

Untersuchung und Früherkennung der Erosionsanfälligkeit von alpinen Rasenbeständen

O. Univ.-Prof. Dr. Florin Florineth, Mag. Bettina Mittendrein, Mag. Richard Stern

In den Jahren 2000 bis 2002 wurden vom Arbeitsbereich Landschaftsplanung und Ingenieurbiologie an der BOKU Wien unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Florin Florineth umfangreiche Untersuchungen von Erosionsflächen im Gebirge durchgeführt. Ziel dieser vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft beauftragten Untersuchungen war es:

1. **Mögliche Ursachen für Erosion im Waldgrenzbereich zu ermitteln,**
2. **An ausgesuchten Flächen zu ermitteln, wie erfolgreich ingenieurbiologische Behandlungsmethoden der Vergangenheit waren (Die Ingenieurbiologie benützt zur Begrünung und Stabilisierung von erodierten Flächen vor allem lebendes Pflanzenmaterial) und**
3. **Einen Entscheidungsbehelf zu erstellen, der es dem Praktiker (Mitarbeiter von Wildbach- und Lawinverbauungs- sowie Forstbehörden, Agrargemeinschaften, interessierte Landwirten, etc.) ermöglicht, die Erosionsgefährdung von Berghängen in der Höhenstufe zwischen ca. 1500 und 2300 m üNN mit einfachen Mitteln festzustellen und gegebenenfalls vorbeugend einzugreifen.**

Dazu wurden insgesamt 6 Flächen ausgewählt, die in den Bundesländern Tirol, Vorarlberg und Salzburg sowie in Südtirol liegen (vgl. Abb. 1). Drei dieser Flächen sind aktuell von Erosion betroffen, drei weitere Flächen wurden im Laufe der letzten Jahrzehnte mit Hilfe von ingenieurbiologischen Maßnahmen behandelt.

Es konnte festgestellt werden, dass v.a. der Wasserhaushalt und die Korngrößenverteilung für das Erosionspotenzial wesentlich sind und daher die genaue Kenntnis dieser Parameter eine Früherkennung möglichen Bodenabtrags erleichtert. Die Betrachtung der Vegetation ist i.d.R. nicht ausreichend für eine befriedigende Bewertung.

1. Methodik

1.1 Vegetationskundliche Untersuchungen

Die **Vegetationsaufnahmen** erfolgten nach der 9-teiligen Skala nach Braun-Blanquet, erweitert nach Reichelt & Wilmans (1973). Für die ebenfalls durchgeführten **Transekt-Frequenzanalysen** wurde ein Metallrahmen von 1m² Größe und einer Unterteilung in 100 Kleinquadrate (10x10 cm) verwendet. Für die Bestimmung der Frequenz der Arten wurde nicht die Gesamtfläche von 1 m² analysiert, sondern je 5 Quadrate der Größe 20 x 20 cm. Außerdem wurden **Linientransekte** gezogen; dazu wurde ein Meterband über die zu untersuchende Fläche gelegt und alle Arten, die 25 cm links und rechts des Meterbandes vorkamen, aufgenommen. Zur Untersuchung der **oberirdischen Biomasse** bzw. **Nekromasse** wurden Rasenziegel mit der Größe 30 x 30 cm zum Vegetationshöhepunkt entnommen und im Labor abgeerntet. Als Indikatorwert für bestimmte Standorte wurden die **Zeigerwerte** von ELLENBERG (Feuchte- und Reaktionszahl) bzw. LANDOLT (Feuchte-, Humus- und Dispersitätszahl) herangezogen.

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.

Im Labor wurden die Gehalte von N, P und K ermittelt, weiters der Humusgehalt und der pH-Wert. Außerdem wurden – so weit die Zusammensetzung des Bodens dies zuließ – pF-Kurven und kf-Werte erstellt. Korngrößenverteilung, Feststoff- und Lagerungsdichte wurden ebenfalls erhoben. Zusätzlich wurden in ausgesuchten Untersuchungsflächen die Wurzelmasse und in ausgewählten Fällen auch die Wurzellängen erhoben.

2. Untersuchungsergebnisse

Im Bereich der **Großglockner-Hochalpenstraße** (Salzburg) wurden seit dem Bau dieser Verkehrsverbindung in den 30er Jahren immer wieder Böschungen abgetragen und neu begrünt. Dazu wurden i.d.R. vorhandene Rasenstücke vor Beginn der Bauarbeiten abgehoben, gelagert und nach dem Abschluss der technischen Maßnahmen wieder aufgebracht. Zwei solche Flächen wurden genauer untersucht.

Im Untersuchungsgebiet Mittertörl (vgl. Abb. 2), gelegen auf 2300 m üNN und bearbeitet Ende der 60er Jahre, wurde eine streifenförmige Bepflanzung der Straßenböschung mit den zwischengelagerten Rasenziegeln durchgeführt. Zwischen den einzelnen Streifen wurden jeweils ca. 50 cm nackter Erde belassen. Hier wurde weder eingesät noch gedüngt. Die Deckungswerte der Rasenziegelstreifen liegen mit durchschnittlich 51-75 % deutlich höher als die der sich selbst überlassenen Streifen (5-50 %) – ein deutliches Zeichen dafür, dass die spontane Wiederbesiedlung in dieser Höhenstufe äußerst langsam vor sich geht. Außerdem bietet die v.a. aus Moosen bestehende Vegetation in diesem Streifen (vgl. Abb. 3) nur eine ungenügende Bodenstabilisierung. Aus bodenkundlicher Sicht könnten daher Probleme auf diesen nicht behandelten Flächenteilen auftreten. Durch die z.T. sehr geringe Durchwurzelung ist die Bodenstabilität nicht zufriedenstellend, was besonders bei Starkniederschlägen zu Problemen führen könnte. Aktuell konnte jedoch keinerlei Bodenabtrag festgestellt werden.

Im Untersuchungsgebiet Hexenküche auf 2000 m üNN, behandelt in den 80er Jahren, wurden die Rasenziegel auf der Straßenböschung unregelmäßig fleckenförmig aufgebracht. 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*) sind nur noch vereinzelt und mit geringer Deckung vorhanden. Braun-Klee (*Trifolium badium*) ist in keiner Aufnahmen zu finden.

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

Für zukünftige Arbeiten in dieser Höhenlage wird daher eine Einsaat mit standortgerechtem Saatgut auf den vegetationsfreien Stellen vorgeschlagen. Falls eine Sicherung gegen abtragsfördernde Kräfte wie Wasser oder Wind notwendig sein sollte, bietet sich eine Sicherung in Form einer Strohdecksaat mit Bitumenemulsion oder anderen Klebern an.

Die **Galina** (Vorarlberg) in einer Höhe von ca. 1400 bis 1700 m üNN ist durch ehemals massive Erosionen gekennzeichnet, die seit Ende des 19. Jahrhunderts behandelt wurden. Erst in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts gelang es, den Bodenabtrag durch massive ingenieurbio-logische Behandlung, begleitet von technischen Maßnahmen, wesentlich zu reduzieren. U.a. wurden Cordons nach PRAXL, Heublumensaat und Gehölzpflanzungen eingesetzt. Die Vegetation auf dem größten Teil der sanierten Flächen macht nach 50 Jahren einen stabilen Eindruck. Allerdings wurde an manchen Stellen bei den Verbauungsmaßnahmen zu wenig Rücksicht auf Exposition, Wasserhaushalt und Hangneigung genommen. Dort zeigen sich

neue, wenn auch wesentlich kleinere Erosionsherde, außerdem weisen die Pflanzen in manchen Flächen deutlichen Kummerwuchs auf.

Die bodenkundlichen Untersuchungen zeigten – anders als die überwiegend positiven Vegetationsuntersuchungen vermuten ließen –, dass weiterhin ein großes Erosionspotenzial besteht. So wurde in weiten Bereichen kaum eine Verzahnung zwischen den oberen beiden Schichten festgestellt. Die untere, starke verdichtete und schluffreiche Zone dürfte bereits die ursprünglichen Erosionen ausgelöst haben und stellt auch weiterhin eine starke Bedrohung für die Stabilität der aufliegenden Bodenteile dar (vgl. Abb. 4).

Eine Verbesserung des ebenfalls nicht zufrieden stellenden Wasserhaushaltes der gefährdeten Flächen wäre z.B. 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*). Auf mageren Flächen wäre es von Vorteil, die Spirke (*Pinus uncinata*), die auch in der angrenzenden natürlichen Vegetation stellenweise gehäuft auftritt, vermehrt einzusetzen. Außerdem sollten zur Verminderung der massiven Verbisschäden die bestehenden Wildzäune verstärkt bzw. nicht geschützte Flächen neu eingezäunt werden. Mit dieser Maßnahme wäre auch eine natürliche Verjüngung möglich.

Die Begrünung im **Felbertal** (Salzburg/Tirol) auf ca. 1900 m üNN, durchgeführt nach der Verlegung einer Pipeline in den 60er Jahren, zeigen die gute Wüchsigkeit von handelsüblichen Samenmischungen auch in größeren Höhenlagen, wenn die sonstigen Umweltbedingungen gut sind. Um aber auch die Vegetationsverhältnisse vor Ort zu fördern, sollte bei künftigen Begrünungen mehr Bedacht auf die angrenzende Vegetation und ihre Bestandeszusammensetzung genommen werden. Durch die Planierung der Nordfläche kommt es auf Grund der fehlenden Kleinstrukturen wie Kuppen und Mulden zu einer Artenverarmung. Es sollte möglich sein, bei zukünftigen Arbeiten solche ursprünglichen Strukturen annähernd zu erhalten bzw. wieder zu erreichen.

Das Untersuchungsgebiet im **Karwendel** (Tirol), ca. 1900 bis 2100 m üNN, ist gekennzeichnet durch eine große Zahl von Blaiken (kleinflächige Translationsbodenrutschungen, vgl. Abb. 5). Die Vegetationsuntersuchungen zeigten Gesellschaften (Selerio-Caricetum sempervirentis bzw. Blaugras-Horstseggenhalden), die auf Erosionsgefährdung hinweisen. Es konnten vereinzelt wieder besiedelte Erosionsflächen beobachtet werden – allerdings war die Bodenmächtigkeit drastisch verringert (statt ca. 50 cm im natürlichen Bereich 10-15 cm in wieder bewachsenen Blaiken). Die Bodenverhältnisse der nicht beeinträchtigten Flächen sind relativ gut, es zeigte sich aber, dass eine nur geringe Verschlechterung der Verhältnisse zu einer deutlichen Degradierung von Boden und Vegetation führen kann. Ausschlaggebend für die aktuelle Erosion dürfte die Veränderung der Bewirtschaftungsverhältnisse sein (das Weidevieh wird kaum beaufsichtigt, Pflegemaßnahmen wie das Beseitigen von Steinen und die frühzeitige Behandlung von Erosionsschäden werden nicht mehr durchgeführt). Es ist für die Zukunft damit zu rechnen, dass wesentlich mehr Boden abgetragen als neu gebildet wird.

Falls es zu einer weiteren Zunahme der Blaikenerosion kommen sollte und eine Sanierung als dringlich erscheint, könnten einfach und relativ kostengünstig mit einer Grasmulchsaat behandelt werden. Dabei sollte im Herbst das reife Gras gemäht und an Ort und Stelle in einer Stärke von etwa 3-4 cm aufgebracht werden. An den jeweils zu behandelnden Blaiken sollten außerdem Pilotenwände zum Abstützen der Erosionsoberkante eingebaut werden.

Zur schadlosen Ableitung von Hang- und Niederschlagswässern – ein wesentlicher Faktor für Erosionsvorbeugung – bietet sich folgende Methode an: Latschen- oder Weidenfaschinen (eventuell mit Grünerle vermischt) mit einer Neigung von 30° quer zum Hang und 5 Metern

Abstand zwischen den einzelnen Reihen. Die Tiefe dieser Hangfaschinen sollte in etwa 20 cm betragen. Hierbei müsste allerdings das Weidevieh für einige Jahre ausgesperrt werden. Die Wirkung dieser Faschinen ist leicht wasserabführend und schuttstauend. Eine bodenfestigende und stabilisierende Wirkung tritt erst nach dem Anwurzeln ein.

Im **Sellrain** (Tirol) wurde in ca. 2000 m üNN eine einzelne, relativ großflächige Erosion (ca. 800 m²) untersucht. Diese Erosion ist vermutlich durch am Hang austretendes Wasser (gesammelt in einer Mulde oberhalb) ausgelöst worden. Bestätigt wird diese Theorie durch Wasseraustrittslöcher an der Anbruchsoberkante. Es konnte kein direkter Zusammenhang zwischen dem Bodenaufbau bzw. einzelnen -parametern und der Erosionsanfälligkeit gefunden werden. Abgesehen von den Problemen mit erhöhtem, unterirdischem Wasserdruck dürfte aber v.a. der Schluffgehalt eine Rolle bei diesem Abtragsprozess spielen. Eine weitere Gefährdung ist nicht wahrscheinlich, einzig die Möglichkeit einer rückschreitenden Erosion und somit eine Vergrößerung der Erosionsfläche ist wahrscheinlich.

Die Behandlung der Fläche kann mit einer Stroh- oder Heudecksaat und angepasster Saatgutmischung erfolgen. Auf eine 3-4 cm hohe Stroh- oder Heuschicht werden Samen und Dünger eingesät, diese Decksaat wird mit Hilfe eines Klebers gegen Windverfrachtung geschützt. Die Mischung sollte sich aus 25 g/m² Samen, 100 g organ. Dünger, 700 g Stroh (oder Heu) und 100 g/m² Bioalgen oder Ecotac als Kleber zusammengesetzt sein. Der Kleber kann mit Hand aufgetragen werden

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 Pilotenwände dienen.

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

Meran 2000 (Südtirol) auf ca. 2000 m üNN ist ein Gebiet mit massivsten Erosionserscheinungen, welche z.T. schon in der 80er Jahren behandelt wurden. Bei den Untersuchungen stellte sich heraus, dass die geologischen Gegebenheiten vor Ort generell Erosion fördern. V.a. die starken anthropogenen Belastungen der letzten Jahrzehnte wie Schibetrieb, starke Beweidung und Betrampeln durch Sommertourismus begünstigen Abtragsprozesse. Die Boden- und Vegetationsverhältnisse sind in diesem relativ großen Gebiet durchaus unterschiedlich, was eine gesonderte Betrachtung je nach Exposition, Grundgestein etc. notwendig macht. In einigen – wenigen – Teilen des Untersuchungsgebietes gibt es keine akute Gefährdung durch Erosion, in anderen weisen das Vorhandensein bestimmter Vegetationsgesellschaften und der hohe Schluffgehalt des Bodens auf mögliche Probleme in der Zukunft hin. In jedem Fall ist dieses Gebiet weiterhin generell als stark erosionsgefährdet zu betrachten.

Um die aufgetretenen Abtragungsschäden zu behandeln, bieten sich Pilotenwände an, die den weiteren, rückschreitenden Abtrag an den Anbruchskanten verhindern. 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. Einige Erosionszonen erscheinen in Ihrer Struktur aber so geschwächt (offene, feinsandige Böden, die bei jedem Niederschlag weiter abgetragen werden), dass hier auf jeden Fall ein Kleber verwendet werden sollte. Außerdem sind auf Grund der Größe mancher Erosionsflächen auch wasserableitende Strukturen wie z.B. Hangfaschinen zielführend.

Um weiteren Bodenabtrag zu verhindern, erscheint – 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 durch eine Ab-

sperrung gefährdeter Flächen erfolgen, um Weidevieh und Sommertouristen von dort fern zu halten.

3. Entscheidungsbehelf

Auf der Grundlage der o.a. Ergebnisse wurde ein Entscheidungsbehelf „Früherkennung des Erosionspotenzials in subalpinen Hängen“ erstellt. Dieser beinhaltet folgende Schritte:

1. Untersuchung der Vegetationsverhältnisse
2. Untersuchung der Bodenverhältnisse mit Hilfe eines Bohrstocks
3. Weiter führende Untersuchung der Bodenverhältnisse durch Öffnen eines Bodenprofils sowie gegebenenfalls durch Laboruntersuchungen

Der besondere Vorteil dieses Systems liegt darin, dass nicht alle diese Untersuchungen zwingend notwendig sind. Nur wenn der jeweils vorhergehende Schritt nicht aussagekräftig genug ist, wird der nächste Schritt durchgeführt. Dies minimiert den notwendigen Arbeits- und Finanzaufwand auf ein Minimum.

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.

REICHELT, G. & WILMANS, O. (1973): Vegetationsgeographie. Verlag Westermann, Braunschweig. 210 Seiten.

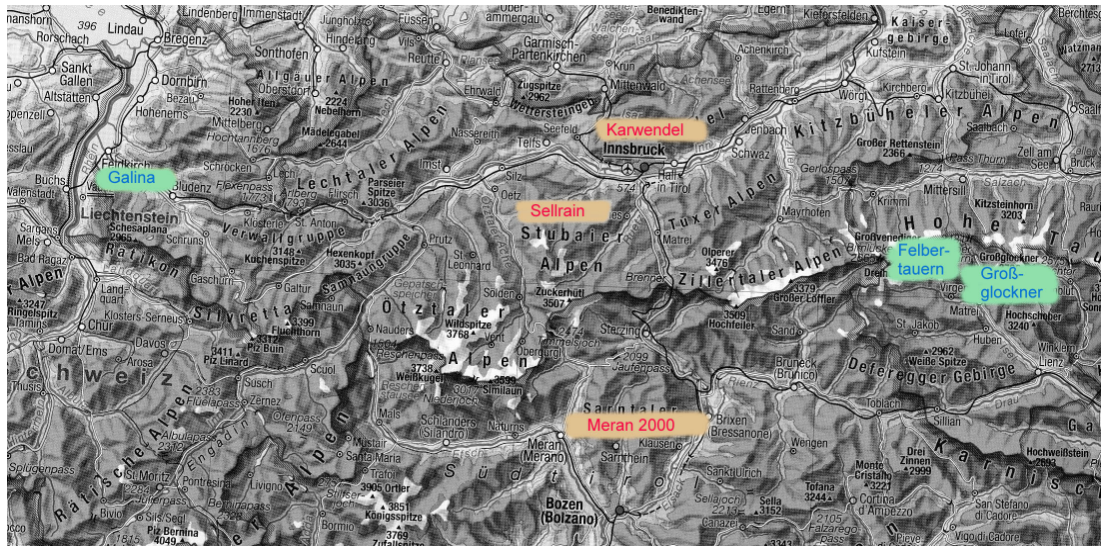


Abbildung 1: Lage der Untersuchungsgebiete (rot entspricht den unbehandelten, grün den behandelten Flächen)

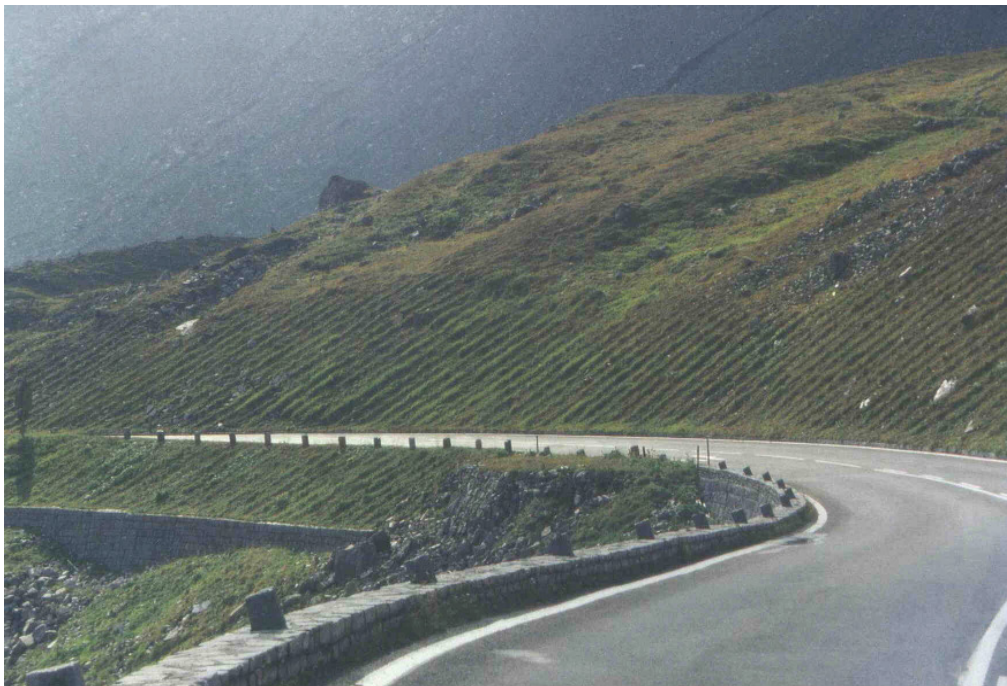


Abbildung 2: Blick auf die Straßenböschung beim Mittertörl – Großglockner-Hochalpenstraße/ Salzburg

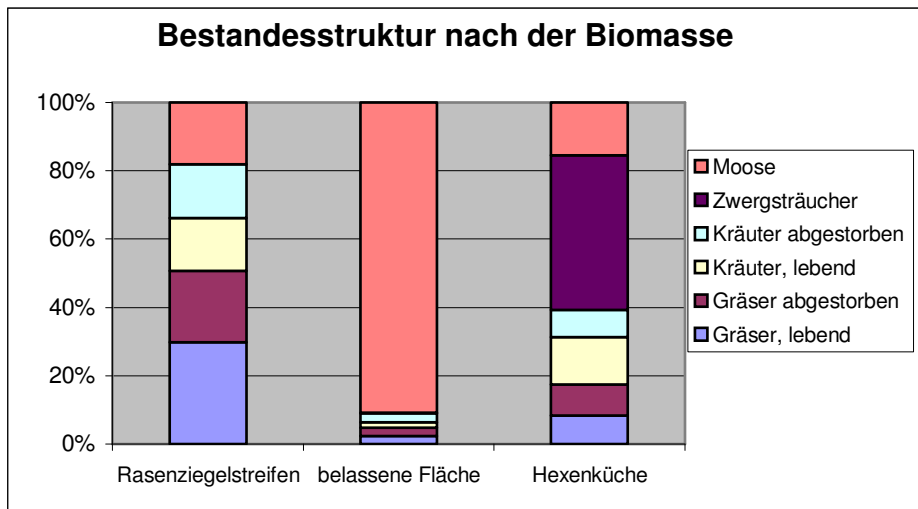
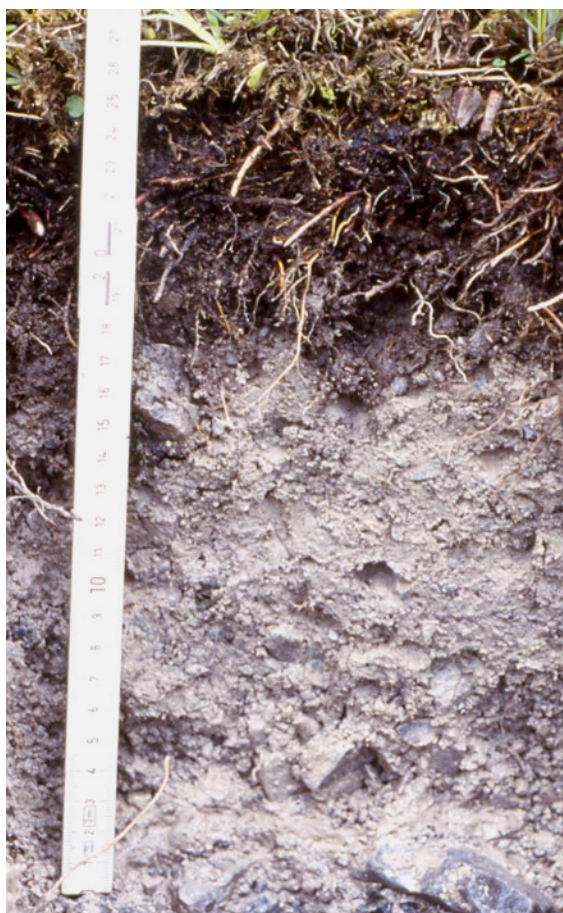


Abbildung 3: Bestandesstruktur nach der Biomasse: Vergleich Rasenriegelstreifen (Mittertörl)-belassener Streifen (Mittertörl)-Hexenküche



O₁ 4 – 3 cm
O_f 3 – 1,5 cm
O_h 1,5 – 0 cm

A_h 0 – 4 (12) cm
 Dunkelgräulich-brauner, stark humoser, schluffiger Sand mit sehr starker Durchwurzelung, Anteil an makroskopisch sichtbaren Poren gering, Aggregate blockig-scharfkantig, Skelettanteil ca. 20 %

C_v 4 – 20 cm
 Gräulich-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 4: Profil einer Fläche in der Galina (Vbg.)



Abbildung 5: Erosionsfelder im Karwendel bei Innsbruck / Tirol