



# Untersuchung und Früherkennung der Erosionsanfälligkeit von alpinen Rasenbeständen

Endbericht

Mag. Bettina Mittendrein  
Mag. Richard Stern

Projektleitung: o. Univ.-Prof. Dr. F. Florineth

Forschungsauftrag des  
**Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft**

Mit Unterstützung der Landesregierungen von  
**Tirol, Vorarlberg und Salzburg**

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	I
Zusammenfassung.....	III
Summary .....	V
1 Einführung .....	1
2 Methodik.....	2
2.1 Vegetationskundliche Untersuchungsmethoden	
2.1.1 Vegetationsanalyse .....	2
2.1.2 Transekt-Frequenzanalyse und Linientransekt .....	2
2.1.3 Bestandesstruktur .....	4
2.1.4 Zeigerwertermittlung nach ELLENBERG und LANDOLT .....	5
2.2 Bodenkundliche Untersuchungsmethoden.....	6
2.2.1 Untersuchungen im Gelände.....	6
2.2.2 Laboruntersuchungen.....	6
2.2.3 Wurzeluntersuchungen.....	7
3 Untersuchungsgebiete.....	8
3.1 Großglockner Hochalpenstraße / Salzburg.....	8
3.2 Galina / Vorarlberg.....	11
3.3 Felbertauern / Salzburg-Tirol .....	13
3.4 Karwendel / Tirol.....	15
3.5 Sellrain / Tirol.....	17
3.6 Meran 2000 / Südtirol.....	18
4 Erosionsanfälligkeit.....	22
<i>A Evaluation der ingenieurbiologisch behandelten Flächen</i> .....	22
4.1 Großglockner / Salzburg.....	22
4.1.1 Vegetationskundliche Untersuchungen Mittertörl .....	22
4.1.2 Vegetationskundliche Untersuchungen Hexenküche .....	25
4.1.3 Bodenkundliche Untersuchungen Mittertörl .....	26
4.1.4 Bodenkundliche Untersuchungen Hexenküche .....	28
4.1.5 Zusammenfassung.....	30
4.2 Galina / Vorarlberg.....	31
4.2.1 Vegetationskundliche Ergebnisse .....	31
4.2.2 Ergebnisse der feldbodenkundlichen Untersuchungen.....	38
4.2.3 Ergebnisse der Laboruntersuchungen.....	44
4.2.4 Zusammenfassung.....	50
4.3 Felbertauern / Salzburg-Tirol .....	52
4.3.1 Vegetationskundliche Untersuchungen Nordfläche .....	52
4.3.2 Vegetationskundliche Untersuchungen Südfläche .....	53
4.3.3 Zeigerwertanalysen.....	54
4.3.4 Bodenkundliche Ergebnisse der Nordfläche.....	56
4.3.5 Bodenkundliche Ergebnisse der Südfläche .....	56
4.3.6 Ergebnisse der Laboruntersuchungen.....	57
4.3.7 Wurzelmessungen auf beiden Untersuchungsflächen.....	60
4.3.8 Zusammenfassung.....	61

<i>B Evaluation der nicht behandelten Erosionsflächen</i> .....	62
4.4 Karwendel / Tirol	
4.4.1 Vegetationskundliche Untersuchungen .....	62
4.4.2 Ergebnisse zu den wiederbesiedelten Erosionsflächen (nach Auswertung der Linientransekte und Frequenz-Analysen) .....	65
4.4.3 Feldbodenkundliche Untersuchungen .....	66
4.4.4 Laborergebnisse .....	67
4.4.5 Zusammenfassung .....	70
4.5 Sellrain / Tirol .....	71
4.5.1 Vegetationskundliche Untersuchungen .....	71
4.5.2 Feldbodenkundliche Untersuchungen .....	73
4.5.3 Laborergebnisse .....	75
4.5.4 Zusammenfassung .....	77
4.6 Meran 2000 / Südtirol .....	79
4.6.1 Vegetationskundliche Untersuchungen Fläche 1 .....	79
4.6.2 Vegetationskundliche Untersuchungen Fläche 2 .....	81
4.6.3 Zeigerwertanalysen der Flächen 1 und 2 .....	81
4.6.4 Feldbodenkundliche Untersuchungen .....	82
4.6.5 Laborergebnisse .....	83
4.6.6 Zusammenfassung .....	88
 <i>C Früherkennung des Erosionspotenzials in subalpinen Hängen</i> .....	 90
 5 Sanierungsmaßnahmen .....	 93
5.1 Großglockner / Salzburg .....	93
5.2 Galina / Vorarlberg .....	93
5.3 Felbertauern / Salzburg – Tirol .....	94
5.4 Karwendel / Tirol .....	94
5.5 Sellrain / Tirol .....	98
5.6 Meran 2000 .....	98
 6 Vorbeugungsmaßnahmen .....	 99
6.1 Großglockner / Salzburg .....	99
6.2 Galina / Vorarlberg .....	99
6.3 Felbertauern / Salzburg – Tirol .....	99
6.4 Karwendel / Tirol .....	99
6.5 Sellrain / Tirol .....	100
6.6 Meran 2000 / Südtirol .....	100
 7 Literatur .....	 101
 8 Anhang .....	 <i>Der Anhang ist diesem Bericht in Form einer CD-ROM beigelegt</i>

## 1 Einführung

Der vorliegende Bericht ist das Ergebnis einer 30monatigen Arbeit, die sich mit einem einzigen Thema auseinandersetzt: Erosion im Gebirge. Im Verlauf dieser Zeit wurden unzählige Daten erhoben, ausgewertet und in Beziehung zueinander gesetzt.

Ziel dieser umfangreichen Untersuchungen war es vor allem, dem Praktiker eine Hilfestellung in die Hand zu geben, die es ermöglicht, die Erosionsfrüherkennung mit möglichst einfachen Mitteln und doch erfolgversprechend durchzuführen. Dazu war es nötig, aus dem großen Datenpool jene Ergebnisse herauszufiltern, die eine solche Vorgangsweise unterstützen.

Naturgemäß kommt es bei einer Reduktion von erhobenen Daten auch zu Vereinfachungen, die dem Anspruch an absolute Genauigkeit widersprechen. So genügt zwar diese Arbeit selbst dem wissenschaftlichen Anspruch, die Schlussfolgerungen hieraus müssen auf Grund der notwendigen Vereinfachungen aber immer auch mit einem kritischen Auge betrachtet werden. Dieser „Spagat“ zwischen streng wissenschaftlichem Anspruch und anwendbarer Hilfestellung für die Praxis ist aber das erklärte Ziel der vorliegenden Arbeit.

Um diesen Widerspruch – hier exakte Wissenschaft, dort praxisgerechte Hilfestellung – in einen fruchtbaren Prozess umzuwandeln, erscheint es äußerst wichtig, dass nach diesem streng wissenschaftlichen Projekt die Praktiker ihre Erfahrung einbringen. Erst aus dieser Synthese kann das entstehen, was für uns als Verfasser dieses Berichtes immer erstes Ziel war: Wissenschaft für die Praxis.

Somit seien all jene, die in ihrer täglichen Arbeit mit Erosion konfrontiert sind, dazu aufgerufen, die Schlussfolgerungen aus diesem Projekt auf ihre Tauglichkeit in der Praxis hin zu überprüfen und gegebenenfalls die eigenen Erfahrungen einzubringen. Erst dann hat die vorliegende Arbeit ihren Zweck erfüllt.

Wien/Innsbruck, im Februar 2002

Die Verfasser

## 2 Methodik

### 2.1 Vegetationskundliche Untersuchungsmethoden

#### 2.1.1 Vegetationsanalyse

Zu jeder Aufnahmefläche wurden folgende primäre Standortparameter notiert: Meereshöhe, Exposition und Neigung. Vom Pflanzenbestand wurde die Gesamtdeckung in % bezogen auf die Aufnahmefläche geschätzt und zusätzlich der Deckungsanteil Baum-, Strauch-, Kraut- und Mooschicht notiert. Für die kombinierte Abundanz-Dominanz-Schätzung der Artmächtigkeit der erfassten Arten wurde die erweiterte Skala nach REICHELT & WILMANS (1973) verwendet.

Bei der Wahl der Aufnahmeflächen wurde auf größtmögliche Homogenität geachtet. Die Aufnahmegröße beträgt auf den Rasenflächen 2 x 2 m, im Waldbereich des Untersuchungsgebietes Galina 20 x 20 bzw. 25 x 25 m. Das Aufnahmematerial wurde mit Hilfe des Programmes TWINFORM (STUEFER 1991) EDV-mäßig erfasst und mit dem Programm TWINSPAN (HILL 1979) analysiert. Die Vegetationsaufnahmen aus den Untersuchungsgebieten zu den erfolgten Wiederbegrünungen (Galina, Großglockner und Felbertauern) stammen aus den Wiederbegrünungsflächen und aus den angrenzenden, ungestörten Bereichen. Die Vegetationsaufnahmen aus den Erosionsflächen (Karwendel, Sellrain, Meran 2000) stammen aus der angrenzenden natürlichen Vegetation.

Ziel des ersten Teiles dieser Untersuchungen ist es, Flächen, die mit ingenieurbioologischen Maßnahmen behandelt wurden und natürliche Flächen aus der Umgebung miteinander zu vergleichen, um so eine etwaige Annäherung der Wiederbegrünung an die natürlichen Flächen feststellen zu können.

Im zweiten Teil der Untersuchungen zu den Erosionsflächen werden mit Hilfe der Vegetationsaufnahmen die Pflanzengesellschaften benannt.

#### Untersuchungsgebiet Felbertauern

Die Vegetationsaufnahmen wurden im nördlich gelegenen Untersuchungsgebiet in den angrenzenden, ungestörten Bereich durchgeführt.

Im südlich gelegenen Untersuchungsgebiet wurden Vegetationsaufnahmen nur in der wiederbegrünten Fläche gemacht, da auf der einen Seite ein Fichtenforst und auf der anderen Seite eine Schlagflur angrenzen und ein Vergleich mit diesen beiden Flächen nicht zielführend ist.. Ziel dieser Untersuchungen ist es nun einerseits die ungestörte Entwicklung einer Wiederbegrünung (Untersuchungsfläche Südportal) zu dokumentieren und andererseits den Erfolg der aufgebrachten Saatgutmischung (Untersuchungsgebiet Nordportal) genauer zu untersuchen.

#### 2.1.2 Transekt-Frequenzanalyse und Linientransekt

Mit Hilfe von Transekten wird versucht, den Wechsel in der Artenzusammensetzung aufzuzeigen. Im Falle der Untersuchungsgebiete zu den erfolgten Wiederbegrünungen (Galina, Großglockner und Felbertauern) einerseits von der natürlichen Vegetation zu den eingesäten Bereichen und andererseits innerhalb der unterschiedlich bewachsenen Wiederbegrünungsflächen. Bei den Erosionsflächen (Karwendel, Sellrain, Meran 2000) erfolgten die Aufnahmen von der natürlichen Vegetation in die Erosionsbereiche, bzw. im Falle der Karwendel auch in bereits selbst zugewachsene Erosionsflächen.

Je nach Ausgangslage wurde entweder eine Frequenzanalyse oder ein Linientransekt durchgeführt.

Bei der Transekt-Frequenzanalyse wird ein Metallrahmen von 1m<sup>2</sup> Größe und einer Unterteilung in 100 Kleinquadrate (10 x10 cm) verwendet. Der Metallrahmen wird entlang einer Schnur versetzt. Für die Bestimmung der Frequenz der Arten wurde nicht die Gesamtfläche von 1 m<sup>2</sup> analysiert, sondern je 5 Quadrate der Größe 20 x 20 cm. Für die ausgewählten Kleinquadrate wurde einerseits die Gesamtdeckung der Vegetation in % notiert und andererseits die Artmächtigkeit der einzelnen Arten nach der erweiterten Skala nach REICHELT & WILMANS (1973). Die Frequenz der Arten wurde für die weitere Auswertung für jeden Quadratmeter jeweils in Prozent angegeben bzw. zu Frequenzklassen (I-V) in Tabellen zusammengefasst.

Stetigkeitsklasse I	= in 1-20 % der Flächen enthalten
Stetigkeitsklasse II	= in 21-40 % der Flächen enthalten
Stetigkeitsklasse III	= in 41-60 % der Flächen enthalten
Stetigkeitsklasse IV	= in 61-80 % der Flächen enthalten
Stetigkeitsklasse V	= in 81-100 % der Flächen enthalten

Bei den Linientransekten wird ein Meterband über die zu untersuchende Fläche gelegt und alle Arten, die 25 cm links und rechts des Meterbandes vorkommen, aufgenommen. Aufgenommen werden zusätzlich allgemeine Parameter, wie Meereshöhe, Exposition und Neigung.

#### **Untersuchungsgebiet Großglockner:**

Im Bereich Mittertörl wurden 2 Frequenzanalysen quer über die Straßenböschung mit den Rasenziegel- und sich selbst überlassenen Streifen gezogen. Weiters wurde 1 Linientransekt von der natürlichen Vegetation in einen Rasenziegelstreifen gezogen und 3 weitere kurze Linientransekte quer über Rasenziegel- und sich selbst überlassene Streifen.

Beim Untersuchungsgebiet Hexenküche wurde ebenfalls eine Frequenz-Analyse durchgeführt, wie auch 3 Linientransekte.

#### **Untersuchungsgebiet Galina:**

Hier wurden einerseits Linientransekte von der natürlichen Vegetation zu den Wiederbegrünungsflächen gezogen (Fläche 4 und Fläche 2) und andererseits Linientransekte innerhalb unterschiedlich bewachsener Bereiche der Wiederbegrünungsflächen (Fläche 4, Runse F und Runse G).

#### **Untersuchungsgebiet Felbertauern:**

Im Gebiet der nördlich gelegenen Untersuchungsfläche wurde eine Transekt-Frequenzanalyse durchgeführt. Es wurden 3 Meter aufgenommen (natürliche Vegetation, Übergangsbereich, eingesäter Bereich). Bei dem südlich des Felbertauern gelegenen Untersuchungsgebietes wurden 4 Linientransekte quer über die Untersuchungsflächen gelegt.

#### **Untersuchungsgebiet Karwendel:**

Im west-exponiertem Untersuchungsgebiet wurden 8, im süd-exponiertem Bereich 6 Erosionsflächen untersucht. Die Blaiken wurden in 3 Klassen geteilt:

- 1) Frische, vegetationsfreie Blaiken
- 2) Blaiken, bereits stellenweise wiederbewachsen
- 3) Blaiken, beinahe zur Gänze wiederbesiedelt.

Jeweils 1 Erosionsfläche aus den 3 Kategorien wurde einer Frequenz-Transektanalyse unterzogen. Eine solche Frequenz-Transektanalyse setzt sich aus zwei sich in der Mitte der Erosionsfläche

kreuzenden Transekten zusammen. Die restlichen Erosionsfelder wurden mit Hilfe von Linientransekten untersucht, wobei ebenfalls pro Fläche 2 Transekte gezogen wurden.

### **Untersuchungsgebiet Sellrain:**

Im Untersuchungsgebiet Sellrain wurde nur mit Linientransekten gearbeitet. Zu den sich in der Mitte überschneidenden Transekten, wurden zusätzlich ein Transekt in der natürlichen Vegetation ober- bzw. unterhalb der Blaike aufgenommen. Ein weiterer Transekt zieht ausgehend von der natürlichen Vegetation in etwa der Mitte der Blaike von oben nach unten.

### **Untersuchungsgebiet Meran 2000:**

Im Untersuchungsgebiet Meran 2000 wurden auf der Fläche 1 zwei sich in der Mitte schneidende Linientransekte aufgenommen. Zusätzlich wurden auch hier in der natürlichen Vegetation ein Linientransekt ober- bzw. unterhalb der Blaike aufgenommen.

Zur Fläche 2 wurden ebenfalls zwei sich in der Mitte schneidende Linientransekte aufgenommen. Hier wurde oberhalb der Erosionsfläche ein Linientransekt durchgeführt.

## **2.1.3 Bestandesstruktur**

Zur Untersuchung der oberirdischen Biomasse bzw. Nekromasse wurden Rasenziegel mit der Größe 30 x 30 cm zum Vegetationshöhepunkt aus den 3 Untersuchungsgebieten entnommen und im Labor abgeerntet. Dabei erfolgte eine Trennung in Gräser, Kräuter lebend und abgestorben, Zwergsträucher und Moose. Der Streuanteil (totes, nicht anhaftendes Material) der einzelnen Bestände wurde ebenfalls ermittelt. Das aufgearbeitete Material wurde dann im Trockenschrank bei 80 ° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die getrockneten Proben wurden gewogen und die einzelnen Bestandekomponenten in Gramm Trockensubstanz pro Quadratmeter Bodenfläche angegeben.

In diesem Zusammenhang wurde auch noch das Lebensformspektrum der einzelnen Flächen erhoben.

### **Untersuchungsgebiet Großglockner:**

Hier wurden 3 Rasenziegel zum Vegetationshöhepunkt aus unterschiedlichen Flächen (2 von dem Untersuchungsgebiet Mittertörl und 1 vom Untersuchungsgebiet Hexenküche) entnommen.

### **Untersuchungsgebiet Galina:**

Es wurden 5 Rasenziegel zum Vegetationshöhepunkt aus unterschiedlichen Flächen (Fläche 2, 4, Runse F, angrenzender Spirkenwald und angrenzende nord-exponierte nat. Vegetation) entnommen.

### **Untersuchungsgebiet Felbertauern:**

Es wurde 1 Rasenziegel zum Vegetationshöhepunkt aus dem südlich gelegenen Untersuchungsgebiet entnommen.

### **Untersuchungsgebiet Karwendel:**

Es wurde 1 Rasenziegel aus der west- wie auch aus der südexponierten Untersuchungsfläche, einem Seslerio-Caricetum sempervirentis Br.-Bl. In Br.-Bl. et Jenny 1926 (Blaugras-Horstseggenhalde) entnommen.

**Untersuchungsgebiet Sellrain:**

Hier wurden zwei Rasenziegel aus dem Junipero-Arctostaphyletum (Wacholder-Bärentraubenheide) entnommen (kurz: Arctostaphyletum), wobei ein Rasenziegel aus dem von *Calluna vulgaris* (Besenheide) dominierten Bereich (kurz: Callunetum) stammt.

**Untersuchungsgebiet Meran 2000:**

Es wurden 2 Rasenziegel aus der Fläche 1 entnommen, nämlich aus Vergleichsgründen aus einem Sieversio-Nardetum strictae Lüdi 1948 (Subalpin-alpine Bürstlingsweiden und -mähder) und einem verstrauchten Sieversio-Nardetum strictae.

**2.1.4 Zeigerwertermittlung nach ELLENBERG und LANDOLT**

Als Indikatorwert für bestimmte Standorte wurden die Zeigerwerte von ELLENBERG bzw. LANDOLT herangezogen. Zeigerwerte spiegeln die natürliche Mannigfaltigkeit des Pflanzenverhaltens nur annähernd wider. Kaum eine Art gleicht in ihrem ökologischen Verhalten einer anderen. Immerhin entdeckt man aber Pflanzen mit ähnlichem Verhalten. Diese kann man zu ökologischen Gruppen zusammenfassen, d.h. zu Gruppen von Arten mit ähnlichen Zeigerwerten (ELLENBERG 1996).

Speziell die Feuchtezahl, von ELLENBERG (1991) und die Dispersitätszahl D (Bodendurchlässigkeit und Bodendurchlüftung) von LANDOLT (1977) sind in diesem Zusammenhang von Interesse. Weiters wurden in diesem Zusammenhang auch noch die Reaktionszahl (Vorkommen im Gefälle der Bodenreaktion und des Kalkgehaltes) nach ELLENBERG, die Humuszahl (Humusgehalt des Bodens am Standort der Pflanze) und die Feuchtezahl (5-teilige Skala) nach LANDOLT ausgewertet (genaue Definition der Zeigerwerte siehe Anhang).

Für alle 3 Untersuchungsgebiete wurden qualitative Berechnungen durchgeführt, d.h. lediglich nach der Präsenz der Arten. Es wurde auf eine gewichtete Darstellung verzichtet, da der Deckungsgrad, den eine Pflanzenart im Bestand mit anderen erreicht, nicht nur von der Standortsgunst, sondern auch von ihrer spezifischen Wuchsweise abhängt. So können aussagekräftige „Einzelgänger“ durch Berücksichtigung des Deckungsgrades „überstimmt“ werden (ELLENBERG 1991). Auch KOHL (2000) stellt bei seinen Untersuchungen zur Vegetation als Indikator für die Abflussbildung fest, „dass für die Indikation eines Standortes ausschließlich Bodenfaktoren in Frage (Feuchtigkeit, Humusgehalt und Dispersität) kommen. Die Gegenüberstellung dieser Zeigerwerte mit den gemessenen Abflusskoeffizienten ergab für die ungewichtete, also rein qualitative Berechnung den besten Zusammenhang.“ (KOHL 2000). So gesehen stehen die Zeigerwertanalysen als wertvolle, qualitative Ergänzung zu den durchgeführten vegetations- und bodenkundlichen Arbeiten.

Im **Untersuchungsgebiet Galina** wurden zusätzlich die Linientransekte der Flächen 4 und 2 genauer auf ihre Aussagekraft über die Zeigerwerte überprüft und dargestellt.

Im **Untersuchungsgebiet Großglockner** wurde bei der Fläche Mittertörl eine Unterteilung der Zeigerwertanalysen in Rasenziegel- und belassene Streifen vorgenommen.



### 2.2 Bodenkundliche Untersuchungsmethoden

#### 2.2.1 Untersuchungen im Gelände

Die feldbodenkundlichen Untersuchungen wurden nach den Richtlinien von BLUM, SPIEGEL, WENZEL (1996) durchgeführt. Es wurden in jeder der Untersuchungsflächen ein Leitprofil ausgehoben und mindestens zwei weitere Gruben zur Probenentnahme geöffnet. Als Tiefenstufen für die Entnahme von Stechzylinderproben wurden 0 – 10 cm, 10 – 20 cm und 20 – 40 cm gewählt.

#### 2.2.2 Laboruntersuchungen

Die Untersuchungen der chemischen Parameter erfolgten durch das Land- und Forstwirtschaftliche Versuchszentrum Laimburg (Autonome Provinz Bozen-Südtirol), jene der bodenphysikalischen Parameter wurden vom Institut für Lawinen- und Wildbachforschung, Innsbruck, der Forstlichen Bundesversuchsanstalt durchgeführt.

##### 2.2.2.1 Nährstoffgehalte

Der N-Gehalt wurde mit Hilfe eines LECO FP 2000 ermittelt. Der Gehalt an Phosphor wurde nach der CAL-Methode bestimmt (SCHLICHTING et al. 1995). Nach der gleichen Methode erfolgte die Ermittlung des K<sub>2</sub>O-Gehaltes.

##### 2.2.2.2 pH-Wert

Die Bestimmung dieses Wertes erfolgte nach ÖNORM 1083-89 unter Verwendung von 0,01 M CaCl<sub>2</sub>.

##### 2.2.2.3 Humusgehalt

Zur Bestimmung des Humusgehaltes wurde die entsprechende Bodenprobe auf eine Temperatur von 650° C erhitzt und der Gehalt an organischer Substanz mit Hilfe eines Analysators des Typs LECO RC 412 ermittelt.

##### 2.2.2.4 Korngrößenverteilung, Lagerungsdichte, Feststoffdichte

Die Korngrößenverteilung der untersuchten Böden erfolgte mittels Fingerprobe. In ausgewählten Flächen erfolgte die Bestimmung modifiziert nach ÖN L 1061 in drei Schritten:

- Siebung der lufttrockenen Bodenprobe auf 2 mm
- Fraktionierte Siebung des Siebdurchganges zwischen 2 mm und 40 µm
- Ermittlung der Feinstfraktion < 40 µm mit dem Particle Size Analyzer der Type SHIMADZU SA-CP2/10 (Bestimmung der Korngröße nach dem Prinzip der Lichtbrechung über ein kombiniertes Sedimentations- und Zentrifugationsverfahren).

Die Bestimmung der Lagerungsdichte erfolgte nach Ö-Norm L 1068. Die Feststoffdichte wurde modifiziert nach Ö-Norm L 1068 im Flüssigkeitspyknometer durchgeführt. Statt Aqua dest. wurde Xylol verwendet.

### 2.2.2.5 pF-Kurven

Die Bestimmung der pF-Kurven erfolgte in drei Schritten:

- Entwässerung der gesättigten Zylinderproben am Unterdruckkapillarimeter nach NEUWINGER-RASCHENDORFER und CZELL (1965) bei definierten Unterdrücken (10, 50, 100, 150 mbar).
- Entwässerung ungestörter gesättigter Zylinderproben bei definiertem Überdruck in der Druckplattenapparatur (DPA) nach RICHARDS bei 330 mbar konform zur ÖN L 1063.
- Entwässerung gestörter (auf 2 mm gesiebter) gesättigter Proben in der DPA bei 3 und 15 bar Überdruck gemäß ÖN L 1063.

### 2.2.3 Wurzeluntersuchungen

Die Probennahme erfolgte in Anlehnung an verschiedene, bei BÖHM (1979) genannte Methoden. Ein U-förmiges Metallstück von ca. 30 cm Länge, 7,4 cm Breite und 3,7 cm Höhe wird in die Profilwand eingeschlagen. Der Bodenkörper wird herauspräpariert, sodass ein Quader entnommen werden kann, der über eine Tiefe von 30 cm reicht. Die den einzelnen Tiefenschichten entsprechenden Teile – 0-5, 5-10, 10-20 cm – wurden vor Ort getrennt und in beschriftete Säcken verpackt. Es wurden jeweils 3 Parallelproben an verschiedenen Stellen des Untersuchungsgebietes genommen. Beprobte wurden die Untersuchungsflächen am Großglockner und am Felbertauern.

Die Wurzelproben wurden unter leicht fließendem Wasser über einem 2 mm-Sieb von der Erde befreit. Die Längenmessung erfolgte mit einem  $\Delta$ -T Area Meter von Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK. Die Bestimmung der Wurzelmasse erfolgte durch Trocknen der Proben bei einer Temperatur von 80° C bis zur Gewichtskonstanz und anschließendes Abwiegen.

#### **Ergänzung zu den bodenkundlichen Untersuchungen**

Durch den z.T. sehr hohen Skelettgehalt, das Vorhandensein von holzigen Wurzeln und die starke Verdichtung in unteren Bodenschichten war es nur in sehr eingeschränktem Maß möglich, Volumsproben zu gewinnen. Dieser Umstand führte dazu, dass die daraus zu gewinnenden Werte wie z.B. pF-Kurven, kf-Werte und Lagerungsdichte in den meisten Fällen nicht erhoben werden konnten.

## 3 Untersuchungsgebiete

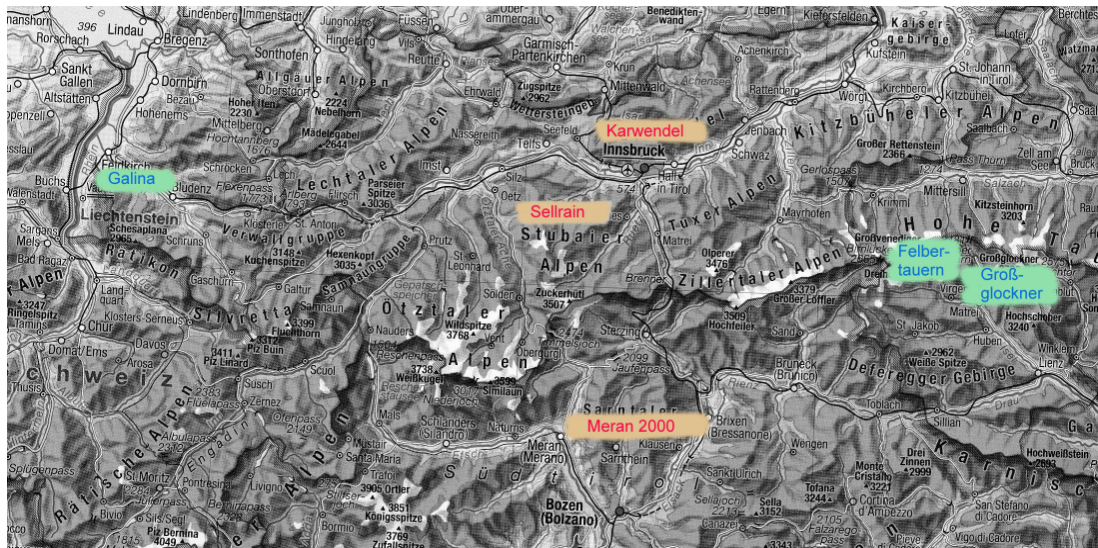
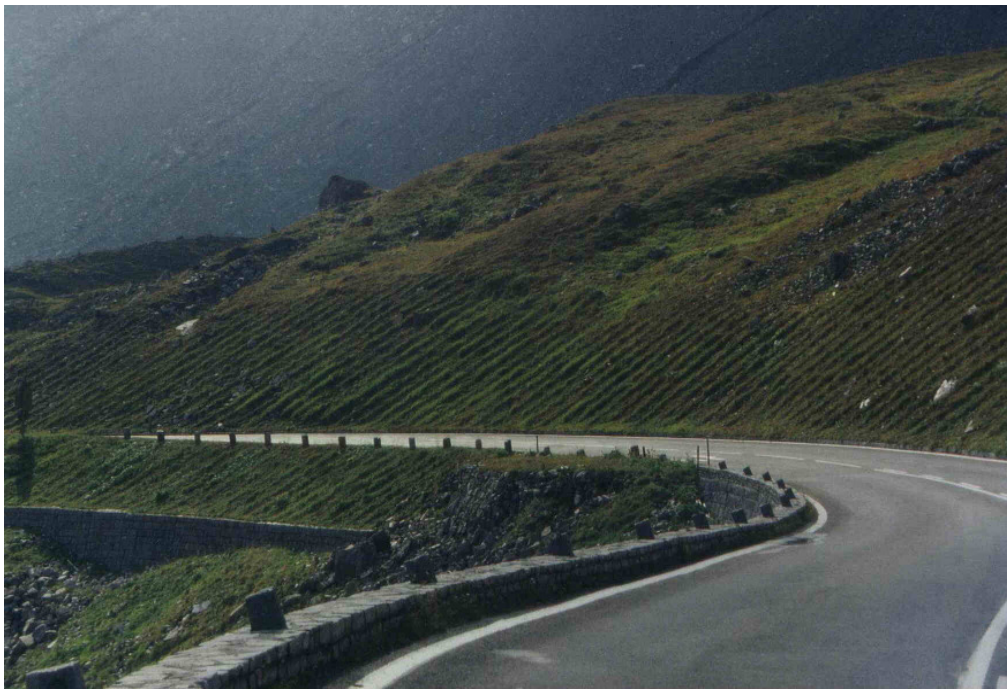


Abbildung 1: Lage der Untersuchungsgebiete (rot entspricht den unbehandelten, grün den behandelten Flächen)

### 3.1 Großglockner Hochalpenstraße / Salzburg

Der Bau der Großglockner-Hochalpenstraße datiert aus den frühen 30er Jahren. Im Verlauf des Bestehens dieser bedeutenden Verkehrsverbindung wurden verschiedene Techniken der Wiederbepflanzung von Böschungen angewandt. Ziel dieser Untersuchungen ist es den Erfolg der unterschiedlich erfolgten Wiederbegrünungsmethoden zu untersuchen.

An der Großglockner Hochalpenstraße wurden 2 Untersuchungsgebiete ausgewählt: Das Untersuchungsgebiet „Mittertörl“ (siehe Abbildung 2) liegt auf etwa 2370 m und zeigt eine Bepflanzung aus den späten 60er Jahren. Es handelt sich um eine Böschung, die mit ca. 50 cm breiten Streifen der ursprünglichen, vor Baubeginn abgetragenen Vegetation bepflanzt wurde. Zwischen den einzelnen Streifen wurden ebenfalls ca. 50 cm breite Streifen nackter Erde belassen. Hier wurde weder eingesät noch gedüngt. Dadurch kann die Dauer bzw. der Erfolg natürlicher Wiederbesiedlung in über 2000m Höhe untersucht werden. Die Exposition der Straßenböschung beträgt ca.  $131^\circ$  und weist eine Neigung von etwa  $35^\circ$  auf.



**Abbildung 2:** Blick auf die Straßenböschung beim Mittertörl – Großglockner-Hochalpenstraße/ Salzburg

### Natürliche Vegetation Mittertörl:

Das Untersuchungsgebiet Mittertörl liegt in einer Höhe von 2300m, im Bereich der alpinen Rasen. In dieser Höhenlage sind Krummseggenrasen weit verbreitet, stellenweise sind sie mit Borstgrasrasen oder Zwergstrauchgesellschaften verzahnt. Ein wesentlicher Faktor für die Verzahnung von Pflanzengesellschaften in alpinen Höhen ist das Kleinrelief und damit verbundene Klimafaktoren wie Wind, Strahlung und Schneedecke. So sind mosaikartige Verzahnungen von Rasen, Zwergstrauchheiden unterschiedlichster Ausprägung und Schneetälchen innerhalb weniger Meter keine Seltenheit.

Im direkten Böschungsbereich handelt es sich um eine flechtenreiche, z. T. zwergstrauchreiche Gesellschaft des *Loiseleurio-Cetrarietum* (Alpenazalee-Windheiden) BR.-Bl- et al. 1939 bzw. *Loiseleurio-Caricetum curvulae* (Windkantenrasen mit Krummsegge) Pitschmann et al. 1980. Das *Loiseleurio-Caricetum curvulae* besiedelt Windkanten im Bereich des Krummseggenürtels und zeichnet sich vor allem durch das Auftreten von Zwergsträuchern aus. Die Gmsheidenspalier oder Alpenazaleen-Windheiden überziehen als dichte, geschlossene Teppiche schneefreie exponierte Grate, Rücken und Hänge oder überziehen in kleine Treppen aufgelöst die Luvseiten großflächiger Windkanten bzw. Windberge (GRABHERR 1993).

In unserem Fall dominiert die Gmsheide (*Loiseleuria procumbens*) den direkten Windkantenbereich. Weiters noch mit größerer Deckung vorkommend sind Alpen-Rauschbeere (*Vaccinium gaultherioides*), Bärentraube (*Arctostaphylos alpina*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) und auch zahlreiche Flechten, so *Cetraria islandica*, *Cetraria nivalis*, *Alectoria ochroleuca* und *Thamnolia vermicularis*. Ebenfalls noch häufig vorkommend sind Zwerg-Primel (*Primula minima*), Bunthafer (*Avenula versicolor*), Felsen-Straußgras (*Agrostis rupestris*), Stengelloses Leimkraut (*Silene acaulis*), Quendel-Weide (*Salix serpyllifolia*), Zwerg-Augentrost (*Euphrasia minima*) und Knöllchen-Knöterich (*Persicaria vivipara*).

Die zweite Untersuchungsfläche liegt etwas tiefer im Bereich der sogenannten **Hexenküche** (siehe Abbildung 3) auf etwa ca. 2100 m. Die Arbeiten stammen aus den 80er Jahren, wobei die Begrünung mit Rasenziegeln aus ästhetischen Gründen nicht mehr streifenförmig, sondern unregelmäßig fleckenförmig aufgebracht wurde. Außerdem wurden die vegetationslosen Zwischenräume eingesät. Hier liegt der Schwerpunkt der Untersuchungen auf der Effizienz der ausgebrachten Samenmischungsarten und ihre Einbindung mit den Rasenziegeln aus der natürlichen Vegetation.

Die für diesen Straßenabschnitt zusammengestellte Saatgutmischung setzt sich folgendermaßen zusammen:

Poa alpina 70%

Festuca nigrescens 20%

Avenella flexuosa 10%

+ 4 kg Trifolium repens

+ 2 kg Lotus corniculatus

+ geringe Mengen an Trifolium badium (Mitteilung Dr. B. Krautzer - BAL Gumpenstein)



Abbildung 3: Blick auf die Straßenböschung an der Hexenküche – Großglockner-Hochalpenstraße / Salzburg

### Natürliche Vegetation Hexenküche:

Die umgebende Vegetation im Bereich des Untersuchungsgebietes Hexenküche setzt sich aus unterschiedlichen Typen zusammen. So ist ein zwergstrauchreicher Bereich zu nennen, der sich hauptsächlich aus Besenheide (*Calluna vulgaris*), Alpen-Rauschbeere (*Vaccinium gaulttherioides*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) und Gensheide (*Loiseleuria procumbens*) im Unterwuchs zusammensetzt. Dieser Vegetationstyp, ein Junipero-Arctostaphyletum Br.-Bl. ex Haffter in Br.-Bl. et al. 1939 gehört zum Verband Juniperon nanae Br.-Bl. 1939 (Zwerg-Wacholderheiden). In der Literatur wird bemerkt, dass nur selten von einem Junipero-Arctostaphyletum s.str. gesprochen wird. Wesentlich öfter wird das Auftreten reiner *Calluna*-Heiden betont (GRABHERR 1993).

Auch in unserem Fall ist die Besenheide (*Calluna vulgaris*) dominierend und wie schon kurz beschrieben sind auch andere Zwergsträucher am Bestandaufbau beteiligt.

An diesen zwergstrauchreichen Bereich anschließend findet sich eine von Leg-Föhre (*Pinus mugo*) dominierte Fläche. Als letzter Vegetationstyp ist ein Borstgrasrasen aus dem Verband Nardion strictae Br.-Bl. 1926 (Bürstlingsrasen) zu nennen, der für diese Höhenlage typisch ist. Bürstlingrasen zählen zu den großflächigsten Pflanzengesellschaften der subalpinen und unteren alpinen Stufe und beherrschen die Weideflächen der Almregion (GRABHERR 1993). Der Bürstling (*Nardus stricta*) dominiert, jedoch sind beigemischte Zwergsträucher nicht selten, wie es auch in diesem Fall ist. Der Bürstlingrasen kommt überall vor, wo Beweidung und Mahd möglich ist, und zeigt keine Präferenzen hinsichtlich Exposition, Neigung und Lage im Gelände (GRABHERR 1993).

In unserem Fall handelt es sich um ein Sieversio-Nardetum strictae Lüdi 1948 (Subalpin-alpine Bürstlingsweiden und -mähder) mit einer süd bis süd-west Exposition und einer Neigung von 35-45 °. Die untersuchten Flächen sind von Borstgras (*Nardus stricta*) dominiert, jedoch sind Zwergsträucher wie rostblättrige Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*), Besenheide (*Calluna vulgaris*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) und Alpen-Rauschbeere (*Vaccinium gaultherioides*) häufig und mit größerer Dominanz beigemischt.

Weiters noch häufiger vorkommend sind Silberdistel (*Carlina acaulis*), Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*), Berg-Nelkenwurz (*Geum montanum*), Horst-Segge (*Carex sempervirens*) und Blutwurz (*Potentilla erecta*) um nur einige zu nennen.

### 3.2 Galina / Vorarlberg

Der Galinabach hat sein Quellgebiet im nordöstlichen Hang des 2200 m hohen Galinakopfes. Sein Oberlauf ist ca. 3,6 km lang und durchfließt in NNO-Richtung ein tief eingeschnittenes Tal. Der Mittellauf erstreckt sich über etwa 2 km durch eine felsige Schlucht, der Unterlauf mündet nach weiteren 1,2 km in die Ill. Das Einzugsgebiet des Galinabaches beträgt rund 10,8 km<sup>2</sup>.

Geologisch gesehen ist das Gebiet in zwei Zonen zu unterteilen: Der obere Teil des Oberlaufes besteht überwiegend aus Triasformationen, die wiederum größtenteils von Dolomit geprägt sind. Die unteren Teile des Galinabaches befinden sich hingegen in der Flyschzone.

Im oberen Teil des Galinatals gibt es große Schutthalden, welche durch den Moränenwall des Galinagletschers zurückgestaut werden, während weiter talauswärts die Moränen des Illgletschers dominieren. Oberhalb des Anbruches des Filpritter Tobels findet sich der Moränenwall des kleinen lokalen Rossboden-Gletschers.

Dieser **Filpritter Tobel** stellt auch das Hauptuntersuchungsgebiet in der Galina dar (siehe Abbildung 5). Weitere, ergänzende Untersuchungen wurden in den bachaufwärts anschließenden Runsen F und G durchgeführt.

Das große Erosionspotenzial zwang schon Ende des 19. Jahrhunderts dazu, nach Lösungen für eine dauerhafte Verbauung zu suchen. Die Schwierigkeit dabei lag vor allem in der Steilheit und Größe der Abbrüche. Erst die in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts (siehe Abbildung 4) durchgeführte Kombination von Sperren und verschiedenen ingenieurbioologischen Maßnahmen wie Cordons nach PRAXL, Heublumensaat und Gehölzpflanzungen stabilisierte die Hänge. Gerade diese Verbindung von unterschiedlichen Methoden in einer ingenieurbioologischen Behandlung, aber auch das Alter der durchgeführten Arbeiten machen die Galina zu einem interessanten Untersuchungsgebiet.



**Abbildung 4:** Der Filpritter Tobel 1955 (Foto der Gebietsbauleitung Bludenz für Wildbach- und Lawinenverbauung)

Es wurden zur genaueren Untersuchung sechs verschiedene Flächen ausgewiesen, die folgendermaßen charakterisiert sind:

**Fläche 1** macht den weitaus größten Teil – ca. 80 % - des Filpritter Tobels aus und ist gekennzeichnet durch das Vorhandensein von (gepflanztem) Mischwald.

**Fläche 2** ist westexponiert, die darauf wachsenden Bäume sind recht klein geblieben, dominierend treten hier die krautigen Pflanzen in Erscheinung.

**Fläche 3** liegt in einer kleinen Runse innerhalb des Filpritter Tobels und zeichnet sich durch den recht kümmerlichen Wuchs der darauf vorkommenden Gehölzpflanzen aus.

**Fläche 4** ist v.a. von Moosen bewachsen, die schlecht aufkommenden Fichten zeigen deutlichen Sichelwuchs

**Runse F** ist nord- bis westexponiert und zum größten Teil unbewaldet; es treten vereinzelte Bläiken auf, in der Mehrheit erscheint die Fläche jedoch gut bewachsen.

**Runse G** wurde nicht verbaut und präsentiert sich fast vegetationsfrei.



Abbildung 5: Der Filpitter Tobel (Galina) / Vorarlberg im Jahr 2000

### Natürliche Vegetation:

An die Verbauungen östlich angrenzend findet sich ein Schneeheide-Bergföhrenwald (*Erica carnae*-Pinetum *uncinatae* Br.-Bl. in Br. Bl. et al 1939 corr. Wallnöfer hoc loco et nom. inv.), der wie schon GROHMANN (2000) erwähnt, in den Ostalpen sehr selten vorkommt. Das *Erico*-Pinetum *uncinatae* besiedelt flachgründige und trockene, vielfach südlich exponierte Standorte auf Kalk-, Dolomit- oder Gips-Unterlage, auch Hangschutt. Flachgründige, skelettreiche Böden mit unterschiedlich mächtiger Humusauflagen (z.B. Moderrendsinen) herrschen vor (MUCINA, GRABHERR, WALLNÖFER 1993). Besonders bemerkenswert ist auch die Resistenz gegenüber Übersättigung (REISIGL & KELLER 1989). Die Spirke (*Pinus uncinata*) ist hier mit Fichte (*Picea abies*), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Mehlsbeere (*Sorbus aria*) und Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*) vergesellschaftet. Im Unterwuchs finden sich häufig Besenheide (*Erica carnea*), Zwerg-Mehlsbeere (*Sorbus chamaemespilus*), Felsenbirne (*Amelanchier ovalis*), Steinbeere (*Rubus saxatilis*) und behaarte Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*). An der anderen Seite der Verbauung schließt ein Fichtenwald an, in dem einzelne Tannen und Buchenexemplare zu finden sind. Oberhalb des Anbruches auf dem Rossboden schließt eine Weide an.

### 3.3 Felbertauern / Salzburg – Tirol

Die beiden Untersuchungsflächen an der Felbertauern-Straße erlauben die Untersuchung von Saatgutmischungen, die vor über 30 Jahren bzw. erst vor wenigen Jahren zur Begrünung der Trasse für die Transalpine Ölpipeline verwendet wurden.

Auf der **nördlichen** Seite des Tunnels wird eine Weidefläche untersucht (siehe Abbildung 6), die Anfang der 90er Jahre im Zuge von Sanierungsarbeiten an der Ölleitung aufgegraben und mit einer handelsüblichen Saatgutmischung neu eingesät wurde. Es kann somit hier die Beständigkeit



## Untersuchungsgebiete

handelsüblicher Saatgutmischungen auf Wiederbegrünungen untersucht werden. Die Untersuchungsfläche liegt an einem flach geneigtem Hang mit einer Neigung von 10 bis 25 ° und einer Südwest-Exposition. Die eingesäten Bereiche fallen durch ihre ebene, glatte Vegetationsfläche auf. Die typische leicht hügelige Struktur der Weide ist verschwunden, ebenso die Steinhäufen und einzeln vorkommende Zwergsträucher wie Wacholder (*Juniperus communis*). Mit der Planierung dieser eingesäten Bereiche fehlen die für die Weideflächen angepassten Arten wie z.B. Zwergsträucher an trockeneren, steinigen Stellen.



Abbildung 6: Untersuchungsgebiet Nordflähe Felbertauern / Salzburg-Tirol

Auf der **Südseite** des Felbertauerntunnels erstreckt sich in einer Höhe von ca. 1600 m über eine Länge von mehreren hundert Metern ein Streckenabschnitt, der seit der Errichtung der Pipeline Ende der 60er Jahre nicht mehr aufgegraben wurde. Die Bewirtschaftung beschränkt sich auf die Mahd, was einen Einblick in den Erfolg der damaligen Einsaat ermöglicht.

Das südlich gelegene Untersuchungsgebiet hat eine Exposition von 140° und liegt als Schneise in einem Fichtenforst, wobei an der südöstlichen Seite nur noch ein schmaler Streifen an Bäumen diesen Begrünungsstreifen von einer Schlagflur mit zahlreichen Hochstauden trennt. Dieser Wiederbegrünungsstreifen ist etwa 9 m breit, gut bewachsen und hat eine leichte Hang-Mulde-Hangsituation. In einer Tiefe von etwa 1 m liegen die Rohre der Pipeline. An drei Stellen liegen größere Felsbrocken, wo sich die weiße Pestwurz (*Petasites albus*) gut verbreiten konnte. Eine Stelle ungefähr in der Mitte der Fläche ist fast nur von der verschiedenblättrigen Kratzdistel (*Cirsium heterophyllum*) bewachsen, an einer weiteren Stelle am oberen Ende der Fläche dominieren ebenfalls noch einmal die weiße Pestwurz (*Petasites albus*) und der Hain-Schachtelhalm (*Equisetum pratense*).



Abbildung 7: Untersuchungsgebiet Südfläche Felbertauern / Tirol

#### Natürliche Vegetation:

Die natürliche Vegetation des nördlich gelegene Untersuchungsgebietes ist ein Sieversio-Nardetum strictae Lüdi 1948 mit typischer Artenkombination. Die Fläche hat eine leichte hügelige Struktur, ist stellenweise steinig und wird gegen Hangoberseite immer zwergstrauchreicher. In diesem Bereich finden sich auch einzelne *Picea abies* (Fichte) Exemplare. Das südliche Untersuchungsgebiet ist von einem Fichtenforst umgeben.

### 3.4 Karwendel / Tirol

Es handelt sich hierbei um einen oberhalb von Innsbruck gelegenen Hangbereich in ca. 2000 m ü.NN. Der Untergrund besteht aus Kalk, die Hangneigung liegt bei 35 bis 45°. Der gesamte Bereich bildet einen Bogen, dessen Exposition von SW nach SO liegt und durch die starke, kaum von Mulden unterbrochene Abschüssigkeit bis ins Inntal auf 500 m ü. NN gekennzeichnet ist. Die etwa 200m oberhalb des Untersuchungsgebietes anschließenden Felsen bieten dem Schnee kaum Halt und bedingen dadurch in niederschlagsreichen Wintern ein starkes Schneegleiten in die darunter liegenden Flächen. Es wurden in diesem Gebiet 2 Untersuchungsflächen mit jeweils mehreren Blaikenerosionen untersucht. Im südexponierten Untersuchungsgebiet „Karwendel Süd“ (siehe Abbildung 8) sind es 6, im westexponierten Bereich „Karwendel West“ (siehe Abbildung 9) 8 Erosionsflächen. Die Blaiken wurden in 3 Klassen geteilt:

- 1) Frische, vegetationsfreie Blaiken
- 2) Blaiken, bereits stellenweise wiederbewachsen
- 3) Blaiken, beinahe zur Gänze wiederbesiedelt

Besonderes Augenmerk wurde bei dieser Arbeit auf die Wiederbesiedlung einstiger Blaiken gelegt.



Abbildung 8: Erosionsfelder Karwendel Süd bei Innsbruck / Tirol



Abbildung 9: Erosionsfelder Karwendel West bei Innsbruck / Tirol

### Natürliche Vegetation:

Bei der natürlichen Vegetation in dieser Höhenlage handelt sich um eine Blaugras-Horstseggenhalde, ein *Seslerio-Caricetum sempervirentis* (Br.-Bl. In Br.-Bl. et Jenny 1926).

Die typische Horstseggenhalde ist ein lückiger bis dichter, halbhoher Rasen auf weiten Ruh-schutthalden oder auf Felsmulden und Hängen, die mit Schuttstreu oder Moräne verfüllt bzw.

überdeckt sind. Sowohl das Kalk-Blaugras (*Sesleria albicans*) als auch die Horst-Segge (*Carex sempervirens*) wirken als Schuttstauer und spielen daher bei der Besiedelung von Schutthalden eine große Rolle. Die Ausbildungen reichen daher von flachgründigen Pionierrasen bis zu relativ tiefgründigen Humuskarbonatböden. Durch teils kryoturbat (Heben und Sacken von Boden durch Gefrieren und nachfolgendem Tauen) bedingte Schuttbewegungen kann die Bodenbildung gestört sein, Treppen, Fließwülste und Streifen entstehen (GRABHERR., G & MUCINA, L. 1993). Diese Ausbildung von Pionierrasen bis zu dichten halbhohen Rasen konnte im Untersuchungsgebiet gut beobachtet werden.

### 3.5 Sellrain / Tirol

Das Untersuchungsgebiet „Sellrain“ liegt ca. 30 km südwestlich von Innsbruck. Die zu untersuchende Erosionsfläche (siehe Abbildung 10) befindet sich an einem südlich bis südwestlich gerichteten Hang unterhalb des Schartenkogels (2603m). Die Neigung des Hanges liegt zwischen 30 und 45°, die Vegetation besteht v.a. aus Zwergstrauchheide. Von besonderem Interesse ist eine ca. 800 m<sup>2</sup> große, fast vegetationslose Erosionsfläche auf ca. 2000 m ü.NN, für die keine offensichtlich erkennbaren Ursachen festzustellen sind. Eine Häufung von Anbrüchen mehrere hundert Meter oberhalb dieser Stelle ist wohl auf Schneeschurf zurückzuführen.



Abbildung 10: Erosionsfläche Sellrain / Tirol

#### Natürliche Vegetation:

Die Blaike im Sellrain liegt inmitten einer zwergstrauchreichen Gesellschaft, die dominiert wird von Besenheide (*Calluna vulgaris*), Bärentraube (*Arctostaphylos uva-ursi*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*). Der Vegetationstyp, ein Junipero-Arctostaphyletum Br.-Bl. ex Haffter in Br.-Bl. et al. 1939 gehört zum Verband Juniperon nanae Br.-Bl. 1939.

Die günstigen Süd- und Osthänge an denen sich die Wacholder-Bärentraubenheiden (Junipero-Arctostaphyletum) ausbilden konnten wurden schon sehr früh zur Gewinnung von Weiderasen gerodet. Die heutigen Wacholder-Bärentraubenheiden sind also zum Großteil potentiell Waldgebiet. In der Mehrzahl der Fälle bildet das Junipero-Arctostaphyletum eine Dauergesellschaft oder ein Entwicklungsstadium zurück zum Wald. Der Wacholder vermag nämlich heiße Silikat-Blockschutthalden und Felsen zu besiedeln; in der Nadelstreu kommen die Bärentraube auf; später, wenn sich genügend Humus angesammelt hat, die Vaccinien und die Besenheide. In diesem Stadium gibt die Wacholderheide ein gutes Keimbett für die Nadelbäume ab (REISIGL & KELLER 1989).

### 3.6 Meran 2000 / Südtirol

Das Gebiet Meran 2000 liegt nordöstlich von Meran in der Gemeinde Hafling und umfaßt ein sich Ostnordost-West-südwest erstreckendes Talgebiet zwischen ca. 1800 und ca. 2600 m Meereshöhe in den Sarntaler Alpen. Das Gebiet wird von Naif- und Sinichbach und ihren zahlreichen Zuflüssen entwässert.

Meran 2000 war und ist auch heute noch durch Sommer- und Wintertourismus sehr stark belastet (2000-3000 Touristen pro Tag im Sommer), ebenso wie durch die intensive Beweidung durch Kühe, Schafe, Ziegen und Pferde. Weitere Ursachen für ein gehäuftes Auftreten von Erosionen waren u.a. auch Schießübungen des ital. Heeres, sowie auch die sensible, geologische Zone, in der sich das Gebiet befindet (vgl. BUNZA in CERNUSCA 1984).

Seit Anfang der 80er Jahre wurden umfangreiche Untersuchungen zur Geologie, Boden, Vegetation und Bewirtschaftung durchgeführt, welche wertvolle Grundlagen zu unseren Erosionuntersuchungen darstellen.

#### Fläche 1:

Die Erosionsfläche hat eine durchschnittliche Neigung von etwa 25-30° und ist südlich exponiert. Die natürliche Vegetation in diesem Bereich ist ein Sieversio-Nardetum strictae Lüdi 1948 (Subalpin-alpine Bürstlingsweiden und -mäher), das stellenweise schon sehr verstraucht ist. Es finden sich in unmittelbarer Nähe auch kleinerer Rhododendron Bestände. Auf dieser Untersuchungsfläche ist ein gehäuftes Auftreten von Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*) westlich und unterhalb der Blaike zu bemerken. Sowohl östlich wie auch westlich der Erosionsfläche gibt es nasse Stellen, bzw. kleine Quellaustritte, somit kann das Vorkommen von Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*) zumindest im westlichen Bereich erklärt werden.

Die Erosionsfläche selber ist stellenweise und hier vor allem randlich bereits wieder von einzelnen Arten besiedelt worden. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*), Rot-Straußgras (*Agrostis capillaris*) und Dreiblatt-Simse (*Juncus trifidus*).



Abbildung 11: Untersuchungsfläche 1 Meran 2000 / Südtriol

### Fläche 2:

Die zweite Untersuchungsfläche (siehe Abbildung 12) liegt in der Nähe der Meraner Hütte und hat eine nord-östliche Exposition. Der westliche Rand leitet in ein verstrauchtes Sieversio-Nardetum strictae (Bürstlingsweiden und -mäher), über, während am östlichen Rand ein Rhododendretum ferrugineum (Bodensaure Alpenrosenheiden) anschließt. Im westlichen Erosionsbereich finden sich kleinere Flecken von Alpen-Rauschbeere (*Vaccinium gaultherioides*) und *Alchemilla alpina*. Ein breiterer Streifen mit rostroter Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*) konnte sich vom unteren Rand in die Mitte ziehend erhalten. An diesen bewachsenen Streifen schließt sich ein kleiner Graben an, der hauptsächlich von *Alchemilla alpina*, Alpenmargerite (*Leucanthemopsis alpina*), Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*) und Krainer Greiskraut (*Senecio incanus* ssp. *carniolicus*) besiedelt ist. Der östliche Erosionsbereich ist gekennzeichnet durch einzelne Gräserhorste mit Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*) und Dreiblatt-Simse (*Juncus trifidus*).

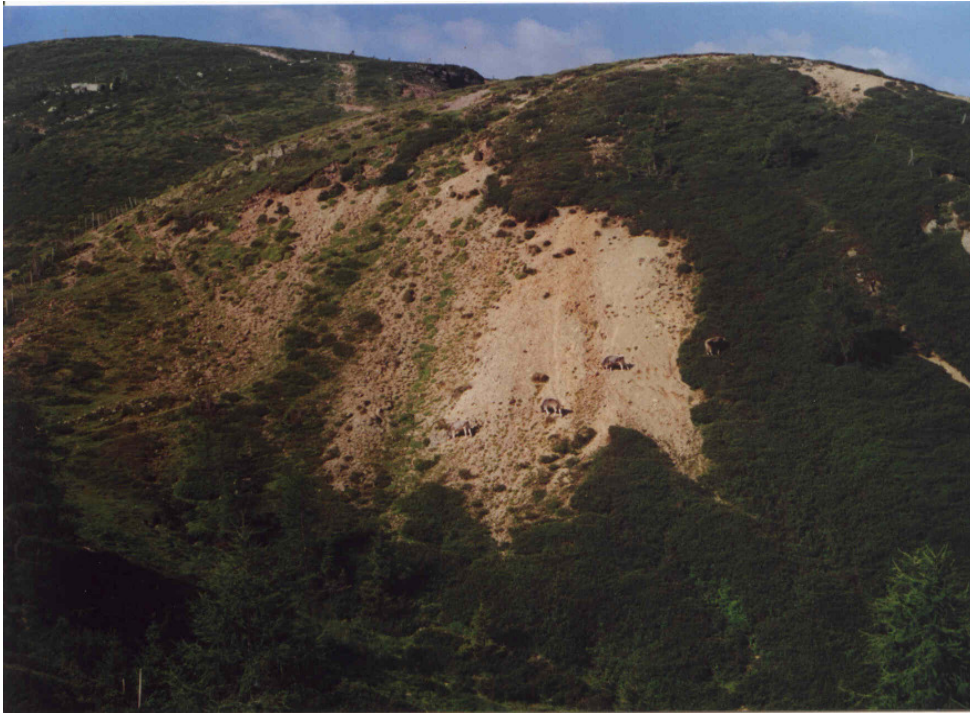


Abbildung 12: Erosionsfläche 2 – Meran 2000 / Südtirol

### Natürliche Vegetation:

Die dominierende Vegetation im Gebiet von Meran 2000 ist ein Sieversio-Nardetum strictae Lüdi 1948 (Subalpin-alpine Bürstlingsweiden und –mäher). Wie schon im Untersuchungsgebiet Großglockner erwähnt zählt der Bürstlingrasen zu den großflächigsten Pflanzengesellschaften der subalpinen und unteren alpinen Stufe und beherrscht die Weideflächen der Almregion (GRABHERR 1993). Der Bürstlingrasen kommt überall vor, wo Beweidung und Mahd möglich ist, und zeigt keine Präferenzen hinsichtlich Exposition, Neigung und Lage im Gelände (GRABHERR 1993). Zugeordnet werden kann dieser Vegetationstyp dem Verband Nardion strictae (Bürstlingrasen) Br.-Bl. 1926

Das Sieversio-Nardetum strictae kommt bei beiden Untersuchungsflächen in der angrenzenden natürlichen Vegetation vor. Es ist eine enge Verzahnung mit Zwergsträuchern in beiden Untersuchungsflächen zu beobachten. In unserem Fall sind dies Besenheide (*Calluna vulgaris*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) und rostblättrige Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*).

Oberhalb der Untersuchungsfläche 2 dominieren Zwergsträucher, wie Alpen-Rauschbeere (*Vaccinium gaultherioides*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und stellenweise Gamsheide (*Loiseleuria procumbens*). Weiters häufig vertreten sind die Dreiblatt-Simse (*Juncus trifidus*) und das Isländisch Moos (*Cetraria islandica*). Pflanzensoziologisch gesehen gehören diese Vegetationseinheiten zu den Alpenazaleen-Windheiden (Loiseleurio-Cetrarietum Br.-Bl. et al. 1939) bzw. den Krähenbeerenheiden (Empetro-Vaccinietum gaultherioides Br.-Bl. in Br.-Bl. et jenny 1926 corr. Grabherr hoc loco).

Die Gamsheidenspalier oder Alpenazaleen-Windheiden überziehen als dichte, geschlossene Teppiche schneefreie, exponierte Grate, Rücken und Hänge oder überziehen in kleine Treppen aufgelöst die Luvseiten großflächiger Windkanten bzw. Windberge. Ihre optimale Entwicklung entfaltet das Loiseleurio-Cetrarietum zwischen 2100 – 2400m. Gemäß dem Kleinrelief und der

damit verstärkt differenzierenden Wirkung vektorieller Klimafaktoren (Wind, Strahlung, Schneeverfrachtung durch Wind) bilden die Zwergstrauchheiden innig verzahnte Mosaik. Auf wenigen Metern verändert sich die Vegetation von einem lückigen *Loiseleurio-Cetrarietum* der Windkante über ein geschlossenes zu einem *Empetro-Vaccinietum* und schließlich zu einem *Vaccinio-Rhododendretum* in der windgeschützten Mulde.

Die Krähenbeerenheiden (*Empetro-Vaccinietum gaultherioides* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926 corr. Grabherr hoc loco) sind im Gegensatz zu den Alpenazaleen-Windheiden (*Loiseleurio-Cetrarietum*) schon erkennbar zweischichtig aufgebaut.

An der östlichen Seite der Erosionsfläche 2 schließlich kommen noch Bodensaure Alpenrosenheiden (*Rhododendretum ferruginei* Rüb. 1911) vor. Das *Rhododendretum ferruginei* ist aufgrund der relativ geringen Kälteresistenz und Resistenz gegenüber Frostrocknis an Schneeschutz im Winter gebunden (GRABHERR., G & MUCINA, L. (1993).



#### A Evaluation der ingenieurbologisch behandelten Flächen

##### 4.1 Großglockner / Salzburg

###### 4.1.1 Vegetationskundliche Untersuchungen Mittertörl

###### 4.1.1.1 Ergebnisse der Vegetationsanalysen

- Auch nach über 30 Jahren ist der Unterschied zwischen den Rasenziegel- und den sich selbst überlassenen Streifen deutlich erkennbar. Die Deckungswerte der Rasenziegelstreifen liegen mit durchschnittlichen 51-75 % deutlich höher als die der sich selbst überlassenen Streifen (5-50 %). Die angrenzende, natürliche Vegetation allerdings weist durchschnittliche Deckungswerte von 4 und 5 auf, was einer Deckung von 51-100 % entspricht (siehe Anhang Frequenz-Transektanalysen Mittertörl).
- Bemerkenswert ist das gehäufte Auftreten von Moosen auf den belassenen Streifen. Der Kryptogamenanteil der Biomasse beträgt für die belassene Fläche knapp über 1000 g/m<sup>2</sup>, während er für den Rasenziegelstreifen bei 48,44 g/m<sup>2</sup> liegt. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass Moose als Primärbesiedler solche Pionierstandorte erschließen. Moose besitzen keine Wurzeln und können so den darunter liegenden Boden nur begrenzt festigen. Sie können bei stärkerem Regen oder Hagelschlag leicht herausgeschlagen werden. Diese offenen Stellen könnten den Beginn einer beginnenden Erosion darstellen. Trotz der stellenweise Dominanz von Moosen auf diesen Flächen konnte keine beginnende Erosion festgestellt werden.
- Zu den Arten die sich gut auf den unterschiedlich behandelten Rasenstreifen verbreiten konnten zählen u.a. *Persicaria vivipara* (Knollen-Knöterich), *Avenula versicolor* (Bunthäfer), *Agrostis rupestris* (Felsen-Straußgras), *Rhacomitrium canescens*, *Leucanthemopsis alpina* (Alpenmargerite), *Trifolium pratense ssp. nivale* (Schneeweißer Wiesenklees), *Euphrasia minima* (Zwerg-Augentrost), *Leontodon hispidus* (Wiesen-Leuenzahn) und *Poa alpina* (Alpen-Rispengras). *Persicaria vivipara* ist in fast allen Pflanzengesellschaften der Alpen zuhause (HARTL & PEER 1989) und besitzt Brutzwiebel, die sich von der Pflanze loslösen und zu neuen Pflanzen heranwachsen. Die Vermehrung von *Poa alpina* erfolgt nicht nur durch Samen, sondern auch vegetativ wie es in den höheren Lagen für das Bestehen einer Art von Vorteil ist. *Agrostis rupestris*, *Avenula versicolor* und *Leucanthemopsis alpina* haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in alpinen Magerrasen, in steinigten Gratlagen und auf frischen bzw. schneefeuchten (*Leucanthemopsis alpina*) Böden, wie sie hier vorkommen.

## 4.1.1.2 Biomassenverteilung

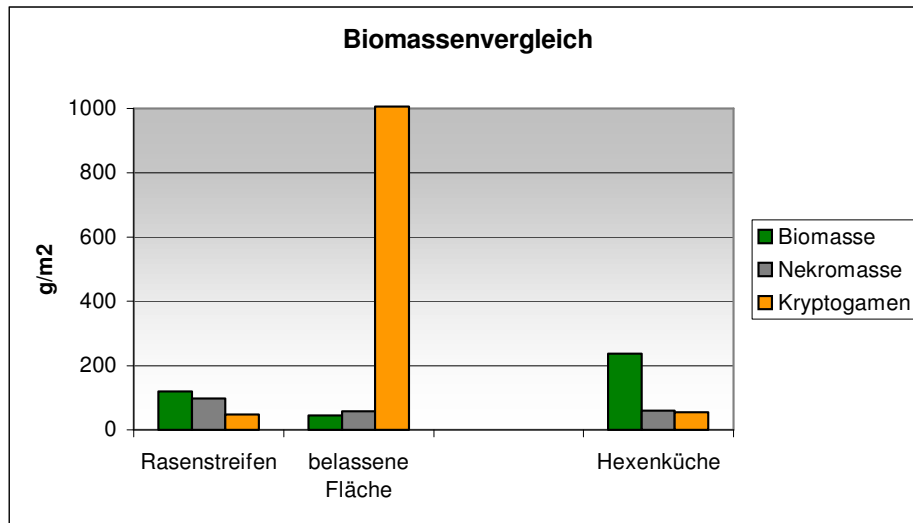


Abbildung 13: Biomassen, Nekromassen- und Kryptogamenvergleich der 3 Untersuchungsflächen am Großglockner / Salzburg

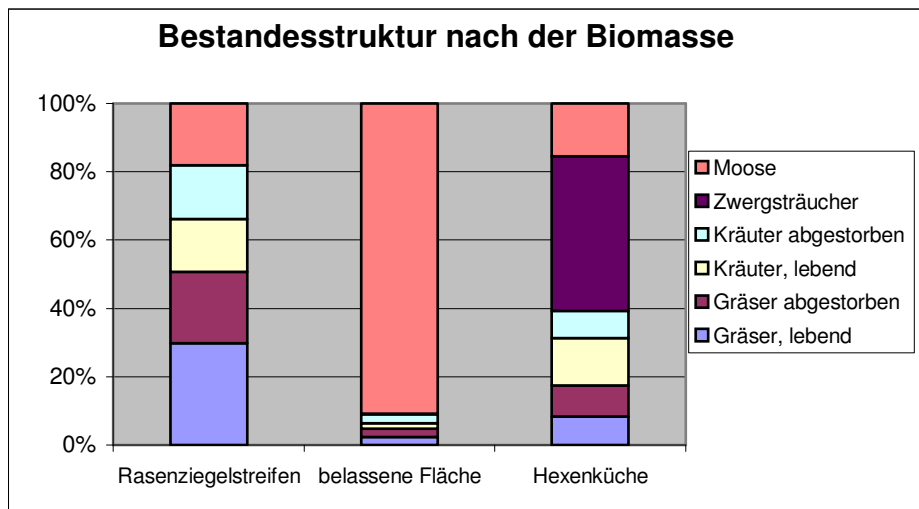
Die Biomasse von Gräsern und Kräutern ist auf dem Rasenziegelstreifen mit  $120 \text{ g/m}^2$  höher als auf dem selbst überlassenen Streifen ( $45 \text{ g/m}^2$ ). Den höchsten Wert, nämlich  $236 \text{ g/m}^2$  erreicht allerdings die Biomasse aus dem Untersuchungsgebiet Hexenküche.

Der Unterschied für die Nekromasse (abgestorbene Pflanzenteile) in den unterschiedlichen Flächen fällt weit weniger gravierend aus. So erreicht die Nekromasse Werte von  $98 \text{ g/m}^2$  auf dem Rasenziegelstreifen,  $57 \text{ g/m}^2$  auf dem belassenen Streifen und  $59 \text{ g/m}^2$  in der Hexenküche (siehe Abbildung 13).

Der Kryptogamenanteil ist mit  $1000 \text{ g}$  auf den belassenen Flächen eindeutig der höchste Wert dieser Analyse. Im Gegensatz dazu liegt der Kryptogamenanteil auf dem Rasenziegelstreifen bei knapp  $50 \text{ g/m}^2$  und bei der Hexenküche bei  $54 \text{ g/m}^2$  (siehe Abbildung 13).

Die Biomassen- und Streuwerte des Rasenstreifens sind durchwegs mit Werten aus der Literatur zu vergleichen. So gibt KLUG-PÜMPEL (in CERNUSCA und SEEBER 1989) für ein *Caricetum curvulae* in den Hohen Tauern auf  $2300 \text{ m}$   $166 \text{ g TS m}^{-2}$  (nur Biomasse der Phanerogamen) für die oberirdische Biomasse und  $332 \text{ g TS m}^{-2}$  Streuvorrat an.

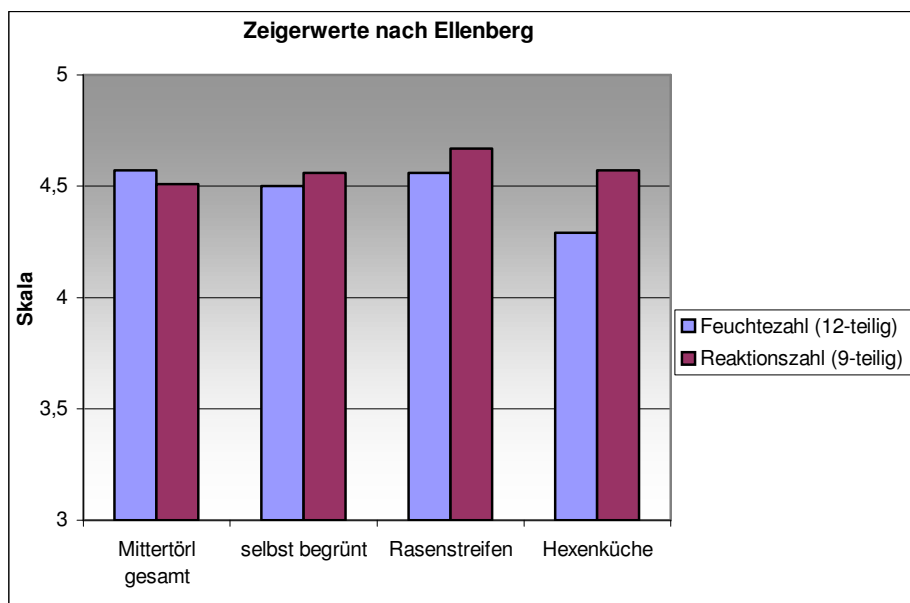
## 4.1.1.3 Bestandesstruktur



**Abbildung 14:** Bestandesstruktur nach der Biomasse: Vergleich Rasenriegelstreifen (Mittertörl)-belassener Streifen (Mittertörl)-Hexenküche

Die Flächen der spontanen (selbst begrünt) Vegetation sind eindeutig moosreicher als die der Rasenriegelstreifen (siehe Abbildung 14). Moose speichern Wasser und schützen den Boden vor abtragender Erosion, wenn auch nur begrenzt. Wenn Moospölster allerdings zu mächtig werden, können andere Arten nur noch schwer einwandern, wie es auch bei diesen Flächen scheint. Im Untersuchungsgebiet Hexenküche nehmen die Zwergsträucher einen größeren Anteil an der Bestandeszusammensetzung ein. Moose kommen hier weitaus geringer vor.

## 4.1.1.4 Zeigerwertanalysen



**Abbildung 15:** Feuchte- und Reaktionszahl nach ELLENBERG (1991)

Die Zeigerwerte nach ELLENBERG und LANDOLT liegen im mittleren Bereich und zeigen keine Besonderheiten. Es handelt sich um mittelfeuchte Böden mit einer geringen bis mittleren Humusdeckung. Weiters sind die Böden durchlässig, skelettreich oder sandig und sehr gut durchlüftet. Einzig die Feuchtezeiger nach LANDOLT liegen für den Rasenziegelstreifen mit 2,3 etwas geringer als beim sich selbst belassenen Streifen mit 2,5 (siehe Abbildungen 15 und 16).

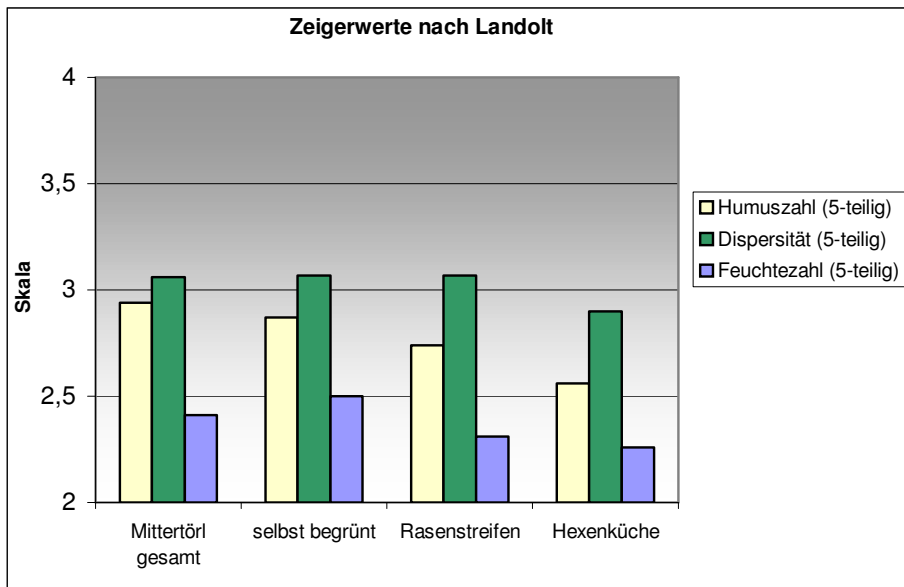


Abbildung 16: Humus-, Dispersitäts- und Feuchtezahl nach LANDOLT (1977)

## 4.1.2 Vegetationskundliche Untersuchungen Hexenküche

### 4.1.2.1 Ergebnisse der Vegetationsanalysen

- Das Untersuchungsgebiet Hexenküche liegt auf 2100 m. Die Rasenziegel wurden nicht mehr streifenförmig, sondern fleckenförmig aufgebracht, die Zwischenräume wurden mit einer Saatgutmischung begrünt. Die Artengarnitur der Wiederbegrünungsfläche (Gräser, Kräuter) setzt sich zwar optisch von der angrenzenden zwergstrauchreichen Vegetation ab, die Bereiche der eingepflanzten Rasenziegel können jedoch kaum mehr von den eingesäten Bereiche unterschieden werden.
- Im Allgemeinen ist die Böschung gut bewachsen und stellenweise von Weiden, wie Schwarz-Weide (*Salix myrsinifolia*) und Bäumchen-Weide (*Salix waldsteiniana*) dicht besiedelt. Einige Stellen, die schütter bewachsen sind und einen offenen Eindruck machen, sind mit Rohbodenpionieren, wie Huflattich (*Tussilago farfara*) und Grannen-Klappertopf (*Rhinanthus glacialis*) besiedelt. In der angrenzenden natürlichen Vegetation gibt es Kahlflächen zwischen den Zwergsträuchern. Abgesehen von den ersten, etwas schütter bewachsenen Metern sind die Deckungswerte mit 4 bis 5, was einer durchschnittlichen Deckung von 51-100 % entspricht, hoch (siehe Anhang Frequenz-Transektanalyse Hexenküche). Erosionen sind auf dieser Böschung, auch an den dünn besiedelten Stellen keine festzustellen.

- Von den aufgebrauchten Samen finden sich hauptsächlich noch *Lotus corniculatus* (gew. Hornklee), *Trifolium repens* (Kriech-Klee) und *Poa alpina* (Alpen-Rispengras). *Festuca nigrescens* (Rotschwengel) und *Avenella flexuosa* (Drahtschmiele) sind nur noch vereinzelt und mit geringer Deckung entlang des Transektes zu finden.

### 4.1.2.2 Biomassenverteilung

Die Biomassen- und Streuwerte der Hexenküche (siehe Abbildung 13) sind durchwegs mit denen einer Almweide mit Arten des Nardetum alpigenum im Gasteiner Tal, Hohe Tauern auf 1960 m zu vergleichen. So liegen die Werte für die oberirdische Biomasse bei 192 g TS m<sup>-2</sup> (nur Biomasse der Phanaerogamen) und die Werte für die Streu bei 110 g TS m<sup>-2</sup>. Eine Übergangsgesellschaft zur Zwergstrauchheide im Gasteiner Tal, Hohe Tauern auf 1800 m weist eine oberirdische Biomasse von 258 g TS m<sup>-2</sup>. Ein Nardetum alpigenum aus dem Wettersteingebirge auf 1930 m weist eine oberirdische Biomasse von 289 g TS m<sup>-2</sup> und einen Streuvorrat von 930 g TS m<sup>-2</sup> (Nekromasse und Streu !) auf (REHDER 1976 in CERNUSCA und SEEBER 1989).

### 4.1.2.3 Zeigerwertanalysen

Die Zeigerwertanalysen nach ELLENBERG (1991) und LANDOLT (1977) zeigen ähnliche Ergebnisse wie die Untersuchungsfläche Mittertörl. Es handelt sich um mittelfeuchte Böden, mit mittlerer Humus, Reaktions- und Dispersitätszahl. Auch hier liegt die Feuchtezahl nach LANDOLT etwas tiefer (unter 2,5) und deutet auf eher trockene Böden hin (siehe Abbildungen 15 und 16).

Auch diese zweite Untersuchungsfläche am Großglockner ist als nicht erosionsgefährdet einzustufen.

## 4.1.3 Bodenkundliche Untersuchungen Mittertörl

Die Untersuchung in den bepflanzt und unbepflanzten Streifen des Mittertörls zeigt einen dunkelgrünlich-braunen Ranker mit einem Skelettanteil bei 1 bis 3 %. Die Aggregate sind krümelig, der Makroporenanteil beschränkt sich im Wesentlichen auf feine Poren (Durchmesser 0,5 – 1 mm). Aufgrund des sehr starken Verkehrsaufkommens (die Großglockner-Hochalpenstraße zählt zu den drei meistbesuchten Attraktionen Österreichs), v.a. aber wegen der zu deutlichen Verzahnung der beiden Streifen, wurde auf eine bodenphysikalische bzw. -chemische Beprobung verzichtet, jedoch die Wurzel-Probenentnahme durchgeführt. Die Bodenentnahme erfolgte mit Hilfe eines Pürckhauer-Bohrers.

### 4.1.3.1 Wurzellängen

Bei der Ermittlung der Wurzellängen bestätigt sich, was schon bei der Probenahme auffiel: im Bereich der unbepflanzten Streifen ist mehr an Wurzeln vorhanden als im bepflanzt Teil. Die Unterschiede beschränken sich zwar nur auf die oberen 5 cm, sind hier aber durchaus eindrucklich (siehe Abbildung 17). Die Gesamtwurzellänge ist im unbepflanzten Teil mehr als doppelt so hoch wie im bepflanzt Teil. Ein Grund könnte in dem vermehrten Vorkommen von Moosen an diesem Standort liegen; diese wurzeln oberflächlich sehr gut, lassen aber in tieferen Bodenzonen fast keine Wurzeln mehr erkennen (siehe Abbildung 17).

Schon in der nächsten Tiefenstufe kehrt sich der Wert der Gesamtwurzellänge um. Dies würde die o.a. These stützen.

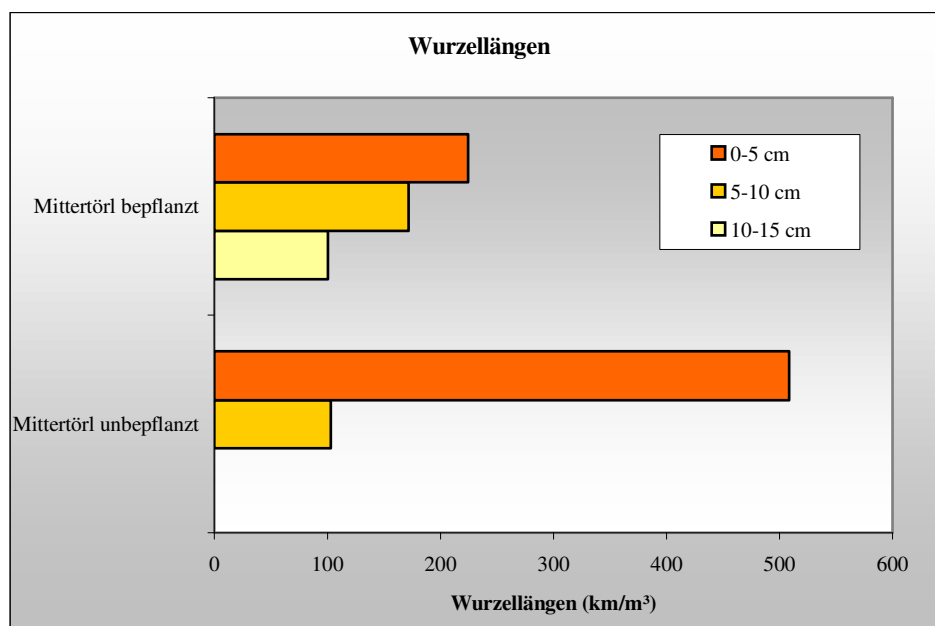


Abbildung 17: Wurzellängen im Untersuchungsgebiet Mittertörl

#### 4.1.3.2 Wurzelmasse

Die enge, fast lineare Korrelation zwischen Wurzelmasse und -länge in diesem Untersuchungsgebiet lassen für die Wurzelmasse ähnliche Aussagen zu wie für die Wurzellängen. Auch bei der Masse zeigen die unbepflanzten Streifen in den oberen Bodenschichten deutlich höhere Werte, wohingegen die bepflanzen Stellen durch eine stetige, wesentlich geringere Abnahme mit der Tiefe erkennen lassen.

#### 4.1.3.3 Chemische Untersuchungen

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen können dem Anhang entnommen werden.

### 4.1.4 Bodenkundliche Ergebnisse Hexenküche

Der Ranker dieser Außenböschung (vgl. Abb. 18) fällt auf durch die dunkle Färbung (10 YR 3/2), die auf einen recht hohen Humusgehalt hinweist. Die Mächtigkeit liegt bei 15 bis 30 cm.



**O<sub>1</sub>** 0,5-0 cm Auflage

**A<sub>h</sub>** 0-18 cm

Skelettärmer Horizont mit sehr dunkel grauer Färbung (10YR3/1), im oberen Bereich sehr starke Durchwurzelung, die nach unten hin abnimmt; Porenanteil hoch

**Abbildung 18:** Profil im Untersuchungsteil Hexenküche

#### 4.1.4.1 Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung zeigt einen sehr geringen Tonanteil von ca. 2 %, Schluff macht ca. 40 % aus, auf Sand entfällt der Rest. Es handelt sich hierbei also um schluffigen Sand. Somit sind hier ähnliche Verhältnisse vorzufinden wie in den beiden anderen Untersuchungsgebieten.

#### 4.1.4.2 Organische Substanz

Der Anteil an organischer Substanz liegt im Bereich des Untersuchungsgebiets „Hexenküche“ bei über 11 %. Nach HIRT 1984 ist der Boden dementsprechend als humusreich zu bezeichnen, was durch die Bodenfarbe (very dark gray – 10 YR 3/1) bestätigt wird.

#### 4.1.4.3 Aggregatstabilität

Die Aggregatstabilität liegt in dieser Untersuchungsfläche bei fast 90 %. Dieser Wert ist sehr gut, wenn er auch nicht zu den Spitzenwerten in den Ergebnissen dieses Forschungsprojektes zählt (z. B. haben die A-Horizonte in Fläche 1 und Runse F in der Galina Werte von über 90 %). Auch am Felbertauern wurden ähnliche hohe Werte gemessen.

#### 4.1.4.4 pF-Kurve

Der Wasserhaushalt im Untersuchungsgebiet „Hexenküche“ weist sehr hohe Gehalte an Wasser bei niederen Drücken auf. So liegt die Maximale Wasserkapazität bei 75 %, dies ist der höchste Wert von allen Untersuchungsgebieten. Auch die Feldkapazität ist mit einem Wert von über 70 % sehr hoch. Erst bei höherem Druck sinkt die Wasser-Kapazität stark und erreicht den Permanenten Welkepunkt bei einem Wassergehalt von unter 10 %, dies entspricht den Werten in der Galina und am Felbertauern.

#### 4.1.4.5 Porengrößenverteilung

Der Anteil an Gröbstporen liegt in diesem Untersuchungsgebiet bei 17 %, der geringste Wert in allen untersuchten Flächen dieses Projekts (siehe Abbildung 19). Aber der Anteil an Grobporen ist mit 40 % der mit Abstand größte auf diesen Flächen. Auch die Mittelporen sind sehr stark vertreten; sie machen 30 % des GPV aus.

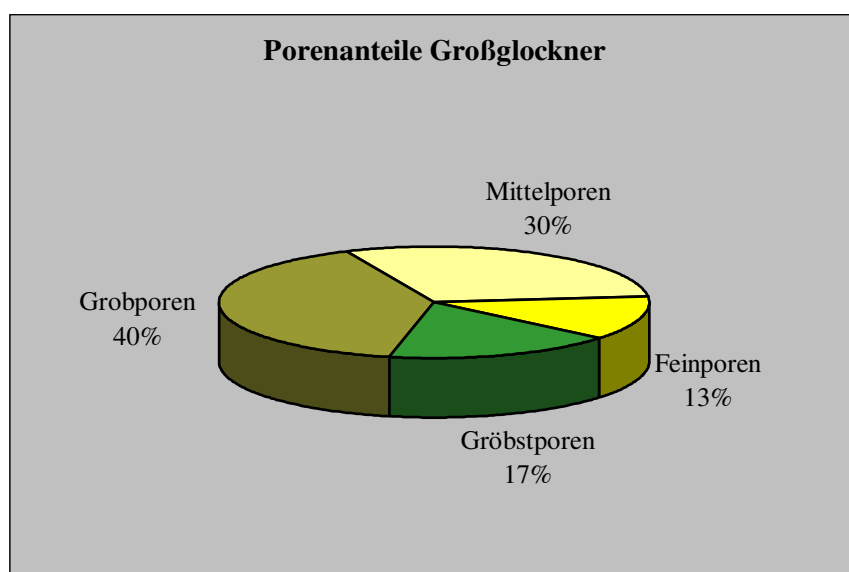


Abbildung 19: Porenanteile in der „Hexenküche“

#### 4.1.4.6 Wurzellänge

Die Wurzellänge in der Hexenküche liegt in den oberen Bodenschichten mit über  $300 \text{ km} \cdot \text{m}^{-3}$  höher als im bepflanzt und niedriger als im unbepflanzten Teil des Mittertörls. Im Bereich unter 5 cm Bodentiefe sinkt die Wurzellänge aber auf einen Wert von weniger als  $50 \text{ km} \cdot \text{m}^{-3}$  ab und liegt damit deutlich niedriger als die Werte der beiden Flächen am Mittertörl.



### 4.1.4.7 Wurzelmasse

Bei der Wurzelmasse liegt der Wert in den oberen Schichten bei fast  $20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , dies entspricht etwa der Wurzelmasse im bepflanzten Teil des Mittertörls. In einer Tiefe von 5-10 cm nimmt er auf unter  $4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  ab und liegt damit deutlich unter jenem für den bepflanzten Teil, aber etwa auf dem Niveau des unbepflanzten Teils der Untersuchungsfläche Mittertörl.

### 4.1.4.8 Chemische Untersuchungen

Die Werte für die chemischen Untersuchungen können dem Anhang entnommen werden.

## 4.1.5 Zusammenfassung

Trotz geringerer Deckung und höherem Moosanteil (mit nur begrenzter Möglichkeit Boden zu festigen) auf den sich selbst überlassenen Streifen am Mittertörl konnte keine beginnende Erosion festgestellt werden. Jedoch ist auch nach über 30 Jahren der Unterschied zwischen den Rasenziegel- und den sich selbst überlassenen Streifen deutlich erkennbar.

Die an der Untersuchungsfläche Hexenküche aufgebraachte Saatgutmischung hat sich gut entwickelt (trotz Ausfallen von *Festuca nigrecens* und *Avenella flexuosa*), die Bereiche der eingesetzten Rasenziegel sind kaum mehr erkennbar. Erosionen sind auf dieser Böschung, auch an den dünn besiedelten Stellen keine festzustellen.

Aus bodenkundlicher Sicht könnten im Untersuchungsgebiet „Mittertörl“ Probleme auf den nicht behandelten Flächenteilen auftreten. Durch die z.T. sehr geringe Durchwurzelung ist die Bodenstabilität nicht zufriedenstellend, was besonders bei Starkniederschlägen zu Problemen führen könnte.

Die Untersuchungen in der „Hexenküche“ zeigen einen ausgesprochen gelungenen Versuch, ehemals vegetationsfreie Fläche in hochgelegenen Gebieten wieder mit Vegetation zu bedecken; der Boden erscheint sehr stabil und gegen Erosion weitestgehend geschützt.

## 4.2 Galina / Vorarlberg

### 4.2.1 Vegetationskundliche Ergebnisse

Unterschiedliche Voraussetzungen liegen den Vegetationsverhältnissen im Untersuchungsgebiet Galina zugrunde. Entscheidend sind Exposition der Flächen, Hangneigung und erfolgte Wiederbepflanzungen bzw. Begrünungen. Die auf den Flächen 2, 3, und 4 gesetzten Bäume (v. a. Fichten) sind großteils klein und kümmerlich geblieben und haben somit auch keine Schutzfunktion gegenüber der darunter liegenden Vegetation.

#### 4.2.1.1 Fläche 1

Fläche 1 (Wald) weist eine gute Altersstrukturierung in den Gehölzen auf. Der krautige Bewuchs hat sich an die vorliegenden Verhältnisse angepasst. Zusammenfassend kann man die Begrünung in dieser Fläche 1 im Untersuchungsteil als sehr erfolgreich ansehen, es sind keine weiteren Arbeiten notwendig. GROHMANN (2001) stellt in seinen Untersuchungen zu diesem Untersuchungsbereich fest, dass insbesondere im südlichen Teil der Rufe Ost auch heute noch große, aktive Erosionsflächen bestehen. Hier ist die Übersteilung am größten und die am Moränenwall liegende Abbruchkante am höchsten. Es ist mit einem weiteren natürlichen Abböschern der Abbruchkante zu rechnen.

Im nördlichen Teilbereich hat der gut entwickelte, mehrschichtige Bestand die Schutzfunktion voll übernommen. Die Stämme bremsen das abgehende Lockermaterial, es kommt zu einer Ablagerung bereits oberhalb der Sperre 53. Die hier dominierenden Arten – Salweide, Bergahorn, Eberesche, Mehlbeere - sind alle an diese Verhältnisse gut angepasst.

#### 4.2.1.2 Fläche 2

Fläche 2 (siehe Abbildung 20) ist west-exponiert und etwas trockener, ähnelt in ihrer Zusammensetzung dem ebenfalls west-exponierten Spirkenwald. Aufgrund der sonnigen Westexposition fallen Moose auf dieser Fläche beinahe zur Gänze aus. Ein weiteres Indiz für eher trockenere Verhältnisse ist das beinahe gänzliche Fehlen von Feuchte- oder Wechselfeuchtezeigern. Dass diese Fläche trotz der geringen Nährstoffgehalte relativ wüchsig erscheint und keine konkrete Erosionsgefahr augenfällig wird, kann auf zwei Faktoren zurückgeführt werden, nämlich die massiven Sperren unterhalb des Hanges und die Westexposition (Ausfallen der Moose, früheres Ausapern der Fläche) dieser Fläche.



Abbildung 20: Fläche 2 – westexponiert

### 4.2.1.3 Fläche 3

Diese Fläche zeigt keine Besonderheiten hinsichtlich Zeigerwerte und vegetationskundlicher Untersuchungen. Die gesamte Fläche ist mit Bäumen bepflanzt, wobei auch hier die Fichten z.T. klein und verkrüppelt geblieben sind. Im Hangbereich wachsen die Bäume zum Teil säbelwuchsartig, was auf abrutschenden Schnee hinweist.

Der Eingriff bei den Gehölzpflanzungen ist hinsichtlich der Zusammensetzung der Bestandesstruktur stellenweise auf dieser Untersuchungsfläche nicht geglückt. Vor allem gedeiht die Fichte auf diesen mageren Böden schlecht. Wie auch GROHMANN (2001) festgestellt hat, wachsen eingewanderte bzw. gepflanzte Spirken auf diesen Böden besser und zeigen eine höhere Vitalität.

### 4.2.1.4 Fläche 4

Die problematischste Untersuchungs-Fläche, was die Erosionsanfälligkeit betrifft, ist zweifellos Fläche 4. Auffallend bei diesem nordexponierten Teil des Filpritter Tobels ist die Dominanz von Moosen und der kümmerliche Wuchs der dort gesetzten Fichten. Nach den Zeigerwertanalysen von ELLENBERG (1991) und LANDOLT (1977) erhalten die Moose auf dieser Fläche einen Wert von 4-6, sie sind somit keine Nässezeiger, sondern Frischezeiger, die auf ein normales Sukzessionsstadium auf eher feuchten, nord-exponierten Flächen hinweisen. Moose bieten anfallenden Samen ein feuchtes Keimbett, vorausgesetzt die Moospölster sind nicht zu dicht und erlauben dem Keimling seine Wurzel in das Erdreich wachsen zu lassen. Eine weitere Eigenschaft von Moosen ist das Fehlen von Wurzeln. Sie sind somit nur begrenzt geeignet Boden zu festigen. Bei einem stärkerem Regen oder Hagelschlag kann das Moos leicht herausgeschlagen werden, die offenen Stellen bieten wiederum Ansatzpunkte für beginnende Erosionen.

Ein weiterer wichtiger Faktor auf dieser Fläche sind der Säbelwuchs der Bäume (siehe Abbildung 21) und zum Teil freigespülte Bäume, die auf Schneegleiten in diesen Bereich hindeuten. Zusätzlich führt das Vorhandensein von meterlangen Zugrissen deutlich vor Augen, dass dieser Bereich akut erosionsgefährdet ist.

Diese Kombination von Zugrissen im Boden, freigespülte Bäumen und moosreichen Flächen lassen die Fläche 4, wie schon erwähnt, erosionsgefährdet erscheinen. Hier erscheinen Nachbesserungen auf jeden Fall notwendig.



Abbildung 21: Freigespülte, verkrüppelt gebliebene Bäume der Fläche 4 - Galina / Vorarlberg

#### 4.2.1.5 Runse F

Runse F (siehe Abbildung 22) erscheint – zumindest im untersuchten westexponierten Teil – stabil und gut bewachsen. Nord-exponiert kommen Moose mit einer weitaus höheren Deckung vor. In diesem, von Moosen dominierten Bereich sind auch vegetationsfreie Stellen zu beobachten. Diese offenen Stellen bieten (wie auch bei Fläche 4) wiederum Ansatzpunkte für beginnende Erosionen. Auch GROHMANN (2001) bestätigt in seinen Untersuchungen sowohl eine dichtere Krautschicht an den westexponierten Flanken wie auch höhere Moosdeckung auf den nordexponierten Flächen. Weiters wird bemerkt, dass die im oberen Teil gepflanzten Spirken verhältnismäßig langsam wachsen, was auf die ungünstige Nordwest- und Nordexposition und die damit verbundene lange Schneelage und den Schneeschub zurückzuführen ist.

Die Moose der Runse F haben laut den Feuchtezeigern Werte zwischen 4 und 6, einzelne Wechselfeuchte – bzw. Feuchtezeiger kommen vor, wie es auch auf der Fläche 4 zu beobachten war. Bestätigt werden diese Ergebnisse durch die Bestandsstrukturanalyse und die Auswertung der Lebensformen für diese Flächen.

Besonders im Vergleich mit der benachbarten, unbehandelten Runse G zeigt Runse F auf sehr eindrückliche Weise, wie erfolgreich hier begrünt wurde (siehe Abbildung 22). Die in den letzten Jahren aufgetretenen Erosionsflächen sind jedoch zu beobachten um bei einer Verschlechterung der Situation rechtzeitig eingreifen zu können.

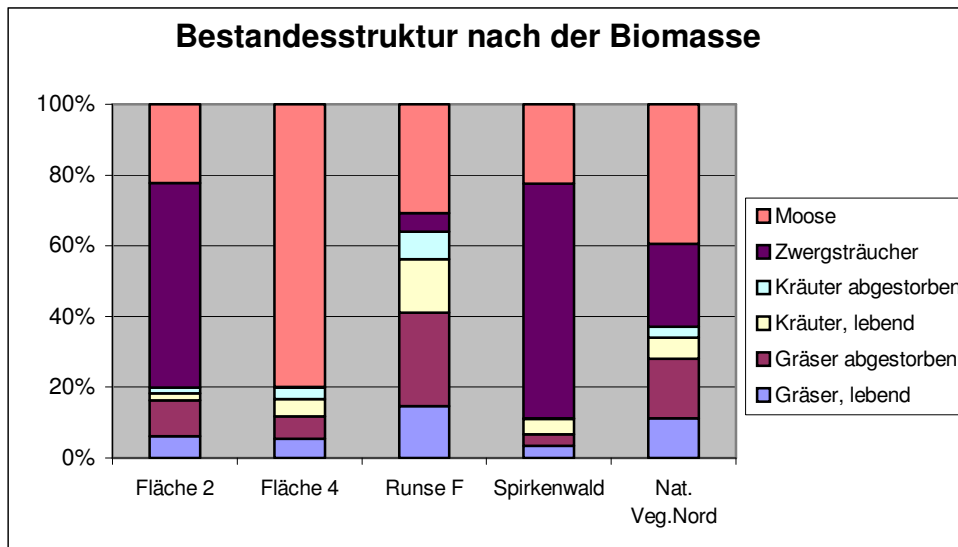


Abbildung 22: Blick auf die Runsen F (links) und G (rechts) - Galina / Vorarlberg

### 4.2.1.6 Runse G

Runse G (siehe Abbildung 22) ist fast völlig frei von Vegetation und sollte, um einen noch weiterreichenden Verlust des Bodens zu verhindern, möglichst rasch gesichert und begrünt werden. Geländebeobachtungen haben ergeben, dass der Anteil an Feinmaterial als (noch) so hoch erscheint, dass eine Begrünung mit verhältnismäßig geringem Aufwand an Humus etc. möglich sein sollte.

## 4.2.1.7 Bestandesstruktur

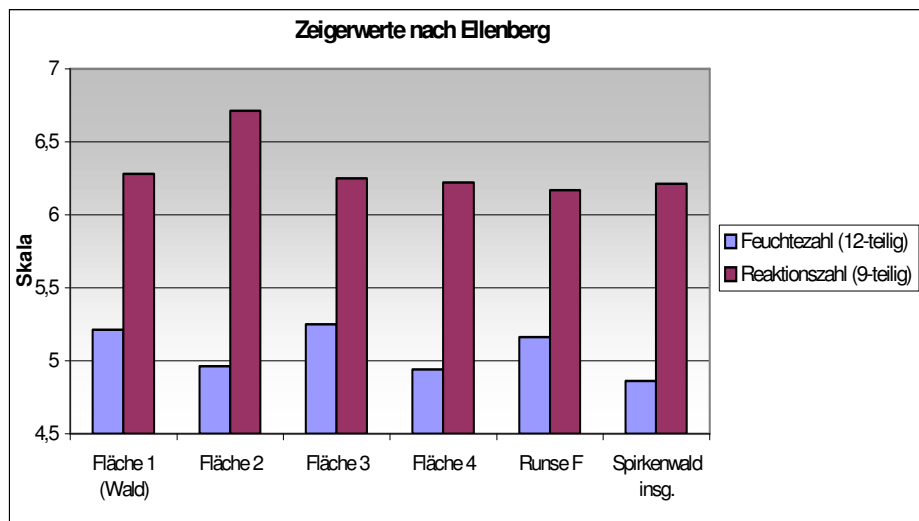


**Abbildung 23:** Vergleich der Bestandesstruktur nach der Biomasse der einzelnen Flächen im Untersuchungsgebiet Galina / Vorarlberg

Eindeutig aus diesem Diagramm (siehe Abbildung 23) zu ersehen ist der hohe Moosanteil der Fläche 4. Bezüglich des Moosanteils und des Anteils der abgestorbenen Gräseranteile sind sich auch die Runse F und die nord-exponierte, natürliche Vegetation ähnlich. Während jedoch bei der nord-exponierten natürlichen Vegetation auch Zwergsträucher häufig vorkommen, sind es bei der Runse F vor allem die Hemikryptophyten die dort häufiger auftreten (siehe auch Biomassenvergleich im Anhang).

Ein weiteres eindeutiges Ergebnis stellt die Ähnlichkeit der Bestandesstruktur-Aufteilung der Fläche 2 und der natürlichen Vegetation des Spirkenwaldes dar. Beide zeigen einen zwergstrauchreichen Unterwuchs, mit ähnlicher Verteilung von Moosen und lebenden Gräsern.

## 4.2.1.8 Zeigerwertanalysen

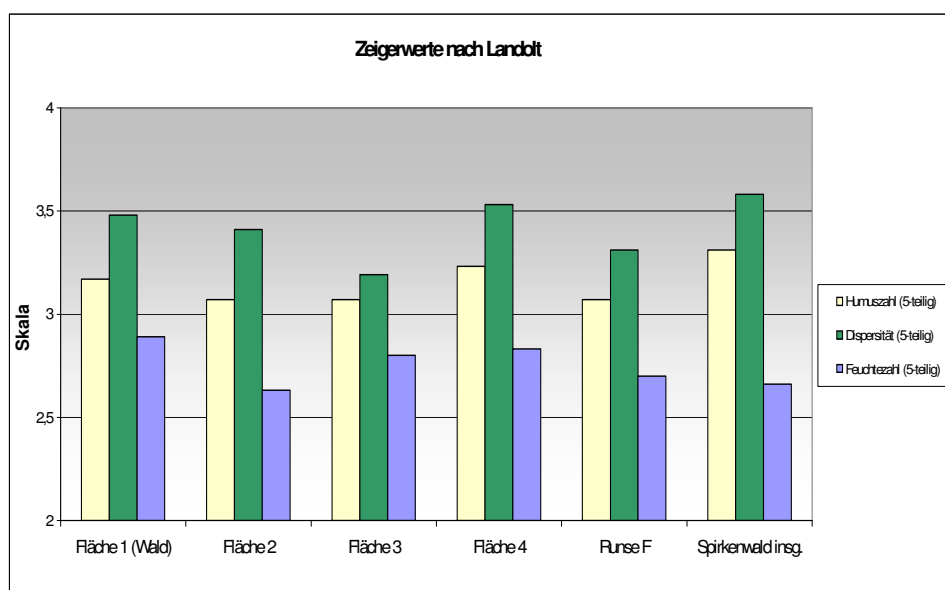


**Abbildung 24:** Feuchte- und Reaktionszeigerwerte nach ELLENBERG für die einzelnen Flächen im Untersuchungsgebiet der Galina / Vorarlberg

Wie aus dem Diagramm (siehe Abbildung 24) zu ersehen ist, haben alle untersuchten Flächen des Filpitter Tobels Feuchtwerte um den Wert 5, d. h. es handelt sich um mittelfeuchte Böden mit einer Artengarnitur, die auf nassen sowie auf öfter austrocknenden Böden fehlen (ELLENBERG 1991). Nach der 5-teiligen Skala von LANDOLT liegen die Flächen zwischen 2,5 und 3, wobei der Wert 3 „Pflanzen auf mässig trockenen bis feuchten Böden, im Allgemeinen mit breiter ökologischer Amplitude; trockene und nasse Böden meist meidend“ bedeutet.

Die einzelnen Flächen liegen mit ihren Werten sehr eng beieinander, wobei die Fläche 2 mit 2,63 am trockensten ist.

Die Reaktionszahl (siehe Abbildung 24) zeigt das Vorkommen der Pflanze im Gefälle der Bodenreaktion und des Kalkgehaltes an (ELLENBERG 1991). Die untersuchten Flächen des Filpitter Tobels haben durchwegs Werte knapp über 6 bis knapp unter 7 (Fläche 2). Der Wert 5 bedeutet Mäßigsäurezeiger, auf stark sauren wie auf neutralen bis alkalischen Böden selten, der Wert 7 zeigt Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger, niemals auf stark sauren Böden (ELLENBERG 1991). Die Fläche 2 erreicht mit 6,71 die höchsten Werte.



**Abbildung 25:** Humus-, Dispersitäts- und Feuchtezeigerwerte nach LANDOLT (1977) für die einzelnen Flächen im Untersuchungsgebiet Galina / Vorarlberg

Die Humuszahl ist charakteristisch für den Humusgehalt des Bodens am Standort der Pflanze. Hohe Humuszahlen deuten auf einen hohen Humusgehalt im Wurzelraum der Pflanze hin, niedere Zahlen auf geringe oder fehlende Humusbeimischung (LANDOLT 1977). Die Werte der Flächen 1, 4 und des Spirkenwaldes (siehe Abbildung 25) liegen leicht über 3, die restlichen Flächen bei 3. Laut LANDOLT (1977) handelt es sich bei der Zeigerzahl 3 um Pflanzen mit Hauptverbreitung auf Böden mit mittlerem Humusgehalt (meist als Mull), selten auf Roh- oder Torfböden wachsend (LANDOLT 1977). Dieses Ergebnis deckt sich annähernd mit den bodenkundlichen Untersuchungen zum Humusgehalt.

Die Dispersitätszahl kennzeichnet die Teilchengröße und die Durchlüftung (vor allem mit Sauerstoff) des Bodens am Standort der Pflanze. Niedere Zahlen charakterisieren Wachstumsunterlagen mit sehr groben Teilen, hohe Zahlen solche mit sehr feinen Bodenpartikeln und/oder schlechter Sauerstoffversorgung (LANDOLT 1977). Die Werte für die Dispersität bewegen sich zwischen 3,2 (Fläche 3) und 3,6 (Spirkenwald) bzw. 3,5 (Fläche 4) (siehe Abbildung 25). Nach LANDOLT (1977) handelt es sich bei der Zeigerzahl 3 um Pflanzen mit Hauptverbreitung auf durchlässigen, skelettreichen oder sandigen, sehr gut durchlüfteten Böden (mittlerer Durchmesser der Gesteinspartikel im Wurzelhorizont oft 0,05 – 2 mm).



## 4.2.2 Ergebnisse der feldbodenkundlichen Untersuchungen

### 4.2.2.1 Fläche 1 („Wald“)

Die Untersuchungen zeigen eine Pararendzina mit einer Auflage von unter 0,5 cm, bestehend v.a. aus umgelegtem Gras und Laubblättern (siehe Abbildung 26): Es wurde eine sehr starke Durchwurzelung des A-Horizontes und eine mittlere Durchwurzelung im C<sub>v</sub>-Horizont festgestellt. Der Skelettgehalt liegt durchgehend bei ca. 15 %, der pH-Wert im schwach basischen Bereich.



**O<sub>1</sub>**  
Streu, bestehend aus Grasresten und Blättern

**A<sub>h</sub>** 0 – 7 cm  
Schwarzer, humoser, schluffiger Sand mit sehr starker Durchwurzelung, geringer Anteil an makroskopisch sichtbaren Poren, Aggregate blockig-scharfkantig, unregelmäßige Grenze zum B<sub>v</sub>-Horizont

**C<sub>v</sub>** 7 – 20 cm  
Hellgrau-bräunlicher, schluffiger Sand, mittlere Durchwurzelung, geringer Anteil an makroskopisch sichtbaren Poren, Kohärenzstruktur, Skelettanteil nach unten hin zunehmend

Abbildung 26: Profil in Fläche 1

## 4.2.2.2 Fläche 2

Die Bodenmächtigkeit dieser Pararendzina liegt bei 25 cm und unterteilt sich in einen A<sub>n</sub>-Horizont von ca. 7 cm und einen darunter liegenden, extrem verdichteten C<sub>v</sub>-Horizont (siehe Abbildung 27). Die Auflage ist unter 1 cm stark, die Durchwurzelung nimmt von oben nach unten stark ab. Der Skelettgehalt liegt im A-Horizont bei 5 % und nimmt nach unten hin bis auf 15 % zu, der pH-Wert liegt in allen Tiefenstufen bei 7.



**O<sub>1</sub>** 1 – 0 cm

Streu, v.a. bestehend aus Grasresten

**A<sub>n</sub>** 0 – 7 cm

Braunschwarzer, humoser, schluffiger Sand, sehr starke Durchwurzelung, hoher Anteil an makroskopisch sichtbaren Poren, Aggregate krümelig, geringer Skelettanteil

**C<sub>v</sub>** 7 – 25 cm

Fahlbrauner, schluffiger Sand mit sehr geringer Durchwurzelung, kaum grabbar, kaum makroskopisch sichtbare Poren vorhanden, Skelettanteil höher als im A-Horizont

Abbildung 27: Profil in Fläche 2

### 4.2.2.3 Fläche 3

Diese Untersuchungsfläche zeigt einige Besonderheiten, die (Mit)Ursache der etwas kümmerlichen Vegetationsdecke sein dürften (siehe Abbildung 28). Die Mächtigkeit des Bodens liegt bei ca. 30 cm, die Auflage unterteilt sich in zwei jeweils ca. 1 cm dicke Schichten, und zwar einen Teil mit nur wenig vermoderten Pflanzenresten und einen Teil mit bereits stark humifiziertem Anteil.

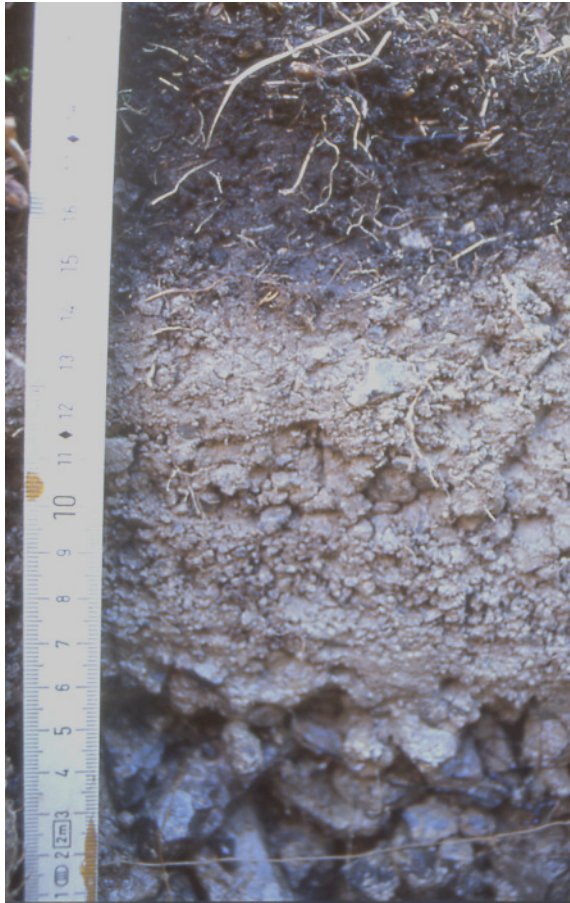


Abbildung 28: Profil in Fläche 3

**O<sub>f</sub>** 2 – 1 cm

**O<sub>h</sub>** 1 – 0 cm

**A<sub>f</sub>** 0 – 3 (5) cm

Braunschwarzer, humoser, schluffiger Sand, sehr starke Durchwurzelung, geringer Anteil an makroskopisch sichtbaren Poren, Aggregate blockig-scharfkantig, Skelettanteil niedrig

**C<sub>1</sub>** 3 (5) – 13 (18)cm

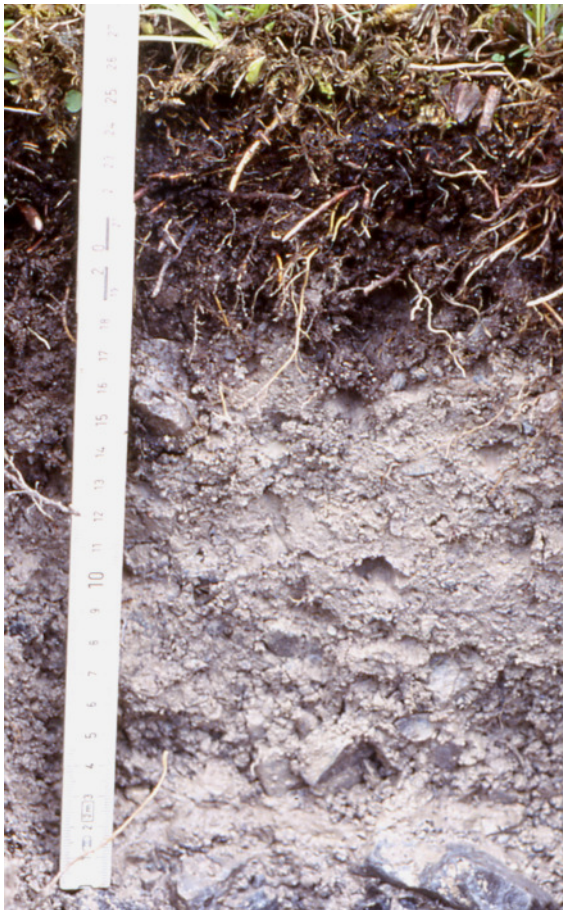
Dunkelgräulich-brauner, schluffiger Sand mit mittlerer Durchwurzelung in den oberen 5 cm, darunter sehr schwache Durchwurzelung, Anteil an makroskopisch sichtbaren Poren gering, Skelettanteil bei 10 – 30 %

**C<sub>2</sub>** 13 (18) – 30+ cm

Fast nur Schotter (mehr als 50 Vol.%) mit geringer Durchwurzelung, dazwischen v.a. Hohlräume, kaum Feinmaterial

## 4.2.2.4 Fläche 4

Hier zeigt sich eine z.T. recht deutliche Auflage, die sich in Streu (ca. 1 cm), Grobmoder (ca. 1,5 cm) und Feinmoder (ebenfalls ca. 1,5 cm) aufteilen lässt (siehe Abbildung 29). Auffallend ist, dass dieser Bodenteil bei Wasserzugabe sofort „zerfließt“, was in weiterer Folge ein Abrutschen der darüberliegenden Bodenschicht erleichtert. Der pH-Wert liegt auch hier generell knapp über 7.



**O<sub>1</sub>** 4 – 3 cm  
**O<sub>f</sub>** 3 – 1,5 cm  
**O<sub>h</sub>** 1,5 – 0 cm

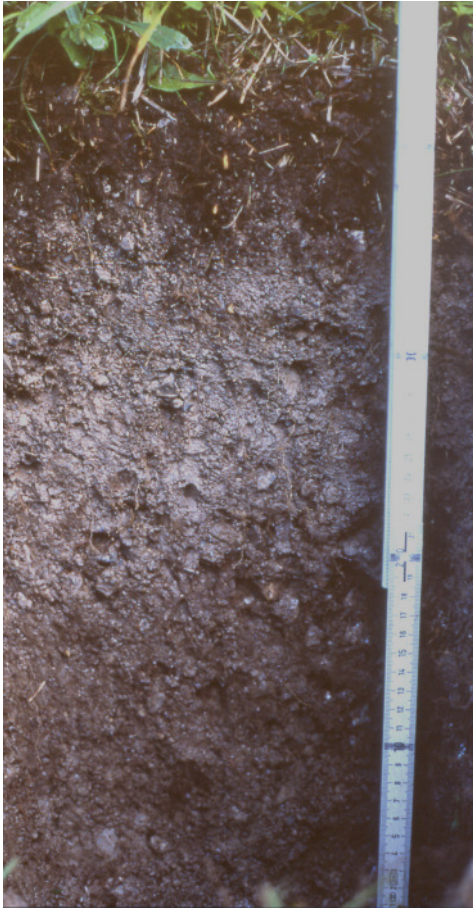
**A<sub>h</sub>** 0 – 4 (12) cm  
 Dunkelgrünlich-brauner, stark humoser, schluffiger Sand mit sehr starker Durchwurzelung, Anteil an makroskopisch sichtbaren Poren gering, Aggregate blockig-scharfkantig, Skelettanteil ca. 20 %

**C<sub>v</sub>** 4 – 20 cm  
 Grünlich-brauner, im oberen Teil humoser, unter 10 cm Tiefe humusarmer schluffiger Sand mit mäßiger Durchwurzelung, Anteil an makroskopisch sichtbaren Poren gering, Kohärenzstruktur, Skelettanteil höher als im A-Horizont

Abbildung 29: Profil in Fläche 4

### 4.2.2.5 Runse F

Die in Runse F durchgeführte Untersuchung zeigt eine Auflage von ca. 1 cm und eine Gesamtmächtigkeit von 40 cm (siehe Abbildung 30). Es sind leichte Podsolierungserscheinungen erkennbar.



**O<sub>1</sub> O<sub>f</sub> O<sub>h</sub>** in Summe < 2 cm

**A<sub>e</sub>** 0 – 5 cm

Braunschwarzer, schluffiger Sand mit sehr starker Durchwurzelung, Anteil an makroskopisch sichtbaren Poren gering, Aggregate krümelig, Skelettanteil niedrig

**A<sub>e</sub>** 5 – 16 cm

Gräulich-brauner, lehmiger Sand mit sehr starker Durchwurzelung, Anteil an makroskopisch sichtbaren Poren gering, Aggregate blockig-scharfkantig, Skelettanteil bei 10 %

**C<sub>v</sub>** 16 – 40 cm

Dunkelgräulich-brauner, lehmiger Sand mit sehr starker Durchwurzelung, Anteil an makroskopisch sichtbaren Poren gering, Aggregate blockig-scharfkantig, Skelettanteil bei 10 %

Abbildung 30: Profil in Runse F

#### 4.2.2.6 Runse G

Diese unverbaute Runse zeigt in beeindruckender Weise, dass die Natur in einer erodierten Runse dieser Größe und in dieser Lage auch im Laufe von vielen Jahrzehnten nicht im Stande war, eine auch nur annähernd die Oberfläche bedeckende Vegetation zu schaffen (siehe Abbildung 31)



Abbildung 31: Profil in Runse G

Aufgrund der extremen Steilheit dieser Runse war es nicht möglich, eine befriedigende Bodenprofilbeschreibung durchzuführen. Generell lässt sich aber sagen, dass es nur an wenigen Stellen zu einer initialen Bodenbildung kam. Ebenso ist die Durchwurzelung auf einige wenige Pflanzenstandorte beschränkt. Das vorhandene Feinmaterial sammelt sich in vorhandenen Hohlräumen und ist zementartig verhärtet, der Skelettanteil sehr hoch. Eine wirkliche Bodenstruktur war an den untersuchten Stellen nicht zu erkennen und ist aufgrund des fast völligen Fehlens von Pflanzen und Tieren auch nicht zu erwarten.

## 4.2.3 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

### 4.2.3.1 Untersuchungen auf den Flächen 1 und 4 sowie in Runse F

Diese drei Flächen wurden bei einigen Untersuchungen herangezogen als repräsentative Beispiele für

- eine gut stabilisierte Fläche mit fortgeschrittener Bewaldung (Fläche 1)
- eine ebenfalls stabile Begrünungsfläche mit überwiegendem Anteil an krautigen Pflanzen und Gräsern (Runse F) und
- eine Fläche, auf der die Wiederbegrünung auf Grund schwieriger Standortverhältnisse nicht zur gewünschten Stabilität führte (Fläche 4)

#### a) Korngrößenverteilung bzw. Bodenart

Dieser Wert zeigt an, in welchem Ausmaß die verschiedenen Partikelgrößen (Ton, Schluff, Sand) im Bodenkörper vorkommen. Wie sich im Vergleich der drei untersuchten Flächen zeigt, ist der Tonanteil durchgehend sehr gering. Auf allen drei untersuchten Flächen herrscht die Bodenart schluffiger Sand vor; die einzige Ausnahme bildet die oberste Bodenschicht von Runse F, die aus sandigem Schluff besteht – aber dieser Wert liegt sehr knapp an der Grenze (siehe Abbildung 32). Es zeigt sich immerhin ein recht deutlicher Unterschied im Schluffgehalt: Dieser liegt in Fläche 1 knapp über 30 %, in Runse F über 55 %. Allerdings lässt sich keine Gesetzmäßigkeit hinsichtlich Erosionsanfälligkeit und Bodenart auf den einzelnen Flächen feststellen.

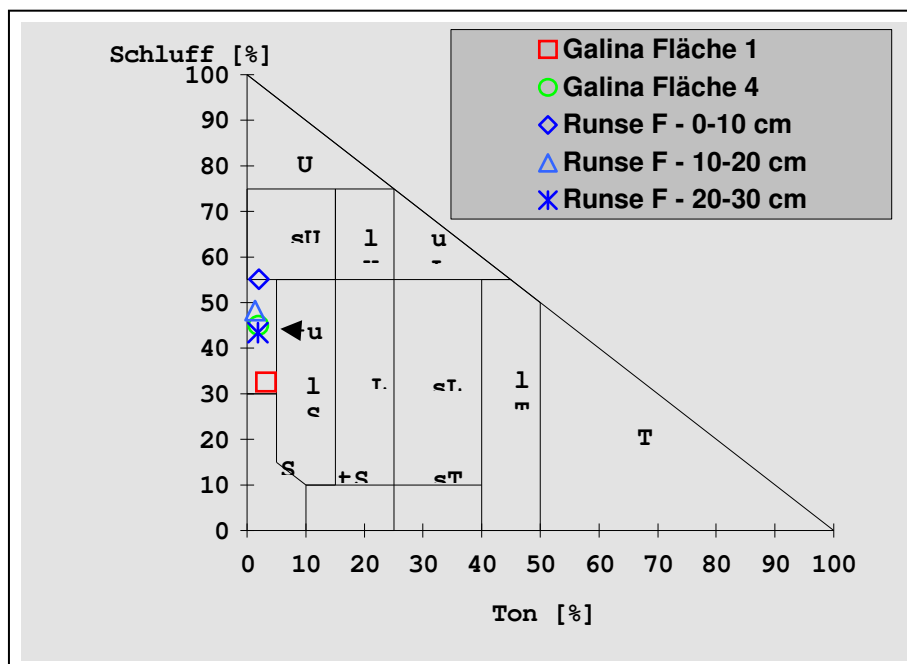


Abbildung 32: Verteilung der Bodenart der einzelnen Untersuchungsflächen auf dem Texturdreieck; deutlich zu erkennen ist der geringe Tonanteil; die Werte für Schluff (und entsprechend Sand) schwanken um über 20 %

### b) Aggregatstabilität

Die Ergebnisse (siehe Abbildung 33) zeigen ein recht deutliches Bild: Sowohl Fläche 1 als auch Runse F weisen eine sehr hohe Aggregatstabilität auf, was auf eine hohe Aktivität der Bodenlebewesen hinweist. In Fläche 4 hingegen liegt die Aggregatstabilität wesentlich niedriger, was einen weiteren Indikator für die Probleme in diesem Bereich darstellt.

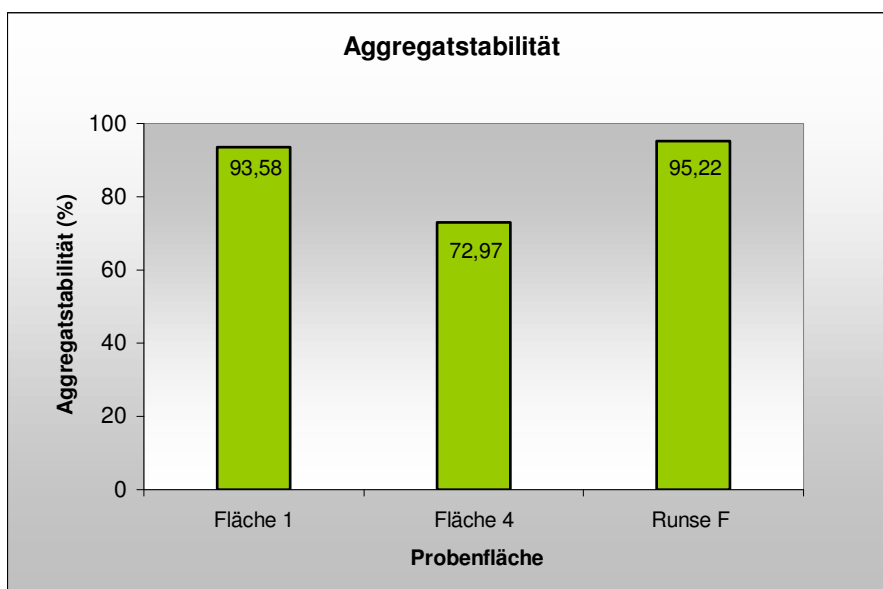


Abbildung 33: Aggregatstabilität auf den drei Untersuchungsflächen

### c) pF-Kurven

Es zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungsflächen hinsichtlich des Wasserhaushaltes.

Der oberste Horizont von Runse F zeichnet sich aus durch eine sehr gleichmäßige pF-Kurve, das Gesamtporenvolumen (GPV) liegt mit fast 60 % hoch, und auch alle weiteren Werte für den Wasserhaushalt liegen gegenüber jenen der anderen Untersuchungsflächen sehr hoch (siehe Abbildung 34).

In Fläche 1 ist das Bild um Einiges komplizierter: So ist das GPV fast gleich hoch wie in Runse F, aber schon die maximale Wasserkapazität liegt um fast 20 % unter dem Wert in Runse F. Dieser Trend setzt sich bei den Werten für die Feldkapazität bzw. die minimale Wasserkapazität fort.

Fläche 4 zeigt ein wesentlich niedrigeres GPV als die beiden anderen Untersuchungsflächen, bei den Werten für maximale Wasserkapazität und Feldkapazität sinkt der Wasseranteil aber weniger als jener in Fläche 1, sodass der Unterschied zwischen diesen beiden Flächen abnimmt. Erst im Bereich des permanenten Welkepunktes ist wieder ein deutlich niedrigerer Wert als in Fläche 1 zu erkennen.

Die Werte für die tieferen Bodenschichten in Runse F sind erwartungsgemäß wesentlich niedriger als jene in den oberen 10 cm, liegen aber z.T. sogar über denen für Fläche 4.



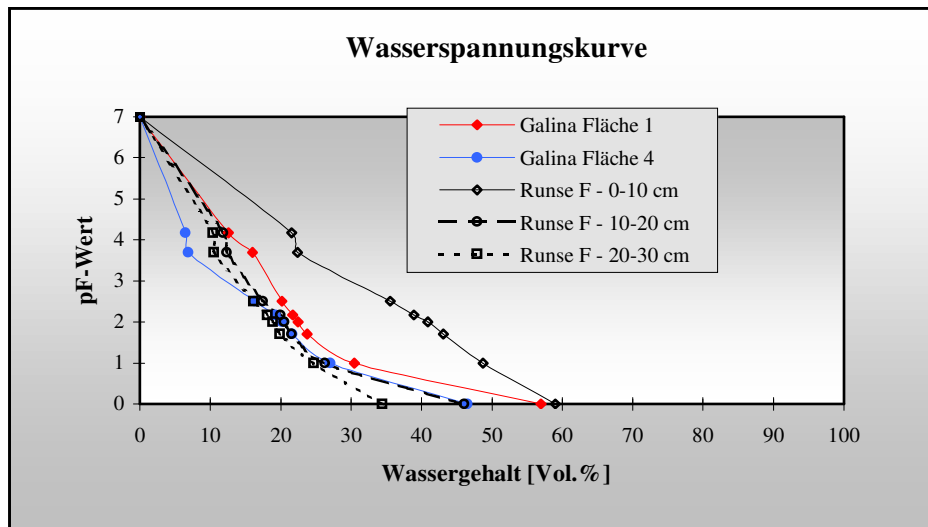


Abbildung 34: pF-Kurven der untersuchten Teile in der Galina

## d) Porengrößenverteilung

Vergleicht man die Porengrößenanteile der drei untersuchten Flächen, fällt sofort der große Unterschied zwischen Grob- und Gröbstoporenanteilen auf. Diese Porengrößenklasse ist v.a. für den Lufthaushalt und das Sickerwasser verantwortlich. Es zeigt sich, dass in den Flächen 1 und 4 der Anteil dieser Poren sehr hoch ist; in Runse F liegt dessen Anteil wesentlich niedriger (siehe Abbildung 35).

Der Anteil an Mittelporen – diese enthalten das pflanzenverfügbare Wasser – ist in Fläche 1 relativ gering und in den beiden anderen Untersuchungsflächen ungefähr gleich hoch (siehe Abbildung 35).

Der Feinporenanteil, dessen Wasser i.d.R. nicht mehr pflanzenverfügbar ist, zeigt eine deutliche Spitze in Runse F und ein relatives Minimum in Fläche 4.

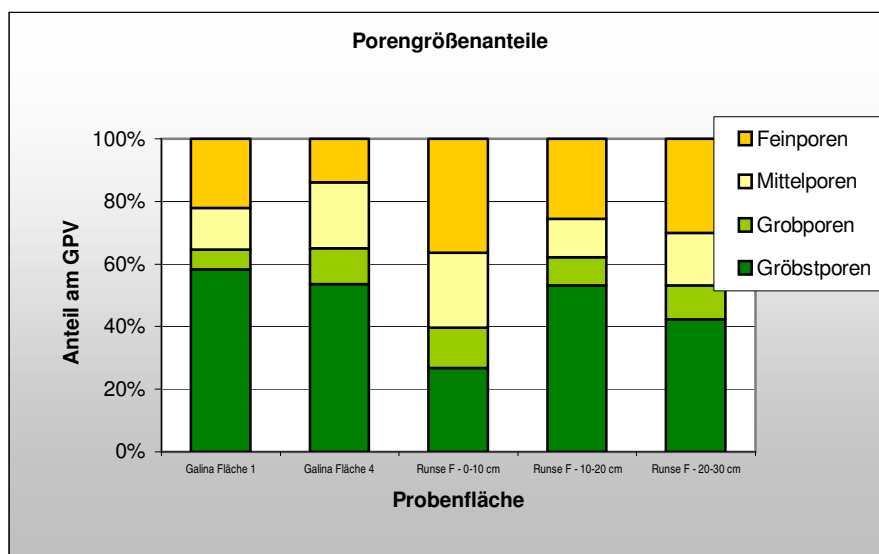


Abbildung 35: Anteil der einzelnen Porengrößenklassen am Gesamtporenvolumen

### e) Gesättigte Wasserleitfähigkeit

Dieser Wert gibt Aufschluss darüber, wie viel Wasser ein Boden innerhalb eines bestimmten Zeitraumes aufnehmen kann, ohne dass es zu Oberflächenabfluss kommt. Der Vergleich zwischen den untersuchten Flächen zeigt eine deutliche Abstufung der kf-Werte von der obersten Bodenschicht in Runse F über Fläche 1 zu Fläche 4 (siehe Abbildung 36). Nach SCHEFFER u. SCHACHTSCHABEL (1998) haben „[...] gut durchwurzelte, belebte, aggregierte Ah[...]Horizonte eine hohe Durchlässigkeit, ...“ Die Abnahme des kf-Wertes mit der Bodentiefe entspricht ebenfalls den Erwartungen für einen solchen Boden.

Wie sich weiters zeigt, entspricht der kf-Wert in Fläche 4 ungefähr dem Ergebnis für die Tiefe von 10-20 cm in Runse F. Da die tieferen Schichten von Fläche 4 stark verdichtet sind (vgl. Ergebnisse der feldbodenkundlichen Untersuchungen), ist anzunehmen, dass diese größere Wassermengen nicht aufnehmen können, es kommt zum sog. „Interflow“ (hangparalleles Abfließen des Wassers unterhalb der Oberfläche).

Bei einem Starkregenereignis käme es zu dem bereits erwähnten, schlagartigen Zerfließen der Bodenmatrix in diesem Bereich und der Hang bzw. Teile davon könnten auf dieser breiartigen Masse abwärts gleiten.

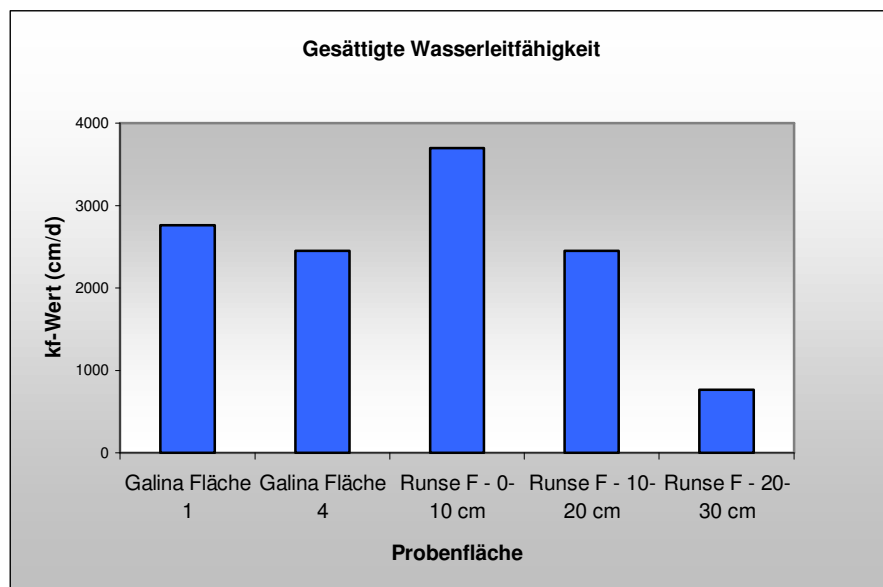


Abbildung 36: kf-Werte auf den drei Untersuchungsflächen

#### 4.2.3.2 Untersuchungen im Filpitter Tobel

Im Filpitter Tobel wurden die Untersuchungsflächen 1 bis 4 ausgewiesen. Die räumliche Nähe dieser Flächen zueinander ließ es interessant erscheinen, besonders die chemischen Messungen in diesem Bereich durchzuführen.

### a) Humusgehalt

Die Werte auf den Flächen 1 und 2 entsprechen in etwa den Erwartungen für den Humusgehalt eines Laubwaldes bzw. von Grünland (SCHROEDER 1983). Es fällt auf, dass die Flächen 3 und 4 – deren Bewuchs, zumindest was die Bäume betrifft, eher kümmerlich ausfällt – einen höheren Humusgehalt aufweisen (siehe Abbildung 37). Es gibt zwei Faktoren, die den Humusgehalt

wesentlich beeinflussen: Einerseits die Stoffproduktion, d.h. wie viel an pflanzlichem Material jährlich aufgebaut wird, und andererseits die Abbaurate im Boden; diese wiederum hängt ab von der Aktivität der im Boden lebenden Organismen.

In diesem Fall dürfte die Stoffproduktion aufgrund der schwierigen Boden-Verhältnisse nicht sehr groß sein, sodass als Grund für den hohen Humusanteil in den Flächen 3 und 4 eine geringe biologische Aktivität im Boden angenommen werden kann. Die äußerst starke Abnahme von Humus mit der Tiefe – besonders auf Fläche 3 zu beobachten – dürfte mit dem Vorhandensein einer sehr stark verdichteten Schicht in wenigen cm Tiefe zusammenhängen; der Humus kann kaum in diese Bodenteile eingewaschen werden.

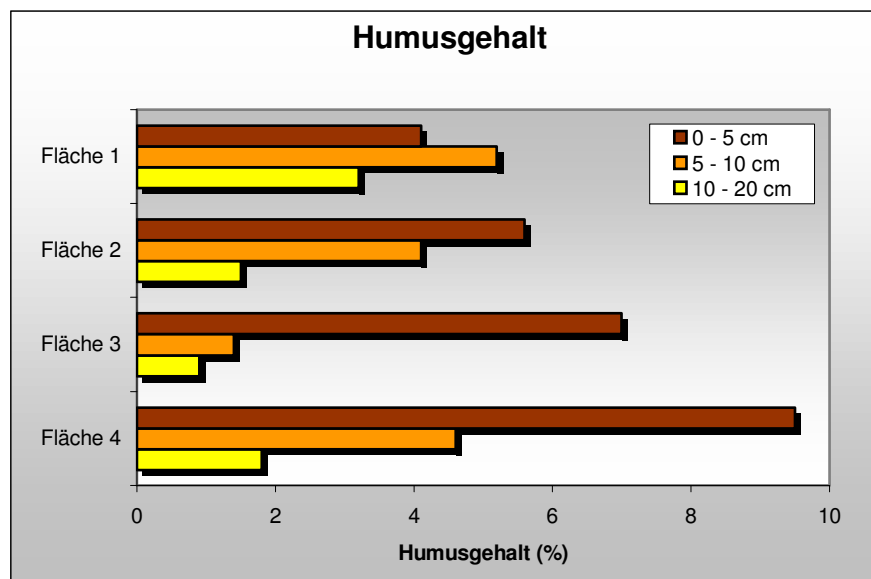


Abbildung 37: Humusgehalte der vier Untersuchungsflächen im Filpitter Tobel

### b) Phosphorgehalt

Die Gehalte an Phosphor in den untersuchten Flächen liegen durchwegs unter  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (siehe Abbildung 38), sind also sehr niedrig. Nach SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 1998 kann durch Erosion ein großer Teil des im Boden befindlichen Phosphors lateral verlagert werden und in den darunterliegenden Senken zu einer Anreicherung dieses Nährstoffes führen. Aber auch in erodierten Teilen liegen die Werte nach o.a. Angaben bei über  $300 \text{ mg P} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Die Vermutung, der P-Gehalt im Boden der untersuchten Flächen sei extrem niedrig, relativiert sich aber beim Vergleich mit anderen Untersuchungen, wie sie z.B. von STÖCKLIN u. GISI 1989 oder BITTERLICH 1998 durchgeführt wurden; dort wurden ähnliche Werte ermittelt. Auch Angaben für Almen in Tirol unterstützen die Vermutung, dass hier keine besondere Mangelercheinung zu Tage tritt (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1988).

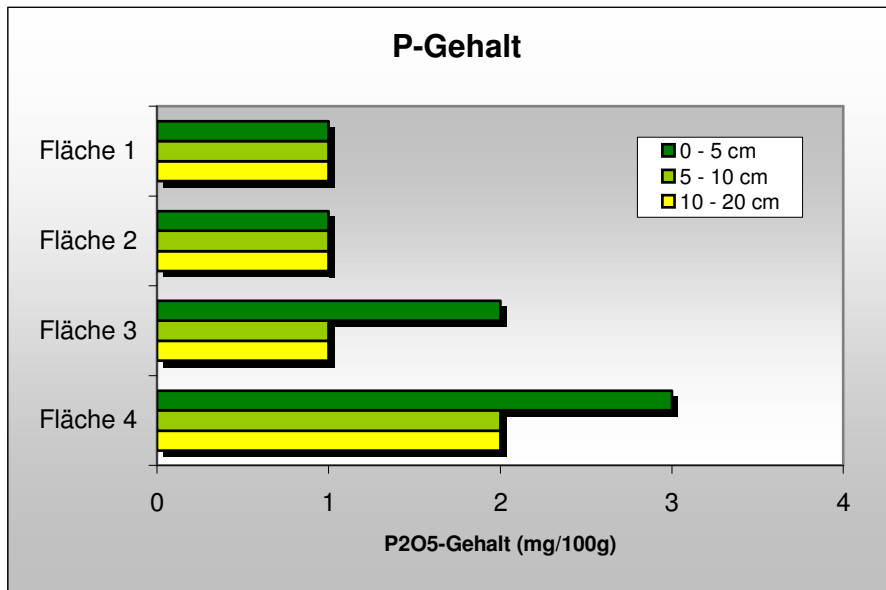


Abbildung 38: Phosphor-Gehalt in den Untersuchungsgebieten des Filpitterer Tobels

### c) Kaliumgehalt

Ähnlich wie beim Phosphor zeigt sich auch beim Kalium-Gehalt, dass die untersuchten Böden einen sehr niedrigen Wert aufweisen (siehe Abbildung 39) (vgl. SCHLICHTING, BLUME, STAHR 1995, SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 1998). Und auch hier zeigt sich, dass in vergleichbaren Gebieten ähnlich niedrige Werte gefunden wurden wie in der Galina (STÖCKLIN u. GISI 1989, BITTERLICH 1998).

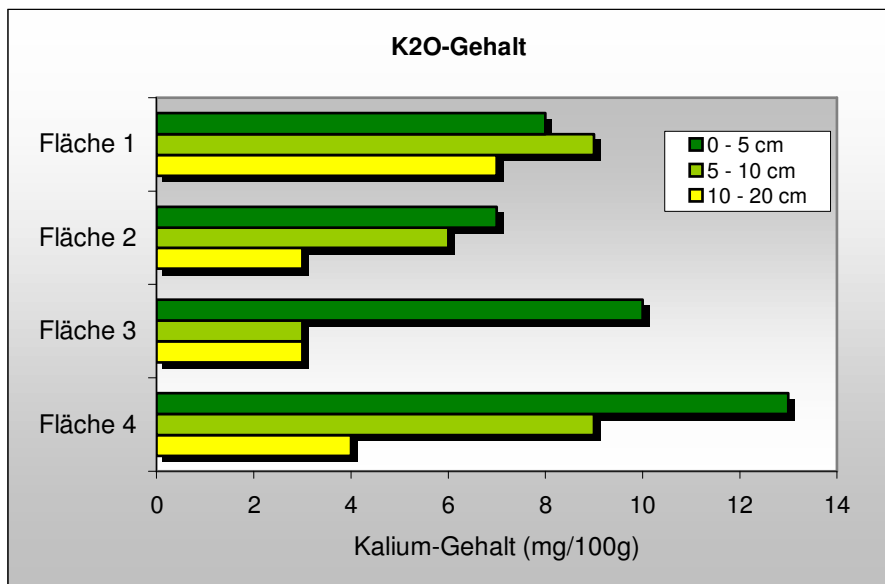


Abbildung 39: Kaliumgehalt auf den vier Untersuchungsflächen des Filpitterer Tobels

## d) Stickstoffgehalt

Der Gehalt an Stickstoff zeigt keine großen Unterschiede zwischen den einzelnen Flächen (siehe Abbildung 40). Auf den Teilen des Filpritter Tobels, die durch eher kümmerlichen Pflanzenbewuchs gekennzeichnet sind, liegt der N-Gehalt etwas höher als in den gut wüchsigen Untersuchungsflächen 1 und 2. Das C/N-Verhältnis liegt zwischen 11,4 in Untersuchungsfläche 1 und 18,5 in Fläche 4. Dies ist ein Hinweis auf eine geringere biologische Aktivität in der letztgenannten Fläche (GISI u. OERTLI 1981).

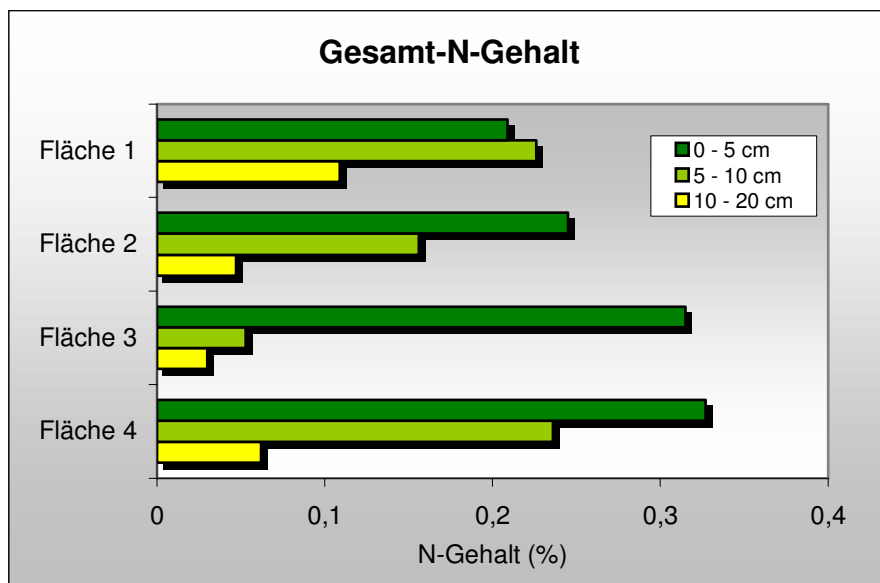


Abbildung 40: Gesamt-Stickstoffgehalt auf den vier Untersuchungsflächen des Filpritter Tobels

## 4.2.4 Zusammenfassung

Unterschiedliche Voraussetzungen liegen den Vegetationsverhältnissen im Untersuchungsgebiet Galina zugrunde. Entscheidend sind Exposition der Flächen, Hangneigung und erfolgte Wiederbepflanzungen bzw. Begrünungen. So kann der größte Teil vegetationskundlich betrachtet als gelungen angesehen werden. Stellenweise gibt es Erosionsherde, die zu beobachten sind. So hat GROHMANN (2001) in seinen Untersuchungen zu dem Untersuchungsbereich festgestellt, dass insbesondere im südlichen Teil der Rufe Ost (unsere Fläche 1) auch heute noch große, aktive Erosionsflächen bestehen. Hier ist die Übersteilung am größten und die am Moränenwall liegende Abbruchkante am höchsten. Es ist mit einem weiteren natürlichen Abböschchen der Abbruchkante zu rechnen.

Die Kombination von Zugrissen im Boden, freigespülten Bäumen und moosreichen Flächen lassen die Fläche 4 erosionsgefährdet erscheinen. Hier erscheinen Nachbesserungen auf jeden Fall notwendig.

Ähnliche Verhältnisse finden sich auch bei Runse F, wo sich im oberen Bereich nach wie vor kleinere Anrisse finden. Bei Verschlechterung der Situation besteht die Möglichkeit frühzeitig einzugreifen, bevor es zu größeren Bodenverlusten und Erosionsschäden kommt.

Die Runse G ist im Unterschied zur Runse F nicht behandelt worden und somit auch heute noch offen und kaum bewachsen. GROHMANN (2001) stellt fest, dass bei mittleren bis starken Nie-

derschlagsereignissen konstant Geschiebe in den Galinabach geliefert wird. Der Abtrag der Seitenmoräne des Galinagletscher erfolgte dabei relativ gleichmäßig und ohne die Mobilisierung von größeren Geschiebemassen. Die letzte Sperre im Galinatal hält die Geschiebemassen zurück und bewirkt einen kontrollierten Abgang. Das unmittelbare Gefährdungspotenzial der Runse G wird laut GROHMANN (2001) als gering bewertet. Durch die konstanten Erosionsvorgänge kann sich keine Vegetation entwickeln. Einzig in einem kleinen mittleren Bereich konnte sich eine Pioniervegetation ausbilden.

Aus bodenkundlicher Sicht erscheinen sämtliche Flächen des Filpritter Tobels zwar z.Zt. stabil, aber aufgrund der geringen bzw. fehlenden Verzahnung der verschiedenen Tiefenschichten ist eine latente Gefährdung durch Erosion gegeben. Offensichtlich ist es vor allem der gut wüchsigen Vegetation zu verdanken, dass keine größeren Erosionserscheinungen zu beobachten sind.

## 4.3 Felbertauern / Tirol – Salzburg

## 4.3.1 Vegetationskundliche Untersuchungen Nordfläche

Die Aufnahmen aus der natürlichen Vegetation zeigen ein Sieversio-Nardetum strictae Lüdi 1948 (Subalpin-alpine Bürstlingsweiden und –mäher) mit Artenkombinationen, die sich an die geomorphologischen Ausgangssituation angepasst haben. So finden sich an trockenen Kuppen und Gesteinen vor allem Früher Kriech-Quendel (*Thymus praecox ssp. polytrichus*) oder Wacholder (*Juniperus communis*). Diese Borstgrasweide ist schon von zahlreichen Zwergsträuchern durchsetzt, was auf mangelnde Pflege schließen lässt. Zur Hangoberseite nehmen die Zwergsträucher immer mehr zu, hier finden sich auch bereits einige einzelne Fichtengruppen.

Der eingesäte Bereich fällt durch seine planierte, glatte Vegetationsfläche auf. Die leicht hügelige Struktur der oberhalb liegenden ursprünglichen Weide ist verschwunden, ebenso die Steinhäufen und einzeln vorkommende Zwergsträucher wie *Juniperus communis* (Wacholder). Mit der Planierung dieser eingesäten Bereiche fehlen die für die Weideflächen angepassten Arten wie z.B. Zwergsträucher an trockeneren, steinigten Stellen.

Wie die Untersuchungen (siehe Abbildung 41) zeigen kommen in den eingesäten Bereichen nur noch 14 Arten vor. Im Gegensatz dazu finden sich 28 Arten im Weidebereich und immerhin noch 19 Arten im Übergangsbereich. Es ist eine eindeutige Artenverarmung auf den Wiederbegrünungsflächen festzustellen. In den eingesäten Bereichen dominieren Arten wie Rot-Schwingel (*Festuca rubra agg.*), Kriech-Klee (*Trifolium repens*) und Läger-Rispe (*Poa supina*).

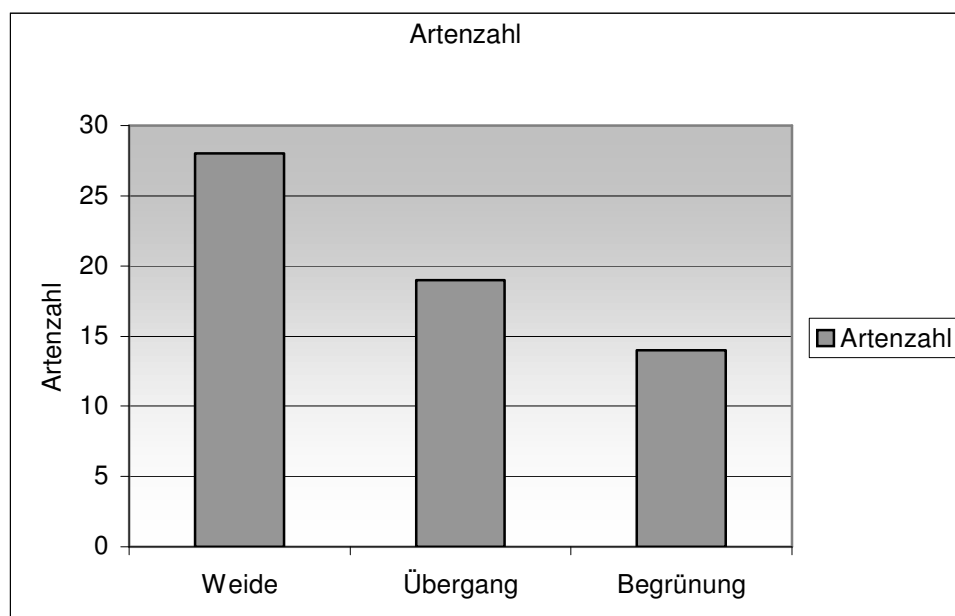


Abbildung 41: Artenzahlen auf den verschiedenen Flächen des nördlichen Untersuchungsgebietes am Felbertauern / Salzburg

### 4.3.2 Vegetationskundliche Untersuchungen Südfläche

Die Vegetationsanalysen und Linientransekte zeigen eine geschlossene Vegetationsdecke mit einer an die vorgegebenen Bodenparametern angepassten Artengarnitur. Stellenweise konnten sich Hochstauden, wie Weiß-Pestwurz (*Petasites albus*) oder verschiedenblättrige Kratzdistel (*Cirsium heterophyllum*) ansiedeln, die auf eine gewisse Feuchtigkeit der Fläche schließen lassen. Die Vegetationsanalysen bestätigen den Eindruck einer dichten Pflanzendecke mit einer Gesamtdeckung von 80 bis 85%, wobei die Kräuter einen Anteil von ca. 50 % ausmachen. Zu den häufigsten Arten der Vegetationsaufnahmen zählen Wiesen-Leuenzahn (*Leontodon hispidus*), Kriech-Klee (*Trifolium repens*), Gew. Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*), Huflattich (*Tussilago farfara*), Weißliche Hainsimse (*Luzula luzuloides*) und Rot-Klee (*Trifolium pratense*).

Von den ursprünglichen Samenmischungsarten sind noch Wiesen-Knäuelgras (*Dactylis glomerata*), Wiesen-Kammgras (*Cynosurus cristatus*), Gew. Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*), Echter Wundklee (*Anthyllis vulneraria*), Gew. Hornklee (*Lotus corniculatus*), Rot-Klee (*Trifolium pratense*), Kriech-Klee (*Trifolium repens*) und Echte Schafgarbe (*Achillea millefolium*) vorhanden. Allerdings kommen das Wiesen-Knäuelgras (*Dactylis glomerata*), das Wiesen-Kammgras (*Cynosurus cristatus*), das Gew. Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*) und der Echte Wundklee (*Anthyllis vulneraria*) nur noch vereinzelt vor.

#### 4.3.2.1 Bestandesstruktur

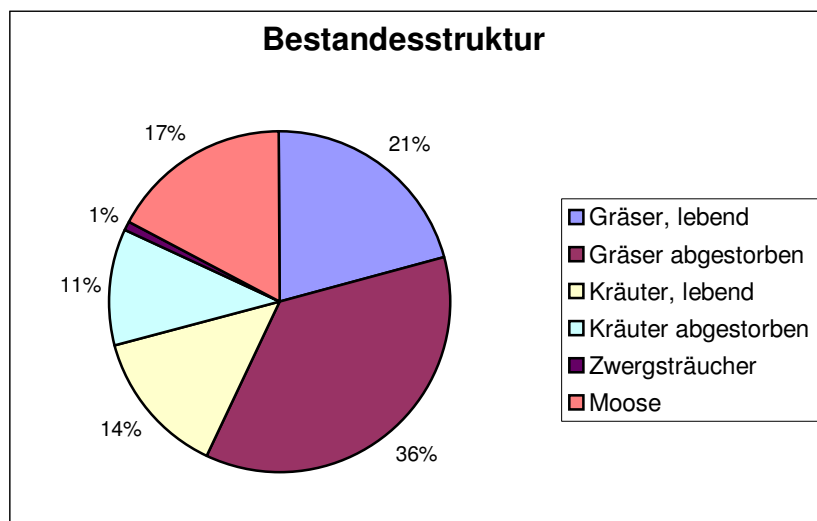


Abbildung 42: Bestandesstruktur nach der Biomasse Felbertauern Süd / Tirol

Die Bestandesstruktur (siehe Abbildung 42) setzt sich aus 47 % Gräsern und Kräutern abgestorben, 35 % Gräsern und Kräutern lebend, 17 % Moosen und 1 % Zwergsträuchern zusammen. Die Ursache für den hohen Anteil an toten Gräsern und Kräutern liegt wahrscheinlich in der Nichtnutzung der Fläche. Der Moosanteil von immerhin 17 % deutet auf z. T. erhöhte Feuchtigkeit hin. Darauf deuten Arten wie Hain-Schachtelhalm (*Equisetum pratense*), Weiß-Pestwurz (*Petasites albus*) oder Verschiedenblättrige Kratzdistel (*Cirsium heterophyllum*) hin.



## 4.3.2.2 Biomassenverteilung

Wie nicht anders zu erwarten, ist bei der Biomassenzusammensetzung der Anteil der Nekromasse mit 127 g/m<sup>2</sup> der höchste Wert. Der Streuanteil liegt bei 138 g/ m<sup>2</sup>.und die oberirdische Biomasse bei 141 g/m<sup>2</sup> (siehe Biomassenverteilung im Anhang).

Ähnliche Werte gibt KLUG-PÜMPEL (1978 in CERNUSCA und SEEBER 1989) für eine bewirtschaftete Alm (Mahd und Beweidung) auf 1800 m an. Dabei beträgt die oberirdische Biomasse 198 g TS m<sup>-2</sup> und der Streuanteil 150 g TS m<sup>-2</sup>. Für eine Langgrasflur ohne Nutzung in den Hohen Tauern auf 1800 m gibt KLUG-PÜMPEL (in CERNUSCA und SEEBER 1989) eine oberirdische Biomasse von 154 g TS m<sup>-2</sup> an.

## 4.3.3 Zeigerwertanalysen

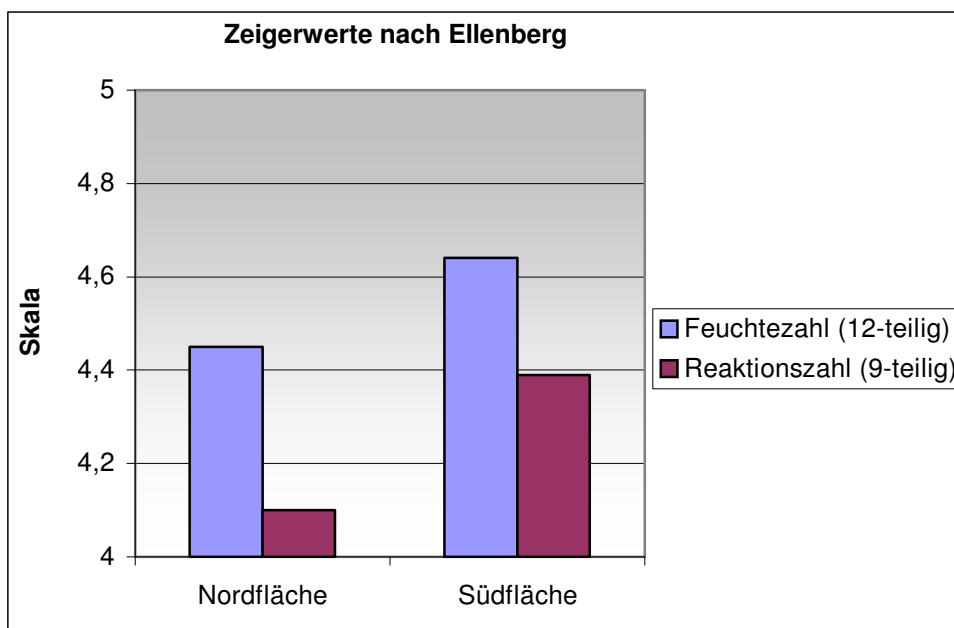


Abbildung 43: Zeigerwertanalyse nach ELLENBERG (1991)

Die Zeigerwertanalyse für die Feuchtezahlen nach ELLENBERG ergibt für das Untersuchungsgebiet Felbertauern Nord einen Wert knapp über 4,4 was einem Boden zwischen trockener (3) und mittelfeuchter (5) Ausgangssituation entspricht. Die Reaktionszahl nach ELLENBERG zeigt erwartungsgemäß Säure- bzw. Mäßigsäurezeiger (Klasse 3-5) an (siehe Abbildung 43).

Die Zeigerwertanalyse für die Feuchtezahlen nach ELLENBERG ergibt für das Untersuchungsgebiet Felbertauern Süd einen Wert von 4,6, was einem Boden mit einer mittelfeuchten (5) Ausgangssituationen entspricht

Die Reaktionszahl nach ELLENBERG liegt für die mit einem Wert von 4,4 etwas höher als für die Nordfläche und zeigt Säure- (Klasse 3) bzw. Mäßigsäurezeiger an (ELLENBERG 1991) (siehe Abbildung 43).

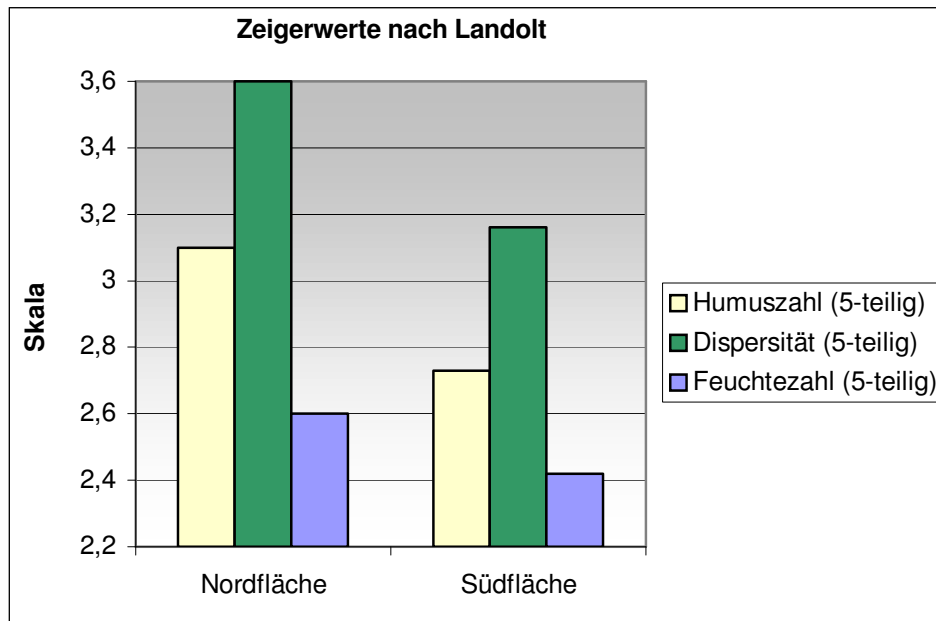


Abbildung 44: Zeigerwertanalyse nach LANDOLT (1977)

Die Humuszahl nach LANDOLT (1977) liegt für die Nordfläche bei knapp über 3, was einen Boden mit mittlerem Humusgehalt anzeigt (siehe Abbildung 44). Die Zeigerwerte für die Dispersität liegen bei der Nordfläche mit 3,6. zwischen durchlässigen, skelettreichen oder sandigen sehr gut durchlüfteten (3) und skelettarmen, meist feinsandig-schluffigen, mehr oder weniger gut durchlüfteten Böden (4).

Die Feuchtezahlen nach LANDOLT (1977) erreichen auf der Nordfläche einen Wert von 2,6, zeigen also Pflanzen mit einer Hauptverbreitung auf trockenen (2), bzw. mäßig trockenen bis feuchten Böden der Klasse 3 (im allgemeinen mit breiter ökologischer Amplitude) an (siehe Abbildung 44).

Die Feuchtezahlen nach LANDOLT (1977) erreichen für die einen Wert von 2,4. Werte mit 2 zeigen Pflanzen mit einer Hauptverbreitung auf trockenen, solche mit 3 zeigen Pflanzen auf mäßig trockenen bis feuchten Böden (im allgemeinen mit breiter ökologischer Amplitude) an.

Die Humuszahl für die liegt bei 2,7 und somit deutlich unter dem Wert der Nordfläche. Pflanzen mit einer Humuszahl 2 haben ihre Hauptverbreitung auf Böden mit geringer Humusbedeckung. Die Humuszahl 3 zeigt Pflanzen auf Böden mit mittlerem Humusgehalt (LANDOLT 1977).

Die Dispersitätszahlen für die Nordfläche mit 3,6 und für die Südfläche mit 3,1 (siehe Abbildung 44) deuten auf durchlässige, skelettreiche oder sandige, sehr gut durchlüftete (Klasse 3) bzw. skelettarme, meist feinsandig-schluffige, mehr oder weniger gut durchlüftete Böden hin (Klasse 4).

## 4.3.4 Bodenkundliche Ergebnisse der Nordfläche

Das nördliche Untersuchungsgebiet ist aus bodenkundlicher Sicht weniger interessant, da hier notwendige Sanierungsmaßnahmen an der Pipeline zu einem Aufgraben des gesamten Bereiches führten. Als Ergänzung zu den vegetationskundlichen Untersuchungen wurden aber Bodenprofile gegraben und die wichtigsten im Feld durchzuführenden Bewertungen gemacht (siehe Abbildung 45).



**O<sub>1</sub>** 0,5-0

**A<sub>h</sub>** 0-15 cm

Dunkel-gräulich braune Farbe (10 YR4,5/2), einzelne Konkretionen erkennbar (ca. 5 %, 5 YR4/6); sehr starke Durchwurzelung im oberen Teil, mittlerer Anteil an erkennbaren Poren, Skelettanteil bei ca. 10 %, krümelige Aggregate

Abbildung 45: Profil im Untersuchungsteil Nordfläche

## 4.3.5 Bodenkundliche Ergebnisse der Südfläche

Hierbei handelt es sich um einen Rasenstreifen, der seit rund 30 Jahren nicht mehr wesentlichen Eingriffen unterlag, sondern nur gemäht wurde; außerdem wurde das Aufkommen von Holzpflanzen verhindert.

Bodenprofil:

Das untersuchte Hangstück ist nach Süden exponiert (182-190°) und hat eine Neigung von 12 – 17°. Die Horizontmächtigkeit ist auf Grund der darunter liegenden Pipeline künstlich und beträgt zwischen 40 und 100 cm. Die Untersuchungen wurden auf eine Tiefe bis maximal 20 cm beschränkt, da dort eine beträchtliche Menge relativ großer Steine eingebracht wurde, die eine Beprobung schwierig und eine genauere Untersuchung der darunter liegenden Bodenteile auch nicht besonders sinnvoll erscheinen lassen (siehe Abbildung 46).



**O<sub>1</sub>** 1-0,5 cm

**O<sub>h</sub>** 0,5-0 cm

**A<sub>h</sub>** 0-20 cm

Boden dunkelgräulich-braun (10YR 4/2), keine Konkretionen auf; Durchwurzelung stark bis sehr stark, Makroporenanteil mittel, Aggregate krümelig; auffällig ist die starke Präsenz von Regenwürmern.

Abbildung 46: Profil im Untersuchungsteil Südfläche

### 4.3.6 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

#### 4.3.6.1 Korngrößenverteilung

Die Korngrößensummenkurve zeigt einen sehr geringen Anteil an Ton – dieser liegt bei 2 %. Der Schluffgehalt beträgt 30 %, der Rest von fast 70 % besteht aus Sand. Es handelt sich bei dem untersuchten Boden also um schluffigen Sand. Die gleiche Bodenart ist auch am Großglockner zu beobachten, dort liegt allerdings der Schluffgehalt um 10 % höher, der entsprechende Wert für Sand niedriger.

#### 4.3.6.2 Aggregatstabilität

Der Anteil an stabilen Aggregaten liegt bei ca. 90 %; dieser Wert ist, verglichen mit jenen der Galina, etwas niedriger als in den erfolgreich begrüneten Flächen – dort wurden Werte weit über 90 % ermittelt -, ist aber wesentlich höher als in der problematischen Fläche 4.

Dies bestätigt die bei der Erstellung des Bodenprofils gemachte Einschätzung, dass die Bodenstruktur stabil erscheint.

#### 4.3.6.3 Porengrößenverteilung

Das Gesamtporenvolumen liegt bei 65 % und damit höher als die Werte in der Galina, aber niedriger als jene am Großglockner (siehe Abbildung 47). Mehr als ein Drittel des Porenvolumens entfällt auf die Größtporen, rund 15 % auf die Grobporen; am Großglockner ist dieses Verhältnis umgekehrt. Mittelporen sind mit 34 % vertreten, für die Feinporen ergibt sich ein Anteil von 14 %, beides Werte, die denen am Großglockner sehr ähnlich sind. In der Galina ist der Anteil an Mittelporen niedriger, jener an Feinporen durchwegs höher.

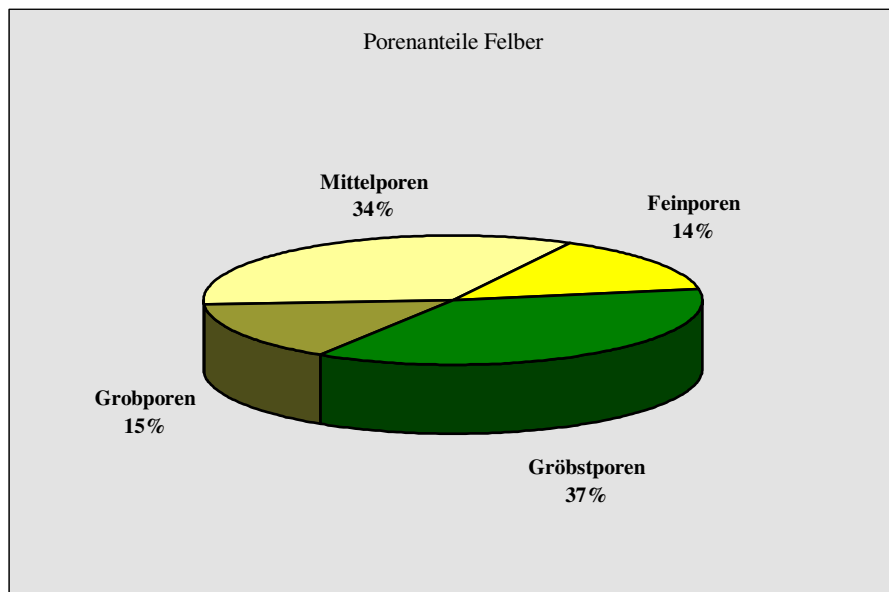


Abbildung 47: Porenanteile im Untersuchungsgebiet Südfläche

#### 4.3.6.4 Phosphorgehalt

Der Gehalt an Phosphor liegt in der obersten Bodenschicht bei rund  $2 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , in den unteren Teilen bei  $1 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ . Entsprechend den Angaben aus der Literatur (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 1998) und verglichen mit den Angaben der Österreichischen Düngegeratung werden die Phosphorgehalt als sehr niedrig eingestuft (zit. aus BITTERLICH 1998). Aber wie die Untersuchungen am Großglockner und in der Galina sowie in anderen Gebieten zeigen, ist dieser Wert keineswegs ungewöhnlich (vgl. BITTERLICH 1998, AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 1988).

#### 4.3.6.5 Kaliumgehalt

Der Kaliumgehalt liegt bei rund  $30 \text{ mg K}_2\text{O} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  in den oberen Bodenteilen, nimmt nach unten hin aber bis auf  $18 \text{ mg K}_2\text{O} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  ab (siehe Abbildung 48). Diese Werte liegen um Einiges höher als in der Galina. Auch entsprechende Untersuchungen in anderen Gebieten ergaben niedrigere Werte für diesen Nährstoff (vgl. BITTERLICH 1998). Nach SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 1998 liegt dieser Wert trotzdem sehr tief.

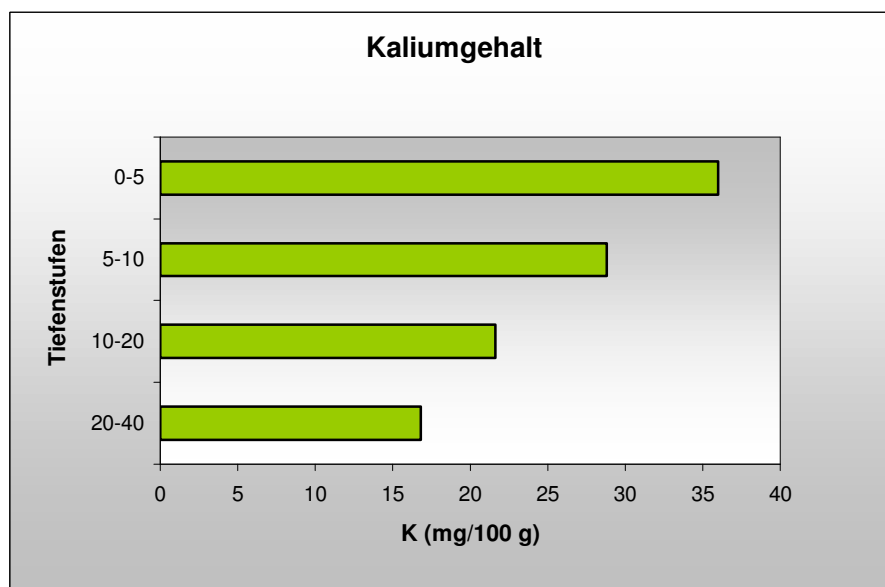


Abbildung 48: Kaliumgehalt im Untersuchungsgebiet „Südfläche“

#### 4.3.6.6 Magnesiumgehalt

Auch der Magnesiumgehalt ist recht niedrig. So liegen die entsprechenden Werte mit  $1,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  im oberen Bodenbereich und unter  $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  in 20 – 40 cm Tiefe deutlich unter den Werten der Galina (siehe Abbildung 49).

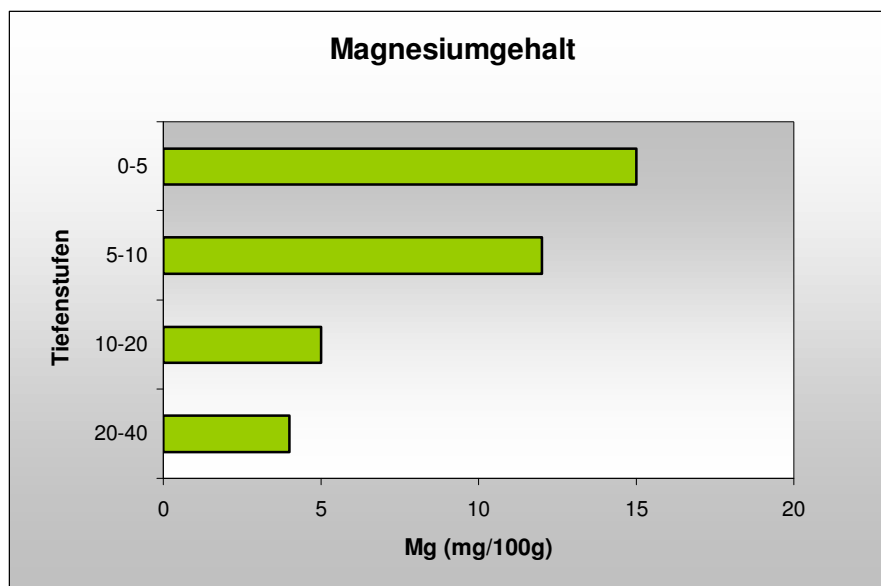


Abbildung 49: Magnesiumgehalt im Untersuchungsgebiet „Südfläche“

### 4.3.6.7 Stickstoffgehalt

Der Stickstoffgehalt liegt mit knapp über 0,3 % im oberen Bereich ähnlich den Werten im Filpitter Tobel (Galina), nimmt nach unten hin aber stärker ab (siehe Abbildung 50). Der Gehalt liegt nach SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 1998 auf einem recht hohen Niveau für Grasland, die Versorgung erscheint zufriedenstellend.

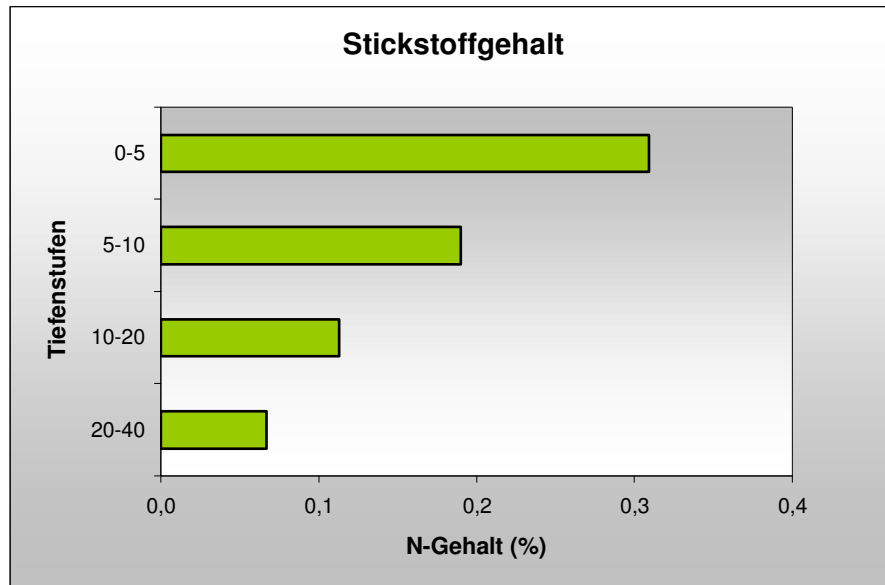


Abbildung 50: Stickstoffgehalt im Bereich der „Südfläche“

### 4.3.7 Wurzelmessungen auf beiden Untersuchungsflächen

Es ergeben sich für die Südfläche Gesamtwurzellängen von fast 200 km·m<sup>3</sup> im oberen Bodenbereich, darunter sinkt dieser Wert auf unter 100 km·m<sup>3</sup> (siehe Abbildung 51).

Die Nordfläche hat wesentlich niedrigere Werte aufzuweisen: Sogar in der Tiefe von 0-5 cm liegt die Gesamtwurzellänge deutlich unter jener auf der Südfläche.

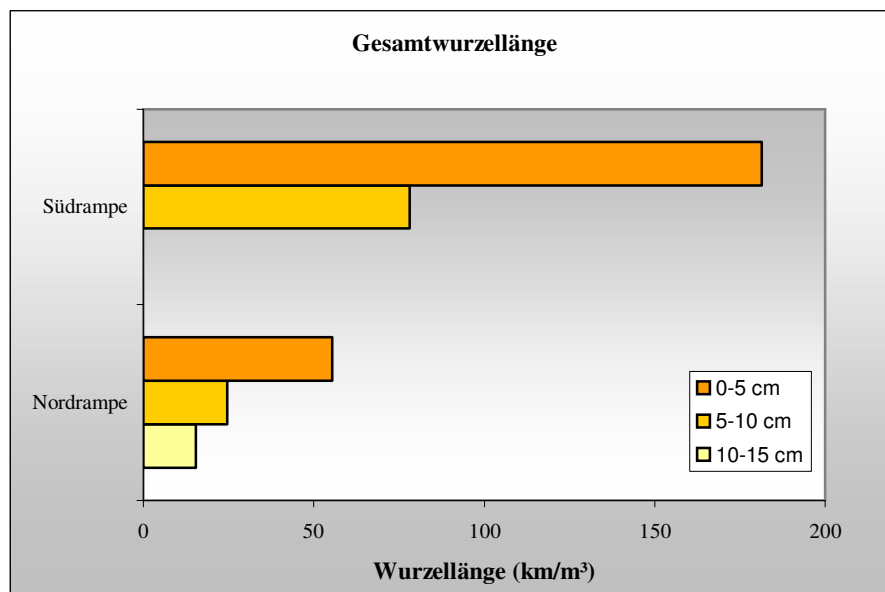


Abbildung 51: Gesamtwurzellängen im Untersuchungsgebiet Felbertauern

#### 4.3.8 Zusammenfassung

Beide Untersuchungsflächen, nördlich und südlich des Felbertauern Tunnels zeigen aufgrund ihrer Voraussetzung (geringe Neigung, gute Durchwurzelung) und Behandlung keine Erosionsgefährdung.



### B Evaluation der nicht behandelten Erosionsflächen

#### 4.4 Karwendel / Tirol

##### 4.4.1 Vegetationskundliche Untersuchungen

Das Untersuchungsgebiet Karwendel ist durch das Auftreten von zahlreichen Blaikenerosionen gekennzeichnet. Die Ursachen liegen im vorhandenen Untergrund und Boden, im Steinschlag (siehe Abbildung 52), der Vegetation, der geänderten Bewirtschaftung und damit verbundener Folgen. Es wurden jedoch auch zahlreiche wiederbesiedelte Flächen ausgemacht, was auf eine gewisse Dynamik in dem Gebiet schließen lässt. Inwieweit es in den letzten Jahren zu einer Verschlechterung gekommen ist, lässt sich schwer beurteilen.

Auch SCHAUER (1975) teilt das Seslerio-Caricetum sempervirentis (Blaugras-Horstseggenhalden), das den dominierenden Gesellschaftstyp der Untersuchungsfläche an der Nordkette darstellt zu den erosionsanfälligen Pflanzengesellschaften. Mit ihrem intensiven Wurzelwerk sammeln Blaugras und Horstsegge an steinigen Steilhängen die Feinerde und verlangsamen die Erosion. Im Seslerio-Caricetum sempervirentis ist sowohl das Schneefließen als auch das Bodenfließen besonders augenfällig. Dem Frost und der Sonne ist es lange Zeit ausgesetzt, weil es in der Regel früh ausapert. Eine zeitweilige Austrocknung des Oberbodens, wie sie an steilen Sonnenhängen immer einmal eintreten kann, überstehen die beiden herrschenden Arten ohne mächtigen Schaden. Die Rasen sind stets ein wenig treppig. Durch weidende Tiere werden die Treppenstufen stellenweise zu Steigen ausgetreten und die Böden immer wieder verletzt. Dies konnte im Untersuchungsgebiet festgestellt werden. Vor allem sorgen aber Frostwechsel und Bodennässe nach später Schneeschmelze im Mai oder Juni und zum Teil auch im Herbst dafür, dass immer wieder einzelne Rasenstücke abrutschen und nackten Boden freigeben ELLENBERG (1996). Auch solche abgerutschten Rasenstücke wurden bei einer frühen Begehung Mitte Mai 2001 im Untersuchungsgebiet beobachtet (siehe Abbildung 53).

Somit kann man von einer gewissen Erosionsgefährdung der Blaugras-Horstseggenhalden im Untersuchungsgebiet ausgehen.



Abbildung 52: Steinschlag Karwendel Süd



Abbildung 53: Abgerutschte Rasenstücke

#### 4.4.1.1 Bestandesstruktur

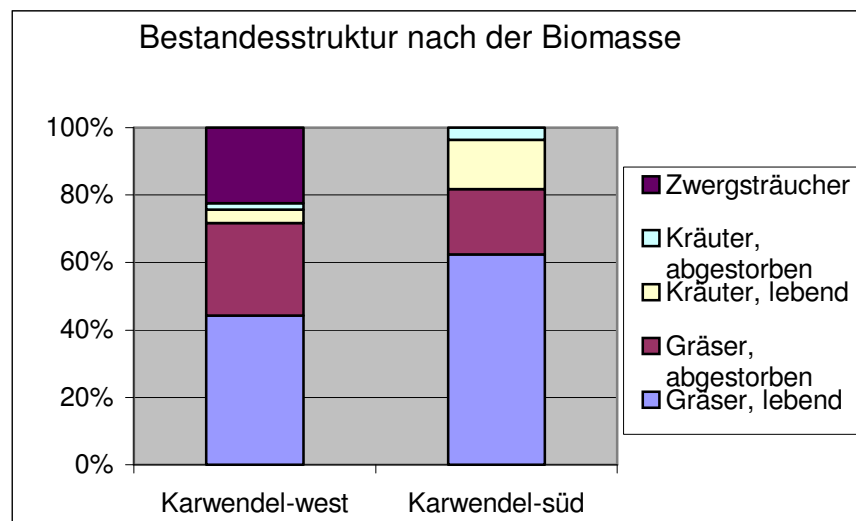


Abbildung 54: Vergleich der Bestandesstruktur nach der Biomasse im Untersuchungsgebiet Karwendel / Tirol

Die Bestandesstruktur der entnommenen Rasenziegel (siehe Abbildung 54) zeigt kaum Unterschiede in der Zusammensetzung. Einzig die Zwergsträucher finden sich nur auf der westexponierten Fläche. Gräser dominieren den Bestand sowohl in der süd- wie auch in der westexponierten Fläche. Kräuter nehmen nur einen geringen Anteil an der Bestandesstruktur ein.

## 4.4.1.2 Biomassenverteilung

Die Streuwerte betragen für den Rasenziegel aus der südlichen 81,88 g/m<sup>2</sup> und für die westliche Untersuchungsfläche 84,66 g/m<sup>2</sup>.

Die Biomassenverteilung bringt für beide Untersuchungsflächen nur geringe Unterschiede. So beträgt die Biomasse für die süd-exponierten Flächen 235,32 g/m<sup>2</sup>, die Nekromasse 70,11 g/m<sup>2</sup>. Für die west-exponierten Flächen beträgt die Biomasse 231,05 g/m<sup>2</sup> (Gräser, Kräuter lebend und Zwergsträucher) bzw. für die Nekromasse 96,32 g/m<sup>2</sup> (siehe Biomassenverteilung im Anhang).

KLUG-PÜMPEL (1977) in (CERNUSCA 1989) gibt für ein Seslerietum auf 2280 m (ohne Nutzung) 202 g TS m<sup>-2</sup> für die oberirdische und 309 für den Streuvorrat an. REHDER (1976) in (CERNUSCA 1989) gibt für ein Seslerio-Sempervirentum auf 2160 m 320 g TS m<sup>-2</sup> für die oberirdische Biomasse und 100 g TS m<sup>-2</sup> für den Streuvorrat an.

## 4.4.1.3 Zeigerwertanalysen

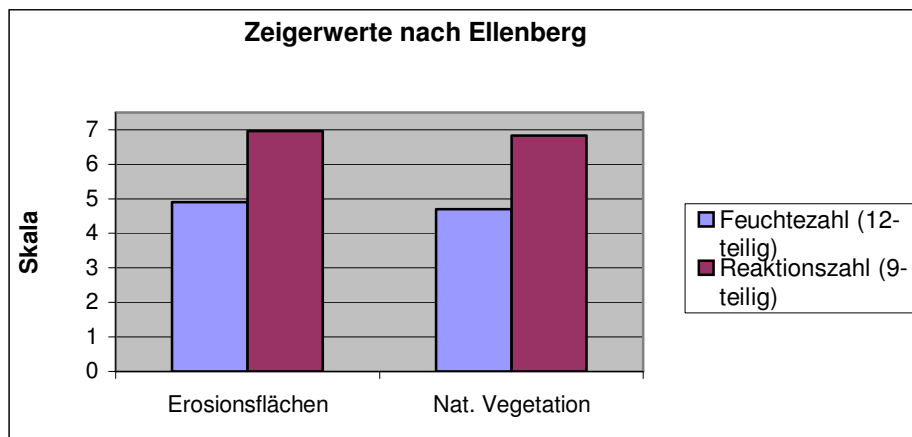


Abbildung 55: Zeigerwerte nach ELLENBERG (1991) für das Untersuchungsgebiet Karwendel Süd und West

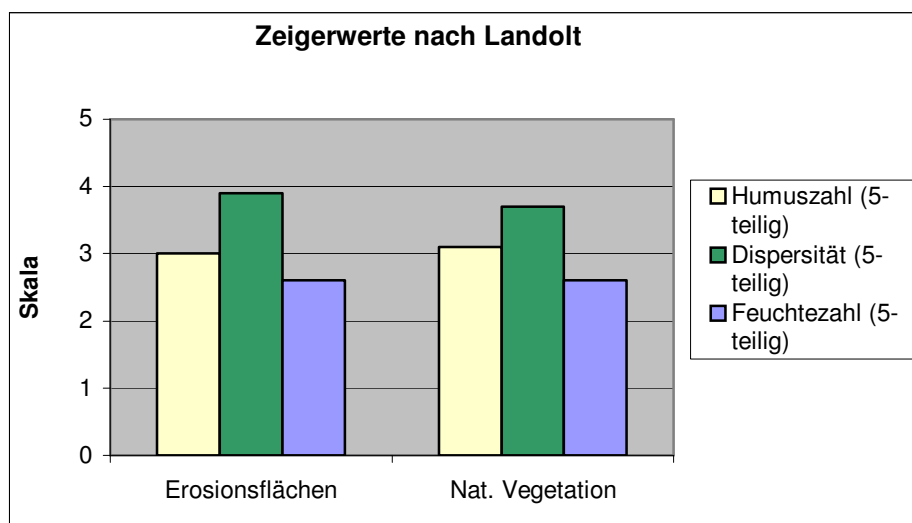


Abbildung 56: Zeigerwerte nach LANDOLT (1977) für das Untersuchungsgebiet Karwendel Süd und West

Auffallend bei den Zeigerwertanalysen (siehe Abbildung 56) ist die Dispersität (Bodendurchlässigkeit und Bodendurchlüftung) nach LANDOLT, die bei den Erosionsflächen knapp unter 4 liegt und auf skelettarme, meist feinsandige-schluffige, mehr oder weniger gut durchlüftete Böden (Süd- und Westexposition) hinweist. Die Humuszahl nach LANDOLT liegt bei 3 und deutet auf Böden mit mittlerem Humusgehalt hin.

Die Reaktionszahl nach ELLENBERG liegt knapp unter 7 und zeigt somit Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger an (siehe Abbildung).

Nach ELLENBERG liegen die Mittelwerte für die Feuchtezeiger bei 5 und weisen so auf frische, mittelfeuchte Böden hin. Die Feuchtwerte nach LANDOLT (2,6) zeigen etwas trockenere Böden an (siehe Abbildung 55).

Allgemein kann bemerkt werden, dass es keine großen Unterschiede in den Zeigerwerten zwischen natürlicher Vegetation und wiederbesiedelten Erosionsflächen gibt.

Interessant ist im Zusammenhang mit Oberflächenabfluss und Vegetationstyp die Feststellung, dass die Regenerationsbereitschaft (in Hinblick auf saisonale Schwankungen), unter anderem ausgelöst durch Aggregatstabilisierung und Vergrößerung des Porenvolumens durch Frostgare sich auf den Blaugras-Horstseggenhalden als sehr hoch erweist. Nach zahlreichen Untersuchungen konnte KOHL (2000) feststellen, dass Blaugras-Horstseggenhalden eine Verminderung der Abflussmenge um mehr als 50 % erreichen.

#### 4.4.2 Ergebnisse zu den wiederbesiedelten Erosionsflächen (nach Auswertung der Linientransekte und Frequenz-Analysen)

Zu den Arten, die hauptsächlich auf den Erosionsflächen und weniger in der natürlichen Vegetation zu finden sind zählen *Anthyllis vulneraria* (Wundklee), *Thymus praecox* ssp. *polytrichus* (Kriech-Quendel), *Lotus corniculatus* (gew. Hornklee), *Galium anisophyllum*, (Ungleichblättriges Labkraut), *Linum catharticum* (Purgier-Lein), *Acinos alpinus* (Alpen-Steinquendel) und *Alchemilla alpina* agg. (Silbermantel). Es sind dies Arten die alle in mageren Steinrasen zu finden sind, z. T tief (bis 1m) wurzelnde Rohbodenpioniere (Wundklee, Hornklee) oft mit Wurzelpilz. Auch kommen Moose häufig als Pioniere auf diesen Standorten vor. Dabei waren die Moospölster auf einigen äußerst harten, beinahe kahlen Erosionsflächen kaum herauszuziehen. Diese „Steinpflaster“, wie sie STAHR (1996) in seinen Untersuchungen beschreibt, konnten durch das Abspülen der feineren Korngrößen entstehen. Sind erst einmal Steinpflaster ausgebildet, so wird der Abtransport von weiterem Feinmaterial gehemmt und die Tieferlegung der Bläikenoberfläche stark verlangsamt, wenn nicht sogar weitgehend zum Stillstand gebracht. Dies wird in vielen Fällen zusätzlich durch die Ansiedelung von Pionierpflanzen wie *Tussilago farfara* (Huflattich) begünstigt. Insbesondere die erodierende Wirkung des Tropfenschlages (splash) erfährt durch die Ausbildung der Steinpflaster eine deutliche Abschwächung (STAHR 1996).

Jedoch dürfte eine Wiederbesiedelung solcher harter „Steinpflaster“ durch Moose oder auch Gräser und Kräuter äußerst schwierig sein.

*Carex sempervirens* (Horstsegge) und *Sesleria albicans* (Blaugras) als namensgebende Arten der natürlichen Vegetation kommen oft in den unterschiedlichen Stadien der untersuchten Erosionsflächen vor, konnten sich also gut verbreiten. Diese beiden Arten sind Feinerdefänger, Schuttstauer und Humusbildner, was für nachfolgende Arten bei der Wiederbesiedelung sicherlich von Vorteil ist. Weitere Arten, die sowohl in der natürlichen Vegetation wie auch in den Erosionsflä-

chen häufig auftreten, sind *Anthoxanthum odoratum* (gew. Ruchgras) ein bis 50cm tief wurzelnder Magerkeitszeiger, *Potentilla erecta* (Blutwurz) ebenfalls bis 50 cm tief wurzelnder Magerkeits- und Versauerungszeiger und *Festuca rubra agg.*(Rot-Schwingel) (siehe Anhang).

### 4.4.3 Feldbodenkundliche Untersuchungen

Im Bereich des Karwendels bestand die Gelegenheit, nicht nur erodierte bzw. von Erosion verschont gebliebene Flächen zu untersuchen. Es gab hier auch noch dritte, für biologische Untersuchungen äußerst interessante Flächen, und zwar jene, die vor längerer Zeit erodiert waren, inzwischen aber (auf natürliche Weise) wieder von Vegetation bewachsen sind. Daher wurde v.a. bei den bodenphysikalischen Untersuchungen sehr stark auf diese Flächen eingegangen.



**Abbildung 57:** Bodenprofil Karwendel (Tirol), Karwendel West, natürliche Vegetation



**Abbildung 58:** Bodenprofil Karwendel(Tirol)  
wieder bewachsene Erosions-  
stelle

Der Vergleich der beiden Bodenprofile (siehe Abbildungen 57 und 58) zeigt deutlich das größte Problem und gleichzeitig auffälligste Merkmal von oberflächennaher Erosion: den Bodenverlust. Zeigt die natürliche, erosionsfreie Fläche eine Bodenmächtigkeit von ca. 50 cm, so liegt diese im ehemals erodierten, aber wieder zugewachsenen Bereich bei kaum 10 cm (diese beiden Flächen liegen nur wenige Meter voneinander entfernt).

Bereits bei der Probennahme zeigte sich, dass v.a. der untere Bodenteil (unter 10 cm) in der natürlichen Vegetation bei Wasserzugabe eine starke Neigung zum „Zerfließen“ hat. Dabei löst sich die Bodenmatrix schlagartig auf und es entsteht eine seifige, fast dünnflüssige Substanz, die eine geradezu ideale Grundlage für das Abgleiten der darüber liegenden Schichten darstellt.

#### 4.4.4 Laborergebnisse

Die physikalischen Untersuchungen wurden im Gebiet des Karwendels nur im Bereich der wieder bewachsenen Blaikten durchgeführt, da diesem Punkt in der Dynamik der spontanen Wiederbesiedlung, also der Begrünung durch die Natur selbst, besonderes Interesse gilt. Außerdem wurden bodenphysikalische Untersuchungen in der natürlichen Vegetation im Sellrain (Tirol) sowie in Meran 2000 (Südtirol) durchgeführt.

##### 4.4.4.1 Korngrößenverteilung

Die wieder bewachsenen Blaikten zeigen folgende Korngrößenverteilung: Sand 68,9 %, Schluff 26,2 %, Ton 4,9 %. Es handelt sich hierbei also um einen Sand bzw. lehmigen Sand.

##### 4.4.4.2 Organische Substanz

Wie sich zeigt, ist der Anteil an organischer Substanz in den wieder bewachsenen Blaikten mit 14,61 % relativ hoch. Dieser Wert liegt wesentlich höher als jener der Erosionsflächen in den Gebieten von Sellrain (Tirol) und Meran 2000 (Südtirol) mit 3-6 % und sogar weit über den Werten der vergleichbaren, aber mit natürlicher Vegetation bestandenen Fläche 1 in Meran 2000 (Südtirol) mit ca. 5 %.

### 4.4.4.3 Aggregatstabilität

Auch die Aggregatstabilität zeigt einen sehr guten Wert für die spontan wieder besiedelten Flächen im Karwendel (Tirol). Sie liegt mit über 95 % z.T. beträchtlich über den erhobenen Werten der natürlichen Vegetation im Sellrain (Tirol) und in Meran 2000 (Südtirol).

### 4.4.4.4 pF-Kurve

Die pF-Kurve zeigt ein sehr hohes Gesamtporenvolumen – fast 70 % (siehe Abbildung 59). Auch die Werte für die anderen Drücke zeigen ein Bild, das eigentlich eher dem eines Tonbodens entspricht als dem eines Sandes (vgl. SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL 1998).

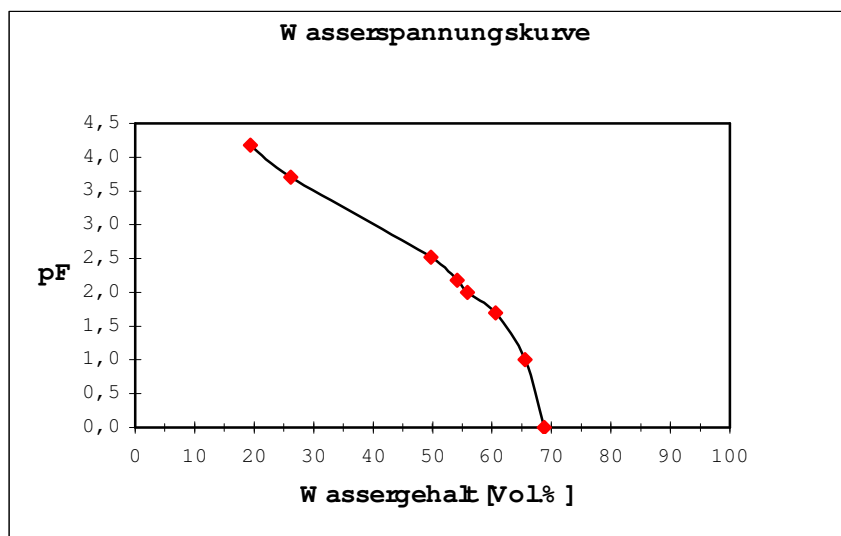


Abbildung 59: pF-Kurve der wieder bewachsenen Erosionsflächen im Karwendel (Tirol)

### 4.4.4.5 Wurzelmasse

Die Untersuchung der Wurzelmasse (siehe Abbildung 60) zeigt, dass die natürliche Vegetation auf beiden Flächen, Karwendel West und Karwendel Süd, trotz unterschiedlicher Exposition sehr ähnliche Werte aufweist. In der obersten Schicht von 0-5 cm sind auch in den spontan wiederbesiedelten Flächen ähnlich hohe Werte feststellbar. In der Tiefenstufe von 5-10 cm ändert sich dieses Bild jedoch: In der als „Blaike – zugewachsen mit Moos“ bezeichneten Fläche findet sich ein um mehr als 50 % niedrigerer Wert für die Wurzelmasse als in der natürlichen Vegetation. Dies ist ein Umstand, der die Gefährdung dieser Fläche mangels genügender Bodenfestigung durch die Durchwurzelung wesentlich erhöht. Die v.a. von Gräsern spontan wieder besiedelte Fläche „Blaike zugewachsen“ erreichte nur eine Bodenmächtigkeit von 8-9 cm und konnte daher nicht beprobt werden.

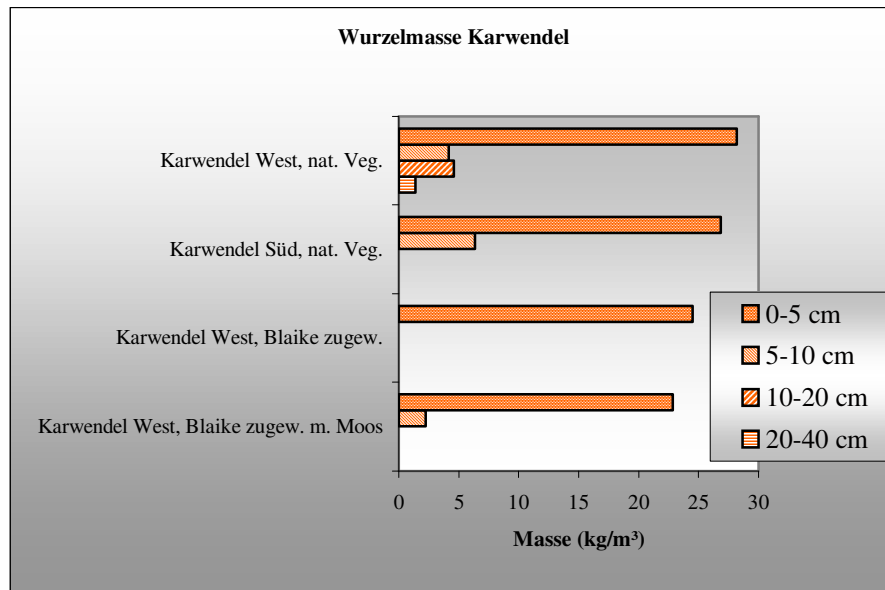


Abbildung 60: Wurzelmasse auf den untersuchten Flächen im Karwendel (Tirol)

#### 4.4.4.6 Chemische Untersuchungen

Der Kaliumgehalt liegt in den wiederbewachsenen Erosionsflächen zwar unter dem Wert der natürlichen Vegetation, aber wesentlich über dem der offenen Erosionsflächen (siehe Abbildung 61).

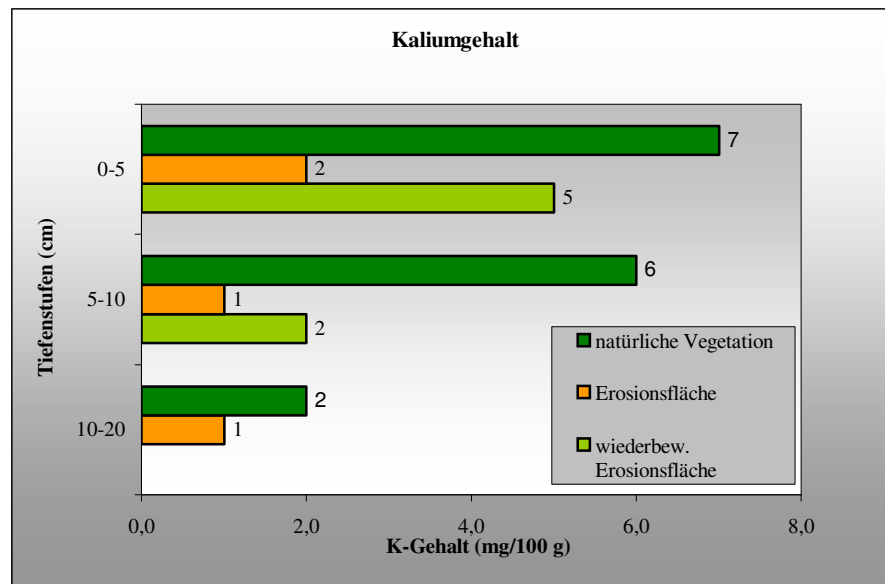


Abbildung 61: Der Kaliumgehalt in den drei untersuchten Flächen im Karwendel (Tirol)

Die anderen erhobenen chemischen Werte lassen ähnliche Aussagen zu; die einzelnen Ergebnisse können dem Anhang entnommen werden.



### 4.4.5 Zusammenfassung

Die Untersuchungen im Karwendel (Tirol), besonders jene der wieder bewachsenen Erosionsflächen, erbrachten einige bemerkenswerte Ergebnisse:

So sind sowohl die bodenphysikalischen als auch –chemischen Werte in diesem Bereich nicht so befriedigend wie jene der natürlichen Vegetation, aber die entsprechenden Böden zeigen trotzdem einen relativ sehr guten Zustand. Sie scheinen sehr wohl in der Lage zu sein, künftige Erosionen zu erschweren. Diese Beobachtung lässt darauf schließen, dass für ingenieurbioologische Maßnahmen das Berücksichtigen der natürlichen Dynamik von großem Vorteil ist. Trotzdem darf nicht übersehen werden, dass der Boden durch die Erosion deutlich degradierte und der Wiederaufbau einer ähnlich mächtigen Bodenschicht wie in der natürlichen Vegetation kaum möglich ist bzw. sehr lange dauern wird.

Blaugras-Horstseggenhalden (*Seslerio Caricetum sempervirentis*) gelten allgemein als erosionsgefährdete Gesellschaften (vgl. ELLENBERG (1996), SCHAUER (1975)). So wurden auch in unserem Untersuchungsgebiet zahlreiche Blaiken festgestellt. Es finden sich aber auch zahlreiche Arten (Rohbodenpioniere, Schuttfestiger, Feinerdefänger und Humusbildner), abgesehen von den beiden Leitarten der Gesellschaft Blaugras (*Seslerio albicans*) und Horstsegge (*Carex sempervirens*), die an diese Gegebenheiten angepasst sind und eine Wiederbesiedlung initiieren. Das Untersuchungsgebiet erweist sich als durchwegs regenerationsfähig, was (zwar nur wenige) von selbst wiederbegrünte Blaiken beweisen. Ob sich jedoch Erosion und Wiederbesiedlung die Waage halten, muss bezweifelt werden; die negativen anthropogenen Einflüsse der letzten Jahrzehnte und die große Anzahl frischer Anbrüche sprechen dagegen.

Will man also Boden und Vegetation in dem gegenwärtigen Zustand erhalten, muss auf alle Fälle versucht werden, Erosion nicht nur zu behandeln, sondern zukünftige Abtragsprozesse zu verhindern.

## 4.5 Sellrain / Tirol

### 4.5.1 Vegetationskundliche Untersuchungen

Die Blaike im Sellrain liegt inmitten einer zwergstrauchreichen Gesellschaft, die dominiert wird von Besenheide (*Calluna vulgaris*), Alpen-Rauschbeere (*Arctostaphylos uva-ursi*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*).

Die Erosionsfläche selbst ist kaum wiederbewachsen, einzig westlich im weniger steilen unteren Bereich konnte die Besenheide (*Calluna vulgaris*) wieder einwandern. Ansonsten finden sich nur kleine Vegetationsinseln mit Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*).

Nicht weit oberhalb der Erosionsfläche ragt ein kleiner felsiger Abhang hervor. Direkt oberhalb dieser Felsnase weist das Gelände eine kleine Mulde auf, in der sich vermutlich Schnee- und Regenwasser sammelt, versickert und weiter unterhalb im Blaikbereich hervortritt. Unterstützt wird diese These durch mehrere Wasseraustrittlöcher im unmittelbaren Bereich am oberen Ende der Erosionsfläche (siehe Abbildung 66).

#### 4.5.1.1 Bestandesstruktur

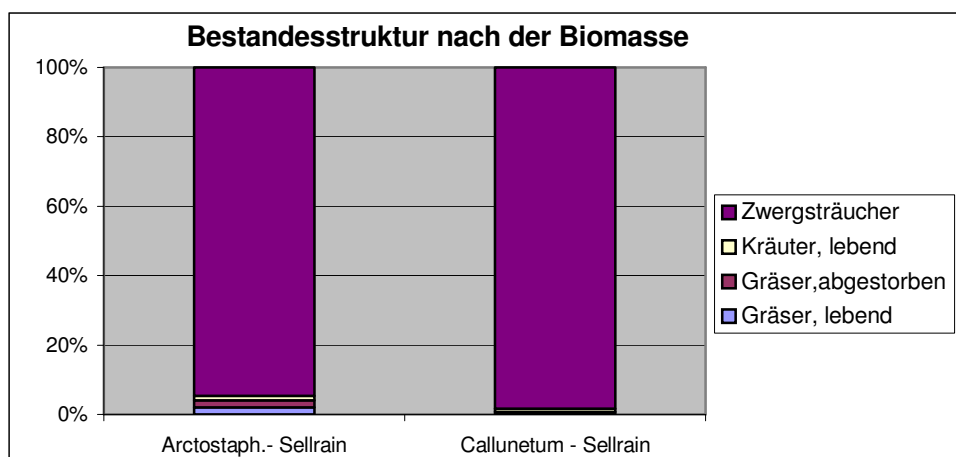


Abbildung 62: Vergleich der Bestandesstruktur nach der Biomasse im Untersuchungsgebiet Sellrain / Tirol

Wie schon in der Bestandesstrukturanalyse (siehe 2.1.3) erwähnt stammen die entnommenen Rasenziegel aus einem Junipero-Arctostaphyletum, wobei ein Rasenziegel aus der typischen Vegetation (kurz: Arctostaphyletum) und der andere Rasenziegel aus dem von *Calluna vulgaris* (Besenheide) dominierten Bereich (kurz: Callunetum) stammt.

In den entnommenen Rasenziegeln dominieren erwartungsgemäß Zwergsträucher (siehe Abbildung 62). Bemerkenswert ist der hohe Streuanteil von 1991,22 g/m<sup>2</sup> beim Junipero-Arctostaphyletum bzw. 768,55 g/m<sup>2</sup> beim Callunetum. Dieser hohe Anteil hat sicherlich Auswirkungen auf den Abfluß bzw. die Infiltration von Niederschlagswasser in den Boden. PIRKL et al.(2000) geben für die Besenheide als dominanten Vegetationstyp im rechten Finsingtal / Zillertal einen wahrscheinlichen Oberflächenabfluss von 11-30 % an.

## 4.5.1.2 Biomassenverteilung

Die Biomassenverteilung ergibt für die Biomasse des Junipero-Arctostaphyletum 1365,2 g/m<sup>2</sup>, für das Callunetum sogar 1813,43 g/m<sup>2</sup>. Die Nekromasse ist mit 9,22 g/m<sup>2</sup> beim Junipero-Arctostaphyletum verschwindend gering, während es beim Callunetum vollständig fehlt (siehe auch Biomassenverteilung im Anhang).

Als ungefährender Vergleich können die Werte einer Vaccinienheide am Patscherkofel von Schmidt (1974) in CERNUSCA (1989) angegeben werden. Er gibt für die oberirdische Biomasse 1020 g TS m<sup>-2</sup> und für den Streuvorrat 850 g TS m<sup>-2</sup> an.

## 4.5.1.3 Zeigerwertanalyse

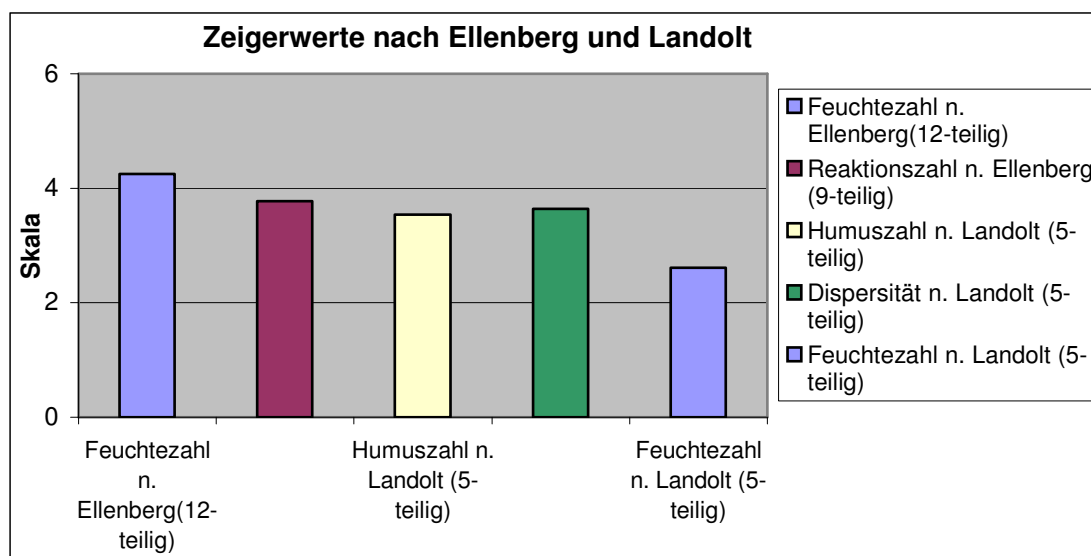


Abbildung 63: Zeigerwertanalysen nach ELLENBERG und LANDOLT für das Untersuchungsgebiet Sellrain / Tirol

Die Feuchtezeiger sowohl nach ELLENBERG (4,3) wie auch nach LANDOLT (2,6) deuten auf trockene bis frische Verhältnisse im Boden hin und sind somit Zeiger mittlerer Feuchtigkeitsverhältnisse. Die Reaktionszahl (3,8) nach ELLENBERG zeigt erwartungsgemäß Säurezeiger (siehe Abbildung 63).

Die Humuszahl (3,5) nach LANDOLT zeigt durchwegs Pflanzen mit Hauptverbreitung auf Böden mit mittlerem Humusgehalt (Klasse 3) bzw. humusreichen Böden (Klasse 4) an. Die Dispersitätszahl (3,6) deutet auf skelettarme, meist feinsandig-schluffige (staubige), mehr oder weniger gut durchlüftete Böden hin (Klasse 4) (siehe Abbildung 63).

## 4.5.2 Feldbodenkundliche Untersuchungen

Die nicht erodierten Flächen im Untersuchungsgebiet Sellrain zeigen einen für diese Höhenstufe typischen Boden. Es handelt sich um Braunerde mit einer Mächtigkeit von 50 cm, teilweise bis zu 80 cm.



**O<sub>1</sub>** 3-1 cm  
**O<sub>f</sub>** 1-0 cm  
 Übergang zu A<sub>h</sub> wellig

**A<sub>h</sub>** 0-15 cm  
 sehr dunkler (10 YR 2/1), lehmig wirkender Boden ohne Skelettanteil, relativ stark porös, gut durchwurzelt

**B<sub>v1</sub>** 15-25 cm  
 Skelettgehalt bei ca. 20 %, Porosität recht hoch, Durchwurzlung gut

**B<sub>v2</sub>** 25-50 cm  
 Skelettgehalt ähnlich hoch wie in B<sub>v1</sub>, aber Boden etwas heller, wirkt plastischer, Porosität und Durchwurzlung wesentlich schlechter als B<sub>v1</sub>

**Abbildung 64:** Bodenprofil der ungestörten Fläche im Untersuchungsgebiet Sellrain (Tirol)

Mehrere Faktoren erschienen bei der feldbodenkundlichen Untersuchungen interessant (siehe Abbildung 64):

- Schluffgehalt im unteren Bodenbereich höher als in den darüber liegenden Schichten
- Schlechte Durchwurzlung v.a. im unteren Bodenbereich
- Porosität nimmt nach unten hin stark ab (was im Zusammenspiel mit dem erhöhten Schluffgehalt die Ausbildung einer Gleitschicht eher wahrscheinlich macht)

Durch die genauere Untersuchung der Anbruchskante im erodierten Bereich konnte der wahrscheinlichste Auslöser für das Abrutschen derart großer Bereiche gefunden werden: Betrachtet man die vom Gegenhang aus gemachten Fotos (siehe Abbildung 65), so ist oberhalb der Erosionszone (vom Bildrand ausgehend) eine nach rechts unten verlaufende, grüne Linie zu erkennen (s. Pfeil), die sich bei genauerer Untersuchung als eine Art natürlicher Wall herausstellte.

## Erosionsanfälligkeit

Das von oberhalb dieses Walls kommende Niederschlags- bzw. Schmelzwasser hat keine Möglichkeit, weiter entlang des Hanges zu fließen. Es sammelt sich in der Rinne hinter dem Wall und fließt in Richtung des Baches (erkennbar im rechten Drittel des Fotos). Durch dieses Stauen des Wassers hinter dem Wall wird großer Druck auf den Boden in diesem Bereich ausgeübt. Dadurch kam es im Laufe der Zeit zur Ausbildung von unterirdischen Siphons, die den Wall unterquerten und auf Höhe der Anbruchskante zu Wasseraustritten führte (zwei dieser Austritte kann man auf Abb. 66 erkennen). Erst die Bildung vieler, auf einer breiten Linie angelegten Wasseraustritte machte eine derart massive Erosion wie im Sellrain möglich.



**Abbildung 65:** Ansicht der Erosion im Sellrain vom Gegenhang; es ist deutlich der über der Erosionszone liegende, nach rechts unten verlaufende Wall zu erkennen (s. Pfeil), der den Auslöser für diesen massiven Bodenabtrag darstellt.



**Abbildung 66:** Bei genauerer Betrachtung der Anbruchskante fällt auf, dass unter der Vegetation bis zu 50 cm tiefe, hangparallele Löcher zu finden sind (s. Pfeile); es handelt sich hierbei nicht um Ausspülgelücken, sondern um Siphons, die Wasser von oberhalb des Walles (siehe Abbildung 65) bis hierher transportieren.

### 4.5.3 Laborergebnisse

#### 4.5.3.1 Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung (siehe Abbildung 67) zeigt für die natürliche Vegetation einen nach unten hin abnehmenden Schluffgehalt; Ton ist nur in geringem Ausmaß vorhanden. Die erodierte Fläche – die auf Grund des völligen Fehlens einer Struktur den Witterungsverhältnissen schutzlos ausgeliefert ist – hat im oberen Bereich einen hohen Schluffgehalt, der nach unten hin ebenfalls abnimmt. Dabei darf allerdings nicht übersehen werden, dass an der Oberfläche eine große Menge an Gestein zu finden ist; dies ist wohl auf großflächiges Abschwemmen von Feinmaterial zurückzuführen. Dass diese Steine von dem Hang über der Erosionsfläche kommen, ist auf Grund der Topographie unwahrscheinlich.

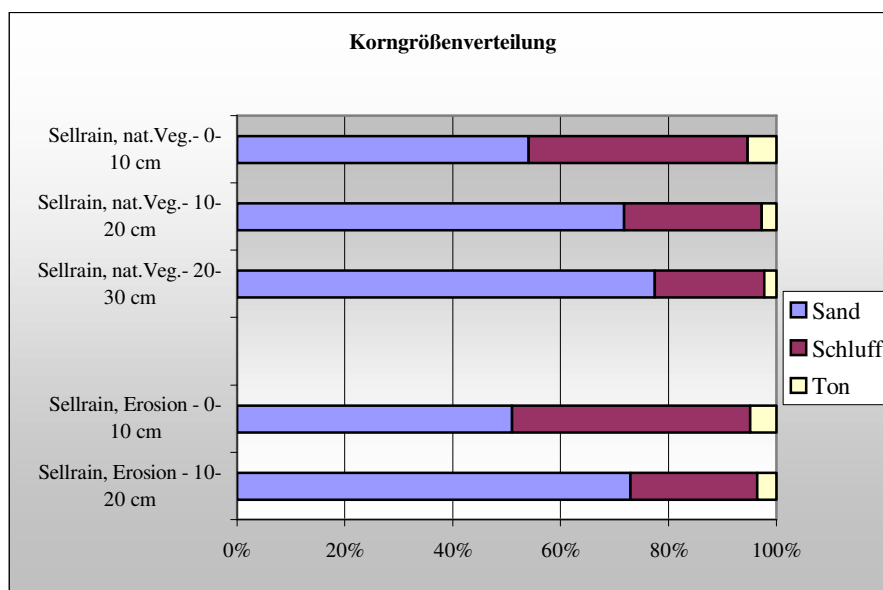


Abbildung 67: Korngrößenverteilung auf den Flächen im Untersuchungsgebiet Sellrain (Tirol)

#### 4.5.3.2 Organische Substanz

Die organische Substanz zeigt Werte, die den Vegetationsverhältnissen entsprechend zu erwarten sind: in der natürlichen Vegetation ist ein Anteil von über 30 % zu finden, die Erosionsfläche weist einen Anteil von nur 5 % auf.

#### 4.5.3.3 Aggregatstabilität

Interessant erscheint, dass die Aggregatstabilität in der erodierten Fläche kaum niedriger erscheint als jene in der natürlichen Vegetation (siehe Abbildung 68). Es konnte keine Ursache für diesen Umstand gefunden werden; in jedem Fall ist dieser Wert relativ hoch und liegt z.T. wesentlich über jenen der Flächen in Meran 2000 (Südtirol).

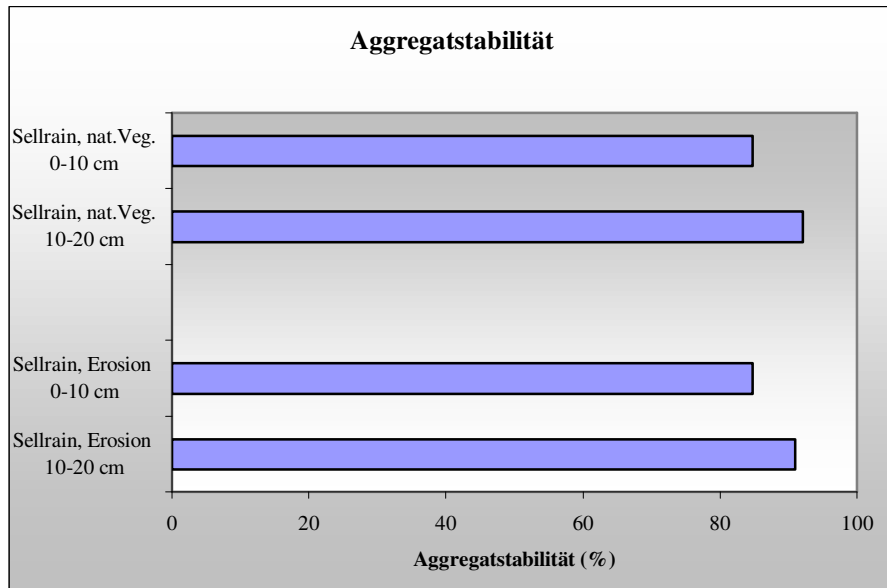


Abbildung 68: Aggregatstabilität im Untersuchungsgebiet Sellrain (Tirol)

### 4.5.3.4 Chemische Untersuchungen

Die chemischen Untersuchungen zeigen für alle erhobenen Werte der natürlichen Vegetation eine fast lineare Abnahme mit der Bodentiefe (siehe Abbildungen 69, 70 und 71). Die Erosionsfläche ist gekennzeichnet durch von der Bodentiefe unabhängige, niedrige Nährstoffgehalte.

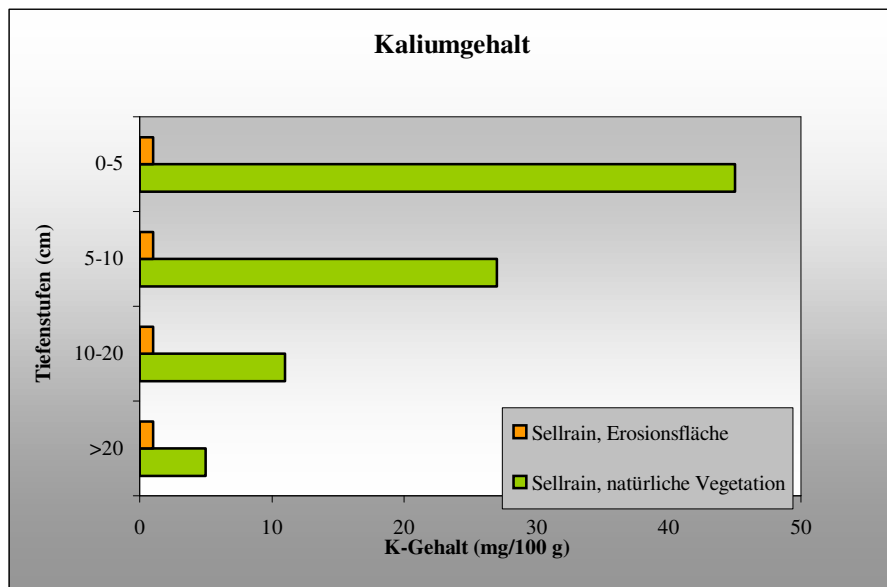


Abbildung 69: Kaliumgehalt auf den Untersuchungsflächen Sellrain (Tirol)

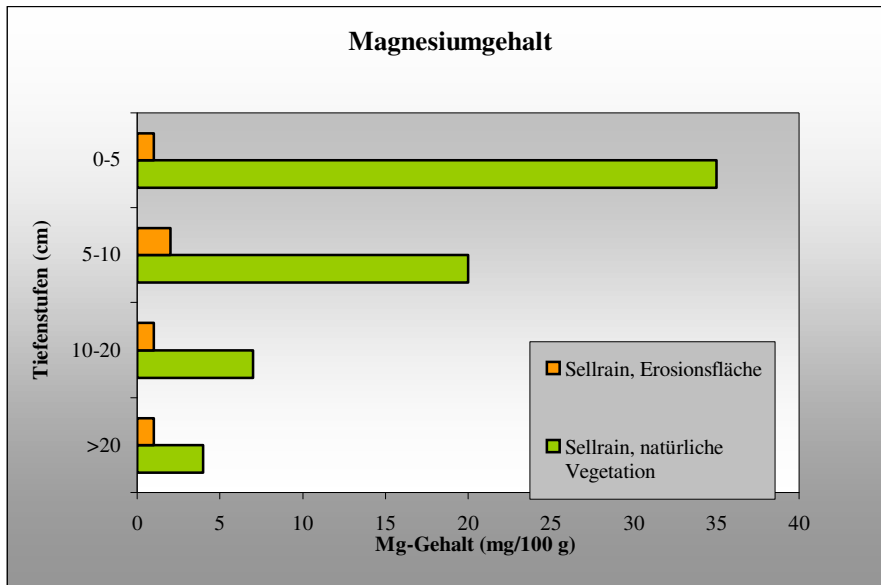


Abbildung 70: Magnesiumgehalt auf den Untersuchungsflächen Sellrain (Tirol)

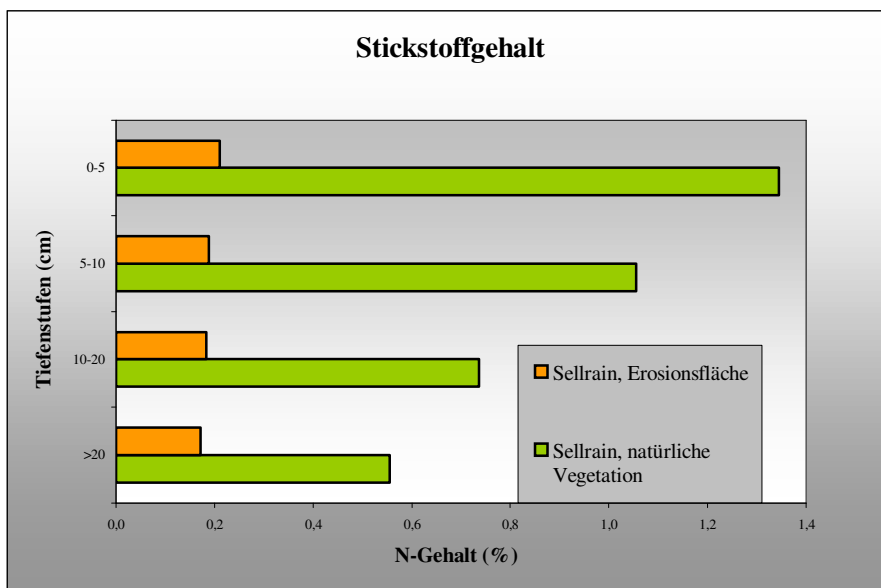


Abbildung 71: Stickstoffgehalt auf den Untersuchungsflächen Sellrain (Tirol)

#### 4.5.4 Zusammenfassung

Die Bläike im Sellrain ist vermutlich durch am Hang austretendes Wasser (gesammelt in einer Mulde oberhalb) ausgelöst worden. Bestätigt wird diese Theorie durch Wasseraustrittslöcher an der Bläikenoberkante. Das Feinmaterial der offenen Erosionsfläche kann somit bei jedem Niederschlagsereignis abgespült werden, was eine Wiederbesiedelung durch angrenzende Arten erschwert.

Es konnte in diesem Bereich kein direkter Zusammenhang zwischen dem Bodenaufbau bzw. einzelnen –parametern und der Erosionsanfälligkeit gefunden werden. Abgesehen von den Prob-



lemen mit erhöhtem, unterirdischem Wasserdruck dürfte v.a. der Schluffgehalt eine Rolle spielen. In der obersten Bodenschicht der natürlichen Vegetation wird das Erosionspotenzial durch den relativ hohen Schluffgehalt durch die starke Durchwurzelung neutralisiert.

Die sehr regelmäßige Verteilung der Nährstoffe entlang der Tiefenstufen in der natürlichen Vegetation und deren fast völliges Fehlen in der Erosionsfläche weisen darauf hin, dass eine Wiederbesiedlung durch Pflanzen auf Grund von Nährstoffmangel sehr schwierig ist.

Eine weitere Erosionsgefährdung ist in dem Untersuchungsbereich nicht gegeben, einzig die Möglichkeit einer rückschreitenden Erosion und somit eine Vergrößerung der Blaike im Untersuchungsgebiet ist wahrscheinlich.

## 4.6 Meran 2000 / Südtirol

### 4.6.1 Vegetationskundliche Untersuchungen Fläche 1

Die Transektanalyse oberhalb der Erosionsfläche zeigt folgendes Bild:

Im westlichem Bereich der Aufnahme dominiert Borstgras (*Nardus stricta*). Stellenweise recht häufig beigemischt ist Alpen-Klee (*Trifolium alpinum*), Berg-Nelkenwurz (*Geum montanum*) und Besenheide (*Calluna vulgaris*).

Im östlichen oberen Bereich dominiert ebenfalls der Bürstling (*Nardus stricta*), jedoch sind abwechselnd Alpen-Klee (*Trifolium alpinum*) und Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*) bzw. Dreiblatt-Simse (*Juncus trifidus*) und rostblättrige Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*) beigemischt.

Die Transekt-Analyse unterhalb der Blaike zeigt allgemein ein gehäuftes Auftreten von Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*). Im östlichen Bereich fällt vor allem die höhere Deckung der Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*) auf. Die Rasenschmiele ist eine bis 1 m tief wurzelnde Mullbodenpflanze, wie auch ein Quell- und Grundwasserzeiger. Das gehäufte Vorkommen der Rasenschmiele in diesem Bereich deutet daher auf eine Wasserbewegung im Boden hin. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass der wassergesättigte Boden bei Niederschlagsereignissen nicht mehr soviel Wasser aufnehmen und es zu erhöhtem Oberflächenabfluss kommen kann.

#### 4.6.1.1 Bestandesstruktur

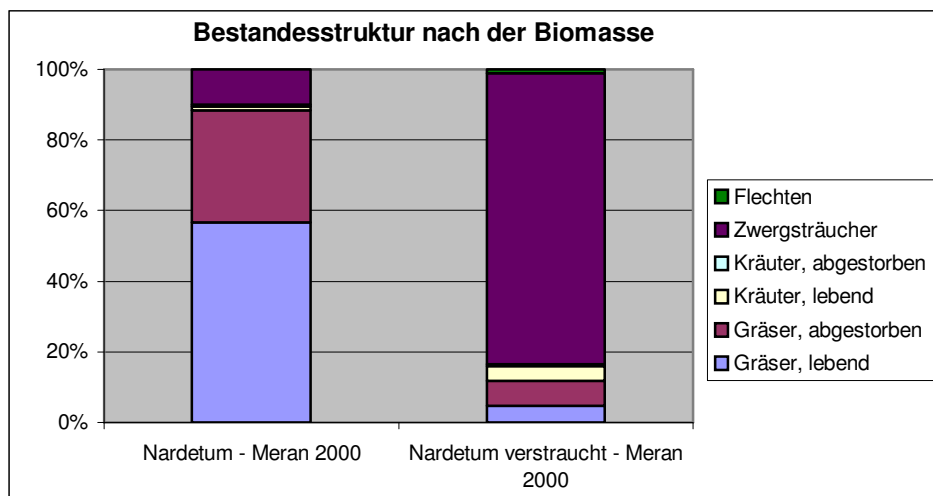


Abbildung 72: Vergleich der Bestandesstrukturzusammensetzung der Fläche 1 im Untersuchungsgebiet Meran 2000 / Südtirol

Bei diesen beiden Rasenziegeln ist eindeutig die Dominanz der Gräser lebend mit ca. 55 % im typischen Sieversio-Nardetum strictae und die Dominanz der Zwergsträucher (Besenheide, Heidelbeere, rostblättrige Alpenrose, Alpen-Rauschbeere und Preiselbeere) mit beinahe 85% in der verstrauchten Form zu erkennen (siehe Abbildung 72).

### 4.6.1.2 Biomassenverteilung

Der Biomassenanteil des verstrauchten *Sieversio-Nardetum strictae* liegt mit 430,99 g/m<sup>2</sup> weitaus höher als in der nicht verstrauchten Form (186,98 g/m<sup>2</sup>). Die Nekromasse des *Sieversio-Nardetum strictae* kommt auf 89,21 g/m<sup>2</sup>, während auf die verstrauchte Form 41,77 g/m<sup>2</sup> fallen. Zusätzlich kommen bei der verstrauchten Form Flechten mit 5,66 g/m<sup>2</sup> vor (siehe auch Biomassenverteilung im Anhang).

Die Streuwerte liegen für das *Sieversio-Nardetum strictae* bei 375,44 g/m<sup>2</sup>, für das verstrauchte *Sieversio-Nardetum strictae* mit 404,22 g/m<sup>2</sup> etwas höher.

Im Unterschied zu BUNZA (in CERNUSCA 1984), der 1984 Beregnungsversuche in Meran 2000 durchführte, konnten MARKART et al. (2000) bei ihren Beregnungsversuchen im Jahr 2000 auf beweideten Flächen durchwegs hohe Abflussbeiwerte erzielen. Mögliche Ursachen für diese Unterschiede liegen einerseits in unterschiedlichen Standorten, den größeren Beregnungsflächen von Bunza und in einer unterschiedlichen Methodik (MARKART et al. 2000).

Bunza (1984) führt die (für beweidete Almflächen ohne Nutzung als Schipiste untypischen) guten Oberflächenabflussresultate auf die vorherrschenden Bodenverhältnisse und eine vorausgegangene Trockenperiode zurück.

- Weiters stellt er fest, dass durch Starkregen und hohe Oberflächenabflüsse auf gut vegetationsbedeckten Almwiesen keine Erosion ausgelöst werden. Erst schon bei vorhandenen Bodenverwundungen, die durch andere Kräfte geschaffen werden, kann das Wasser erosiv wirksam werden.
- Alle 5 Standorte der Beregnungsversuche zeigten dagegen eine hohe Neigung zu Rutschungen. Dies einerseits auf Grund der hohen Wasserleitfähigkeit entlang des Wurzelhorizontes, grus- und sandreicher Zwischenlagen oder tiefgründigen Schuttmaterials, andererseits durch die Abdichtung des Untergrundes durch wasserstauende Verwitterungshorizonte, wie sie LÖHMANNSRÖBEN (in CERNUSCA 1984) praktisch am ganzen Nordhang von Meran 2000 feststellen konnte. Das große Wasserangebot infolge leitender und stauender Schichten ist aber auch mitverantwortlich für die linienhafte Abtragung an den Hängen, wobei die Tiefgründigkeit der Böden und des lockeren Untergrundes die Tiefenerosion erleichtern. Hinzu kommt, dass über weiten Bereichen durch die Homogenität des Borstgrasrasens dem Boden sehr wenig Halt verliehen wird.

BUNZA (in CERNUSCA 1984) bemerkt weiters, dass sich auf natürlichen Almweiden mit Schipistennutzung (Untersuchungen aus den Zentral- und Nordalpen), wie sie auch unserer Untersuchungsfläche 1 entspricht, durch die mit intensiven Beweidung einhergehenden Bodenverdichtung der Oberflächenabfluss gegenüber normal beweideten Almflächen verdoppelt (von 87 mm Niederschlag pro Stunde fließen 73 % statt 37 % oberflächlich).

Bei den Beregnungsversuchen von MARKART et al. (2000) erzielten beweidete Bürstlingsrasen auf podsoliger Braunerde die größten Oberflächenabflußwerte. Dazu stellen sie fest, „dass das Infiltrationsverhalten maßgeblich von der Vegetation, ihrer Zusammensetzung und der Durchwurzelungsintensität der obersten Bodenschicht gesteuert wird.“ Der Oberflächenabfluß auf alpinen Rasenstandorten hängt stark vom Totmassenanteil der oberirdischen Biomasse ab. In Meran 2000 wies die Fläche mit dem höchsten Anteil an toter Biomasse (ME 9 mit 82% Streu, Gräser tot, Kräuter tot) die schlechtesten Abflusseigenschaften auf (MARKART et al. 2000).

Da es sich bei unserer Untersuchungsfläche 1 um einen beweideten (und als Schipiste genutzten) Borstgrasbestand mit hohem Anteil an toter Biomasse, nämlich 72 % (Streu, Gräser tot, Kräuter tot) handelt, ist mit erhöhtem Oberflächenabfluss zu rechnen.

### 4.6.2 Vegetationskundliche Untersuchungen Fläche 2

Bei der oberhalb dieser Untersuchungsfläche durchgeführten Transektanalyse dominieren Zwergsträucher wie Alpen-Rauschbeere (*Vaccinium gaultherioides*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*), stellenweise Gamsheide (*Loiseleuria procumbens*) und Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*). Die Gamsheide reagiert äußerst empfindlich auf Viehtritt. Trittschäden führen zu einem Absterben der randlichen Zweige und es kommt folglich zu Bodenlockerung und Erosion durch Windverfrachtungen. Um eine weitere Vergrößerung der Erosionsfläche nach oben und somit einen weiteren Eintrag von nachrutschendem Material in die Erosionsfläche zu vermeiden muss das dort weidende Vieh unbedingt aus der Fläche ausgesperrt werden.

Ein weiterer Grund weshalb das Vieh aus dieser Fläche ausgesperrt werden muss, ist die Tatsache, dass selbst die wenigen Gräser in der Erosionsfläche vom Vieh abgefressen werden und durch die Trittbelastung Material nachrutscht und die Schuttfläche somit nicht zur Ruhe kommt. Diese Störung erschwert ein Einsiedeln und Aufkommen von Arten in der Erosionsfläche. Auffällig ist auch hier ein gehäuftes Auftreten der Rasenschmiele am Fuß der Erosionsfläche. Wie schon bei der Fläche 1 erwähnt deutet die Rasenschmiele auf Wasserbewegungen im Boden hin.

### 4.6.3 Zeigerwertanalysen der Flächen 1 und 2

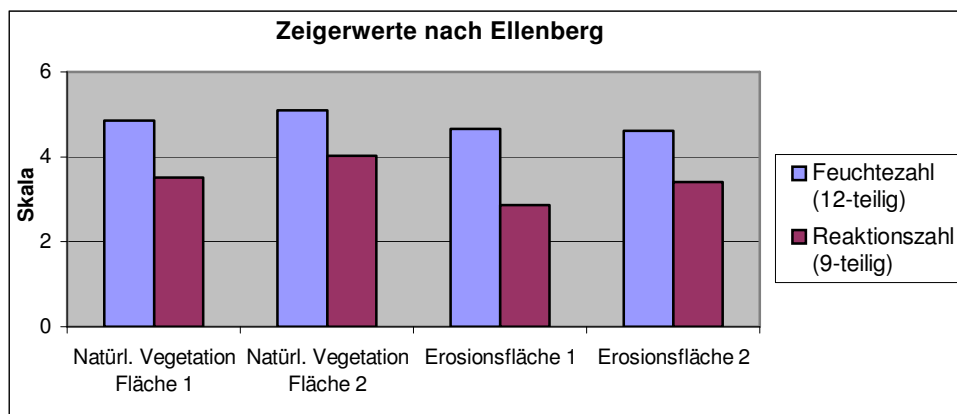


Abbildung 73: Zeigerwerte nach ELLENBERG (1991)

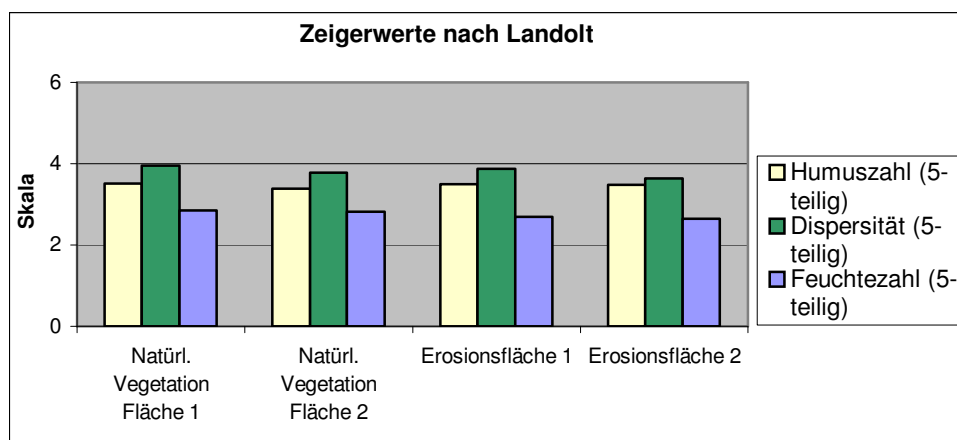


Abbildung 74: Zeigerwerte nach LANDOLT (1977)

Die Zeigerwertanalysen stellen für beiden Untersuchungsflächen - sowohl angrenzende, natürliche Vegetation wie auch Erosionsflächen – keine Besonderheiten dar.

Die Feuchtezahlen nach ELLENBERG liegen bei der natürlichen Vegetation beider Untersuchungsflächen mit 4,9 bzw. 5,1 nur etwas höher als auf den beiden Erosionsflächen mit 4,6 und 4,7. Es handelt sich somit um Frischezeiger mit einem Vorkommen auf mittelfeuchten Böden (siehe Abbildung 73).

Die Reaktionszahl nach ELLENBERG variiert zwar auf den einzelnen Flächen ein wenig (2,9 bis 4), zeigt aber eindeutig die sauren Verhältnisse im Boden an (siehe Abbildung 73).

Die Feuchtezahl nach LANDOLT zeigt für die natürliche Vegetation (2,9 bzw. 2,8) wie auch die Erosionsflächen (2,7) Pflanzen mit ihrer Hauptverbreitung auf mäßig trockenen bis feuchten Böden, also mit einer breiten ökologischen Amplitude an (siehe Abbildung 74).

Die Humuszahl (3,5 bzw. 3,4 für die natürliche Vegetation und 3,5 für die Erosionsflächen) deutet auf Böden mit mittlerem Humusgehalt (Klasse 3) bzw. auf humusreiche Böden (Klasse 4). Die Dispersitätszahl (knapp unter 4) schließlich gibt Pflanzen mit ihrer Hauptverbreitung auf durchlässigen, skelettarmen, meist feinsandig-schluffigen, mehr oder weniger gut durchlüfteten Böden an (Klasse 4) (siehe Abbildung 74).

### 4.6.4 Feldbodenkundliche Untersuchungen

Die beiden untersuchten Flächen in Meran 2000 (Südtirol) unterscheiden sich sowohl hinsichtlich Ihrer Exposition als auch im Hinblick auf die vorherrschende Vegetation. Während Fläche 1 von nicht holzigen Pflanzen dominiert wird, ist Fläche 2 v.a. von Zwergsträuchern bewachsen.



**O<sub>1</sub>** 1,5 – 1 cm

**O<sub>1</sub>+O<sub>2</sub>** 1 – 0 cm

**A<sub>h</sub>** 0 – 28 cm

Skelettgehalt bei 5 bis 10 %, Durchwurzelung sehr gut (in den oberen 5 cm Wurzelfilz), krümelige Aggregatstruktur, die Porosität lässt auf eine gute Durchlüftung schließen; der Boden erscheint schluffig und weist v.a. im unteren Bereich (unterhalb von ca. 10-15 cm) eine starke Neigung zum Zerfließen bei Wasserzugabe auf

**Abbildung 75:** Profil von Fläche 1, natürliche Vegetation

Fläche 2 zeigt eine etwas andere generelle Ausprägung: links von der Erosionsfläche ist eine Fläche zu sehen, die fast frei von Zwergsträuchern ist. Dieser Teil des Hanges wird beweidet. Rechts erkennt man sehr deutlich einen stark von Zwergsträuchern geprägten Teil, der außerdem steil ist. Daher ist der Einfluss durch Weidevieh vernachlässigbar.

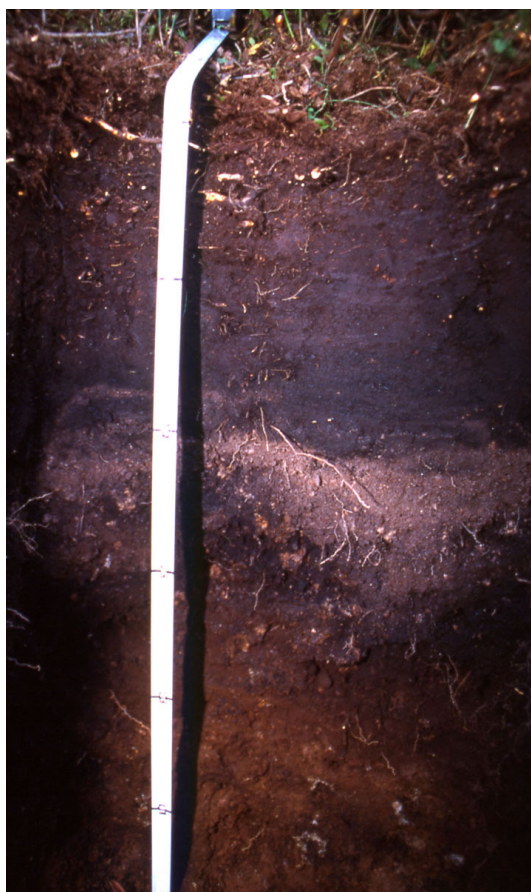


Abbildung 76: Profil in Fläche 2, natürliche Vegetation

**A<sub>h</sub>** 0 – 19 cm sehr geringer Skelettgehalt, gute Durchwurzelung und Porosität, hoher Tongehalt

**A<sub>e</sub>** 19 – 29 cm geringer Skelettgehalt, gute Durchwurzelung, Boden zerfließt bei Wasserzugabe schlagartig

**B<sub>sh</sub>** 29 – 44 cm geringer Skelettgehalt, Durchwurzelung schwächer, Boden erscheint lehmiger

**B<sub>hs</sub>** 44 – 49 cm geringer Skelettgehalt, rötliche Färbung

**B<sub>v</sub>** 49 – 59 cm mittlerer Skelettgehalt, Durchwurzelung ähnlich wie in B<sub>hs</sub>

Bei beiden Böden zeigt sich, unabhängig von ihrer verschiedenen Typenzugehörigkeit und der unterschiedlichen Vegetation, ein Merkmal, das besonders auffällt: In einem bestimmten Tiefenbereich hat der Boden die Eigenschaft, bei starker Wasserzugabe seine Struktur aufzugeben und zu „zerfließen“.

#### 4.6.5 Laborergebnisse

Für die physikalischen Laboruntersuchungen wurden die natürliche Vegetation von Fläche 1 und Fläche 2 sowie die Erosionszone von Fläche 1 beprobt; die Erosionszone von Fläche 2 ließ eine Volumsbeprobung wegen mangelnder Struktur nicht zu.

Auf Grund zu starker Wurzelpräsenz – v.a. von holzigen Wurzeln – war eine Volumsprobe in der Tiefenstufe von 0-10 cm von Fläche 2 nicht möglich. Ebenfalls nicht möglich war die Entnahme von Volumsproben in der obersten Schicht von Fläche 1; deshalb wurde hier die Tiefenstufe der Entnahme auf 5-15 bzw. 15-25 cm geändert.

## 4.6.5.1 Korngrößenverteilung

Besonders Fläche 2 zeigt in der Tiefenstufe zwischen 20 und 30 cm einen relativ hohen Schluffgehalt mit über 43 % (siehe Abbildung 77). Die darüber liegenden Schichten wurden nicht beprobt, da der oberste Bodenhorizont (0-10 cm) durch sehr viele Wurzeln charakterisiert war und die Tiefenstufe von 10-20 cm so reich an organischer Substanz ist – fast 90 % –, dass eine Ermittlung der Korngrößenverteilung nicht möglich war.

Fläche 1 zeigt bis in 25 Zentimeter Tiefe keinen hohen Schluffgehalt, hier liegen die Werte bei 10 – 15 %. Ähnliche Werte ergeben sich für die Erosionszone von Fläche 1.

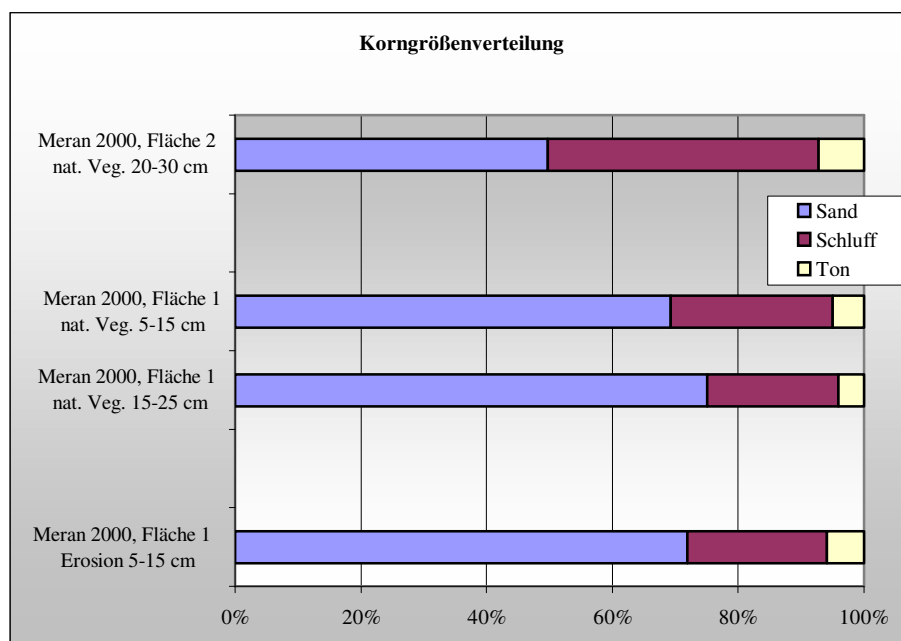


Abbildung 77: Die Korngrößenverteilung der untersuchten Proben im Gebiet von Meran 2000 (Südtirol)

## 4.6.5.2 Organische Substanz

Die organische Substanz der natürlichen Vegetation von Fläche 2 hat in der Tiefenstufe 20-30 cm einen Anteil von fast 90 %. Sämtliche anderen Proben, also jene auf Fläche 1 und in der Erosionszone von Fläche 1, zeigen Werte von ca. 5 %.

## 4.6.5.3 Aggregatstabilität

Die Aggregatstabilität liegt in den beiden untersuchten Flächen generell relativ tief. So beträgt sie im oberen Teil von Fläche 1 unter 85 %, in Fläche 2 in der Tiefenstufe von 10-20 cm sogar bei nur 53 % (siehe Abbildung 78). Interessant erscheint, dass Fläche 2 in größerer Tiefe eine wesentlich höhere Aggregatstabilität ausweist als darüber. Dies dürfte auf den äußerst hohen Humusgehalt von fast 90 % zurückzuführen sein.

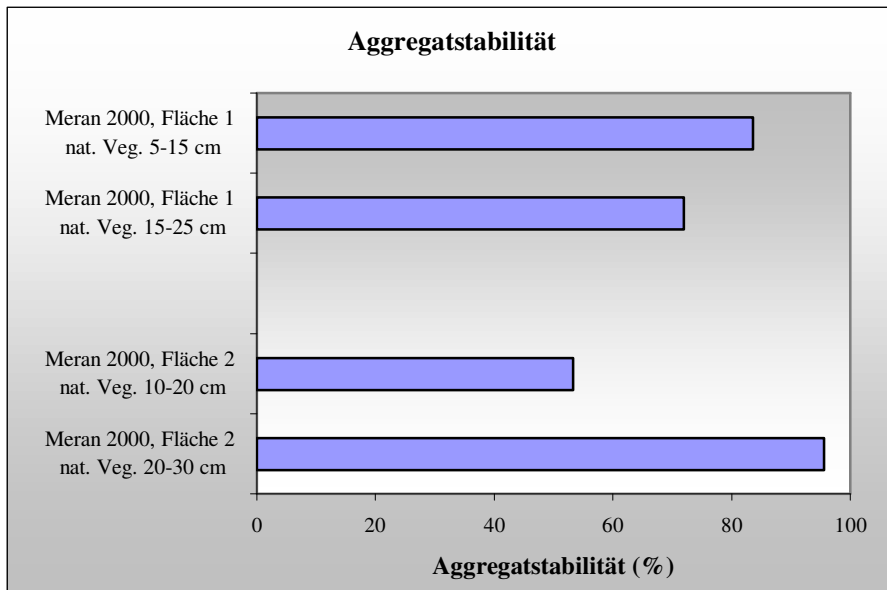


Abbildung 78: Die Aggregatstabilität auf den Flächen von Meran 2000 (Südtirol)

#### 4.6.5.4 pF-Kurve

Die Ermittlung der pF-Kurve zeigt, dass in Fläche 2, Tiefenstufe 10-20 cm, das größte Porenvolumen anzutreffen ist (siehe Abbildung 79). Die Werte auf Fläche 1 sind im Vergleich dazu mit einem Gesamtporenvolumen von 50 % sehr niedrig.

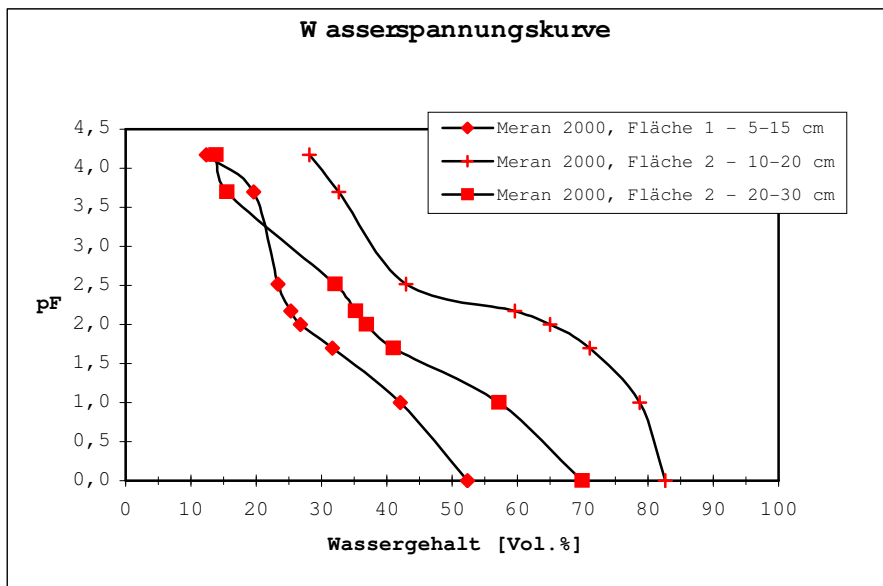


Abbildung 79: Die ermittelten pF-Kurven im Gebiet von Meran 2000 (Südtirol)



## 4.6.5.5 Wurzelmasse

Die natürliche Vegetation auf Fläche 1 zeigt einen geringen Anteil an holzigen Sträuchern, wohingegen der rechte Teil von Fläche 2 – natürliche Vegetation – von diesen dominiert wird. Dies zeigt sich auch sehr deutlich, wenn man die Werte der Wurzelmasse zwischen diesen beiden Flächen vergleicht: die oberste Bodenschicht zeigt eine sehr ähnliche Wurzelverteilung (siehe Abbildung 80). In Fläche 2 hat allerdings mehr als die Hälfte der Wurzelmasse einen Durchmesser über 1 mm. Außerdem fällt besonders die starke Abnahme der Wurzelmasse mit zunehmender Bodentiefe in Fläche 2 auf. Dieser Umstand lässt vermuten, dass die Erosionsgefährdung in diesem Bereich – zumindest wenn Wurzeln hierbei eine größere Rolle spielen – wesentlich größer als in Fläche 1 ist.

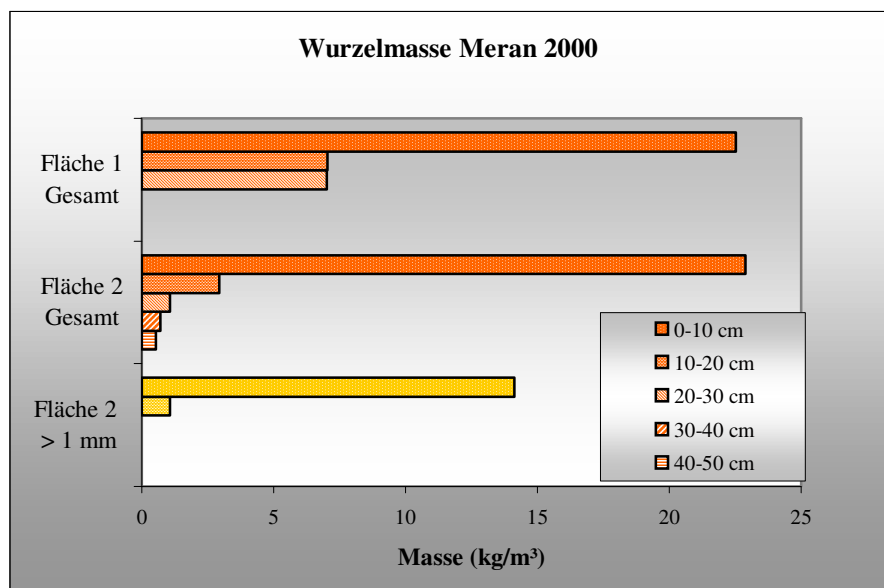


Abbildung 80: Die Wurzelmasse auf den beiden Untersuchungsflächen in Meran 2000 (Südtirol); genauere Erklärung im Text

## 4.6.5.6 Chemische Untersuchungen

Fläche 1 zeigt sowohl bei Kalium als auch bei Magnesium und Stickstoff wesentlich höhere Werte in der natürlichen Vegetation als auf der erodierten Fläche (siehe Abbildungen 82 und 83). In Fläche 2 ist dieses Bild nicht so eindeutig: Wohl weist auch hier die natürliche Vegetation den höchsten Wert an Nährstoffen auf, aber die Unterschiede sind nicht so groß wie bei Untersuchungsfläche 1. Betrachtet man die Ergebnisse der beweideten Fläche, so unterscheiden sich deren Nährstoffgehalte zum Teil bei weitem nicht so stark von denen in der Erosionsfläche.

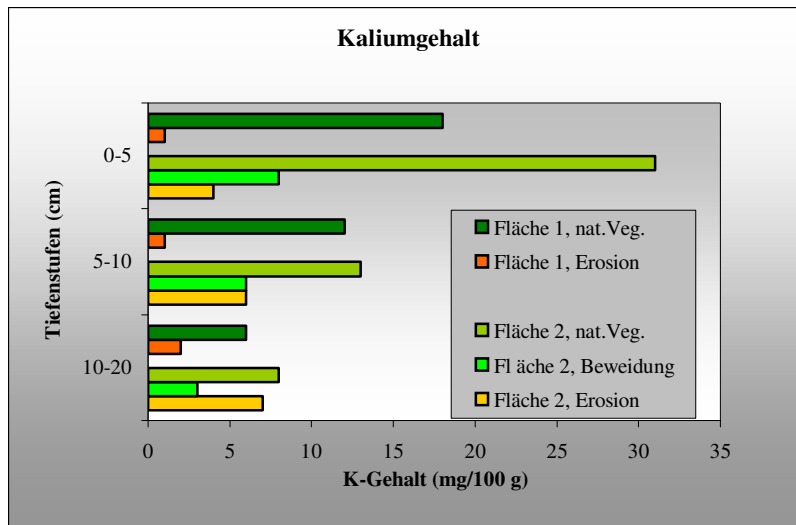


Abbildung 81: Kaliumgehalt, Meran 2000 (Südtirol)

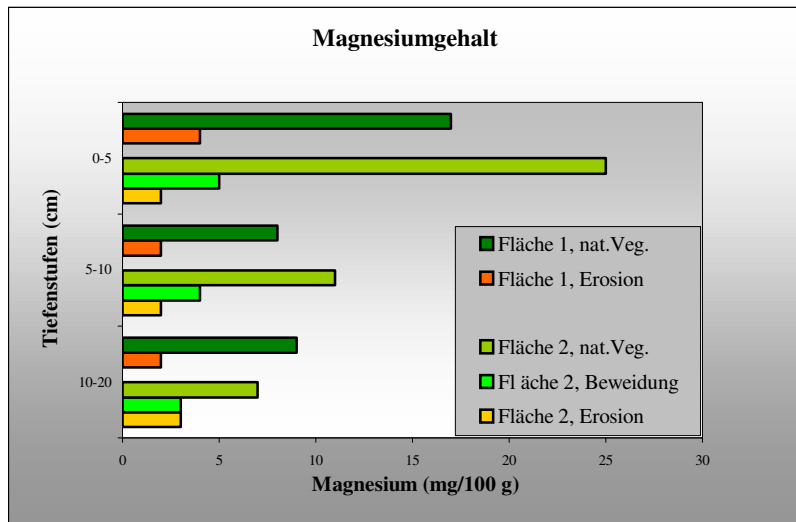


Abbildung 82: Magnesiumgehalt, Meran 2000 (Südtirol)

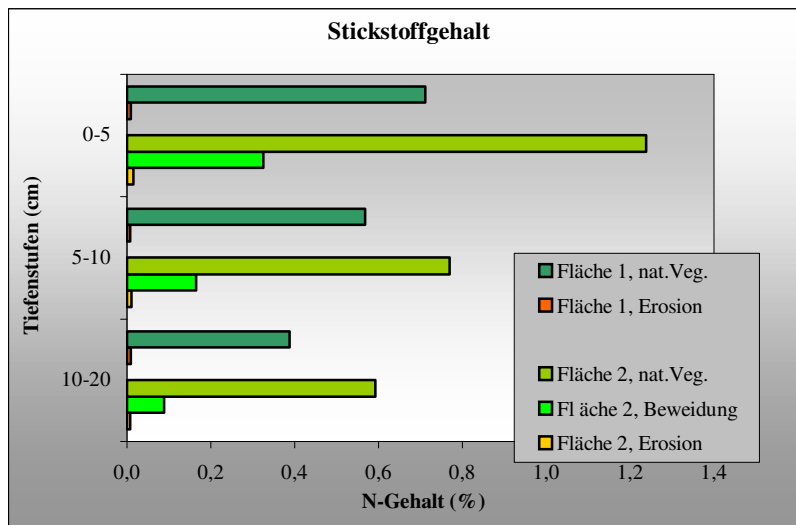


Abbildung 83: Stickstoffgehalt, Meran 2000 (Südtirol)

### 4.6.6 Zusammenfassung

Generell kann festgestellt werden, dass die geologischen Gegebenheiten im Gebiet von Meran 2000 (Südtirol) Erosion fördern (vgl. BUNZA in CERNUSCA 1984). Auch die starken anthropogenen Belastungen der letzten Jahrzehnte wie Schibetrieb, starke Beweidung und Betrampe- lung durch Sommertourismus machen Erosion wahrscheinlicher.

Im Bereich von **Fläche 1** erlauben die erhobenen Bodenparameter keine klare Aussage über den Zusammenhang zwischen Bodenaufbau und Erosion. Der Boden erscheint gut durchwurzelt, porös und in seiner Struktur gut aufgebaut. Die vorhandene Erosion dürfte, ähnlich wie im Sell- rain (Tirol), auf erhöhten unterirdischen Wasserzufluss und andere externe Einflüsse (s.o.) zu- rückzuführen sein.

Bei der Vegetation der Fläche 1 handelt es sich um Borstgrasweiden, stellenweise verzahnt mit Zwergsträuchern (hauptsächlich Besenheide, Heidelbeere und rostblättrige Alpenrose). Wie in anderen Untersuchungen (LÖHMANNSRÖBEN in CERNUSCA 1984) festgestellt wurde, bil- den diese gleichförmigen Bestände einen gemeinsamen Wurzelhorizont aus, mit einem Wurzelfilz von dünnen Wurzeln in einer Tiefe von 15 – 30 cm und der maximalen Tiefe einiger Wurzeln von 40 – 60 cm Tiefe. Dies bedeutet aber bei den tiefgründigen und lockeren Böden, dass die Wurzeln nicht bis in den Untergrund reichen und sich dort in stabiler gelagertem und größerem Material verankern können, was der Vegetation selbst, sowie Boden und Untergrund Stabilität verleihen würde, wie es vergleichbar bei der Wurzelung von Rhododendron zu beobachten ist. Weiters wurden hohe Werte für die Wasserkapazität der Böden festgestellt, d.h. sie sind in der Lage, auch extremen Niederschlagsmengen durch große Speicherkapazität wirksam entgegenzu- treten, also die Gefahr des oberflächlichen Abflusses zu mindern. (LÖHMANNSRÖBEN in CERNUSCA 1984).

Diese positive Eigenschaft der Böden in Meran 2000 kann durch den Aufbau des Bestandes stark eingeschränkt sein. So weisen MARKART et al. (2000) bei ihren Beregnungsversuchen im Unter- suchungsgebiet Meran 2000 auf den Einfluss von Vegetation, ihrer Zusammensetzung und der Durchwurzelungsintensität der obersten Bodenschicht auf das Infiltrationsverhalten hin. Bewei- dete Borstgrasweiden mit einem hohen Totmasseanteil, wie sie auch in unserem Fall gegeben sind, erreichten die größten Oberflächenabflusswerte.

Weiters wird festgestellt, dass intensiv bewirtschaftete Borstgrasrasen eine geringe Regenerations- fähigkeit hinsichtlich saisonaler Schwankungen der Infiltrationskapazität in Zusammenhang mit Oberflächenabfluss besitzen (KOHL 2000). Das Gebiet erweist sich nach (LÖHMANNSRÖ- BEN in CERNUSCA 1984) durchwegs als regenerationsfähig (zahlreiche natürliche wiederbe- grünte Rutschungen und Muren), jedoch wurde diese Fähigkeit durch bedenkliche Überbelastung (Planierungen, Schipistenbetrieb, Überbeweidung) geschwächt.

Eine akute Erosionsanfälligkeit ist in diesem 1. Untersuchungsgebiet nicht gegeben, jedoch lassen die oben genannten Voraussetzungen eine Beobachtung der Situation als sinnvoll erscheinen.

**Fläche 2** ist wesentlich stärker durch Erosion gefährdet, was sich schon aus der größeren Ab- tragsfläche schließen lässt. In den oberen 20 cm erscheint der Boden der natürlichen Vegetation – der Zwergstrauchbereich – gut durchwurzelt und, betrachtet man den sehr hohen Humusgehalt und die große Aggregatstabilität, stabil. Die darunter liegende Tiefenschicht weist allerdings einige Merkmale auf, die Beachtung verdienen: So macht der Schluffgehalt hier über 40 % aus, die Durchwurzelung ist sehr gering und auch die scharfe Grenze zwischen den Horizonten in dieser Tiefe lässt vermuten, dass der Boden stark von Abtrag gefährdet ist. Es erscheint durchaus mög- lich, dass zusätzliche Belastungen wie Starkregen zu weiteren Rutschungen führen.

Oberhalb der Fläche 2 dominieren Zwergsträucher, wie Alpen-Rauschbeere (*Vaccinium gaultberoides*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und stellenweise Gemsheide (*Loiseleuria procumbens*). Die Gemsheide reagiert äußerst empfindlich auf Viehtritt. Trittschäden führen zu einem Absterben der randlichen Zweige und es kommt folglich zu Bodenlockerung und Erosion durch Windverfrachtungen. Um eine weitere Vergrößerung der Erosionsfläche nach oben und somit einen weiteren Eintrag von nachrutschendem Material in die Erosionsfläche zu vermeiden muss das dort weidende Vieh unbedingt aus der Fläche ausgesperrt werden.

Ein weiterer Grund, weshalb das Vieh aus dieser Fläche ausgesperrt werden muss, ist die Tatsache, dass selbst die wenigen Gräser in der Erosionsfläche vom Vieh abgefressen werden und durch die Trittbelastung Material nachrutscht und die Schuttfläche somit nicht zur Ruhe kommt. Diese Störung erschwert ein Einsiedeln und Aufkommen von Arten in der Erosionsfläche. Auffällig ist auch hier ein gehäuftes Auftreten der Rasenschmiele am Fuß der Erosionsfläche. Wie schon bei der Fläche 1 erwähnt deutet die Rasenschmiele auf Wasserbewegungen im Boden hin. Eine weitere Erosionsgefährdung (Vergrößerung der Erosionsfläche) der Untersuchungsfläche 2 ist bei Beibehaltung der Beweidung auf dieser gestörten Fläche durchaus gegeben.

## C Früherkennung des Erosionspotenzials in subalpinen Hängen

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen und unter Berücksichtigung schon bisher erfolgter Forschung im Erosionsbereich wurde die folgende „Entscheidungshilfe für die Bewertung des Erosionspotenzials von Hängen im subalpinen Bereich“ erstellt. Auf geologische Besonderheiten wird dabei nicht eingegangen.

Die Schritte 1 bis 3 sind für eine befriedigende Bewertung notwendig, Schritt 4 erfolgt bei Bedarf.

### 1. Erhebung von Daten vor dem Begehen des Geländes:

- Wasserhaushalt: Da Wasser den primären auslösenden Faktor für Erosion darstellt, ist eine genaue Kenntnis über die hydrologischen Verhältnisse wesentlich. *Besonders interessant: fallen größere Mengen an Wasser in kurzer Zeit an (z.B. hohe Schmelzwassermengen, Starkregen, aber auch Zusammenfluss von unterirdischen Wasserströmen).*
- Exposition: Besonders auf Grund der ungünstigeren Witterungs- und Wasser- verhältnisse sind nordexponierte Hänge stärker von Erosion gefährdet als Flächen mit anderer Exposition.
- Hangneigung: Im Bereich von Hangneigungen zwischen 30 und 40° treten erfahrungsgemäß die meisten Erosionen auf.

### 2. Untersuchungen im Gelände *ohne* Öffnen des Bodens:

- Ist bei Bäumen Säbelwuchs zu beobachten? *Diese weisen auf Schneedruck und/oder ein langsames Abrutschen der oberen Bodenschichten hin.*  
*Bei Ja: Sind oberhalb oder in dieser Fläche Zugrisse zu sehen? Zugrisse sind höhenlinienparallel, i.d.R. ca. 10 cm breit, oft mehrere Meter lang und reichen bis in jene Schicht, die gegebenenfalls als Gleitfläche für eine größerflächige Abrutschung dienen würde.*
- Gibt die Vegetation sonstige Hinweise auf das Erosionspotenzial? Solche Hinweise können sein
  - Vermehrtes Auftreten von Pflanzen, die auf erhöhtes Wasservorkommen hinweisen (Moose, Zeigerarten für Feuchtigkeit nach ELLENBERG, etc.)
  - Flächen, die offensichtlich bereits erodiert waren und durch natürliche Wiederbesiedlung wieder bewachsen sind. *Diese unterscheiden sich von der natürlichen Vegetation hinsichtlich Bestandeshöhe, Artenzusammensetzung, evtl. sind sie auch als Mulden erkennbar.*

### 3. Untersuchungen, die mit Hilfe des Pürckhauer-Bohrers durchgeführt werden:

- Beim Einschlagen des Bohrers: Gibt es eine Schicht, die bei der Probennahme besonders schwer zu durchdringen ist? (Dies gilt natürlich nur, wenn es sich dabei nicht um Gestein handelt.) *Eine solche Schicht kann zusätzlicher Faktor für Erosion sein*

(als Gleitschicht), da hier das einsickernde Wasser in eine hangparallele Richtung abgelenkt wird und dies in weiterer Folge zu Unterspülungen führen kann.

- Bei der Betrachtung des Bodenkörpers im Pürckhauer-Bohrer:
  - Ist eine Bodenschicht erkennbar, die besonders fest (=verdichtet, s.o.) oder besonders locker (mit Hohlräumen – weist auf vermehrten Wasserfluss in dieser Schicht hin) erscheint?
  - Ist der Schluffgehalt in einer bestimmten Schicht deutlich höher als in den darüber liegenden? Hier könnte eindringendes Wasser zu einem schlagartigen „Zerfließen“ der Bodenmatrix führen und in weiterer Folge zu einem Abrutschen der darüber liegenden Schichten führen.
  - Ist in den oberen Bodenschichten ein stark erhöhter Anteil an Ton zu finden? Dadurch wird zwar das Wasser in dieser Schicht sehr gut gespeichert, dies könnte allerdings zu einer sehr starken Erhöhung des Gewichts in diesem Bereich führen. In weiterer Folge könnte dieser Bodenteil, folgend den Gesetzen der Schwerkraft, abrutschen. In diesem besonderen Fall sollte außerdem verstärkt auf die langfristigen Niederschlagsverhältnisse geachtet werden. Da Ton das Wasser speichert, ist das anfallende Wasser auch dann ein Risikofaktor, wenn es sich über einen längeren Zeitraum ansammelt.

Sind mehrere Faktoren zu erkennen, die auf ein erhöhtes Erosionspotenzial hinweisen, sollte eine genauere Untersuchung mit Hilfe eines Bodenprofils durchgeführt werden.

#### 4. Untersuchungen an Hand eines Bodenprofils:

- Bestätigen sich die Erkenntnisse, die nach dem 3. Schritt getroffen wurden?
- Ist eine sprunghafte Zunahme der Lagerungsdichte in einer bestimmten Bodentiefe erkennbar? Dies weist darauf hin, dass sich die untere Schicht (mit der höheren Lagerungsdichte) als Verdichtungs- und Gleithorizont erweisen könnte, an der einsickerndes Wasser hangparallel abgeleitet wird. In weiterer Folge könnte bei vermehrten Wasseraufkommen (Starkregen, Schmelzwasser) die oberen Bodenteile auf dieser „Gleitschicht“ hangabwärts rutschen.
- Zeigt sich in einem der unteren Bodenteile eine sehr starke Abnahme makroskopisch sichtbarer Poren? Auch dies weist auf eine Verdichtung hin (s.o.).
- Ist eine starke Abnahme der Wurzelndichte in einer einheitlichen Tiefe festzustellen? Dies weist ebenfalls auf eine Verdichtung unterhalb dieses gemeinsamen Wurzelhorizonts hin. Wurzeln tragen wesentlich zur Verzahnung der einzelnen Bodenhorizonte bei; enden die Wurzeln in einer gemeinsamen Tiefe, findet die Verzahnung nicht statt – ein Risikofaktor für Erosion.
- Weisen Konkretionen (Rost- und Oxidationsflecken – rötliche oder bläuliche/graue Flecken) darauf hin, dass Wasser des öfteren nicht abfließt? Ein erhöhtes Wasservorkommen stellt – in Verbindung mit den entsprechenden topografischen Voraussetzungen – eine potenzielle Grundlage für Abtragsprozesse dar.

Sind mehrere dieser Faktoren anzutreffen, sollten weitergehende Maßnahmen überlegt werden. Dabei können entweder mit Hilfe von Laboruntersuchungen der Wasserhaushalt und andere wichtige Bodenparameter genauer untersucht werden (kf-Wert, pF-Kurve, Lage-

rungsdichte, Bodenart) – dies ist allerdings sehr zeit- und kostenintensiv –, oder es werden schon an diesem Punkt der Untersuchungen Vorbeugungsmaßnahmen gesetzt, die oft relativ einfach durchzuführen sind. Hier geht es dann primär um das Erkennen möglicher auslösender Faktoren und deren Vermeidung, z.B. durch

- Absperrern der gefährdeten Fläche vom Weidebetrieb, falls dieses Gebiet stark beweidet wird
- Aussperren von Wanderern aus dem gefährdeten Bereich, um Betrampelungsschäden zu vermeiden.
- Einbau wasserableitender Strukturen oberhalb der gefährdeten Fläche
- Entfernung von Pflanzen, die als Angriffspunkt für Schneedruck dienen könnten
- Bedecken, eventuell auch Einsäen bereits offener, kleinflächiger Erosionsstellen, z.B. mit Stroh, Heu

Weitere Möglichkeiten, erosionsgefährdete Flächen zu behandeln, wie regelmäßige Mahd von Brachflächen, Aufforstungen etc. stehen in der wissenschaftlichen Diskussion und würden den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen. Daher wird auf diese Punkte nicht detailliert eingegangen.

## 5 Sanierungsmaßnahmen

### 5.1 Großglockner / Salzburg

#### Untersuchungsgebiet Mittertörl:

Die hierbei durchgeführte streifenförmige Bepflanzung der Straßenböschung mit den zwischenlagerten Rasenziegeln hat sich in dieser Höhenlage durchaus bewährt. Zwischen den einzelnen Streifen wurden ca. 50 cm breite Streifen nackter Erde belassen. Hier wurde weder eingesät noch gedüngt. Der Moosanteil auf diesen belassenen Flächen ist zwar auffällig hoch, jedoch konnte keine beginnende Erosion beobachtet werden. Somit kann von einer Sanierung in diesem Bereich abgesehen werden.

#### Untersuchungsgebiet Hexenküche:

Die Bepflanzung der Straßenböschung mit Rasenziegeln wurde aus ästhetischen Gründen nicht mehr streifenförmig, sondern unregelmäßig fleckenförmig aufgebracht wurde. Außerdem wurden die vegetationslosen Zwischenräume eingesät. Von den aufgebrachten Samen kommen hauptsächlich noch gewöhnlicher Hornklee (*Lotus corniculatus*), Weiß-Klee *Trifolium repens* und Alpen-Rispe (*Poa alpina*) vor. Horst-Rot-Schwingel (*Festuca nigrescens*) und Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*), die in der Saatgutmischung immerhin noch mit mit 10-20 % beigemischt waren, sind nur noch vereinzelt und mit geringer Deckung vorhanden. Braun-Klee (*Trifolium badium*) ist in keiner Aufnahmen zu finden. Die Arten der Saatgutmischung haben sie sich hier gut ansiedeln und verbreiten können. So konnte mit dieser Kombination von eingesetzten Rasenziegeln und aufgebrachter Saatgutmischung der Boden gut vor abtragsfördernden Kräften geschützt und somit eine Stabilisierung der Straßenböschung erreicht werden. Eine Sanierung ist daher auf dieser Fläche nicht notwendig.

### 5.2 Galina / Vorarlberg

Der flächenmäßig größte Anteil am Untersuchungsgebiet Galina kann hinsichtlich der Erosionsgefährdung als sicher betrachtet werden. Einzig die nord-exponierten Bereiche der Fläche 4, die gekennzeichnet sind durch Zugrisse im Boden, freigespülte Bäume und moosreiche Stellen zeigen stellenweise erosionsgefährdete Bereiche, die einer Sanierung bedürfen um weitergehende Bodenverluste oder sogar größere Erosionsschäden zu vermeiden.

Die nördlichen Bereiche der Runse F weisen ebenfalls moosreiche Stellen auf (siehe 4.1.2), wo sich bereits kleine Erosionsflächen gebildet haben. Diese Bereiche sollten hinsichtlich einer Vergrößerung der Erosionsflächen beobachtet werden. Kommt es zu einer Verschlechterung der Situation, kann frühzeitig eingegriffen werden, um größere Erosionsschäden und Bodenverluste zu vermeiden. Eine Verbesserung des Wasserhaushaltes der gefährdeten Flächen ist durch den Einsatz wasserziehender Arten zu erreichen. Hierzu eignen sich besonders Arten wie Schwarz-Weide (*Salix myrsinifolia*), Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) oder auch Grauerle (*Alnus incana*).

Ein weiteres Problem stellt der Wildverbiss im Untersuchungsgebiet dar. GROHMANN (2001) bemerkt, „dass eine vollständige Auswertung aller im Galinatal befindlichen Wildzäune derzeit nicht möglich ist, da vier Zäune erst 2000 aufgestellt wurden und somit noch keine Vergleichsdaten vorliegen. Weitere dreie Zäune liefern jedoch durchaus brauchbare Daten. Bei den vier auswertbaren Vergleichszäunen (Käserleck, Brünneleck, zwei Mal Grünwald) ergibt sich die Schluss-



## Sanierungsmaßnahmen

folgerung, dass die Verbisssituation als untragbar zu bewerten ist. Der direkte Wildeinfluss auf die Zielart Tanne ist zunehmend, auf die Fichte gleichbleibend. Während der Höhenzuwachs bei den Straucharten als tragbar beurteilt wird, ist er bei den Zielbaumarten Tanne und Fichte untragbar. Bei geplanten Sanierungsmaßnahmen muss daher unbedingt darauf geachtet werden, das Wild aus den Flächen auszusperren.

Die auf den Flächen 2, 3, und 4 gesetzten Bäume (v. a. Fichten) können offensichtlich nicht auf dem vorhandenen Boden gedeihen und sind deshalb großteils klein und kümmerlich geblieben. Nach den Altersmessungen von GROHMANN (2001) zeigen enge Jahresringe bei den Fichten stellenweise Wuchshindernisse an.

Da an diese Wiederbegrünungsflächen teilweise ein Spirkenwald angrenzt und sich auch einige Exemplare auf den Wiederbegrünungsflächen gut entwickelt haben, wäre es von Vorteil die Spirke (*Pinus uncinata*) vermehrt auf diesen mageren Flächen einzusetzen. Es muss allerdings darauf geachtet werden, dass die aufrecht wachsende Variation gepflanzt wird. Auf den etwas feuchteren nord-exponierten Flächen würden sich Arten wie *Salix myrsinifolia* (Schwarz-Weide), *Alnus incana* (Grauerle), *Acer pseudoplatanus* (Bergahorn), *Betula pendula* (Weiß-Birke) oder *Sorbus aucuparia* (Eberesche) eignen.

### 5.3 Felbertauern / Salzburg – Tirol

Sowohl auf der nördlichen wie auch südlichen Untersuchungsfläche des Felbertauern Tunnels bedarf es keiner weitergehenden Sanierung. Bei künftigen Begrünungen sollte jedoch noch mehr Bedacht auf die angrenzende Vegetation und ihre Bestandeszusammensetzung genommen werden. Durch die Planierung der Nordfläche kommt es aufgrund der fehlenden Kleinstrukturen wie Kuppen und Mulden zu einer Artenverarmung. Es sollte möglich sein, bei zukünftigen Arbeiten solche Strukturen annähernd zu errichten.

### 5.4 Karwendel / Tirol

Falls es zu einer weiteren Zunahme der Blaikenerosionen an der Nordkette kommen sollte und eine Sanierung als dringlich erscheint, können sowohl die Blaiken auf der Süd- wie auch auf der West-exponierten Untersuchungsfläche mit einer Grasmulchsaat behandelt werden. Dabei sollte im Herbst das reife Gras gemäht und an Ort und Stelle in einer Dicke von etwa 3-4 cm aufgebracht werden (FLORINETH F, RAUCH H.P., 2001).

Die Anwendung von Mulchsaaten erfolgt vorwiegend zur Sicherung von Böschungen und Hängen mit Rohboden, besonders auf extremen Standorten. Als Vorteile dieser Methode sind bester öko-klimatischer Effekt, rasche, sichere Auskeimung (Glashauseffekt) und Entwicklung, Bildung einer Humusschicht und mechanischer Schutz der Bodenoberfläche zu nennen (SCHIECHTL & STERN 1992).

An den jeweils zu behandelnden Blaiken können Pilotenwände (siehe Abbildung 84) zum Abstützen der Erosionsoberkantekante eingebaut werden.

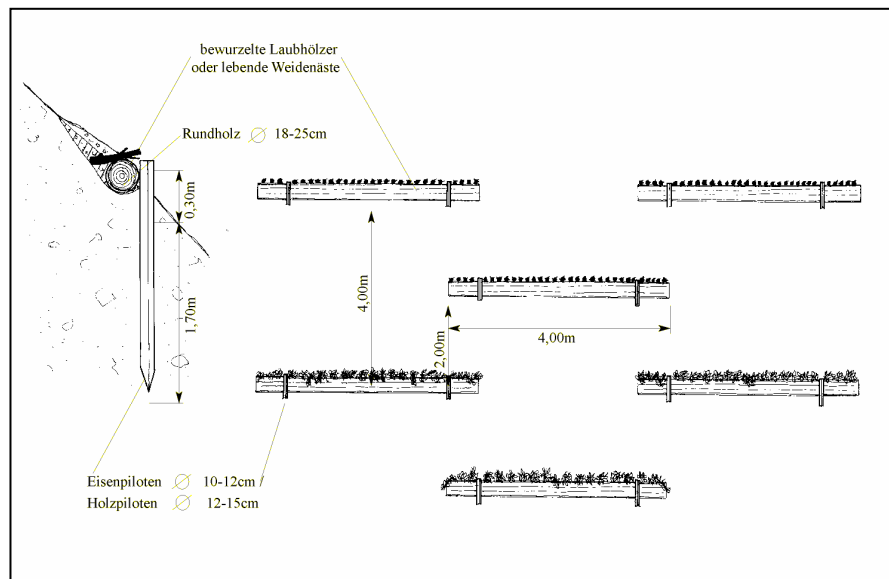


Abbildung 84: Pilotenwand (FLORINETH F, RAUCH H.P, 2001)

### Pilotenwände:

Hinter den im Boden eingeschlagenen Eisen- oder Holzpiloten (siehe Abbildung 85) werden Lärchenrundhölzer eingegraben, darauf Laubhölzer oder Weidenäste lagenförmig aufgelegt und mit Erde abgedeckt. Dadurch wird nicht nur das weitere Abbrechen an der Anbruchskante verhindert, das eingebrachte Pflanzenmaterial verhindert bis zu einem gewissen Grad auch das Eindringen von Wasser in den gestörten Bereich (FLORINETH, F., RAUCH, H.P. 2001).



Abbildung 85: Pilotenwand (Foto Prof. Florineth)

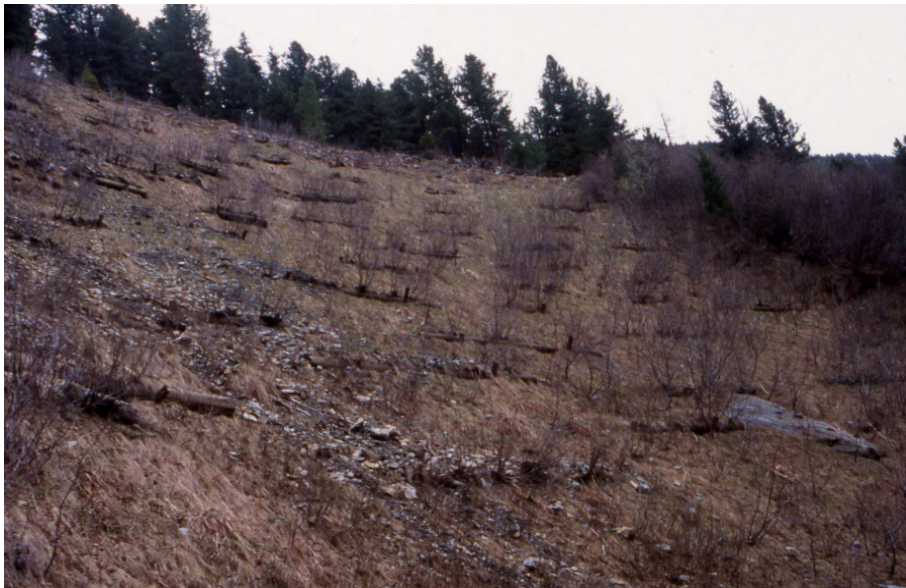


Abbildung 86: Mit Pilotenwänden behandelte Flächen (Foto Prof. Florineth)



Abbildung 87: Pilotenwände nach einigen Jahren (Foto Prof. Florineth)

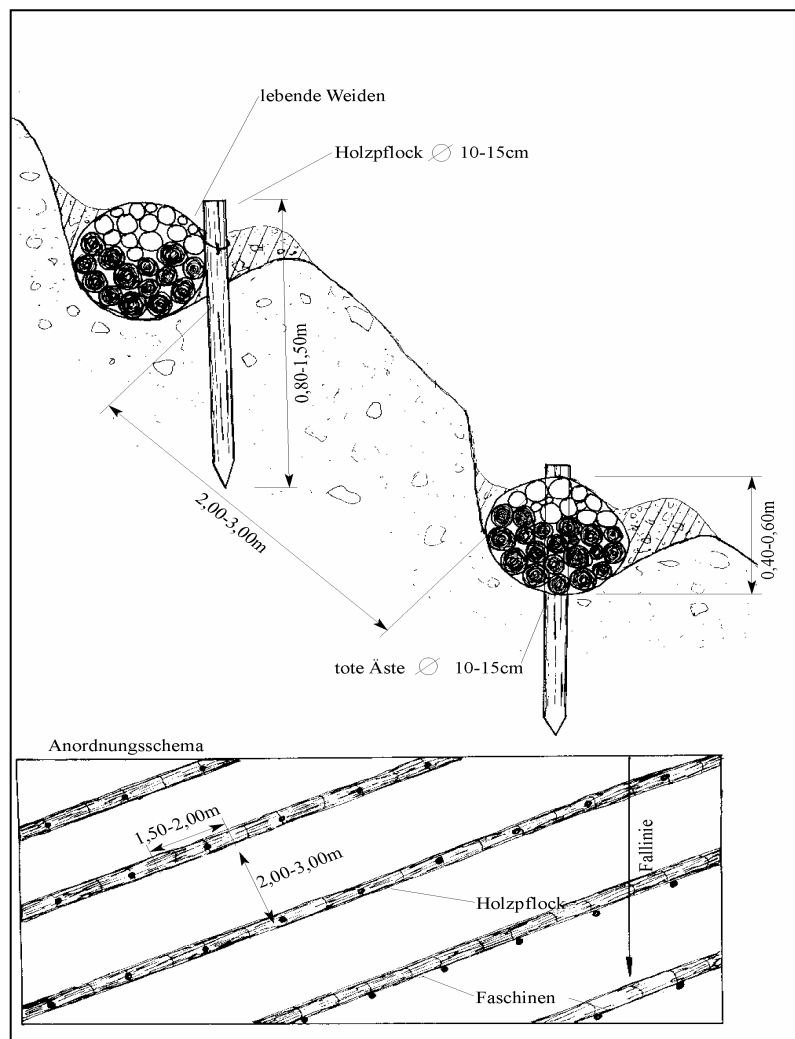


Abbildung 88: Hangfäschine (FLORINETH F, RAUCH H.P, 2001)

### Hangfäschine:

Die schräg eingelegten Hangfäschinen (siehe Abbildung 88) leiten das Wasser von der Erosionsfläche in benachbarte Bereiche ab; allerdings muss darauf geachtet werden, dass es nicht auf diesen Flächen wegen des zusätzlichen Wasseraufkommens zu Problemen kommt. Außerdem werden durch den Einbau der Faschinen die oberflächennahen Bodenbereiche stabilisiert, anfangs durch die Holzpflocke, später durch das Wachstum der Sprosse und Wurzeln der eingebrachten Pflanzen (FLORINETH F., RAUCH, H.P. 2001).

### 5.5 Sellrain / Tirol

Um eine rückschreitende Erosion zu verhindern, ist eine Sanierung der Erosionsfläche notwendig. Die Sanierung dieser Erosionsfläche kann mit einer Stroh- oder Heudecksaat und angepasster Saatgutmischung erfolgen. Auf eine 3-4 cm hohe Stroh- oder Heusschicht werden Samen und Dünger eingesät, hierauf wird diese Decksaat mit Hilfe eines Klebers gegen Ortsverlagerung geschützt. Die Mischung sollte sich aus 25 g/m<sup>2</sup> Samen, 100 g organ. Dünger, 700 g Stroh (oder Heu) und 100 g/m<sup>2</sup> Bioalgen oder Ecotac als Kleber zusammengesetzt sein. Der Kleber kann mit Hand aufgetragen werden (FLORINETH F, RAUCH H.P., 2001).

Die Deckschicht aus langhalmigen Stroh oder Heu ist so beschaffen, dass sie – in Abhängigkeit von den lokalen Temperatur-, Niederschlags- und Lichtverhältnissen – lichtdurchlässig bleibt. Sie umschließt einen genügend großen Luftraum, so dass dieser eine klimatisierende Pufferzone in der bodennahen Luftschicht bildet. Die mikroklimatischen Extreme werden ausgeglichen, so z.B. erwärmt sich die in der Deckschicht enthaltene Luft rasch, ohne jedoch bis zu gefährlichen Hitzegraden zu gelangen. Die Austrocknung wird verzögert und bei entsprechender Ausstrahlung in der Nacht kommt es in der Deckschicht zur Kondensation. Außerdem wirkt diese Deckschicht nicht nur klimatisierend, sondern schützt auch gegen mechanische Kräfte wie Hagel, Schlagregen, Steinschlag, Wind etc. (SCHIECHTL & STERN 1992).

An den oberen Wasser- (Quell-) austritten sollten Gräben zur Wasserableitung senkrecht über die Erosionsfläche nach unten gezogen werden. Dabei sollten die Gräben mit dort liegenden Steinen eingefüllt werden. Zur Abstützung der Erosionsoberkante können wie auch im Untersuchungsgebiet Karwendel (Tirol) Pilotenwände dienen.

### 5.6 Meran 2000

Um die aufgetretenen Abtragungsschäden zu behandeln, bieten sich (ähnlich wie im Karwendel (Tirol) und im Sellrain (Tirol)) Pilotenwände (siehe Abbildung 84) an, die den weiteren, rückschreitenden Abtrag an den Anbruchskanten verhindern (entsprechende Beschreibungen können den jeweiligen Kapiteln entnommen werden). Zur Begrünung der Erosionsflächen erscheinen Stroh- bzw. Heudecksäten von Vorteil; der – zumindest theoretisch – vorhandene Artenpool in diesem Kessel bietet sich dazu an, direkt vor Ort gewonnenes Material zu verwenden. V.a. die Erosionszone in Fläche 2 erscheint in Ihrer Struktur aber so geschwächt (der offene, feinsandige Boden wird bei jedem Niederschlag mehr abgetragen), dass hier auf jeden Fall ein Kleber verwendet werden sollte. Außerdem ist auf Grund der Größe der Fläche auch hier eine wasserableitende Struktur wie z.B. Hangfaschinen (ebenfalls in den Kapiteln zu Karwendel (Tirol) und Sellrain (Tirol) beschrieben; siehe Abbildung 88) zielführend.

### 6 Vorbeugungsmaßnahmen

#### 6.1 Großglockner / Salzburg

Die dort ausgeführte Methode einer Begrünung mit Rasenziegeln hat optimale Ergebnisse gebracht. Da jedoch selbst nach über 30 Jahren der Unterschied zwischen den Rasenziegel- und den sich selbst überlassenen Streifen deutlich erkennbar ist, kann als Vorbeugungsmaßnahme eine Einsaat mit standortgerechtem Saatgut auf den vegetationsfreien Stellen am Mittertörl vorgeschlagen werden. Falls am Mittertörl eine Sicherung gegen abtragsfördernde Kräfte wie Wasser und Wind notwendig sein sollte, bietet sich eine Sicherung in Form einer Strohdecksaat mit Bitumenemulsion oder anderen Klebern an.

#### 6.2 Galina / Vorarlberg

Wie schon eingangs erwähnt stellt die Galina aufgrund ihrer besonderen Ausgangssituation (Steilheit und Größe der Abbrüche) einen Sonderfall dar. Wie auch GROHMANN (2001) in seiner Arbeit berichtet, wurden hier Pionierleistungen im Hinblick auf die menschliche Arbeitskraft, die technische Präzision und die Anpassung an die Natur erbracht.

Für zukünftige Wiederbegrünungen und ingenieurbioologische Verbauungen wie im Fall der Galina ist es von Vorteil die angrenzende Vegetation genauer zu untersuchen und bei Bepflanzungen auf dort vorkommende Arten Bedacht zu nehmen. In diesem Fall bedeutet es z. B. vermehrter Einsatz der Spirke (*Pinus uncinata*) an den geeigneten Flächen.

Außerdem sollte aufgrund von zahlreichen Wildschäden bei weiteren notwendigen Arbeiten das Wild durch Zäune aus den Flächen ausgesperrt werden. Somit wird auch eine natürliche Verjüngung mit entsprechenden Arten auf den unterschiedlich Ausgangssituationen möglich. Ein Ziel der Ingenieurbioologie ist, in einem ersten Schritt eine sofortige Stabilisierung zu erreichen. Als weiterer wichtiger Schritt wird eine nachhaltige Stabilisierung angestrebt, worin auch eine Angleichung der zu verbauenden Flächen an die natürliche Vegetation zählt.

#### 6.3 Felbertauern / Salzburg – Tirol

Es sind im Bereich des Untersuchungsgebiets Felbertauern aus Sicht der Erosionsprävention keine Maßnahmen notwendig

#### 6.4 Karwendel / Tirol

Zur schadlosen Ableitung von Hang- und Niederschlagswässern und Erosionsvorbeugung bietet sich folgende Methode an:

Latschen- oder Weidenfaschinen (eventuell Grünerle vermischt) mit einer Neigung von 30 % quer zum Hang und einem 5 m Abstand zwischen den einzelnen Reihen. Die Tiefe dieser Hangfaschinen sollte in etwa 20 cm betragen. Hierbei muss allerdings das Weidevieh für ca. 5 Jahre ausgesperrt werden. Die Wirkung dieser Faschinen ist leicht wasserabführend und schuttstauend (siehe Abbildung 88). Eine bodenfestigende und stabilisierende Wirkung tritt erst nach dem Anwurzeln ein (FLORINETH F, RAUCH H.P., 2001).

### 6.5 Sellrain / Tirol

Oberhalb der Erosionsfläche sollte das dort sich in einer Geländemulde sammelnde Wasser in den angrenzenden Vorfluter abgeleitet werden.

### 6.6 Meran 2000 / Südtirol

Um weitere Erosionen zu verhindern, ist – wie schon seit längerem in Diskussion – eine gezielte Lenkung des Schibetriebs notwendig. Auch die weiteren möglichen bzw. wahrscheinlichen Ursachen für Erosion sollten eingeschränkt werden. Dies könnte erfolgen durch eine Absperrung gefährdeter Flächen, um Weidevieh und Sommertouristen von dort fernzuhalten.

## 7 LITERATUR

- ADLER, W., OSWALD, K., FISCHER, R. (1994): Exkursionsflora von Österreich. Verlag Eugen Ulmer. 1180 Seiten
- AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover. 392 S.
- AICHELE, D., SCHWEGLER, H.-W. (1993): Unsere Moos- und Farnpflanzen. Kosmos Naturführer. 10. Auflage 1993. 378 Seiten
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (1998): Bericht über den Zustand der Tiroler Böden, Innsbruck. 198 S.
- BITTERLICH, W. (1998): Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftung auf Boden und Vegetation an Beispiel der Kaserstattalm/Neustift im Stubaital. Dissertation an der Universität Innsbruck. 185 S.
- BLECHSCHMIDT, G. (1989): Ursachen und Ausmaß der Blaikenerosion im Karwendel. Dissertation an der Technischen Universität München. 149 S.
- BLUM, W. E. H., SPIEGEL, H., WENZEL, W. W. (1996): Bodenzustandsinventur. Konzeption, Durchführung und Bewertung – Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise in Österreich. Wien, 1996: 102 S.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3., Neub. Aufl., Springer Verlag Wien – New York. 865 Seiten.
- BUNZA, G. (1982): Oberflächenabfluß und Bodenabtrag in alpinen Graslandökosystemen. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Bern, Band XII, 1984
- CERNUSCA, A., BUNZA, G., LÖHMANNSRÖBEN, R., SPATZ, G. (1984): Ökologisches Gutachten über die Ursachen der Erosionen in Meran 2000 und Vorschläge für Sanierungsmaßnahmen.
- CERNUSCA, A., SEEBER, M.C. (1989): Phytomasse, Bestandesstruktur und Mikroklima von Grasland-Ökosystemen zwischen 1612 und 2300 m in den Alpen. Veröffentlichungen des österreichischen MaB-Programms Band 13. Universitätsverlag Wagner – Innsbruck 1989.
- DIE WALDBODENMOOSE ÖSTERREICHS. Abhandlungen der zoolog.-bot. Ges. in Österreich - Band 28. Herausgeber: Zoologisch-Botanische Gesellschaft in Österreich
- DOMMERMUTH, C. (1995): Beschleunigte Massenabtragung im Jennergebiet. Forschungsbericht 32, Nationalpark Berchtesgaden: 148 S.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. UTB Verlag. 5., stark verändert. und verb. Aufl.. 1095 seiten.
- ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULIBEN, D., (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica, Volume 18. Herausgegeben vom Lehrstuhl für geobotanik der Universität Göttingen.
- FINK, J. (1969): Nomenklatur und Systematik der Bodentypen Österreichs. Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, Heft 13. Wien, 1969: 95 S.
- FLORINETH, F., RAUCH, H.P. (2001): Studienblätter zur VL Ingenieurbiologie 2001. Im Eigenverlag des Institutes Landschaftsplanung und Ingenieurbiologie, Arbeitsbereich Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur Wien.
- GISI, U., OERTLI, J. (1981): Ökologische Entwicklung in Brachland verglichen mit Kulturwiesen. Acta Oecologia/Oecologia Plantarum, Vol. 2 (16), S. 7-21, 1981
- GRABHERR, G & MUCINA, L. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil II – Natürliche waldfreie Vegetation. Gustav Fischer Verlag, Jena. 523 Seiten.
- GROHMANN, J. (2001): Untersuchungen zur Wirksamkeit der ingenieurbiologischen Maßnahmen im Wildbacheinzugsgebiet Galina, Gemeinde Nenzing, Vorarlberg. Arbeitsbereich



- Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Universität für Bodenkultur Wien. Im Auftrag des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Vorarlberg.
- HARTL, H., PEER, T. (1989): Die Pflanzenwelt der Hohen Tauern. 2. Auflage. Universitätsverlag Carinthia Klagenfurt. 173 Seiten.
- JAHNS; H:M (1987): Farne – Moose – Flechten Mittel-, Nord- und Westeuropas. BLV Bestimmungsbuch. 256 Seiten.
- KOHL, B. (2000): Vegetation als Indikator für die Abflussbildung. Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2000 – VILLACH/ÖSTERREICH. Tagespublikation, Band 2 Seite 41 – 51.
- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G., SCHWERDTFEGER, G. (1994): Bodenkunde. 5. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart: 424 S.
- LANDOLT, E. (1977): Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröffentlichungen des geobotanischen Institutes der eidg. techn. Hochschule, Stiftung Rübel, Zürich. 64. Heft.
- MARKART, G., KOHL B., PRAMSTRALLER, A., GALLMETZER, W. (2000): Wirkung von Begrünungen auf das Abflussverhalten in Wildbacheinzugsgebieten bei Starkregen. Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2000 – VILLACH/ÖSTERREICH. Seiten 53-64.
- MARKART, G., KOHL B., ZANETTI, P. (1997): Oberflächenabfluß bei Starkregen – Abflussbildung auf Wald-, Weide- und Feuchtflächen (am Beispiel des oberen Einzugsgebietes der Schesa-Bürserberg, Vorarlberg). Centralblatt für das gesamte Forstwesen. 114. Jahrgang (1997), Heft 2/3, S.123-144.
- MUCINA, L., GRABHERR, G. WALLNÖFER, S. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III – Wälder und Gebüsch. Gustav Fischer Verlag, Jena. 353 Seiten.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS: (1998). GretagMacbeth, New York.
- NESTROY, O. (1998): Stand der Beratungen über die Neufassung der Österreichischen Bodensystematik. Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, Heft 56, S. 79-95, 1998
- OBERDORFER, E., (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 7. Auflage. UTB-Ulmer Verlag Stuttgart. 1050 Seiten
- PIRKL, H., MARKART, G., KOHL, B. (2000): Von Fachkartierungen zu flächenhaften Prozessdarstellungen in Wildbacheinzugsgebieten – Aggregierungsschritte als Weg. Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2000 – VILLACH/ÖSTERREICH.
- REICHELT, G. & WILMANS, O. (1973): Vegetationsgeographie. Verlag Westermann, Braunschweig. 210 Seiten.
- REISIGL, H. & KELLER, R. (1989): Lebensraum Bergwald. Alpenpflanzen in Bergland, Baumgrenze und Zwergstrauchheide. Gustav Fischer Verlag Stuttgart – New York. 144 Seiten.
- SCHAUER, T. (1975): Die Blaikenbildung in den Alpen. Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Heft 1, München. 30 S.
- SCHIECHTL, H. M., STERN, R. (1992): Handbuch für naturnahen Erdbau. Österreichischer Agrarverlag Wien. 153 Seiten.
- SCHLICHTING, E., BLUME, H.-P., STAHR, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin, Wien, 1995. 295 S.
- STAHR, A. (1996): Zur Genese und Dynamik von Blattanbrüchen auf Almen in den nördlichen Kalkalpen. Geoökodynamik Band XVII, 217-248. Bensheim 1996.
- STÖCKLIN, J., GISI, U. (1989): Veränderungen der Versorgung der Vegetation mit Stickstoff, Phosphor und Kalium nach Brachlegung von Magerwiesen. Acta Oecologia/Oecologia Plantarum, Vol. 10 n