853	71	1811	16	0	1	2
136	4457	10	37	27	28	3	1862	1894	33	1878	8	0	1	4
137	6077	11	34	23	20	4	1759	1806	47	1788	12	0	1	4
138	1539	6	29	23	15	5	1804	1814	10	1810	3	0	1	4
139	1966	7	22	14	16	3	1841	1860	20	1852	5	0	1	4
140	4376	21	42	21	32	4	1662	1715	53	1686	14	0	1	4
141	4539	14	35	21	25	3	1632	1665	32	1648	8	0	1	4
142	5245	9	31	21	18	4	1768	1789	21	1778	5	0	1	4
143	9726	1	28	27	11	5	1582	1601	19	1591	5	0	2	4
144	6800	3	22	19	13	3	1534	1558	24	1545	6	0	2	4
145	3784	0	28	28	15	7	1406	1419	13	1415	4	0	2	4
146	7047	1	37	36	10	5	1413	1433	20	1422	5	0	2	4
147	5732	0	14	13	4	2	1808	1815	7	1813	2	0	2	2
148	5997	5	42	37	18	3	1722	1751	30	1735	7	0	2	4
149	11374	1	15	14	9	2	1843	1861	19	1854	5	0	2	2
150	1084	11	39	28	21	6	2096	2110	15	2102	3	0	2	4

Anhang

Buckelwiesen möglich															
Objectid	Fläche (m ²)	Hangneigung (°)					Seehöhe (m)					Kalk	Gebirgs- gruppe	Relief	
		Min	Max	Range	Mean	Std	Min	Max	Range	Mean	Std				
151	5787	10	34	24	22	7	1944	1972	27	1959	7	0	2	4	
152	5371	20	38	18	28	3	2069	2139	70	2098	17	0	2	4	
153	6377	1	26	25	15	4	1957	1984	28	1971	6	0	2	4	
154	2157	28	47	19	33	3	1984	2038	54	2006	13	0	2	4	
155	5442	2	33	31	17	6	2055	2096	40	2080	11	0	2	3	
156	14758	10	37	27	22	5	1876	1941	66	1909	17	0	2	4	
157	2593	10	34	24	22	5	1960	1984	24	1972	6	0	2	4	
158	1704	5	31	26	21	6	1959	1977	18	1968	5	0	2	4	
159	8357	4	31	27	18	5	1664	1712	47	1684	12	0	2	4	
160	1639	6	28	22	22	4	1676	1693	17	1684	4	0	2	4	
161	2295	12	32	20	20	5	1708	1738	30	1723	8	0	2	4	
162	542	9	15	6	11	1	1750	1756	6	1753	1	0	2	4	
163	1583	1	14	13	7	3	1867	1873	6	1870	1	0	2	4	
164	2237	1	32	32	18	7	1765	1777	11	1772	3	0	2	2	
165	8599	6	22	16	12	2	1846	1875	29	1860	7	0	2	2	
166	3487	9	19	11	14	2	1851	1873	23	1863	5	0	2	2	
167	3043	7	16	8	10	1	1821	1835	13	1829	3	0	2	2	
168	2277	2	19	17	9	3	1753	1761	8	1756	2	0	2	2	
169	4597	10	20	10	15	2	1887	1906	19	1896	5	0	2	2	
170	1951	8	18	10	12	2	1869	1884	15	1877	4	0	2	2	
171	37539	1	50	49	27	7	1841	1904	63	1878	14	0	2	2	
172	1352	0	31	30	17	7	1836	1847	11	1843	2	0	2	4	
173	679	15	25	10	20	3	1824	1835	10	1830	2	0	2	4	
174	802	9	33	24	19	5	1909	1917	8	1913	2	0	2	4	
175	5747	0	30	30	13	6	1917	1951	34	1932	11	0	2	4	
176	12154	7	31	23	17	3	1883	1912	29	1898	6	0	2	4	
177	9352	10	32	22	22	4	1758	1808	50	1785	12	0	2	4	
178	5155	14	37	23	26	5	1798	1829	31	1815	7	0	2	3	
179	2460	9	42	33	21	6	1801	1825	24	1816	6	0	2	3	
180	625	4	14	10	8	2	2077	2081	4	2079	1	0	2	4	
181	1663	12	24	12	18	3	1924	1942	19	1933	5	0	2	4	
182	3086	3	25	22	17	4	1759	1776	17	1766	3	0	2	4	
183	7649	6	32	27	20	7	1765	1797	32	1779	6	0	2	4	
184	1391	3	27	23	18	4	1792	1805	13	1798	3	0	2	4	
185	6093	3	31	28	16	5	1824	1858	34	1842	8	0	2	4	
186	5730	0	18	17	8	3	1991	2000	9	1996	2	0	2	4	
187	11974	4	26	23	15	3	1885	1914	29	1902	6	0	2	4	
188	2538	5	22	17	11	3	1714	1733	18	1722	5	0	2	2	
189	4829	2	11	9	6	1	1770	1787	17	1778	4	0	2	2	
190	1640	10	26	16	18	3	1979	2005	26	1994	7	1	2	1	
191	6766	8	19	11	13	2	1959	1987	29	1969	7	1	2	1	
192	1515	8	23	15	13	3	1979	1988	9	1984	2	1	2	1	
193	3964	3	53	50	12	8	2001	2028	27	2019	6	1	2	1	
194	6161	1	19	17	12	4	2005	2025	21	2014	6	1	2	1	
195	2514	1	23	22	8	4	1942	1955	13	1949	3	1	2	1	
196	4665	0	18	18	6	3	1793	1802	10	1798	2	0	2	2	
197	2080	1	21	21	10	5	1654	1665	11	1662	2	1	2	4	
198	2281	1	21	20	10	3	1637	1649	11	1642	3	0	2	4	
199	760	10	20	10	16	2	1681	1693	13	1687	3	0	2	4	
200	1607	5	27	23	15	5	1664	1684	20	1673	5	0	2	4	
201	16544	7	20	13	13	2	1935	1973	38	1955	9	1	2	1	
202	3740	10	22	13	15	2	1961	1994	33	1977	9	1	2	1	
203	2939	14	27	13	19	2	1924	1954	30	1940	8	1	2	1	
204	1128	17	29	12	21	2	1924	1940	15	1932	4	0	2	2	
205	13086	5	28	23	13	3	2001	2029	28	2014	7	1	2	1	
206	3775	0	23	23	13	5	2075	2098	23	2091	6	1	2	2	
207	15884	1	44	43	23	6	2108	2161	53	2138	13	1	2	4	
208	2672	9	26	17	17	2	1949	1977	28	1965	8	1	2	4	
209	743	1	22	21	11	6	1991	1997	7	1995	2	1	2	4	
210	6965	0	45	45	11	9	1943	1962	19	1950	4	1	2	4	
211	5067	4	41	37	17	7	1931	1967	35	1949	8	1	2	4	
212	3813	11	36	25	23	5	1639	1681	42	1662	11	1	2	4	
213	3925	10	42	33	25	6	1800	1834	34	1817	7	1	2	3	
214	4334	3	38	35	20	7	1731	1753	22	1742	5	1	2	4	
215	692	5	27	22	14	5	1742	1750	8	1745	2	1	2	4	
216	3407	1	18	17	10	4	1785	1795	10	1789	2	1	2	4	
217	2385	2	27	25	11	5	1827	1839	12	1833	3	1	2	4	
218	6168	5	22	16	12	2	2143	2170	27	2156	7	1	2	4	
219	1903	2	20	17	12	3	1662	1673	11	1668	3	1	2	3	
220	4548	2	14	11	7	2	1591	1602	11	1596	2	1	2	3	

Anhang

Buckelwiesen möglich														
Objectid	Fläche (m ²)	Hangneigung (°)					Seehöhe (m)					Kalk	Gebirgs- gruppe	Relief
		Min	Max	Range	Mean	Std	Min	Max	Range	Mean	Std			
221	9460	5	36	31	21	4	1912	1957	45	1935	9	1	2	2
222	5439	5	37	31	18	6	1978	2012	34	1994	8	1	2	2
223	5346	14	38	24	24	4	1901	1951	50	1927	12	1	2	4
224	2719	6	14	8	9	1	1822	1832	10	1827	2	1	2	4
225	888	8	17	9	12	2	1847	1855	9	1852	2	0	2	4
226	3260	1	28	27	12	6	1800	1816	16	1805	4	0	2	3
227	3101	15	35	20	25	4	1932	1972	40	1953	10	0	2	4
228	10576	13	31	18	20	3	1907	1961	54	1937	13	0	2	4
229	7895	7	39	32	22	6	1848	1885	37	1867	8	0	2	4
230	1659	7	18	11	10	2	1960	1974	14	1967	3	0	2	2
231	14329	0	31	31	15	5	1933	1966	33	1953	7	0	2	2
232	846	12	25	13	19	2	1711	1727	16	1720	4	0	2	4
233	1361	11	30	18	18	4	1664	1677	13	1671	3	0	2	4
234	1253	23	35	12	28	4	1703	1721	18	1712	5	0	2	4
235	10332	4	31	26	17	6	1715	1752	37	1732	7	1	2	2
236	6199	1	34	32	20	6	1702	1735	34	1720	7	1	2	2
237	2370	14	38	24	23	4	1725	1753	28	1737	7	1	2	2
238	3840	12	41	29	23	5	1466	1496	29	1481	6	1	1	4
239	7082	0	25	24	11	4	1706	1726	20	1715	4	1	1	4
240	1705	5	14	9	9	2	1717	1726	10	1722	2	1	1	4
241	3196	7	21	14	16	2	1699	1714	16	1706	4	1	1	4
242	1101	13	21	9	17	2	1723	1734	11	1728	3	1	1	4
243	1249	15	31	16	21	2	1639	1656	16	1647	4	1	1	2
244	1513	6	15	9	10	2	1681	1692	12	1686	3	1	1	4
245	8628	0	19	19	8	4	1826	1838	12	1834	3	1	1	2
246	7494	3	33	30	19	5	1778	1821	43	1799	11	1	1	4
247	3585	14	29	15	21	3	1721	1770	48	1749	13	1	1	4
248	1278	5	14	9	10	2	1854	1863	9	1859	2	1	1	2
249	3047	4	27	24	17	4	1776	1798	22	1788	6	1	1	4
250	1469	4	25	20	13	4	1756	1768	12	1763	3	1	1	4
251	5292	1	25	24	9	5	1687	1705	17	1697	4	1	1	3
252	8089	1	34	34	15	6	2011	2045	34	2028	8	1	1	1
253	4927	3	29	26	16	4	1390	1413	23	1401	6	1	1	4
254	3875	10	37	27	23	5	1961	1995	34	1976	8	1	2	4
255	3466	6	31	25	18	5	1895	1919	24	1909	6	1	2	4
256	2206	7	30	23	17	4	1746	1766	20	1753	4	1	2	1
257	4643	0	10	10	4	2	1656	1663	7	1660	1	1	2	3
258	2314	3	15	12	8	2	1708	1721	12	1715	3	1	2	3
259	6226	0	16	16	5	4	1739	1748	8	1741	2	1	2	3
260	933	2	11	9	7	2	1731	1738	6	1735	2	1	2	3
261	7041	0	14	13	7	2	1743	1767	24	1756	7	1	2	3
262	1559	4	15	11	9	2	1856	1866	10	1860	3	1	2	3
263	150001	0	43	43	15	7	1778	1912	134	1850	30	1	2	2
264	3143	3	36	34	17	6	1745	1769	24	1757	6	1	2	2
265	1896	1	22	22	10	4	1960	1967	8	1964	2	1	2	2
266	1962	2	18	16	10	3	1997	2009	12	2004	3	1	1	2
267	3661	10	30	20	23	3	2010	2050	40	2033	9	0	1	2
268	3543	3	21	18	17	2	2053	2064	10	2058	2	0	1	2
269	38193	0	37	37	14	6	1969	2030	61	2000	16	1	1	2
270	5479	10	29	19	18	4	1757	1790	33	1774	7	1	4	4
271	6956	12	38	25	23	4	1785	1824	39	1802	9	1	4	4
272	7402	3	36	33	20	8	1867	1912	45	1884	11	1	4	4
273	1896	4	33	29	17	7	1954	1975	21	1967	5	1	4	4
274	10407	2	25	23	10	2	1839	1857	18	1848	4	1	1	3
275	1924	0	19	19	5	3	1502	1509	7	1508	1	1	4	2
276	4969	12	29	17	19	3	1319	1357	38	1336	8	1	4	4
277	7698	3	28	25	16	4	1714	1757	44	1733	10	1	4	1
278	22375	17	41	23	28	3	2046	2185	139	2110	31	1	4	1
279	3279	19	29	10	25	2	1951	1981	30	1965	7	1	4	1
280	3459	24	36	12	30	2	2066	2134	68	2097	18	1	4	1
281	1470	11	33	22	25	4	1863	1888	25	1874	7	1	4	1
282	15168	10	30	20	20	3	1865	1931	65	1897	15	1	4	1
283	10969	0	38	37	11	7	1609	1633	24	1617	5	1	4	3
284	5649	1	27	26	9	6	1472	1483	11	1476	3	1	4	3
285	11172	5	44	39	21	6	1889	1929	39	1906	10	1	4	4
286	4946	0	17	17	6	3	1722	1729	7	1726	1	1	4	2
289	1214	10	26	15	18	3	1925	1942	17	1934	4	1	4	4
290	1161	20	29	10	23	2	1917	1938	21	1927	5	1	4	4
291	2829	9	23	14	16	2	1993	2016	23	2006	6	1	4	2
292	15803	7	25	19	17	3	1989	2044	56	2013	14	1	4	1

Anhang

Buckelwiesen möglich															
Objectid	Fläche (m ²)	Hangneigung (°)					Seehöhe (m)					Kalk	Gebirgs- gruppe	Relief	
		Min	Max	Range	Mean	Std	Min	Max	Range	Mean	Std				
293	3647	17	31	14	23	2	2014	2046	32	2030	9	1	4	1	
294	1836	12	22	10	17	2	1966	1977	12	1971	3	1	4	1	
295	677	1	18	18	11	4	2002	2008	6	2004	1	0	4	2	
296	3850	2	12	11	7	2	1688	1697	9	1692	2	0	4	2	
297	7760	3	11	8	7	1	1728	1745	17	1737	5	1	4	2	
298	6409	0	11	11	5	2	1754	1763	8	1758	2	1	4	4	
299	13563	11	26	16	18	2	2007	2073	66	2036	16	0	4	4	
300	10543	9	35	27	22	6	1994	2054	60	2027	13	1	4	1	
301	859	15	27	12	19	2	2010	2019	10	2015	2	1	4	1	
302	2138	11	30	19	21	3	1595	1623	28	1609	8	1	4	3	
303	2528	2	17	15	9	3	1859	1867	8	1863	2	1	4	4	
304	2135	3	24	20	14	4	1935	1948	13	1940	3	1	4	4	
305	2784	8	32	25	23	4	1577	1603	25	1591	6	0	4	4	
306	2283	3	27	23	16	6	1577	1589	12	1582	3	0	4	4	
307	34796	2	52	50	20	5	2005	2086	81	2046	20	1	4	1	
308	5604	6	35	30	12	4	1933	1951	18	1943	4	1	4	1	
309	5619	2	16	14	10	2	1957	1967	10	1962	2	1	4	1	
310	63476	1	25	24	9	3	1818	1871	53	1842	11	1	4	2	
311	83836	0	23	22	10	4	1776	1826	49	1801	10	1	4	2	
312	14527	5	29	24	12	3	1713	1752	39	1728	9	1	4	2	
313	6171	1	15	14	8	3	1765	1778	12	1771	3	1	4	2	
314	9415	2	23	21	11	4	1769	1790	21	1781	5	1	4	2	
315	3905	2	27	25	10	6	1690	1700	10	1697	2	1	4	2	
316	32341	2	22	20	10	3	1760	1809	49	1781	12	1	4	2	
317	25683	3	28	24	13	3	1770	1818	47	1797	10	1	4	2	
318	59507	1	35	33	13	5	1746	1815	69	1784	15	1	4	2	
319	39135	1	26	25	13	3	1773	1856	83	1821	20	1	4	2	
320	5651	0	8	8	3	1	1872	1875	4	1874	1	1	4	2	
321	34137	0	20	20	7	4	1881	1913	32	1902	8	1	4	2	
322	6205	9	24	14	16	3	1797	1839	42	1819	10	1	4	2	
323	2135	7	19	12	13	3	1846	1855	9	1851	2	1	4	2	
324	3002	2	21	19	9	4	1868	1882	13	1877	3	1	4	2	
325	2072	12	32	20	20	3	1808	1825	17	1818	4	1	4	2	
326	1243	10	21	12	15	2	1785	1805	21	1794	6	1	4	2	
327	15290	6	32	26	14	3	1807	1843	36	1825	8	1	4	2	
328	4742	1	50	49	15	6	1816	1840	24	1828	5	1	4	2	
329	5184	6	31	25	13	4	1839	1862	23	1852	6	1	4	2	
330	2220	8	23	15	14	3	1807	1827	19	1819	5	1	4	2	
331	2887	1	32	31	16	6	1989	2006	17	2001	4	0	4	2	
332	7559	4	22	18	12	3	1894	1920	25	1911	6	1	4	2	
333	5849	0	21	21	10	5	1908	1921	13	1916	4	1	4	2	
334	1075	8	16	8	12	1	1588	1599	11	1594	3	0	4	2	
335	1805	14	29	15	23	3	1592	1616	23	1604	5	1	4	4	
336	789	11	25	15	18	3	1595	1605	10	1601	3	1	4	2	
337	4736	5	26	21	16	3	1571	1612	41	1590	10	1	3	1	
338	3293	6	25	19	14	4	1494	1511	18	1502	5	1	3	2	
339	1462	3	23	20	12	5	1497	1510	14	1505	4	1	3	2	
340	685	8	12	5	10	1	1518	1524	6	1521	2	1	3	2	
341	9181	4	21	18	11	3	1433	1481	48	1456	12	1	3	2	
342	510	10	18	8	14	2	1490	1497	7	1494	2	1	3	2	
343	979	4	21	17	13	4	1426	1433	7	1428	1	1	3	2	
344	5201	2	16	14	9	2	1444	1455	12	1450	3	1	3	2	
345	3227	1	15	14	6	3	1407	1415	8	1411	2	1	3	2	
346	5303	5	20	15	12	4	1597	1611	14	1602	3	1	3	1	
347	13906	10	25	15	18	2	1603	1634	31	1617	7	1	4	3	
348	3709	11	26	15	18	3	1618	1648	30	1631	7	1	4	3	
349	665	11	18	7	14	2	1641	1651	10	1646	2	1	4	2	
350	521	14	19	5	16	1	1619	1631	12	1626	3	1	4	2	
351	5059	1	20	19	5	3	1723	1730	7	1727	1	0	4	2	
352	5132	0	12	12	3	2	1339	1344	5	1341	1	1	3	2	
353	2348	6	23	17	14	2	1368	1383	14	1375	3	1	3	2	
354	11919	0	18	18	7	3	1739	1757	18	1751	3	0	3	2	
355	23670	1	17	16	8	3	1720	1751	31	1737	10	0	3	2	
356	16900	1	15	15	7	3	1732	1749	17	1743	4	0	3	2	
357	23960	4	25	21	13	3	1692	1727	35	1706	8	1	3	2	
358	2730	7	20	13	11	2	1709	1719	10	1715	2	1	3	2	
359	2560	1	14	13	6	2	1660	1667	6	1664	1	0	3	2	
360	10897	0	18	18	6	3	1675	1696	21	1688	7	0	3	2	
361	2723	0	13	13	7	3	1657	1663	6	1659	1	0	3	2	
362	2015	3	27	24	9	3	1878	1886	8	1883	2	1	3	4	

Buckelwiesen möglich														
Objectid	Fläche (m²)	Hangneigung (°)					Seehöhe (m)					Kalk	Gebirgsgruppe	Relief
		Min	Max	Range	Mean	Std	Min	Max	Range	Mean	Std			
363	5315	11	25	14	15	3	1567	1591	25	1576	6	1	3	4
364	7961	1	20	19	9	3	1587	1606	20	1597	4	1	3	4
365	54487	1	31	29	16	4	1527	1611	84	1574	19	1	3	4
366	7574	0	23	22	8	4	1534	1552	18	1545	3	1	3	4
367	2239	2	24	22	10	5	1521	1531	10	1524	2	1	3	4
368	27664	1	26	25	12	5	1515	1543	28	1526	6	1	3	4
369	16656	0	26	26	12	5	1529	1551	22	1539	6	1	3	4
370	1507	6	15	9	10	2	1521	1530	9	1526	2	1	3	4
371	1782	5	26	21	14	5	1594	1608	14	1601	3	1	3	4
372	3517	13	25	12	20	2	1631	1654	22	1644	6	1	3	4
373	2969	7	30	23	21	5	1555	1581	26	1567	7	1	3	4
374	4931	0	24	24	8	5	1545	1559	13	1553	4	1	3	2
375	13501	3	27	24	13	4	1627	1660	33	1643	7	1	3	4
376	6599	1	25	24	11	5	1604	1624	20	1609	4	1	3	4
377	3703	2	16	14	9	2	1695	1704	9	1699	2	1	3	2
378	3045	4	10	6	7	1	1611	1619	8	1615	2	1	3	3
379	3928	10	32	22	18	4	1706	1735	29	1722	7	1	3	2
380	14143	3	21	18	12	3	1816	1842	26	1831	6	1	3	4
381	3321	5	17	12	9	2	1844	1858	13	1850	3	1	3	4
382	2869	8	20	11	13	2	1794	1808	13	1801	3	1	3	4
383	9390	7	24	16	15	3	1794	1832	38	1813	8	0	3	4
384	1022	4	21	17	11	5	1055	1060	5	1058	1	0	3	3
385	13212	4	17	13	12	2	1264	1297	34	1279	8	1	3	2

Tabelle 25: Statistische Einzelauswertungen der möglichen Buckelwiesen

Buckelwiesen planiert														
Objectid	Fläche (m²)	Hangneigung (°)					Seehöhe (m)					Kalk	Gebirgsgruppe	Relief
		Min	Max	Range	Mean	Std	Min	Max	Range	Mean	Std			
1	62836	0	23	22	9	3	1788	1836	48	1814	9	1	4	2
3	52342	0	27	26	9	4	1892	1935	43	1914	9	1	2	1
4	5400	0	27	26	6	4	1052	1062	11	1055	2	0	3	4
5	2123	12	24	12	19	2	1839	1861	22	1849	6	1	4	1
6	1513	16	30	14	22	2	1789	1837	48	1812	14	1	4	1

Tabelle 26: Statistische Einzelauswertungen der planierten Buckelwiesen

Die folgenden Tabellen zeigen die Expositionswerte der einzelnen Buckelwiesen. Dabei wurden folgende Abkürzungen verwendet:

Objectid: Objekt Nummer der jeweiligen Buckelwiese

Pixelanzahl: Anzahl der Pixel für die angegebenen Expositionsrichtungen pro Buckelwiese:

N = Nord (337,5 – 22,5°), NO = Nordost (22,5 – 67,5°), O = Ost (67,5 – 112,5°), S = Südost (112,5 – 157,5°), S = Süd (157,5 – 202,5°), SW = Südwest (202,5 – 247,5°), W = West (247,5 – 292,5°), NW = Nordwest (292,5 – 337,5°)

Min, Max: Minimale und Maximale Angabe der Expositionsrichtung pro Buckelwiese (in °)

Mean: Mittlere Expositionsrichtung der jeweiligen Buckelwiese (in °)

Std: Standardabweichung vom Mittelwert der jeweiligen Buckelwiese (in °)

Exposition Buckelwiesen gesichert												
Objectid	Pixelanzahl								Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std
1	368	186	813	307	98	0	0	1	0	360	83	33
2	8954	5241	3034	1071	169	327	231	779	0	360	29	31
3	1435	794	374	246	454	868	567	801	0	360	337	60
4	174	348	300	452	623	264	124	151	0	360	143	58

Exposition Buckelwiesen gesichert												
Objectid	Pixelanzahl								Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std
5	0	0	0	0	68	375	1139	1039	185	331	282	21
6	3497	3091	8512	15298	7590	2705	1600	2499	0	360	118	35
7	0	0	0	0	0	79	163	0	218	291	256	12
8	57	6	4	26	14	9	46	21	0	359	316	52
9	35	0	2	41	21	1226	4502	583	1	359	267	16
10	0	0	0	0	1	468	1716	201	201	335	264	13
11	0	0	0	0	0	3	554	18	245	303	271	7
12	0	0	0	0	0	67	1400	177	222	319	274	10
13	0	0	0	0	0	0	62	7	267	308	282	5
14	0	0	0	0	0	2	621	34	239	304	276	6
15	73	35	40	2152	6648	6504	4789	603	0	360	215	30
16	0	0	0	0	11	2830	6806	1331	189	327	266	16
17	0	0	0	0	0	1	232	793	242	335	305	11
18	93	0	0	0	0	10	368	849	1	359	304	15
19	25	0	0	0	126	2740	2489	686	181	351	254	19
20	2	5	98	257	1824	6628	1360	46	14	351	223	19
21	1	0	5	4	383	1432	244	7	68	354	221	15
22	11	0	0	7	1272	1747	1037	200	152	350	226	24
23	0	0	0	0	60	490	294	0	188	291	235	15
24	12	0	0	0	0	0	17	106	265	351	312	11
25	225	221	24	33	390	1365	1246	446	0	360	253	36
26	1372	1968	2712	4606	4742	2376	1505	1659	0	360	153	58

Tabelle 27: Einzelauswertungen der gesicherten Buckelwiesen nach Expositionsdaten

Exposition Buckelwiesen wahrscheinlich												
Objectid	Pixelanzahl								Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std
1	0	0	0	0	72	280	16	0	189	257	218	10
2	8	72	672	257	127	215	266	12	4	359	130	53
3	0	16	57	325	229	13	0	0	38	242	150	21
4	0	34	262	3176	539	11	0	0	29	221	140	13
5	0	0	0	85	509	63	0	0	116	227	180	13
6	4	322	0	0	0	0	0	0	21	57	39	5
7	230	107	1	0	0	0	0	310	0	359	346	19
8	742	417	0	0	0	0	206	2410	0	360	332	19
9	5	0	0	0	0	118	1241	1065	211	347	288	13
10	25	0	0	0	0	0	447	1805	250	345	307	11
11	0	0	0	0	168	2993	2315	36	167	318	244	13
12	51	136	321	120	227	148	39	44	3	359	126	53
13	784	9	0	0	192	3459	5703	3342	0	360	273	24
14	390	59	2	0	0	0	0	50	0	360	3	12
15	524	198	29	1	0	0	0	21	0	360	15	15
16	602	704	375	30	8	11	5	94	0	360	37	29
17	0	0	0	0	108	401	148	3	171	296	231	17
18	5	1	0	0	2	825	5041	441	6	356	267	12
19	600	21	0	0	0	12	314	1033	0	360	323	20
20	1515	621	29	3	0	4	15	395	0	360	7	18
21	39	12	9	1	1	0	19	55	0	358	333	30
22	2	10	17	57	887	133	32	7	0	355	185	19
23	0	0	6	143	2093	451	43	14	90	321	186	15
24	2	1	1	49	626	2160	400	11	18	336	222	17
25	26	9	13	22	93	560	115	23	2	360	223	26
26	423	80	4	3	1	185	7554	3510	0	360	287	16
27	0	0	0	0	0	0	1	84	292	312	304	3
28	262	101	131	83	44	2101	23005	3187	1	360	272	15
29	0	0	0	0	28	1635	1608	36	188	305	249	13
30	23	242	50	9	16	76	12	23	0	358	44	48
31	0	0	0	0	0	438	436	3	210	296	251	7
32	0	0	0	0	0	31	53	2	239	285	252	6
33	0	0	0	0	16	90	23	79	189	329	254	31
34	1	1	4	8	485	1476	563	30	68	359	228	19
35	0	0	0	0	36	3688	2823	11	182	302	245	11
36	0	0	0	3	76	78	54	0	151	264	218	22
37	0	0	41	236	812	55	0	0	78	227	170	14
38	14	240	154	79	78	234	121	19	0	357	136	74
39	98	273	0	0	0	0	0	0	0	360	30	10
40	1238	1116	679	138	40	4	27	514	0	360	28	32
41	3	2	1	17	116	232	73	12	1	351	218	23
42	16	398	672	440	84	0	0	0	15	195	96	24

Anhang

Exposition Buckelwiesen wahrscheinlich												
Objectid	Pixelanzahl								Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std
43	1	358	1230	847	62	0	0	0	21	163	103	21
44	0	0	0	0	0	48	617	84	225	321	276	11
45	0	0	320	721	37	0	0	0	85	171	125	13
46	22	0	0	11	299	1184	255	105	1	359	228	23
47	3	1	0	0	2	55	57	32	1	345	266	23
48	0	0	0	0	4	89	54	127	195	337	273	28
49	1297	1286	813	399	106	35	142	694	0	360	31	40
50	390	162	31	9	70	195	253	347	0	360	319	44
51	103	110	226	359	563	784	369	248	0	360	210	51
52	0	5	241	1307	326	0	0	0	59	199	138	14
53	0	0	1	659	382	0	0	0	111	186	153	9
54	0	0	0	234	1210	99	0	0	139	229	177	11
55	0	0	0	685	473	0	0	0	118	198	155	10
56	515	182	0	0	0	0	0	1	0	360	15	9
57	0	0	0	0	0	40	223	30	231	315	267	12
58	0	0	0	0	0	133	818	1	219	294	261	8
59	161	715	812	65	0	0	7	26	0	360	63	21
60	19	299	225	12	0	0	0	0	3	358	64	15
61	186	1	0	0	5	151	387	865	0	360	300	24
62	660	182	31	1	0	0	0	38	0	360	10	15
63	2	0	0	0	0	4	217	199	230	341	290	12
64	0	0	0	0	0	0	3	789	289	330	312	4
65	0	0	210	1730	3	0	0	0	94	158	124	6
66	34	267	1016	4645	455	8	4	77	0	360	131	20
67	0	0	0	0	2	181	191	14	200	311	251	14
68	3	237	260	4	0	0	0	0	18	127	68	12
69	0	35	318	2072	73	0	0	0	53	175	130	12
70	0	0	0	322	76	14	0	0	118	233	153	12
71	0	17	974	1364	177	0	0	0	13	184	119	15
72	0	0	0	0	0	0	713	19	251	305	273	6
73	0	94	426	2	0	0	0	0	47	116	82	9
74	34	153	25	0	0	0	0	8	0	356	41	18
75	26	760	4	0	0	0	0	0	10	78	44	7
76	0	1558	959	5	0	0	0	0	36	146	66	6
77	81	146	546	200	0	0	0	18	1	358	89	24
78	36	281	104	23	26	440	161	27	2	358	249	69
79	0	24	370	2	0	0	0	0	45	116	91	7
80	0	25	25	1	0	0	0	0	39	116	79	17
81	9	0	0	0	0	0	0	251	303	344	326	5
82	0	2	227	1	0	0	0	0	66	113	96	6
83	2	0	0	0	0	127	519	94	216	349	266	14
84	53	4	0	0	64	92	9	7	0	359	229	46
85	4	2	0	0	47	4848	358	42	11	329	229	9
86	58	15	32	516	1513	2702	1256	401	1	358	222	30
87	0	0	0	23	173	2	0	0	148	206	177	9
88	0	0	0	536	310	0	0	0	115	194	152	10
89	0	0	1	30	107	12	0	0	111	231	177	16
90	60	446	1448	1183	1015	632	95	34	0	359	134	39
91	0	1	707	862	93	0	0	0	62	186	119	15
92	0	0	0	0	7	220	5316	1500	180	332	281	11
93	0	0	0	0	0	0	233	209	268	318	295	7
94	1202	26	0	0	42	2789	12133	8414	0	360	285	20
95	292	75	0	0	0	108	1826	2449	0	360	298	18
96	37	0	0	0	0	6	3966	2665	232	353	291	12
97	3535	2360	24	0	0	24	1959	4021	0	360	338	28
98	137	0	0	0	0	34	1470	1719	0	358	297	15
99	218	2	0	0	0	23	530	950	0	360	306	17
100	1422	7785	7984	1432	93	26	33	107	0	360	68	22
101	4382	1126	555	161	9	22	58	1029	0	360	9	26
102	4209	208	0	0	0	0	49	1776	0	360	349	14
103	152	13	0	0	0	0	0	39	0	359	350	12
104	407	137	33	6	12	43	126	327	0	360	341	32
105	289	176	2	0	0	0	0	30	0	360	13	14
106	408	162	98	7	1	0	2	6	0	360	27	22
107	0	376	1774	278	0	0	0	0	37	156	88	13
108	114	277	13	0	0	0	0	0	3	87	31	9
109	1198	0	0	0	0	23	344	2186	0	360	325	16
110	0	0	0	159	709	124	0	0	114	223	178	13
111	0	38	388	2548	1868	151	1	0	58	253	153	17
112	0	107	1211	86	0	0	0	0	26	127	90	11

Exposition Buckelwiesen wahrscheinlich												
Objectid	Pixelanzahl								Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std
113	22	48	110	541	2819	69	6	2	0	358	172	17
114	0	46	265	3	3	3	2	2	37	314	84	17
115	4	2	0	0	1	330	5118	864	2	347	275	11
116	0	0	0	0	2	1002	440	70	202	320	241	15
117	19	25	130	150	140	280	216	95	6	359	214	51
118	0	0	0	0	25	375	0	0	165	243	217	7
119	37	0	0	0	0	43	366	443	4	360	295	16
120	260	1218	403	0	0	0	0	141	1	360	43	20
121	0	0	0	48	2770	1155	339	0	147	278	199	16
122	3	5	1099	741	81	222	371	842	17	349	125	69
123	0	0	0	0	27	668	0	0	199	229	213	4
124	0	0	20	604	1780	43	0	0	105	221	166	11

Tabelle 28: Einzelauswertungen der wahrscheinlichen Buckelwiesen nach Expositionsdaten

Exposition Buckelwiesen möglich												
Objectid	Pixelanzahl								Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std
1	191	0	0	0	0	1	251	1135	247	360	316	13
2	547	491	27	0	0	0	0	113	0	360	15	19
3	0	0	0	0	0	623	439	0	203	291	246	9
4	0	0	0	0	79	575	87	0	176	288	228	12
5	0	0	0	0	0	138	40	0	218	260	243	5
6	0	0	0	0	0	80	0	0	209	229	221	3
7	698	521	1	0	0	0	0	10	0	360	17	14
8	5	7	1	108	782	284	24	3	0	341	192	18
9	0	0	0	0	0	270	328	408	203	332	276	21
10	24	8	14	94	626	978	165	94	0	358	213	25
11	323	354	50	0	0	0	0	0	1	360	30	14
12	22	45	282	1985	1861	382	33	16	6	360	158	23
13	223	179	102	155	313	62	20	39	0	360	116	63
14	46	55	668	1108	3	0	0	1	0	360	114	17
15	56	49	132	36	14	0	1	0	0	360	80	32
16	0	0	0	17	1037	1985	636	11	142	299	219	18
17	5	3	4	43	124	195	119	33	10	360	222	32
18	3	3	8	55	37	80	10	0	16	352	186	34
19	12	0	0	0	246	207	396	147	5	358	246	30
20	97	0	0	0	0	82	736	773	1	359	297	18
21	0	0	0	0	8	574	249	68	195	328	244	16
22	6	0	0	0	0	81	268	378	203	358	286	16
23	0	0	215	249	0	0	0	0	93	142	114	6
24	0	0	167	179	1	0	0	0	73	160	115	10
25	22	0	0	0	0	0	21	586	283	354	315	9
26	146	0	0	0	0	0	0	16	0	360	353	7
27	14	222	0	0	0	0	0	0	18	44	31	4
28	17	21	331	145	317	289	242	36	1	358	190	47
29	2	0	0	0	0	0	106	902	254	339	305	8
30	6	0	0	0	0	0	4	1165	289	342	318	6
31	576	159	17	5	2	0	14	120	0	360	5	19
32	0	0	0	0	405	2097	579	27	160	321	230	16
33	0	0	0	0	18	475	732	0	192	283	249	13
34	110	45	3	9	106	369	187	179	0	360	256	41
35	27	0	0	0	2	13	70	77	3	358	293	26
36	0	0	5	387	8611	702	9	3	77	334	181	10
37	1	0	1	251	3265	454	66	24	111	344	184	15
38	57	59	64	40	10	3	7	42	0	359	43	45
39	0	0	38	225	22	0	0	0	87	164	138	12
40	0	0	50	1816	2751	0	0	0	93	195	161	10
41	0	0	8	68	259	281	12	0	105	262	198	21
42	0	0	3	25	56	0	0	0	111	200	161	18
43	0	0	0	0	190	156	18	0	176	277	208	14
44	0	0	0	0	96	953	99	0	171	284	227	11
45	0	0	0	0	66	832	4	0	176	250	222	9
46	0	0	0	0	0	52	109	0	230	281	256	8
47	0	0	0	0	0	93	64	0	224	275	248	6
48	0	0	0	0	0	34	51	0	228	263	249	5
49	0	0	0	86	122	0	0	0	115	177	157	9
50	0	0	0	62	239	22	0	0	128	217	177	12
51	0	0	7	213	820	162	0	0	94	243	177	15
52	0	48	4140	1504	0	0	0	0	38	142	104	9

Anhang

Exposition Buckelwiesen möglich												
Objectid	Pixelanzahl								Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std
53	28	1191	1605	52	0	0	0	1	1	357	71	14
54	231	316	796	1935	69	3	3	57	0	360	110	28
55	0	70	1307	0	0	0	0	0	53	107	81	5
56	398	13	9	13	2313	653	1891	2774	0	360	264	39
57	44	0	0	0	20	2130	4979	660	1	358	260	15
58	0	0	0	0	0	8	1521	216	237	323	280	8
59	128	226	5	0	0	0	67	167	0	360	356	31
60	0	0	0	0	180	1933	1393	100	166	330	243	17
61	0	0	0	0	13	471	795	32	162	324	254	13
62	85	47	86	146	209	213	628	392	2	358	265	47
63	0	39	1768	2615	1567	0	0	0	54	193	131	19
64	0	3	206	377	0	0	0	0	62	145	118	12
65	8	120	540	55	0	0	0	0	7	140	80	12
66	22	1	0	0	3	64	41	33	3	360	267	33
67	424	9	9	78	29	67	54	442	0	360	331	34
68	4	354	340	0	0	0	0	0	19	95	64	11
69	0	0	0	0	3	1301	410	0	202	284	236	10
70	283	202	74	64	72	321	657	419	0	360	294	47
71	424	295	26	7	7	443	491	326	0	360	303	44
72	15	62	198	138	42	6	3	3	8	353	104	29
73	104	145	15	10	19	22	8	17	0	360	28	35
74	107	154	180	20	13	24	33	46	1	360	47	41
75	29	146	201	37	0	0	0	8	2	358	73	21
76	760	1024	0	0	0	0	0	0	2	359	24	6
77	14	19	34	227	420	45	0	0	2	357	163	25
78	66	115	124	296	5	0	0	0	1	360	98	32
79	58	623	754	236	179	251	45	42	0	360	92	43
80	197	380	22	7	15	75	289	254	0	360	339	45
81	29	20	46	350	285	116	22	55	2	359	164	35
82	2	11	116	737	1248	461	76	2	8	351	175	24
83	169	200	277	279	610	943	740	424	1	359	234	52
84	15	11	477	1031	550	307	130	37	0	359	151	33
85	124	177	155	19	17	49	194	90	0	360	5	55
86	253	12	48	49	92	714	2709	1316	0	359	278	25
87	0	0	11	67	617	306	8	0	96	261	193	14
88	0	0	0	15	394	631	0	0	135	246	207	13
89	35	447	115	94	292	557	52	29	1	359	166	64
90	0	71	391	293	447	499	87	0	29	268	166	42
91	0	0	0	0	69	530	45	2	174	299	222	11
92	29	639	651	49	10	7	9	10	1	354	70	19
93	0	0	116	839	530	193	6	0	80	253	155	23
94	0	41	348	674	2	0	0	0	31	158	118	13
95	0	0	0	365	217	0	0	0	114	190	150	11
96	0	1	23	627	0	0	0	0	61	146	131	6
97	20	20	13	94	511	294	643	98	4	358	231	36
98	0	0	169	335	123	1	0	0	77	204	133	18
99	0	0	0	63	78	0	0	0	117	194	162	10
100	0	0	34	673	382	4	0	0	95	210	151	13
101	0	0	0	1	240	0	0	0	157	192	174	4
102	0	0	0	2	51	4	0	0	125	206	179	12
103	36	14	9	7	98	202	54	33	1	358	223	34
104	6	0	0	0	0	38	230	45	232	342	275	16
105	0	0	0	0	0	0	285	4	248	296	269	8
106	0	0	0	0	8	416	316	7	187	309	246	11
107	125	47	0	0	0	0	0	0	2	44	18	6
108	3	0	0	0	4	1513	2622	403	198	359	259	15
109	0	0	0	5	135	1677	216	0	132	281	226	11
110	71	0	0	0	0	4	398	654	0	359	302	15
111	8	92	177	9	0	0	0	1	3	354	74	15
112	13	22	126	423	320	147	61	30	0	354	159	36
113	0	1	9	47	67	29	92	60	62	328	236	47
114	0	0	0	1	1	17	52	9	135	331	269	20
115	12	0	0	0	0	0	35	35	256	346	309	18
116	176	58	15	5	3	0	2	87	0	360	359	25
117	50	106	256	175	101	20	5	18	1	360	102	38
118	188	204	535	336	258	305	198	131	0	360	122	63
119	226	283	1	2	3	19	55	51	0	358	10	29
120	2	58	87	24	3	0	0	0	19	176	82	18
121	4	31	154	464	295	17	0	14	15	355	142	26
122	0	0	81	1109	873	10	0	0	105	214	151	13

Anhang

Exposition Buckelwiesen möglich													
Objectid	Pixelanzahl									Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std	
123	112	80	13	2	0	0	493	396	0	359	304	25	
124	1	3	21	105	329	276	4	2	17	331	188	21	
125	0	0	0	1	81	7	0	0	156	208	185	8	
126	0	0	0	0	35	1807	536	0	188	278	235	11	
127	0	0	23	336	154	0	0	0	89	191	150	11	
128	0	1	4	94	0	0	0	0	67	156	143	7	
129	148	67	0	0	0	0	1	101	0	360	353	22	
130	703	2610	1880	130	1	0	0	29	0	360	57	20	
131	0	0	0	109	556	125	0	0	139	242	182	14	
132	0	0	0	22	376	335	12	0	147	253	201	17	
133	0	95	338	175	106	75	0	0	29	225	116	32	
134	20	315	308	111	7	0	0	1	4	356	77	22	
135	78	284	1185	1643	4130	1530	842	123	1	360	176	36	
136	0	0	625	3	0	0	0	0	78	125	96	5	
137	0	0	282	626	0	0	0	0	75	153	119	8	
138	14	0	0	0	0	30	128	65	3	357	285	23	
139	0	0	2	250	50	0	0	0	111	170	144	9	
140	0	0	2	504	79	8	0	0	111	222	148	10	
141	0	0	317	342	0	0	0	0	83	143	113	8	
142	0	0	189	592	14	0	0	0	96	163	122	9	
143	524	682	116	82	56	23	5	34	0	360	33	30	
144	95	837	128	0	0	0	0	0	0	360	46	11	
145	435	23	6	2	43	33	11	28	0	360	355	32	
146	667	213	80	6	0	60	18	63	0	360	14	28	
147	14	3	9	87	357	191	152	101	2	358	212	39	
148	33	4	1	1	0	3	8	862	13	360	321	9	
149	0	5	12	229	1375	177	0	0	57	239	177	14	
150	0	8	122	31	0	0	0	0	55	135	95	11	
151	0	0	0	0	20	661	168	0	185	270	237	10	
152	0	0	29	731	0	0	0	0	102	146	126	5	
153	10	117	585	167	28	70	4	2	8	357	102	27	
154	0	259	30	0	0	0	0	0	38	89	57	6	
155	12	609	158	17	18	14	0	0	7	351	62	20	
156	0	0	6	1184	981	0	0	0	73	197	155	9	
157	0	0	0	31	316	36	0	0	147	214	181	10	
158	0	0	0	0	1	232	20	0	202	282	227	8	
159	0	0	0	0	3	1048	216	1	194	299	236	9	
160	0	0	0	0	1	227	15	0	201	263	229	8	
161	0	0	0	0	162	181	0	0	158	238	205	9	
162	0	0	0	0	0	80	5	0	222	266	234	4	
163	0	0	0	0	1	150	95	5	183	307	246	14	
164	62	43	66	4	1	7	126	29	0	358	331	57	
165	0	0	0	0	514	830	0	0	174	247	207	8	
166	0	0	0	0	2	520	20	0	197	251	232	6	
167	0	0	0	2	437	40	0	0	154	225	186	9	
168	0	0	0	0	39	232	88	0	165	274	229	15	
169	0	0	0	0	0	0	63	647	282	332	306	7	
170	0	0	0	0	0	8	59	238	238	327	306	12	
171	8	4	0	52	3320	1493	407	20	7	358	200	18	
172	1	0	147	21	15	16	5	0	78	351	111	28	
173	0	0	68	34	0	0	0	0	75	136	104	9	
174	0	11	64	46	0	0	0	0	53	138	105	13	
175	8	70	225	451	103	25	5	4	11	351	122	27	
176	0	0	727	1121	3	0	0	0	79	163	117	8	
177	0	33	762	591	0	0	0	0	58	145	106	12	
178	0	0	0	0	3	700	34	0	200	258	229	7	
179	267	0	0	0	0	6	41	50	0	360	339	22	
180	0	0	0	0	6	88	5	0	192	253	222	9	
181	0	0	0	0	15	214	24	0	196	256	231	10	
182	19	2	2	0	7	238	161	42	1	357	252	24	
183	0	0	0	0	667	403	63	5	162	302	202	15	
184	0	0	0	0	41	157	13	0	165	263	221	13	
185	0	0	0	0	198	695	42	0	168	270	217	11	
186	35	12	13	11	80	418	270	67	2	360	244	28	
187	0	0	0	3	150	1651	47	0	147	291	219	9	
188	0	0	0	1	79	250	68	0	154	281	222	17	
189	0	0	0	0	97	533	138	0	174	288	228	15	
190	0	0	0	54	195	0	0	0	116	192	167	10	
191	6	701	345	0	0	0	0	0	19	84	62	8	
192	0	202	34	0	0	0	0	0	29	82	55	8	

Anhang

Exposition Buckelwiesen möglich												
Objectid	Pixelanzahl								Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std
193	332	25	0	0	0	6	48	201	0	360	336	20
194	517	411	5	3	5	11	7	4	0	360	21	17
195	181	179	7	0	0	0	1	29	0	360	21	16
196	3	28	12	106	134	276	109	73	8	356	215	40
197	3	6	30	181	27	54	24	1	0	351	155	34
198	0	0	0	3	326	27	3	0	150	274	187	10
199	0	0	0	117	0	0	0	0	114	152	136	5
200	0	0	0	52	77	118	0	0	127	241	192	20
201	0	0	0	0	0	0	750	1826	250	332	300	9
202	0	0	0	0	0	8	306	263	242	326	289	13
203	6	0	0	0	0	0	5	433	288	340	315	6
204	0	0	0	0	168	0	0	0	171	202	186	4
205	154	0	0	0	0	0	64	1816	251	359	317	10
206	13	45	26	2	0	22	468	11	6	355	267	28
207	169	74	198	1269	403	7	17	181	0	360	133	38
208	0	0	0	0	177	185	47	0	186	270	210	13
209	2	9	11	27	55	4	5	3	7	337	168	36
210	2	26	278	439	166	60	68	37	0	350	136	37
211	0	8	233	520	8	0	0	0	53	166	122	14
212	0	0	73	360	120	6	0	0	84	220	143	15
213	0	0	1	63	309	193	0	0	112	234	190	16
214	0	0	1	91	509	45	0	0	109	225	176	13
215	0	0	15	80	12	0	0	0	90	197	137	14
216	11	135	386	4	0	0	0	0	6	353	76	12
217	22	158	94	85	14	0	0	0	1	359	78	28
218	274	677	12	2	0	0	0	0	0	358	34	12
219	4	2	68	103	115	3	0	2	8	360	141	23
220	0	0	44	287	389	1	0	0	93	210	158	17
221	0	0	39	176	945	246	0	0	77	224	182	17
222	21	90	179	518	16	0	0	0	5	358	118	22
223	0	0	0	448	330	0	0	0	118	186	155	9
224	0	0	1	250	178	0	0	0	109	178	155	8
225	52	38	49	0	0	0	0	0	2	360	46	22
226	1	0	0	0	279	206	18	2	158	343	202	15
227	0	0	0	40	229	181	0	0	131	226	190	15
228	0	0	0	2	1575	16	0	0	154	211	186	5
229	0	0	0	0	108	930	126	0	162	277	227	12
230	0	0	0	0	169	92	0	0	165	241	199	9
231	0	1	8	29	1266	887	10	2	41	325	199	14
232	0	3	94	31	0	0	0	0	56	142	103	10
233	0	0	35	139	32	0	0	0	93	193	133	14
234	0	0	0	176	0	0	0	0	124	149	142	3
235	0	0	113	1375	83	0	0	0	85	172	135	9
236	10	69	529	263	2	2	21	28	1	360	97	24
237	0	0	280	67	0	0	0	0	74	146	104	8
238	110	0	0	0	0	0	6	447	1	359	322	12
239	2	0	1	62	165	465	351	64	75	349	236	27
240	0	0	0	0	49	218	2	0	182	252	217	9
241	0	0	0	0	0	444	47	0	222	257	238	5
242	0	0	0	0	0	168	0	0	207	241	222	4
243	0	0	0	0	0	3	164	19	241	301	277	8
244	0	0	0	0	18	184	36	0	190	269	234	11
245	557	256	92	46	21	41	52	299	0	360	358	36
246	0	3	205	806	111	2	0	0	64	206	130	15
247	0	0	0	0	0	370	163	0	223	272	244	6
248	2	167	32	0	0	0	0	0	18	83	55	9
249	0	0	0	0	0	40	406	19	225	324	271	11
250	38	0	0	0	0	0	69	121	0	358	311	18
251	233	21	0	0	5	172	159	244	0	359	301	35
252	593	214	11	7	3	24	95	294	0	360	351	27
253	95	528	134	0	0	0	0	0	1	357	46	13
254	0	0	172	392	2	0	0	0	77	158	121	11
255	0	0	97	367	62	0	0	0	82	194	133	14
256	0	0	21	270	46	0	0	0	69	177	140	11
257	4	54	221	204	80	114	55	8	6	351	133	43
258	0	0	0	1	6	130	227	2	152	293	254	14
259	150	60	134	68	118	191	103	165	0	359	264	79
260	0	0	0	0	11	18	73	46	174	321	274	22
261	1	0	15	29	214	475	244	138	0	327	236	29
262	0	0	0	1	100	137	8	0	157	257	212	19

Anhang

Exposition Buckelwiesen möglich													
Objectid	Pixelanzahl									Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std	
263	84	674	4009	8583	7302	2133	156	67	-1	359	149	29	
264	0	0	5	115	279	67	11	0	97	263	177	19	
265	8	25	78	122	26	8	5	26	6	358	117	41	
266	0	98	143	68	0	0	0	0	39	155	88	19	
267	0	0	177	360	0	0	0	0	96	133	115	4	
268	0	0	178	363	1	0	1	0	85	269	120	9	
269	392	1668	2442	1043	311	18	4	9	0	360	83	27	
270	0	31	385	413	2	0	0	0	39	161	111	13	
271	0	0	82	895	44	0	0	0	77	177	133	10	
272	0	1	200	668	221	7	0	0	66	208	136	17	
273	0	0	162	126	0	0	0	0	85	152	114	10	
274	0	2	119	1299	218	1	0	0	58	207	140	12	
275	9	25	35	15	16	49	147	10	10	355	255	47	
276	133	575	43	0	0	0	0	1	0	360	39	13	
277	8	0	0	0	0	103	875	194	203	353	275	14	
278	2	0	0	0	0	0	2215	947	250	339	285	10	
279	0	0	0	0	0	0	475	0	251	288	272	5	
280	0	0	0	0	0	100	379	0	240	276	256	5	
281	7	0	0	0	0	0	72	134	249	344	301	16	
282	0	0	0	0	39	395	1832	16	171	301	260	13	
283	0	0	11	301	502	533	286	75	74	321	206	33	
284	0	0	0	49	302	335	191	10	116	328	216	26	
285	344	960	273	74	0	0	0	7	0	360	47	21	
286	101	87	82	143	248	27	26	72	0	359	137	59	
289	65	119	0	0	0	0	0	0	1	360	29	8	
290	3	168	0	0	0	0	0	0	19	55	41	5	
291	130	0	0	0	0	0	0	305	0	360	331	11	
292	0	0	0	0	0	30	2190	195	242	319	274	9	
293	5	0	0	0	0	0	330	203	276	354	292	6	
294	0	0	0	0	0	0	2	279	292	334	311	5	
295	54	19	20	5	2	0	2	4	0	360	27	32	
296	312	0	0	0	0	0	3	296	0	360	337	11	
297	1057	176	0	0	0	0	0	0	0	360	10	8	
298	452	181	59	16	12	30	75	196	0	360	356	34	
299	340	0	0	0	0	1	343	1380	247	352	317	15	
300	0	773	715	64	0	0	0	0	25	130	71	16	
301	0	58	72	0	0	0	0	0	40	89	70	7	
302	11	294	14	0	0	0	0	0	19	85	39	8	
303	125	246	27	0	0	0	0	1	0	360	33	17	
304	2	57	265	6	0	0	0	0	1	123	79	10	
305	335	39	0	0	0	0	0	35	0	360	2	11	
306	237	94	17	0	0	0	0	2	0	360	19	12	
307	48	73	379	2577	1718	383	7	16	4	359	152	24	
308	0	0	0	0	5	528	339	2	194	297	245	8	
309	44	0	0	0	0	491	238	111	2	359	254	23	
310	2618	352	35	24	126	930	2690	3243	0	360	309	32	
311	1507	61	7	4	7	889	6675	4018	0	360	290	23	
312	1204	26	0	0	0	0	18	1024	0	360	337	10	
313	507	3	0	0	0	0	17	450	0	360	338	13	
314	560	106	0	0	0	37	559	214	0	360	321	32	
315	72	178	325	37	0	0	0	0	0	359	71	22	
316	2269	209	0	0	0	21	195	2394	0	360	337	18	
317	0	0	44	1175	2371	407	1	0	97	251	170	17	
318	91	678	263	1246	6648	293	2	1	0	359	173	26	
319	1	0	3	430	3333	2138	179	3	9	328	196	18	
320	30	29	59	69	235	244	184	53	0	359	212	43	
321	39	0	36	317	762	1648	625	1985	94	344	256	41	
322	0	0	252	696	4	0	0	0	84	163	120	8	
323	0	3	154	176	0	0	0	0	62	136	112	9	
324	271	46	73	0	0	0	0	83	0	360	4	26	
325	18	0	0	0	0	0	47	245	274	347	316	12	
326	10	0	0	0	0	0	27	155	249	348	307	13	
327	196	2070	100	0	0	0	0	0	0	360	42	10	
328	68	513	110	10	5	7	1	16	3	360	47	19	
329	622	165	2	0	0	0	0	16	0	360	11	12	
330	0	1	336	7	0	0	0	0	66	125	89	7	
331	3	1	17	140	232	34	6	9	10	353	166	23	
332	912	239	1	0	0	0	4	27	0	360	10	12	
333	61	552	225	70	9	0	0	2	0	360	59	23	
334	0	0	67	101	0	0	0	0	103	137	117	5	

Exposition Buckelwiesen möglich												
Objectid	Pixelanzahl								Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std
335	0	0	0	0	0	0	266	0	257	292	279	4
336	0	0	0	0	87	33	0	0	166	213	193	9
337	2	0	0	0	0	0	366	359	254	340	291	10
338	0	0	190	320	0	0	0	0	78	148	116	8
339	0	0	83	79	62	4	0	0	78	211	132	22
340	0	0	7	101	0	0	0	0	107	152	131	6
341	141	0	0	0	0	2	472	826	0	360	304	15
342	3	0	0	0	0	0	2	74	286	348	315	8
343	10	0	0	1	1	98	16	26	141	345	258	30
344	204	0	0	0	0	0	93	525	0	360	322	17
345	365	143	1	0	0	0	0	4	0	360	15	10
346	0	0	0	0	0	156	524	148	213	304	270	14
347	0	0	0	0	3	2108	3	0	200	251	224	5
348	0	0	0	0	5	558	0	0	201	247	222	7
349	0	0	51	52	0	0	0	0	104	126	115	4
350	0	0	0	37	43	0	0	0	146	172	160	4
351	110	38	24	26	44	145	194	224	0	359	287	44
352	5	8	14	46	182	329	205	31	11	358	223	30
353	0	0	0	0	0	0	230	134	271	331	291	8
354	226	54	12	3	16	163	438	978	0	360	306	27
355	6	369	2604	758	9	0	0	0	15	181	94	14
356	2	210	2088	319	39	18	3	3	2	334	93	15
357	0	0	0	6	1812	1664	203	37	145	318	209	15
358	0	0	265	164	0	0	0	0	81	143	108	11
359	0	0	5	63	258	81	0	0	110	237	183	18
360	908	22	14	55	87	100	106	439	0	360	336	34
361	31	0	0	0	0	38	208	155	1	360	288	20
362	9	0	0	0	8	39	135	127	194	354	283	22
363	0	0	0	0	0	0	244	576	263	320	297	7
364	7	5	0	0	0	6	628	609	13	355	293	13
365	0	0	748	1948	1971	1705	1973	1	78	293	196	40
366	45	4	0	3	3	13	424	705	0	359	299	16
367	20	0	0	0	0	0	19	312	260	344	313	9
368	182	0	0	0	0	2	1291	2845	0	359	303	14
369	5	2	3	108	120	539	1593	229	34	360	261	24
370	0	0	0	0	0	0	210	27	261	327	280	7
371	0	0	0	4	22	185	65	0	127	281	233	17
372	0	0	0	0	0	122	405	0	222	288	256	7
373	0	0	0	0	42	45	344	11	174	295	263	19
374	6	21	59	146	200	184	157	6	2	360	200	39
375	24	0	0	0	0	33	1690	352	1	358	281	11
376	0	0	276	79	37	45	419	174	79	331	274	64
377	6	0	0	0	0	1	103	475	6	345	303	9
378	0	0	0	0	3	321	159	0	194	283	240	10
379	0	0	84	503	7	0	0	0	93	162	129	9
380	475	1224	420	0	0	0	0	90	0	360	41	20
381	15	403	106	0	0	0	0	0	4	359	55	10
382	0	0	0	1	256	151	38	0	155	258	207	18
383	0	0	0	0	48	1114	283	1	180	295	233	12
384	0	0	0	0	0	0	92	68	253	324	291	10
385	0	0	0	0	7	1633	426	0	182	279	239	7

Tabelle 29: Einzelauswertungen der möglichen Buckelwiesen nach Expositionsdaten

Exposition Buckelwiesen geplant												
Objectid	Pixelanzahl								Grad (0-360°)			
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	Min	Max	Mean	Std
1	6	49	1340	6098	1779	553	55	25	24	356	142	21
3	1243	3145	2113	1138	196	97	56	269	0	360	62	33
4	124	57	28	37	141	286	104	79	1	360	241	55
5	0	0	0	0	0	0	300	20	264	310	277	6
6	0	0	0	0	0	0	186	38	259	302	284	6

Tabelle 30: Einzelauswertungen der geplanten Buckelwiesen nach Expositionsdaten

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Manuel Ecker

Adresse: Johann Scheider-Gasse 11/1, 2201 Seyring

Telefon: 0664/1504531

E-Mail Adresse: manuel.ecker@aon.at

Geburtsdatum: 10.07.1982

Geburtsort: Wels

Staatsbürgerschaft: Österreich

Ausbildung:

1989-1993 Volksschule Wels-Neustadt

1993-1997 Hauptschule Wels-Neustadt

1997-2002 BORG Grieskirchen mit Abschluss der Matura

2003-2005 Studium der Meteorologie und Geophysik an der Universität Wien

seit Oktober 2005 Studium der Geographie an der Universität Wien

Berufserfahrung:

August 2000 Ferialarbeit beim Magistrat Wels (Friedhof)

Juli 2001 Ferialarbeit beim Magistrat Wels (Friedhof)

2002-2003 Zivildienst bei der Lebenshilfe Wels

Juli 2004 Ferialarbeit beim Magistrat Wels (Abfallentsorgung)

Juli 2006 Ferialarbeit als Kaufmännischer Angestellter bei Metro Cash & Carry

August 2006 Ferialarbeit beim Ackern in Wels

Sommer 2008 Ferialarbeit bei der Firma Wipf (Herstellung von Verpackungsfolien)

Sommer 2009 Praktikum beim Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
Wald, Naturgefahren u. Landschaft - Abteilung Wildbach und Erosion

August 2010-Mai 2011 Inventurmitarbeiter bei RGIS

September-Oktober 2011 Inventurmitarbeiter bei Sigma

Seit Oktober 2011 Praktikum bei der Geologischen Bundesanstalt