



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

„Morphometrische Analysen zur Klärung der
Buckelwiesengenesese“

Verfasserin

Andrea Hofinger

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien im November 2010

Studienkennzahl lt. Studienblatt:
Studienrichtung lt. Studienblatt:
Betreuerin:

A 453
Theoretische und Angewandte Geographie
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 November 2010

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit zur Seite standen.

Allen voran gilt mein Dank Frau Ao. Univ.-Prof. Christine Embleton-Hamann. Als Betreuerin meiner Diplomarbeit gab sie mir Hilfestellung bei der Suche nach einem geeigneten Thema, beim Erstellen eines Konzeptes sowie bei der Ausarbeitung des Themas. Sie unterstützte mich bei einer gemeinsamen Geländebegehung beim Sammeln von Daten und gab mir nützliche Tipps zur Datenverarbeitung. Außerdem stellte sie mir bereits vorhandenes Datenmaterial zur Verfügung.

Weiters möchte ich mich bei Manuel Ecker bedanken, der mich ebenfalls bei der Geländebegehung begleitete und mir bei der Datensammlung half.

Mein Dank gilt außerdem Florian Hajdin und Karin Rachbauer für das Korrekturlesen und für wertvolle Tipps und Tricks.

Auch danke ich Herrn Dr. Ralf Schuster, Herrn Mag. Alfred Gruber und Herrn Dr. Axel Nowotny für die Bereitstellung von sämtlichen für die Arbeit relevanten Materialien.

Inhaltsverzeichnis

Kurzbeschreibung	1
Abstract	3
1. Einleitung	5
2. Buckelwiesen.....	7
2.1. Definition.....	7
2.2. Gestalt des Kleinreliefs	8
2.3. Entstehung	9
2.3.1. Der Frostansatz.....	10
2.3.2. Das Konzept der glazialen Aufschüttung.....	11
2.3.3. Der Karstansatz	13
2.3.4. Das Windwurfkonzept.....	14
2.3.5. Erweiterung der Karsttheorie	16
2.4. Bisher untersuchte Buckelwiesenvorkommen.....	17
2.4.1. Die Buckelwiesen der Mittenwalder Mäher.....	17
2.4.2. Buckelwiesenareale im Berchtesgadener Land.....	20
2.4.3. Buckelwiesenvorkommen im Kloaschautal	21
2.4.4. Bodenbuckelung am Südrand des Tennengebirges.....	22
2.4.5. Die Buckelwiesen des Kräuterin-Massivs.....	23
2.4.6. Buckelwiesenvorkommen am Warscheneckplateau	24
2.4.7. Buckelwiesenvorkommen am Schneeberg.....	25
2.4.8. Buckelwiesenareale in den Lechtaler Alpen	27
2.4.9. Die Buckelwiesen auf der Pokljuka (Julische Alpen).....	27
3. Untersuchungsgebiet.....	29
3.1. Geologie	31
3.2. Klima	38
3.3. Böden.....	40
3.4. Hydrologie.....	42
3.5. Vegetation/Landnutzung	42
3.6. Almgeschichte	44
3.7. Buckelwiesen im UG	48
4. Forschungsplan.....	52
4.1. Hypothesen.....	52
4.2. Methoden.....	55
4.2.1. Literaturrecherche	55
4.2.2. Feldaufnahme	55
4.2.3. Statistik.....	56
4.3. Daten.....	57
4.3.1. Morphometrische Daten	58
4.3.2. Daten den Baumwuchs auf Buckelwiesen betreffend.....	58
4.3.3. Bodenproben	59
5. Morphometrie.....	60
5.1. Die Buckelwiesen im UG.....	60
5.1.1. Seiser Alm	60
5.1.2. Gletsch Alm.....	63
5.2. Andere Buckelwiesenvorkommen	66
5.2.1. Areal „Krün“	66
5.2.2. Areal „TÜP“	69
5.2.3. Areal „Happ“	71

5.2.4. Areal „Fadenboden“	74
6. Buckelwiesen und Baumwuchs	78
6.1. Glatzsch Alm	78
6.2. Areal „Happ“	80
7. Bodenproben.....	81
7.1. Seiser Alm	81
7.2. Areal „TÜP“	81
7.3. Areal „Fadenboden“	83
8. Beitrag der Untersuchungen zur Verifizierung/Falsifizierung der Hypothesen	86
9. Zusammenfassung.....	93
10. Quellenverzeichnis	95
11. Abbildungsverzeichnis	99
12. Tabellenverzeichnis	101
Anhang	103

Kurzbeschreibung

Unter dem Begriff „Buckelwiesen“ versteht man Flächen, die durch Mulden im Wechsel mit kleinen Buckeln rhythmisch reliefiert sind. Sie sind einzigartige geomorphologische Phänomene, die bereits von einigen Autoren thematisiert wurden. Ihre Entstehung konnte jedoch noch nicht restlos geklärt werden, da sich bis jetzt keine der vier Theorien zur Buckelwiesengenesen durchsetzen konnte.

Diese Arbeit befasst sich mit zwei Buckelwiesen in den Südtiroler Dolomiten. Diese wurden nach verschiedenen Gesichtspunkten untersucht und mit anderen Buckelwiesenvorkommen verglichen mit dem Ziel, Hinweise auf die Entstehungsweise der Buckelwiesen zu erhalten.

Mittels Literaturrecherche, Feldaufnahme und statistischen Methoden wurden Daten zur Morphometrie, zur Bodenbeschaffenheit und zur Beziehung zwischen Buckelwiesen und Baumwuchs erhoben und anschließend analysiert. Auch bereits vorhandene Daten von anderen Buckelwiesenarealen wurden herangezogen. Das Hauptaugenmerk lag auf der Analyse der morphometrischen Daten der einzelnen Buckelwiesenvorkommen. Die wichtigste Frage war, ob die Morphometrie Hinweise auf die Buckelwiesengenesen liefern kann.

Der Kern der Arbeit liegt in der Überprüfung, ob die Buckelwiesen eventuell Verkarstungserscheinungen sein könnten, bei deren Erstanlage der Wald eine Rolle spielte. Eingehende Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, dass tatsächlich Karstlösung als Ursache für die Buckelwiesengenesen anzunehmen ist. Für die Erstanlage des Buckelwiesenreliefs ist entweder Windwurf oder differenzierte Kalklösung unter Waldbedeckung verantwortlich. Die Frage nach dem Primärrelief der Buckelwiesen konnte jedoch nicht vollständig geklärt werden.

Abstract

„Buckelwiesen“ are special microrelief landscapes consisting of hummocks alternating with pits. They are specific geomorphological phenomena, which have been already studied by numerous authors. However, they couldn't yet clarify the reason for the development of Buckelwiesen. Not any of the four different theories to the genesis of the pit and mount microrelief could prevail.

This study deals with two different Buckelwiesen in the Dolomites of South Tyrol, Italy. They have been analysed relating to different aspects and compared with other test sites. The target of this study consists of a collection of informations about the development of Buckelwiesen.

Using literature research, field survey and statistical methods, data have been collected and analysed concerning morphometry, soil conditions and the relation between the pit and mount microrelief and the plant cover thereupon. Additionally, already existing data have been used. The main focus lay on the analysis of the morphometry of the different Buckelwiesen areas. The most important question was, if the morphometrical data can give indications for the genesis of Buckelwiesen.

The core of this study lies in the verification, if Buckelwiesen could eventually be a phenomenon of karst formation with an initial development caused by forest. Analysis results showed that in fact karst formation is the reason for the development of Buckelwiesen. The initial genesis is caused either by wind throw or by differentiated karst formation under forest. The question about the initial development of the pit and mount microrelief has not been fully answered.

1. Einleitung

„Buckelwiesen“ sind sehr gut untersuchte geomorphologische Phänomene. Viele Autoren haben sich bereits mit dem Thema befasst und an verschiedenen Buckelwiesenarealen Untersuchungen durchgeführt. Es gibt jedoch noch einige Unklarheiten in Bezug auf die Buckelwiesenentstehung. Die einzelnen Autoren vertreten verschiedene Theorien dazu.

In dieser Arbeit geht es darum, die Buckelwiesenvorkommen der Seiser Alm und der Glatsch Alm in den Südtiroler Dolomiten zu untersuchen und sie mit anderen Buckelwiesenvorkommen zu vergleichen. Ziel ist es, mehrere Hypothesen zu überprüfen und zu verifizieren/falsifizieren. Vor allem geht es darum, Hinweise auf die Entstehungsweise der Buckelwiesen zu finden.

Nach dieser kleinen Einleitung gibt es im zweiten Kapitel der Diplomarbeit zunächst Erläuterungen zum Phänomen der Buckelwiesen im Allgemeinen. Neben einigen Informationen zu Form und Gestalt der Buckel und Mulden werden die verschiedenen Entstehungsarten der Buckelwiesen besprochen. Es gibt ja unterschiedliche Meinungen, aus welchem Grund bzw. auf welche Art und Weise die Buckel und Mulden entstanden sein könnten. Wichtig ist, dass es in diesem Teil der Arbeit einen Überblick über die unterschiedlichen Theorien gibt. Im Zuge der Diplomarbeit sollte auf jeden Fall auf frühere Untersuchungen zum Thema Buckelwiesen eingegangen werden. An den verschiedensten Standorten wurden diese prägnanten Buckel und Mulden entdeckt und untersucht. Das Phänomen der Buckelwiesen ist bereits seit längerer Zeit Thema diverser Forschungsarbeiten. Im Rahmen dieser Arbeit sollen sämtliche Ergebnisse der früheren Untersuchungen zum Thema Buckelwiesen zusammenfassend beschrieben werden. Dies sollte einen Überblick darüber geben, wo überall Oberflächenbuckelungen auftreten und welche Eigenschaften diese an den verschiedenen Standorten aufweisen.

Im dritten Kapitel der Diplomarbeit wird das Untersuchungsgebiet im Allgemeinen vorgestellt. Es gibt hier Informationen zur Lage der beiden untersuchten Buckelwiesen. Auch werden die Geologie, das Klima, die Bodentypen, die Hydrologie und die Vegetation bzw. Landnutzung im Gebiet der Buckelwiesen erläutert. Am Ende des Kapitels geht es schließlich noch um die Almen, auf denen die untersuchten Wiesen liegen, sowie um die Buckelwiesen an sich.

In Kapitel 4 wird der genaue Forschungsplan der Diplomarbeit vorgestellt. Die Hypothesen, die es zu überprüfen gilt, werden mitsamt ihren Argumenten vorgestellt. Des Weiteren gibt es eine Auflistung der in der Arbeit verwendeten Daten. Dazu zählen einige selbst erhobene

Datensätze sowie mehrere Daten aus anderen Untersuchungsgebieten. In einem weiteren Schritt werden die Methoden, die im Zuge der Diplomarbeit angewendet werden, beschrieben. Es gibt sowohl Literaturrecherche also auch Feldaufnahme und statistische Methoden.

Das fünfte Kapitel ist eine Zusammenschau der morphometrischen Daten der Buckelwiesenvorkommen im Untersuchungsgebiet sowie anderer Buckelwiesenareale. Die Morphometrie der Buckel und Mulden ist ein Kernpunkt der Diplomarbeit. Sie soll zur Hypothesenprüfung verwendet werden.

Im sechsten Kapitel werden sämtliche aus Buckeln oder Mulden entnommene Bodenproben präsentiert. Die Proben wurden allesamt im Labor analysiert und die Ergebnisse davon sind in Tabellen dargestellt und können für verschiedene Fragestellungen verwendet werden.

Kapitel 7 beinhaltet Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen dem Buckelwiesenrelief und Baumwuchs. Gezeigt werden hier Skizzen von Buckelwiesen, aus denen die Lage der Bäume bzw. Baumstrünke entnommen werden kann. Die Buckelwiesenabbildungen dienen dazu, eine der Diplomarbeit zugrunde liegenden Hypothese zu überprüfen.

Das achte Kapitel soll Aufschluss darüber geben, wie denn die einzelnen Untersuchungsergebnisse zur Verifizierung/Falsifizierung der Hypothesen beitragen. In diesem Teil der Arbeit wird untersucht, ob die einzelnen Annahmen zutreffen und die Hypothesen angenommen werden können.

Am Ende der Arbeit, in Kapitel 9, gibt es eine Zusammenfassung der Ergebnisse und eine Aufzählung der wichtigsten Erkenntnisse daraus.

2. Buckelwiesen

2.1. Definition

Unter dem Begriff „Buckelwiesen“ versteht man Flächen, die durch Mulden im Wechsel mit kleinen Buckeln rhythmisch reliefiert sind (vgl. Hamann 1985, S.56). Laut EMBLETON-HAMANN (1999, S.2) können „Buckelwiesen“ auf Basis von ENGELSCHALKs morphometrischen Analysen von einigen Buckelwiesenarealen im Alpenvorland und in den bayerischen Alpen in morphographischer Hinsicht folgendermaßen definiert werden:

„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, S.14)

In dieser Definition der „Buckelfluren“ findet ein sehr breites Formenspektrum Platz.

Tabelle 1 zeigt die von ENGELSCHALK angeführten Grenz- und Durchschnittswerte der Bodenbuckelabmessungen verglichen mit den von anderen Autoren publizierten Werten zu den Größenverhältnissen der Buckelwiesen. Es wird deutlich, wie ähnlich die einzelnen Angaben sind. Man muss jedoch auch anmerken, dass ENGELSCHALK zum Zeitpunkt der Erstellung seiner Werte die Angaben von MÜLLER, PENCK, KNAUER und LUTZ bereits kannte und berücksichtigte (Hamann 1985, S.59).

Tab. 1: Vor 1985 veröffentlichte Werte zu den Größenverhältnissen der Buckelwiese

	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	

Quelle: Hamann 1985, S.60

Die Bezeichnung „Buckelwiesen“ war ursprünglich der Landschaftsname für die Mittenwalder Mähder mit ihrer buckeligen, rhythmisch bewegten Oberfläche. Seit etwa 1940 wird der Begriff in der geomorphologischen Literatur verwendet (Hamann 1999, S.2). Dennoch hat es in der vergangenen Zeit immer wieder Diskussionen um die richtige Bezeichnung des Kleinreliefs aus Buckeln und Mulden gegeben. ENGELSCHALK etwa verwendet in seinen Publikationen nicht den Begriff „Buckelwiesen“. Er befürchtet, dieser Ausdruck könnte den Eindruck erwecken, dass Buckelwiesen sich nur auf grasbewachsene Flächen beschränken. Diese Geländeform kommt jedoch auch unter Waldbewuchs vor. Deshalb verwendet ENGELSCHALK den Begriff „Buckelfluren“ (Engelschalk 1971, S. 10). In der Literatur hat sich jedoch der Terminus „Buckelwiesen“ gegenüber den anderen teilweise verwendeten Begriffen durchgesetzt.

2.2. Gestalt des Kleinreliefs

Buckelwiesen sind in ihrem Erscheinungsbild geprägt von der Gestalt der Einzelformen und der Art und Weise der Vergesellschaftung dieser Voll- bzw. Hohlformen.

Die Gestalt der Einzelformen wird durch die Form des Grundrisses sowie durch die Höhe der Vollform bzw. die Tiefe der Hohlform bestimmt:

a) Die Form des Grundrisses:

HAMANN unterscheidet zwischen Buckel mit rundem und solchen mit langgezogenem bis elliptischem Grundriss. Mulden können entweder einen runden oder auch einen langgezogenen bis elliptischen Grundriss aufweisen (Hamann 1985, S.57). Laut ENGELSCHALK können die Vollformen je nach Grundriss in vier Subtypen aufgeteilt werden:

- Rundlich, gedrungener Grundriss (Kuppenform)
- Rundlich, flachgeböschter Grundriss (Fladenform)
- Oval, gedrungener Grundriss (Walzenform)
- Oval, flachgeböschter Grundriss (Wellenform)

b) Die Höhe der Bodenbuckel:

ENGELSCHALK definiert die Höhe der Buckel durch den „*Abstand zwischen einem Buckelscheitel und der tiefsten Stelle der benachbarten Mulde, senkrecht zur Geländeoberfläche gemessen*“ (Engelschalk 1971, S.12). Die Höhe wird also durch den Höhenunterschied zwischen der Voll- und der Hohlform bestimmt.

Abbildung 1 zeigt, wie die Höhe der Bodenbuckel ermittelt werden kann.

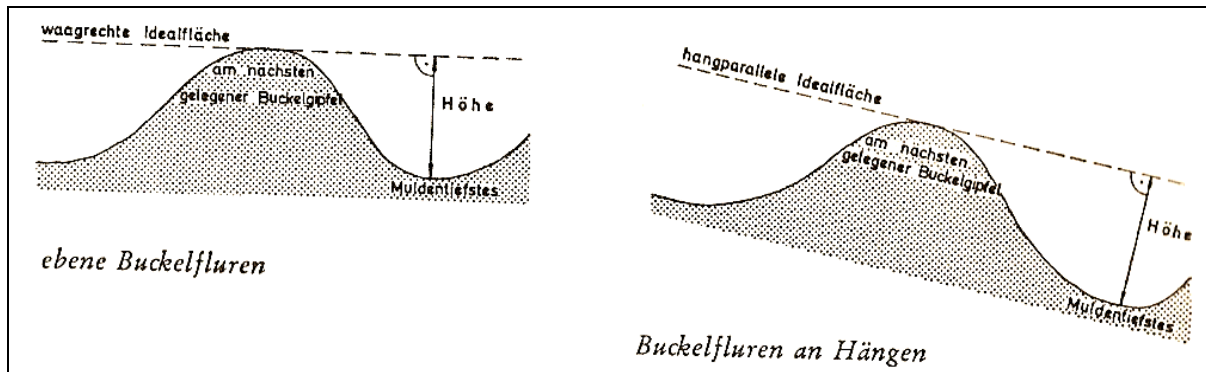


Abbildung 1: Ermittlung der Höhe der Bodenbuckel

Quelle: Engelschalk 1971, S.16

Wird der Höhenunterschied über ein gewisses Areal gemittelt, so ergibt sich die Reliefenergie dieser Fläche (Hamann 1985, S.58).

Die Vergesellschaftung der Einzelformen wird durch deren Anordnungsichte bestimmt. Laut ENGELSCHALK kann man dann von einer „Buckelflur“ sprechen, wenn die Buckel lückenlos mit einer Dichte von 170 bis 900 Stk./ha angeordnet sind.

Neben der Gestalt und der Art der Vergesellschaftung der Einzelformen können Buckelwiesen des Weiteren noch über das aufbauende Material der Buckel charakterisiert werden. Entscheidend beteiligt an der Entwicklung dieser Kleinformen ist das anstehende Lockergestein (Engelschalk 1971, S.12f). Meist entstehen die Buckel über Lockergestein wie Schotter, Moränenmaterial oder Schutt. Bildungen über Fels sind möglich, jedoch äußerst selten (Posch 2005, S.3).

2.3. Entstehung

Zur Genese der Buckelwiesen gibt es die verschiedensten Theorien und Diskussionen. Ihre Entstehungsweise ist sozusagen eine wissenschaftliche Streitfrage, zu der es bis zum heutigen Zeitpunkt keine einheitliche Meinung gibt. Im Wesentlichen gibt es vier verschiedene Theorien zur Entstehung der Buckelwiesen, nämlich das Frostkonzept, das Konzept der glazialen Aufschüttung, die Karsttheorie und das Windwurfkonzept. Für jedes der vier Konzepte gilt, dass die Buckelwiesengenesse von bestimmten Faktoren abhängig ist. Darum ist das Vorkommen von Buckelwiesen jeweils auf unterschiedliche Räume beschränkt (Posch

2005, S.5). Diese Beschränkungen führten in der Vergangenheit immer wieder zu einer Kritik an den einzelnen Konzepten.

Im Folgenden werden nun die verschiedenen Theorien zur Entstehung der Buckelwiesen näher erläutert.

2.3.1. Der Frostansatz

Die Vertreter der Frosttheorie gehen davon aus, dass Buckelwiesen ein fossiles, frostbedingtes Produkt des Spätglazials darstellen. Nach dieser Theorie erfolgte die Genese der Buckel durch das Ausschmelzen von Eiskeilen. Auch werden häufig noch solifluidale Dreh- und Würgebewegungen angenommen, die scheinbar eine weitere Erhöhung der Buckel bewirkten. ENGELSCHALK, einer der Vertreter des Frostansatzes, führte im Bereich der Mittelwalder Buckelwiesen umfangreiche Grabungen durch. Die daraus resultierenden Profile zeigen Verwitterungskörper, die nicht trichter- und sackförmig in die Tiefe gehen, sondern wie flachgedrückte Blasen aussehen. Diese Verwitterungshorizonte setzen unter den Buckelflanken an und ziehen sich in die Buckelzentren hinein. Dort werden sie von weniger verwittertem Material überlagert. Die Verwitterungsintensität unter dem Buckelscheitel nimmt von der Oberfläche zum Buckelkern hin zu. Teilweise kann man innerhalb dieser Verwitterungskörper linsenförmige Einsprengungen von nur angewittertem Material finden. Abbildung 2 zeigt das schematisierte Profil einer Grabung von ENGELSCHALK in den Mittenwalder Buckelwiesen.

Profilbild vom Engelschalk'schen Typ

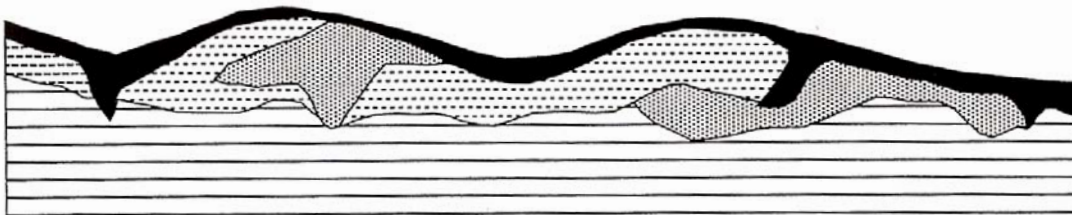


Abbildung 2: Schematisiertes Profilbild einer Grabung von ENGELSCHALK in den Buckelwiesen der Mittenwalder Mähder (Legende: siehe Abb. 4)

Quelle: Embleton-Hamann 1999, S.4

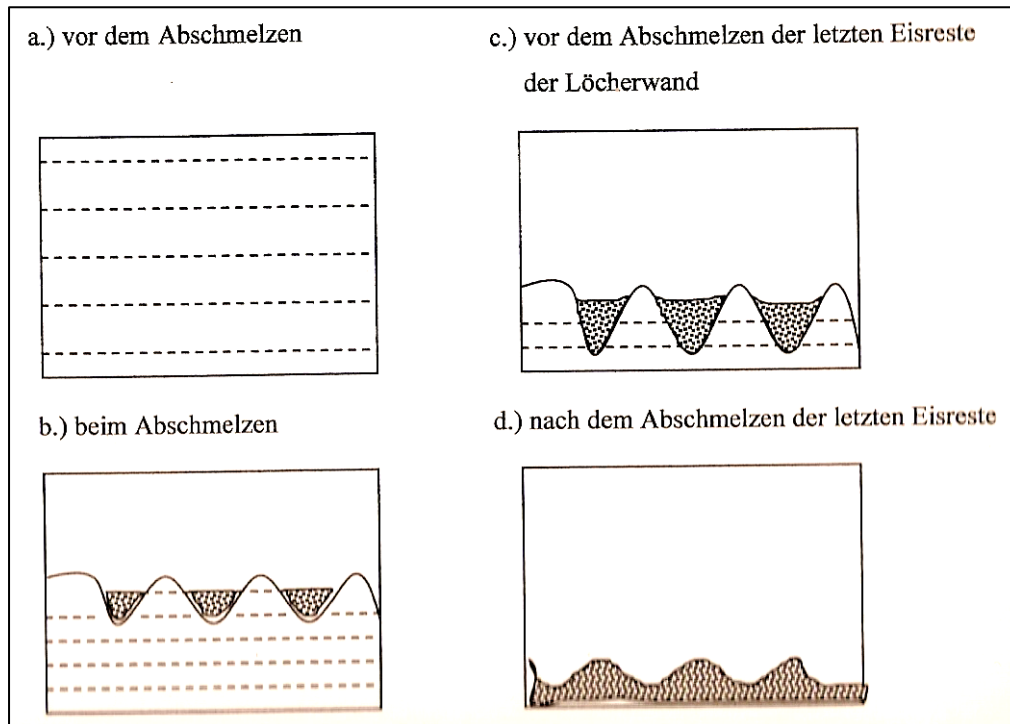
Ein weiterer Befund der Untersuchungen der Mittenwalder Buckelwiesen ist, dass in den Buckeln alte Wurzelröhren und schräg bis senkrecht gestellte Geschiebe vorhanden sind. Laut ENGELSCHALK stellen die Feinerdetaschen Abbilder von Eiskeilen dar. Durch ihre schräge, verdrehte Lage und ihre Zuordnung zu den Buckeln geht er von einer zweiten Phase der Buckelgenese mit Fließ- und Drehbewegungen aus. Kongeli-Solifluktion und Solifluktion seien angeblich die Ursache dafür. Auch sind sie verantwortlich dafür, dass die Feinerdetaschen der Spaltenfüllungen hangabwärts verschleppt und mit wenig verwittertem Bodenmaterial überdeckt wurden (Embleton-Hamann 1999, S.2ff.).

Neben ENGELSCHALK sind auch noch LUTZ und PAUL Vertreter der Frosttheorie. Sie bringen die Entwicklung der Buckelwiesen mit Frostkeilen in Verbindung. LUTZ und PAUL gehen davon aus, dass durch Frosteinwirkung Netzzrisse entstehen, die sich in weiterer Folge zu einem Eiskeilnetz ausweiten. Durch den Druck, der auf das zwischen den einzelnen Eiskeilen liegende Material wirkt, kommt es zu einer Aufwölbung. Nach dem Abschmelzen der Eiskeile sackt dann schließlich das sie umgebende Material in die neu entstandenen Hohlformen (Posch 2005, S.5).

2.3.2. Das Konzept der glazialen Aufschüttung

Diese Theorie besagt, dass Buckelwiesen glaziale Aufschüttungsformen sind, welche sich bei unregelmäßigem Ausschmelzen der Schuttmassen aus dem Gletschereis entwickelt haben (Ebers 1939, S.107). Vertreter dieses Konzepts sind zum Beispiel EBERL, FISCHER, KNAUER und PRIEHÄUSZER. KNAUER ist nach eigenen Angaben schon lange Zeit der Auffassung, dass Buckelwiesen eiszeitlicher Entstehung sind (Knauer 1942/43, S.217). Er beurteilt sie als eine fossile eiszeitliche Bildung, als eine besondere Art der Ablagerung von Grundmoränenmaterial (Priehäuszer 1957, S.112). EBERL hält die Buckelwiesen für einen „glazialen Wildboden“ (Knauer 1942/43, S.217). FISCHER ist der Meinung, dass Buckelwiesen Strukturböden sind, wie sie in Randgebieten von Vereisung vorkommen (Ebers 1957, S.114).

Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Buckelwiesenformen nach dem Konzept von PRIEHÄUSZER. Demnach umfasst die Buckelwiesengenese vier aufeinander folgende Stadien.



- a.) Vor dem Abschmelzen ist die Firndecke mit splittartigem Schutt von Felswänden bedeckt.
- b.) fortschreitendes löchriges Abschmelzen des Firneises von oben. Ansammlung des freigesetzten Bänderschuttes in den Löchern.
- c.) mit Splittschutt gefüllte Schmelzlöcher.
- d.) Umkehrung des Schuttkörpers. Einsinken der Löcher. Leicht ausgerichteter Splittschutt.

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Entwicklung der Buckelwiesenformen (nach Priehäuszer 1957)

Quelle: Posch 2005, S.7

Zu Beginn, also im ersten Stadium, gab es eine Firndecke, die mit splittartigem Schutt überdeckt war. In einem weiteren Schritt begann das Firneis schließlich nach und nach zu schmelzen. Dieser Schmelzvorgang ging jedoch nicht gleichmäßig flächenhaft von statten, sondern ungleich löchrig. Beim Tiefertauen und Weiterwerden der Schmelzlöcher wurden immer mehr Schuttbänder mit zunehmender Fläche umfasst. Dieser Schutt sammelte sich dann in den Löchern. Zwischen den aufgetauten und mit Schutt gefüllten Schmelzlöchern gab es Frost- bzw. Eiskeile als Zwischenpfeiler. Als dann schließlich auch noch diese Zwischenpfeiler weg schmolzen, sank der Schutt der Löcher in den frei werdenden Raum. Dadurch kam es zu einer Umkehrung der Schuttkörper zu Buckeln. Die Buckelwiesenformen sind sozusagen ein Spiegelbild der ehemaligen Eishohlformen und Eisrestkörper (Priehäuszer 1957, S.116f.).

2.3.3. Der Karstansatz

Die Vertreter dieses Ansatzes sind unter anderem EBERS, GRACANIN und PENCK. Sie gehen davon aus, dass die Entstehung von Buckelwiesen mit einer Eintiefung der Mulden durch Verkarstungsprozesse zusammenhängt. Die Buckelwiesengenese wird also nicht durch eine Entwicklung von Buckeln erklärt. Dies ist ein entscheidender Unterschied zu den anderen Theorien.

Das Karstkonzept besagt, dass das Buckelwiesenrelief durch eine Oberflächensackung im Bereich der Mulden durch Auflösung des carbonatischen Gesteinsanteils kommt. Voraussetzung für eine fortschreitende Karstlösung ist ein Relief, das die Wasser- und Schneeverteilung beeinflusst und die Wasserabzugsbahnen festlegt.

Das Karstkonzept verlangt nach einem ganz spezifischen Erscheinungsbild des Profilschnittes durch die Buckeln und Mulden. Und zwar muss bei einer korrosiven Entstehung des Reliefs die Boden- und Verwitterungsmächtigkeit unter den Mulden größer sein als unter den Buckeln, da der Volumenverlust der Mulden durch Carbonatlösung in Zusammenhang mit der Verwitterung steht.

PENCK, einer der Vertreter des Karstkonzepts, publizierte 1940/41 ein Foto von einem Straßenaufschluss im Bereich der Mittenwalder Mähder. Das Bild zeigt ein für den Karstansatz idealtypisches Profil mit einer geringmächtigen Bodendecke über einem aus unverwittertem Material bestehenden Buckelkern und einem mächtigen, trichterförmigen Bodenhorizont, der unter der Mulde liegt. Man spricht hier von einem „Profilbild des Penck'schen Typs“.

Abbildung 4 zeigt ein typisches Profil vom Penck'schen Typ. Zu sehen ist hier ein Profilbild aus einer Buckelwiese am Südrand des Tennengebirges.

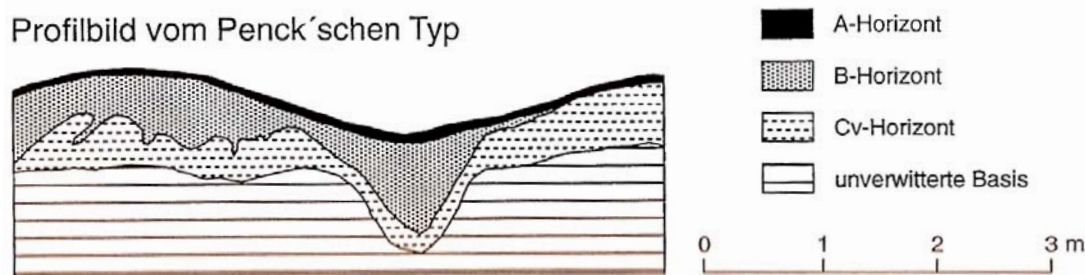


Abbildung 4: Profilbild aus einer Buckelwiese am Südrand des Tennengebirges (vgl. Hamann 1985, S.73)

Quelle: Embleton-Hamann 1999, S.4

Ein umstrittener Punkt an der Karsttheorie ist, dass immer ein Primärrelief vorhanden sein muss, an dem die Carbonatlösung der Mulden ansetzen kann und sich eine Buckelwiese entwickeln kann. Die Frage ist, wie es zur Entstehung der ersten rhythmisch differenzierten Niveauunterschiede einer Schuttdecke kommen kann. Auf dieses Thema wird später noch genauer eingegangen (Embleton-Hamann 1999, S.2ff.).

2.3.4. Das Windwurfkonzept

Bei dieser Theorie wird die Buckelwiesengenesse mit Windwurf in Zusammenhang gebracht. Da die relative Regelmäßigkeit und die Anordnungsdichte der Buckel in gewisser Weise vergleichbar mit dem Standortmuster von Bäumen in einem Wald ist, kann ein Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Buckelwiesen und Windwurf nicht ausgeschlossen werden (Embleton-Hamann 1999, S.5).

Vertreter der Windwurftheorie sind unter anderem STINI, GERLACH und HAMANN (Hamann 1985, S.127).

STINI zum Beispiel räumte ein, dass er Buckelwiesen in Österreich nur dort beobachten konnte, wo es früher eine Waldbedeckung gab und nicht dort, wo eine Wirkung der Gletscher oder des Frostes anzunehmen ist (Ebers 1957, S.115).

GERLACH konnte mit seinen Beobachtungen in den Karpaten das Windwurfkonzept untermauern. Er fand auf einem südexponierten Hang in 1200m Seehöhe einen Buckel, der aus umgewandelten Wurzelteller-Resten eines umgestürzten Baumes aufgebaut ist. Dies geht aus einem Vertikalschnitt hervor, der in Abbildung 5 dargestellt ist.

2. Buckelwiesen

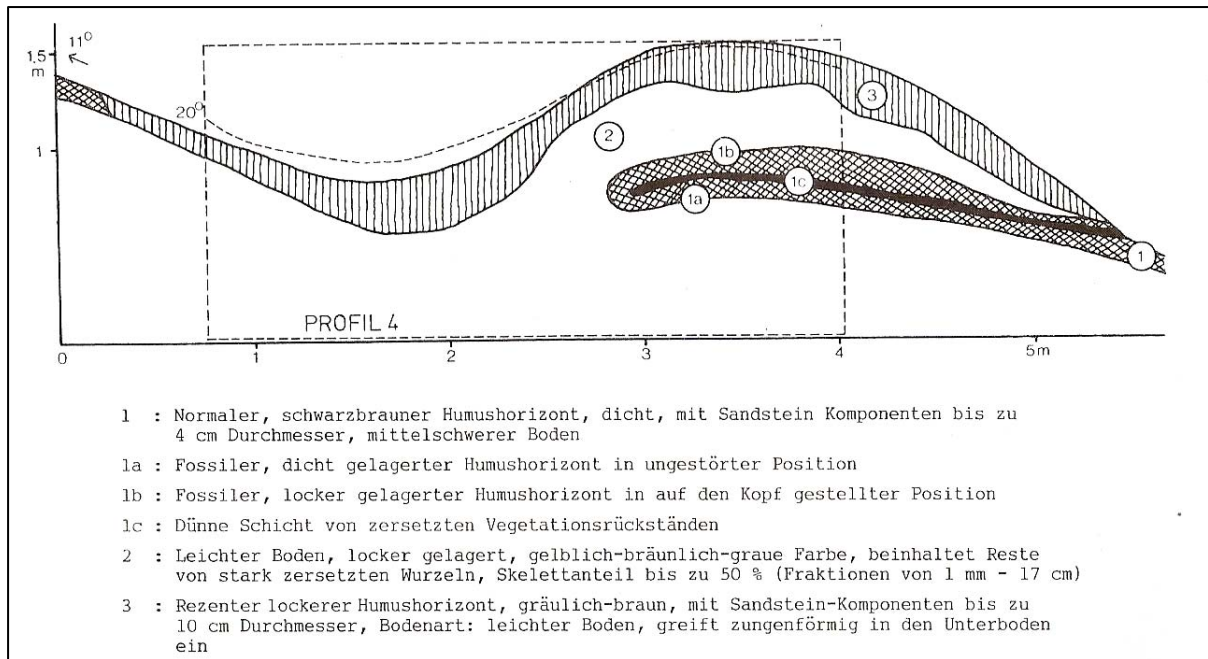


Abbildung 5: Buckelwiesenprofil aus den Karpaten (nach Gerlach, 1960)

Quelle: Hamann 1985, S.128

Das Zentrum der Buckelung besteht aus einem gewachsenen, ungestörten Bodenprofil aus einem B- und einem Ah-Horizont. Darüber befindet sich ein dünner organischer Auflagehorizont, der die begrabene ehemalige Geländeoberfläche dargestellt. Auf diesem „normalen“ Bodenprofil liegt ein zweites, auf den Kopf gestelltes Profil mit liegendem Humus- und hängendem Verwitterungshorizont. Die Erklärung dafür ist, dass die Mulde gleich neben dem Buckel der ehemalige Standort eines Baumes ist, aus der das nun fehlende Material mit dem Wurzelteller des umstürzenden Baumes mitgerissen wurde und ein Stückchen versetzt abgelagert wurde. Später entstand dann wieder eine geschlossene Vegetationsdecke über dem nun reliefierten Gelände und ein rezenter lockerer Humushorizont (Hamann 1985, S.127ff.).

HAMANN sprach 1985 von einem den Buckelwiesen sehr ähnlichen Kleinrelief über Werfener Schiefer am Südrand des Tennengebirges. Sie sieht darin das Produkt einer Windwurfkatastrophe in den ehemals dort vorhandenen subalpinen Wäldern. Die Formentwicklung ging so vor sich, dass mit den auskippenden Wurzeltellern der umstürzenden Bäume der Boden des Wurzelraumes ausgehoben und senkrecht gestellt wurde. In weiterer Folge löste sich das Material der Bodenhorizonte aus der Wurzelpackung und sammelte sich unter dem Wurzelstock zu einem Bodenbuckel an. Die Vertiefungen der ehemaligen Wurzelräume blieben dabei als Mulden zurück. So erklärt HAMANN die Entstehung dieser Bodenbuckelungen (Embleton-Hamann 1999, S.5).

2.3.5. Erweiterung der Karsttheorie

Wie bereits erwähnt wird in der Karsttheorie ein Primärrelief benötigt, an dem die Carbonatlösung ansetzen kann und sich Mulden bilden.

Es gibt nun drei verschiedene Ansätze zur Erklärung des Primärreliefs:

- Korrosive Bildung eines Primärreliefs unter Waldbedeckung:
KRIEG und MÜLLER sind Vertreter der Theorie, dass unter dem Einfluss des Waldes aus einer ebenen Kalkschuttdecke durch Carbonatlösung langsam eine buckelige Oberfläche entsteht (Embleton-Hamann 1999, S.5). Laut KRIEG führt die Waldbedeckung zu einem kleinräumigen Unterschied zwischen der Wasserspende und dem Wasserabfluss. Bei Schneefall kommt es zu einer unverhältnismäßig größeren Mächtigkeit der Schneeablagerung zwischen den Bäumen. Dadurch entstehen mit Beginn der Schneeschmelze in der Stammumgebung Aperflecken, während zwischen den Baumstandorten die Schneedecke noch um einiges länger hält. Durch die stärkere und länger anhaltende Durchfeuchtung in den Baumzwischenräumen kommt es dort zu einer intensiveren Lösungsverwitterung, was zu einer muldenartigen Eintiefung führt (Krieg 1953, S.189f.). MÜLLER führt in seinem Artikel von 1962 an, dass die Ursache für die Bildung von Mulden Rohhumuspolster rund um die Baumstämme sind, die das Einsickern von Wasser in ihre Unterlage verhindern. Das Wasser fließt stattdessen in die Bereiche zwischen den Baumstämmen, wo es besser in den durchlässigen Untergrund versickern kann und zur Kalklösung führt (Müller 1962, S.302f.).
- Entwicklung des Primärreliefs durch Windwurf:
HAMANN vertritt die Meinung, dass das Primärrelief, das als Basis für die durch Carbonatlösung hervorgerufene Buckelwiesenbildung notwendig ist, aufgrund von Windwurf entstanden sein könnte. Sie vermutet, dass an manchen Buckelwiesen der Mittenwalder Mähder das Relief einer Windwurffläche korrosiv fixiert und weiter ausgestaltet wurde. Die Profilbilder vom Engelschalk'schen Typ nämlich zeigen den gleichen Stil in der Anordnung von Schichten und Linsen wechselnder Verwitterungsintensität und unterschiedlicher Herkunft, wie die Profile der durch Windwurf entstandenen Buckelungen am Südrand des Tennengebirges, die von HAMANN genauestens untersucht wurden (Embleton-Hamann 1999, S.6).

- Sedimentationsbedingtes Primärrelief:

ZECH und WÖLFEL sind der Ansicht, dass das Primärrelief, das innerhalb der Karsttheorie zu fordern ist, durch Aufschüttungsprozesse hervorgerufen wurde. Die beiden Autoren zeigten nämlich im Kloaschautal, dass ein initiales Relief für die Buckelwiesengenesse immer dort vorkommt, wo mit der Aufschüttung von Lockermaterial eine reliefierte Oberfläche geformt wurde. Die Verkarstung der Mulden soll nun an Hohlformen angesetzt haben und durch die feineren Korngrößen der Senken noch unterstützt worden sein (Embleton-Hamann 1999, S.6).

2.4. Bisher untersuchte Buckelwiesenvorkommen

Nachdem in Kapitel 2.3 die Entstehung der Buckelwiesen eingehend diskutiert wurde, geht es nun in diesem Teil der Arbeit um einzelne bisher untersuchte Buckelwiesenvorkommen.

Buckelwiesen kommen in einigen sehr unterschiedlichen Gebieten vor. Viele von ihnen wurden bereits von diversen Autoren untersucht. Die wohl am meisten untersuchten Buckelwiesen sind jene in den Mittenwalder Mähdern. Weiters wurden auch einige andere Buckelwiesenareale mehr oder weniger genau erforscht. Im Folgenden gibt es nun eine Aufzählung und Beschreibung von bisher untersuchten Buckelwiesenvorkommen.

2.4.1. Die Buckelwiesen der Mittenwalder Mähder

Die Buckelwiesen der Mittenwalder Mähder wurden, wie in Kapitel 2.4 erläutert, bereits sehr umfangreich nach den verschiedensten Gesichtspunkten untersucht. Eine Reihe von Autoren wie ENGELSCHALK (1971), PENCK (1940/41), EBERS (1939), KRAUS (1982) und RINGLER (1982) und PRIEHÄUSZER (1957) publizierte diverse Artikel über die Buckelwiesen in Mittenwald.

Um das Untersuchungsgebiet näher kennen zu lernen, zeigt die Abbildung 6 eine topographische Übersichtskarte aus dem Raum Mittenwald (vgl. Hamann 1985, S.45).

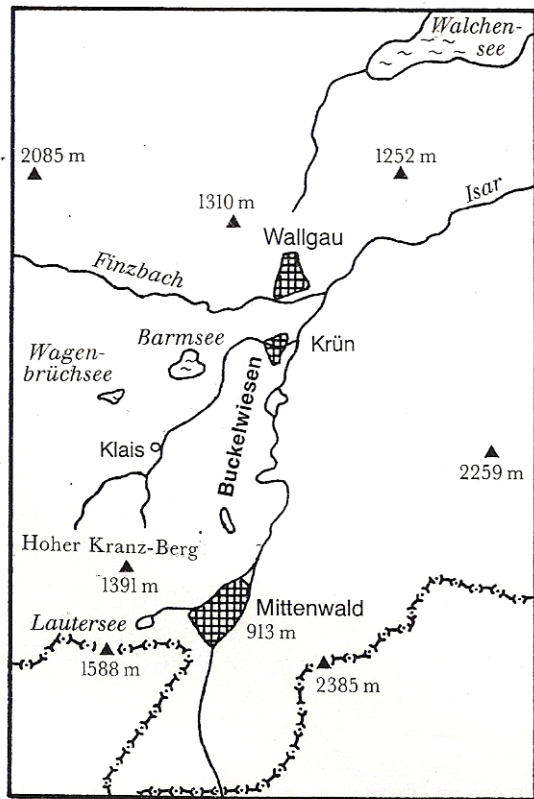


Abbildung 6: Topographische Übersichtskarte – Raum Mittenwald

Quelle: Hamann 1985, S.45

Nördlich von Mittenwald öffnet sich nach dem Durchbruch durch die Kalkalpen das Isartal zu einer dreieckförmigen Talweitung. Diese Talweitung der Mittenwalder Mälder erstreckt sich im Westen bis nach Klais und im Norden bis nach Wallgau. Das inneralpine Becken liegt über 1000m Seehöhe. Es entwickelte sich an der Kreuzung des Quertales der Isar mit einem Längstal, durch das die Isar das Becken nach Osten hin verlässt und das im Westen vom Kranzbach, vom Finzbach und vom Kankerbach durchflossen wird. Die das Becken umgebenden Gebirgszüge haben Mittelgebirgscharakter mit einer Gipfelhöhe von ca. 1300 bis ungefähr 1400m.

Im Raum Mittenwald lassen sich 3 verschiedene Landschaftseinheiten unterscheiden:

- die fluvial gestalteten tiefsten Stellen des inneralpinen Beckens, unter denen sich spät- und postglaziale Schotter befinden,
- die Grundmoränenlandschaft im Süden der Talweitung,
- die glazial überprägten Mittelgebirgshänge, die über dem anstehenden Gestein lediglich eine geringmächtige Hangschutt- oder Moränenauflage aufweisen.

In jeder dieser Landschaftseinheiten sind Buckelwiesen vorhanden. Bei einer Geländebegehung fand HAMANN eine größere geschlossene Buckelwiese auf dem Schwemmkegel des Finzbaches, nordöstlich des Barmsees. Laut ENGELSCHALK war das über Schotterflächen gelegene Gebiet früher nahezu lückenlos gebuckelt. Er erklärte das Verschwinden der Buckel durch menschlichen Eingriff. Das Gebiet auf der linken Seite der Isar hat aufgrund der besonderen morphologischen Gegebenheiten den Namen „Buckelwiesen“ (siehe Abb. 6) und ist sozusagen der „locus typicus“ dieser Geländeform. Die Buckeln und Mulden kommen in diesem Gebiet in äußerst hoher Dichte vor, sodass die Bodenbuckelungen nicht mehr wirklich auffällig sind und schon als „normal“ angesehen werden können. Es wird vermutet, dass es einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen der Buckelwiesengenesse und Verkarstungsprozessen in dieser Region gibt. Auch ist ein Einfluss der früheren Waldbedeckung im Gebiet auf die Entwicklung der Buckelwiesen nicht ausgeschlossen. Die dritte Landschaftseinheit stellt laut ENGELSCHALK eine einzige Buckelflur dar. HAMANN konnte jedoch an den Mittelgebirgshängen in erster Linie nur zweifelhafte Buckelwiesenvorkommen entdecken. Die Schwierigkeit ist hier, dass nahezu das gesamte Gebiet von Wald bedeckt ist, was das eindeutige Erkennen von Buckelwiesen erschwert. Es gibt jedoch auch vereinzelt eindeutige Buckelwiesenvorkommen (Hamann 1985, S.45ff.).

RINGLER schrieb in seinem Artikel von 1982, dass die Buckelwiesen in Mittenwald vor allem ab einer Höhe von ca. 900m zu finden sind und meist über Grundmoränen, Flussterrassen, eiszeitlichen Talverfüllungen und Talschuttkörpern gelegen sind (Ringler 1982, S.21ff.).

Nach KRAUS sind die Buckelfluren der Mittenwalder Mähder eine große, zusammenhängende Fläche mit einem Flächenausmaß von ca. 1200 ha. Er meint, dass die Buckelwiesen durch ihre Lage den Föhneinflüssen besonders stark ausgesetzt sind (Kraus 1982, S.51). RINGLER sieht ebenfalls einen gewissen Zusammenhang zwischen den Buckelwiesen und dem Föhnwind. Er schließt auch einen Einfluss von Karsterscheinungen nicht aus (Ringler 1982, S.23).

Abbildung 7 zeigt ein Bild einer Buckelwiese in den Mittenwalder Mähdern.



Abbildung 7: Buckelwiese in den Mittenwalder Mähdern

Quelle: http://www.mittenwald.de/index.shtml?m_naturerholung, Zugriff: 23.01.2010

2.4.2. Buckelwiesenareale im Berchtesgadener Land

Die Buckelwiesenvorkommen im Berchtesgadener Land wurden von HAUPT näher untersucht. Das Untersuchungsgebiet umfasst den nördlichen Teil des Alpenparkes Berchtesgaden, der auch als Nationalpark-Vorfeld bezeichnet wird. Das Nationalpark-Vorfeld ist geprägt durch Gebirgszüge, mittelgebirgsähnliche Landschaften und Täler. Gebirgszüge sind etwa die Reiteralpe im Westen sowie das Lattengebirge und der Untersberg im Norden. Die Täler werden durchflossen vom Schwarzbach, von der Ramsauer Ache, der Bischofswiesener Ache, der Königsseer Ache und der Berchtesgadener Ache. In den Talräumen befinden sich auch einzelne Siedlungsflächen (vgl. Abb.8).

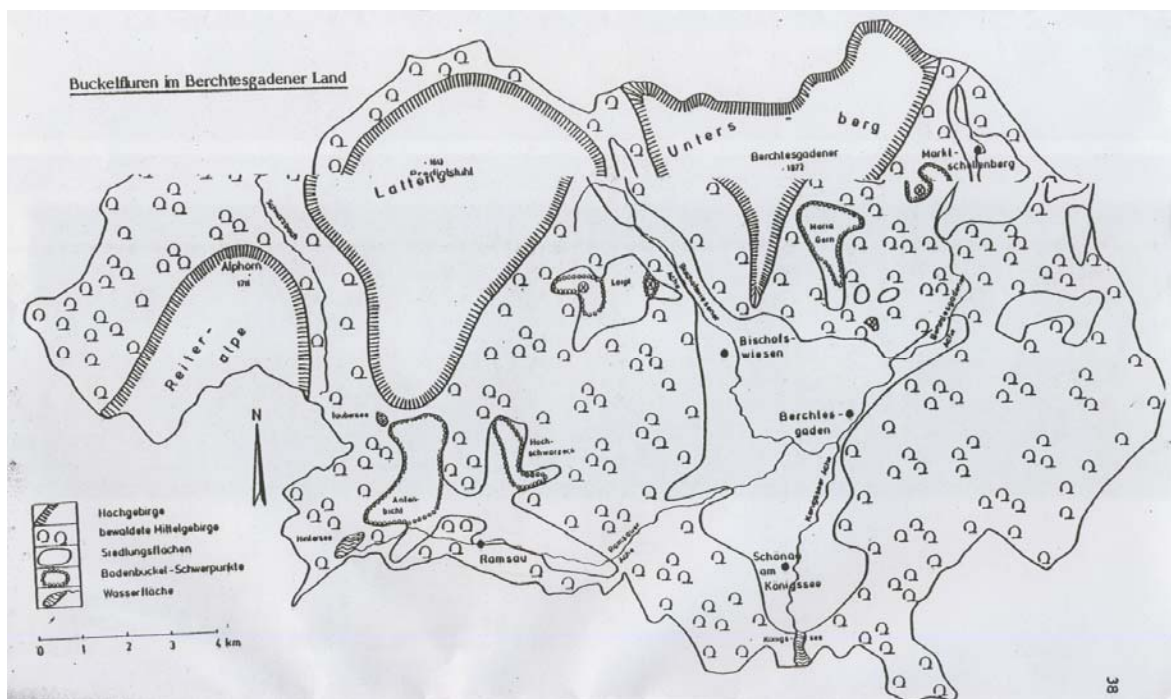


Abbildung 8: Das Berchtesgadener Land

Quelle: Haupt 1982, S.38

In der in Abbildung 8 gezeigten Karte sind auch die von HAUPT untersuchten Buckelwiesenareale eingezeichnet. Die Gesamtfläche der Buckelfluren betrug 1980 ca. 200ha. Die Buckelwiesenvorkommen im Berchtesgadener Land sind also viel kleiner als jene in Mittenwald. Früher gab es noch mehr buckelige Oberflächen, diese wurden jedoch eingeebnet oder aufgeforstet. Laut HAUPT sind die wertvollsten Buckelwiesenareale des Berchtesgadener Landes die Buckelwiesenfluren im Loipl, bei Maria Germ und in Ettenberg. Die Buckelwiese beim Roisler im Nordwesten vom Loipl befindet sich in einer äußerst exponierten Lage auf einem Moränenrücken. Sie besteht zur Hälfte aus einer artenreichen Wiese. Die andere Hälfte der Buckelflur besteht aus einem Wald.

Die Buckelwiese beim Breidler im Osten vom Loipl umfasst ca. 8,5ha und ist damit eine Besonderheit im Berchtesgadener Land. Die Buckelflur befindet sich in einem stark reliefierten Gelände auf einem Moränenbogen und ist großteils beweidetes Gelände. Sie ist jedoch in ihrer Vegetation noch ziemlich wiesenähnlich.

Die Buckelwiese bei Maria Germ wird als Wiese genutzt. Sie zeigt eine sehr deutlich ausgeprägte Buckelung.

Das Buckelwiesenareal in Ettenberg wird zu einem großen Teil als Wiese genutzt, eine kleine Fläche wird beweidet. Die Buckelung ist hier nicht so stark ausgeprägt wie bei Maria Germ. Die Buckelwiese hat eine äußerst wertvolle und seltene Vegetationsbedeckung (Haupt 1982, S.37ff.).

2.4.3. Buckelwiesenvorkommen im Kloaschautal

ZECH und WÖLFEL untersuchten die Buckelwiesenvorkommen im Kloaschautal, einem nacheiszeitlichen, verschütteten Trogtal des Mangfallgebirges. Die Buckelwiesen liegen im mittleren Bereich des Tales auf 900m Seehöhe. Sie sind zum größten Teil waldfrei (Posch 2005, S.14). Die Buckelwiesen im Kloaschautal wurden von ZECH und WÖLFEL auf ca. 1000 Jahre datiert (Embleton-Hamann 1999, S.41). Es wird davon ausgegangen, dass eine Verkarstung der Mulden als entscheidender Prozess zur Buckelwiesengenese beigetragen hat. Wie in Kapitel 2.3.5 bereits erwähnt, zeigten die beiden Autoren im Kloaschautal, dass ein initiales Relief für die Buckelwiesengenese immer dort vorkommt, wo mit der Aufschüttung von Lockermaterial eine reliefierte Oberfläche geformt wurde. Die Verkarstung der Mulden soll dann an Hohlformen angesetzt haben (Hamann 1984, S.70).

2.4.4. Bodenbuckelung am Südrand des Tennengebirges

Am Südrand des Tennengebirges auf den in 1400-1700m gelegenen Almen finden sich auffällige Bodenbuckelungen. Diese wurden 1985 von HAMANN untersucht. Die Buckelungen finden sich sowohl auf Hangschuttdecken aus Werfener Schiefer als auch auf Gutensteiner Kalken. Die Areale über Werfener Schiefer weisen eine Anordnungsdichte von 250-290 Stück/ha auf, jene über Gutensteiner Kalken hingegen haben eine Buckeldichte von ungefähr 410 Buckel pro ha. Die Anordnungsdichte der Buckel steht dabei in Zusammenhang mit der Hangneigung. Die Dichte und Höhe der Bodenbuckelungen über Werfener Schiefer nimmt mit zunehmender Hangneigung stark ab, die Breite der Buckel nimmt hingegen leicht zu. (vgl. Tab.2).

Tab.2: Ausmaße der Buckelwiesen über Gutensteiner Kalken und der Bodenbuckelungen über Werfener Schiefer

	Dichte	Grundriß- durchmesser (Längsachse)	Höhe	Hangneigung
Definition der Buckelwiesen von W.ENGELSCHALK (1971, S. 14)	170-900 /ha	100-700 cm	25-150 cm	
Buckelwiesen über Gutensteiner Kalken und Dolomiten (Mittelwerte)	410 /ha	330 cm	50 cm	bis 18°
Bodenbuckelung über Werfener Schiefer	413 /ha		70 cm	10-15°
	272 /ha	410 cm	40 cm	12°
	250 /ha	420 cm	40 cm	16°
	283 /ha	400 cm	60 cm	16°
	288 /ha	410 cm	50 cm	19°
	291 /ha	410 cm	50 cm	19°
	286 /ha	370 cm	45 cm	21°
	172 /ha	430 cm	20 cm	25°

Quelle: Hamann 1984, S.71

Die Buckel und Mulden über Werfener Schiefer weisen ovale Grundrisse auf, die über Gutensteiner Kalken entstandenen Formen hingegen besitzen eher runde Grundrisse. Die Längsachsen sind häufig in der gleichen Richtung angeordnet. Die Mulden sind über Werfener Schiefer im Gegensatz zu jenen über Kalk nur selten geschlossen und abflusslos.

Die Entwicklung der Buckelwiesen über Gutensteiner Kalken kann mit Lösungsverwitterung in Zusammenhang gebracht werden. Die Bodenbuckelungen über Werfener Schiefer müssen in anderer Weise entstanden sein. Sie wurden mit Windwurf in Zusammenhang gebracht. Die Buckelungen seien eine Folgeerscheinung einer Windwurfkatastrophe in den ehemaligen subalpinen Wäldern dieses Raumes (Hamann 1984, S.71ff.).

2.4.5. Die Buckelwiesen des Kräuterin-Massivs

Die Kräuterin liegt in den steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen. An diesem Bergstock gibt es mehrere Buckelwiesen, an denen 1999 von EMBLETON-HAMANN eingehende Untersuchungen durchgeführt wurden. Die Buckelwiesen befinden sich an der NO-Abdachung des Kräuterin-Massivs im Einzugsgebiet des Nappenbaches auf der Kräuterinalm in 1180m Seehöhe sowie am Fadenboden auf einer Seehöhe von 1340m. Beide Buckelwiesenvorkommen sind in Abbildung 9 dargestellt.

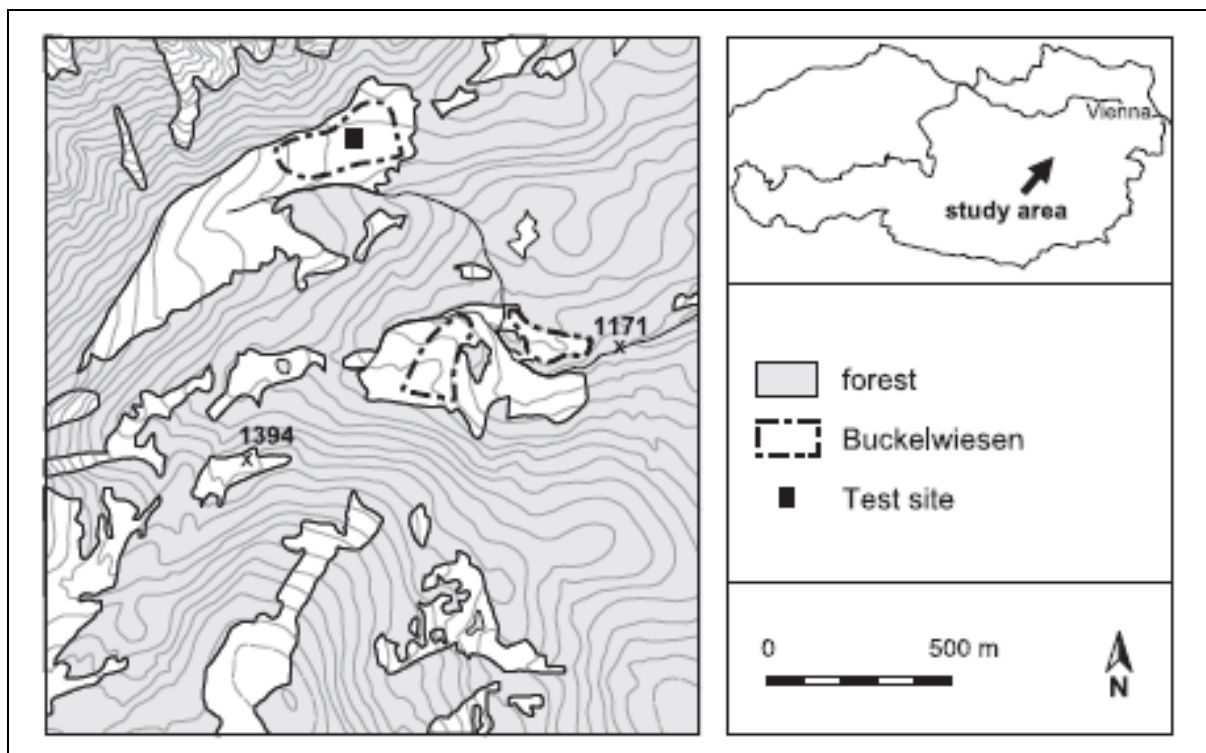


Abbildung 9: Karte des Untersuchungsgebietes

Quelle: Embleton-Hamann 2004, S.177

Beide Buckelwiesenareale zeigen sich in nahezu idealtypischer Ausprägung (Embleton-Hamann 1999, S.7f.). Die Buckel weisen eine Länge von 250-510cm und eine Breite von 170-270 cm auf. Die Dichte der Formen beträgt 400 Stück/ha (Embleton-Hamann 2004, S.175).

Das Ziel der von EMBLETON-HAMANN durchgeführten Untersuchungen war, die Art und Weise der Entstehung der Buckelwiesen aufzuklären. Nach Lösungsversuchen kam die Autorin zu dem Schluss, dass die Kleinformen durch Karstlösung entstanden sein mussten. Sie konnte nämlich einen Substanzverlust an den Mulden feststellen. Die Buckelwiesenareale der Kräuterin waren früher bewaldet. Am Fadenboden konnte nachgewiesen werden, dass die

Karstlösung an einer Windwurflläche ansetzte. Das heißt, dass das Primärrelief, an dem die Karstlösung ansetzen konnte, durch Windwurf hervorgegangen war. Dies wird auch durch die Tatsache bestätigt, dass das Ergebnis der C^{14} – Datierung zu dem aus der Lösungsrate und der heutigen Muldentiefe berechneten Entstehungszeitpunkt der initialen Wurzelgrube passt (Embleton-Hamann 1999, S.35ff.).

2.4.6. Buckelwiesenvorkommen am Warscheneckplateau

Das Warscheneckplateau liegt im östlichen Teil des Toten Gebirges. In folgender Abbildung ist das Gebiet zu sehen.

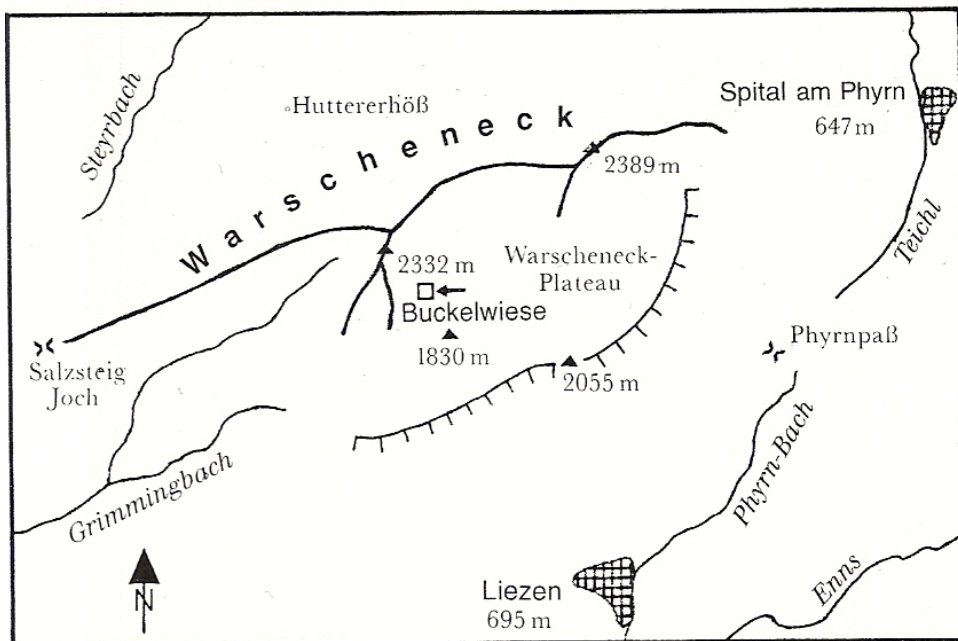


Abbildung 10: Das Warscheneckplateau

Quelle: Hamann 1985, S.54

Das Buckelwiesenvorkommen liegt in ca. 1900m Höhe in einer karähnlichen Mulde mit 150m Länge und 70-100m Breite. Die Buckelwiesen überdecken einen Schuttkegel, der an einer Rinne über den Boden der Mulde ausgebreitet ist. Er besteht aus Hauptdolomit- und Kalksteinschutt. Es ist daher anzunehmen, dass die Buckelwiesengenesse am Warscheneckplateau mit Carbonatlösungsprozessen in Zusammenhang steht. Die Verteilung der Buckel und Mulden wurde vom Relief des darunter liegenden Schuttkegels mit seinen anastomisierenden Wasserrinnen bestimmt (Hamann 1985, S.54f.).

2.4.7. Buckelwiesenvorkommen am Schneeberg

Im Bereich vom Schneeberg, Niederösterreich, findet man mehrere Buckelwiesenvorkommen. Ein Vorkommen liegt im Becken von Puchberg. Die Buckelwiese befindet sich zwischen Puchberg am Schneeberg und Schneebergdörfel in einer Höhe von 640m. Unter der buckeligen Oberfläche findet man eiszeitliche Schotter, die meist aus Wetterstein- und Gutensteiner Kalk bestehen. Ein weiteres Buckelwiesenvorkommen liegt auf der Bodenwiese bei Gahns. Es handelt sich dabei um eine 300-400m breite und 2,5km lange Hohlform, auch „Bodenwiese“ genannt, die in ca. 1140m Höhe liegt. Diese Hohlform ist ein Polje, dessen Untergrund an vielen Stellen aus Werfener Schiefer besteht. Die Begrenzungen werden aus Wettersteinkalk- oder -dolomit oder aber aus Gutensteiner Kalken oder Gutensteiner Dolomiten aufgebaut. Abbildung 11 zeigt die geomorphologischen und lithologischen Verhältnisse im Bereich der Bodenwiese. Auffällig an dieser Darstellung ist, dass sich die Buckelwiesen vor allem an den Rändern des Poljes befinden. Die in der Abbildung eingezeichnete Waldgrenze zeigt, dass der Boden der Bodenwiese waldfrei ist. Im südwestlich gelegenen Buckelwiesenareal sind jedoch einzelne Bäume vorhanden, die auf den Erhebungen und nicht in den Mulden stehen (Hamann 1985, S.50ff.).

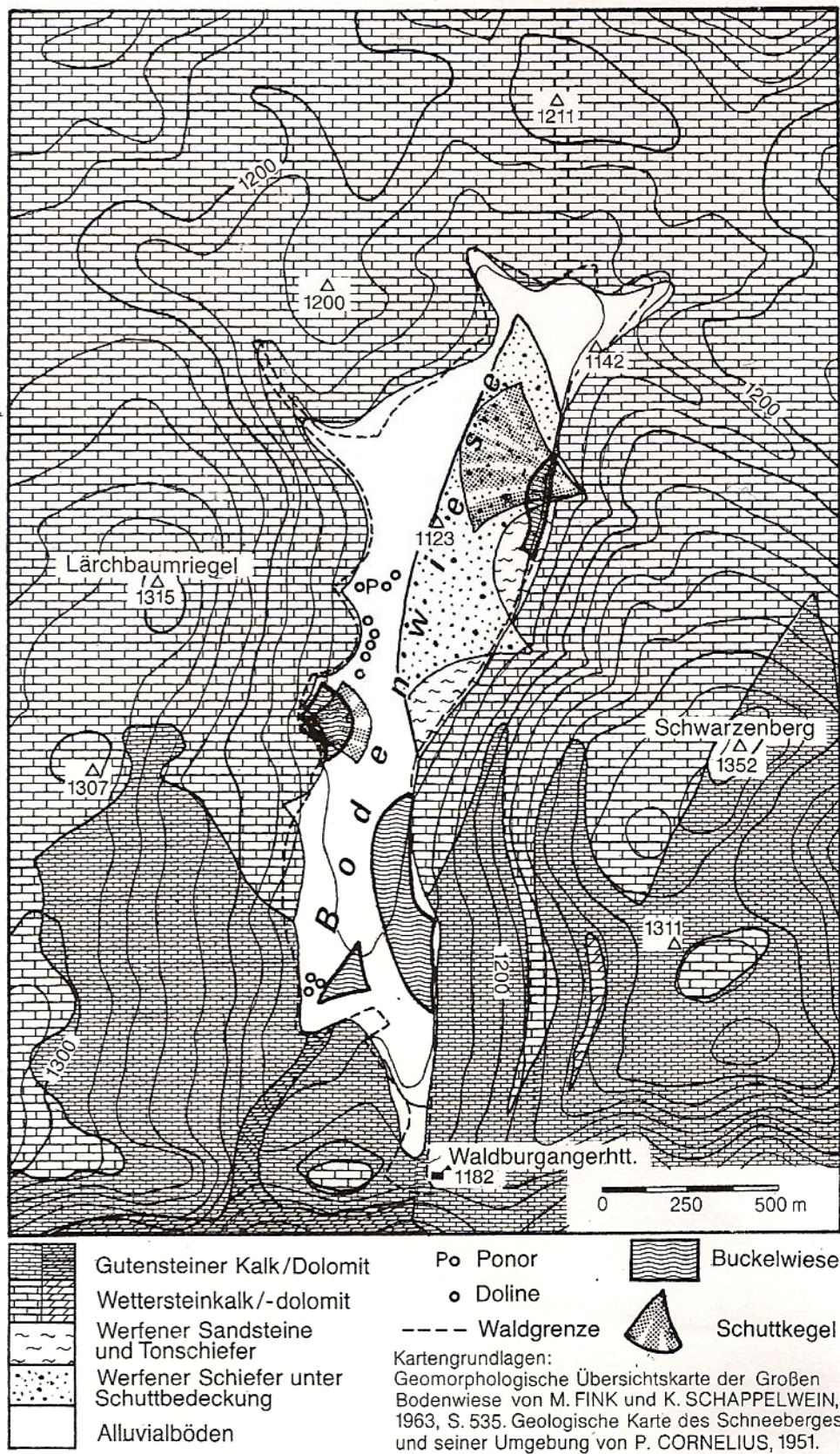


Abbildung 11: Geomorphologische und lithologische Verhältnisse im Bereich der Bodensee (Schneeberg, NÖ)

Quelle: Hamann 1985, S.52

2.4.8. Buckelwiesenareale in den Lechtaler Alpen

GRACANIN untersuchte die Buckelwiesenvorkommen in den Lechtaler Alpen. Die Buckelwiesen befinden sich dort über karbonatreichen, älteren Lech-Ablagerungen und über dolomitischem Moränenmaterial (Posch 2005, S.17). GRACANIN konnte die Bildungsdauer der Buckelwiesen in den Lechtaler Alpen auf 6000 bis 7000 Jahre festlegen (Embleton-Hamann 1999, S.41).

2.4.9. Die Buckelwiesen auf der Pokljuka (Julische Alpen)

Die Pokljuka liegt in den Julischen Alpen ca. 15 km südwestlich des Sees von Bled. In etwa 1200 bis 1500m Höhe bildet sie eine hochgelegene, flache Wanne mit einem mäßig bewegten Innenrelief. Darüber befindet sich eine Schicht aus kalkigem Moränenschutt aus der letzten Eiszeit. Im Gebiet der Pokljuka findet man häufig Wald- und Wiesenflächen, die gleichmäßig von Buckeln und Mulden mit Höhendifferenzen von 0,3 bis 2m überzogen sind. MÜLLER untersuchte diese Buckelwiesenareale. Er nahm an, dass die Buckelwiesen in der Pokljuka in Zusammenhang mit einem senkrechten Wasserabzug stehen. Man ging also von einer Buckelwiesengenese durch Karstlösung aus.

Wie in Kapitel 2.3.5 bereits erwähnt, war MÜLLER der Meinung, dass die Ursache für die Bildung von Mulden in den Waldstandorten Rohhumuspolster rund um die Baumstämme sind, die das Einsickern von Wasser in ihre Unterlage verhindern. Das Wasser fließt deshalb in die Bereiche zwischen den Baumstämmen, wo es in den durchlässigen Untergrund versickern kann und zur Kalklösung führt.

Folgende Abbildung zeigt das Schema der Entstehung von Buckelwiesen in der Pokljuka (Müller 1962, S.299ff.).

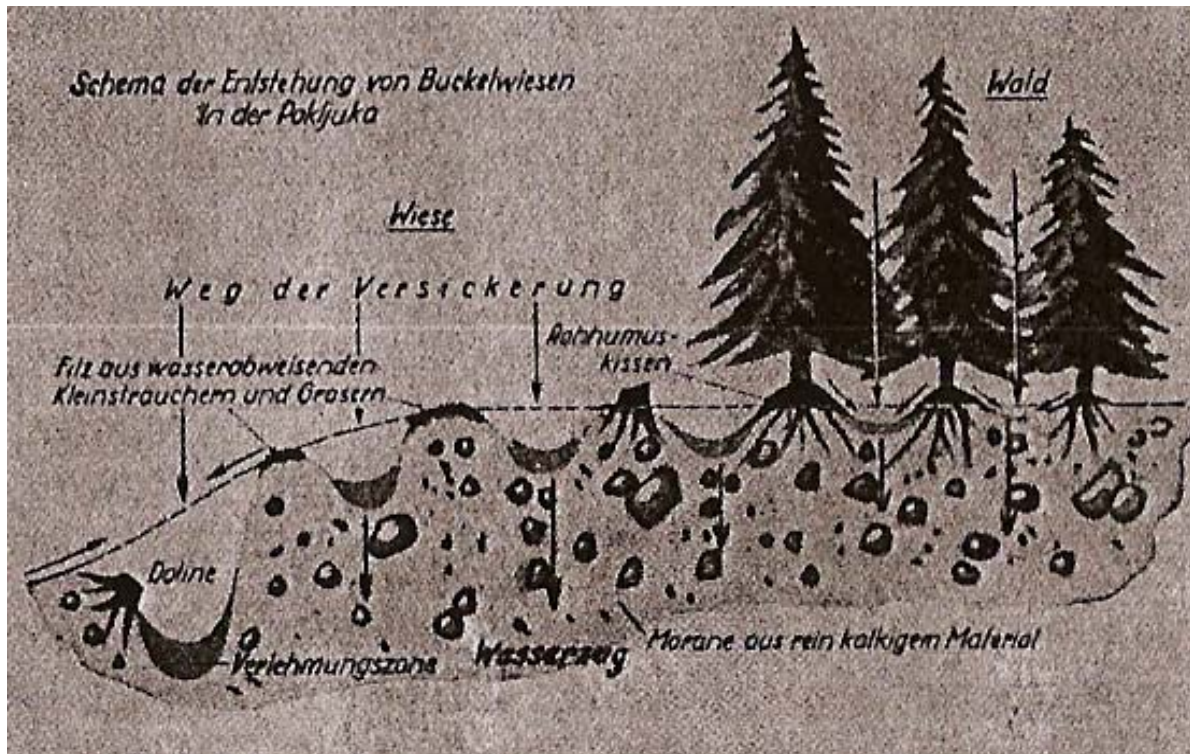


Abbildung 12: Schema der Entstehung von Buckelwiesen in der Pokljuka. (Aus Müller 1959, im Kosmos)

Quelle: Müller 1962, S.303

3. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet der Diplomarbeit umfasst zwei Almen in Südtirol, und zwar die Seiser Alm und die Glatz Alm. Diese liegen nordöstlich von Bozen inmitten der Südtiroler Dolomiten (vgl. Abb. 13).

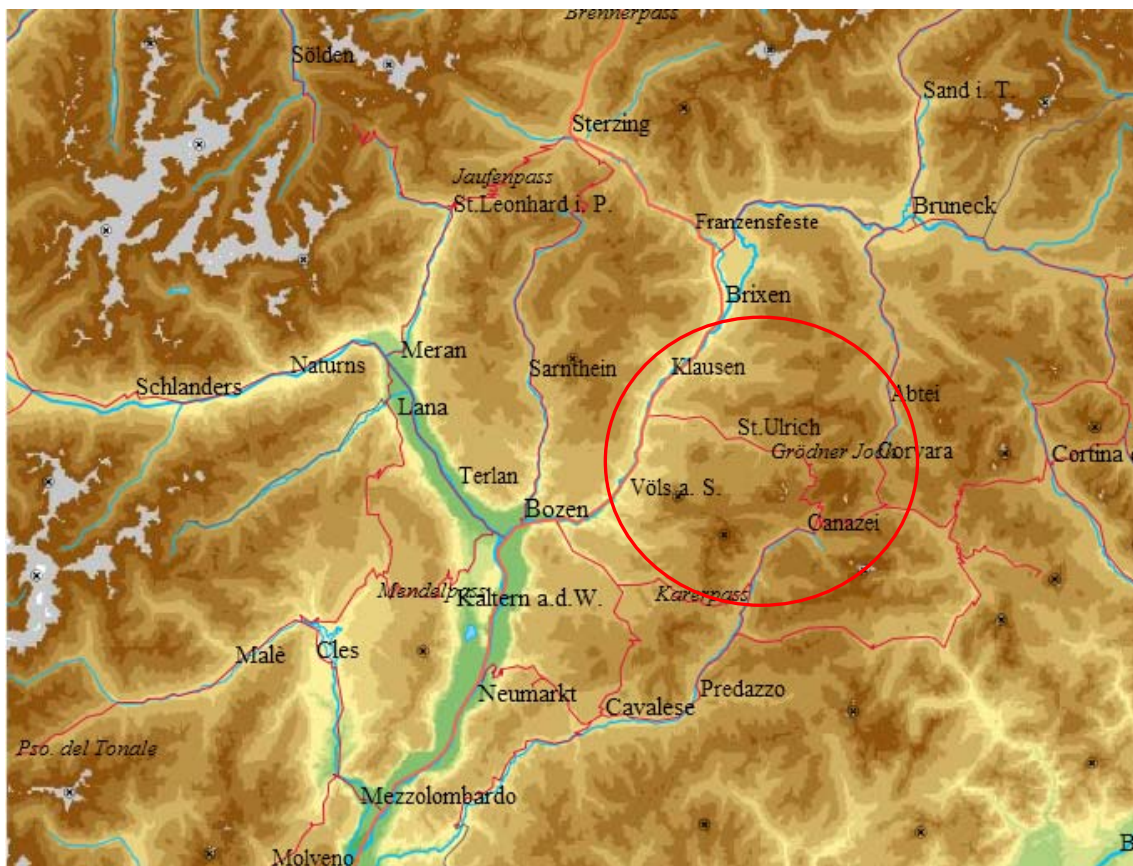


Abbildung 13: Lage des Untersuchungsgebietes

Quelle: <http://tirolatlas.uibk.ac.at/>, Zugriff: 12.07.2010

Die Seiser Alm ist mit einer Ausdehnung von 51km² die zweitgrößte Alm Europas und die größte in den Alpen. Sie ist eine wellige Hochfläche, die sich auf einer Höhe von 1700m bis 2200m ausdehnt und noch weitgehend innerhalb der Waldzone liegt. Seit historischen Zeiten war die Alm jedoch immer größtenteils mit Wiesen und Weiden bedeckt (Nössing 2001, S.159). Insgesamt gibt es auf der Seiser Alm 365 Hütten, Almen und Schwaigen. Sie wird sowohl landwirtschaftlich als auch touristisch genutzt.

3. Untersuchungsgebiet

Die Seiser Alm gehört zur Marktgemeinde Kastelruth und macht als Hochfläche einen erheblichen Teil des Gemeindegebietes aus. Die Alm liegt teilweise im Naturpark Schlern-Rosengarten (<http://www.seiseralm.it/de/>, Zugriff: 14.07.2010).

Im Süden und Osten wird die Seiser Alm von den Gebirgsstöcken des Schlern und der Langkofelgruppe begrenzt. Im Westen und Norden grenzen das Eisacktal und der Grödenbach an die Hochalm (Nössing 2001, S.159).

Die Glatz Alm ist im Vergleich zur Seiser Alm eher klein. Sie befindet sich bei St. Magdalena am Ende des Villnößtales. Die Alm liegt am Fuße der Geislergruppe auf einer Höhe von 1902m. (<http://www.glatzalm.com/>, Zugriff: 14.07.2010). Die Glatz Alm ist an der Grenze zum Naturpark Puez-Geisler gelegen (vgl. Abb.14).



Abbildung 14: Lage Glatz Alm

Quelle: freytag & berndt Wanderkarte Südtirol 1:50.000

Ebenso wie die Seiser Alm wird die Glatz Alm sowohl landwirtschaftlich als auch touristisch genutzt. Die Alm ist Ausgangspunkt für mehrere Spazier- und Wanderwege, für

leichte und anspruchsvolle Bergtouren, für Kletterpartien und Hüttenwanderungen (<http://www.glatshalm.com/>, Zugriff: 14.07.2010).

3.1. Geologie

Die Entstehung der Dolomiten begann vor etwa 300 Mio. Jahren mit der Bildung der sie aufbauenden Gesteine. Der Bildungsraum dieser Sedimente lag jedoch weit südlicher als die heutige geographische Lage der Dolomiten. Die Bausteine der Dolomiten umfassen diverse Sediment- und Ablagerungsgesteine und teilweise auch Vulkanitgesteine, die sich an Land, Küsten oder in Meeresbecken gebildet haben.

Das älteste Gestein ist das Waidbrucker Konglomerat, das sich größtenteils aus dem Abtragungsschutt des Brixner Quarzphyllites, eines bereits bestehenden Gebirges, zusammensetzt (vgl. Abb.15). Darüber befindet sich lokal die 2000- über 3000m mächtige Etschtaler Vulkanit-Gruppe. Diese umfasst Gesteine aus Tuffen, Laven, Aschen und Gesteinstrümmern. Mit der Gröden-Formation folgt die klassische permo-mesozoische Schichtabfolge der Dolomiten. Es handelt sich dabei vor allem um Sandsteine, die durch Fließgewässer verfrachtet und abgelagert wurden. Im oberen Abschnitt sind bereits erste Meeresablagerungen des aus dem Osten nach Westen vordringenden Tethysmeeres zu finden. Das langsame und stetige Absinken der Erdkruste führte zur Bildung mehrere hundert Meter mächtiger, unterschiedlicher, teils fossiler Gesteinsschichten in flachen Meeresbecken (Bellerophon-Formation und darüber die Werfen-Formation, vgl. Abb.15). Erdkrustenbewegungen führten in der Folge zu einer unterschiedlichen Entwicklung. Die östlichen Dolomiten sanken weiter ab, während die Gebiete westlich des Gardatales aus dem Meer gehoben wurden. Dabei wurden bereits abgelagerte Schichten, wie die Werfen-Formation, zum Teil wieder abgetragen. Rot gefärbte Schotter und feinkörnige Strandablagerungen (Peres-Formation, siehe Abb.15) sind kennzeichnend für diese Verlandung vor etwa 245 Mio. Jahren.

Eine neuerliche Überflutung des Gebietes der westlichen Dolomiten führte zur Bildung jener Gesteinsformationen, die den Dolomiten das charakteristische Landschaftsbild von hoch aufragenden Gebirgsstöcken umsäumt von sanften, Gras bewachsenen Böden dazwischen, verleihen. Die schroffen Gebirgsstöcke sind aus Schlerndolomit und Cassianer Dolomit aufgebaut und stammen aus ehemaligen, im tropischen Meerwasser entstandenen Riffen bzw. Karbonatplattformen. Die sanften, meist mit Gras bewachsenen Gebiete spiegeln die ehemals 400-800m tiefen Meeresbecken zwischen den Riffen wider, in denen dünne Kalke, Mergel,

vulkanische Gesteine, Sandsteine und vulkanischer Schutt abgelagert wurden. (Buchenstein-Formation, Fernezza-Gruppe, Wengen- und St. Cassian-Formation, vgl. Abb.15).

Das gleichzeitige Nebeneinander von Riffkörpern und Beckensedimenten wurde im Oberladin von basischen Vulkaniten (Laven, Tuffen, vulkanischen Breccien usw.) bedeckt. Der Vulkanismus war besonders im Gröden- und Fassatal aktiv und führte kurzzeitig zum Erliegen der Kalkproduktion in den Riffen. Nach dem Vulkanismus begannen die Riffe wieder zu wachsen. Das postvulkanische Schlernriff baute dabei verstärkt in Richtung Seiser Alm vor. Dabei kam es zur Ausbildung der typischen Riffhänge am Touristensteig, bei den Platten, im Ochsenwald, bei den Rosszähnen, Mahlknecht Polen, usw.

Das Riffwachstum endete in den Dolomiten vor ca. 235 Mio. Jahren und es lagerten sich darüber klastische Sedimente aus Ton-, Silt- und Sandsteinen, Konglomeraten, Mergeln und mergeligen Dolomiten ab (Raibl-Gruppe, vgl. Abb.15). Über der Raibl-Gruppe folgen der deutlich geschichtete Hauptdolomit und darüber Dachsteinkalk und die Graukalk-Gruppe. Auf der Seiser Alm verkörpern die St.Cassian-Formation und der Cassianer Dolomit die jüngsten Gesteine der Trias.

Die jüngeren Sedimente der Jura- und Kreidezeit sind nur auf den Puez- und Faneshochflächen erhalten. Die jüngsten Meeresablagerungen der Dolomiten (Alter ca. 30 Mio. Jahre) liegen an den Südhängen des Monte Parei im Fanesgebiet (siehe Abb.15) (Keim 2008, S.26ff.; Keim 2009, S.16ff.).

Die geologische Schichtabfolge der Seiser Alm ist in Abbildung 16 nochmals etwas genauer dargestellt. Der Verlauf der einzelnen Schichten ist in diesem Profilschnitt deutlich sichtbar. Die Erläuterungen dazu sind in Tabelle 3 angeführt.

Abbildung 17 zeigt die Geologie im Bereich der Gletsch Alm. Über den Großteil der Almfläche erstreckt sich „Spätglaziales“ Synthem. Es ist anzunehmen, dass darunter Schichten wie die Gröden- und die Auer-Formation liegen. Genaue Informationen zu den Schichten sind wiederum in der Legende zur Geologischen Karte WESTLICHE DOLOMITEN in Tabelle 3 zu finden.

3. Untersuchungsgebiet

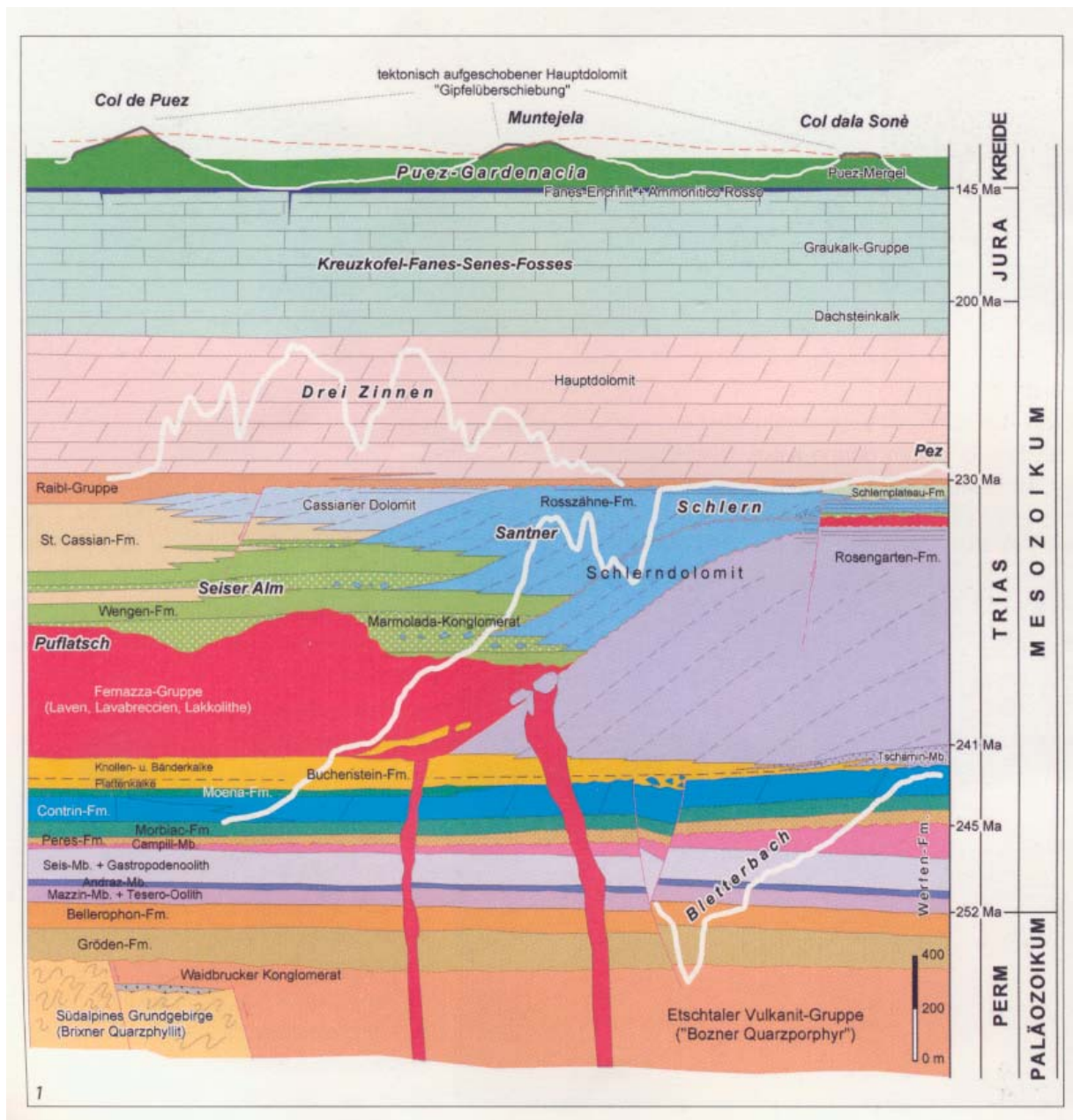


Abbildung 15: Schematische Übersicht der Schichtabfolgen in den Südtiroler Dolomiten (verändert nach Brandner et al., 2007, Geo. Alp Band 4). Die Gesteinsabfolgen sind in vielen Gebieten komplexer aufgebaut und weichen von diesem Modell ab. Zur besseren Orientierung im Schichtaufbau sind einige typische Bergkulissen abgebildet. (Ma = Millionen Jahre)

Quelle: Keim 2009, S.16

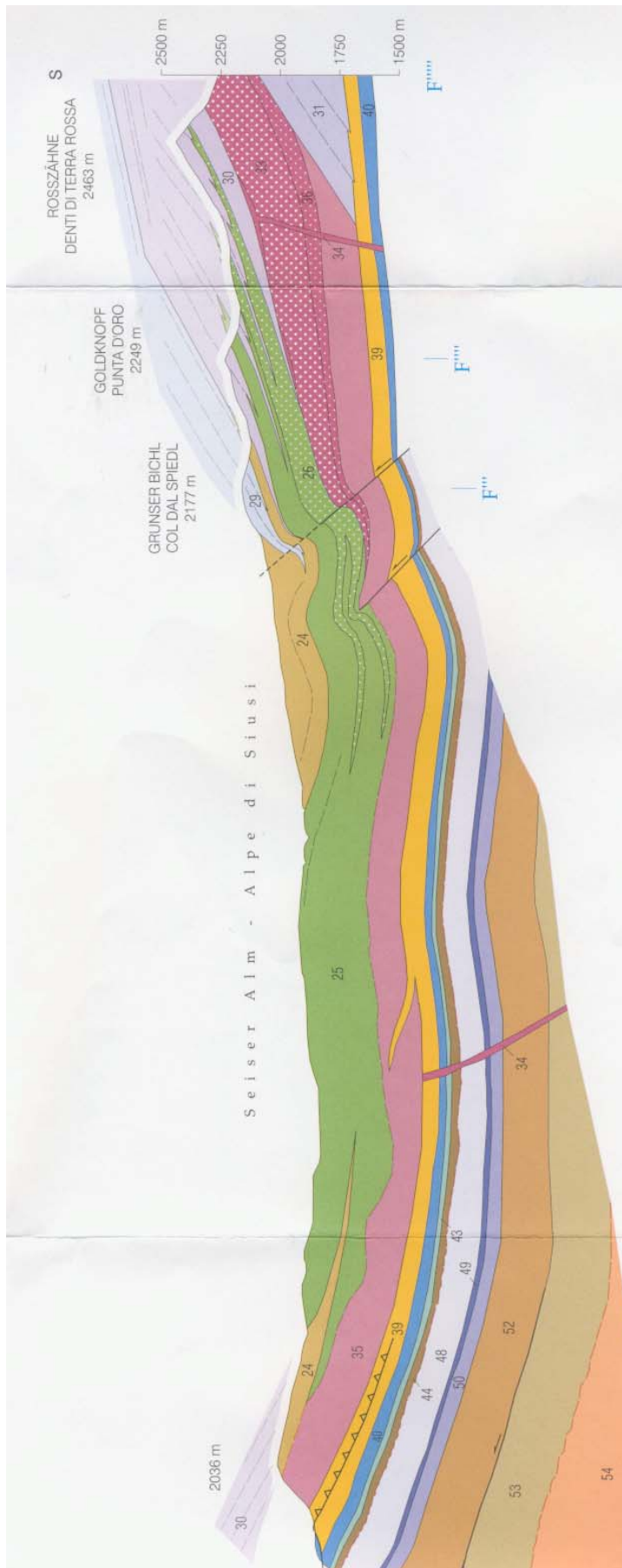


Abbildung 16: Profilschnitt zur Geologischen Karte der Westlichen Dolomiten

Quelle: Geologische Karte WESTLICHE DOLOMITEN, 1:25.000, 2007

3. Untersuchungsgebiet

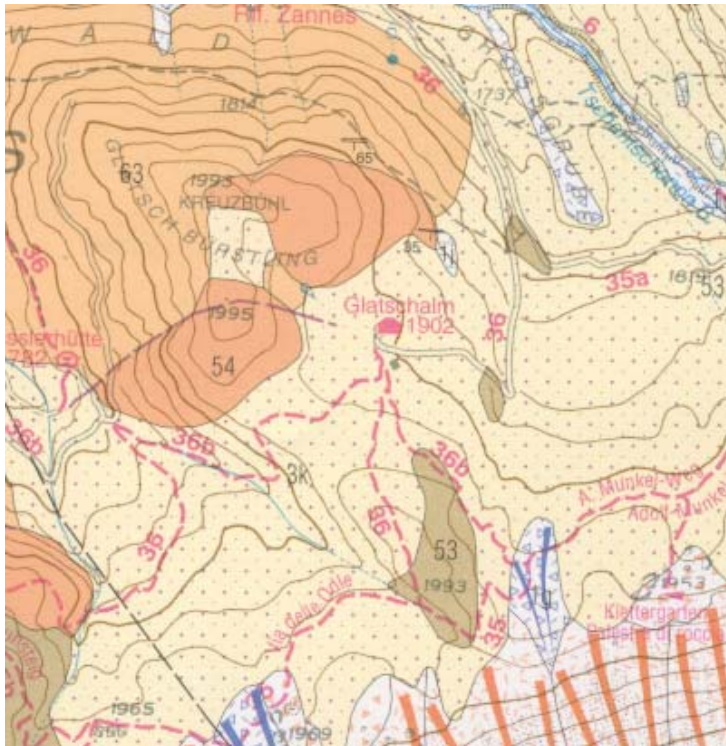




















Abbildung 17: Geologie Glatsch Alm

Quelle: Geologische Karte WESTLICHE DOLOMITEN, 1:25.000, 2007










Tab. 3: Legende zur Geologischen Karte WESTLICHE DOLOMITEN

	Bezeichnung	Beschreibung
1	Alpines postglaziales Synthem	Gravitative Ablagerungen; gemischte Ablagerungen; Hangschutt und Kolluvium, teils Bodenbildungen; fluviale und alluviale Ablagerungen; Auensedimente; Seesedimente; Moorbildungen und Vernässungszonen; Rutschmassen; Blockgletscher und Blockgletscherablagerungen HOLOZÄN
3	„Spätglaziales“ Synthem	Grund-, End-, Seiten- und Obermoränen, fluvioglaziale, fluviale, alluviale und lakustrine Ablagerungen; gravitative und gemischte Ablagerungen. OBERPLEISTOZÄN
4	Dolomiten-Synthem	Moräne undifferenziert OBERPLEISTOZÄN
a	Verwitterungsschutt, Kolluvium	
b	Sturzschant	
d	Bergsturzmassen	
d1	Bergsturzmassen aus ladinischen Vulkaniten	

3. Untersuchungsgebiet

 e	Rutschmassen	
 g	Gemischte Ablagerung (aus Wildbächen, u./o. Muren u./o. Lawinen)	
 k	Moräne undifferenziert	
 	Sturzschuttfächer	
 	Fächer gemischter Ablagerung	
 24	St.Cassian-Formation	Wechselfolge von Mergeln, Kalkmergeln und Kalkbänken; gradierte arenitische Kalke und Breccien mit Cipit-Blöcken auslaufender Riffzungen. Mächtigkeit: bis 300m. OBERLADINIUM-UNTERKARNIUM
 25	Wengen-Formation	Wechselfolge von Sandsteinen, Tonen und Mergeln. Mächtigkeit: bis 400m. OBERLADINIUM
 26	Marmolada-Konglomerat (Wengen-Formation)	Dezimeter bis mehrere Meter mächtige Bänke aus resedimentierten, vulkanischen Konglomeraten; OBERLADINIUM
 29	Cassianer Dolomit	Dolomit in gebankter Plattformfazies, massige Fazies am Plattformrand und gut entwickelte Hangfazies. Mächtigkeit: 350-450m. UNTERKARNIUM
 30	Rosszähne-Formation	Postvulkanischer Schlerndolomit in gebankter Plattformfazies und bis zu 35° steilen Klinoförmigkeiten. Mächtigkeit: 0-250m. OBERLADINIUM
 31	Rosengarten-Formation	Prävolkanischer Schlerndolomit in gebankter Plattformfazies und hauptsächlich Hangfazies. Mächtigkeit: Bis zu 800m. OBERANISIUM-LADINIUM
 33	Vulkanische Breccien	Mächtigkeit: 0-250m.
 34	Gänge	Kompakte, homogene, gleichkörnige, basische Lagergänge und Dikes; bis 100m mächtige Lakkolithe am Rand der Seiser Alm mit aufschwimmenden, km-langen Schollen der Buchenstein-Formation
 35	Laven	Mächtigkeit: 0-300m (Seiser Alm), meist 10-50m.
 36	Hyaloklastite, Tuffe, Sandsteine	Mächtigkeit: 0-200m.
 39	Buchenstein-Formation	Platten-, Knollen- sowie Bänderkalke. Mächtigkeit: 0-60m.
 40	Contrin-Formation	Gut geschichtete, mehrere dm-dicke, fein- bis mittelkristalline Dolomite, nach oben dicker werdende Bänke, intertidale Laminite und LF-Gefüge. Mächtigkeit: 0-120m. OBERANISIUM
 41	Moena-Formation	Wechsellagerung von Grob- und Feinbreccien mit Kalkklasten; Lokal Megabreccien aus Contrin-Formation (42). Mächtigkeit: 0-20m OBERANISIUM

3. Untersuchungsgebiet

 43	Morbiac-Formation	Wellig bis knollig gebankte, bituminöse mikritische Kalke wechsellagernd mit Mergeln. Mächtigkeit: 0-20m. OBERANISIUM
 44	Peres-Formation	Polymikte Konglomerate; mergelige Siltsteine. Nach oben Zunahme des Karbonanteils. Mächtigkeit: 0-30m OBERANISIUM (PELSONIUM-ILLYRIUM)
 47	Campill-Member (Werfen-Formation)	Glimmerreiche Sand-, Silt- und Tonsteine, sandige Mergellagen, Muschelschilllagen, intraformationelle Breccien. Mächtigkeit: 0-80m. OLENIKUM
 48	Seis-Member + Gastropodenoolith (Werfen-Formation)	Tempestitkalke mit Anhäufungen von Muscheln und Gastropoden, Mergel ebenso reich an Gastropoden, siltige, mikritische Kalke und Kalkmergel. Mächtigkeit: 0-100m. INDUIUM-OLENEKIUM
 49	Andraz-Member (Werfen-Formation)	Dolomitmergel, dolomitische Tonmergel mit teils Trockenrissen, Rauhwacken und örtlich Kollapsbreccien. Mächtigkeit: 0-20m. INDUIUM
 50	Mazzin-Member + Tesero-Oolith (Werfen-Formation)	Wechselfolge von bioturbaten Kalken und Kalkmergeln, Ostrakodenmergel und -mikrite, siltige Mergelkalke und Schillbänke. An der Basis Kalkarenitbänke wechsellagernd mit Mergeln. Mächtigkeit: 40-50m. OBERPERM-INDUIUM
 52	Bellerophon-Formation	Im unteren Abschnitt Wechsellagerung von mergeligen Rauhwacken mit Tonen und mit Gipslagen, die häufig mit tonigen Anteilen durchsetzt sind; daneben auch Gips. Wiederholte Einschaltungen bituminöser Dolomitmergelbänke. Im oberen Abschnitt dominieren Kalkbänke mit tonig-mergeligen Zwischenlagen. Mächtigkeit: 30-200m. OBERPERM
 53	Gröden-Formation	Sand- und Siltsteine sowie im oberen Abschnitt Bänke aus Rauhwacken und Gipsen. Typische Mächtigkeit: 150-200m. OBERPERM
 54	Auer-Formation	Im unteren Abschnitt Ignimbrite und Ignimbritbreccien; dickplattig und vertikale, weitständige Klüftung; Mächtigkeit: 0-150m. Mächtigkeit: 0-35m. Am Top Einschaltungen von geringmächtigen, geschichteten Tuffen
 63	Brixner-Quarzphyllit	Quarzphyllite, Serizitphyllite, Graphitphyllite, Quarzite und Paragneise; variszisch metamorph. ALTPALÄOZOIKUM

Quelle: Geologische Karte WESTLICHE DOLOMITEN, 1:25.000, 2007

3.2. Klima

Das Klima im Untersuchungsraum hat den Charakter eines gemäßigten Gebirgsklimas. Die mittlere Jahrestemperatur in St. Ulrich (1180m) beträgt 7°C, die mittlere Jahresniederschlagsmenge liegt bei 951mm (vgl. Abb.18). Mangels Klimadaten in der Höhenlage des Almengürtels wurden die Klimadaten der der Seiser Alm nächstgelegenen Klimastation in die Arbeit aufgenommen. Aufgrund des beträchtlichen Höhenunterschiedes zwischen der Seiser Alm und der Klimastation ist jedoch davon auszugehen, dass die tatsächliche Jahrestemperatur auf der Alm schätzungsweise um 4-5°C geringer und die Jahresniederschlagsmenge um einiges höher ausfallen wird.

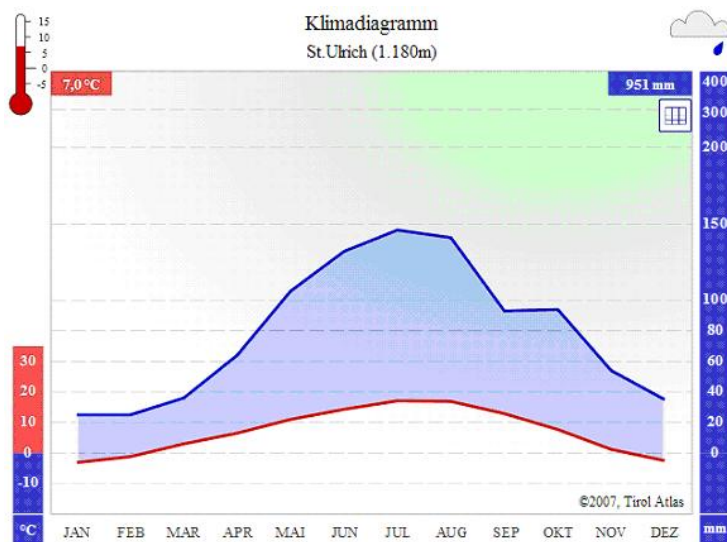
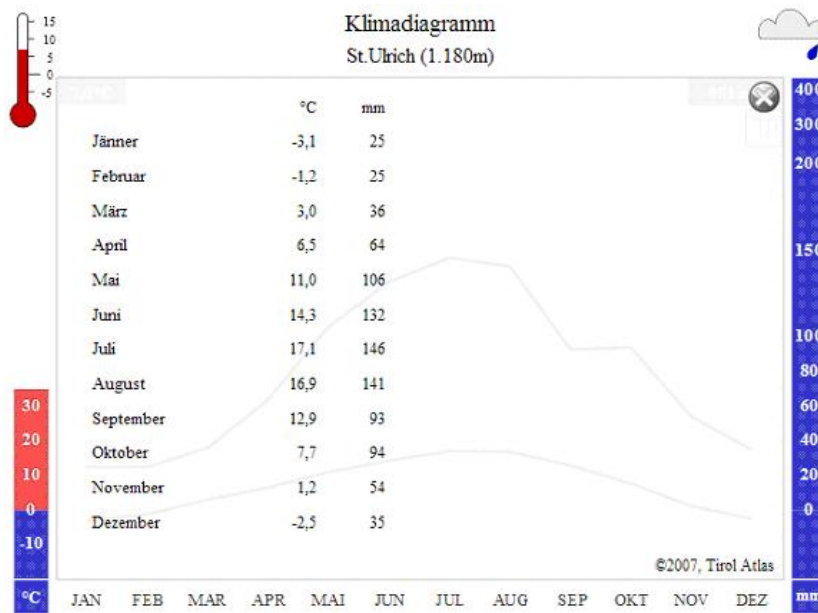


Abbildung 18: Klimadiagramm St. Ulrich

Quelle: <http://tirolatlas.uibk.ac.at/>, Zugriff: 12.07.2010

Monatstemperatur und durchschnittlicher monatlicher Niederschlag in St. Ulrich sind in folgender Tabelle aufgelistet. Die meisten Niederschläge fallen in den Sommermonaten. Anfang des Jahres werden die wenigsten Niederschlagsmengen verzeichnet.

Tab. 4: Temperatur und Niederschlag in St.Ulrich



Quelle: <http://tirolatlas.uibk.ac.at/>, Zugriff: 12.07.2010

Auch von der Gatsch Alm gibt es keine Klimadaten. In diesem Fall wurden die Klimadaten der nahegelegenen Klimastation St.Peter (1080m) verwendet. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt dort 8,1°C, die mittlere Jahresniederschlagsmenge liegt bei 843mm (vgl. Abb.19). Die Klimastation liegt mit einer Seehöhe von 1080m um einiges tiefer als die Alm. Darum ist wiederum davon auszugehen, dass die angegebenen Temperatur- und Niederschlagswerte nicht ganz mit den tatsächlichen Werten auf der Gatsch Alm übereinstimmen werden.

In St. Peter im Villnösstal gibt es im Durchschnitt etwas höhere Temperaturen und weniger Jahresniederschlag als in St.Ulrich, in der Nähe der Seiser Alm.

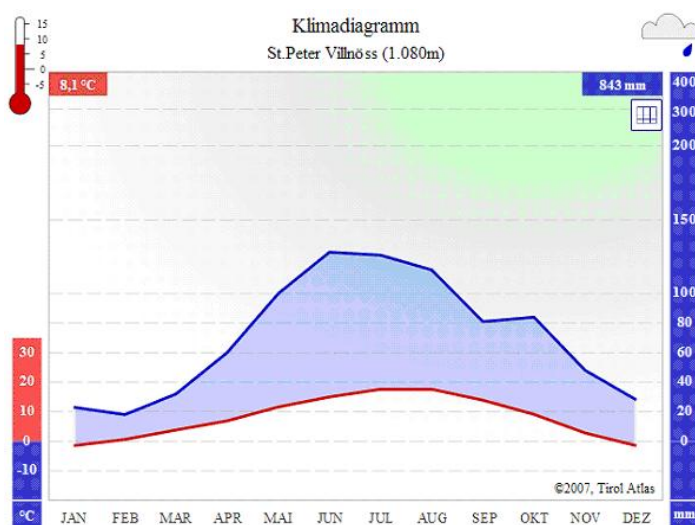


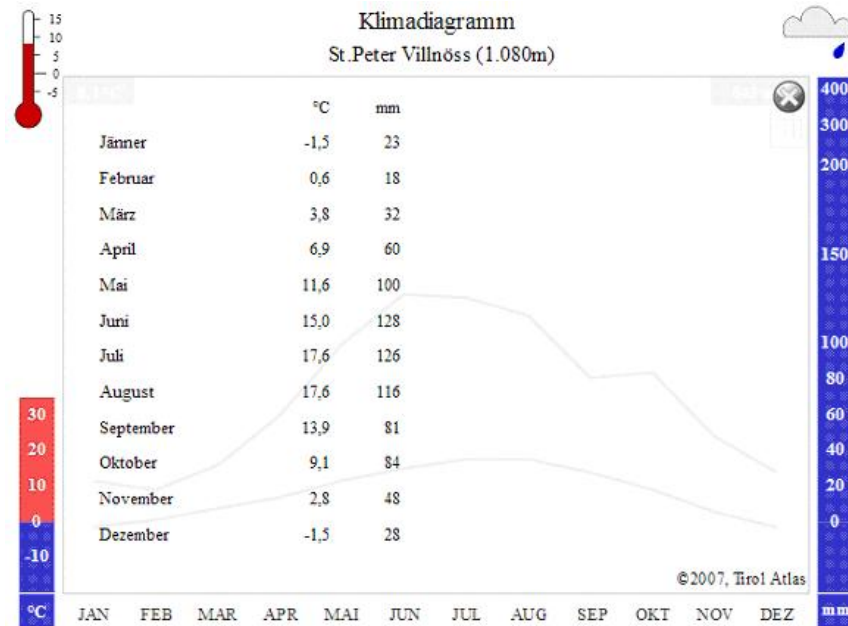
Abbildung 19: Klimadiagramm St.Peter, Villnöss

Quelle: <http://tirolatlas.uibk.ac.at/>, Zugriff: 12.07.2010

3. Untersuchungsgebiet

In Tab.5 sind die durchschnittliche Monatstemperatur und der durchschnittliche monatliche Niederschlag für St.Peter dargestellt. Die meisten Niederschläge fallen genauso wie in St.Ulrich in den Sommermonaten. Anfang des Jahres werden wiederum die wenigsten Niederschlagsmengen verzeichnet.

Tab. 5: Temperatur und Niederschlag in St.Peter, Villnöss



Quelle: <http://tirolatlas.uibk.ac.at/>, Zugriff: 12.07.2010

3.3. Böden

In Italien gibt es eine nach diversen Kriterien vorgenommene Regionalisierung der Böden. Der gesamte Staat wurde je nach Art und Beschaffenheit des dort vorkommenden Bodens in verschiedene Regionen unterteilt. Diese „Soil Regions“ wird durch das Klima und das den Böden zugrunde liegende Grundgestein charakterisiert (www.soilmaps.it, Zugriff: 07.04.2010).

Im Folgenden gibt es eine Charakteristik jener „Soil Region“, der das Untersuchungsgebiet zugeordnet werden kann.

- 37.1 West- und Zentralalpen über magmatischem und metamorphem Gestein
Diese Region umfasst 25360km², also 8,3% der Fläche Italiens. Es herrscht hier ein gemäßigtes Gebirgsklima. Die mittlere jährliche Lufttemperatur liegt zwischen 8°C und 10°C. Die mittlere Jahresniederschlagsmenge umfasst 650-1500mm. Mai und

August sind die regenreichsten Monate. Im Jänner und Februar liegt die Durchschnittstemperatur bei unter 0°C. Der Wärmehaushalt der Böden ist cryic und mesic (www.soilmaps.it, Zugriff: 07.04.2010). Cryic bedeutet, dass das Jahresmittel der Temperatur in 50cm Tiefe unter 0°C liegt, ist der Wärmehaushalt mesic, so liegt die Temperatur bei 8°C-15°C (Scheffer & Schachtschabel 2010, S.261). Das in dieser Region vorkommende Grundgestein ist metamorph oder magmatisch. Es gibt holozäne alluviale Ablagerungen. Das Gebiet besteht aus Erhebungen mit dazwischen liegenden Tälern. Die mittlere Höhe beträgt 1680m über dem Meeresspiegel, die durchschnittliche mittlere Neigung ist 53%. Die Böden, die in dieser Region vorkommen, sind flachgründige Böden (Lithic, Umbric and Dystric Leptosols), flachgründige Böden an den höchsten Erhebungen (Lithic Cryosols), erodierte Böden (Eutric and Calcaric Regosols), saure Böden mit organischer Substanz, Eisenoxiden und Aluminiumakkumulation (Dystric Cambisols, Haplic Podzols, Humic Umbrisols), Böden mit Humusauflage (Haplic and Calcaric Phaeozems), Torf an den höchsten Erhebungen (Dystric Histosols) und alluviale Böden (Eutric Fluvisols) (www.soilmaps.it, Zugriff: 07.04.2010).

- 34.3 Ost- und Zentralalpen auf kalkhaltigen Sedimenten

Dieses Gebiet erstreckt sich über 19062km² und umfasst 6,3% der Fläche Italiens. Es herrscht dort ein temperiertes Gebirgsklima. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 11°C-13°C und der mittlere Jahresniederschlag liegt zwischen 690mm und 1200mm. Die regenreichsten Monate sind Mai und Oktober. Juli und August sind die trockensten Monate. Im Jänner liegt die Durchschnittstemperatur unter 0°C. Der Wärmehaushalt der Böden in diesem Gebiet ist cryic, mesic und lokal thermic (www.soilmaps.it, Zugriff: 07.04.2010). Thermic bedeutet, dass das Jahresmittel der Temperatur in 50m Tiefe zwischen 15°C und 22°C liegt (Scheffer & Schachtschabel 2010, S.261). Die Geologie betreffend herrscht in dieser Region tertiärer Kalkstein und Dolomit aus dem Mesozoikum als Grundgestein vor. Das Gebiet besteht aus Erhebungen mit dazwischen liegenden Tälern und ist im Durchschnitt 1115m hoch. Es gibt dort durchschnittliche Neigungen von 51%. Die in der Region vorkommenden Böden sind flachgründige Böden auf den höchsten Erhebungen (Lithic Cryosols), flachgründige Böden mit einer Humusauflage (Lithic, Mollic, Eutric and Rendzic Leptosols), Böden mit pedogenetischer Struktur in der Tiefe und schwach

differenziertes Profil (Eutric and Calcaric Cambisols) und alluviale Böden (Eutric Fluvisols) (www.soilmaps.it, Zugriff: 07.04.2010).

3.4. Hydrologie

Der Boden der Seiser Alm zeichnet sich durch einen relativ hohen Tongehalt aus. Er ist deshalb als sehr guter Wasserspeicher einzustufen. Dies hat zur Folge, dass im Almgebiet zahlreiche moorige Mulden, Quellen und Bachrinnsale vorzufinden sind. Der Jenderbach, der Frötschbach und der Frommbach haben auf der Seiser Alm ihr Quellgebiet (<http://seiseralm-schlerngebiet.com/20100109127/seiseralm/wissenswertes/naturpark-schlern-rosengarten>, Zugriff: 14.07.2010)

3.5. Vegetation/Landnutzung

Auf der Seiser Alm herrschten über mehrere Jahrtausende Nadelwälder vor. Diese wurden allerdings durch Brandrodung weitgehend entfernt.

Die Vegetation der Alm besteht aus Anemonen, Krokussen, Soldanellen und dem Roten Steinbrech. An den Stellen, wo nicht gemäht wird, sind teilweise Alpenrosen zu sehen. In der Nähe der Quellsümpfe herrschen Fettkräuter und Mehlprimeln sowie Seggen, Binsen, Wollgräser und Moose vor (<http://seiseralm-schlerngebiet.com/20100109127/seiseralm/wissenswertes/naturpark-schlern-rosengarten>, Zugriff: 14.07.2010).

Im Gebiet um die Gletsch Alm gibt es kräftige Zirbenbestände, die eine für Südtirol einzigartige Verjüngung aufweisen. Sie ziehen sich vom Gebiet um den Peitlerkofel über den Talschluss von Villnöß bis zu den Schotterfeldern der Geislergruppe.

Die Almwiesen der Gletsch Alm setzen sich aus den verschiedensten Pflanzen zusammen. Es finden sich hier Arten wie Arnika und Wiesenklees, das quirlblättrige Läusekraut, der Blaue Eisenhut, der Germer, die stachelige Kratzdistel, das schwarze Kohlröschen und der punktierte Enzian (<http://www.provinz.bz.it/natur/2803/parke/pues/>, Zugriff: 16.07.2010).

Die Landnutzung der Seiser Alm ist in Abbildung 20 dargestellt. Die Seiser Alm wird, wie bereits erwähnt, sowohl landwirtschaftlich als auch touristisch genutzt. Man kann sehen, dass große Teile des Almgebietes aus Mähwiesen und Weiden bestehen. Lediglich am Rande der

3. Untersuchungsgebiet

Alm gibt es Wald. Zahlreiche Almgebäude sind über die gesamte Alm verstreut. Für den Tourismus wurden viele Lift- sowie Hotelanlagen installiert. Die Seiser Alm wird sehr stark touristisch genutzt.

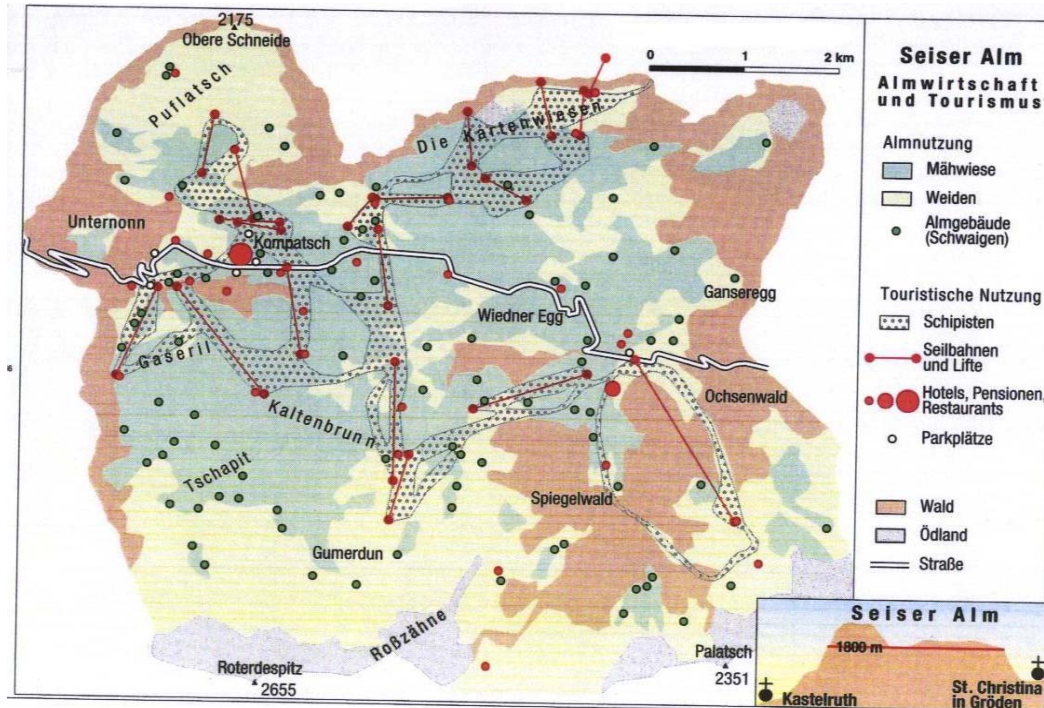


Abbildung 20: Seiser Alm. Almwirtschaft und Tourismus

Quelle: Aistleitner 1998, S.28

Folgende Tabelle zeigt die landwirtschaftliche Nutzung in der Region Salten-Schlern, der Bezirksgemeinschaft, der die Seiser Alm zugerechnet wird. Hier wird deutlich, dass Wiesen und Weiden in diesem Gebiet eine erhebliche Rolle spielen. Sie nehmen nahezu 100% der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Salten-Schlern ein.

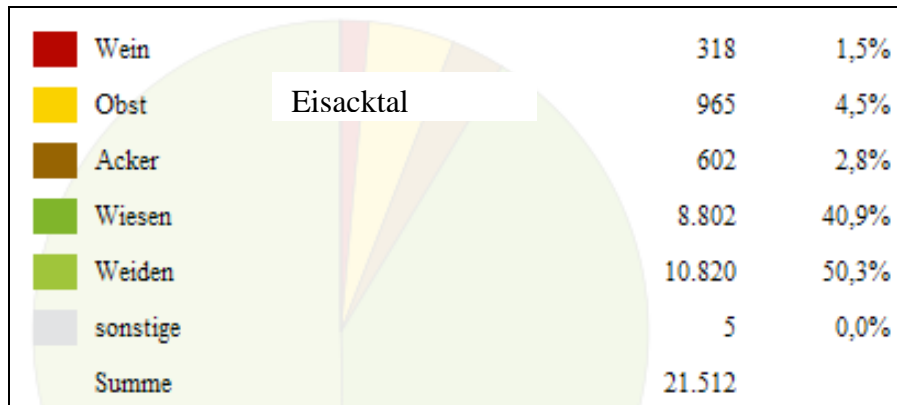
Tab. 6: Landwirtschaftliche Nutzfläche (km²) 2000 in Salten-Schlern

Salten-Schlern		
Wein	206	0,5%
Obst	369	0,9%
Acker	211	0,5%
Wiesen	16.550	41,6%
Weiden	22.467	56,4%
sonstige	4	0,0%
Summe	39.807	

Quelle: <http://tirolatlas.uibk.ac.at/>, Zugriff: 12.07.2010

In Tabelle 7 ist die landwirtschaftliche Nutzung in der Bezirksgemeinschaft Eisacktal für das Jahr 2000 dargestellt. Die Glatz Alm befindet sich in dieser Region. Ebenso wie in Salten-Schlern nehmen auch im Eisacktal die Wiesen und Weiden eine tragende Rolle ein. Mehr als 90% der landwirtschaftlichen Nutzfläche sind als Wiesen und Weiden ausgezeichnet.

Tab. 7: Landwirtschaftliche Nutzfläche (km²) 2000 im Eisacktal



Quelle: <http://tirolatlas.uibk.ac.at/>, Zugriff: 12.07.2010

3.6. Almgeschichte

Die Geschichte der Seiser Alm kann durch diverse schriftliche Quellen, archäologische Fundberichte und pollenanalytische Untersuchungen sehr weit zurückverfolgt werden, nämlich bis ins Mesolithikum.

Nach der Eiszeit um 8000 vor Christus war die Seiser Alm äußerst dicht mit Fichten- und Pinienwäldern bewachsen. Später drängten die Fichten und Pinien zurück. Die ersten Spuren des Menschen konnten in das Mesolithikum datiert werden. Archäologen entdeckten auf Jochen und Übergängen sowie unter Felsvorsprüngen Pfeilspitzen und Klingen, des Weiteren konnten Feuerstätten und Rastplätze gefunden werden. Hirtenspuren und Weideanzeiger gibt es seit der Bronzezeit um 1600 vor Christus. Pollenanalytische Untersuchungen bezeugen, dass ebenfalls zu dieser Zeit die ersten Brandrodungs- und Beweidungsspuren festzustellen sind.

Nach einer Periode mit Siedlungsspuren um ca. 1500 vor Christus breitete sich der Wald um 1300 vor Christus wieder aus. Um 1000 vor Christus gibt es schließlich wieder vermehrt Weideanzeiger, auch ein Nachweis naher Getreidekulturen ist gegeben. Ca. 800 vor Christus kam es erneut zu einer Verwilderung des Gebietes, wobei allerdings die meisten Weideanzeiger erhalten blieben. Um die Zeitenwende vermehrten sich die Nichtbaumpollen und die Weideanzeiger schließlich wieder und verbreiteten sich über das frühere Ausmaß

3. Untersuchungsgebiet

hinweg. In der Zeit der Völkerwanderung kam es zu einem Rückgang der Kulturpflanzenanreicherung. Die Bewaldung nahm wieder etwas zu. Im Früh- und Hochmittelalter erfolgte gleichzeitig mit dem mittelalterlichen Siedlungsausbau erneut ein Umschwung. Die Weiden im günstigen Gelände wurden zu Mähwiesen umgewandelt und der Wald wurde durch die ständige Beweidung gelichtet oder teilweise sogar ganz verdrängt. Das Endstadium dieser über Jahrhunderte voranschreitenden Entwicklung sind ein Drittel Wald und zwei Drittel Wiesen und Weiden auf der Almfläche der Seiser Alm.

Seit etwa einem halben Jahrtausend gibt es auf der Seiser Alm eine extensive landwirtschaftliche Nutzung. Ein großer Teil der Fläche wird als Wiesen zur Heugewinnung genutzt. Der Rest des Gebietes dient als Weide bzw. Waldweide und Wald.

Die Nutzung der Seiser Alm ist in der Seiseralmordnung festgeschrieben. Diese reicht in der Urfassung auf das Spätmittelalter zurück. Die Seiseralmordnung kennt Mäh- und Schwaigwiesen sowie Gemeinschaftsweiden, Privat- und Gemeindebesitz. Sie beinhaltet Privatrechte, Lehensrechte, Gemeinderechte und allgemeine, sowie besondere Nutzungsrechte. Daneben gibt es urkundliche Nachrichten über einzelne Mähwiesen im Privatbesitz. Auch sind Kauf-, Tausch-, Schenkungs- und Pfandbriefe vorhanden, die Auskunft über private Besitzverhältnisse und Einsicht in die praktische Handhabung des Almrechtes geben. Des Weiteren liegen fachkundliche Erhebungen vor, die Aufschluss über die althergebrachte Almnutzung gewähren. Aus diesen Dokumenten gehen Informationen hervor, die in der folgenden Tabelle zusammengestellt wurden.

Tab. 8: Veränderung der landwirtschaftlichen Almnutzung von 1600 bis 1996

	Kühe	Ochsen	Jung- rinder	Summe der Rinder	Pferde	Schafe	Schweine	Heu	Schwaigen	Heustadel
1600	1500	600		2100				630T	100	400
1838	?	500-600		500-600						500
1847	450	550		1100					70	370
1873	492	300	186	995			110			
1956	838		1173	2011	109	600	250	1750T	100	360
1981	1088		1863	2951	55				70	
1996				4000					100	360

Quelle: Nössing 2001, S.164

Die Tabelle beinhaltet die Anzahl der Tiere, die auf die zahlreichen Weiden der Seiser Alm geführt werden. Auch geht hervor, wie viel Tonnen Heu aus dem Mähen der Wiesen hervorgehen. Es wird deutlich, dass von 1600 bis 1956 die Heumenge stark zunimmt. Weiters gibt es eine Angabe über die Anzahl der Schwaigen und der Heustädel, die auf der Seiser Alm liegen. Schwaigen sind kleine Sennerbetriebe mit einem mittleren Melkkuhbestand von 8-10 Stück, einigen Kälbern und einem oder zwei Schweinen. Bis in die 1950er Jahre hat man dort Butter und Käse hergestellt. Seitdem die Seiser Alm über ein gutes Wegenetz verfügt, wird die gewonnene Milch täglich zu den großen Verarbeitungsbetrieben in Bozen gebracht. Die Zahl der Schwaigen schwankt in den historischen Angaben immer wieder zwischen 70 und 100.

Auf der Seiser Alm sind im Gegensatz zu den meisten anderen Almen einmähige Wiesen und Schwaigen für die Landwirtschaft sehr prägend. Die Mähwiesen nehmen eine Fläche von 6ha bis 10ha ein und waren laut schriftlichen Quellen in privatem Besitz der Kastelruther und Grödner Bauern. Sie wurden zu einer einmaligen Heuernte im Hochsommer zwischen Mitte Juli und Ende August benutzt. Die Nutzung dieser Wiesen war bis in die 1930er Jahre durch Weiderechte der Schwaigbauern eingeschränkt. Laut Almordnung hatten diese das Recht vor dem 1. Juni und ab dem 1. September die Mähwiesen als Weiden für ihre Herden zu benutzen. 1927 wurde dieses Recht schließlich abgelöst. Die Besitzer konnten von nun an über die Nutzung der Wiesen frei entscheiden.

Auf den Gemeindegründen der Seiser Alm gibt es zwei Arten der Nutzung. Einerseits gibt es bestimmte Gründe, auch „Gmoande“ genannt, die als Kuhweide der Schwaigbauern dienen. Andererseits gibt es die Gründe der zweiten gemeinsamen Nutzungsart, „Ochsenwälder“ genannt. In den Ochsenwäldern wird das Galtvieh, das heute fast zur Gänze aus weiblichen Jungtieren besteht, aufgetrieben und wird von gemeinsamen Hirten, den Saltnern, beaufsichtigt. Es gibt zwei Ochsenwälder auf der Seiser Alm, nämlich in Saltria unter dem Langkofel und im Tschapit am Schlernhang.

In der landwirtschaftlichen Besitz- und Wirtschaftsstruktur der Seiser Alm konnten sich großflächige, feudale Besitzkomplexe nie ausbilden. Daher bildete sich eine extensive Form der Bewirtschaftung aus, die sich auch nach der Mechanisierung fortsetzt. Die genossenschaftliche Nutzung der Almflächen war und ist zugunsten der privatwirtschaftlichen nur schwach ausgebildet. Die arbeitsintensiven Formen der privaten Bewirtschaftung von einmähigen Wiesen und Schwaigen dagegen sind weit verbreitet.

Die früher sehr ertragreiche landwirtschaftliche Nutzung der Seiser Alm wurde vom aufkommenden Fremdenverkehr in den Schatten gestellt. Ende des 19. Jahrhunderts bzw.

Anfang des 20. Jahrhunderts wurden die ersten Tourismuseinrichtungen auf der Seiser Alm eröffnet. Es kam zu einer Anbindung an das internationale Verkehrsnetz, dadurch war der Aufbau eines Winter- und Sommerfremdenverkehrs auf der Alm möglich. Seit den 1950er Jahren entwickelte sich die Seiser Alm zu einem begehrten Fremdenverkehrsgebiet. Die rasche Entwicklung des Fremdenverkehrs in den 1960ern hatte für die landschaftliche Erhaltung der Seiser Alm mehr oder weniger schwere Folgen. Die Verbauung durch die Beherbergungsbetriebe, Aufstiegsanlagen, Parkplätze usw. brachte eine starke Veränderung des Landschaftsbildes mit sich. Der rasant anwachsende Fremdenverkehr führte beispielsweise zu verschmutzten Abwässern, zertretenem alpinen Rasen, wilden Fahrspuren und illegaler Bautätigkeit. Deshalb wurde zur Rettung der Seiser Alm im Jahr 1972 ein Gebietsplan von der Südtiroler Landesregierung beschlossen. Dieser beinhaltet ein begrenztes Fahrverbot und einen klaren Bebauungsplan. Der Plan wurde 1974 und 1992 erneuert. Weiters wurde 1974 zum Schutz des Gebietes der Naturpark Schlern errichtet, der strengere Schutzmaßnahmen enthält. Dieser erfasst allerdings lediglich den kleineren, zum Schlern hin ausgerichteten Teil der Seiser Alm. Durch die einzelnen Maßnahmen und das verstärkte Umweltbewusstsein hat sich die Almlandschaft wieder einigermaßen erholt.

Ein Ziel für die Zukunft ist die Wiedergewinnung des durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung meist verloren gegangenen und an den Rand gedrängten artenreichen Pflanzenbewuchses (Nössing 2001, S.159ff.).

Genauso wie die Seiser Alm liegt auch die Glatz Alm innerhalb der Waldzone. Dennoch besteht der Großteil der Almfläche aus Wiesen und Weiden. Die Glatz Alm wird zum größten Teil landwirtschaftlich genutzt. Vor einiger Zeit wurden jedoch einige dieser bewirtschafteten Flächen wieder aufgelassen. Da es an diesen Stellen zu neuem Baumbewuchs kam, wurden die Flächen zum Teil geschwendet. Schwenden bedeutet, dass der neue Bewuchs an ehemals entwaldeten Flächen erneut gerodet wird (Persönliches Gespräch mit Dietmar Profanter, Hüttenwirt Glatz Alm, 22.05.2010). Es gab auf der Glatz Alm vor allem im Zuge der landwirtschaftlichen Nutzung des Gebietes in der Vergangenheit zahlreiche menschliche Eingriffe. Beispielsweise wurden Planiertätigkeiten ausgeführt, um die Unebenheiten des Geländes auszugleichen. Laut PROFANTER gab es die letzten Einebnungen vor ca. 15-20 Jahren.

Der Tourismus spielt auf der Glatz Alm nicht so eine große Rolle wie auf der Seiser Alm. Dennoch ist er sehr wohl vorhanden. Wie bereits erwähnt wurden zahlreiche Wanderwege von der Alm ausgehend angelegt. Auch eine Liftanlage ist vorhanden.

3.7. Buckelwiesen im UG

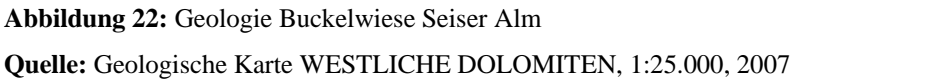
Sowohl die Seiser Alm als auch die Gatsch Alm weisen an manchen Stellen eine gewellte Oberfläche auf. Auf der Seiser Alm beispielsweise gibt es einige Buckelwiesen. Auch die Almfläche der Gatsch Alm ist teilweise mit Buckeln übersät. Ursprünglich dürfte jedoch noch ein weitaus größerer Flächenanteil beider Almen gebuckelt gewesen sein. Einige frühere Buckelwiesen wurden nämlich im Zuge der landwirtschaftlichen Nutzung planiert. Dies geht aus persönlichen Gesprächen mit Herrn Dietmar Profanter, dem Hüttenwirt der Gatsch Alm (22.05.2010) und mit Herrn Michael Eppacher (23.05.2010), einem Mitarbeiter des Forstinspektorats Brixen, hervor.

Für die Untersuchungen im Rahmen der Diplomarbeit wurde eine bestimmte Buckelwiese auf der Seiser Alm ausgewählt (vgl. Abb.21). Die Wiese liegt im westlichen Teil der Alm, der „Unternonn“ genannt wird, und hat eine Hangneigung von 7°.



Abbildung 21: Buckelwiese auf der Seiser Alm (das rote Rechteck kennzeichnet die Testfläche für die Tachymetermessung und den Entnahmeort der Bodenproben)

Quelle: Topographische Wanderkarte Gröden - Seiser Alm 1:25.000, Tabacco, 2009



Quelle: Geologische Karte WESTLICHE DOLOMITEN, 1:25.000, 2007

Im Bereich von Unternonn, gleich neben der Buckelwiese, gibt es mehrere Karsterscheinungen. Direkt an die Buckelwiese angrenzend befindet sich eine Doline. Ein weiterer Hinweis auf Karstprozesse ist eine Karstwanne, also eine größere Vertiefung im Gelände nordöstlich der Buckelwiese. Auch diese ist in der geologischen Karte (Abb.22) durch eine Isohypse sehr leicht zu erkennen.

49

3. Untersuchungsgebiet

St.Christina im Grödnertal. Das Buckelwiesenrelief ist dort etwas flachgewellter und die Buckeln und Mulden sind deutlich kleiner als in Unternonn. Aufgrund der Kürze des Geländeaufenthaltes blieb jedoch keine Zeit für eine genauere Feldaufnahme.

Neben der Buckelwiese bei Unternonn auf der Seiser Alm zählen auch die Bodenbuckelungen auf der Glatz Alm zum Untersuchungsgebiet der Arbeit.

Abbildung 23 zeigt eine Aufnahme der Glatz Alm. Deutlich sichtbar ist hier die sanfte Wellung der Oberfläche an einigen Stellen der Almfläche. In der Vergangenheit war wohl die gesamte Almfläche mit Buckeln übersät. Wie bereits erwähnt, kam es jedoch zu Planierungsarbeiten, wobei die Bodenbuckelungen zum Teil zerstört wurden.



Abbildung 23: Oberflächenbuckelung auf der Glatz Alm (rotes Rechteck: Testfläche für Tachymetermessung; schwarzes Rechteck: Skizzierung der Buckelwiesenoberfläche samt Baumwuchs)

Quelle: <http://www.provinz.bz.it/raumordnung/kartografie/geo-browser.asp>, Zugriff: 29.05.2010

Genauso wie bei der Buckelwiese auf der Seiser Alm wird auch bei der Glatz Alm vermutet, dass die Unterlage der Bodenbuckelung aus Moränenmaterial geformt wurde. Ein Hinweis darauf sind die gerundeten Kanten der auf der Wiese gefundenen Gesteinsblöcke. Die geologische Karte (Abb.17) bestätigt die Vermutung, dass das Relief der Glatz Alm aus Moränenmaterial aufgebaut ist.

Besonders interessant ist, dass auf der Glatz Alm nicht nur die Wiesen gebuckelt sind, sondern dass sich die Buckelung auch im Wald fortsetzt, was als „Buckelwald“ bezeichnet wird. Es macht dabei den Anschein, als ob vermehrt die Buckel als Baumstandorte auftreten. Einen neuerlichen Baumwuchs gibt es zum Teil auf ehemals bewirtschafteten Buckelwiesenflächen. Dort gibt es keine landwirtschaftliche Nutzung mehr. Dadurch kam es zu erneutem Baumwuchs, der nicht geschwendet wurde.

4. Forschungsplan

4.1. Hypothesen

Die im Rahmen der Diplomarbeit zu untersuchenden Hypothesen sind in folgender Abbildung dargestellt.

Hypothese	Gegenhypothese
Buckelwiesen sind Verkarstungserscheinungen, bei deren Erstanlage der Wald eine Rolle spielte	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Calciumcarbonatgehalt in den Buckeln höher als in den Mulden 2. pH-Wert in Buckeln höher als in Mulden 3. Verbreitung muss sich auf ehemaliges Waldgebiet beschränken 	
Windwurf als Initialgenese. Räumung des geworfenen Holzes. Nutzung als Weidefläche. Verkarstung der Wurzelgruben	Initialgenese durch differenzierte Lösung unter Waldbedeckung, anschließend Rodung und Weiterverkarstung des seit langem bestehenden Reliefs
<ol style="list-style-type: none"> 4. Im Erscheinungsbild sind Buckel dominanter 5. Ovaler Grundriss der Buckel 6. Längsachsen sollten gleichgerichtet sein 7. Bodenbuckelung sollte am Rand der waldfreien Fläche aussetzen 	<p>Im Erscheinungsbild sind Mulden dominanter</p> <p>Eher runder Grundriss der Buckel</p> <p>Wenn gleichgerichtete Längsachsen, dann in Fallrichtung des Hanges</p> <p>Bodenbuckelung auch unter dem angrenzenden Wald</p>
eine unterschiedliche Initialgenese drückt sich in der Buckelwiesen-Morphometrie statistisch nachweisbar aus	„Buckelwiesen als konvergente Formen“ -> Morphometrische Übereinstimmung der einzelnen Buckelwiesenvorkommen
<ol style="list-style-type: none"> 8. Mittelwerte von Buckellänge, -breite und -höhe der verschiedenen Buckelwiesenvorkommen unterscheiden sich signifikant 	<p>Mittelwerte von Buckellänge, -breite und -höhe der verschiedenen Buckelwiesenvorkommen unterscheiden sich nur zufällig</p>
Buckeln als Baumstandorte	
<ol style="list-style-type: none"> 9. Mulden signifikant ohne Baumwuchs 	

Abbildung 24: Hypothesen und ihre Argumente

Die Haupthypothese lautet: Buckelwiesen sind eine Verkarstungserscheinung, bei deren Erstanlage der Wald eine große Rolle spielte. Sie wurde in Anlehnung an das Forschungsprojekt von EMBLETON-HAMANN (1999) ausgewählt. Wie in Kapitel 2.3.3 beschrieben, entwickelte sich das Buckelwiesenrelief durch eine Oberflächensackung im Bereich der Mulden durch Auflösung des carbonatischen Gesteinsanteils. Die Argumente dafür sind in Abbildung 24 aufgelistet. Der Calciumcarbonatgehalt muss in den Buckeln höher sein als in den Mulden, da die verstärkte Karstlösung im Bereich der Mulden zu einer Auswaschung des Kalkes führte. In weiterer Folge wurde das Bodenmaterial mit sinkendem Kalkgehalt zunehmend saurer. Das bedeutet, dass der pH-Wert in den Mulden geringer sein muss als in den Buckeln. Überprüft werden soll dies durch Entnahme und Auswertung von Bodenproben. Können die beiden Argumente mit ja beantwortet werden, hängt die Buckelwiesengenesen mit großer Wahrscheinlichkeit mit Verkarstung zusammen. Die Haupthypothese besagt außerdem, dass bei der Erstanlage des Buckelwiesenreliefs der Wald eine Rolle spielte. Ein Argument dafür ist, dass sich die Verbreitung der Bodenbuckelung auf ehemaliges Waldgebiet beschränken muss. Zur Überprüfung des Arguments soll mit Hilfe einer gezielten Literaturrecherche herausgefunden werden, ob die untersuchten Buckelwiesenvorkommen auf Rodungsalmen liegen. Auch das Argument 3 kann mit ja/nein beantwortet werden.

Die zweite Hypothese stellt streng genommen einen Zusatz zur Haupthypothese dar und ist ebenfalls an das Forschungsprojekt von EMBLETON-HAMANN aus dem Jahr 1999 angelehnt. Sie besagt, dass das Primärrelief, an dem die Karbonatlösung schließlich ansetzen konnte, durch Windwurf verursacht wurde. Die Argumente dafür sind ebenfalls in Abbildung 24 beschrieben (Argument 4-7). Argument 4 besagt, dass die Buckel im Vergleich zu den Mulden optisch dominanter erscheinen müssen. Dies kann im Zuge einer Geländebegehung geprüft und ganz einfach mit ja/nein beantwortet werden. Weiters sollten die Buckel einen ovalen Grundriss aufweisen und weitgehend gleichgerichtet sein. Im Falle eines Windwurfes nämlich stellt sich in Abhängigkeit der Richtung, aus der der Waldbestand vom Sturm betroffen war, eine recht einheitliche Lage der ausgekippten Wurzelteller ein. In weiterer Folge löst sich das Material der Bodenhorizonte aus der Wurzelpackung und sammelt sich unter dem Wurzelstock zu einem Bodenbuckel an. Der so entstandene Buckel zeigt einen ovalen Grundriss und die Längsachse liegt in der Richtung des umgekippten Wurzelstockes. Die Argumente 5 und 6 sind durch eine Untersuchung der Morphometrie der Formen zu überprüfen. Nach ENGELSCHALK gelten Buckel mit einem Längen/Breiten-Verhältnis

zwischen 1,3 und 1,7 in der Regel als oval. Sinkt das Verhältnis auf unter 1,3, so sind die Buckel innerhalb des typischen Buckelwiesenspektrums als rund zu bezeichnen (Embleton-Hamann 1999, S.18). Auf diese Weise lässt sich Argument 5 bestätigen oder zurückweisen. Argument 6 trifft dann zu, wenn der Verlauf der Buckellängsachsen verstärkt in eine Himmelsrichtung zeigt. Ein weiteres Argument für die Hypothese ist, dass die Bodenbuckelung am Rand der waldfreien Fläche aussetzen sollte. Dieses Argument ist wiederum bei einer Geländebegehung zu untersuchen und mit ja/nein zu beantworten.

Zur Prüfung der Hypothese soll zusätzlich versucht werden, mit Hilfe eine Literaturrecherche herauszufinden, ob es in der Almgeschichte Hinweise zum Ende des Waldes auf den Untersuchungsflächen gibt, wie beispielsweise Rodungen oder Windwürfe, etc... Leider brachte die Recherche nur mäßigen Erfolg. Es liegen nämlich keinerlei Informationen zu Windwürfen vor und auch Rodungen sind nur wenig beschrieben.

Sollte die Hypothese nicht verifiziert werden können, so ist die Gegenhypothese anzunehmen (vgl. Abb.24). Diese besagt, dass die Initialgenese durch differenzierte Lösung unter Waldbedeckung und nicht durch Windwurf verursacht wurde.

Die dritte Hypothese der Arbeit lautet: eine unterschiedliche Initialgenese drückt sich in der Buckelwiesen-Morphometrie statistisch nachweisbar aus. Es wird davon ausgegangen, dass Buckelwiesen, die durch Windwurf und solche, die durch differenzierte Lösung unter Waldbedeckung angelegt wurden, bereits an ihrem äußeren Erscheinungsbild identifiziert werden können. In diesem Zusammenhang ist zu überprüfen, ob die Morphometrie der Buckeln und Mulden einzelner Buckelwiesenareale miteinander vergleichbar ist. Zur Verifizierung/Falsifizierung der Hypothese werden statistische Prüfverfahren angewandt. Es wird geprüft, ob sich die Mittelwerte von Buckellänge, -breite bzw. -höhe der verschiedenen Buckelwiesenvorkommen nur zufällig oder signifikant unterscheiden.

Eine weitere Hypothese, die es zu untersuchen gilt, besagt, dass Baumwuchs verstärkt auf Buckeln auftritt. Basis für diese Annahme sind die besseren Bedingungen für den Keimling auf der kleintopographischen Erhöhung mit ihrer längeren Vegetationsperiode im Vergleich zur lange schneegefüllten Mulde. Die Entwicklung von Bäumen in den Mulden könnte zudem eine kritische Einschränkung für die fortschreitende Verkarstung des Buckel-Mulden Reliefs bedeuten, da zu vermuten ist, dass der entstehende Wurzelteller und die Wasserentnahme des Jungbaumes das vertikale Entwässerungs- und Lösungszentrum im Muldenboden lahm legen. Zur Überprüfung der Hypothese sollen die Baumstandorte im Zuge einer Geländekartierung

ermittelt werden. Anschließend kann eine statistische Prüfung vorgenommen werden. Es soll getestet werden, ob Mulden signifikant ohne Baumbewuchs sind. Sollte sich herausstellen, dass Bäume tatsächlich vermehrt auf Buckeln wachsen, würde dies bedeuten, dass die Verkarstung zwischen den Bäumen weiter voranschreiten würde und die Mulden in den Baumzwischenräumen sich immer mehr vertiefen würden.

4.2. Methoden

4.2.1. Literaturrecherche

Im Zuge der Diplomarbeit wurde neben der obligatorischen Recherche zum Forschungsgegenstand und zum Untersuchungsgebiet ein Schwerpunkt auf die Almgeschichte der Seiser Alm und der Glatz Alm gelegt, um, wie in Kapitel 4.1 erwähnt, herauszufinden, ob es sich um Rodungsalmen handelt und ob es Informationen zu eventuellen Windwürfen im Untersuchungsgebiet gibt.

4.2.2. Feldaufnahme

- Geländekartierung
- Morphometrische Aufnahmen:
 - Tachymetermessung:

Zur Vermessung einer Buckelwiese wird zuerst ein beliebig großes Feld abgesteckt. Anschließend werden die innerhalb dieses Feldes liegenden Buckeln und Mulden mittels Tachymeter aufgenommen. Gemessen werden beispielsweise mehrere Punkte entlang der Längs- und Querachsen sowie am Rand der Formen und die Scheitelpunkte der Buckel bzw. die Tiefstpunkte der Mulden. Bei der Messung werden für jeden aufgenommenen Punkt die x-, y- und z-Koordinaten in Relation zum Aufnahmegerät ermittelt. Aus diesen Koordinaten kann nun die Morphometrie der Formen herausgelesen werden.

- Entnahme von Bodenproben

4.2.3. Statistik

- Beschreibende Statistik:
 - Minimalwert
 - Maximalwert
 - Variationsweite (Spannweite)
 - Arithmetisches Mittel
 - Varianz
 - Standardabweichung
- Statistische Prüfverfahren:
 - K-S-Test (Test auf Normalverteilung):

Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest arbeitet mit der kumulierten empirischen und der kumulierten erwarteten Referenzverteilung (=Normalverteilung). Die maximale Differenz zwischen diesen beiden Verteilungen wird zur Berechnung der Prüfgröße Z verwendet, mit der aus einer Tabelle der für einen Stichprobenumfang n kritische Wert für die maximale Differenz bei einem gegebenen Signifikanzniveau abgelesen werden kann. Übersteigt die maximale Differenz den kritischen Wert, so ist nicht von einer Normalverteilung auszugehen

(<http://forschung.harzoptics.de/files/explorativ.pdf>, Zugriff: 25.08.2010).

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde sowohl die Buckellänge, –breite als auch -höhe der verschiedenen Buckelwiesenvorkommen mit dem Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest im Statistikprogramm SPSS untersucht. Alle getesteten Variablen sind dem Testergebnis nach zu urteilen normalverteilt. Dadurch konnte in weiterer Folge der t-Test angewendet werden.

- t-Test für zwei unabhängige Stichproben

Der t-Test dient dazu, die Mittelwerte zweier voneinander unabhängiger Stichproben zu vergleichen. Um den Test durchführen zu können, müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein:

- ➔ Die Stichproben müssen unabhängig sein
- ➔ Die Daten müssen mindestens Intervallskalenniveau aufweisen
- ➔ Es muss eine Normalverteilung vorliegen (Prüfung durch K-S-Test)

Der t-Test verdankt seinen Namen der ihm zugrunde liegenden Prüfgröße t . Dieser Wert lässt sich aus den Mittelwerten, den Varianzen und der Größe der Stichproben ermitteln und folgt der bekannten t -Verteilung.

Ein Vergleich mit dem kritischen t -Wert, der mit Rücksicht auf die Freiheitsgrade f und die Irrtumswahrscheinlichkeit aus einer Tabelle (siehe Clauß & Ebner 1982, S.478) ermittelt werden kann, zeigt, ob der Unterschied zwischen den Mittelwerten der Stichproben signifikant oder nur zufällig ist. Wenn die berechnete Prüfgröße den kritischen Wert übersteigt, so ist der Unterschied zwischen den beiden Mittelwerten als signifikant zu betrachten (http://www.mathe-online.at/materialien/georg.pernerstorfer/files/Kap3/t-test_unabh.pdf, Zugriff: 25.08.2010; http://www.mitp.de/imperia/md/content/vmi/1634/1634_kapitel_20.pdf, Zugriff: 25.08.2010).

- Prüfverfahren für nominalskalierte Variablen (ebenfalls t als Prüfgröße) aus CLAUß & EBNER 1982, S.249ff.

4.3. Daten

Die Daten, die für die verschiedenen Untersuchungen im Rahmen der Diplomarbeit zur Verfügung stehen, stammen zu einem großen Teil aus eigenen Erhebungen. Im Zuge einer 5-tägigen Geländebegehung (21. – 25.05.2010) in den Südtiroler Dolomiten wurden auf der Seiser Alm und auf der Glatz Alm morphometrische Daten aufgenommen. Es wurde auf den beiden Almen jeweils eine Tachymetermessung zur Morphometrie der Buckelwiesen durchgeführt. Eine Geländekartierung eines kleinen Bereiches der Glatz Alm liefert Informationen zum Zusammenhang zwischen den Baumstandorten und dem reliefierten Gelände. Des Weiteren wurden Bodenproben entnommen, die im Zuge der Diplomarbeit näher analysiert werden sollten. Die Geländearbeit verlief im Großen und Ganzen zufriedenstellend. Aufgrund der guten Wetterbedingungen und durch die Hilfe von Christine EMBLETON-HAMANN und Manuel ECKER konnte eine Menge an Daten gewonnen werden, die zur Weiterverarbeitung zur Verfügung steht.

Neben den selbst erhobenen Daten aus den Südtiroler Dolomiten werden in der Diplomarbeit Daten von Buckelwiesen aus Mittenwald, Bayern, bearbeitet. Diese wurden im Rahmen der Lehrveranstaltung „Feldmethoden der Physiogeographie“ der Universität Wien von 14

Studenten unter der Leitung von Christine EMBLETON-HAMANN erhoben. Während des viertägigen Praktikums in Mittenwald wurden Tachymetermessungen durchgeführt und mehrere Bodenproben zur genaueren Analyse entnommen. Insgesamt gibt es Daten zu drei verschiedenen Arealen. Das Areal „Krün“ liegt im Bereich der Ortschaft Krün (vgl. Abb.6). Das Areal „TÜP“ befindet sich an einem Truppenübungsplatz der deutschen Bundeswehr bei Mittenwald. Das dritte Areal hat seinen Namen vom Besitzer der Wiese namens Happ. Laut EMBLETON-HAMANN war das Areal "Happ" in den 1950er und 1960er Jahren als Weide genutzt, ist dann brachgefallen und mit Fichten und Kiefern zugewachsen. 1998 wurde es wieder geschwendet und wird heute erneut als Weide benutzt. Zu dieser Buckelwiese gibt es eine Tachymeteraufnahme, die auch die Verteilung von Baumstrünken im Buckelwiesenrelief zeigt.

Weiters liegen im Rahmen der Diplomarbeit Daten einer Buckelwiese im Bereich des Kräuterin-Massivs vor. Das Areal „Fadenboden“ samt den umfassenden Daten zur Bodenbuckelung ist im Forschungsbericht von EMBLETON-HAMANN (1999) ausführlich beschrieben.

4.3.1. Morphometrische Daten

- 2 Datensätze aus den Südtiroler Dolomiten:
 - Seiser Alm
 - Gletsch Alm

- 3 Datensätze aus Mittenwald:
 - Areal „Krün“
 - Areal „TÜP“
 - Areal „Happ“

- 1 Datensatz aus dem Kräuterin-Massiv:
 - Areal „Fadenboden“

4.3.2. Daten den Baumwuchs auf Buckelwiesen betreffend

- 1 Datensatz aus den Südtiroler Dolomiten:
 - Gletsch Alm

- 1 Datensatz aus Mittenwald:
 - Areal „Happ“

4.3.3. Bodenproben

- 2 Proben, entnommen auf der Seiser Alm, Südtiroler Dolomiten
- Mehrere Proben, entnommen im Areal „TÜP“, Mittenwald
- Mehrere Proben, entnommen im Areal „Fadenboden“, Kräuterin-Massiv

5. Morphometrie

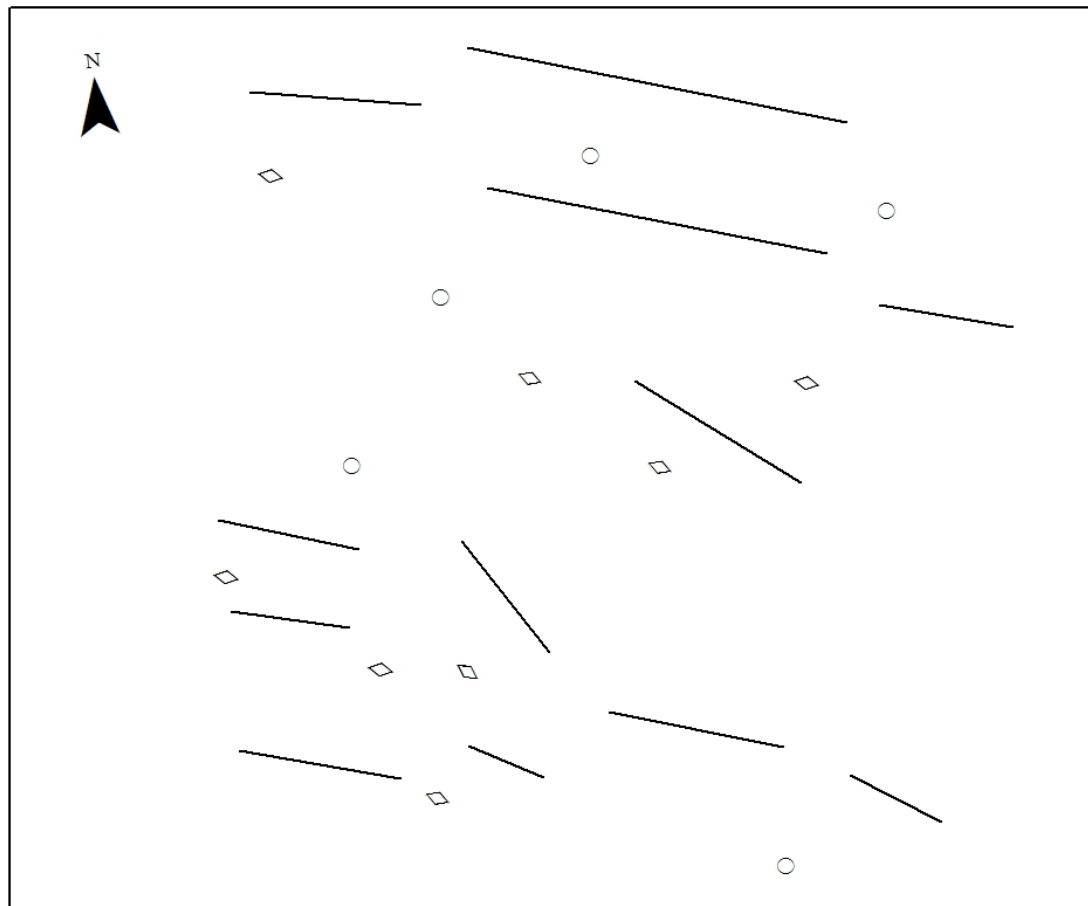
5.1. Die Buckelwiesen im UG

5.1.1. Seiser Alm

Die Morphometrie der Buckelwiese bei Unternonn auf der Seiser Alm wurde bei der Geländebegehung mit Hilfe eines Tachymeters aufgenommen. Das graphische Ergebnis der Messung ist in Abbildung 25 zu sehen. Diese zeigt die genaue Anordnung der Buckel und Mulden auf einer Fläche von 20x20m. Eingezeichnet sind jeweils die Längsachse der Buckel sowie die Lage des Muldentiefpunktes. Auch geht aus der Darstellung die Form der einzelnen Mulden hervor.

Morphometrie Buckelwiese Seiser Alm

Hangneigung: 7°
Grundfläche 529m²
Buckeldichte: 227 Stk./ha



- Längsachse der Buckel (die Länge der Linie entspricht der Buckellänge)
- ◇ Lage des tiefsten Punktes ovaler Mulden
(die Ausrichtung des Symbols entspricht der Ausrichtung der Mulden)
- Lage des tiefsten Punktes runder Mulden

0 1,25 2,5 5 Meter

Abbildung 25: Anordnung der Buckel und Mulden bei Unternonn, Seiser Alm (Verwendetes Programm: ESRI ArcINFO, Version 9.2)

Die Daten, die aus der Tachymetermessung gewonnen werden konnten, sind in den Tabellen 9 und 10 aufgelistet. Diese zeigen zum Einen die Morphometrie der Buckel und zum Anderen die Morphometrie der Mulden. Auch einige statistische Maßzahlen zu den verschiedenen Parametern sind angegeben.

Besonders hervorstechend ist die Länge der Buckel. Zwei von ihnen sind über 10m lang und im Schnitt ergibt sich eine Buckellänge von 5,3m. Im Vergleich zu anderen Buckelwiesenarealen sind die Vollformen verhältnismäßig lang gezogen. Die Ausrichtung der Buckellängsachsen ist sehr einheitlich. Die Längsachsen der Buckel sind meist nahezu gleichgerichtet. Die morphometrischen Daten zeigen weiters, dass die Mulden oftmals nicht rückgetieft sind. Das bedeutet, dass sie oftmals keine vollständige Umrandung aufweisen. Die Mulden sind genauso wie Buckel weitgehend gleichgerichtet.

Tab. 9: Morphometrie der Buckel bei Unternonn, Seiser Alm

Buckel	Länge (m)	Breite (m)	Verhältnis l/b	Höhe (m)	Ausrichtung (°)
1	4,8	3	1,6	0,76	106
2	3,4	1,5	2,3	0,33	104
3	2,4	1,5	1,6	0,44	112
4	4	2,5	1,6	0,51	148
5	4,2	1,7	2,5	0,25	108
6	5,2	3,3	1,6	0,48	107
7	3	2,6	1,2	0,62	123
8	5,7	2,4	2,4	0,46	127
9	5,1	2,6	2,0	0,84	100
10	10	3,6	2,8	0,89	107
11	11,3	4	2,8	1,25	107
12	4	2,6	1,5	0,35	104
Minimalwert	2,4	1,5	1,2	0,25	100
Maximalwert	11,3	4	2,8	1,25	148
Variationsbreite	8,9	2,5	1,6	1	48
Arithmetisches Mittel	5,3	2,6	2	0,60	114
Varianz	6,702430556	0,574097222	0,275314455	0,076198556	169,5208333
Standardabweichung	2,588905281	0,757692037	0,548035621	0,276040858	13,02001664

Tab. 10: Morphometrie der Mulden bei Unternonn, Seiser Alm

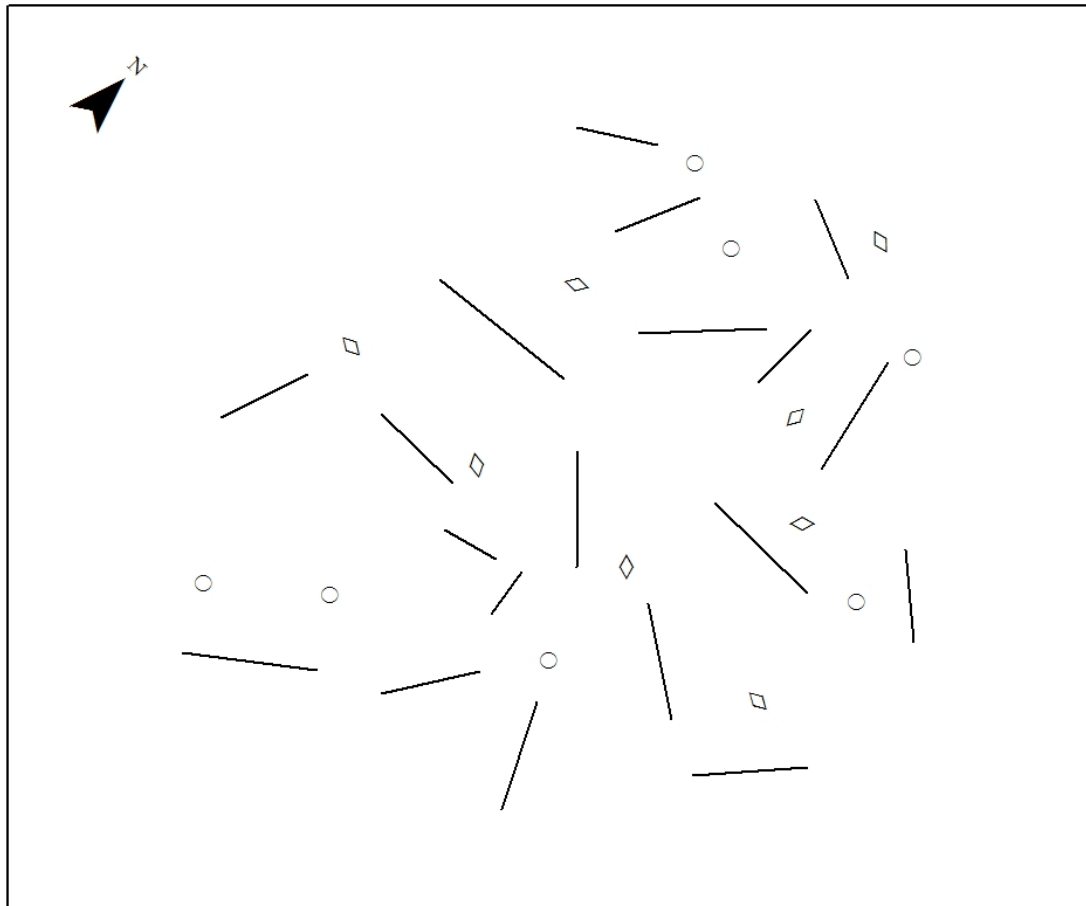
Mulde Nr.	Form	min.Rücktiefung (m)	Ausrichtung (°)
1	oval		106
2	oval		106
3	oval		132
4	oval		116
5	rund	0,02	
6	oval		116
7	rund	0,04	
8	oval		117
9	rund	0,10	
10	oval		107
11	rund	0,03	
12	oval		105
13	rund	0,09	
Minimalwert		0,02	105
Maximalwert		0,10	132
Variationsbreite		0,08	27
Arithmetisches Mittel		0,06	113
Varianz		0,00100216	74,109375
Standardabweichung		0,031656911	8,608680212

5.1.2. Glatzsch Alm

Die Morphometrie der Bodenbuckelung auf der Glatzsch Alm wurde ebenfalls bei der Geländebegehung mittels Tachymeter aufgenommen. Abbildung 26 zeigt die Anordnung der Buckel und Mulden. Eingezeichnet sind sowohl die Längsachse der Buckel als auch die Lage des Muldentiefpunktes. Weiters geht aus der Darstellung die Form der einzelnen Mulden hervor.

Morphometrie Buckelwiese Glatzsch Alm

Hangneigung: 14°
Grundfläche 351m²
Buckeldichte: 541 Stk./ha



- Längsachse der Buckel (die Länge der Linie entspricht der Buckellänge)
- ◇ Lage des tiefsten Punktes ovaler Mulden
(die Ausrichtung des Symbols entspricht der Ausrichtung der Mulden)
- Lage des tiefsten Punktes runder Mulden

0 1 2 4 Meter

Abbildung 26: Anordnung der Buckel und Mulden auf der Glatzsch Alm (Verwendetes Programm: ESRI ArcINFO, Version 9.2)

Die morphometrischen Daten, die aus der Tachymetermessung gewonnen werden konnten, sind in den Tabellen 11 und 12 dargestellt. Diese zeigen sämtliche Daten zur Morphometrie der Buckel und Mulden. Auch einige statistische Maßzahlen zu den verschiedenen Parametern sind angegeben.

Auf den ersten Blick zu erkennen ist, dass sich die morphometrischen Daten der Bodenbuckelung auf der Gatsch Alm grundlegend von den Daten der Buckelwiese auf der Seiser Alm unterscheiden. Die Buckel sind erheblich kleiner. Auch das Verhältnis von Länge und Breite der Vollformen ergibt im Mittel einen geringeren Wert. Die Ausrichtung der Buckellängsachsen zeigt, dass die Buckel eher nicht gleichgerichtet sind. Im Gegensatz zu den Mulden im Buckelwiesenareal bei Unternonn sind jene auf der Gatsch Alm überwiegend rückgetieft.

Tab. 11: Morphometrie der Buckel auf der Gatsch Alm

Buckel	Länge (m)	Breite (m)	Verhältnis l/b	Höhe (m)	Ausrichtung (°)
1	3,3	2,4	1,4	0,86	45
2	2,1	1	2,1	0,42	180
3	2	2	1,2	0,78	110
4	3	2	1,6	1,05	23
5	3,3	1,5	2,2	0,43	170
6	3,3	2,3	1,4	0,49	90
7	2,3	1,6	1,4	0,48	132
8	2,9	3	1	0,46	44
9	3,1	1,9	1,6	0,35	129
10	3	2,3	1,3	0,73	136
11	1,3	1,1	1,2	0,68	173
12	3	2	1,5	0,40	155
13	2,2	1,3	1,7	0,34	58
14	4,2	2	2,1	0,36	84
15	2,6	1,8	1,4	0,37	90
16	2,5	2,1	1,2	0,54	20
17	2,7	1,6	1,7	0,34	31
18	3,6	1,8	2,0	0,87	53
19	1,6	0,9	1,8	0,15	77
Minimalwert	1,3	0,9	1	0,15	20
Maximalwert	4,2	3	2,2	1,05	180
Variationsbreite	2,9	2,1	1,2	0,9	160
Arithmetisches Mittel	2,7	1,8	1,6	0,53	95
Varianz	0,457728532	0,256440443	0,116044337	0,051605828	2663,036011
Standardabweichung	0,676556377	0,50639949	0,339469792	0,227169162	51,6046123

Tab. 12: Morphometrie der Mulden auf der Glatz Alm

Mulde	Form	min. Rücktiefung (m)	Ausrichtung (°)
1	rund		
2	oval	0,04	104
3	oval		0
4	rund	0,01	
5	oval	0,09	48
6	rund	0,04	
7	oval	0,22	90
8	oval	0,04	133
9	rund	0,17	
10	rund	0,1	
11	oval		61
12	oval	0,03	122
13	oval	0,28	92
14	rund	0,27	
15	rund	0,30	
Minimalwert		0,01	0
Maximalwert		0,3	133
Variationsbreite		0	133
Arithmetisches Mittel		0,13	81
Varianz		0,010854188	1645,6875
Standardabweichung		0,104183432	40,56707409

5.2. Andere Buckelwiesenvorkommen

5.2.1. Areal „Krün“

Die Morphometrie des Buckelwiesenareals „Krün“ bei Mittenwald wurde im Zuge einer Lehrveranstaltung an der Universität Wien aufgenommen. Abbildung 27 zeigt die Anordnung der Buckel und Mulden auf der Buckelwiesenfläche. Zu sehen sind die Längsachsen der Buckel und die einzelnen Muldentiefpunkte. Des Weiteren geht aus der Karte die Form der einzelnen Mulden hervor.

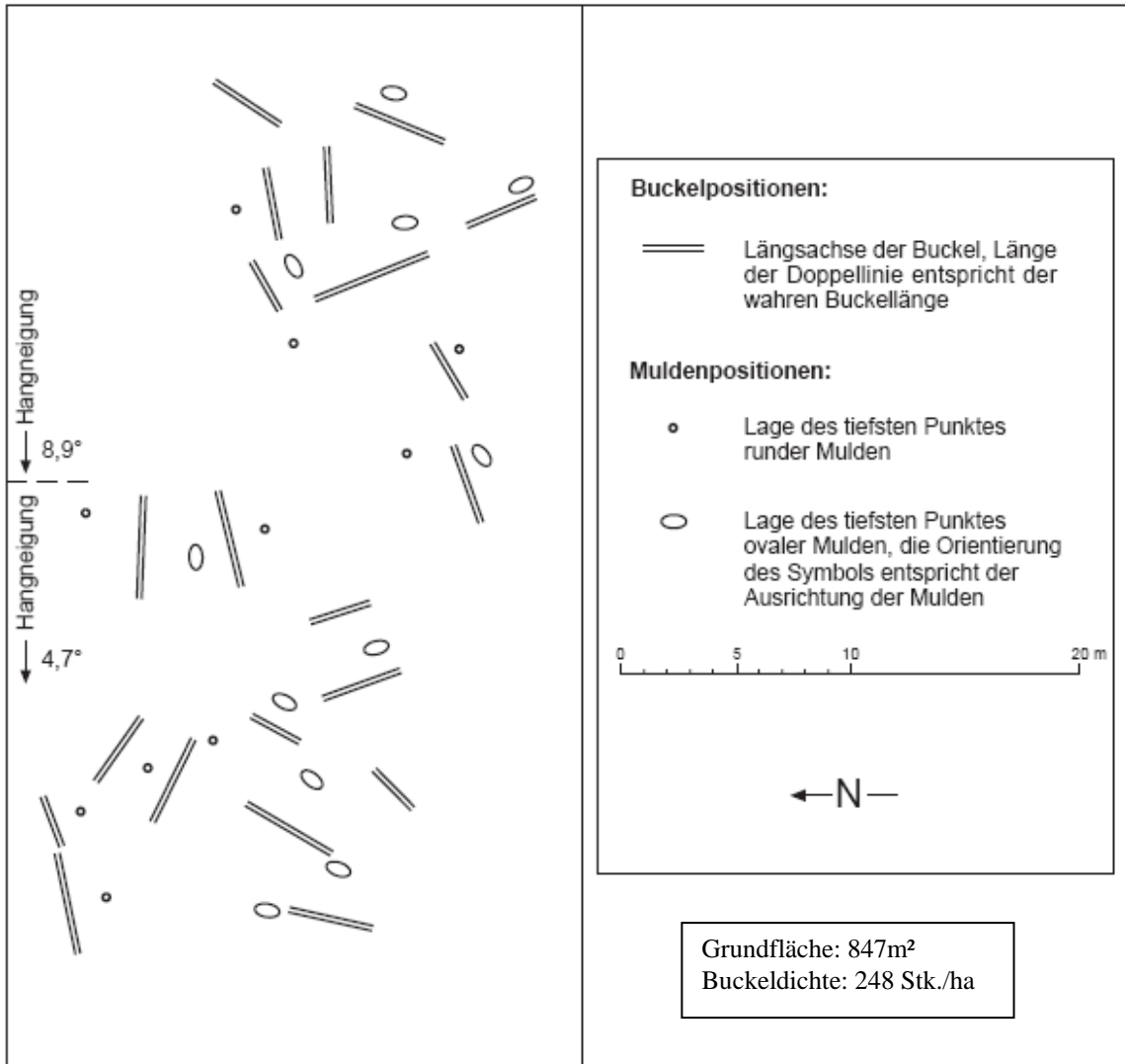


Abbildung 27: Anordnung der Buckel und Mulden im Buckelwiesenareal „Krün“

Quelle: Lehrveranstaltung „Feldmethoden der Physiogeographie“

Folgende Tabellen zeigen die morphometrischen Daten des Buckelwiesenareals „Krün“, wie Länge, Breite, Höhe und Ausrichtung der Buckel sowie Form, Rücktiefung und Ausrichtung der Mulden. Weiters sind einige statistische Maßzahlen zu den einzelnen Parametern angegeben.

Die Buckel im Areal „Krün“ sind im Vergleich zu den anderen Buckelwiesenstandorten verhältnismäßig hoch. Der Grund dafür ist ein Ausreißer mit einer Höhe von 1,79m. Auch gibt es mehrere Buckel mit annähernd 1m Höhe. Bei den Mulden ist auffällig, dass viele von ihnen genauso wie die meisten Mulden beim Buckelwiesenareal auf der Seiser Alm nicht rückgetieft sind.

5.Morphometrie

Tab. 13: Morphometrie der Buckel bei Krün, Mittenwald

Buckel	Länge (m)	Breite (m)	Verhältnis l/b	Höhe (m)	Ausrichtung (°)
1	3,5	2,3	1,5	0,35	14
2	4,1	2,8	1,5	0,43	30
3	2	1,5	1,4	0,55	28
4	2,2	1,8	1,3		50
5	3,3	2,6	1,3	0,54	162
6	2,3	2,1	1,1	0,55	164
7	3,1	2,1	1,5	0,43	70
8	2,4	2,3	1	0,72	59
9	4,9	3,2	1,5	0,97	159
10	2,8	2,8	1,0	0,99	158
11	3,6	2,3	1,5	1,79	22
12	4,5	2,8	1,6	0,6	92
13	4,4	2	2,1	0,45	76
14	3,8	2,4	1,6	0,46	78
15	2	1,9	1	0,44	69
16	3,4	2,3	1,4	0,17	116
17	3	2,8	1,1	0,17	126
18	2,1	2,1	1,0	0,57	60
19	3,2	1,7	1,8	0,94	78
20	3,4	2,2	1,5	0,99	88
21	2,9	2,2	1,3		32
Minimalwert	2	1,5	1	0,17	14
Maximalwert	4,9	3,2	2,1	1,79	164
Variationsbreite	3	1,8	1,1	0,64	150
Arithmetisches Mittel	3,2	2,3	1,4	1,62	82
Varianz	0,69366803	0,17751338	0,06599886	0,13305097	2229,292517
Standardabweichung	0,03303181	0,42132337	0,2916047	0,36476152	47,21538433

Tab. 14: Morphometrie der Mulden bei Krün, Mittenwald

Mulde	Form	min.Rücktiefung (m)	Ausrichtung (°)
1	oval	0,01	15
2	oval	0,07	3
3	oval	0,06	39
4	oval	0,01	14
5	rund		
6	oval		169
7	oval		49
8	rund		
9	rund		
10	oval	0,2	176
11	oval		153
12	oval	0,2	6
13	oval		85
14	rund		
15	rund		
16	rund		
17	rund		
18	oval		58
19	rund		
20	rund		
21	rund		
Minimalwert		0,01	3
Maximalwert		0,20	176
Variationsbreite		0,19	173
Arithmetisches Mittel		0,09	71
Varianz		0,006380556	4429,09
Standardabweichung		0,07987838	66,5514087

5.2.2. Areal „TÜP“

Die Morphometrie des Buckelwiesenareals „TÜP“ wurde ebenfalls im Zuge der Lehrveranstaltung „Feldmethoden der Physiogeographie“ unter der Leitung von Christine EMBLETON-HAMANN aufgenommen.

Folgende Tabellen zeigen morphometrische Daten des Buckelwiesenareals, die aus den bei der Lehrveranstaltung gewonnenen Tachymeterdaten ermittelt wurden.

Besonders hervorstechend sind die Daten zu den Mulden. Diese zeigen, dass die meisten Hohlformen oval und rückgetieft sind. Bei den Buckeln gibt es keine besonderen Auffälligkeiten.

5.Morphometrie

Tab. 15: Morphometrie der Buckel im Areal „TÜP“, Mittenwald

Buckel Nr.	Länge (m)	Breite (m)	Verhältnis l/b	Höhe (m)	Ausrichtung (°)
1	2	1,3	1,6	0,36	10
2	2,3	1,9	1,2	0,46	23
3	4,5	1,4	3,3	0,33	36
4	5,3	2,6	2	0,67	92
5	3,8	2	1,9	0,95	60
6	1,8	1,3	1,3	0,14	18
7	4,3	2	2,1	0,82	46
8	3,8	2,5	1,5	0,64	6
9	4	2,3	1,8	0,78	150
10	4,5	1,6	2,8	0,49	120
11	3,6	1,6	2,3	0,62	36
12	4	2,8	1,4	0,84	12
13	4	2,8	1,4	0,75	33
14	4,3	3,2	1,3	0,59	84
15	3,8	2,9	1,3	0,51	49
16	6	3,1	2	0,74	62
17	2,4	1,9	1,3	0,74	80
18	3,1	2	1,5	0,49	172
19	4,1	2,4	1,7	0,85	170
20	4,4	2	2,2	0,41	60
21	3,3	2,1	1,5	0,45	147
22	2,4	1,6	1,5	0,51	119
23	4,3	3,3	1,3	0,58	126
24	3,7	2,2	1,7	0,78	76
25	3,7	1,5	2,5	0,24	99
26	3,8	3	1,3	0,1	6
27	3,2	2,1	1,5	0,26	106
28	2,6	2,2	1,2	0,59	114
29	3	2	1,5	0,35	128
30	3,4	2,6	1,3	0,62	154
31	2,0	1,7	1,2	0,35	154
Minimalwert	1,8	1,3	1,2	0,1	6
Maximalwert	6	3,3	3,3	0,95	172
Variationsbreite	4,3	2	2,1	0,85	166
Arithmetisches Mittel	3,6	2,2	1,7	0,55	78
Varianz	0,89897211	0,30944329	0,05459157	0,04599011	2526,27441
Standardabweichung	0,9481414	0,55627627	0,50198279	0,21445306	50,2620574

Tab. 16: Morphometrie der Mulden im Areal „TÜP“, Mittenwald

Mulde Nr.	Form	min.Rücktiefung (m)	Ausrichtung (°)
1	oval	0,02	80
2	rund	0,2	
3	oval	0,07	96
4	rund	0,01	
5	oval	0,03	76
6	oval	0,05	58
7	oval	0,3	18
8	oval	0,01	10
9	rund	0,09	
10	oval	0,08	34
11	oval	0,03	154
12	oval	0,01	70
13	oval	0,13	176
14	oval	0,14	43
15	oval	0,08	22
16	oval	0,06	80
17	oval	0,01	60
18	oval	0,04	64
19	oval	0,07	110
20	oval	0,06	54
21	oval	0,05	98
22	oval	0,06	124
23	oval	0,12	76
24	oval	0,01	102
25	oval	0,01	167
26	oval	0,02	50
27	oval	0,05	172
28	oval	0,05	96
29	oval	0,01	75
30	oval	0,34	108
Minimalwert		0,01	10
Maximalwert		0,34	176
Variationsbreite		0,33	166
Arithmetisches Mittel		0,07	82
Varianz		0,006336556	1991,507181
Standardabweichung		0,079602485	44,62630593

5.2.3. Areal „Happ“

Neben den Arealen „Krün“ und „TÜP“ wurde auch das Buckelwiesenareal „Happ“ im Zuge der Lehrveranstaltung von Christine EMBLETON-HAMANN vermessen. Die Anordnung der Buckel und Mulden bei „Happ“ ist in Abbildung 28 dargestellt. Eingezeichnet sind die Lage und die ungefähre Ausdehnung der Buckel sowie deren Längsachsenausrichtung. Von den

Mulden ist ebenso die Lage bekannt. Eine Zusatzinformation ist, dass wohl die meisten Mulden rund sind.

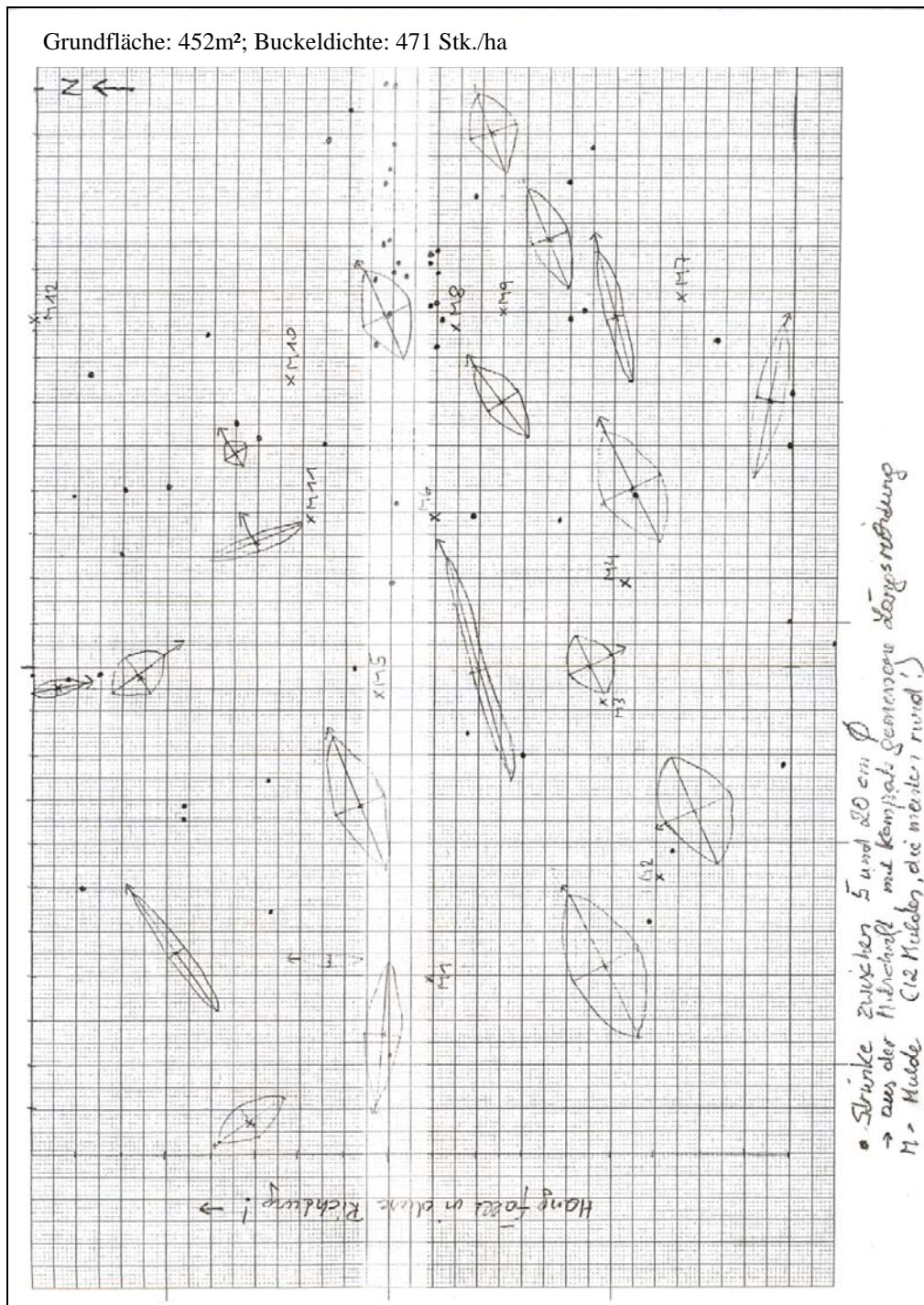


Abbildung 28: Anordnung der Buckel und Mulden am Areal „Happ“, Mittenwald

Quelle: Lehrveranstaltung „Feldmethoden der Physiogeographie“

Die aus Abbildung 28 gewonnenen morphometrischen Daten sind in folgender Tabelle dargestellt. Aus der Skizze konnte lediglich die Längsachsenausrichtung der Buckel herausgelesen werden.

Tab. 17: Ausrichtung der Buckelwiesenlängsachsen im Areal „Happ“, Mittenwald

Buckel Nr.	Ausrichtung (°)
1	143
2	97
3	52
4	65
5	64
6	66
7	65
8	73
9	142
10	168
11	65
12	59
13	65
14	52
15	64
16	102
17	74
18	66
19	69
20	180
Minimalwert	52
Maximalwert	180
Variationsbreite	128
Arithmetisches Mittel	87
Varianz	1474,548
Standardabweichung	38,39984

5.2.4. Areal „Fadenboden“

Die Bodenbuckelung am Areal „Fadenboden“ wurde von EMBLETON-HAMANN im Rahmen eines Forschungsprojektes im Jahre 1999 genauer untersucht. Zum Vergleich mit anderen Buckelwiesenarealen wurden nun im Rahmen dieser Arbeit sämtliche Daten aus dem Forschungsbericht übernommen und teilweise weiterverarbeitet.

Abbildung 29 zeigt die Anordnung der Buckel und Mulden am Areal „Fadenboden“. Dargestellt sind die Buckelpositionen samt Länge der Buckelwiesenlängsachsen. Des Weiteren werden die Lage des jeweiligen Muldentiefpunktes und die Form der Mulde angezeigt. Abbildung 30 umfasst Diagramme zu Höhe, Breite und Ausrichtung der Buckel. In Tabelle 18 sind schließlich einige statistische Kennwerte zur Morphometrie der Bodenbuckelung am „Fadenboden“ dargestellt.

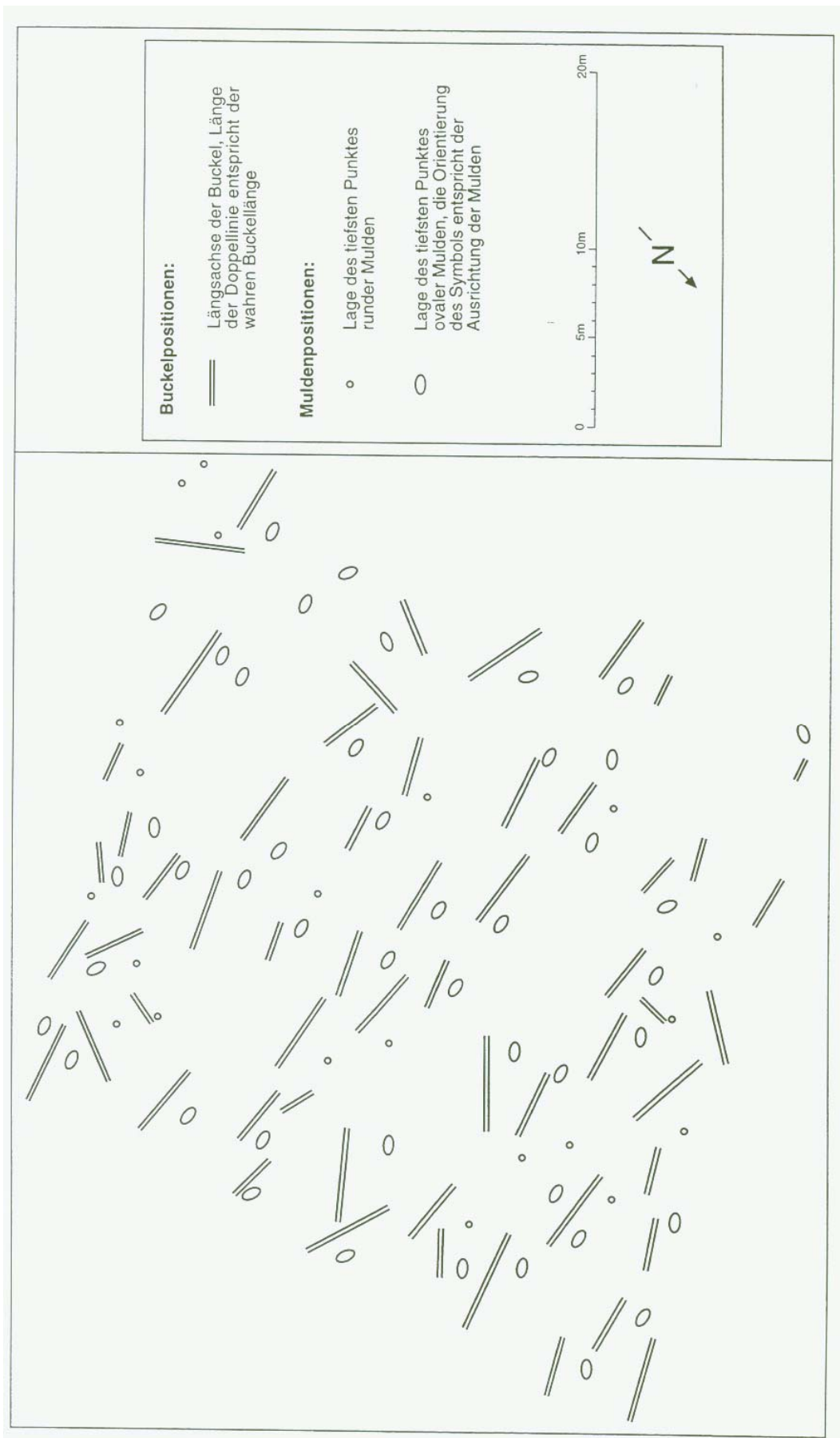


Abbildung 29: Anordnung der Buckel und Mulden am Fadenboden (Buckeldichte: 404 Stk./ha)

Quelle: Embleton-Hamann 1999, S.53

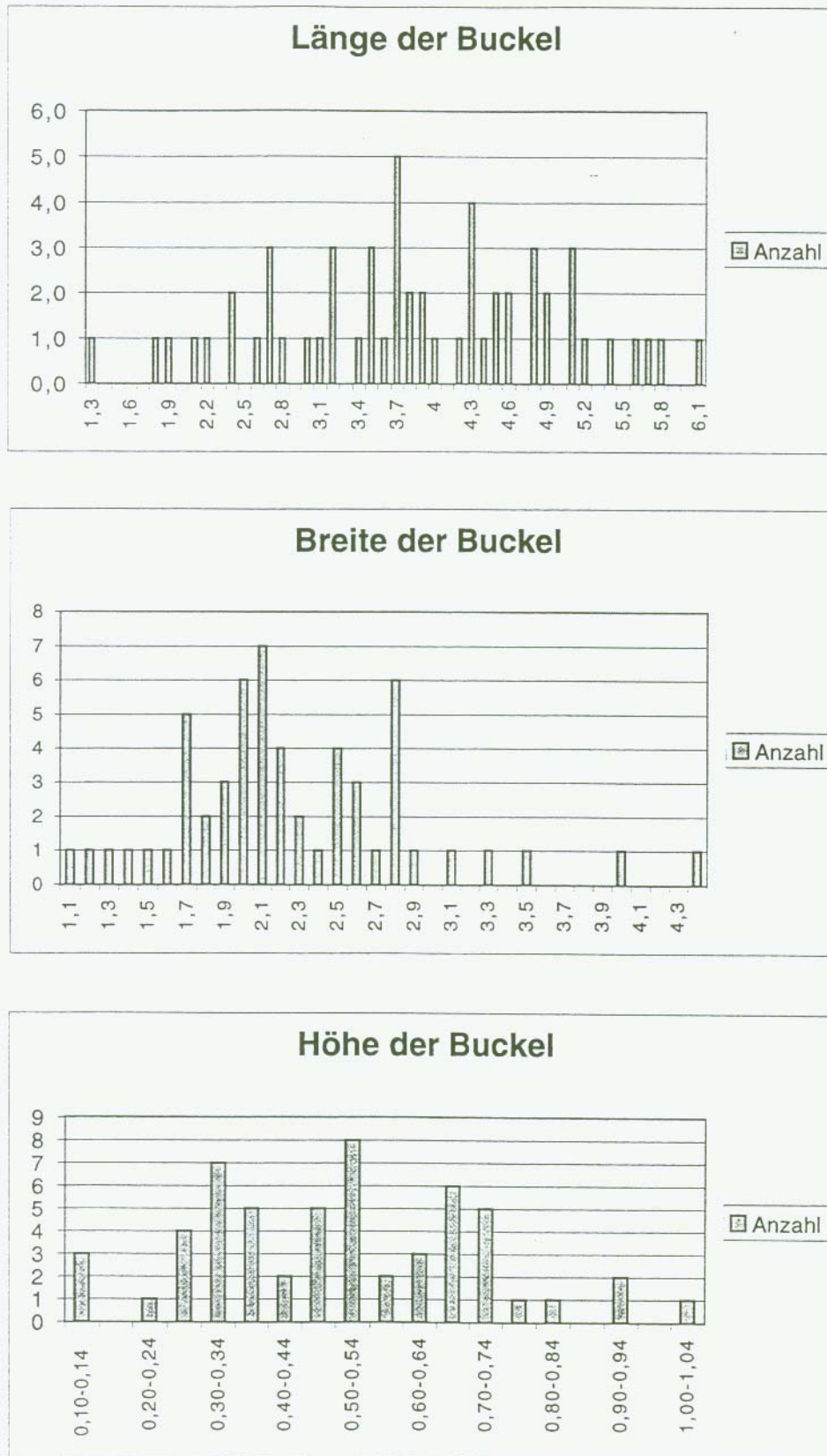


Abbildung 30: Abmessungen der Buckel am Fadenboden

Quelle: Embleton-Hamann 1999, S.55

5.Morphometrie

Tab. 18: Morphometrie der Buckel und Mulden am Fadenboden, Kräuterin-Massiv

	Länge (m)	Breite (m)	Verhältnis l/b	Höhe (m)	Ausrichtung Buckel (°)	Ausrichtung Mulden (°)
Minimalwert	1,3	1,1	1,2		2	20
Maximalwert	6,1	4,4	1,9		140	127
Variationsbreite	4,8	3,3	0,7		138	107
Arithmetisches Mittel	3,9	2,3	1,7	0,49	68,89	72
Varianz	1,19352041	0,39295599	0,020794382		564,9170918	471,5683951
Standardabweichung	1,0924836	0,62686202	0,1455076		23,7679846	21,7156256

6. Buckelwiesen und Baumwuchs

6.1. Glatzsch Alm

Neben den morphometrischen Daten zu den Buckelwiesen wurde während der Geländebegehung auf der Glatzsch auch eine Skizze eines Buckelwiesenabschnittes aufgenommen, in der sowohl die Buckel und Mulden als auch der Baum- bzw. Strauchbewuchs eingezeichnet ist (siehe Abb. 31).

Es handelt sich hier um eine Fläche, die lange Zeit bewirtschaftet wurde und auf der jetzt, nachdem die landwirtschaftliche Nutzung dort beendet worden war, wieder neuer Baumbewuchs zu sehen ist. Die angefertigte Skizze soll zeigen, ob die kleinen Zirben, die Tannen und der Zwergwacholder auf den Buckeln oder in den Mulden wachsen.

Tabelle 19 zeigt die Anzahl der Buckel und Mulden mit bzw. ohne Bewuchs. Hier wird deutlich, dass keine einzige Mulde bewachsen ist, während auf vielen Buckeln Baum- bzw. Strauchwuchs zu sehen ist.

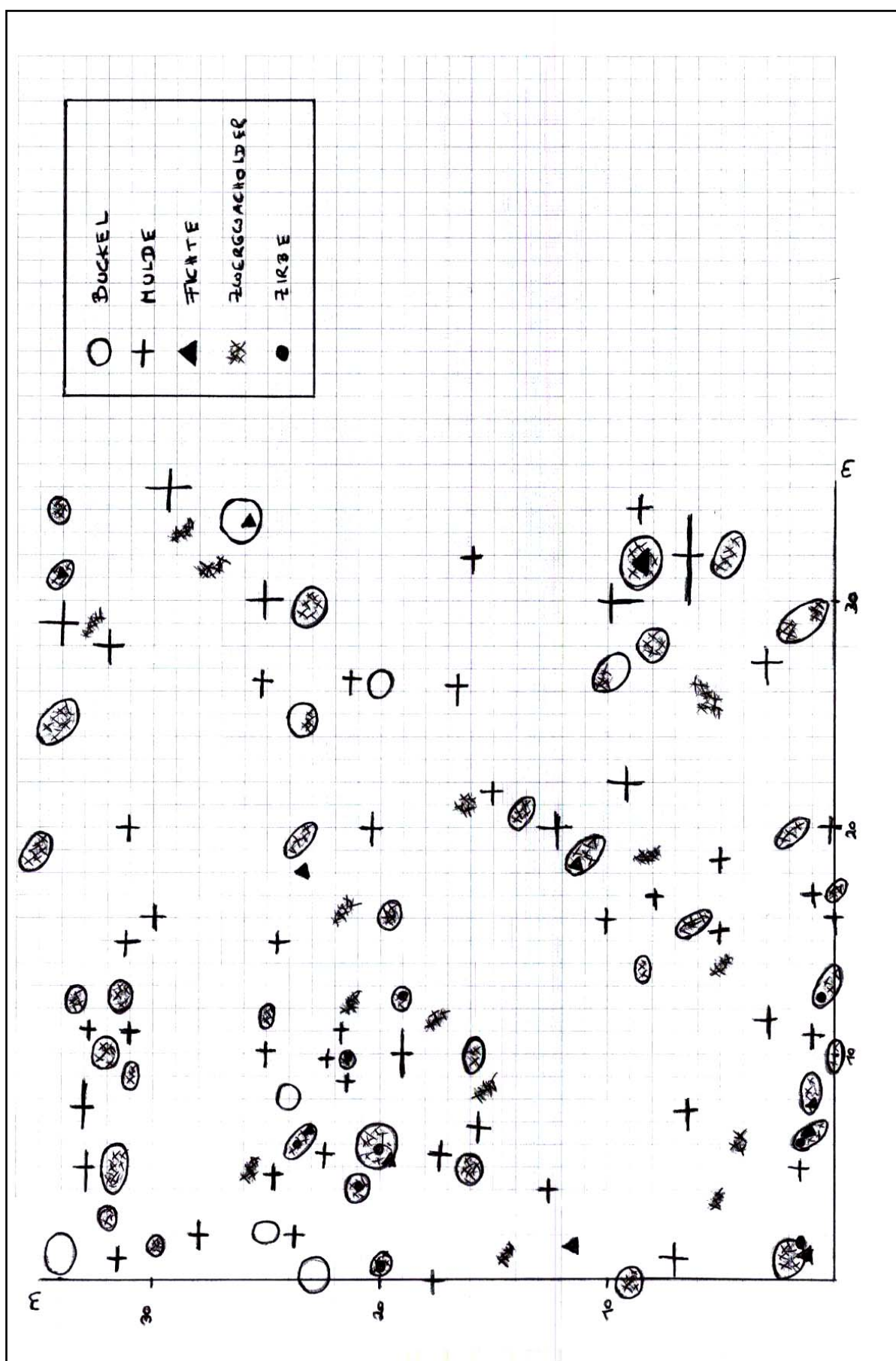


Abbildung 31: Anordnung und Pflanzenbewuchs der Buckel und Mulden auf der Glatz Alm

Tab. 19: Anzahl der in Abb. 29 skizzierten Buckel und Mulden mit bzw. ohne Bewuchs

	Anzahl Buckel	%	Anzahl Mulden	%
ohne Bewuchs	5	10,6	48	100
mit Bewuchs	42	89,4	0	0

6.2. Areal „Happ“

Wie in Kapitel 4.3 beschrieben, gibt es auch für das Buckelwiesenareal „Happ“ Daten zur Beziehung zwischen dem Buckelwiesenrelief und Baumwuchs. Im Rahmen der Lehrveranstaltung unter der Leitung von Christine EMBLETON-HAMANN wurde nämlich mittels Tachymeter neben den Buckeln und Mulden auch die Lage der Baumstrünke auf der Buckelwiesenfläche aufgenommen. Abbildung 28 zeigt die Verteilung der Baumstrünke im Buckelwiesenrelief. Aus dieser Darstellung wurde die Anzahl der Buckel und Mulden mit bzw. ohne Bewuchs ermittelt (vgl. Tab.20). Im Buckelwiesenareal „Happ“ gab es vor dem Schwenden einige Buckel und auch mehrere Mulden mit Bewuchs.

Tab. 20: Anzahl der in Abb. 28 skizzierten Buckel und Mulden mit bzw. ohne Bewuchs

	Anzahl Buckel	%	Anzahl Mulden	%
Ohne Bewuchs	12	60	9	83
mit Bewuchs	8	40	3	17

7. Bodenproben

7.1. Seiser Alm

Am Buckelwiesengelände auf der Seiser Alm wurden für Untersuchungen im Zuge der Diplomarbeit zwei Bodenproben aus einem Buckel entnommen und anschließend im Labor untersucht.

Die folgenden beiden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Analysen. Dargestellt werden zum Einen die Korngrößenverteilung und die sich daraus ergebende Boden- bzw. Sedimentart und zum Anderen wichtige Kennwerte wie der Calciumcarbonatgehalt, der pH-Wert sowie der Gehalt an organischer Substanz.

Tab. 21: Korngrößenverteilung der Bodenproben auf der Seiser Alm

Buckel:						
Entnahme- tiefe (cm)	Horizont	Kornfraktion in % bezogen auf Feinboden			Kies >2mm Ø	Boden- /Sedimentart
		Ton <2 µ Ø	Schluff 2-63 µ Ø	Sand 0,063-2mm Ø		
0,17	Ah	41,74	48,19	10,07	0,7	IT
	Ac	24,8	42,61	32,59	22,95	sL

Tab. 22: Kennwerte der Bodenproben auf der Seiser Alm

Buckel:				
Entnahmetiefe (cm)	Horizont	CaCO₃ (%)	pH-Wert	Organ. Substanz (%)
0-17	Ah	0,8	6,47	24,7
	Ac	54	6,91	8,2

7.2. Areal „TÜP“

Im Buckelwiesenareal „TÜP“ wurden, wie bereits erwähnt, im Zuge einer Lehrveranstaltung mehrere Bodenproben entnommen. Auch diese wurden im Labor untersucht und die Ergebnisse sind in den Tabellen 23 und 24 aufgelistet. Die erste Tabelle zeigt die Korngrößenverteilung der einzelnen Bodenproben und in der zweiten werden wiederum einige wichtige Kennwerte dargestellt. Die Proben sind hier nach ihrer Entnahmestelle gereiht. Nach den Ergebnissen der Analyse der Bodenprobe ist zu vermuten, dass sich unter der Mulde ein Lösungstrichter befindet. Diese Tatsache würde dafür sprechen, dass die Buckelwiese durch Lösungsverwitterung entstanden ist.

7. Bodenproben

Tab. 23: Korngrößenverteilung der Bodenproben am Buckelwiesenareal „TÜP“

Mulde:						
Entnahme- tiefe (cm)	Horizont	Kornfraktion in % bezogen auf Feinboden			Kies >2mm Ø	Boden- /Sedimentart
		Ton <2 µ Ø	Schluff 2-63 µ Ø	Sand 0,063-2mm Ø		
1-13	AB	3,09	39,16	40,91	16,84	Schluffsande (Su3)
16-36	Bv	12,40	59,08	23,61	4,91	Lehmschluffe (Uls)
46-56	Bh	5,75	25,07	57,12	12,06	Schluffsande (Su3) / Lehmsande (Sl2)
Buckel nördl.:						
Proben- bezeichnung	Horizont	Kornfraktion in % bezogen auf Feinboden			Kies >2mm Ø	Boden- /Sedimentart
		Ton <2 µ Ø	Schluff 2-63 µ Ø	Sand 0,063-2mm Ø		
0-5	Ah	3,10	32,66	22,91	41,33	Schluffsande (Su3)
14-28	Cv	5,43	31,05	26,89	36,63	Schluffsande (Su3)
35-50	Bv	15,61	66,30	17,03	1,06	Lehmschluff (Ut3)
Buckel südl.:						
Proben- bezeichnung	Horizont	Kornfraktion in % bezogen auf Feinboden			Kies >2mm Ø	Boden- /Sedimentart
		Ton <2 µ Ø	Schluff 2-63 µ Ø	Sand 0,063-2mm Ø		
25-35	C	1,86	33,65	49,19	15,3	Schluffsande (Su3)
25-35	Cv	15,53	50,11	13,64	20,72	Lehmschluffe (Uls) / Sandlehm(Slu)
30-45	C	3,55	26,51	21,37	48,57	Schluffsande (Su3)

Tab. 24: Kennwerte der Bodenproben am Buckelwiesenareal „TÜP“

Mulde:				
Entnahmetiefe (cm)	Horizont	CaCO₃ (%)	pH-Wert	Organ. Substanz (%)
1-13	AB	7,4	6,76	30,54
16-36	Bv	0	6,88	17,34
46-56	Bh	0	6,08	40,86
Buckel nördl.:				
Entnahmetiefe (cm)	Horizont	CaCO₃ (%)	pH-Wert	Organ. Substanz (%)
0-5	Ah	32,7	7,33	18,26
14-28	Cv	67,9	7,51	8,18
35-50	Bv	0	7,28	9,98
Buckel südl.:				
Entnahmetiefe (cm)	Horizont	CaCO₃ (%)	pH-Wert	Organ. Substanz (%)
25-35	C	14,7	7,37	7,89
25-35	Cv	12,7	7,47	12,96
30-45	C	88	7,69	3,55

7.3. Areal „Fadenboden“

Im Zuge der Diplomarbeit werden zum Vergleich mit den Bodenproben von der Seiser Alm und vom Areal „Happ“ mehrere Proben aus dem Forschungsbericht von EMBLETON-HAMANN (1999) herangezogen. Bei dem Forschungsprojekt wurde eine Grabung am Fadenboden vorgenommen, bei der einige Bodenproben entnommen wurden.

In folgender Abbildung ist die Lage der Entnahmestellen der Bodenproben zu sehen. Hier ist ersichtlich, ob die Proben aus einem Buckel oder einer Mulde entnommen wurden. Die Tabellen 25 und 26 enthalten wiederum die Korngrößenverteilungen sowie den Calciumcarbonatgehalt, den pH-Wert und den Gehalt an organischer Substanz der einzelnen Bodenproben.

7. Bodenproben

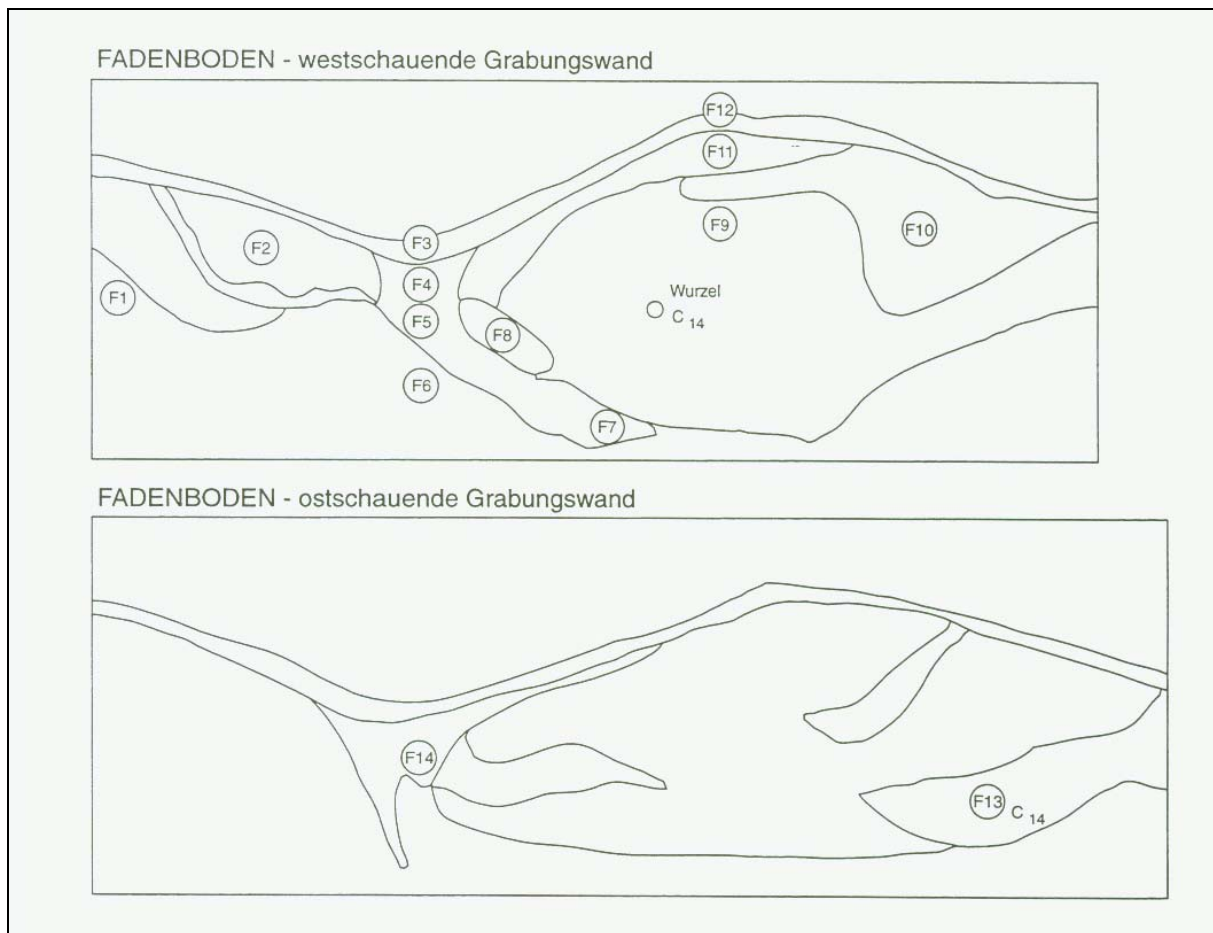


Abbildung 32: Entnahmestelle der Bodenproben am Fadenboden, Kräuterin-Massiv

Quelle: Embleton-Hamann 1999, S.63

Tab. 25: Korngrößenverteilung der Bodenproben am Buckelwiesenareal „Fadenboden“

Probe	Entnahme- tiefe (cm)	Horizont	Kornfraktion in % bezogen auf Feinboden			Kies >2mm Ø	Boden- /Sedimentart
			Ton <2 µ Ø	Schluff 2-63 µ Ø	Sand 0,063-2mm Ø		
F1			2,5	45,64	51,85	51,94	zS
F2			32,12	37,33	30,55	0,22	L
F3			18,99	32,39	48,62	0,11	sL
F4			35,58	34,39	30,03	0,01	zL
F5			32,56	59,96	7,46	0,17	T
F6		Cv	7,36	74,87	17,77	49,7	sZ/Z
F7			14,6	72,24	13,15	4,87	tZ/sZ
F8			13,73	65,86	20,41	37,38	sZ
F9	Unter F10	fCv	6,71	53,45	39,84	54,27	IS
F10	22-32	fAh	20,19	73,52	6,29	17,47	tZ
F11	8-22	rCv	18,23	59,18	22,58	27,56	tZ
F12	0-8	fAh	10,74	71,24	18,02	9,65	sZ
F13			26,1	63,43	10,48	24,42	zL
F14			30,01	51,3	18,69	4,14	L

Tab. 26: Kennwerte der Bodenproben am Buckelwiesenareal „Fadenboden“

Probe	Entnahmetiefe (cm)	Horizont	CaCO ₃ (%)	pH-Wert	Organ. Substanz (%)
F1		Cv	13,63	7,13	1
F2		Bv	0,41	5,23	9,73
F3		Ah	0,62	5,9	32,07
F4		Bhv	2,06	6,16	20,87
F5		Bhv	3,72	6,87	15,41
F6		Cv	22,29	7,31	2,61
F7		Bhv	19,4	6,91	4,57
F8		fAh	19,2	7,13	7,21
F9	Unter F10	fCv	20,64	7,41	1,7
F10	22-32	fAh	16,51	7	15,21
F11	8-22	rCv	19,2	6,72	5,54
F12	0-8	fAh	14,86	7,04	23,2
F13		fAh	19,4	6,35	13,17
F14		Bhv	7,02	6,14	21,82

Die Grabung am Fadenboden brachte einen Verwitterungszapfen zum Vorschein. Dieser setzt unter der Mulde mit breitem Trichter an und taucht lang und schmal unter den Buckel ab (siehe Abb. 32, westschauende Grabenwand). Es handelt sich um braunen Verwitterungslehm, der gelegentlich durch Humusausfällung dunkler gefärbt ist und sich durch intensive Lösungsverwitterung entlang der Wasserabzugsbahn bildete. Genauso wie beim Areal „TÜP“ ist auch hier zu vermuten, dass die Buckelwiese am Fadenboden durch Lösungsverwitterung entstanden ist.

Bei der Grabung wurde ein Profilbild vom Engelschalk'schen Typ freigelegt. Die Ergebnisse der Grabung entsprechen den Forderungen, die unter Zugrundelegung der Windwurfhypothese an das Erscheinungsbild und die Analysewerte der Bodenproben gestellt werden müssen. Der Buckel ist aus dem verlagerten Bodensediment einer früheren Bodengeneration aufgebaut. Baumwurzeln weisen darauf hin, dass es sich dabei um einen Waldboden handelt. Es sind Reste eines A-Horizontes sowie eines C-Horizontes zu finden, die mit dem auskippenden Wurzelteller eines Baumes senkrecht gestellt wurden und schließlich in neben- und übereinander liegenden Linsen aus Humus und angewittertem Schutt zusammensackten (Embleton-Hamann 1999, S.28ff.).

8. Beitrag der Untersuchungen zur Verifizierung/Falsifizierung der Hypothesen

- **Haupthypothese:** Buckelwiesen sind Verkarstungserscheinungen, bei deren Erstanlage der Wald eine Rolle spielte

Argument 1: Calciumcarbonatgehalt in den Buckeln höher als in den Mulden

Die Auswertung der Bodenproben aus dem Areal „TÜP“ und vom „Fadenboden“ zeigt, dass der Calciumcarbonatgehalt von Proben, die aus einem Buckel entnommen wurden, höher ist als von Proben, die von einer Mulde stammen. Beide Bodenproben von der Buckelwiese auf der Seiser Alm stammen aus einem Buckel. Der Calciumcarbonatwert ist hier vor allem bei einer Bodenprobe sehr hoch. Die Probe aus dem Ac-Horizont hat einen CaCO_3 -Gehalt von 54%.

Argument 2: pH-Wert in Buckeln höher als in Mulden

Der pH-Wert der bei „TÜP“ und am „Fadenboden“ aus Buckeln entnommenen Bodenproben ist höher als der pH-Wert der Proben aus Mulden (vgl. Tabelle 24 und 26). Die beiden Bodenproben von der Seiser Alm, die aus einem Buckel entstammen, weisen keinen wirklich höheren pH-Wert als die Proben aus den Mulden vom Areal „TÜP“ und vom „Fadenboden.“

Argument 3: Verbreitung muss sich auf ehemaliges Waldgebiet beschränken

Seiser Alm:

Wie in den Kapiteln 3.5 und 3.6 beschrieben, war die Seiser Alm in der Vergangenheit stark bewaldet. Es herrschten dort jahrtausende lang Nadelwälder vor. Diese wurden allerdings zur landwirtschaftlichen Nutzung des Gebietes weitgehend durch Brandrodung entfernt. Der Wald drängte zwar mehrmals wieder vor, wurde jedoch immer wieder entfernt.

Die Buckelwiese auf der Seiser Alm liegt also auf einer Rodungsalm und war vermutlich früher bewaldet.

Glatsch Alm:

Genauso wie die Seiser Alm liegt auch die Glatsch Alm innerhalb der Waldzone. Die Alm besteht zwar zum Großteil aus Weisen und Weiden, jedoch ist sie umrandet von kräftigen Zirbenbeständen. In der Vergangenheit war der Wald viel weiter verbreitet. Einige Flächen wurden jedoch zur landwirtschaftlichen Nutzung entwaldet. Vor einiger Zeit wurde ein Teil dieser landwirtschaftlichen Nutzflächen wieder aufgelassen. An diesen Stellen kam es schließlich wieder zu neuem Bewuchs. Teilweise lässt man diese jungen Triebe wachsen, andere Teile wurden neuerlich geschwendet (siehe Kapitel 3.5 und 3.6).

Fazit:

Nach eingehender Überprüfung der Argumente kann die Haupthypothese mit größter Wahrscheinlichkeit angenommen werden. Alle drei Anforderungen werden mehr oder weniger erfüllt.

- **Hypothese:** Windwurf als Initialgenese. Räumung des geworfenen Holzes. Nutzung als Weidefläche. Verkarstung der Wurzelgruben

Argument 4: Im Erscheinungsbild sind Buckel dominanter

Seiser Alm:

Argument 4 kann auf der Seiser Alm bestätigt werden. Im Erscheinungsbild der untersuchten Buckelwiese sind nämlich die Buckel optisch dominanter. Die Vollformen treten im Vergleich zu den Hohlformen deutlich hervor. Auch sind die Mulden dort meist nicht direkt als solche erkennbar, da sie häufig nicht rückgetieft sind. Das bedeutet, dass sie häufig keine geschlossene Umrandung aufweisen.

Glatsch Alm:

Auf der Glatsch Alm treten die Buckel nicht so deutlich hervor. Genauso wie die Buckel sind auch die meisten Mulden als solche auf den ersten Blick klar erkennbar.

Argument 5: Ovaler Grundriss der Buckel

Die Buckel der Buckelwiesenvorkommen weisen an jedem einzelnen Areal ein durchschnittliches Längen-Breiten-Verhältnis von über 1,3 auf. Das bedeutet, dass die Buckel nach der Definition von ENGELSCHALK an jedem Standort als oval einzustufen sind.

Argument 6: Längsachsen sollten gleichgerichtet sein

In folgender Tabelle ist die Orientierung der Buckellängsachsen an den verschiedenen Buckelwiesenarealen eingetragen. Eine eindeutige Tendenz der Längsachsenorientierung in eine Himmelsrichtung kann bei der Buckelwiese auf der Seiser Alm sowie in den Arealen „Happ“ und „Fadenboden“ festgestellt werden. Auf der Seiser Alm weisen rund 75% der Buckel eine Ost-West-Erstreckung auf. Bei „Happ“ verlaufen 55% der Vollformen in eine Richtung und am „Fadenboden“ orientieren sich 62%, also der Großteil der Buckel, von Osten nach Westen. Bei den anderen Buckelwiesenarealen orientieren sich die Buckellängsachsen nicht so eindeutig in eine Richtung.

Tab. 27: Orientierung der Buckellängsachsen an verschiedenen Buckelwiesenstandorten (in %)

	N-S	NO-SW	O-W	SO-NW
Seiser Alm			75	25
Glatsch Alm	21	32	26	21
Krün	28	29	33	10
TÜP	22	29	23	26
Happ	10	55	25	10
Fadenboden	7	29	62	2

Argument 7: Bodenbuckelung sollte am Rand der waldfreien Fläche aussetzen

Glatsch Alm:

Bei einer Geländebegehung konnte festgestellt werden, dass sich die Bodenbuckelung auf der Glatsch Alm nicht auf waldfreies Gelände beschränkt. Auch innerhalb des Waldes ist das buckelige Relief zu finden.

Seiser Alm:

Auf der Seiser Alm ist keine Oberflächenbuckelung im Wald zu sehen. Das Buckelrelief zieht sich dort nur bis zum Waldrand.

Fazit:

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Hypothese nicht für jedes Buckelwiesenareal anzunehmen ist. Die Buckelwiesenvorkommen scheinen teilweise nämlich sehr unterschiedlich zu sein. Zwischen der Buckelwiese auf der Seiser Alm und der Oberflächenbuckelung auf der Glatz Alm gibt es die einen oder anderen Differenzen. Die beiden Buckelwiesenvorkommen unterscheiden sich schon in ihrem optischen Erscheinungsbild. Auch gibt es Unterschiede in der Morphometrie. Die Buckel auf der Seiser Alm haben großteils eine einheitliche Längsachsenorientierung. Bei der Glatz Alm ist das nicht der Fall. Eine weitere Differenz ist, dass die Bodenbuckelung auf der Seiser Alm am Rand des waldfreien Geländes aussetzt und auf der Glatz Alm nicht. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass für die Buckelwiese auf der Seiser Alm die Hypothese aller Wahrscheinlichkeit nach anzunehmen ist. Für die Oberflächenbuckelung auf der Glatz Alm trifft wahrscheinlich eher die Gegenhypothese zu.

- **Hypothese:** eine unterschiedliche Initialgenese drückt sich in der Buckelwiesen-Morphometrie statistisch nachweisbar aus

Argument 8: Mittelwerte von Buckellänge, -breite und -höhe der verschiedenen Buckelwiesenvorkommen unterscheiden sich signifikant

Zur Prüfung der Hypothese werden die Mittelwerte von Länge, Breite und Höhe der einzelnen Buckelwiesen miteinander verglichen. Dazu wurden die einzelnen Parameter mittels t-Test statistisch geprüft. Übersteigt die Prüfgröße t den kritischen t -Wert, so unterscheiden sich die Mittelwerte der beiden verglichenen Buckelwiesenvorkommen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% signifikant voneinander.

Die Ergebnisse des Prüfverfahrens sind in folgender Tabelle dargestellt. Zur besseren Veranschaulichung sind in den Klammern nochmals die Mittelwerte von Buckellänge, -breite und -höhe der einzelnen Buckelwiesenareale dargestellt.

Tab. 28: Vergleich der Mittelwerte von Buckellänge, -breite und -höhe der verschiedenen Buckelwiesenvorkommen (Prüfgröße t </> kritischer t -Wert)

<u>Buckellänge:</u>					
	Seiser Alm	Glatsch Alm	Krün	TÜP	Fadenboden
Seiser Alm (5,25)					
Glatsch Alm (2,73)	3,3 > 2,18				
Krün (3,18)	2,7 > 2,18	1,9 < 2,02			
TÜP (3,57)	2,2 > 2,18	3,4 > 2,01	1,5 < 2,05		
Fadenboden (3,86)	1,8 < 2,18	5,3 > 1,67	0,3 < 2	0,2 < 2	
<u>Buckelbreite:</u>					
	Seiser Alm	Glatsch Alm	Krün	TÜP	Fadenboden
Seiser Alm (2,61)					
Glatsch Alm (1,8)	3,6 > 2,05				
Krün (2,3)	1,3 < 2,13	3,4 > 2,02			
TÜP (2,18)	2,1 > 1,68	2,4 > 2,01	0,9 < 2,01		
Fadenboden (2,27)	0,4 < 1,67	0,4 < 1,67	0,3 < 1,67	0,1 < 2	
<u>Buckelhöhe:</u>					
	Seiser Alm	Glatsch Alm	Krün	TÜP	
Seiser Alm (0,6)					
Glatsch Alm (0,53)	0,75 < 2,05				
Krün (1,62)	0,32 < 2,05	1,1 < 1,7			
TÜP (0,55)	0,6 < 1,68	0,7 < 2,01	1 < 2,06		

In der Tabelle wird sichtbar, dass sich die Mittelwerte von Buckellänge, -breite und -höhe der Areale „Krün“, „TÜP“ und „Fadenboden“ nur zufällig unterscheiden. Die Buckelwiese auf der Seiser Alm und die Bodenbuckelung auf der Glatsch Alm unterscheiden sich in Länge und Breite teils signifikant von den anderen Buckelwiesenvorkommen und auch voneinander.

Fazit:

Der statistische Test zeigt, dass im Falle der Glatsch Alm und Seiser Alm die Hypothese anzunehmen ist. Die beiden Buckelwiesenvorkommen, die mit größter Wahrscheinlichkeit eine verschiedene Initialgenese aufweisen, unterscheiden sich in den Mittelwerten von Buckellänge und –breite signifikant voneinander. Das ist ein Hinweis darauf, dass sich eine unterschiedliche Initialgenese in der Buckelwiesen-Morphometrie statistisch nachweisbar ausdrückt.

Wie bereits erwähnt, unterscheiden sich die Buckelwiese auf der Seiser Alm und die Bodenbuckelung auf der Glatsch Alm die Morphometrie betreffend teilweise auch von den

anderen Buckelwiesenvorkommen signifikant. Zwischen den Arealen „Krün“, „TÜP“, „Happ“ und „Fadenboden“ sind die Unterschiede nicht signifikant, also nur zufällig.

- **Hypothese:** Buckeln als Baumstandorte

Argument 9: Mulden signifikant ohne Baumwuchs

Zur Verifizierung bzw. Falsifizierung der Hypothese wurde Argument 9 unter Verwendung der in Kapitel 6 beschriebenen Daten statistisch überprüft. Mit Hilfe eines Tests, in dem wiederum die Prüfgröße t verwendet wurde, zeigte sich, ob die Mulden statistisch signifikant ohne Bewuchs sind.

Im Folgenden werden nun die Ergebnisse des statistischen Tests dargestellt.

Glatzch Alm:

Vergleich der Prüfgröße t mit dem kritischen t -Wert:

$$8,8 > 2$$

Die Prüfgröße ist mit einem Wert von 8,8 um einiges größer als der kritische t -Wert. Das bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit eines Bewuchses auf Buckeln größer ist als die Wahrscheinlichkeit für Baumwuchs in Mulden. Die Mulden sind also signifikant ohne Baumwuchs (Irrtumswahrscheinlichkeit: 5%).

Areal „Happ“:

Vergleich der Prüfgröße t mit dem kritischen t -Wert:

$$1,4 < 2,04$$

Die Prüfgröße ist mit einem Wert von 1,4 kleiner als der kritische t -Wert. Das bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit eines Bewuchses auf Buckeln bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% nicht signifikant größer ist als die Wahrscheinlichkeit für Baumwuchs in Mulden.

Fazit:

Die Hypothese ist im Falle der Gletsch Alm anzunehmen. Die Mulden sind dort signifikant ohne Baumwuchs.

Die Untersuchungen im Areal „Happ“ kommen zu einem anderen Ergebnis. Dort nämlich ist die Wahrscheinlichkeit eines Bewuchses auf den Buckeln nicht größer als die Wahrscheinlichkeit für Baumwuchs in den Mulden.

9. Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden verschiedene Buckelwiesenvorkommen untersucht, um Hinweise auf die Entstehungsweise der Buckelwiesen zu finden. Dazu wurden mehrere Fragestellungen bearbeitet, die mit Hilfe der Untersuchungen mehr oder weniger beantwortet werden konnten. Die Morphometrie der Buckelwiesen stellt den Kern der Arbeit dar. Dazu wurden auch noch Bodenproben entnommen und analysiert. Des Weiteren gab es eine Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Buckelwiesen und Baumwuchs.

Die Haupthypothese (vgl. Abb.24) konnte durch die Analyse von Bodenproben und durch gezielte Literaturrecherche verifiziert werden, da alle drei Argumente den Untersuchungen nach zu urteilen zutreffen. Die meisten der aus den Buckeln entnommenen Bodenproben weisen einen höheren Calciumkarbonatgehalt und einen höheren pH-Wert auf als die Proben aus den Mulden. Recherchen ergaben zudem, dass die Buckelwiesen auf der Seiser Alm und der Glatz Alm in einem ehemaligen Waldgebiet liegen.

Besonders ausführlich wurde die Morphometrie der Buckelwiesenvorkommen behandelt, da sie, wie bereits erwähnt, den Kernpunkt der Arbeit darstellt. Ziel war es, morphometrische Analysen durchzuführen, um Hinweise auf die Buckelwiesengenese zu erhalten. Zuerst wurde geprüft, ob im Erscheinungsbild der beiden Buckelwiesenareale in den Südtiroler Dolomiten die Buckeln oder die Mulden dominanter sind. Im Falle der Buckelwiese auf der Seiser Alm treten die Buckel optisch hervor, bei der Oberflächenbuckelung auf der Glatz Alm ist dies nicht der Fall. Mit Hilfe von Tachymetermessungen an den Untersuchungsflächen und bereits vorhandenen Daten konnten umfassende morphometrische Analysen durchgeführt werden. Zur Verifizierung/Falsifizierung der zweiten Hypothese (siehe Abb.24) wurde unter anderem der Grundriss der Buckel herangezogen. Alle untersuchten Buckelwiesenvorkommen weisen Buckel mit einem ovalen Grundriss auf. Auch die Ausrichtung der Buckellängsachsen wurde betrachtet. Auf der Seiser Alm, am Areal „Happ“ und am Areal „Fadenboden“ sind die Buckellängsachsen gleichgerichtet, bei den anderen Buckelwiesenarealen konnte keine gleiche Ausrichtung festgestellt werden. Zur Überprüfung der Hypothese, dass sich eine unterschiedliche Initialgenese in der Buckelwiesen-Morphometrie statistisch nachweisbar ausdrückt, wurden die Mittelwerte von Buckellänge, -breite und -höhe der verschiedenen Buckelwiesenvorkommen verglichen. Ein statistischer Test ergab, dass sich die Mittelwerte der Buckelwiesen in Mittenwald und am

Fadenboden nur zufällig unterscheiden. Die Buckelwiese auf der Seiser Alm und die Bodenbuckelung auf der Glatz Alm hingegen unterscheiden sich in Länge und Breite teils signifikant von den anderen Buckelwiesenvorkommen und auch voneinander.

Eine weitere Thematik, die in der Diplomarbeit behandelt wurde, ist die Beziehung zwischen Buckelwiesen und Baumwuchs. Es konnte dabei nicht genau geklärt werden, ob Baumwuchs vermehrt auf Buckeln auftritt, da die Untersuchungen an den beiden Buckelwiesenvorkommen jeweils ein anderes Ergebnis lieferten.

Die Untersuchungen der unterschiedlichen Buckelwiesenareale brachten nicht nur interessante, sondern auch sehr hilfreiche Ergebnisse. Es konnten einige wichtige Fragen in Bezug auf die Buckelwiesenentstehung beantwortet werden. Allerdings fielen die Untersuchungsergebnisse nicht immer eindeutig aus. So ergaben sich für die einzelnen Buckelwiesenvorkommen oftmals unterschiedliche Ergebnisse, sodass es teilweise nicht möglich war, die Hypothesen zu verifizieren bzw. zu falsifizieren.

Es gibt noch einige offene Fragen die Buckelwiesen betreffend. Für die Zukunft wird es also notwendig sein, weitere Untersuchungen an den verschiedensten Standorten zu machen und noch weiter zu forschen.

10. Quellenverzeichnis

Bücher:

AISTLEITNER, J.: EU-Regiomap Tirol – Südtirol – Trentino. Ein Kartenprofil mitten durch die Alpen. Erw. Ausg. d. Kartenteils "Mittlerer Alpenraum" aus d. "Atlas für Südtirol" (4. Aufl.), 1998.

CLAUß & EBNER: Grundlagen der Statistik. Statistik für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner, Band 1, Verlag Harri Deutsch – Thun und Frankfurt am Main, 1982.

EMBLETON-HAMANN, C.: Die Buckelwiesen des Kräuterin Massivs. Forschungsbericht über ein Projekt des Instituts f. Geogr. d. Univ. Wien, 1999.

ENGELSCHALK, W.: Alpine Buckelfluren. Untersuchungen zur Frage der Buckelfluren im Bereich des eiszeitlichen Isargletschers. Regensburger Geographische Schriften, Bd. 1, 1971.

HAMANN, C.: Buckelwiesen und Konvergenzformen am Südrand des Tennengebirges und in anderen Arealen der Nördlichen Kalkalpen. Arbeiten aus dem Institut f. Geogr. d. Univ. Salzburg, Bd. 10, 1985.

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

POSCH, K.: Windwurf-Stürme im österreichischen Alpenraum. Diplomarbeit am Institut f. Geogr. D. Univ. Wien, 2005.

SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P.: Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akad. Verl., Heidelberg, 2010.

Zeitungen und Zeitschriften:

EBERS, E.: Zur Kultivierung von Buckelwiesen bei Mittenwald. Blätter für Naturschutz, Heft 22, 1939, S. 107-110.

EBERS, E.: Das Problem der Buckelwiesen. Natur und Volk, Bd. 57, Heft 4, 1957, S. 113-120.

EMBLETON-HAMANN, C.: Processes responsible for the development of a pit and mount microrelief. Catena 57, 2004, S. 175-188.

HAMANN, C.: Windwurf als Ursache der Bodenbuckelung am Südrand des Tennengebirges, ein Beitrag zur Genese der Buckelwiesen. Berliner Geogr. Abh., Heft 36, 1984, S.69-75.

HAUPT, G.: Zur Situation und Wertung der Buckelfluren im Berchtesgadener Land. Laufener Seminarbeiträge. Schutz von Trockenbiotopen: Buckelfluren, 1982, S. 37-46.

KEIM, L.: Geologie im Gebiet Schlern-Seiser Alm: vom Tethysmeer zum Gebirge. Gredleriana, Vol.8, 2008, S.25-45.

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, S.16-18.

KNAUER, J.: Die Entstehung der Buckelwiesen. Mitt. d. Geogr. Ges. in München 34, 1942/43, S.207-220.

KRAUS, A.: Wandel der Mittenwalder Buckelwiesen – eine Bilanz. Laufener Seminarbeiträge. Schutz von Trockenbiotopen: Buckelfluren, 1982, S 51-52.

MÜLLER, S.: Isländische Thufur und alpine Buckelwiesen – ein genetischer Vergleich. Teil II: Alpine Buckelwiesen. Natur und Museum 92, Frankfurt 1962, S.299-304.

NÖSSING, J.: Almen in Südtirol. Das Beispiel Seiser Alm. Alpwirtschaftliche Nutzungsformen, Bozen, 2001, S. 151-170.

PENCK, A.: Die Buckelwiesen von Mittenwald am Karwendel. Mitt. d. Geogr. Ges. in München 33, 1940/41, S. 3-8.

PRIEHÄUSZER, G.: Über die Entstehung der Buckelwiesen bei Mittenwald. Bayer. Landw. Jahrbuch, Jg. 34, 1957, S. 111-120.

RINGLER, A.: Verbreitung, Standort, Vegetation und Landschaftshaushalt von Buckelfluren in Südbayern. Laufener Seminarbeiträge. Schutz von Trockenbiotopen: Buckelfluren, 1982, S. 21-36.

Onlinequellen:

Buckelwiese Mittenwald:

http://www.mittenwald.de/index.shtml?m_naturerholung, Zugriff: 23.01.2010

Tirol Atlas Homepage:

<http://tirolatlas.uibk.ac.at/>, Zugriff: 12.07.2010

Bodentypen:

www.soilmaps.it, Zugriff: 07.04.2010

Glatsch Alm:

<http://www.glatschalm.com/>, Zugriff: 14.07.2010

<http://www.provinz.bz.it/raumordnung/kartografie/geo-browser.asp>, Zugriff: 29.05.2010

Seiser Alm:

<http://www.seiseralm.it/de/>, Zugriff: 14.07.2010

Naturpark Schlern-Rosengarten:

<http://seiseralm-schlerngebiet.com/20100109127/seiseralm/wissenswertes/naturpark-schlern-rosengarten>, Zugriff: 14.07.2010

Naturpark Puez-Geisler:

<http://www.provinz.bz.it/natur/2803/parke/pues/> , Zugriff: 16.07.2010

Statistik -> K-S-Anpassungstest:

<http://forschung.harzoptics.de/files/explorativ.pdf>, Zugriff: 25.08.2010

Statistik -> t-Test:

http://www.mathe-online.at/materialien/georg.pernerstorfer/files/Kap3/t-test_unabh.pdf,

Zugriff: 25.08.2010

http://www.mitp.de/imperia/md/content/vmi/1634/1634_kapitel_20.pdf, Zugriff:

25.08.2010

Verwendete Programme:

Statistikprogramm SPSS 17.0

ESRI ArcINFO (Version 9.2)

Sonstige Quellen:

Persönliches Gespräch mit Dietmar Profanter, Hüttenwirt Glatz Alm, 22.05.2010

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

Geologische Karte WESTLICHE DOLOMITEN, 1:25.000, Autonome Provinz Bozen-Südtirol, Amt für Geologie & Baustoffprüfung, 2007

freitag & berndt Wanderkarte Südtirol 1:50.000

Topographische Wanderkarte Gröden - Seiser Alm 1:25.000, Tabacco, 2009

Lehrveranstaltung „Feldmethoden der Physiogeographie“ an der Universität Wien unter der Leitung von Christine Embleton-Hamann

11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ermittlung der Höhe der Bodenbuckel

Abbildung 2: Schematisiertes Profilbild einer Grabung von ENGELSCHALK in den Buckelwiesen der Mittenwalder Mäher (Legende: siehe Abb. 4)

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Entwicklung der Buckelwiesenformen (nach Priehäuszer 1957)

Abbildung 4: Profilbild aus einer Buckelwiese am Südrand des Tennengebirges (vgl. Hamann 1985, S.73)

Abbildung 5: Buckelwiesenprofil aus den Karpaten (nach Gerlach, 1960)

Abbildung 6: Topographische Übersichtskarte – Raum Mittenwald

Abbildung 7: Buckelwiese in den Mittenwalder Mähdern

Abbildung 8: Das Berchtesgadener Land

Abbildung 9: Karte des Untersuchungsgebietes

Abbildung 10: Das Warscheneckplateau

Abbildung 11: Geomorphologische und lithologische Verhältnisse im Bereich der Bodenwiese (Schneeberg, NÖ)

Abbildung 12: Schema der Entstehung von Buckelwiesen in der Pokljuka. (Aus Müller 1959, im Kosmos)

Abbildung 13: Lage des Untersuchungsgebietes

Abbildung 14: Lage Gletsch Alm

Abbildung 15: Schematische Übersicht der Schichtabfolgen in den Südtiroler Dolomiten (verändert nach Brandner et al., 2007, Geo. Alp Band 4). Die Gesteinsabfolgen sind in vielen Gebieten komplexer aufgebaut und weichen von diesem Modell ab. Zur besseren Orientierung im Schichtaufbau sind einige typische Bergkulissen abgebildet. (Ma = Millionen Jahre)

Abbildung 16: Profilschnitt zur Geologischen Karte der Westlichen Dolomiten

Abbildung 17: Geologie Gletsch Alm

Abbildung 18: Klimadiagramm St. Ulrich

Abbildung 19: Klimadiagramm St. Peter, Villnöss

Abbildung 20: Seiser Alm. Almwirtschaft und Tourismus

Abbildung 21: Buckelwiese auf der Seiser Alm (das rote Rechteck kennzeichnet die Testfläche für die Tachymetermessung und den Entnahmeort der Bodenproben)

Abbildung 22: Geologie Buckelwiese Seiser Alm

Abbildung 23: Oberflächenbuckelung auf der Glatz Alm (rotes Rechteck: Testfläche für Tachymetermessung; schwarzes Rechteck: Skizzierung der Buckelwiesenoberfläche samt Baumwuchs)

Abbildung 24: Hypothesen und ihre Argumente

Abbildung 25: Anordnung der Buckel und Mulden bei Unternonn, Seiser Alm (Verwendetes Programm: ESRI ArcINFO, Version 9.2)

Abbildung 26: Anordnung der Buckel und Mulden auf der Glatz Alm (Verwendetes Programm: ESRI ArcINFO, Version 9.2)

Abbildung 27: Anordnung der Buckel und Mulden im Buckelwiesenareal „Krün“

Abbildung 28: Anordnung der Buckel und Mulden am Areal „Happ“, Mittenwald

Abbildung 29: Anordnung der Buckel und Mulden am Fadenboden (Buckeldichte: 404 Stk./ha)

Abbildung 30: Abmessungen der Buckel am Fadenboden

Abbildung 31: Anordnung und Pflanzenbewuchs der Buckel und Mulden auf der Glatz Alm

Abbildung 32: Entnahmestelle der Bodenproben am Fadenboden, Kräuterin-Massiv

12. Tabellenverzeichnis

- Tab. 1:** Vor 1985 veröffentlichte Werte zu den Größenverhältnissen der Buckelwiesen
- Tab. 2:** Ausmaße der Buckelwiesen über Gutensteiner Kalken und der Bodenbuckelungen über Werfener Schiefer
- Tab. 3:** Legende zur Geologischen Karte WESTLICHE DOLOMITEN
- Tab. 4:** Temperatur und Niederschlag in St.Ulrich
- Tab. 5:** Temperatur und Niederschlag in St.Peter, Villnös
- Tab. 6:** Landwirtschaftliche Nutzfläche (km²) 2000 in Salten-Schlern
- Tab. 7:** Landwirtschaftliche Nutzfläche (km²) 2000 im Eisacktal
- Tab. 8:** Veränderung der landwirtschaftlichen Almnutzung von 1600 bis 1996
- Tab. 9:** Morphometrie der Buckel bei Unternonn, Seiser Alm
- Tab. 10:** Morphometrie der Mulden bei Unternonn, Seiser Alm
- Tab. 11:** Morphometrie der Buckel auf der Glatzsch Alm
- Tab. 12:** Morphometrie der Mulden auf der Glatzsch Alm
- Tab. 13:** Morphometrie der Buckel bei Krün, Mittenwald
- Tab. 14:** Morphometrie der Mulden bei Krün, Mittenwald
- Tab. 15:** Morphometrie der Buckel im Areal „TÜP“, Mittenwald
- Tab. 16:** Morphometrie der Mulden im Areal „TÜP“, Mittenwald
- Tab. 17:** Ausrichtung der Buckelwiesenlängsachsen im Areal „Happ“, Mittenwald
- Tab. 18:** Morphometrie der Buckel und Mulden am Fadenboden, Kräuterin-Massiv
- Tab. 19:** Anzahl der in Abb. 29 skizzierten Buckel und Mulden mit bzw. ohne Bewuchs
- Tab. 20:** Anzahl der in Abb. 28 skizzierten Buckel und Mulden mit bzw. ohne Bewuchs
- Tab. 21:** Korngrößenverteilung der Bodenproben auf der Seiser Alm
- Tab. 22:** Kennwerte der Bodenproben auf der Seiser Alm
- Tab. 23:** Korngrößenverteilung der Bodenproben am Buckelwiesenareal „TÜP“
- Tab. 24:** Kennwerte der Bodenproben am Buckelwiesenareal „TÜP“
- Tab. 25:** Korngrößenverteilung der Bodenproben am Buckelwiesenareal „Fadenboden“
- Tab. 26:** Kennwerte der Bodenproben am Buckelwiesenareal „Fadenboden“
- Tab. 27:** Orientierung der Buckellängsachsen an verschiedenen Buckelwiesenstandorten (in %)
- Tab. 28:** Vergleich der Mittelwerte von Buckellänge, -breite und -höhe der verschiedenen Buckelwiesenvorkommen (Prüfgröße t </> kritischer t -Wert)

Anhang

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name:	Andrea Hofinger
Adresse:	4974 Ort im Innkreis, Osternach 16
Staatsbürgerschaft:	Österreich
Geburtsdatum:	01.03.1986
Geburtsort:	Ried im Innkreis
Familienstand:	ledig

Bildungsweg:

1992 – 1996	Volksschule Ort im Innkreis
1996 - 2004	Bundes(real)gymnasium Ried im Innkreis
Oktober 2004 – 2005	Studium an der Universität Wien, Institut für Kultur- u. Sozialanthropologie
Seit Oktober 2005	Studium an der Universität Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung

Berufserfahrung:

2001 – 2007 jeweils 4 - 6 Wochen im Sommer	Ferialpraktikum bei Fussl Modestraße Mayr GmbH
Juli - August 2008	Ferialpraktikum bei der österreichischen Post AG
Juli – August 2009	Praktikum an der Geologischen Bundesanstalt
März – Mai 2010	Teilzeit-Anstellung an der Geologischen Bundesanstalt
Seit Oktober 2010	Teilzeit-Anstellung an der Geologischen Bundesanstalt