



# Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

## UNTERSUCHUNG UND FRÜHERKENNUNG DER EROSIONSANFÄLLIGKEIT VON ALPINEN RASENBESTÄNDEN

### INVESTIGATION AND PROGNOSIS OF EROSION IN ALPINE PASTURES

Florin Florineth<sup>1</sup>, Richard Stern<sup>2</sup>, Bettina Mittendrein<sup>3</sup>

#### ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Bericht befasst sich mit der Untersuchung von Erosion im Gebirge. Dazu wurden 1999 bis 2002 sechs Flächen zwischen 1400 und 2300 m üNN, alle in den Ostalpen gelegen, ausgewählt. Drei dieser Flächen sind aktuell von Erosion betroffen, drei weitere Flächen waren im Laufe der letzten Jahrzehnte mit Hilfe von ingenieurbioologischen Maßnahmen behandelt worden. Ziel der Untersuchungen war erstens die Evaluierung der angewendeten Methoden und zweitens die Erstellung eines Entscheidungshelfes, der es erlauben soll, das Erosionspotenzial eines Berghanges mit möglichst einfachen Mitteln zu eruieren. Dazu wurden umfangreiche Erhebungen der vegetations- und bodenkundlichen Gegebenheiten durchgeführt. Es zeigte sich, dass auch sehr alte ingenieurbioologische Verbauungen eine stabile und naturnahe Abdeckung der erodierten Flächen bewirkten. Allerdings waren einige der angewandten Methoden nach dem heutigen Stand des Wissens nicht optimal, was sich in einigen kleineren Problemen ausdrückte. Die Untersuchungen zur Früherkennung von Erosion zeigten, dass die alleinige Betrachtung der Vegetationsverhältnisse i.d.R. nicht ausreicht, um das Erosionspotenzial ausreichend zu bewerten. Aber schon sehr einfache Bodenuntersuchungen vor Ort liefern hier sehr gute Ergebnisse.

**Key words:** Erosion, Ingenieurbioologie, Vorhersage

#### ABSTRACT

From 1999 to 2002 six areas throughout the Eastern Alps were examined for a study about erosion. These areas, situated at an altitude of 1400 to 2300 m a.s.l., were either eroded or treated by soil bioengineering methods during the last 50 years. The research work had two subjects: To show the success of these methods and to create an easy to use "manual" to find out if a slope is in danger to erode. For this reason extensive analyses of vegetation and soil parameters were necessary. Even areas treated with soil bioengineering methods many decades ago were still stable and well covered by plants although some of the methods are not

1 Univ.-Prof. Dr., Universität für Bodenkultur, Arbeitsbereich für Ingenieurbioologie und Landschaftsbau, Hase-  
nauerstraße 42, A-1190 Wien

2 Adresse w.o.

3 Adresse w.o.

longer state of the art. The second part of the study showed that the inspection of the vegetation is not enough to find out if a slope is in danger to erode. But even very simple soil examination methods made on-site can be used as a proper tool to estimate the risk of erosion.

**Key words:** erosion, soil bioengineering, prognosis

## 1. METHODIK

### 1.1 Vegetationsanalyse

**Allgemeines:** Vom Pflanzenbestand wurde die Gesamtdeckung in Prozent, bezogen auf die Aufnahme­fläche, geschätzt und zusätzlich der Deckungsanteil Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht notiert. Das Aufnahmematerial wurde EDV-mäßig erfasst und analysiert.

**Transekt-Frequenzanalyse und Linientransekt:** In den Wiederbegrünungen wurden Transekte von der natürlichen Vegetation zu den eingesäten Bereichen und innerhalb der unterschiedlich bewachsenen Wiederbegrünungsflächen gelegt. Bei den Erosionsflächen erfolgten die Aufnahmen von der natürlichen Vegetation in die Erosionsbereiche bzw. in spontan wiederbesiedelte Erosionsflächen.

**Bestandesstruktur:** Zur Untersuchung der oberirdischen Bio- bzw. Nekromasse wurden Ranziegel mit der Größe von 30 x 30 cm zum Vegetationshöhepunkt aus den Untersuchungsgebieten entnommen und im Labor abgeerntet. Dabei erfolgte eine Trennung in Gräser, Kräuter lebend und abgestorben, Zwergsträucher und Moose.

**Zeigerwertermittlung:** Als Indikatorwert für bestimmte Standorte wurden die Zeigerwerte nach ELLENBERG bzw. LANDOLT ermittelt.

### 1.2 Bodenkundliche Untersuchungen

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.

**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.

**Wurzeluntersuchungen:** Die Probennahme erfolgte in Anlehnung an verschiedene, bei BÖHM (1979) genannte Methoden. Ein U-förmiges Metallstück wird in die Profilwand eingeschlagen und der Bodenkörper herauspräpariert, sodass ein Quader entnommen werden kann. Beprobte wurden die Untersuchungsflächen am Großglockner und am Felbertauern.



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

**Fig 1:** Location of the examined areas (red shows the eroded, green the treated areas)

## 2. EVALUATION DER INGENIEURBIOLOGISCH BEHANDELTEN FLÄCHEN

### 2.1 Großglockner Hochalpenstraße / Salzburg

Der Bau der Großglockner-Hochalpenstraße datiert aus den frühen 30er Jahren. Im Rahmen von Erweiterungen, Umbauten etc. wurden während der letzten Jahrzehnte verschiedene Techniken der Wiederbepflanzung von Böschungen angewandt.

Es wurden 2 Untersuchungsgebiete ausgewählt:

- Das Untersuchungsgebiet „Mittertörl“ (s. Abbildung 2) liegt auf etwa 2370 m üNN und zeigt eine Bepflanzung aus den



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

**Fig 2:** View of the examined area near Mittertörl

späten 60er Jahren. Es handelt sich um eine Böschung, die mit ca. 50 cm breiten Streifen der ursprünglichen, vor Baubeginn abgetragenen Vegetation bepflanzt wurde. Dazwischen blieb die Erde unbedeckt. Hier wurde weder eingesät noch gedüngt. Dadurch kann die Dauer bzw. der Erfolg natürlicher Wiederbesiedlung in über 2000m Höhe untersucht werden.

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 überlasse-

nen Streifen (5-50 %). Trotz geringerer Deckung und höherem Moosanteil (mit nur begrenzter Möglichkeit Boden zu festigen) auf den sich selbst überlassenen Streifen konnte keine beginnende Erosion festgestellt werden.

Aus bodenkundlicher Sicht könnten 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.

- Das Untersuchungsgebiet Hexenküche (s.Abb.3) liegt auf 2100 m. Die Rasenziegel – aufgebracht in den 60er Jahren – wurden nicht mehr streifen-, sondern fleckenförmig aufgebracht, die Zwischenräume 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 Bereichen unterschieden werden. Erosionen sind auf dieser Böschung keine festzustellen.

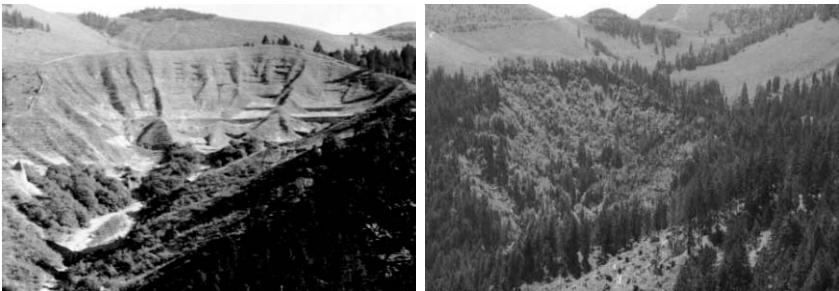
**Abbildung 3:** Blick auf die Untersuchungsfläche „Hexenküche“ – Großglockner-Hochalpenstraße / Salzburg

**Fig 3:** View of the examined area „Hexenküche“

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

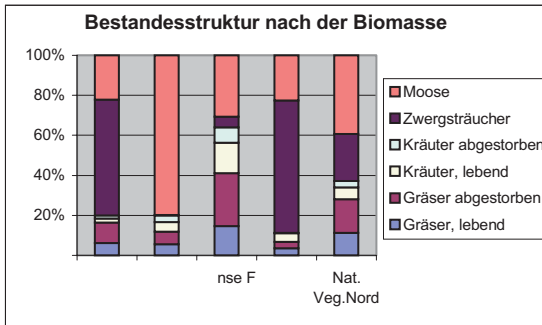
## 2.2 Galina / Vorarlberg

Der Galinabach hat sein Quellgebiet im nordöstlichen Hang des 2200 m hohen Galinakopfes. Das Einzugsgebiet des Galinabaches beträgt rund 10,8 km<sup>2</sup>. 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 in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts (s. Abb. 4) gelang es durch eine Kombination von Sperren und verschiedenen ingenieurbioologischen Maßnahmen wie Cordons nach PRAXL, Heublumensaat und Gehölzpflanzungen, die Hänge zu stabilisieren.



**Abbildung 4:** Der Filpritter Tobel 1955 (links, Foto der Gebietsbauleitung Bludenz für Wildbach- und Lawinerverbauung) und 2000

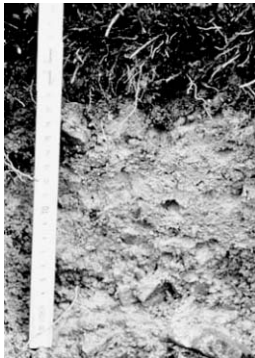
**Fig 4:** Filpritter Tobel in 1955 (left) and in 2000 (right)



**Abbildung 5:** Vergleich der Biomasse von einzelnen Flächen im Untersuchungsgebiet Galina / Vorarlberg

**Fig 5:** Comparison of biomass of some areas in Galina/Vorarlberg

Aus den Untersuchungen zur Bestandesstruktur (vgl. Abb.5) geht hervor, dass Fläche 4 - im rechten Teil des Filpritter Tobels gelegen - besonders stark von Moosen geprägt ist. Auffallend bei dieser Fläche ist außerdem, dass der Boden in einer bestimmten Tiefe bei Wasserzugabe sofort „zerfließt“, was in weiterer Folge ein Abrutschen der darüber liegenden Bodenschicht erleichtert.



**Abbildung 6:** Profil in Fläche 4

**Fig 6:** Soil profile of area 4

Das Profil von Fläche 4 (s. Abb. 6) zeigt deutlich zwei Tatsachen auf:

1. Es ist praktisch keine Verzahnung zwischen der humusreichen und der darunter liegenden Schicht zu erkennen. Vielmehr scheint der A-Horizont keinerlei Verbindung mit dem C-Horizont zu haben.
2. Durch Zugabe von Wasser zerfließt die untere Bodenschicht schlagartig und bildet dadurch eine ideale Gleitschicht für das aufliegende Bodenmaterial.

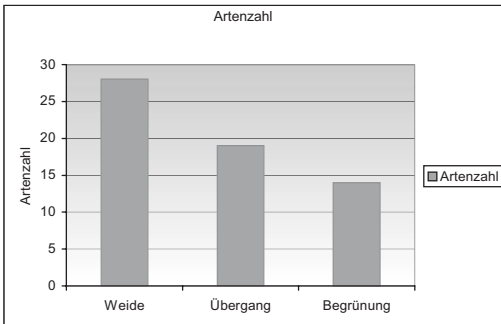
Zusammenfassend kann der größte Teil der Galina vegetationskundlich betrachtet als gelungen angesehen werden. Stellenweise gibt es Erosionsherde, die zu beobachten sind. Die Kombination von Zugrissen im Boden, freigespülten Bäumen und moosreichen Flächen lassen die Fläche 4 erosionsgefährdet erscheinen. Hier erscheinen Nachbesserungen auf jeden Fall notwendig.

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.

### 2.3 Felbertauern / Salzburg – Tirol

Die Aufnahmen aus der natürlichen Vegetation zeigen ein Sieversio-Nardetum strictae Lüdi 1948 (Subalpin-alpine Bürstlingsweiden und –mälder) mit Artenkombinationen, die sich an die geomorphologischen Ausgangssituation angepasst haben. 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 Steinhaufen 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, steinigere Stellen.



Wie die Untersuchungen (s. Abb. 7) 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.

Wie die Untersuchungen (s. Abb. 7) 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.

**Abbildung 7:** Artenzahlen auf den verschiedenen Flächen des Untersuchungsgebietes am Felbertauern / Salzburg

**Fig 7:** Number of species of the examined areas in Felbertauern / Salzburg

## 3. EVALUATION DER NICHT BEHANDELTEN EROSIONSFLÄCHEN

### 3.1 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 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.



**Abbildung 8:** Karwendel West bei Innsbruck / Tirol

**Fig 8:** Karwendel West near Innsbruck / Tirol

Das Untersuchungsgebiet Karwendel (s. Abb. 8) ist durch das Auftreten von zahlreichen Blaikenerosionen gekennzeichnet. Die Ursachen liegen im vorhandenen Untergrund und Boden, im Steinschlag, der Vegetation, der geänderten Bewirtschaftung und damit verbundener Folgen. Es wurden jedoch auch 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.

SCHAUER (1975) teilt das *Seslerio-Caricetum sempervirentis* (Blaugras-Horstseggenhalden), das den dominierenden Gesellschaftstyp der Untersuchungsfläche darstellt, zu den erosionsanfälligen Pflanzengesellschaften. 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 auch im Untersuchungsgebiet festgestellt werden. Vor allem sorgen aber Frostwechsel und Bodennässe nach später Schneeschmelze und zum Teil auch im Herbst dafür, dass immer wieder einzelne Rasenstücke abrutschen und nackten Boden freigeben. Auch solche abgerutschten Rasenstücke wurden bei einer Begehung Mitte Mai 2001 im Untersuchungsgebiet beobachtet (s. Abb. 9).



**Abbildung 9:** Steinschlag Karwendel Süd  
**Fig 9:** Rock fall Karwendel South

Die Untersuchung der Bodenprofile 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.

Die Bodenparameter der erodierten Flächen sind zwar nicht so befriedigend wie jene im Bereich der natürlichen Vegetation, aber die entsprechenden Böden zeigen trotzdem einen relativ guten Zustand. Sie scheinen sehr wohl in der Lage zu sein, künftige Erosionen zu erschweren. 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. Eine ingenieurbioologische Behandlung scheint dringend erforderlich.

### 3.2 Sellrain / Tirol

Das Untersuchungsgebiet „Sellrain“ liegt ca. 30 km südwestlich von Innsbruck. Die zu untersuchende Erosionsfläche befindet sich an einem südlich bis südwestlich gerichteten Hang. Die Neigung 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.

Die Erosionsfläche 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*).

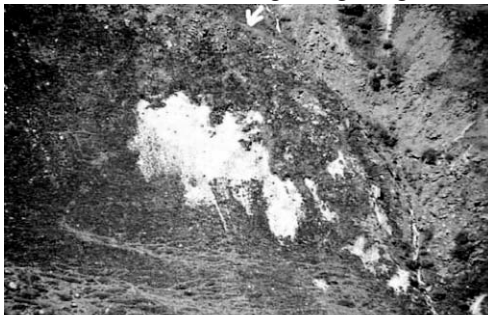
Die Erosionsfläche selbst ist kaum wiederbewachsen, einzig westlich im weniger steilen unteren Bereich konnte die Besenheide (*Calluna vulgaris*) wieder einwandern. Ansonsten finden sich nur kleine Vegetationsinseln mit Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*).

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.

Mehrere Faktoren erschienen bei der feldbodenkundlichen Untersuchung interessant:

- Schluffgehalt im unteren Bodenbereich höher als in den darüber liegenden Schichten
- Schlechte Durchwurzelung 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 eines derart großen Bereiches gefunden werden: Betrachtet man die vom Gegenhang aus gemachten Fotos (s. Abb. 10), 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.

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. Durch dieses Stauen des Wassers 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. 11 erkennen). Erst die Bildung vieler, auf einer breiten Linie angelegten Wasseraustritte machte eine derart massive Erosion möglich.



Abbildung 10 : Ansicht der Erosion im Sellrain vom Gegenhang

Fig 10: View of the erosion in Sellrain / Tyrol

Abbildung 11: Ausspülungstücken

Fig 11: Elution signs

### 3.3 Meran 2000 / Südtirol

Das Gebiet Meran 2000 liegt nordöstlich von Meran in der Gemeinde Hafling und umfasst ein sich ONO-WSW erstreckendes Talgebiet zwischen ca. 1800 und ca. 2600 m üNN. Meran 2000 ist durch Sommer- und Wintertourismus sehr stark belastet (bis zu 3000 Touristen pro Tag im Sommer), ebenso durch intensive Beweidung. Weitere Ursache für ein gehäuftes Auftreten von Erosion ist die geologisch sensible Zone, in der sich das Gebiet befindet (vgl. BUNZA in CERNUSCA 1984).

Seit Anfang der 80er Jahre wurden umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, welche wertvolle Grundlagen zu den Erosionsuntersuchungen darstellen.



**Abbildung 12:** Erosionsfläche – Meran 2000 / Südtirol  
**Fig 12:** Eroded area – Meran 2000 / South Tyrol

Bei der oberhalb dieser Untersuchungsfläche (s. Abb. 12) durchgeführten Transektanalyse dominieren Zwergsträucher wie Alpen-Rauschbeere (*Vaccinium gaultherioides*), Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*), stellenweise Gemsheide (*Loiseleuria procumbens*) und Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*). Die Gemsheide reagiert äußerst empfindlich auf Viehtritt. Trittschäden führen zu einem Absterben der randlichen Zweige und es kommt in der Folge zu Bodenlockerung und Erosion durch Windverfrachtung. 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 sollte, ist die Tatsache, dass selbst die wenigen Gräser in der Erosionsfläche vom Vieh abgefressen werden. Durch die Trittbelastung rutscht Material nach und die Schuttfläche kommt nicht zur Ruhe. Diese Störung erschwert ein Einsiedeln und Aufkommen von Arten in der Erosionsfläche.

Bei der Untersuchung des Bodens zeigte sich ein Merkmal, das auch in anderen Gebieten auftritt: In einem bestimmten Tiefenbereich hat der Boden die Eigenschaft, bei starker Wasserzugabe seine Struktur aufzugeben und zu „zerfließen“.

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 Durchwurzlung 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 möglich, dass zusätzliche Belastungen wie Starkregen zu weiteren Rutschungen führen.

Eine weitere Erosionsgefährdung (Vergrößerung der Erosionsfläche) ist v.a. bei Beibehaltung der Beweidung auf dieser gestörten Fläche durchaus gegeben.

#### 4. FRÜHERKENNUNG DES EROSIONSPOTENZIALS IN SUBALPINEN HÄNGEN

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen und unter Berücksichtigung schon bisher erfolgter Forschung Themenbereich Erosion 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.

##### Schritt 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.
- *Exposition:* Z.B. sind besonders auf Grund der ungünstigeren Witterungs- und Wasserverhältnisse nordexponierte Hänge stärker von Erosion gefährdet.
- *Hangneigung:* Im Bereich von Hangneigungen zwischen 30 und 40° treten erfahrungsgemäß die meisten Erosionen auf.

##### Schritt 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, oft mehrere Meter lang und reichen bis in jene Schicht, die gegebenenfalls als Gleitfläche für eine größerflächige Abrutschung dienen würde.
- *Gibt die Vegetation andere Hinweise auf das Erosionspotenzial?* Z.B.
  - 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.

##### Schritt 3: Untersuchungen mit Hilfe des Pürckhauer-Bohrers

- *Beim Einschlagen des Bohrers:* Gibt es eine Schicht, die bei der Probennahme besonders schwer zu durchdringen ist?
- *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?* Eindringendes Wasser könnte zu einem schlagartigen „Zerfließen“ der Bodenmatrix und zu einem Abrutschen der darüber liegenden Schichten führen.
- *Ist in den oberen Bodenschichten ein stark erhöhter Anteil an Ton zu finden?* Dadurch wird Wasser in dieser Schicht sehr gut gespeichert; dies könnte zu einer sehr starken

Erhöhung des Gewichts in diesem Bereich führen. In weiterer Folge könnte dieser Bodenteil, folgend den Gesetzen der Schwerkraft, abrutschen.

Sind mehrere der genannten Faktoren zu erkennen, sollte eine genauere Untersuchung mit Hilfe eines Bodenprofils durchgeführt werden.

#### **Schritt 4: Untersuchungen an Hand eines Bodenprofils**

- *Ist eine sprunghafte Zunahme der Lagerungsdichte in einer bestimmten Bodentiefe erkennbar?* Dies weist darauf hin, dass die untere Schicht (mit der höheren Lagerungsdichte) als Verdichtungs- und Gleithorizont dienen könnte, an der einsickerndes Wasser hangparallel abgeleitet wird.
- *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 Wurzeldichte in einer einheitlichen Tiefe festzustellen?* Dies weist ebenfalls auf eine Verdichtung unterhalb dieses gemeinsamen Wurzelhorizonts hin.
- *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 weiter gehende Maßnahmen überlegt werden. Dabei können entweder mit Hilfe von Laboruntersuchungen der Wasserhaushalt und andere wichtige Bodenparameter genauer untersucht werden, oder es werden schon an diesem Punkt der Untersuchungen Vorbeugungsmaßnahmen gesetzt, die oft relativ einfach durchzuführen sind. Dann geht es primär um das Erkennen möglicher auslösender Faktoren und deren Vermeidung, z.B. durch

- Absperren 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. LITERATUR**

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.

- CERNUSCA, A., BUNZA, G. LÖHMANNSRÖBEN, R., SPATZ, G. (1984): *Ökologisches Gutachten über die Ursachen der Erosionen in Meran 2000 und Vorschläge für Sanierungsmaßnahmen.*
- 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 veränd. und verb. Aufl. 1095 seiten.
- 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.
- 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.
- KOHL, B. (2000): Vegetation als Indikator für die Abflussbildung. *Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2000 – VILLACH/ÖSTERREICH.* Tagespublikation, Band 2 Seite 41 – 51.
- 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.
- SCHAUER, T. (1975): Die Blaikenbildung in den Alpen. *Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Heft 1,* München. 30 S.
- STAHR, A. (1996): Zur Genese und Dynamik von Blattanbrüchen auf Almen in den nördlichen Kalkalpen. *Geoökodynamik Band XVII,* 217-248. Bensheim 1996.