

Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im schweizerischen Nationalpark
Herausgegeben von der Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft
zur wissenschaftlichen Erforschung des Nationalparks

Résultats des recherches scientifiques entreprises au Parc National suisse
Publiés par la Commission de la Société Helvétique des Sciences Naturelles pour les études
scientifiques au Parc National

Band XI

60.

Pflanzensoziologische und ökologische
Untersuchungen an Strukturrasen
(besonders Girlandenrasen)
im schweizerischen Nationalpark

Von

Emanuel Zuber

Mollis (Glarus)

Druck Lüdin AG Liestal 1968

Herrn Prof. **Dr. H. ELLENBERG** danke **ich** für die Anregung dieser Arbeit und **meinem** verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. **F. MARKGRAF**, für die Leitung der **Untersuchungen**.

Herrn Prof. Dr. **H. BOESCH** verdanke ich die **Benützung** des **geomorphologischen Laboratoriums** und den Herren Dr. **H. ANDRESEN** und Dr. **F. KLÖTZLI** viele Hinweise und **Ratschläge** bei **geomorphologischen** und **pflanzensoziologischen** Problemen.

Meiner Frau, **ANNEMARIE ZUBER-GEHRING** († 12. 7. 68), danke ich herzlich für ihre **Mithilfe** und meinem Freund, Herrn **Dr. J. ALTMANN**, für kritische Durchsicht des **Manuskripts**.

Für mannigfache Unterstützung bei der Ausführung und Herausgabe dieser Arbeit bin ich der **wissenschaftlichen Nationalparkkommission** sowie der Georges- und Antoine-Claraz-Schenkung zu Dank verpflichtet.

Inhalt

Einleitung	81
I. Vegetationsbeschreibung	82
A. Voraussetzungen und Methoden	82
B. Beschreibung der Rasentypen	83
1. Netzweiden-Polsterseggenrasen	83
2. Löwenzahn-Erika-Horstseggenrasen und Löwenzahn- Grammenhafer- Pionierstadien	84
3. Edelweiss-Erika-Horstseggenrasen	86
4. Bergspitzkiel-Gipskraut-Horstseggenrasen	88
5. Gipskraut-Schwingelrasen-Pionierstadien	90
C. Vegetationstabellen	91
1. Stetigkeit und mittlere Artnächtigkeit	91
2. Vegetation und Standortsfaktoren	93
II. Die Vegetationsanordnung in den Strukturrasen	95
A. Girlanden	95
1. Die Erscheinung der Girlandenrasen	95
2. Höhenzonierung und geologische Unterlage	96
3. Girlandenverteilung im Hang	96
4. Vegetationsanordnung und Bodenprofil	97
a) Großgirlanden	97
α) Vegetationsanordnung	97
β) Bodenprofile	102
b) Kleingirlanden und Pioniervegetation	106
α) Kleingirlanden auf Rauhack- und Mergelböden	106
β) Kleingirlanden auf Gipsböden	108
γ) Dolomithböden	110
δ) Bodenprofile der Kleingirlanden und Pionierstellen	111
c) Feinerdegirlanden	111
d) Terrassenbildungen in der Arktis und alpine Rasengirlanden	112
B. <i>Carex-firma</i> -Erdwülste	116
C. Vegetation der Erdströme	117
a) Erdströme mit hohen, stark gegliederten Endzungen	117
b) Erdströme mit flachen, wenig gegliederten Endzungen	120
D. Vegetation der Textur- und der Strukturböden	120
III. Ökologische Detailuntersuchungen	123
A. Korngrößenuntersuchungen	123
1. Methode	123
2. Bodenarten und Pflanzengesellschaften	124
3. Die Verteilung der Korngrößen im Hang	129
B. Die Bodenbewegungen und Girlandenbildung	132
1. Die Frostanfälligkeit des Bodens	133
2. Bodentemperaturen	134
3. Wassergehalt des Bodens	136

4. Bodenbewegungen	137
a) Frosthebung	138
b) Gleitbewegung	140
5. Einregelungsmessungen	144
C. Das Verhalten der Keimlinge	147
1. Methoden	147
2. Ergebnisse	147
IV. Diskussion	151
A. Besonderheiten der Vegetation	151
B. Zur Entstehung der Girlanden	152
V. Zusammenfassung	154
Literaturverzeichnis	154

A
tem
(ME
nigen
sie z
steh
Erdff
wir S
man
spiel
E
gebie
rein
E
mor
her r
D
form
beide
Stan
schie
I
Meth
D
Teil
hältr
I
fasst
gisch

1
fliesse
Kräfte

Einleitung

Alpine Strukturrasen zeichnen sich durch ein regelmässiges Muster von **unbesiedeltem** Boden und Pflanzenbewuchs aus. Das unterscheidet sie von den Strukturböden (MEINARDUS 1912 und TROLL 1944), welche durch eine bestimmte Anordnung der steinigen und erdigen Bodenbestandteile charakterisiert sind. Nach FURRER (1945) gehören sie zu den Formen **amorpher Solifluktion**. HÖLLERMANN (1964) bezeichnet die Entstehung dieser Strukturen als **gebundene Solifluktion**. Auch ELLENBERG (1963) sieht Erdfließen als Ursache dieser Formen. In seiner «Vegetation von **Mitteleuropa**» finden wir S. 529 ff.: «... solche Solifluktionserscheinungen (im Seslerio-semperviretum) kann man in Mitteleuropa nirgends besser studieren als im Schweizer Nationalpark, zum Beispiel am Munt la Schera und im Val Botsch.»

Ein erster Überblick über die Solifluktionsformen im Schweizerischen Nationalparkgebiet findet sich bei FURRER 1954. Das Schwergewicht seiner Untersuchungen liegt auf rein geomorphologischen Fragestellungen.

Es war nun interessant, den Beziehungen zwischen Vegetation und geomorphologischer Aktivität nachzugehen, da **Detailuntersuchungen** darüber bisher nicht vorlagen¹.

Dazu sind die **Girlandenrasen** besonders geeignet. In keiner **andern** Erscheinungsform der Vegetation des **Nationalparkgebietes** hat die gegenseitige Beeinflussung der beiden Faktoren zu so labilen Gleichgewichtszuständen **geführt**, welche sich, je nach Standort, mehr zu Gunsten der Vegetation oder der geomorphologischen Aktivität verschieben.

Im **ersten Teil dieser** Arbeit werden **diese** Veränderungen **mit pflanzensoziologischen Methoden** untersucht.

Die Anordnung **der** Pflanzen auf den verschiedenen Standorten **wird** im zweiten Teil beschrieben. Durch sie werden bereits wichtige Hinweise auf die ökologischen Verhältnisse erhalten.

Im dritten **Teil** werden die **Ergebnisse** von **ökologischen Messungen** **zusammengefasst**. Es wird vor **allem** versucht, Voraussetzungen und Ausmass dieser **geomorphologischen Aktivität** und ihre **Auswirkungen** auf die **Vegetation** quantitativ **zu erfassen**.

¹ Unter geomorphologischer Aktivität werden hier vor **allem** die mechanischen Wirkungen **des** fließenden Wassers und des Frostes verstanden. Im Hinblick auf die Vegetation werden diese Kräfte als mechanische Beanspruchung der **Pflanzen** bezeichnet.

I. VEGETATIONSBESCHREIBUNG

A. Voraussetzungen und Methoden

Die Vegetation der untersuchten Strukturrasen lässt sich meistens dem *Seslerion coeruleae* BR.-BL. 1926 zuordnen. Diese Zuordnung kann einerseits durch das Vorkommen der Verbandscharakterarten *Festuca puniila*, *Carex mucronata*, *Helianthemum alpestre* und *Leontopodium alpinum* begründet werden, andererseits trifft auch die Standortscharakterisierung «stark geneigte, trockene, steinige Kalkböden mit kurzer **Schneebedeckung**» gut zu.

Schwierigkeiten treten aber bei der feineren Gliederung in Assoziationen und Subassoziationen auf. Sie wurden von BRAUN-BLANQUET (1926) für dieses Gebiet beschrieben. Dass eine Zuordnung zu diesen Vegetationseinheiten nur selten möglich war, hängt mit dem starken **Übergangscharakter** dieser Strukturrasen zusammen. Die für die Assoziation typischen Charakterarten sind **zum Teil Seltenheiten**, die sich nur in den am besten entwickelten **Rasen** finden lassen. Die häufigeren Charakterarten aber **mischen** sich mit solchen anderer Assoziationen.

Besser bewährte sich hier die von ELLENBERG eingeführte Methode einer lokalen Gliederung der gesamten Vegetation (z. B. REHDER 1962). Dabei werden die **einzelnen** unterscheidbaren Pflanzengesellschaften als ranglose Einheiten durch Differentialarten gegeneinander abgegrenzt.

Die Nachteile dieser Gliederung sind ihre begrenzte Gültigkeit, **eine** nicht unbedingt wünschbare **Aufsplitterung** der Vegetation in **Kleingruppen**, die **nur** schwer gebietsweise verglichen werden können. Weil aber, wie eingangs erwähnt wurde, die **Zuordnung** zum Verband meist gut möglich ist, **wird** dadurch der vergleichbare floristische Rahmen dieser Vegetation festgelegt. Den Nachteilen stehen grosse Vorteile gegenüber, **wie**:

- a) Bessere Darstellung der Wirkung bestimmter ökologischer Faktoren auf die **Vegetation**.
- b) Natürliche Gliederungsmöglichkeiten der gesamten Vegetation **innerhalb** des untersuchten Gebietes.
- c) Beurteilung der möglichen genetischen Zusammenhänge zwischen den unterschiedenen Typen, durch klarere Erfassung der **Übergangszustände**.

Die Vegetation wurde deshalb unabhängig von den beschriebenen Assoziationen aufgenommen. Für die Auswahl der Probeflächen war vor allem deren Homogenität massgebend (BR.-BL. 1964, S. 25). Nach Möglichkeit **wurden** etwa 100 m² grosse **Flächen** erfasst. Abundanz (= **Individuenzahl**) und Deckungsgrad der einzelnen Arten **wurden** mit Hilfe der beide Eigenschaften kombinierenden Artmächtigkeitsskala (BR.-BL. 1964, S. 39) geschätzt.

Das Untersuchungsgebiet ist im **wesentlichen** auf die Täler nördlich der Ofenpassstrasse beschränkt, wenige Aufnahmen stammen von den **Südhängen** des Munt la Schera und aus dem Berggebiet zwischen Spöltal und Val Cluozza. Vorwiegend orientierende Begehungen wurden auch im Val Müschaums, Val Trupchum und Val Tantermozza durchgeführt.

Die Anwendung dieser Aufnahmetechnik bringt **in** diesen Rasen grundsätzliche Schwierigkeiten mit sich, da die **Vegetation** ein Mosaik verschiedenartiger Kleinstandorte darstellt. Für die Vegetationsgliederung ist es **aber** zweckmässiger, den **Bewuchs**

REIBUNG

Methoden

Es lässt sich meistens dem *Seslerion* an einerseits durch das Vorkommen von *Carex mucronata*, *Helianthemum* an, andererseits trifft auch die kalkene, steinige Kalkböden

Erhebung in Assoziationen und Subassoziationen (1926) für dieses Gebiet beschrieben nur selten möglich war, hängt zusammen. Die für die Seltenheiten, die sich nur in den häufigeren Charakterarten aber mi-

geführten Methode einer lokalen (1962). Dabei werden die einzelnen Einheiten durch Differential-

die Gültigkeit, eine nicht unbedingt Gruppen, die nur schwer gebietsweise erwähnt wurde, die Zuordnung der vergleichbare floristische stehen grosse Vorteile gegenüber,

ökologischer Faktoren auf die Vege-

der Vegetation innerhalb des unter-

Abhänge zwischen den unterschiedlichen Zustände.

beschriebenen Assoziationen auf, vor allem deren Homogenität massgebend etwa 100 m² grosse Flächen erd der einzelnen Arten wurden mit der Mächtigkeitsskala (BR.-BL. 1964,

die Täler nördlich der Ofenpassagen von den Südhängen des Munt la Val Cluoza. Vorwiegend orientiert, Val Trupchum und Val Tanter-

in diesen Rasen grundsätzliche Unterschiede verschiedenartiger Kleinstandorte über zweckmässiger, den Bewuchs

ganzer Probenflächen miteinander zu vergleichen. Damit ist der Nachteil verbunden, dass die Unterschiede zwischen den Stadien der Vegetationsentwicklung kleiner werden und ihre Gliederung erschweren.

Die Abgrenzung der Vegetationseinheiten erfolgte mit Hilfe der sogenannten Tabellenarbeit (ELLENBERG 1956). Sie geschieht in 4 Teilschritten.

1. **Rohtabelle:** Tabellarische Darstellung der Feldbuchaufnahmen. Jede Aufnahme wird in eine senkrechte Spalte eingetragen. Das Vorkommen einer Art wird jeweils durch den zugehörigen Artmächtigkeitswert angegeben.
2. **Stetigkeitstabelle:** Die Arten werden mit abnehmender Stetigkeit (= Anzahl Aufnahmen, in welchen die Art vorkommt) angeordnet.
3. **Ermittlung von Differentialarten:** Aufsuchen von Arten, die in mehreren Aufnahmen gemeinsam vorkommen und in den übrigen Aufnahmen der Tabelle fehlen. Sie sind vorwiegend innerhalb der Arten mittlerer Stetigkeit zu finden.
4. **Differenzierte Tabelle:** Zusammenfassen der Differentialarten zu kompakten Artblöcken. Gegenüberstellung dieser Blöcke.
Auf diese Weise kann eine Gliederung der Vegetation in ranglose Einheiten (= Pflanzengesellschaften) erreicht werden.

B. Beschreibung der Rasentypen

1. Netzweiden-Polsterseggenrasen¹

(*Salix reticulata* – *Carex firma*)

Diese Pflanzengesellschaft ist floristisch durch die Netzweide (*Salix reticulata*) und den Alpenhahnenfuss (*Ranunculus alpester*) von den andern Rasen abgegrenzt. In ihr zeigt die Polstersegge (*Carex firma*) optimale Entwicklung, so dass Beziehungen zum *Caricetum firmae* BR.-BL. offenkundig sind. Von den Charakterarten sind *Saxifraga caesia* mit hoher, *Crepis Jacquini* mit mittlerer und *Gentiana Clusii* mit schwacher Stetigkeit vorhanden. *Chamorchis alpina* fehlt völlig. Die vorkommenden Begleiter *Sesleria coerulea*, *Anthyllis alpina*, *Helianthemum alpestre*, *Festuca pumila*, *Carex rupestris*, *Dryas octopetala*, *Agrostis alpina* und *Draba aizoides* stützen diese Zuordnung ebenfalls. Dagegen steht allerdings das konstante Vorkommen von *Salix retusa* und *Salix reticulata*, das mit ähnlichen Begleitern die Zuordnung zum *Salicetum retuso-reticulatae* BR.-BL. ermöglichen würde. Allerdings fehlt hier *Gentiana bavarica* var. *intermedia*. Deshalb scheint es sinnvoll, diese Gruppierung als Übergangsgesellschaft zwischen diesen beiden Assoziationen zu betrachten und entsprechend zu bezeichnen. (Da meine Gesellschaften ranglose Einheiten darstellen, werden sie nur mit deutschen Namen versehen). Die ersten fünf Aufnahmen dieser Übergangsgesellschaft zeigen eine starke floristische Beziehung zum *Arabidetum coeruleae* BR.-BL. durch die Arten *Arabis coerulea*, *Hutchinsia alpina*, *Gnaphalium Hoppeanum*, *Carex atrata* ssp. *nigra*, *Taraxacum alpinum* und *Salix herbacea*. Das ausschliessliche Vorkommen dieser Arten innerhalb dieser Aufnahmen führte zu einer Abtrennung dieser Gesellschaft von den übrigen Netzweiden-Polsterseggenrasen. Die durch diese Arten gekennzeichnete Gesellschaft wird mit dem Namen der stetigsten Art als Ausbildung mit schwarzer Schafgarbe (*Achillea atrata*) bezeichnet. Durch die Artengruppen B und C wird der Anschluss an die Netzweiden-Polsterseggenrasen hergestellt.

Diese Rasenflächen sind meistens in einer Höhe von 2500 m anzutreffen. Tiefer gelegene Stellen liegen nordexponiert, während höher gelegene vorwiegend südwestexponiert aufweisen. Ausserdem ist sie fast ausschliesslich auf schwach geneigten Flächen,

¹ Vegetationstabellen im Anhang

z. B. Kleinterrassen oder Hängen mittlerer Steilheit, anzutreffen. Als Folge einer längeren Schneebedeckung ist diesen Standorten eine verhältnismässig gute Durchfeuchtung des Bodens gemeinsam.

Die Vegetation besteht aus einem mehr oder weniger geschlossenen Rasen oder aus Rasenkomplexen, welche regellos auf dem im übrigen kahlen Boden verteilt sind.

Zu einer eigentlichen Kalk-Schneetälchen-Vegetationsausbildung kommt es wohl deshalb nicht, weil auch diese Standorte im Sommer und Herbst z. T. stark austrocknen können. Die Austrocknung wird durch die geringen Niederschläge dieses Gebietes und durch die hohe Durchlässigkeit des Dolomithbodens stark begünstigt. Das Fehlen oder nur gelegentliche Vorkommen feuchtigkeitsliebender *Arabidetum-coerulea*-Charakterarten wie *Arabis coerulea*, *Taraxacum alpinum* und *Potentilla dubia* bestätigt diese Beobachtung. *Carex firma* und *Sesleria coerulea* dagegen besitzen in bezug auf Feuchtigkeit eine ausgesprochen weite ökologische Amplitude und sind deshalb auf derartig wechselfeuchten Standorten ausserordentlich konkurrenzkräftig.

Die typische Ausbildung findet sich im allgemeinen auf steilern südexponierten Hängen gleicher Höhe oder nordexponierten Standorten tieferer Lagen (s. Tabelle) auf Dolomithböden. Es handelt sich dabei um gut ausgebildete Rasengirlanden, die vor allem durch Horstgräser aufgebaut werden. Im Vergleich zur oben erwähnten Vegetationseinheit sind *Carex firma* wie auch die Spaliersträucher schwächer vertreten. Sie geniessen vor allem an der Girlandenbasis die Schutzwirkung der Horstgräser.

Die Schneebedeckung ist hier kürzer und der Boden somit wesentlich trockener. Die Arten der Gruppe A fehlen daher, und es treten bereits einige Vertreter mässig trockener Steinrasen auf: *Globularia cordifolia*, *Hieracium bifidum* und *Carex rupestris*. Der Untergrund weist einen höheren Skelettanteil auf und ist meistens weniger tiefgründig als derjenige der Schafgarben-Ausbildung. Am Übergang zu den nächstfolgenden Rasentypen steht Aufnahme 13, die sich floristisch mit Hilfe vieler Arten hier einordnen lässt, habituell aber durch das starke Vorherrschen von *Dryas* gekennzeichnet ist. Diese Aufnahme bildet das Bindeglied zu Rasengruppe 4.

2. Löwenzahn-Erika-Horstseggenrasen und Löwenzahn-Grannenhafer-Pionierstadien (*Taraxacum alpinum* – *Erica carnea* – *Carex sempervirens* und *Leontodon hispidus* – *Trisetum distichophyllum*)

Diese Gesellschaften lassen sich nicht durch nur ihnen eigene Arten von den übrigen abgrenzen. Die Gruppe E trennt sie scharf von den beiden vorangehenden Rasentypen. Die gleichen Arten kommen aber mit hoher Stetigkeit in den letzten fünf Rasengesellschaften (9–13) der Tabelle wieder vor. Allerdings unterscheidet sich diese Gruppe durch das zusätzliche Auftreten von *Gypsophila repens* und das reichlichere Vorkommen von *Saxifraga aizoides*.

Die Pionierartengruppe E fasst die Löwenzahn-Erika-Horstseggenrasen mit den Löwenzahn-Grannenhafer-Pionierstadien zusammen. Sie sollen deshalb hier miteinander besprochen werden.

Von der artenärmsten Gesellschaft, dem Pionierstadium ausgehend, unterscheiden sich die Gesellschaften 4 und 5 vor allem durch das Hinzukommen neuer Artengruppen. Es lassen sich deshalb Glieder einer Sukzessionsreihe vermuten. Die Wuchsformenzusammensetzung weist aber eigenartig sprunghafte Veränderungen auf, die man von einer kontinuierlichen Artenzunahme her nicht erwarten würde.

Bei der Beurteilung der Artenzusammensetzung zeigen sich engere Beziehungen zwischen den Gesellschaften 4 und 5. Gut ausgebildete Artgruppen von 5 sind in 4 als schwächere Gruppen (z. B. K) oder durch einige Arten (C_1) geringerer Stetigkeit und

Mächtigkeit vertreten. Der Übergang von 3 zu 4 erfolgt aber ziemlich abrupt, ausser bei den beinahe überall durchgehenden Arten der Gruppe M. Die Gesellschaften 4 und 5 wurden deshalb auch zusammengefasst, während 3 der Artenzusammensetzung nach enge Beziehungen zu 13 zeigt.

Wie steht es nun aber mit den Beziehungen dieser Gesellschaften untereinander?

Wenn wir von der Wuchsformenverteilung ausgehen, so zeichnet sich die Gesellschaft 5 durch grosse Mannigfaltigkeit aus, während die vorhergehenden mengenmässig recht einseitig zusammengesetzt sind. Gesellschaft 4 ist durch einen hohen Anteil von *Dryas octopetala* gekennzeichnet. Dabei zeigen diese Spaliersträucher meistens reduzierte Vitalität, die durch fehlende Samenproduktion und viele abgestorbene Triebe angezeigt wird. Es liegt nahe, in dieser Gesellschaft eine Rückbildung der Rasenvegetation zu sehen.

Gesellschaft 3 besteht aus ausgesprochenen Pionierstauden, die auch in 4 vorhanden sind. Die verholzten Arten fehlen aber völlig. Die Pioniere zeigen hier die beste Vitalitätsentfaltung, da die Konkurrenz der übrigen Rasenpflanzen fehlt.

Die typische Ausbildung 5 ist ein an Pionierpflanzen reicher Rasen mit der grössten Artenzahl. Sie ist allerdings nicht das Endglied der Sukzessionsreihe innerhalb der Girlandenrasen. Dieses wird erst durch die nachfolgenden Gesellschaften gebildet.

So stellen diese durch Pioniere floristisch eng verbundenen Gesellschaften eine entwicklungsmässig uneinheitliche Gruppe dar. Der Grund dafür liegt in den ähnlichen Standortverhältnissen in Initial- und Abbaustadien. Beide besitzen konkurrenzarme Biotope, die infolge erst wenig entwickelter respektive rudimentärer Durchwurzelung starker Erosionswirkung ausgesetzt sind. Deshalb werden solche Flächen vorwiegend von Pionierarten besiedelt, welche diese mechanische Beanspruchung ertragen können. Die Abbaustadien unterscheiden sich von den Pionierstadien durch die zusätzlichen, verholzten Arten, welche wegen ihrer guten Verwurzelung trotz stark reduzierter Vitalität sich noch zu halten vermögen.

Es kommt so zu einer mehr oder weniger zufällig verteilten Vegetationsanordnung von geringer Deckung. In den fortgeschrittenen Initialstadien bilden sich mit dem vermehrten Auftreten der Horstgräser und Horstseggen bei zunehmender Feinmaterialansammlung Girlandenstrukturen aus. Bei den Abbaustadien verschwinden sie mit zunehmender Erosion.

Die Standortunterschiede beruhen bei diesen und den nachfolgenden Gesellschaften weder auf verschiedener Exposition noch auf anderer Höhenlage, sondern liegen vorwiegend in edaphischen Verschiedenheiten.

Soziologische Beziehungen der Pioniergesellschaften zu bestehenden Assoziationen

Durch die Arten *Poa cenisia*, *Campanula cochleariifolia* und bei der entsprechenden Gesellschaft 13 durch *Gypsophila repens* bestehen Beziehungen zum *Epilobietum Fleischeri* (LÜDT) BR.-BL. 1923. Diese Assoziation wurde vor allem als Moränen- und Flusskiesvegetation der subalpinen Stufe beschrieben. Sie ist artenmässig viel reicher als unser Beispiel. Es fehlen vor allem die Leguminosen, von denen BRAUN *Astragalus monspessulanus* und *Oxytropis pilosa* angibt.

In ökologischer Hinsicht ist bemerkenswert, dass diese Vegetation vorwiegend der alpinen Rasenstufe angehört. Auch das Substrat besteht nicht aus einem Moränen- oder Flusskiesboden, sondern meistens aus einem recht feinmaterialreichen Lehm oder sogar einem lehmigen Tonboden (z. B. 13). Ausserdem wirkt sich die starke Hanglage in einer Verstärkung der mechanischen Beanspruchung auf die Vegetation aus.

In diesem Zusammenhang sind ZOLLERS Beobachtungen (1950) an Mergelsteilhängen am Weissenstein (Jura) interessant. Die Steilheit dieser Hänge wird mit 30° angegeben, trifft also auf unser Beispiel zu. Ebenfalls dürften in den feinkörnig verwitternden Mergelböden entsprechende Verhältnisse vorliegen. ZOLLER beschreibt diese Vegetation als Anthyllideto-Leontodontetum mit *Anthyllis alpestris*, *Campanula cochleariifolia* und *Leontodon hispidus* var. *hyoseroides* als Initianten. Dies trifft auch hier, mit Ausnahme von *Anthyllis alpestris*, der erst in besser entwickelten Stadien vorkommt, sehr gut zu. Allerdings treten hier die nur im alpinen Raum vorkommenden *Trisetum distichophyllum* und *Helianthemum alpestre* oder *Gypsophila repens* und *Saxifraga aizoides*, welche nach HEGI auf den westlichen, respektive südlichen Teil des Jura beschränkt sind, ebenfalls als Pioniere auf.

In weiter entwickelten Beständen kommen z.T. die gleichen Arten hinzu wie in unserem Gebiet, vor allem *Thymus serpyllum*, *Carlina acaulis*, *Carduus defloratus* und, weniger häufig, *Tussilago farfara* an feuchten Standorten.

Aus diesen Gesellschaften entwickelt sich am Weissenstein eine *Festuca amethystina*-*Seslerieto-semperviretum*-Gesellschaft mit zahlreichen subalpinen Arten. Im Vergleich zu der entsprechenden Vegetation des Nationalparkes deutet die Artenzusammensetzung auf weniger xerische Verhältnisse hin. Deshalb sieht ZOLLER die entsprechende alpine Vegetation auch im *Caricetum ferrugineae* und nicht im *Seslerieto-semperviretum*.

In einer andern Hinsicht besteht aber auch bei dieser Gesellschaft eine interessante Übereinstimmung mit den Typen des *Seslerieto-semperviretums* im Untersuchungsgebiet. Auch hier nimmt auf den feinmaterialreichsten Hängen *Carex sempervirens* gegenüber *Sesleria coerulea* eine absolut dominante Stellung ein, während sie auf den feinmaterialärmeren Böden oftmals eine recht kümmerliche Entwicklung zeigt.

Es bestehen also sowohl hinsichtlich der Initial- als auch der Folgestadien interessante Beziehungen zwischen der Vegetation der jurassischen Mergelsteilhänge und der Vegetation auf entsprechenden Substraten im Nationalparkgebiet. Letztere zeichnet sich in den Initialstadien durch eine grössere Anzahl alpiner oder dealpiner, edaphischer Standortsspezialisten (ZOLLER) aus, während die Folgestadien eine Vegetation aufweisen, die trockenheitsliebender ist als die entsprechenden Pflanzengesellschaften im Jura. Immerhin sind floristisch, besonders durch das Dominieren von *Carex sempervirens*, enge Beziehungen zwischen den Folgestadien vorhanden.

3. Edelweiss-Erika-Horstseggenrasen (*Leontopodium alpinum* - *Erica carnea* - *Carex sempervirens*)

Unter diesem Begriff wurden drei Gesellschaften der Aufnahmen 28-42 zusammengefasst. Sie bestehen aus den floristisch reichsten Rasen auf Dolomitböden des Gebietes. Die Ausbildung mit stachelspitziger Segge (*Carex mucronata*) findet sich dabei auf den flachgründigsten Standorten, auf oder unmittelbar unterhalb von Geländekanten und Gräten, wo das Feinmaterial durch Wind und Wasser wegerodiert wird. Die beiden anderen Ausbildungen sind auf feinmaterialreichen Böden meist geringerer Steilheit (30°) anzutreffen. Dabei sind die Aufnahmen 38-42 auf tiefgründigeren und feinerdereichereren Böden als die Aufnahmen 33-37 gemacht worden. Sie lassen sich häufig nicht eindeutig den Dolomit- oder Rauhweckenböden zuordnen. Ebenso zeigen sie weder die schwarze Färbung der Dolomite noch die starkgelbe Färbung der Rauhwecken und bilden Übergänge zwischen den beiden. Ihre Übergangstellung kommt auch in der floristischen Zusammensetzung zum Ausdruck.

Diese Rasengesellschaft wird durch Arten der Gruppe F von den andern Typen unterschieden. Es sind vorwiegend Besiedler flachgründiger, skelettreicher, meist

gen (1950) an Mergelsteilhängen Hänge wird mit 30° angegeben, in den feinkörnig verwitternden Gesteinen beschreibt diese Vegetation ZOLLER diese Vegetation, *Campanula cochlearifolia* und *Trisetum distichophyllum* trifft auch hier, mit Ausnahme in den Stadien vorkommt, sehr gut zu. *Trisetum distichophyllum* und *Saxifraga aizoides*, welche nach dem Jura beschränkt sind, ebenfalls

die gleichen Arten hinzu wie in *acaulis*, *Carduus defloratus* und *Trisetum distichophyllum*.

Im Jura eine *Festuca amethystina* subalpiner Arten. Im Vergleich deutet die Artenzusammensetzung ZOLLER die entsprechende Vegetation im *Seslerieto-semperviretum*. In der Gesellschaft eine interessante *Trisetum distichophyllum* im Untersuchungsgebiet. *Trisetum distichophyllum* gegenüber *Carex sempervirens* während sie auf den feinmaterialigen Böden zeigt.

auch der Folgestadien interessanter Mergelsteilhänge und der alpinen Parkgebiete. Letztere zeichnet sich durch eine edaphische Vegetation auf weissen Pflanzengesellschaften im Jura. *Carex sempervirens*, *Trisetum distichophyllum*.

Trisetum distichophyllum)

Aufnahmen 28-42 zusammengefasst auf Dolomitböden des Gebietes. *Carex mucronata* findet sich dort unmittelbar unterhalb von Geländekanten und Wasser wegerodiert wird. Die feuchten Böden meist geringerer Feuchtigkeit. 38-42 auf tiefgründigeren und feuchteren Böden. Sie lassen sich auf feuchteren Böden zuordnen. Ebenso zeigen die starkgelbe Färbung der Rauhwurzblätter Übergangsstellung kommt vor.

Gruppe F von den andern Typen tiefergründiger, skelettreicher, meist

trockener Kalk- und Dolomitböden. *Gymnadenia odoratissima* stellt in bezug auf Feuchtigkeit die höchsten Ansprüche und ist deshalb an den feuchteren Girlandenbasen zu finden (Abb. 4), während die anderen Arten vor allem die offenen Bodenstellen besiedeln.

Von den Polsterseggenrasen her ist die Gruppe C z. T. noch mit hohen Stetigkeiten, wenn auch mit geringem Deckungswert, vertreten. Die neu hinzutretende Gruppe H verstärkt den Eindruck des thermophilen Charakters dieser Vegetation. In die gleiche Richtung weisen auch die Arten der Gruppe K, die schon in den andern Rasentypen eine Rolle spielten. Die Arten dieser Gruppe sind jedoch hinsichtlich der mechanischen Beanspruchung wesentlich resistenter als Arten der Gruppe H.

Die Wuchsformenzusammensetzung zeigt die dominante Stellung der Horstgräser und Zwergsträucher in dieser Vegetation. *Carex sempervirens* dominiert auf den tiefgründigen Standorten über die Horstgräser *Sesleria coerulea* und *Festuca pumila*. Hier bilden sich denn auch die typischen Girlandenformen heraus. Allerdings sind die Girlandenrücken relativ dicht besiedelt. Wie später gezeigt wird, hängt dies mit der verhältnismässig geringen Frostanfälligkeit der Dolomitböden zusammen (III, B. 4). Durch starke Verkleinerung der mechanischen Beanspruchung, eine Folge des dichten Vegetationsschlusses, werden hier neue Artengruppen konkurrenzfähig und verdrängen die Pionierarten.

Die Standorte der Ausbildung mit stachelspitziger Segge (*Carex mucronata*) sind meistens sehr flachgründig. Weil diese Gesellschaft Gräbe und Geländekanten besiedelt, leidet sie besonders stark unter der Windwirkung. Die winterliche Schneedecke wird durch sie weggeweht, Feinerde aberodiert und der Boden besonders stark der Kälteeinwirkung und der Austrocknung ausgesetzt.

Die Arten der Gruppe F sind in ihr am stetigsten vorhanden. Allerdings ist die mehr feuchtigkeitsliebende *Gymnadenia odoratissima* sehr schwach vertreten. *Bellidiastrum michelii*, *Soldanella alpina* und *Campanulascheuchzerifliehen* ebenfalls die grosse Trockenheit des Standortes. *Carex sempervirens* und *Carduus defloratus*, welche wegen ihres ausgedehnten Wurzelwerks tiefgründigeren Boden benötigen, sind kaum vorhanden. *Thymus serpyllum* fehlt hier aus mikroklimatischen Gründen.

Wegen der Flachgründigkeit des Bodens und der starken Austrocknung dieser Rasen kommt es kaum zur Ausbildung von Girlanden, so dass das Vegetationsmuster ein Bild zufällig verteilter Kleinstandorte mit z. T. recht viel offenen Bodenflächen ergibt.

Die soziologische Zuordnung zur Subassoziation *caricetosum mucronatae* (FURRER 1914), BRAUN-BLANQUET 1926 des *Caricetum firmae* ist bei vorherrschender *Carex mucronata* eindeutig. In den Aufnahmen 31 und 32 aber ist *Carex humilis* dominierendes Horstgras. Diese Rasen liegen in geschützteren Hanglagen in Südexposition auf flachgründigen Böden, so dass die hier eigentlich zu erwartende *Carex sempervirens* nur schlecht gedeiht. *Erica carnea* und *Polygala chamaebuxus* weisen auf die Wärme und relative Trockenheit des Standortes hin. In dieser Artenzusammensetzung konnte dieser Rasen der Subassoziation *Seslerieto-semperviretum caricetosum humilis* angehören. Die Übergänge zwischen diesen Gesellschaften sind offenbar gleitend. Die meisten Arten verhalten sich innerhalb dieser Gruppen gleich, so dass eine Zusammenfassung dieser auf flachgründigen, trockenen Standorten vorkommenden Rasen gerechtfertigt scheint.

In der typischen und in der artenärmeren Ausbildung dieser Rasen dominiert *Carex sempervirens*. Letztere unterscheidet sich von der typischen Ausbildung durch das beinahe völlige Fehlen der Artengruppe C₂ (inklusive *Carex firma*) und D. Damit gleicht sich dieser Typ bereits den nachfolgenden Horstseggenrasen an. Die oben erwähnte pedologische Übergangssituation findet damit eine floristische Entsprechung.

Die **soziologische** Zuordnung zu den Braun-Blanquetschen Assoziationen ist hier sehr schwierig. Einerseits sind die *Caricetum-firmae*-Charakterarten *Saxifraga caesia* und *Crepis jacquini* mit hoher Stetigkeit vorhanden.

Carex firma selbst tritt aber nur in geringen Mengen auf und hat im Unterschied zu den typischen Firmeten keine vegetationsphysiognomische Bedeutung. Andererseits kommt *Leontopodium alpinum*, eine Charakterart des *Seslerieto-semperviretums*, mit hoher Stetigkeit vor. Eine Zuordnung auf Grund der Charakterarten ist hier also nicht möglich.

Wegen der vorherrschenden Horstseggen und Horstgräser lassen sich diese Gesellschaften dem *Seslerieto-semperviretum* zuordnen. Somit wird dieses hier nicht durch Charakterarten bestimmt, sondern mittels der Dominanten, die einen ganz spezifischen Rasenhabitus erzeugen. *Erica carnea* ist in den meisten Fällen sehr stark vertreten, und auch *Carex humilis* erreicht einige Male recht hohe Artmächtigkeiten, ohne aber dominant zu werden. So zeigt dieser Rasentypus enge Beziehungen zur Subassoziation *Caricetosum humilis* BR.-BL. 1926 des *Seslerieto-semperviretums*. In tieferen Lagen ist diese Subassoziation aber reiner, d. h. mit stark vorherrschender *Carex humilis* und nur seltener *Carex sempervirens*, verwirklicht.

4. Bergspitzkiel-Gipskraut-Horstseggenrasen (*Oxytropis montana* – *Gypsophila repens* – *Carex sempervirens*)

Diese und die nachfolgenden Gesellschaften zeichnen sich durch ihre besondern pedologischen Verhältnisse aus. Sie kommen auf den mergelartig verwitternden, gelben Rauhwaackenböden vor. Diese sind tiefgründiger und feinmaterialreicher als die dunklen Dolomitböden. Im frisch verwitterten Zustand ist die Gelbfärbung, dank einem hohen Anteil an Eisenhydroxiden, am intensivsten¹. Bei guter Durchfeuchtung quellen diese kolloidartig auf, so dass die Böden eine plastische Konsistenz aufweisen. Sommerliche und herbstliche Trockenperioden lassen die Kolloide austrocknen und verursachen eine starke Verkittung der Bodenaggregate. Dadurch werden vor allem die obersten Bodenhorizonte zu steinhart verbackenen Flächen, auf denen im Steilhang der Fuss kaum noch Halt findet.

Diese Verhärtung der obern Bodenhorizonte wird bei fortschreitendem Bewuchs immer geringer. Das kann mit der stärkern Auswaschung der Kolloide zusammenhängen, die besonders auch durch die Bildung von Huminsäuren erleichtert wird.

Die starken pedologischen Verschiedenheiten finden ihren Ausdruck in einer unterschiedlichen floristischen Zusammensetzung der Vegetation. Die dem *Firmetum* nahestehenden Arten der Gruppen C und D können sich auf diesen Böden kaum ansiedeln, fehlen also oder sind nur in geringer Stetigkeit, Artmächtigkeit und meist reduzierter Vitalität vorhanden.

Die Arten der Gruppe E erscheinen mit vorwiegend hohen Stetigkeitswerten und in bester Vitalität. Insbesondere spielen *Gypsophila repens*, *Saxifraga aizoides* und *Leontodon hispidus* hier eine führende Rolle auf den offenen Bodenflächen der Girlandentrücken oder als **Initialbesiedler**. Ebenfalls fehlen hier die Besiedler flachgründiger Böden aus der Gruppe F.

Als Differentialarten erscheinen, allerdings nur in den am besten entwickelten Rasen, die Arten der Gruppe G. *Oxytropis montana*, als Besiedler der offenen Bodenflächen, breitet sich dabei am weitesten gegen die initialen Gesellschaften hin aus. Interessant

¹ Der Fe-Gehalt ist stellenweise so hoch, dass dieses Erz im 16. und 17. Jahrhundert (z. B. im Val Botsch) abgebaut wurde.

anquetschen Assoziationen ist *Saxifraga* *mae*-Charakterarten *Saxifraga* *mae*.

auf und hat im Unterschied zu *Saxifraga* *mae* eine besondere Bedeutung. Andererseits *Seslerieto-semperviretums*, mit *Saxifraga* *mae*-Charakterarten ist hier also nicht

gräser lassen sich diese Gesellschaften hier nicht durch *Saxifraga* *mae* erklären, die einen ganz spezifischen Charakter haben, die in allen Fällen sehr stark vertreten, und die in allen Gesellschaften, ohne aber dominierende Beziehungen zur Subassoziation *Seslerieto-semperviretums*. In tieferen Lagen ist *Saxifraga* *mae* durch *Carex humilis* und nur

Saxifraga *mae* (s. S. 88)

sich durch ihre **besonders** pedogenetisch verwitternden, gelben, tonreichen, materialreicher als die dunklen, tonreichen Böden, dank einem hohen Wassergehalt, Durchfeuchtung quellen diese Böden auf. Sommerliche Trockenheit aufweisen. Sommerliche Trockenheit und verursachen eine Verwitterung vor allem die obersten Boden- und im Steilhang der Fuss kaum

bei fortschreitendem Bewuchs *Saxifraga* *mae* der Kolloide **zusammenhängen** erleichtert wird.

ihren Ausdruck in einer unteren *Saxifraga* *mae*. Die dem *Firmetum* nahe diesen Böden kaum ansiedeln, *Saxifraga* *mae* **Feuchtigkeit** und meist reduzierter

ihren Stetigkeitswerten und in *Saxifraga* *aizoides* und *Leontopodium* *alpinum* Bodenflächen der Girlanden- *Saxifraga* *mae* flachgründiger Böden

am besten entwickelten Rasen, *Saxifraga* *mae* der offenen Bodenflächen, *Saxifraga* *mae* **Gesellschaften** hin aus. Interessant

16. und 17. Jahrhundert (z. B. im

ist, dass auf den beschriebenen gegensätzlichen Standorten *Oxytropis montana* und *Leontopodium alpinum* sich ausschliessen, obwohl beide als Charakterarten des *Seslerieto-semperviretums* gelten. LÜDI weist in einer bei ELLENBERG (1963) wiedergegebenen mündlichen Bemerkung auf dieses unterschiedliche Verhalten hin, wonach *Oxytropis* vorwiegend Schutthaldenbesiedler sein soll. Dies stimmt mit meinen Beobachtungen insofern überein, als diese Art innerhalb der Rasen viel **häufiger** die offenen Stellen **besiedelt**. Im völlig offenen Boden der **Initialstadien** habe ich sie allerdings nie angetroffen.

Auffällig ist ebenfalls das beinahe völlige Fehlen des Rohbodenbesiedlers *Saxifraga caesia*¹, der auf **vergleichbaren** Standorten der **Dolomitböden** mit **grosser Regelmässigkeit** auftritt, während *Gypsophila* dort meistens **fehlt**. Etwas weniger deutlich tritt dieser Unterschied zwischen *Leontodon hispidus* und *Crepis jacquini* hervor. Bei **Berücksichtigung** der Kleinarten des Löwenzahns würden diese Unterschiede vielleicht **schärfer** zutage treten.

Da weder in Hanglage, Steilheit, Höhenlage noch in der Exposition prinzipielle Unterschiede zu den Rasen auf Dolomitböden vorhanden sind, lassen sich diese floristischen Unterschiede auf die verschiedenen pedologischen Verhältnisse **zurückführen**. Die chemischen Verhältnisse sind hinsichtlich pH und Karbonatgehalt ähnlich, so dass vor allem die strukturellen Verschiedenheiten der Korngrössenzusammensetzung als **Erklärung** dafür verantwortlich sind. In welcher Weise sich diese Unterschiede auf die Arten auswirken, lässt sich allerdings nur vermuten. Wahrscheinlich spielen die **unterschiedliche Bodendurchlüftung** und, damit zusammenhängend, die mikrobielle **Aktivität**, verschiedenartiger **Wasserhaushalt** und verschiedene Bodenerwärmung eine Rolle.

Soziologische Zuordnung

Wie die Edelweiss-Erika-Horsteecken-Rasen werden auch diese durch *Carex sempervirens* beherrscht. Damit gehören auch sie zu dem *Seslerieto-semperviretum*².

Die beiden Ausbildungen unterscheiden sich vor allem durch die Arten der Gruppe K. Die **Erica-reiche** Ausbildung weist floristisch die **grösste Ähnlichkeit** mit den **Gesellschaften** auf Dolomitböden auf. Sie zeigt die **gleiche Rasengirlandenstruktur**. Diese sind aber, dem höheren **Feinmaterialgehalt** entsprechend, in längere, **hangabwärts liegende Zungen** ausgezogen.

Die **Übergangsgesellschaften** erreichen eine gewisse habituelle und floristische **Übereinstimmung** durch das weitgehende Fehlen **verholzter** Arten. Unbefriedigend ist diese Zusammenfassung aber in den Gruppen I und L. In L ist es die starke Abnahme der Bedeutung von *Carex sempervirens* nach **Aufnahme 52**. Diese Unterschiede **würden** eine Abtrennung der Aufnahmen 50–52 ermöglichen. **Ausserdem** gehören diese drei durch einen relativ guten **Vegetationsschluss** und **grössern** Artenreichtum zusammen.

Aufnahme 50 ist wegen ihrer geringen **Hangneigung** am besten geschlossen. Das **bereits** starke Vorkommen von *Elyna myosuroides* weist aber auf die beginnende **Versauerung** dieses länger schneebedeckten, gutentwickelten **Rasens** hin. Aufnahme 51, am Fusse eines Steilhanges gelegen, **geniesst** ebenfalls den Schutz längerer Schneebedeckung. Die grössere Feuchtigkeit des Standortes drückt sich durch die neu hinzutretenden Arten *Carex ferruginea*, *Phaca frigida* und *Hedysarum hedysaroides* aus. Während die Entwicklung zum *Elynetum* bei 50 eine Folge der ungestörten Gesellschaftsentwicklung ist, beruht der Übergangscharakter vom *Seslerieto-semperviretum* zum *Caricetum ferrugineae* bei Aufnahme 51 auf der grössern Feuchtigkeit.

¹ ZOLLER 1964: *Sax. caesia* selten im *Seslerieto-semperviretum caricetosum humilis*, spärlich auf tiefgründig verwitternden Sedimenten.

² Ausserdem fehlen die Charakterarten des *Firmetums* hier völlig.

Bei den nachfolgenden Rasen wird die Bedeutung der **Pionierarten** immer grösser. So nehmen die nachfolgenden Aufnahmen eine **Übergangstellung** zu den **Pionierstadien** auf **Rauhwackenböden** ein.

5. Gipskraut-Schwingelrasen-Pionierstadien (*Gypsophila repens* – *Festuca pumila*)

Diese Pionierrasengesellschaft auf Rauhwacken und Gipsböden entspricht den Löwenzahn-Erika-Horstseggenrasen auf Dolomithböden. Ihre Ausbildung entspricht vergleichbaren edaphischen Zuständen der gleichwertigen Dolomitvegetation. Sie weist deshalb auch denselben Pioniercharakter wie die Aufnahmen 20–23 auf. Die infolge der verschiedenen Ausgangsmaterialien unterschiedlichen pedologischen Verhältnisse wirken sich auch hier in der bereits beschriebenen Weise aus.



Abb. 1.

Gipskraut-Schwingelrasenvegetation auf einer ehemaligen Abrutschfläche. Sobald der Hang sich etwas stabilisiert hat, erfolgt eine Neubesiedlung mit initialer Vegetation (vorwiegend aus Pionierstauden).

Die verschiedenen Aspekte (vgl. Wuchsformenspektren), die sich durch die Dominanten ergeben, stimmen nicht völlig mit den durch die floristische Analyse gewonnenen Begrenzungen überein. Diese Divergenzen beruhen darauf, dass die Bodenunterschiede sich nicht an dieselben Grenzen halten, die durch die floristische Zusammensetzung gezogen werden.

Das häufige Auftreten von *Dryas octopetala* in den Aufnahmen 64–70 ist auf die Gipsböden beschränkt. Mit den Rauhwackenböden haben diese einen hohen Feinmaterialgehalt und relativ geringen Skelettanteil gemeinsam. Das Skelett der reinen Gipsböden ist zudem kaum widerstandsfähig gegen Pflanzenwurzeln. Sogar anstehender Gips wird in seinen zahlreichen Spalten sehr häufig von tiefwurzelnden Arten wie *Gypsophila repens*, *Saxifraga oppositifolia* und *Sesleria coerulea* besiedelt, wobei sich deren Wurzelsysteme oft über einen Meter weit in den anstehenden Gips hinein verfolgen lassen.

Im Unterschied zu den Rauhwacken und auch zu Dolomithböden ist das Feinmaterial der Gipsböden ausserordentlich locker gelagert. Eine Verkittung der Bodenaggregate durch Fe-Hydroxide fehlt hier. Damit findet auch keine starke Verhärtung der oberen Bodenhorizonte bei Austrocknung statt. Auf diesen mobilen Standorten sind nur sehr weitreichend bewurzelte Arten wie *Dryas octopetala*, *Sesleria coerulea*, *Festuca pumila* und die Pionierarten der Gruppe E erfolgreich.

der Pionierarten immer grösser, was zur Stellung zu den Pionierstadien

und Gipsböden entspricht den ... Ihre Ausbildung entspricht ... Dolomitvegetation. Sie weist ... 20-23 auf. Die infolge der ... pedologischen Verhältnisse wir- ... aus.



Abb. 1.

Gipskraut-Schwingelrasen-vegetation auf einer ehemaligen Abrutschfläche. Sobald der Hang sich etwas stabilisiert hat, erfolgt eine Neubesiedlung mit initialer Vegetation (vorwiegend aus Pionierstauden).

ten), die sich durch die Domi- ... floristische Analyse gewonne- ... darauf, dass die Bodenunter- ... durch die floristische Zusammen-

Aufnahmen 64-70 ist auf die Gips- ... diese einen hohen Feinmaterial- ... das Skelett der reinen Gipsböden ... In. Sogar anstehender Gips wird ... einzelnen Arten wie *Gypsophila* ... siedelt, wobei sich deren Wurzel- ... Gips hinein verfolgen lassen.

Dolomitböden ist das Feinmaterial ... Verkittung der Bodenaggregate ... eine starke Verhärtung der obern ... mobilen Standorten sind nur sehr ... *Sesleria coerolea*, *Festuca pumila*

Auf den **Rauhwackenböden** lassen sich vor allem die durch *Festuca pumila* und *Sesleria coerulea* gebildete Kleingirlandenvegetation und die zufällig verteilte **Pioniervegetation** auf den steilsten **Rauhwackenhängen** unterscheiden. In der ersterwähnten, der **typischen** Ausbildung, sind die Horstgräser neben den Pionierarten noch von **Vertretern** wärmeliebender Arten wie *Thyinus serpyllum*, *Carduus defloratus* und *Helianthemum alpestre* begleitet. Die zarte *Euphrasia salisburgensis*, die sonst massenhaft **offenen** Boden besiedelt, fehlt hier wahrscheinlich wegen der starken mechanischen **Beanspruchung** der Wurzeln in den ~stabilen **oberen Bodenhorizonten**. Eigenartig **karg und blütenlos** tritt hier die **Silberwurz** auf. Das hängt möglicherweise mit den **temporären** Verhärtungen der **oberen Bodenhorizonte** zusammen, wie aus ihrem optimalen **Vorkommen** auf wahrscheinlich besser durchlüfteten Böden mit weniger Feinmaterial **hervorgeht**. (Ob sich diese Verhältnisse auf die ektotrophe Mykorrhiza von *Dryas* auswirken, lässt sich auf Grund der vorliegenden Beobachtungen allerdings nur vermuten.)

Die **Aufnahmen** der artenarmen **Ausbildung** sind einerseits durch die *Dryas*-Stadien auf Gips und andererseits durch eine aus Pionierarten bestehende **Initial-Vegetation** auf **Rauhwacken** gekennzeichnet. In den frühesten Initialstadien der letzten **fünf** Aufnahmen der Tabelle können sich nicht einmal mehr die Horstgräser halten, so **dass** die Vegetation sich hier auf die edaphischen Standortsspezialisten beschränkt.

Wenn auch die Vegetation in ihrer Zusammensetzung keineswegs eigenständig ist, **so** stellt sie **doch** den Ausdruck dieser extremen **ökologischen** Verhältnisse dar und darf meines Erachtens als Gesellschaft bezeichnet werden. Für die Pionierstadien gilt hier das, was weiter oben bei der entsprechenden **Dolomitbodenvegetation** gesagt wurde.

Soziologische Zuordnung

Das *Festuca*-reiche Stadium scheint mit der **Subassoziation** *festucetosum pumilae* BR.-BL. 1926, welche durch *F. pumila* und *Silene acaulis* als Differentialarten abgetrennt wird, auch aus Standortgründen nicht übereinzustimmen. Es hat wahrscheinlich den Rang einer *Festuca*-Fazies des *Seslerieto-semperviretum*. Den gleichen Rang nimmt wohl die *Dryas*-Ausbildung auf Gips ein. Allerdings würde die Entwicklung hier nicht **zum Firmetum**, sondern zum *Seslerieto-semperviretum* oder *Elynetum* mit vorherrschenden *Festuca pumila* und *Dryas octopetala* und einer ziemlich artenreichen Begleitflora führen. Dies lässt sich an einigen Beispielen auf Alp Prasüra am Umbrailpass schön beobachten, **wo** *Carex sempervirens* und auch *Elyna myosuroides* nur selten und in geringer Mächtigkeit vorkommen, während *Carex firma* völlig fehlt. Mit hoher Stetigkeit sind *Carex capillaris*, *Oxytropis campestris*, *Gentiana ciliata* und die Arten der Gruppen E und M vertreten. Eigenartig ist in diesen Folgestadien das häufige Auftreten von **Wechsel-**feuchtigkeitszeigern wie *Agrostis alba*, *Carex flacca*, *Parnassia pnlustris*, *Pinguicula cf. alpina* und *Tofieldia nlyculnta*.

C. Vegetationstabellen

1. Stetigkeit und mittlere Artmächtigkeit

Diese Tabelle wurde auf Grund der nachfolgenden ausführlichen Vegetationstabelle **errechnet**. Sie gibt einen **kurzgefassten** Überblick über die unterschiedlichen Gesellschaften. Dabei wurden **bei** einer Aufnahmezahl von mehr als 5 für die Stetigkeit römische Ziffern **benützt**. Ihre Bedeutung ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Stetigkeit	Zahl der Aufnahmen						
	5	6	7	8	9	1	0
I	1	1	1	1	1	1	2
II	2	2	2	2-3	2-3	3-4	4
III	3	3	3	4	4-5	5-6	6
IV	4	4	4-5	5-6	6-7	7-8	8
V	5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10

Häufigkeit des Vorkommens einer Art **innerhalb** der **zusammengefassten** Aufnahmen.

Bei Gesellschaften mit weniger als 5 Aufnahmen wurden die absoluten Stetigkeiten durch arabische Ziffern ausgedrückt.

Die gemittelten Artmächtigkeiten schienen in diesen floristisch sehr ähnlichen Gesellschaften besonders wichtig, um die Unterschiede schärfer hervortreten zu lassen. Sie wurden mittels des Umrechnungsverfahrens von TÜXEN und ELLENBERG (1937) aus den Schätzungswerten der BRAUN-BLANQUETSCHEN Artmächtigkeiten berechnet. Da aber diese Skala nicht kontinuierlich ist, geben diese «Mittelwerte» nur die Grössenordnungen richtig wieder, in denen sich die Deckungswerte der einzelnen Arten einer Gesellschaft bewegen¹. Werte kleiner als 0,1 wurden mit r (rar) bezeichnet.

Diese Tabelle lässt sich noch weiter zu einem eigentlichen Bestimmungsschlüssel komprimieren. (Dieser könnte als Schlüssel für eine Rasenkartierung gebraucht werden.)

	Artengruppen	Artengruppen						
		A	B	C	D	E	F	G
Netzweiden-Polsterseggenrasen	A. mit s. Scharfgarbe Typische Ausbildung	A	B	C				
							i	M
							i	M
Löwenzahn-Erika-Horstseggenrasen	Pionierstadien Verarmte Ausbildung Typische Ausbildung					E		m
						E	k	M
			C ¹	d		E	I	K L M
Edelweiss-Erika-Horstseggenrasen	A. m. St. sp. Segge Typische Ausbildung Verarmte Ausbildung				C d	F	H i	K M
					C D	f	H i	K L M
					C ²	F		
Bergspitzkiel-Gipskraut-Horstseggenrasen	Erikareiche Ausbildung Übergangstypen						Eg .Gh I	K L M
							Eg .Gh I	L M
Gipskraut-Schwingelrasen	Typische Ausbildung Verarmte Ausbildung Gipskraut-Fetthennen- Steinbrech-Pionierstadien					Eg	g	L M
						Eg		i M
						Eg		

Charakterisierung der Artengruppen und ihrer Standorte

- Nach Angaben von ZOLLER (1964), OBERDORFER (1962) und eigenen Beobachtungen.
A: Auf frischen, feinerdereichen, ruhenden Böden mit längerer Schneebedeckung.
B: Auf frischen Feinschuttböden. Besiedler der offenen Bodenflächen.

¹ Die aus den oben angeführten Gründen zu genauen Zahlenangaben wurden mit Rücksicht auf die kleinen Werte v. a. zwischen 0,1 und 1,0 beibehalten.

9 10
 1 1-2
 2-3 3-4
 4-5 5-6
 6-7 7-8
 8-9 9-10
 ns einer Art innerhalb der
 hmen.
 rden die absoluten Stetigkeiten
 oristisch sehr ähnlichen Gesell-
 fer hervortreten zu lassen. Sie
 EN und ELLENBERG (1937) aus
 Artmächtigkeiten berechnet. Da
 «Mittelwerte» nur die Grössen-
 erte der einzelnen Arten einer
 t r (rar) bezeichnet.
 icken Bestimmungsschlüs-
 ne Rasenkartierung gebraucht

ruppen					
C	i				M
Cd	i				M
					m
			k		M
C ¹ d		I	K	L	M
					M
C d		H	i		M
C D		H	i	K	L M
C ²					
Eg	.G	h	I	K	L M
Eg	.G	h	I		L M
					L M
					I M

2) und eigenen Beobachtungen.
 mit längerer Schneebedeckung
 en Bodenflächen.
 enangaben wurden mit Rücksicht

- C: Auf frischen bis trockenen Böden grobkörniger Zusammensetzung. Besiedler vorwiegend offener Bodenflächen.
- D: Auf frischen bis feuchten Feinschuttböden.
- E: Arten auf wechselfeuchten, stark geneigten und stark erosionsbeanspruchten Abwitterungshalden.
- Eg: (mit *Gypsophila repens* und häufiger *Saxifraga aizoides*) nur auf tiefgründig verwitterten Standorten.
 Ausgesprochene Pionierarten mit starker Verwurzelung und guter mechanischer Resistenz der oberirdischen Organe.
- F: Besiedler flachgründiger, ± trockener, skelettreicher Böden.
- G: Thermophile Besiedler tiefgründig verwitterter, ± trockener Feinschuttböden.
- H: Thermophile Arten auf flach- und tiefgründigen, ± trockenen Böden. Meistens in engem Verband mit der übrigen Vegetation wachsend.
- I: Auf frischen (bis trockenen) tiefgründigen Feinschuttböden in geschlossenen Rasen.
- K: Auf stark austrocknenden, flach- oder tiefgründigen Feinschuttböden.
- L: Vorwiegend auf trockenen, tiefgründigen Feinschuttböden.
- M: Arten vorwiegend offener Standorte mit grosser ökologischer Amplitude hinsichtlich Korngrössenzusammensetzung und Wasserhaushalt.

Da das pH dieser Vegetation in allen Fällen etwas über dem Neutralpunkt liegt und der Kohlenstoffgehalt überall sehr hoch ist, wurden diese Faktoren nicht berücksichtigt.

2. Vegetation und Standortsfaktoren

Diese Tabelle enthält die ausführliche Darstellung der berücksichtigten Aufnahmen. Arten, die weniger als viermal vorkommen, wurden alphabetisch geordnet, mit der Angabe von Aufnahme und Artmächtigkeit separat aufgeführt, um die Tabelle nicht zu lang werden zu lassen.

Die Angaben für die Höhenlage sind dem Blatt Nr. 259 Ofenpass (1:50 000) der Landeskarte der Schweiz entnommen worden, Exposition und Hangneigung wurden mit dem Geologenkompass bestimmt. In der Kreisdarstellung ist dabei Norden oben gedacht. Die Neigung wurde zweifach überhöht gezeichnet.

Bei der Angabe der Bodentypen wurden nur zwei Signaturen verwendet, um die Bedeutung der verschiedenen Körnung für die Vegetation hervortreten zu lassen. Für feinere Unterscheidungen sei auf den Text verwiesen.

Die Art und Weise der Vegetationsverteilung wurde mittels vier nur schwer gegeneinander abgrenzbarer Strukturtypen dargestellt. Die Grossgirlanden stellen dabei die typischen Formen in ihrer besten Entwicklung dar. Unter diese wurden auch die Abbaugirlanden mit ihren extrem weit ausgezogenen, vegetationslosen Rückenflächen und die *Carex-firma*-Wülste eingereiht. Kleingirlanden sind wenig entwickelte Stadien, die z.T. erst schwache Girlandenausformung aufweisen. Zu den geschlossenen Rasen wurden auch Vegetationskomplexe gezählt, die aus edaphischen Gründen grössere Flächen nicht völlig zu decken vermögen, sofern sie nicht irgendeinen ganz bestimmten Strukturtyp aufwiesen. (Einzelhorstvegetation wurde im Text mehrmals erwähnt.)

Die Gruppen der Wuchsformenspektren entsprechen teilweise den RAUNKIAERSCHEN Lebensformen. Die Abweichungen bei der Zusammenfassung ergaben sich durch die funktionelle Betrachtung der mechanischen Resistenz der Arten in dieser Vegetation.

Die Berechnung erfolgte wiederum nach der erwähnten Umrechnung der Artmächtigkeit in Prozentzahlen. Die Summe sämtlicher «Artprozente» einer Aufnahme wurde gleich 100 gesetzt und auf dieser Basis die relativen Artmächtigkeiten der ein-

zelen Gruppen berechnet. Dieses Spektrum ist also mit den Schätzungen der gesamten Vegetationsdeckung immer wieder zu vergleichen.

Ausser den in der Tabelle aufgeführten Arten kommen noch mit geringer Stetigkeit vor:

	<i>Antennaria dioeca</i> GÄRTN.	33	+	50	+		
	<i>Arabis corymbiflora</i> VEST	45	r	50	+		
	<i>Arabis coerulea</i> ALL.	1	+	4	r	21	r
	<i>Calamagrostis varia</i> HOST	35	+				
	<i>Carex capillaris</i> L.	13	r	33	+		
	<i>Carex ferruginea</i> scop.	51	l				
	<i>Coeloglossum viride</i> HARTM.	32	r				
	<i>Crepis alpestris</i> TAUSCH	12	+	40	r		
	<i>Crepis aurea</i> CASS.	50	+				
	<i>Elyna myosuroides</i> FRITSCH	30	r	50	2		
	<i>Euphrasia ininima</i> JACQ.	50	+				
	<i>Festuca violacea</i> GAUD.	33	+				
	<i>Gentiana ciliata</i> L.	62	r				
	<i>Gentiana lutea</i> L.	51	+				
	<i>Gentiana tenella</i> ROTTB.	1	r				
	<i>Globularia nudicaulis</i> L.	24	+	27	+	41	+
	<i>Gnaphalium hoppeanum</i> KOEN	5	r	21	r		
	<i>Gnaphalium supinum</i> L.	1	+				
	<i>Hedysarum hedysaroides</i> SCH. et Th.	51	+				
	<i>Hieracium bupleuroides</i> GMEL.	54	r				
	<i>Hieracium murorum</i> L.	51	+				
	<i>Hieracium piliferum</i> HOPPE em. HAYEK	37	+	44	r	54	+
Pi	<i>Hieracium staticifolium</i> ALL.	15	+	17	+		
	<i>Hieracium villosum</i> JACQ.	42	+				
	<i>Hieracium morisianum</i> RCHB.	24	+	34	+		
	<i>Hieracium spec.</i>	16	+	49	+		
	<i>Larix decidua</i> MILL.	51	r				
	<i>Leontodon montanus</i> LAM.	22	+				
	<i>Linum catharticum</i> L.	54	r				
	<i>Lotus corniculatus</i> L.	50	+				
	<i>Myosotis alpestris</i> F. W. SCHMIDT	30	r	50	1		
	<i>Phaca frigida</i> L.	51	+				
	<i>Phleum hirsutum</i> HONCK.	51	+				
	<i>Potentilla crantzii</i> BECK	50	+				
	<i>Pulsatilla alpina</i> SCHRANK	33	+				
	<i>Pyrola rotundifolia</i> L.	25	r	51	+		
	<i>Pyrola secunda</i> L.	13	r				
	<i>Ranunculus parnassifolius</i> L.	21	r				
	<i>Rhinanthus angustifolius</i> ssp. <i>lanceolatus</i> BRIQ. et CAV.	54	+	65	r		
	<i>Rhododendron hirsutum</i> L.	3	+	25	+	34	+
S	<i>Salix herbacea</i> L.	1	2-3	4	1		
	<i>Saussurea alpina</i> DC.	51	+				
	<i>Saxifraga androsacea</i> L.	1	+				
	<i>Saxifraga aizoon</i> JACQ.	7	+	51	+	60	r
	<i>Saxifraga moschata</i> ssp. <i>linifolia</i> BR.-BL.	12	r				
	<i>Saxifraga oppositifolia</i> L.	4	+				
	<i>Saxifraga stellaris</i> L.	1	+				
	<i>Scabiosa lucida</i> VILL.	50	+	51	+	52	+
	<i>Sempervivum tectorum</i> L.	50	+				
	<i>Senecio abrotanifolius</i> L.	33	+	50	+		
	<i>Thalictrum alpinum</i> L.	5	1-2				
	<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	10	+	13	r		

II. DIE VEGETATIONSANORDNUNG IN DEN STRUKTURRASEN

den Schätzungen der gesamten
noch mit geringer Stetigkeit vor;

33	+	50	+		
45	r	50	+		
1	+	4	r	21	r
35	+				
13	r	33	+		
51	l				
32	r				
12	+	40	r		
50	+				
30	r	50	2		
50	+				
33	+				
62	r				
51	+				
1	r				
24	+	27	+	41	+
5	r	21	r		
1	+				
51	+				
54	r				
51	+				
37	+	44	r	54	+
15	+	17	+		
42	+				
24	+	34	+		
16	+	49	+		
51	r				
22	+				
54	r				
50	+				
30	r	50	1		
51	+				
51	+				
50	+				
33	+				
25	r	51	+		
13	r				
21	r				
54	+	65	r		
3	+	25	+	34	+
1	2-3	4	l		
51	+				
1	+				
7	+	51	+	60	r
12	r				
4	+				
1	+				
50	+	51	+	52	+
50	+				
33	+	50	+		
5	1-2				
10	+	13	r		

In vielen Strukturrasen erfolgt die Besiedlung durch Pflanzen erst, wenn die Wirkung der mechanischen Faktoren sich verringert hat. Die Ausgestaltung der Bodenreliefs erfolgt ohne Beeinflussung durch die Vegetation. Sehr schön ist diese Reihenfolge bei den Texturböden verwirklicht (II D). Auch die Erdströme sind wohl erst in Phasen relativer Ruhe von zusammenhängender Vegetation besiedelt worden (IIC). In diesen Fällen ist der Bewuchs an die ökologischen Verhältnisse der entstandenen Oberflächenformen angepasst.

Die Girlandenrasen verhalten sich anders. Sie verdanken ihre Entstehung einer simultanen Wirkung von geomorphologischer Aktivität und zunehmendem Pflanzenbewuchs. Es resultiert hier ein spezifisches Vegetationsbild, welches Ausdruck der gegenseitigen Beeinflussung dieser Faktoren ist.

Die nachfolgende Strukturanalyse soll die Besonderheiten der Girlandenbildungen zum Ausdruck bringen. Die andern Strukturtypen werden vor allem zu Vergleichszwecken beschrieben.

A. Girlanden

1. Die Erscheinung der Girlandenrasen

Girlandenrasen täuschen von unten betrachtet einen geschlossenen Bewuchs vor. Von oben gesehen ist diese Vegetation aber sehr lückenhaft. Im treppenartig gegliederten Hang nehmen die Pflanzen immer den steilstehenden Teil der Stufe ein, während der flache Treppenabsatz eigenartigerweise fast unbesiedelt bleibt.

Dabei überrascht die unerwartet regelmässige Gliederung in halbkreisförmige, beinahe unbewachsene Terrassenflächen. Die Halbkreise werden durch Vegetationspolster begrenzt. Ihre Endpunkte berühren sich auf Höhenlinien des Hanges. So reihen sich Halbkreisreihen übereinander, meistens um die Strecke ihrer Radien gegeneinander verschoben, mit recht eindrucksvoller Regelmässigkeit (Abb. 2-3).

In vielfachen Abwandlungen dieser geschilderten Idealform findet sich diese Anordnung der Vegetation an den vielen Talflanken des Schweizerischen Nationalparks, über der Waldgrenze bis hinauf an die Untergrenze der Dolomitklötze des Nors.

Abb. 2.

Girlandenrasen im Val Botsch. Im Vordergrund wenig ausgezogene Girlanden auf Dolomitboden, im Mittelgrund zungenförmig in der Falllinie ausgezogene Girlanden auf Ranhwacken, im Hintergrund der hinterste Talabschnitt des Val Stavelchod mit einer karartigen Mulde. Den Abschluss bilden die klotzigen norischen Dolomite.



2. Höhenzonierung und geologische Unterlage

Nach FURRER (1954, 1965) wurden die Girlanden einer ganz bestimmten **Höhenstufe**, im Nationalpark 2200–2500 m ü. M., zugeordnet. Das entspricht der untern alpinen **Stufe** mit ihren Rasen **des Seslerions**. Auf steilen Hängen der darunter anschliessenden subalpinen **Bergföhrenwälder** ist aber bis mindestens 1700 m (bei Punt la Drossa) **girlandenförmige** Ausbildung; des spärlichen Unterwuchses festzustellen. Ähnliche **Beobachtungen** machte CAMPBELL (mdl. **Mitteilung**, z. T. gemeinsame Beobachtungen während seiner **Kartierungen**). Naeh oben **finden** sich **Girlandenstrukturen** noch in den artärmsten **Firmenten** in der Höhe von 2660 m, so z. B. unmittelbar vor dem Übergang vom Val Botsch ins Val Ftur, ehe der **Steilhang** in die Sattelflächen des Passes übergeht.

Innerhalb des untersuchten Gebietes fanden sich diese Girlanden vorwiegend auf **carnischen Dolomiten**, **Rauhwacken**, **Mergeln** oder **Gips**, am Munt La Schera z. T. auf ähnlichen Sedimenten und auf **Buntsandstein**.

Dies führt zur Vermutung, dass eine wichtige Voraussetzung für die Entstehungsmöglichkeit von Girlanden leicht und feinkörnig verwitterte Muttergesteine sind.

3. Girlandenverteilung im Hang

Die grössten Girlandenflächen finden sich an den südexponierten Hängen der rechteckigen Talflanken des Val Botsch. Sie werden nach oben durch die klotzigen **Felsmassen** der norischen Dolomite abgeschlossen, die als vegetationsfeindliche Mauern über dem olivgrünen Rasen auf weichen Carn-Sedimenten abgelagert sind. Deren starke Verwitterung und leichte Erodierbarkeit führte zur Bildung stark eingeschnittener Seitentälchen in der etwa 25° steilen Talflanke, welche vom Taleinschnitt des Botschbaches auf einer Höhe von 2160 m bis an die norischen Felsen auf 2700 m reicht. Diese **Seitentälchen** führen nur **nach** der Schneeschmelze oder nach stärkeren **Regengüssen Wasser**.



Abb. 3.

Stark zungenförmig ausgezogene Girlanden auf **Rauhwacken**. Am rechten Bildrand ist die durch zunehmende Erosion – starke Reduktion der Vegetation zu sehen, am untern Bildrand geschlossener Rasen im Taleinschnitt.

er ganz bestimmten Höhenstufe, s entspricht der untern alpinen ren der darunter anschliessenden 1700 m (bei Punt la Drossa) gir- es festzustellen. Ähnliche Beob- meinsame Beobachtungen wäh- denstrukturen noch in den art- mittelbar vor dem Übergang vom flächen des Passes übergeht. diese Girlanden vorwiegend auf os, am Munt La Schera z.T. auf ussetzung für die Entstehungs- terte Muttergesteine sind.

exponierten Hängen der rechts- en durch die klotzigen Felsmas- vegetationsfeindliche Mauern über gelagert sind. Deren starke Ver- g stark eingeschnittener Seiten- Taleinschnitt des Botschbaches auf 2700 m reicht. Diese Seiten- stärkeren Regengüssen Wasser.



Die sekundären Talflanken stossen in den höhern Abschnitten in einer **gratartigen** Rippe zusammen, tiefer unten werden sie durch breitere Rücken getrennt.

Diese sekundären Flanken und die breiten Rücken sind die Standorte der Girlandenrasen. Ihre beste Entwicklung zeigen sie im Mittelteil des Abhanges. Mit zunehmender Höhe werden sie kleiner und gehen in eine unstrukturierte, kümmerliche Polsterrasenvegetation auf wenig tiefgründigem Boden über. Nach unten, gegen den Taleinschnitt, nimmt vor allem die Höhe der Stufen zu, bis sie schliesslich, wenn ein etwas flacherer Taleinschnitt vorliegt, zu einem relativ geschlossenen Rasen verschmelzen, der meist mit Gesteinstrümmern übersät ist (Abb. 3).

Bei sehr aktiven Taleinschnitten tieft das Wasser die Erosionsbasis dauernd ein. Dadurch werden die Flanken instabil und gleiten als kleine Erdrutsche paketweise ab. Die untersten Teile werden auf diese Weise vegetationslos, und das Feinmaterial **wird** häufig bis auf den anstehenden Fels völlig in die Tiefe geschwemmt. Wie die Vegetation dabei zerstört wird, wurde in der Vegetationsbeschreibung geschildert (Kap. IB 2).

4. Vegetationsanordnung und Bodenprofil

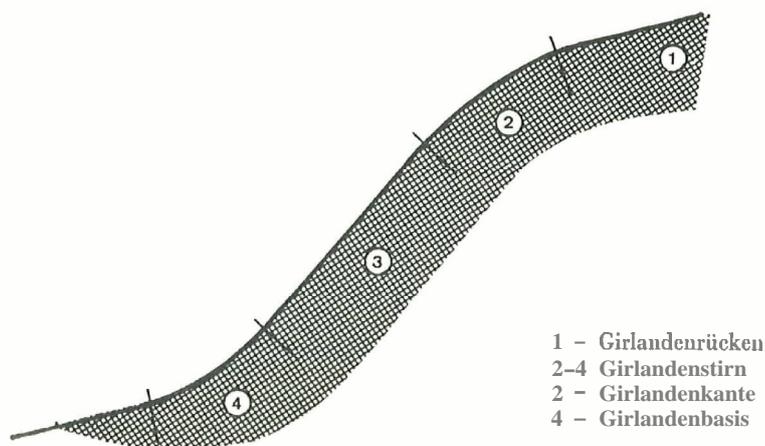
a) Grossgirlanden

a) Vegetationsanordnung

Die Struktur der Grossgirlanden ist von **FURRER** im Nationalpark 1954 und von **HÖLLERMANN** im angrenzenden **Ortlergebiet** 1964 vom geomorphologischen Standpunkt aus erfasst worden. **FURRER** hat sich in einer **vorläufig** orientierenden Form mit der Vegetation dieser Girlanden befasst. Er stellt fest, dass deutliche Unterschiede zwischen dichtem Bewuchs des talseitigen Randes **und** der schwach besiedelten **Girlandenrücken** bestehen.

Der Längsschnitt einer Grossgirlande zeigt am häufigsten ein S-kurvenartiges Bild. Dabei können nach **FURRER** (1954) und **WILSON** (1952) folgende Teile unterschieden werden:

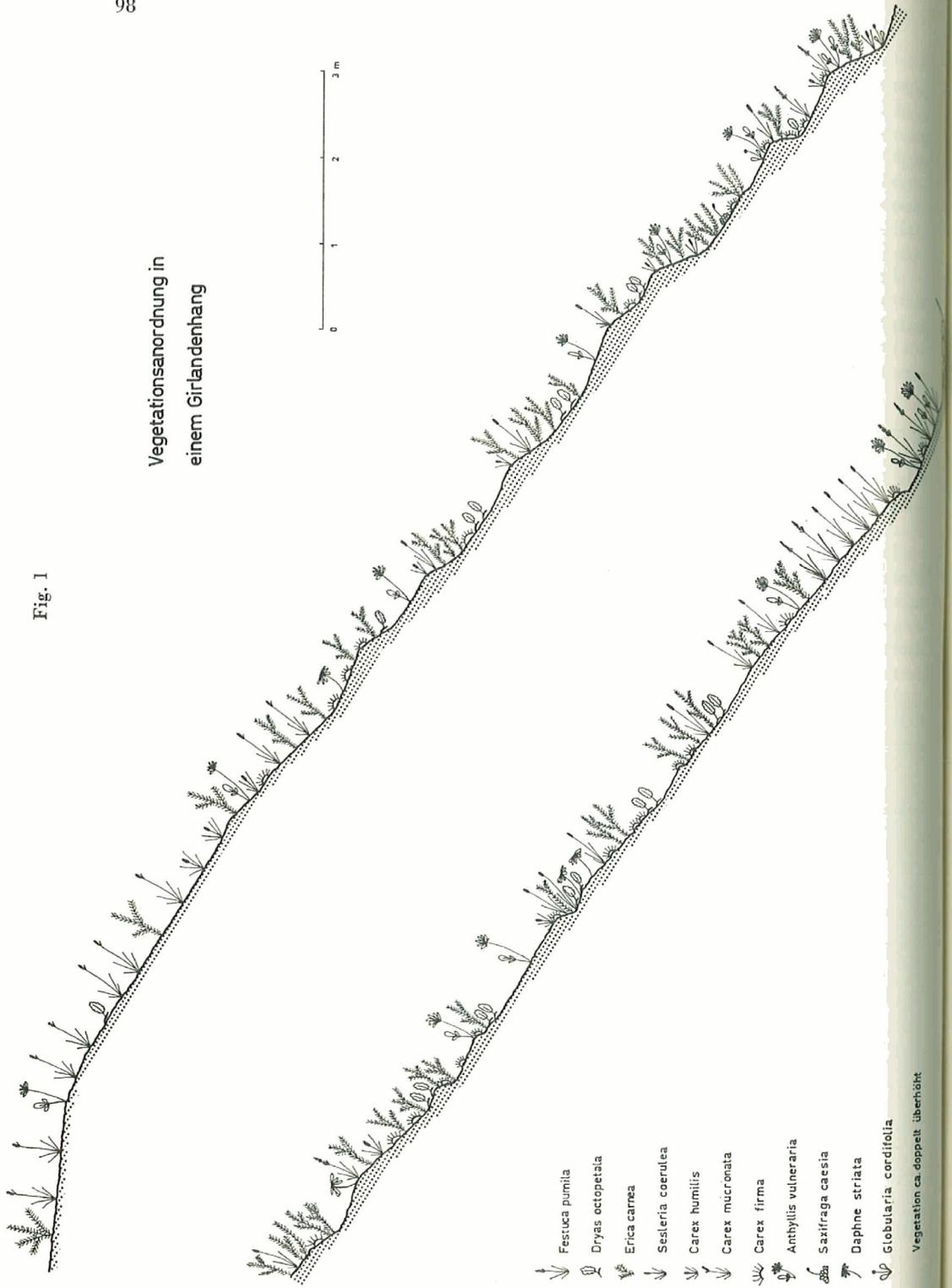
Schematisches Girlandenprofil



- 1 - Girlandenrücken
- 2-4 Girlandenstirn
- 2 - Girlandenkante
- 4 - Girlandenbasis

Fig. 1

Vegetationsanordnung in einem Girlandenhang



- Festuca pumila
- Dryas octopetala
- Erica carnea
- Sesleria coerulea
- Carex humilis
- Carex micronata
- Carex firma
- Anthyllus vulneraria
- Saxifraga caesia
- Daphne striata
- Globularia cordifolia

Vegetation ca. doppelt überhöht

Die
gebil
gräse
carne
basis
hohe
Die
einer
weita
zweit
sche
Hang
Die
ter ab
Wass
bende
und a
steck
num
Die
Sie ge
klima
Bede
konk
besied
auf, a
übere
druck

Abb. 4
Die G
währe
den in
tet. H
lativ f
Arten
tissim
calycu
sich l
gegen
nig re

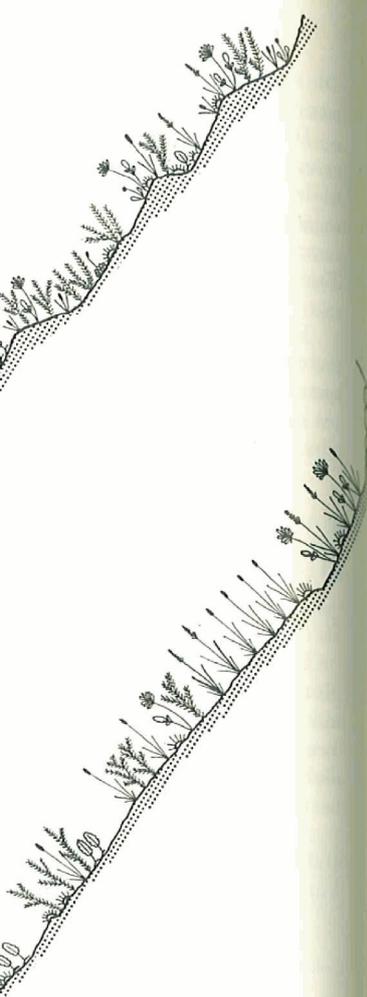
1 I
rücksi
Rolle.

Die Anordnung der Vegetation auf diesen verschiedenen Standorten ist bei gut ausgebildeten Girlanden von einiger Regelmässigkeit: Die Girlandenkante wird von Horstgräsern und Horstseggen bewachsen. Unter diesen Horsten treten die Triebe von *Erica carnea*, *Daphne striata* oder *Helianthemum alpestre* stirnseits aus (Fig. 2). Die Girlandebasis wird häufig von Dryaspolstern besiedelt. Diese Vegetationsfolge kann sich bei hohen Girlandenstufen wiederholen (Fig. 3).

Die Angabe FURRERS, dass *Dryas* zusammen mit *Festuca* vor allem die Oberkante einer Girlande besiedelt, kann ich nicht bestätigen. Die Silberwurz besiedelt in den weitaus meisten Fällen die Girlandebasis und seltener die Girlandestirn. (Dieser zweite Wuchsort ist auch in FURRERS Querschnitt zeichnerisch festgehalten.) Die typische Artenfolge wird durch das Vegetationsprofil in Fig. 1 für einen etwa 30 m langen Hang dargestellt.

Die Girlandebasis ist während der sommerlichen Bodenaustrocknung immer feuchter als die übrige Girlandenoberfläche. Ein dunkler gefärbter Bodenstreifen zeigt diese Wasserverhältnisse an. Deshalb ist diese Basis auch der Wuchsort der feuchtigkeitsliebenderen Arten wie z. B. *Gymnadenia odoratissima*, *Bartsia alpina*, *Bellidiastrum michelii* und auch der Moose (Abb. 4). Letztere liegen sehr häufig unter den Erikatrieben versteckt. Die häufigsten Arten sind hier *Tortella tortuosa*, *Ditrichum flexicaule*, *Chrysohypnum chrysophyllum*¹.

Die Stirnvegetation der Girlanden ist der Wuchsort der meisten krautigen Arten. Sie geniessen hier im Verband der Horstgräser und der verholzten Arten bessere mikroklimatische Verhältnisse und Schutz vor mechanischer Beanspruchung. Zu grösserer Bedeutung für das Aussehen der Vegetation gelangen sie allerdings nicht, da die Wurzelkonkurrenz und schlechte Lichtverhältnisse begrenzende Faktoren sind. Die nur schwach besiedelten Girlandentrücken weisen eine aus Pionierarten zusammengesetzte Vegetation auf, allerdings stimmt sie nicht mit der Vegetation der Initialstadien offener Standorte überein. Wie die Bodenprofile zeigen, sind jedoch die, einen besiedlungsfeindlichen Eindruck erweckenden, kahlen Girlandentrücken in tieferen Horizonten ausserordentlich



- Sesleria coerulea
Carex humilis
Carex mucronata
Carex firma
Anthyllis vulneraria
Saxifraga caesia
Daphne striata
Globularia cordifolia
Vegetation ca. doppelt überhöht



Abb. 4.

Die Girlandebasis ist selbst während der trockenen Perioden immer noch durchfeuchtet. Hier gedeihen deshalb relativ feuchtigkeitsliebende Arten wie *Gymnadenia odoratissima* oder seltener *Tofieldia calyculata*. Ebenfalls können sich hier Arten halten, die gegen Bodenbewegungen wenig resistent sind.

¹ Die Kryptogamen sind in dieser Arbeit nicht so eingehend studiert worden, dass sie mitberücksichtigt werden können. Sie spielen für das untersuchte Problem auch eine untergeordnete Rolle.

dicht durchwurzelt (in den Profilen ist dies angedeutet). Tiefgründig wurzelnde Pioniere können sich hier wegen der herrschenden Wurzelkonkurrenz nicht ansiedeln. Das ist vor allem bei den gut entwickelten Erika-Edelweiss-Horstseggenrasen der Fall.

Die häufigsten Besiedler der Girlandenrücken sind:

auf Dolomitböden

<i>Sesleria coerulea</i>	<i>Euphrasia salisburgensis</i>
<i>Salix retusa</i> (meist ssp. <i>serpyllifolia</i>)	<i>Campanula cochleariifolia</i>
<i>Saxifraga aizoides</i>	<i>Leontodon hispidus</i>
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Hieracium bifidum</i>
<i>Biscutella levigata</i>	<i>Carduus defloratus</i>
<i>Gentiana campestris</i>	<i>Helianthemum alpestre</i>
<i>Daphne striata</i>	

Ausser *Carduus defloratus* und *Sesleria coerulea* wurzeln diese Arten nicht sehr tiefgründig. Bei *Campanula cochleariifolia* und *Daphne striata*¹ sind es vor allem in der Fallrichtung liegende plagiotrope Wurzeln und Rhizome (Abb. 5), die wenig tief unter der Oberfläche verlaufen. Bei *Hieracium bifidum* und *Crepis jacquini* sind es von Rhizomen ausgehende, flachgründige Adventivwurzeln von z. T. grosser und allseitig horizontaler Ausdehnung.

Gentiana campestris ist ein zweijähriger, ebenfalls flachwurzelter Besiedler. Einjährig ist nur *Euphrasia salisburgensis*, welche die offenen Girlandenflächen in grossen



Abb. 5.

Zwergsträucher besitzen lange plagiotrope Wurzelsysteme und Rhizome. Überschüttung mit Feinerde während der Regelationsperioden wird durch Längenwachstum überwunden.

¹ Die Rhizome von *Daphne striata* gehen meistens von den starken Besiedlungszentren der Girlandenstirn aus. Die Triebe dieser Pflanze erreichen oft Längen von mehr als 1 m (Abb. 5).

Tiefgründig wurzelnde Pionier-
 Konkurrenz nicht ansiedeln. Das ist
 Festseggenrasen der Fall.

a salisburgensis
la cochleariifolia
hispidus
n bifidum
defloratus
mum alpestre

eln diese Arten nicht sehr tief-
 'a' sind es vor allem in der Fall-
 bb. 5), die wenig tief unter der
jacquini sind es von Rhizomen
 osser und allseitig horizontaler

achwurzelder Besiedler. Ein-
 en Girlandenflächen in grossen

r besitzen lange plagiotrope Wur-
 d Rhizome. Überschüttung mit
 end der Regulationsperioden wird
 wachstum überwunden.

a starken Besiedlungszentren der
 ngen von mehr als 1 m (Abb. 5).

Mengen besiedelt. Ihre Wurzeln sind auf die obersten 5 cm des Bodenprofils beschränkt.
 Die von FURRER erwähnte *Saxifraga caesia* wächst in diesem Rasen an der Girlanden-
 basis, wo die feuchtesten, aber auch flachgründigsten Bodenverhältnisse herrschen.
 (Dieser Standort entspricht ihrem häufigsten Vorkommen auf grobkörnig verwitterten,
 unentwickelten Schuttböden.)

auf Rauhwackenböden

Gypsophila repens
Saxifraga aizoides
Linaria alpina
Leontodon hispidus
*Euphrasia salisburgensis**
Oxytropis montana
Daphne striata

Helianthemum alpestre
*Hieracium bifidum**
Campanula cochleariifolia
Gentiana campestris
Carduus defloratus
Anthyllis vulnerario
 * = weniger häufig.

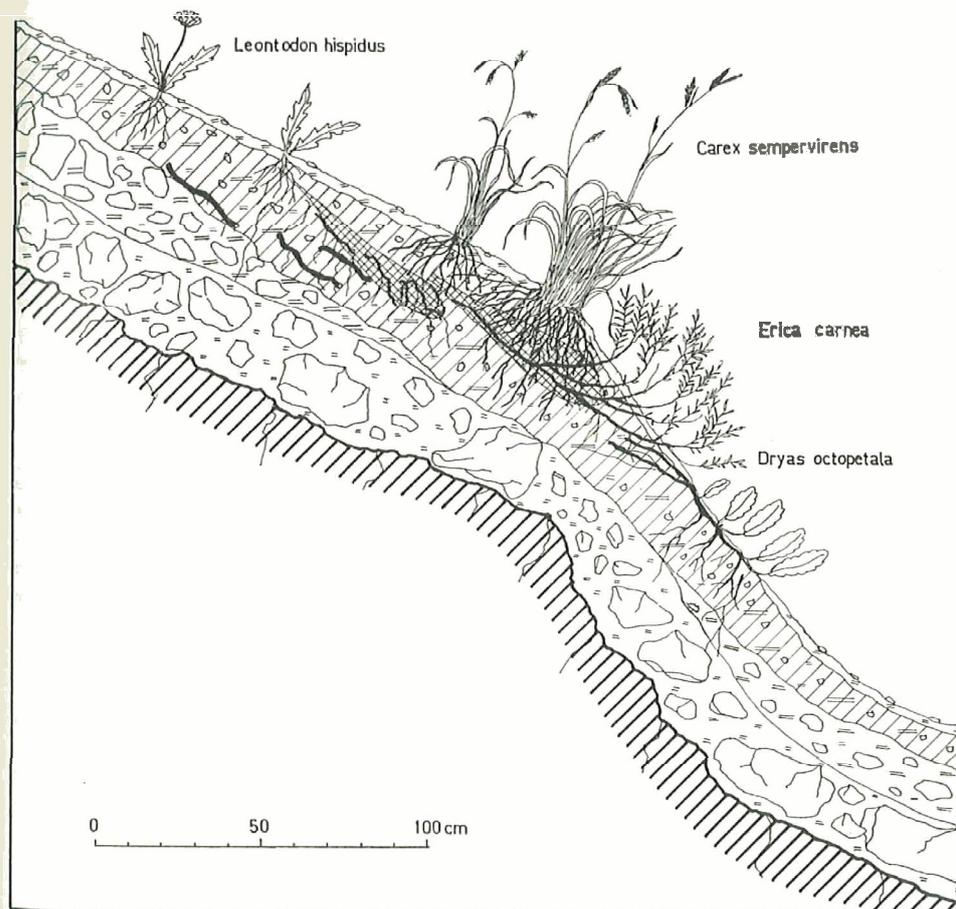


Fig. 2

In beiden Fällen ist es keineswegs eine typische Pioniervegetation, welche die offenen Bodenstellen und die Girlandenrücken in allerdings nur schwacher Dichte besiedelt. (Vgl. Gesellschaften 3 und 13 der Stetigkeitstabellen.)

β) Bodenprofile

In den Fig. 1–3 sind Schnittprofile durch ein- und mehrstöckige Girlanden gezeichnet worden. Wurzeln und Rhizome sind in halbschematischer Weise nach dem Profilaufschluss ohne Herauspräparieren gezeichnet worden. Die Zeichnungen geben Aufschluss über die hauptsächlichsten Wurzelhorizonte und die bevorzugten Lagen der Wurzeln und Triebe.

Die Durchwurzelung muss man sich aber sehr viel dichter vorstellen. Skelettierungen haben gezeigt, dass die Wurzeln mit ihren feinen und feinsten Verästelungen die Wurzelräume mit ausserordentlich grosser Intensität durchziehen. So entsteht ein verwirrendes Bild völliger Verflechtung von Wurzeln verschiedener Pflanzenarten, deren Einzelpräparation kaum möglich ist.

Typisch ist bei all diesen Profilen eine scharfe Trennung eines 30 bis 50 cm tiefen **Feinerdeoberbodens** von einem darunter liegenden Grobschutthorizont. In solchen Feinschuttböden ist der Humus auf kleine in der Hangrichtung geneigte und nach unten grösser werdende Schmitzen (= Humuslinsen, FURRER 1954) lokalisiert, die meistens von plagiotropen Trieben durchzogen werden. Von ihnen senken sich weitere Wurzeln in die Tiefe.

Die Feinmaterialschicht ist unter der **Girlandenkante** am mächtigsten, an der **Girlandenbasis** am dünnsten. Sie nimmt gegen den nächsten **Girlandenrücken** hin allmählich wieder zu.

Die drei Profile liegen in der Fallinie. Das erste ist auf der Hangkrete, das zweite in Hangmitte und das dritte unmittelbar vor dem Talgrund gegraben worden. (Die Vegetationsabfolge der ganzen Fallinie stellt Fig. 1 dar). Die erosiv am stärksten beanspruchte Krete besitzt den dünnsten Feinmaterialhorizont. Der Abhang selbst zeigt die unregelmässige Feinerdeansammlung in den Girlanden. Die Hangbasis weist eine gleichmässige Feinerdeschicht auf.

Detailbeschreibung der einzelnen Bodenprofile

Im allgemeinen wurden die Signaturen der Zürcher Pedologen verwendet. Da kein **Rohhumus** vorliegt, **sondern** der gesamte Humus **infolge** der hohen Karbonatgehalte als milder Mull anzusprechen ist, habe ich **grössere Mullansammlungen** (eigentliche Humus-schmitzen) mit **Kreuzschraffur** angegeben. Die Parallelschraffur gibt den Wurzelraum an. **Darin** reichern sich **auch** die **Humusstoffe** durch abgestorbene Wurzeln **etwas** an **und** verfärben die reine **Mineralfarbe** des **Bodens**.

Bodenprofil 1 in Rauhwackenboden (Fig. 2)

Val Botsch, 2340 m ü. M., SW-Exposition, über der **Hangmitte** liegend. Das Profil zeigt vier gut unterscheidbare **Horizonte**: Von oben nach unten folgen sich:

- a) Eine 2–5 cm mächtige, aus rein anorganischem, heligelbem **Rauhwackenmaterial** bestehende Oberschicht, vorwiegend **Schluffmaterial** mit sehr wenig Skelett. (Nur wenige **zentimetergrosse Steine**.)
- b) Darunter liegt eine 10–40 cm dicke Schicht, ebenfalls mit vorwiegender Schluffkomponente und kleinen Skelettelementen. **Infolge** starker **Durchwurzelung** höherer Gehalt an organischem Material. **Die** hellgelbe Farbe des Muttergesteins wird durch den Humusgehalt zu gelbbraun verändert. In Stirnnähe kommen einige stärkere

vegetation, welche die offenen
r schwacher Dichte besiedelt.

erstöckige Girlanden gezeichnet
er Weise nach dem Profilauf-
Zeichnungen geben Aufschluss
vorzugten Lagen der Wurzeln

ter vorstellen. Skelettierungen
iten Verästelungen die Wurzeln
n. So entsteht ein verwirrendes
Pflanzenarten, deren Einzel-

ung eines 30 bis 50 cm tiefen
obschutthorizont. In solchen
ntung geneigte und nach unten
(1954) lokalisiert, die meistens
a senken sich weitere Wurzeln

nte am mächtigsten, an der
sten Girlandenrücken hin all-

der Hangkrete, das zweite in
l gegraben worden. (Die Vege-
osiv am stärksten beanspruch-
er Abhang selbst zeigt die un-
Hangbasis weist eine gleich-

cdologen verwendet. Da kein
der hohen Karbonatgehalte als
mlungen (eigentliche Humus-
chraffur gibt den Wurzelraum
gestorbene Wurzeln etwas an

Hangmitte liegend. Das Profil
a unten folgen sich:

gelbem Rauhackennmaterial
mit sehr wenig Skelett. (Nur

lls mit vorwiegender Schluff-
irker Durchwurzelung höherer
des Muttergesteins wird durch
nähe kommen einige stärkere

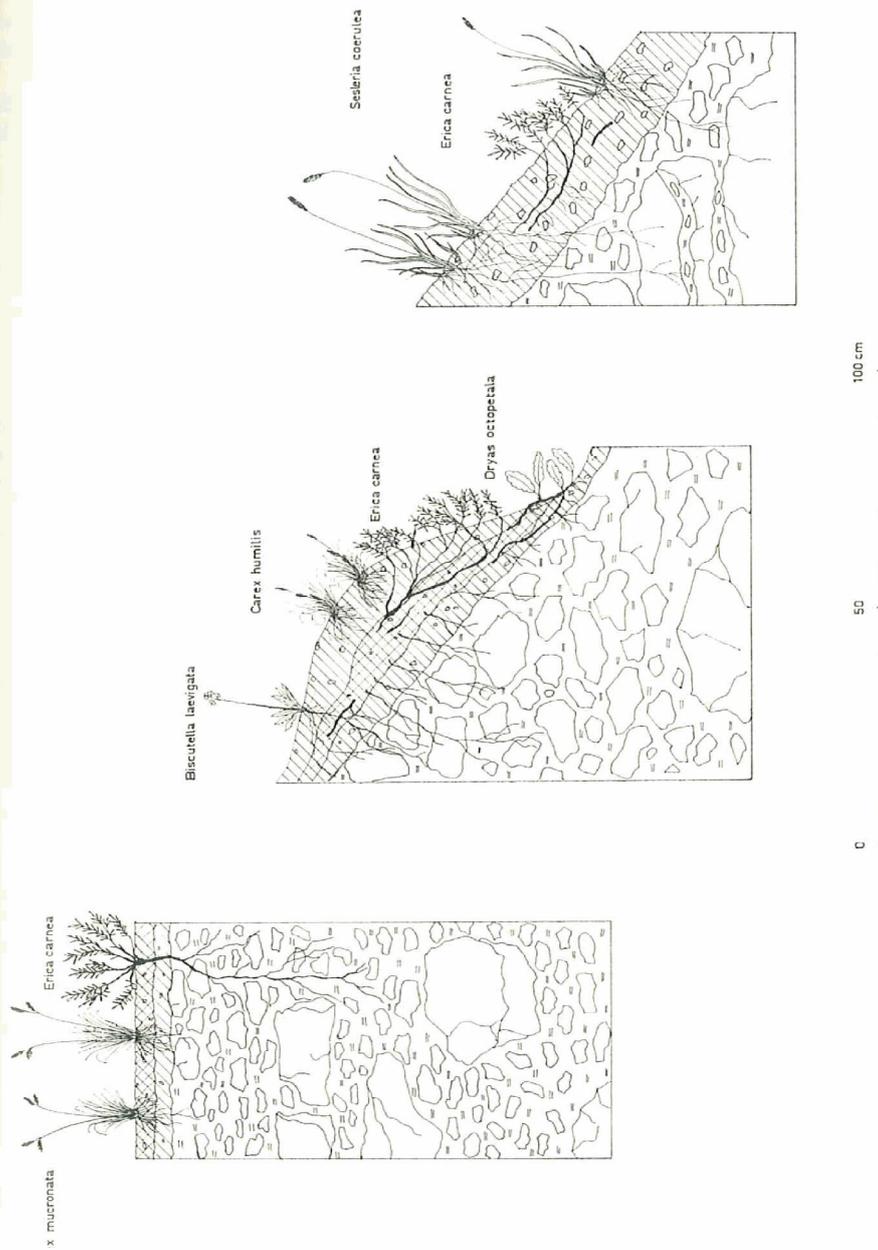


Fig. 3

Humusansammlungen vor, welche durch die dunkle Farbe vom übrigen Material gut **abgrenzbar** sind. Solche **Humusschmitzen** sind Orte besonders intensiver **Durchwurzelung** von **Sträuchern** und **Grashorsten**. Die zweite, **weiter** hangaufwärts liegende **Humusschmitze** **markiert** die Lage einer **früheren Stirnregion**.

- c) Die folgende Schicht **besteht** aus Feinmaterial mit **grösserem** Skelattanteil. Nach unten nehmen **Grösse** und Anteil des Skelettes zu, und das Feinmaterial wird immer stärker durch sandige Komponenten bestimmt.
- d) Der feste Fels ist durch Spalten stark zerklüftet. In den Rissen **liegen** oft **ansehnliche** Mengen **Feinmaterial**. **Hauptwurzelhorizont** ist die zweite Feinmaterialschiicht. In die **skelettreichen** Schichten reichen **nur** wenige Wurzeln.

Bodenprofile 2-4 in Dolomitböden (Fig. 3)

Profile 2-4 liegen 2370 m ü. **M.**, Val Botsch, E-Exposition.

Profil 2

Lage: **Hangkrete**.

- a) 10 cm mächtige, **skelettarme Feinmaterialauflage**. Die ersten 5 cm sind stärker **durchwurzelt** und von **grösserem** Humusgehalt.
- b) 1 m dicke, **skelettreiche** Schicht mit **schluffreichem Feinmaterial**. Sehr **dichte** und fest **verbackene Lagerung** der kantigen Steine, die mit dem Feinmaterial **zusammen** ein sehr hartes, **wurzelfeindliches** Substrat bilden. Nur wenige Wurzeln von *Erica carnea* bis etwa **0,50 m Tiefe**.
Das Profil konnte nicht bis auf den anstehenden Fels aufgeschlossen werden.

Profil 3

Lage: Hangmitte, 16 m von der Krete entfernt (Schnitt durch Girlande),

- a) 5-25 cm dicke **Feinmaterialschiicht** mit vorwiegender Schluffkomponente. **Hauptsächliche Humusansammlung** in einem mittleren schmalen Band von 5 cm Breite. **Darin** befinden sich vor **allem** die Triebe und Wurzeln der Sträucher.
- b) Bis an die untere Grenze des Aufschlusses reicht der grobskelettreiche Schuttboden mit viel lockerer Lagerung als die **entsprechende** Schicht im Profil 2. Im Unterschied zu 2 höherer Anteil des **Feinmaterials**. **Stärkere** Durchwurzelung dieser Schicht als bei 2. Die Hauptachsen von *Erica carnea* liegen hier aber in Hangrichtung und **dringen** nicht senkrecht in den Boden ein.

Profil 4

Lage: **Hangbasis**, etwa 28 m von der Krete entfernt.

- a) Die überall 15 cm dicke Schicht des Feinmaterials zeigt keine besonders dichte **Humusanreicherung**.
- b) Die skelettreiche **Schuttschiicht** ist nur **schwach ausgebildet**.
- c) Aus **sehr grossen Felsbrocken bestehende Profilbasis** (evtl. anstehender Fels). Die **Durchwurzelung** reicht bis zur Profilbasis. Der **Hauptwurzelraum** **beschränkt** sich aber überall auf den **Feinerdeoberboden**.

Profil 5 in Rauhwackenboden (Fig. 4) - Mehrstöckige Girlanden

Diese **Mehrstöckigkeit** kommt im Profil durch **Horizontgrenzen**, die in der Fallrichtung **verlaufen**, zum Ausdruck. Die Grenzen werden gebildet **durch**:

1. Vorwiegend plagiotrope Triebe von *Erica carnea*, *Dryas octopetala* und *Helianthemum alpestre*.

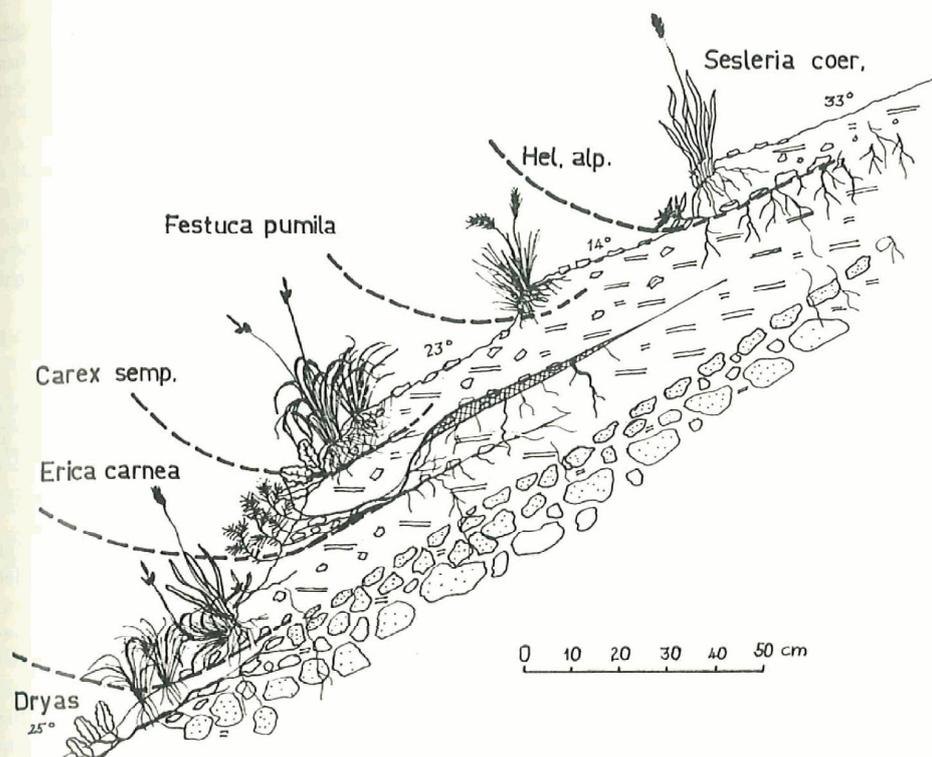


Fig. 4

Die *Gramineen* und *Cyperaceen* zeigen in basalen Teilen ebenfalls mehr oder weniger plagiotrope Spross- und z. T. auch **Wurzelrichtungen**.

2. Wurzeln, Rhizome und abgestorbene Pflanzenteile markieren eine **Mull-Humusspur**. Dabei ist die **Humusschicht** talwärts am dichtesten und wird **hangaufwärts** immer dünner.
3. **Vorwiegend** aus diesen Grenzen austretende Wurzeln, die **teilweise** bis in den darunter liegenden Grobschutt reichen.
4. Eine relativ **starke Anreicherung** von zentimetergroßem Grobschuttmaterial auf diesen Profilsuren.

Diesen Grenzen entlang (gestrichelte Linien) lassen sich die einzelnen Stockwerke **verhältnismässig** gut **auseinanderfächern**.

Das Material der **durchwurzelten Bodenschichten** ist vorwiegend Schluff und wenig Ton mit relativ **wenig** Skelettmaterial, welches nur selten 5 cm überschreitet. Einzelne Wurzeln reichen aber noch tiefer in die darunter liegenden Grobkieshorizonte. Diese Schicht ist 30–40 cm mächtig und besteht aus locker gelagerten **Skelettelementen** mit sehr wenig Feinmaterial. Sie besitzen keine **Wandfestigkeit** und stürzen beim Graben des Profils sofort ein. Unter dieser lockern Schuttlage folgt eine Schicht mit immer **größer** werdendem Grobkies und Blockskelett. Letzteres ist durch **Feinmaterial** von z. T. lehmiger Konsistenz gut verfestigt. In diesen Horizont dringen **Pflanzenwurzeln** nicht mehr ein.

Da die Steine immer grösser und schwerer wurden, liess sich das Profil nicht bis auf den anstehenden Fels aufschliessen. Es dürfte sich aber bei der letzten Schicht um dessen oberste Abwitterungshorizonte handeln. (In Fig. 4 ist der letzte Horizont nicht mehr dargestellt.)

b) Kleingirlanden und Pioniervegetation

In dieser Grössenklasse der Strukturvegetation finden sich Übergänge von initialen Pflanzengesellschaften, die von Pionierarten beherrscht werden, bis zu den kleinhorstigen schwingelreichen Rasen. Der unterschiedlichen Vegetationsentwicklung entspricht eine verschiedenartige Ausprägung der Girlandenform.

a) Kleingirlanden auf Rauhwaacken- und Mergelböden

Die einzelnen Phasen der Entwicklung lassen sich am klarsten auf schwach bewachsenen Rauhwaacken- und Mergelböden erkennen. Gleich am Eingang des Val Botsch oder im Talgrund des Val Stabelhold fallen die wegen ihres Ausgangsmaterials intensiv gelb gefärbten Böden in den Erosionstrichtern auf. Die mergelartig verwitternden Steilhänge werden von einer initialen Vegetation bewachsen.

Übergänge von initialer Vegetation zu Kleingirlanden finden sich vor allem unter aufragenden Rauhwaackenfeldern, die die darunterliegende Vegetation immer wieder mit frisch abwitterndem Material übersäen, sie aber auch vor Schneelawinen schützen.

Unter Kleingirlanden (Abb. 6 u. 8) werden hier kleine, in ihrer Form oft schlecht begrenzte Bildungen verstanden. Ihre Bodenprofilinien weisen im Rückenteil nur schwache Abweichungen von der Neigung der Fallgeraden auf. In ihren Stirnfronten zeigen sie nie einen in Stockwerken angeordneten Bewuchs. Sie sind oft schwer gegen die zufällig verteilte Vegetation abzugrenzen. Als wichtigste stauende Arten wirken hier *Festuca pumila*, *Gypsophila repens* und *Leontodon hispidus*. Die Girlandenform ist häufig erst durch einen dichteren Vegetationsbewuchs angedeutet. Er tritt überall dort auf, wo sich Feinmaterial ansammelt und tiefgründigere Wurzelhorizonte entstehen. Wahrscheinlich spielt hier auch die Anreicherung von Samen eine Rolle. Dort, wo Feinmaterial wegtransportiert wird, entstehen zusehends schwerer besiedelbare Standorte. Es bildet sich schliesslich der typische Gegensatz zwischen kahlem Rücken und besiedelter Stirn



Abb. 6.

Kleingirlanden. Auffällig ist das Fehlen der verholzten Arten. Die Differenzierung in den flachen und \pm unbesiedelten Girlandenrücken und die dicht bewachsene Stirn ist bereits gut zu erkennen.

ess sich das Profil nicht bis auf
ber bei der letzten Schicht um
Fig. 4 ist der letzte Horizont

n sich Übergänge von initialen
werden, bis zu den kleinhorsti-
etationsentwicklung entspricht

elböden

am klarsten auf schwach be-
Gleich am Eingang des Val
wegen ihres Ausgangsmaterials
auf. Die mergelartig verwittern-
gewachsen.

en finden sich vor allem unter
nde Vegetation immer wieder
h vor Schneelawinen schützen.

in ihrer Form oft schlecht be-
sen im Rückenteil nur schwache
a ihren Stirnfronten zeigen sie
nd oft schwer gegen die zufällig

nde Arten wirken hier *Festuca*

Girlandenform ist häufig erst

Er tritt überall dort auf, wo

selhorizonte entstehen. Wahr-

ne Rolle. Dort, wo Feinmaterial

siedelbare Standorte. Es bildet

a Rücken und besiedelter Stirn



heraus (Abb. 6). Die Zungenform kommt dadurch zustande, dass bei dem in der Fallrichtung fließenden Material die Schwerkraft am stärksten wirkt, während seitlich abgedrängtes, schräg zur Falllinie transportiertes Material weniger weit talabwärts verschoben wird. Die Grösse solcher Formen hängt weitgehend von dem Gefälle, der Textur des Feinmaterials und seiner petrographischen Zusammensetzung ab. Die tiefgründig und feinkörnig verwitternden Rauhwacken liefern ein ausgezeichnet transportierbares Feinmaterial. Die Quellbarkeit der Fe-Hydroxide trägt zur Verkleinerung der Reibung zwischen den Körnern bei. Diese Verschiebungsprozesse werden durch die Vegetation gehemmt. Bei völligem Fehlen ihrer Widerstände würde bei dieser Hangneigung von etwa 30° das Feinmaterial völlig aberodiert.

Ähnliche Erscheinungen sind nach einem Regentag auf leicht geneigten Waldwegen, besonders in nadelholzreichen Forsten, zu beobachten. Die Nadeln, kleine Rindenstücke und das Feinerdematerial werden, ihrem Gewicht entsprechend, verschieden weit transportiert, wobei die in der Fallrichtung bewegten Körper die grösste Strecke zurücklegen. Wenn die bewegende Kraft des Wassers durch den Reibungswiderstand aufgehoben wird, lagern sie sich ab und bilden girlandenförmige Strukturen.

Die Übergänge zu der zufällig verteilten Vegetation auf erst flachgründig verwittertem Material sind sehr fließend. Wo die Hänge nicht zu steil sind, kann sich eine recht artenreiche Pioniervegetation mit vielen krautigen Arten einstellen. Auf einer 30° steilen Fläche wurden folgende Arten festgestellt:

Mit Artmächtigkeit 1:

Saxifraga aizoides
Leontodon hispidus

Carduus defloratus

Mit +:

Sesleria coerulea
Festuca pumila
Campanula cochlearifolia
Trisetum distichophyllum
Gypsophila repens
Anthyllis vulneraria
Viola calcarata
Gentiana campestris

Thymus serpyllum
Veronica aphylla
Rhinanthus glacialis
Galium pumilum
Valeriana montana
Bellidiastrum michelii
Hieracium piliferum

Mit r:

Carex sempervirens
Thesium alpinum
Minuartia verna
Linum catharticum

Daphne striata
Carlina acaulis
Hieracium bupleuroides

Die Aufnahme liegt inmitten einer kaum besiedelten Dolomitschutthalde unter einem aufragenden Raiblerrauhwacken-Klotz. Von ihm wittert sehr viel Feinmaterial ab¹. Während der Blütezeit täuscht die an sich lockere Vegetation (5–10%) einen geschlossenen Blumenrasen vor, wie er in keinem der bestentwickelten Rasentypen anzutreffen ist.

¹ Eine Überschüttung mit grobem Dolomitschutt wird wegen der abschirmenden Wirkung dieses aus leicht verwitterbarem Material bestehenden Felsens verhindert, so dass hier kleine Raseninseln entstehen können.

Die Girlandenstruktur ist hier noch kaum angedeutet. Bei grösserer Hangneigung halten sich die meisten der genannten Arten nicht mehr.

Hier können sich nur Pflanzen behaupten, die ein ausgedehntes Wurzelwerk besitzen. Wie Spinnenkörper an ihrem Faden, hängen die Blattrosetten an langen, kabelartigen Wurzeln im Steilhang (Abb. 7). Durch die Erosion wurden sie unter den Rosetten auf grossen Strecken freigelegt. Die langen, unverzweigten Wurzeln, die sich z. B. bei *Gypsophila* oft erst einige Dezimeter weiter hangaufwärts in charakteristischer Weise durch ebenfalls sehr steil liegende Seitenwurzeln verankern, sind morphologischer Ausdruck einer ausserordentlich starken mechanischen Beanspruchung durch die direkten und indirekten Wirkungen der Schwerkraft. Herunterstürzende Steine können die blossliegenden Organe leicht verletzen. Die Austrocknungsgefahr ist stark erhöht. *Campanula cochleariifolia*, *Gypsophila repens* und *Saxifraga aizoides* sind dagegen resistent. Während die meisten Arten nur durch ihr Wurzelwerk festigend wirken können, sammeln die schopffartigen Polster des Gipskrautes viel Feinmaterial zwischen ihren Trieben. Sie bilden kleine **Feinerdeinseln** (Fig. 5).

β) Kleingirlanden auf Gipsböden

Auf Gipsböden¹, die mit Dolomitfeinmaterial vermengt sind, bilden sich von *Festuca pumila* und *Sesleria coerulea* dominierte Kleingirlanden in der Art der entsprechenden **Rauhwackekleinformen**. Die Bodenverhärtung ist **geringer** als bei **Rauhwacken**.

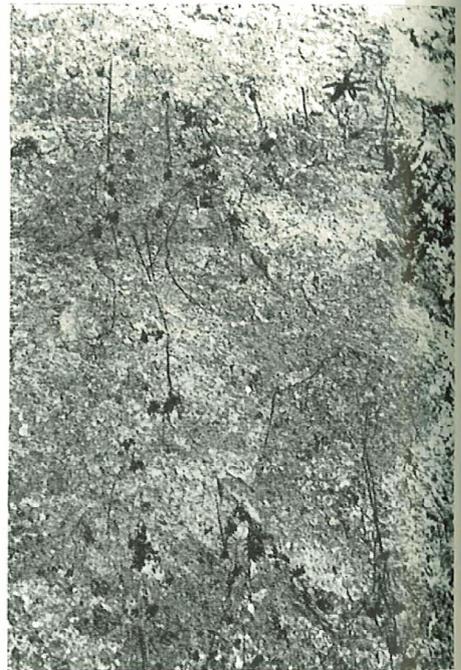


Abb. 7.

Besiedlung eines 40° steilen **Mergelhanges**. Die Pflanzen (v.a. *Campanula cochleariifolia*, *Saxifraga aizoides* und *Gypsophila repens*) hängen an langen, in **Fallrichtung** orientierten Wurzeln, die durch Erosion in den proximalen Abschnitten weitgehend freigelegt worden sind. *Gypsophila* **sammelt** zwischen ihren Trieben sehr viel **Feinmaterial**.

¹ Die reinen **Gipsböden** zeigen eine mattweisse bis **hellgraue Grundfarbe**. Die **dolomithaltigen Böden** hingegen **weisen** eine **dunkelgraue** bis **schwarze** Farbe auf, wobei der **Humusgehalt** für die **Ausfärbung** wichtig ist.

Stauwirkung der Pioniervegetation

et. Bei grösserer Hangneigung

gedehntes Wurzelwerk besitzen. Rosetten an langen, kabelartigen Wurzeln, die sie unter den Rosetten auf Wurzeln, die sich z. B. bei *Gypsophila* charakteristischer Weise durch ihren morphologischen Ausdruck und die Anordnung durch die direkten und indirekten Wirkung durch die dazwischen liegenden Steine können die Wasserabfuhr ist stark erhöht. *Campanula* ist dagegen resistent. Während die anderen wirken können, sammeln die anderen sich zwischen ihren Trieben. Sie

gt sind, bilden sich von *Festuca* in der Art der entsprechenden Pflanze weniger als bei Rauhwacken.



e Grundfarbe. Die dolomithaltigen auf, wobei der Humusgehalt für die

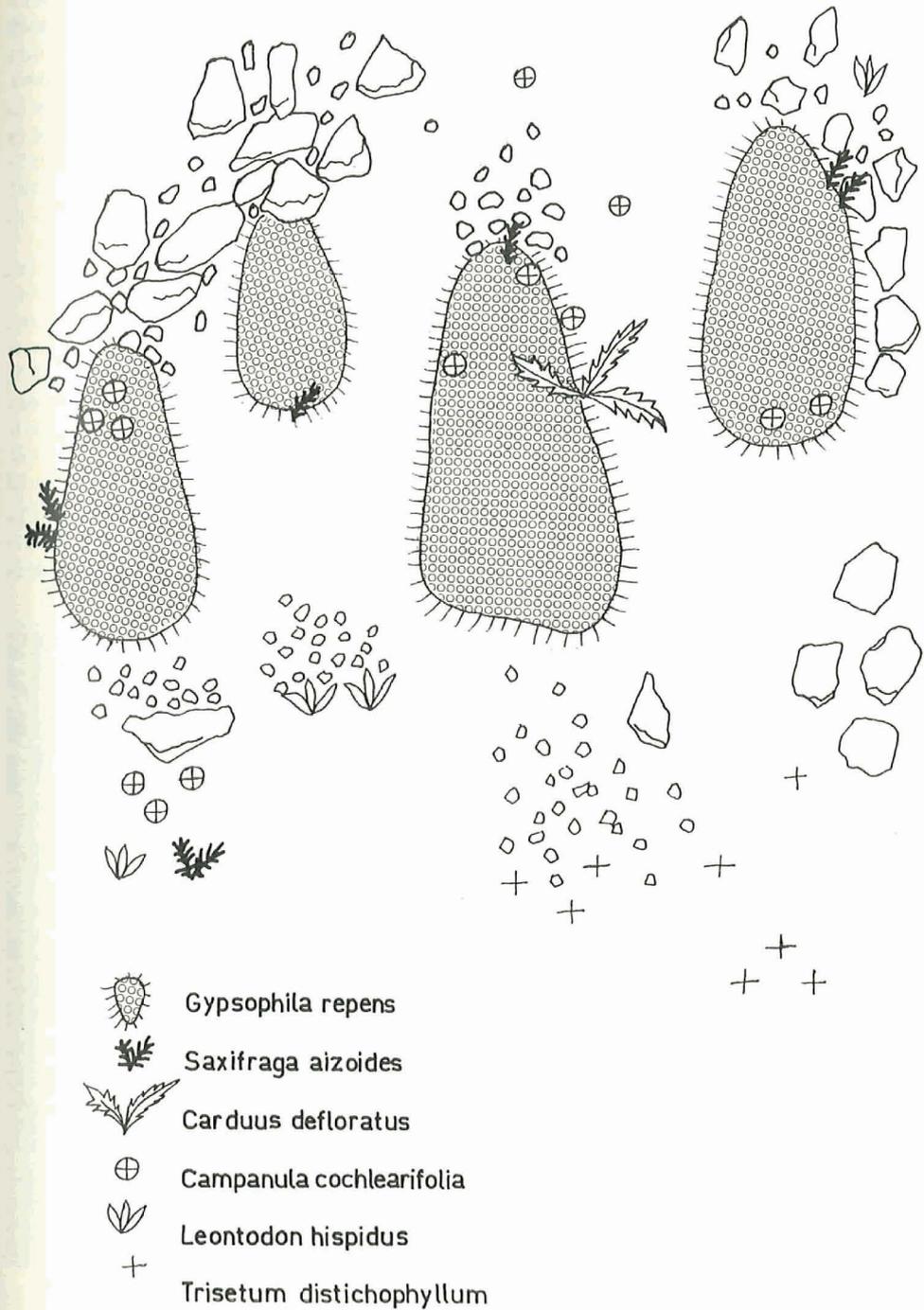


Fig. 5

Frisch verwitterte, \pm reine Gipsböden sind im Vergleich zu allen andern Bodentypen **ausserordentlich instabil**. Die Vegetation besiedelt sie in ähnlicher Weise wie die zuletzt geschilderten Rauhwackenpionierstadien. Allerdings dringen die Wurzeln in diesen weichen Gesteinen an Spaltflächen bis in den **kompakten Gips** vor. An flachen Stellen bildet sich eine **artenarme Pioniervegetation** in **unregelmässig girlandenförmiger** Anordnung. Auffallend ist die schwache, noch durch reduzierte Vitalität ausgezeichnete Präsenz der Gramineen.

Folgende Aufnahme wurde auf einem **Gipsschuttkegel** im oberen **Val Fuorn** gemacht:

Mit Artmächtigkeit **1** kommen **vor**:

Campanula cochlearifolia

Saxifraga aizoides

Gypsophila repens

Mit **+**:

Parnassia palustris

Trisetum distichophyllum

Sesleria coerulea

Die **Girlandenstirnhöhe** misst zwischen 5 und 20 cm. Die Form ist meistens undeutlich.

y) Dolomitböden

Hier **ist** es sehr schwer, eine völlige Entsprechung für die **Kleingirlanden** der Rauhwackenböden zu finden. Die Dolomite verwittern viel langsamer und grobkörniger als die Rauhwacken- und Mergelböden. Zudem versickert auf diesen flachgründigen Standorten das Wasser rasch, so dass der Feinerdetransport viel geringer ist.



Abb. 8.

Kleingirlanden in höheren Lagen. Die Stirnvegetation wird vor allem durch Gramineen beherrscht. Die Rücken zeigen Anzeichen einer starken Frostaktivität (Steinstreifen).

ich zu allen andern Bodentypen
ähnlicher Weise wie die zuletzt
ngen die Wurzeln in diesen wei-
ps vor. An flachen Stellen bildet
girlandenförmiger Anordnung.
ität ausgezeichnete Präsenz der

im oberen Val Fuorn gemacht:

la repens

coerulea

em. Die Form ist meistens un-

ie Kleingirlanden der Rauhwak-
samer und grobkörniger als die
f diesen flachgründigen Stand-
viel geringer ist.



Kleingirlanden sind in Gratlagen anzutreffen. Sie werden von *Carex mucronata*, *Carex humilis* und *Sesleria coerulea* gestaut. Im Vergleich zu den Beispielen in den **Rauh-**wacken sind ihre Feinmaterialböden viel stärker **durchwurzelt** und von **größerem** Humusgehalt. Sie dürften deshalb eine viel längere Entwicklungszeit hinter sich haben. (Evtl. gleich lang wie Grossgirlanden in tieferen Hangabschnitten.)

In höheren Lagen¹ kommt ein Kleingirlandentyp vor, der aber nur in der Vegetation diesem Typus entspricht. Er ist in der Stirnregion ebenfalls nur von einem schmalen, stockwerklosen Vegetationsband bewachsen (Abb. 8). Der darunter liegende Girlandenrücken ist jedoch viel grösser und länger als bei den vorherigen Girlandenbildungen. Diese Kleinformen sind sehr scharf durch die Vegetation begrenzt und nicht diffus wie in den erwähnten Beispielen.

Die Stirnvegetation wird durch die Gramineen *Sesleria coerulea* und *Festuca pumila* beherrscht. In seltenen Fällen können auch kleine *Carex-firma*-Polster diese Stelle einnehmen, letztere allerdings mit nur sehr schlechter Stauwirkung. Sie wird durch die **nachrutschenden** Erdmassen bald senkrecht gestellt und vermag sich nur zu halten, wenn diese Erdmassen geringe Mächtigkeit haben. **Trotzdem sie wegen** ihres \pm allseitigen **Polsterwuchses** an diesen Standort keineswegs gut angepasst ist, weist sie eine **über-**raschend gute Entwicklung (Blattwerk!) auf. Zufällig verteilte Pioniervegetation ist auf steilen Flächen **mit** recht hohem Feinerdegehalt an einigen Stellen auf der Fuorcletta Val Botsch und Fuorcla Tal Trupchum (alle Stellen zwischen 2600 und 2700 m) zu beobachten. Vegetationsmässig gehören diese Rasen **zu** der typischen Ausbildung der Netzweiden-Polsterseggrasen.

d) Bodenprofile der Kleingirlanden und Pionierstellen

Im Vergleich zu den Grossgirlanden weisen diese Stellen ein einfacheres und undifferenzierteres Profil auf. Zu vergleichbaren Humuskonkretionen kommt es in diesen Profilen nie. Auch der Durchwurzelungsgrad ist viel geringer. Ein von den Grob- und Mittelhorizonten deutlich abgesetzter Feinerdehorizont geht auf diesen geneigten Flächen parallel mit der zunehmenden Ausbildung der Girlanden.

Die ausgesprochenen Pionierstadien weisen in ihren Profilen kaum abgegrenzte Feinmaterialzonen auf. Ihre Schichtfolge ist ganz von der Schichtfolge des **Mutterge-**steins abhängig. Dass diese stark wechseln, zeigen Profile der Mergelsteilhänge.

e) Feinerdegirlanden

Im Val Nügli sind Feinerdegirlanden in 2600 m Höhe anzutreffen². Sie entstehen dort, wo die **Feinerdefüllung** über die Ränder des **Ablagerungsbeckens** austritt. Im anschließenden Hang bilden sich weitausgezogene Girlanden. Auf der darüber gelegenen Ebene sind Fliessspuren der **Feinerde** gut zu sehen (Abb. 9–10).

Die Vegetation ist z.T. auf schmale, halbkreisförmige Girlandenstirnflächen beschränkt, während die Rückenpartien absolut unbewachsen bleiben. Die Girlanden-grösse hängt hier von der Steilheit der Unterlage ab. An den steilsten Stellen sind es weitausgezogene Zungen, während sich in flachen Lagen kleinere Zungen mit schmalen Rasenbändchen als stauende Stirnteile folgen.

¹ Z. B. Übergang Fuorcla Val Ftur, vor dem obersten Talkessel des Val Stabelchod, Fuorcla da Val Fögliä, alle über 2600 m.

² In der übrigen, \pm geschlossenen Rasenvegetation fallen sie sofort durch ihre hellen, unbewachsenen Girlandenrücken auf. Die stark ausgezogenen Zungen erwecken den Eindruck einer eben zum Stehen gekommenen Fliessbewegung.

Am überraschendsten ist wohl das Bodenprofil dieser Girlanden (Fig. 6). Im ganzen Aufschluss ist innerhalb dieser schluffigen Feinerde kein einziger Stein zu finden. Geröll der gleichen petrographischen Beschaffenheit liegt mehr als 100 m höher. Das Feinmaterial musste also über eine grosse Distanz, wohl unterirdisch im lockern Gefüge des darunter anschliessenden Dolomitschutttes, durch das Wasser transportiert werden. Dabei können nur ganz bestimmte Korngrössen durchsickern, so dass eine völlig skelettfreie Akkumulation resultiert. Die unter dieser Schicht liegende Mullhumusaufgabe ist der Rest der überdeckten Vegetation. Offenbar sind diese Vorgänge so wirkungsvoll, dass sie nicht genügend Zeit fand, die immer neuen Aufageschichten zu durchwachsen. Die kümmerliche Besiedlung der Stirnregionen ist ein Zeichen für die starke Aktivität dieses Akkumulationsprozesses. Ein sehr dünnes, oft kaum erkennbares Bändchen von Humus in der Mitte des Feinerdehorizontes dürfte der letzte Rest einer kurzlebigen Besiedlung ruhigerer Zeiten sein. Die Durchwurzelung dieser reinen Schluffgirlanden ist auf die Stirnzonen beschränkt.

Die Vegetation der dahinterliegenden flachen Zone ist viel reicher als die der Girlanden. In beiden Rasen fehlen die Kryptogamen vollständig.

Arten des Bachen Rasens		der Girlanden
Vegetationsdeckung	80%	15%
Hangneigung	etwa 10°	25°
<i>Sesleria coerulesca</i>	3-4	2-3
<i>Agrostis alpina</i>	2	1
<i>Festuca pumila</i>	1-2	+
<i>Carex jirma</i>	2	2
<i>Dryas octopetala</i>	1-2	+
<i>Ranunculus alpester</i>	1	1
<i>Silene acaulis</i>	1	+
<i>Saxifraga aizoides</i>	—	r
<i>Saxifraga cassia</i>	—	+
<i>Campanula cochlearifolia</i>	—	+
<i>Gentiana verna</i>	1	+
<i>Selaginella selaginoides</i>	1	+
<i>Gentiana Clusii</i>	1	—
<i>Gentiana campestris</i>	r	—
<i>Thalictrum alpinum</i>	1-2	—
<i>Salix serpyllifolia</i>	1-2	—
<i>Salix reticulata</i>	+	—
<i>Polygonum viviparum</i>	+	—
<i>Pinguicula alpina</i>	+	—
<i>Helianthemum alpestre</i>	r	—
<i>Ligusticum mutellina</i>	1	—
<i>Parnassia palustris</i>	1-2	—
<i>Anthyllis vulneraria</i>	+	—
<i>Gnaphalium hoppeanum</i>	r	—
<i>Leontodon hispidus</i>	1	—
<i>Bellidiastrum michelii</i>	+	—
<i>Taraxacum alpinum</i>	+	—

d) Terrassenbildungen in der Arktis und alpine Rasengirlanden

Da man die alpinen Strukturböden immer wieder mit den besser untersuchten arktischen Vorbildern vergleicht, soll hier versucht werden, eine Beziehung auch zur Girland-

denb
Fjell
Ü
Arbe
wicht
und g
Tjäl
V
1918
folge
1. D
St
2. D
au
3. D
B
4. D
ge
Cy
Z
Eiger
(S
finde
Fläch
Aller
Abb. 9
Feiner
gend
liches
wärts
auch
der ge
in der
Mater
ren ab
firma
siert v



Abb. 10.

Die 40–50 cm mächtige Feinerdeschicht ist einer dünnen Humusschicht überlagert. Letztere ist der Rest der Vegetation, die von überfließender Feinerde zugedeckt wurde.

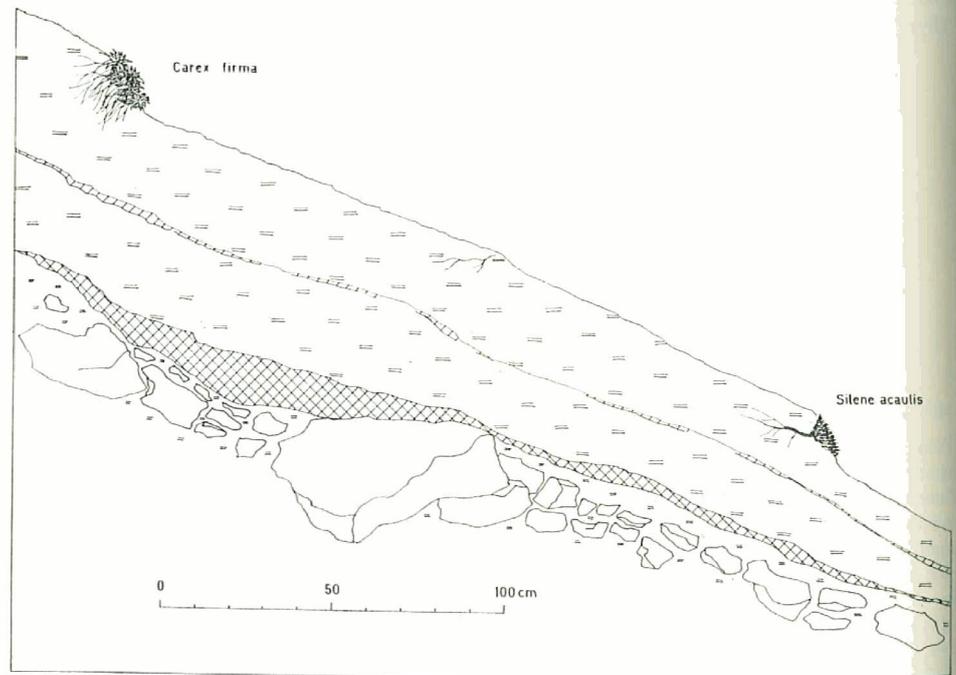


Fig. 6



landen sind ihre Terrassen aber in der hangparallelen Ausdehnung breiter und in der Falllinie schmaler. Die Anordnung der offenen Terrassenflächen ist viel weniger regelmässig als bei den Rasengirlanden. Es handelt sich um \pm regellos verteilte, offene Bodenflächen innerhalb der geschlossenen Wulstvegetation. Das Substrat besteht aus feindearmem, metamorphem Material. 80% des Feinmaterials besteht aus Sand. Der ganze höhere Hangabschnitt zeigt eine wulstartige Gliederung der oberen Bodenhorizonte. Die Steillflächen sind 26°, die Terrassenflächen 3° geneigt. Letztere sind häufig vegetationslos und stark beschottert. Die distalen Steillflächen sind von Zwergsträuchern (etwa 20%) und von Flechten bewachsen (75%).

Die Sträucher *Betula nana*, *Empetrum hermaphroditum* und *Loiseleuria procumbens* durchziehen filigranartig den dichten Flechtenbewuchs und festigen dank ihres Wurzelwerks die Terrassenstirn. Sie beschränkt sich keineswegs auf die steilgestellten Terrassenabhänge. Die Wurzeltiefe reicht bis 50 cm, der Hauptwurzelschizont liegt in den obersten 20–30 cm.

Die Vegetation macht einen ausserordentlich trockenen Eindruck. An Phanerogamen wurden folgende Arten notiert:

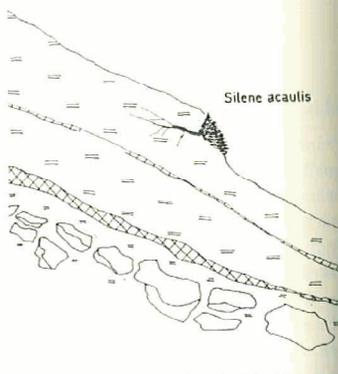
<i>Betula nana</i>	2	} nur kriechend
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	1–2	
<i>Loiseleuria procumbens</i>	r	
<i>Salix glauca</i>	1	
<i>Juncus trifidus</i>	1	
<i>Carex atrata</i>	r	
<i>Festuca rubra</i>	r	
<i>Potentilla aurea</i>	r	
<i>Vaccinium uliginosum</i>	r	
<i>Diapensia lapponica</i>	+	

Kryptogamen:

<i>Stereocaulon paschale</i>	1–2
<i>Cladonia alpestris</i>	1–2
<i>Cladonia rangiferina</i>	2–3
<i>Cladonia silvatica</i>	1
<i>Cladonia spec.</i>	r
<i>Cetraria spec.</i>	2–3
<i>Solorina crocea</i>	r
<i>Polytrichum spec.</i>	1

Dieses norwegische Beispiel besitzt grössere Formähnlichkeit mit den alpinen Rasengirlanden als die in der Literatur beschriebenen arktischen Beispiele. In beiden Fällen liegen hier wohl Bildungen vor, die sich aus einer \pm geschlossenen Vegetation entwickelt haben. Die Vegetation verhält sich dabei wie eine übergespannte Haut, die dort aufreisst, wo die Zugbeanspruchung zu gross wird. So entsteht eine wenig reguläre Vegetationsverteilung.

Die Vegetation der alpinen Rasengirlanden entwickelt sich aber in einem mit der Verwitterung, der Erosion und Akkumulation des Feinmaterials simultan abladenden Prozess, in welchem anfänglich die geomorphologischen Kräfte dominieren. In der Folge strebt sie aber immer mehr gegen einen Gleichgewichtszustand, dessen Ausdruck eine reguläre Strukturierung von Boden und Vegetation ist.



In **dieser Beziehung** erscheinen die alpinen Rasengirlanden als durchaus eigenständige Bildungen. **Entsprechende** Formen sind ausserhalb der Alpen in der alpinen Frostwechselzone Afrikas (HEDBERG 1964), im Taurusgebirge (Ala-Däg, MARKGRAF, mdl. Mitteilung), im Karakorum (FURRER 1965) und sicher in allen Hochgebirgen der gemässigten und tropischen Zonen zu finden, sofern das Substrat, das Mikroklima und der Wuchsformenbestand der Flora die Voraussetzungen für die Bildung dieser Strukturen erfüllen.

B. *Carex-firma*-Erdwülste

Die Polstersegge ist von ihrer Wuchsform her schlecht geeignet, mechanischen Widerstand zu leisten. Sie wurzelt sehr flachgründig. Gut geschlossene *Carex-firma*-Rasen werden deshalb häufig zu regelrechten Erdwülsten aufgetrieben, wobei die Polster auf dem Wulst selbst einen guten seitlichen Zusammenhang beibehalten und so geschlossene Vegetationskomplexe bilden. Offenbar ist die horizontale Verflechtung der Triebe stärker als die Substrathaftung. Im Hang werden diese Wälle vor allem an der Basis durch nachrückende Erdmassen eingerollt. Es konnten an einigen Stellen verkehrt liegende *Carex-firma*-Polster gefunden werden. Die zwischen den Wülsten liegenden Flächen erweisen sich meistens als vegetationslos und zeigen als Ausdruck der grossen Frostaktivität polygonale Strukturen. Das Einrollen der Vegetation unter die sich abwärts bewegenden Schuttmassen, das sogenannte Rasenwälzen (FURRER 1954), ist innerhalb der untersuchten Rasen auf diese *Carex-firma*-Polstervegetation beschränkt. Es führt aber nicht zu eigentlichen Girlanden, sondern zu recht unregelmässig geformten Wülsten. Beobachtungen dieser Art wurden im Val Trupchum und Val Mütschans auf über 2600 m gemacht (Abb. 11).



Abb. 11.

Carex-firma-Erdwülste. Sie sind hangparallel angeordnet und bilden girlandenähnliche Strukturen aus. Die Vegetation ist aber kissenförmig aufgewölbt. Der offene Boden dazwischen liegt in furchenartigen Vertiefungen.

D
Hors
Girland

N
Girland
wird
geben
Botsch
Steill
Zung
D
höher
nur v
und s
Typ
stark
(Fig.

a) E

D
Der
klein

Abb.
Die s
der ti
höher
tation

anden als durchaus eigenständiger Alpen in der alpinen Frostge (Ala-Däg, MARKGRAF, mdl. in allen Hochgebirgen der geostrat, das Mikroklima und der die Bildung dieser Strukturen

lecht geeignet, mechanischen Gut geschlossene *Carex-firma*-sten aufgetrieben, wobei die mmenhang beibehalten und so e horizontale Verflechtung der a diese Wälle vor allem an der ten an einigen Stellen verkehrt ischen den Wülsten liegenden eigen als Ausdruck der grossen Vegetation unter die sich ab-enwälzen (FURRER 1954), ist Polstervegetation beschränkt. u recht unregelmässig geform-rupchum und Val Mütschans



Die Vegetation ist ein Netzweiden-Polsterseggenrasen in seiner feuchten Ausbildung. Horstgräser spielen dabei praktisch keine Rolle (vgl. Aufnahme 23). Im Unterschied zur Girlandenvegetation lässt sich auch keine besondere Wuchsformenanordnung feststellen.

C. Vegetation der Erdströme

Nach FURRER (1954) sind Erdströme mächtige Fliesserdeformen, die sich von den Girlanden im Profil und der Stirnkontur unterscheiden. Als wichtigster Unterschied wird eine konvexe obere und eine konkave oder sogar zurückgebogene Profilkurve angegeben. Die im Nationalpark beobachteten Erdströme im Val Nügä, Fuorcla Val dal Botsch, Fop da Buffalora und Munt la Schera sind meistens am Übergang von einem Steilhang in einen schwachgeneigten Hangabschnitt zu finden, wobei die untersten Zungen bereits dem flachen Boden aufsitzen.

Die Erdströme können ihrer Form nach in zwei Höhentypen gegliedert werden. Die höher gelegenen (über 2600 m), deren Erdmassen sich kuchenteilig ausbreiten und nur wenig vom Boden abheben, zeigen eine meist ungliederte, basale Zungenkontur und sind z.B. im Val Nügä und auf Fuorcla Val Botsch zu finden (Fig. 7). Der andere Typ mit höheren Erdwülsten liegt tiefer (um 2500 m) und breitet sich seitlich nicht so stark aus. Seine Zungenenden sind in verschiedene schmalere Lappen aufgegliedert (Fig. 8). Diese zwei Typen weisen auch einen unterschiedlichen Bewuchsauf.

a) Erdströme mit hohen, stark gegliederten Endzungen (Abb. 12)

Der Bewuchs ist vorwiegend auf die Ränder und die randnahen Zonen beschränkt. Der Rücken wird stark mit Grobschutt oberer Hangflächen beschottert. Hier sind nur kleine Vegetationskomplexe mit initialen Polsterseggenrasen möglich. Sie werden in



Abb. 12.

Die steilere Erosionszone hebt sich deutlich von der tiefer liegenden Stauzone und den flachern, höheren Abschnitten durch kümmerliche Vegetation ab.

dieser exponierten Rückenlage zudem durch Wind und Schneegleiten stark beansprucht. Tonsurierte *Carex-firma*-Polster und entblösste Wurzelsysteme der Spaliersträucher weisen darauf hin.

Die zwischen den Zungen liegenden Mulden sind Stellen längerer Schneebedeckung. Hier ist der Rasen nicht nur gut geschlossen, er enthält auch häufig feuchtigkeitsliebende Arten. Die feuchtesten Stellen sind wie bei den Girlanden an der Basis der Zunge. Die Stirnvegetation wird in mittlerer Höhe recht häufig von austretendem Erdmaterial durchbrochen. Nach FURRER ist das Hinweis auf eine immer noch vorhandene differenzierte Bewegung in gewissen Horizonten dieser Erdströme. Rücken- und Flankenvegetation gehören zu den Netzweiden-Polsterseggenrasen, wobei die Flanken etwas artenreicher sind und aus \pm geschlossener Vegetation bestehen. Eine bestimmte Anordnung der einzelnen Wuchsformen ist nicht zu erkennen. Die Basisvegetation weicht durch das Vorkommen feuchtigkeitsliebender Arten stärker ab. In unmittelbarer Umgebung der Zungen entstehen kleine Kalkschneetälchen, die sich bei grösserer Versauerung zu Krautweidenböden weiterentwickeln (vergleiche Tabelle).

Folgende Tabelle gibt eine Übersicht der Erdstromvegetation auf Fop da Buffalora.

	Rücken	Stirn und Mulde Flanke	
A <i>Silene acaulis</i>	+	+	
<i>Achillea atrata</i>		1	+
<i>Taraxacum alpinum</i>			1
B <i>Salix reticulata</i>	+ ^o	2	1-2
<i>Ranunculus alpester</i>	+	+	1
C <i>Crepis jacquini</i>	+	+	+
<i>Saxifraga caesia</i>	1		+
<i>Carex firma</i>	1	1-2	1
D <i>Carex rupestris</i>			+
<i>Soldanella alpina</i>		1	1
<i>Homogyne alpina</i>			+
I <i>Campanula scheuchzeri</i>		+	
M <i>Anthyllis vulneraria</i>	1		
<i>Dryas octopetala</i>	2	2	4
<i>Festuca pumila</i>	1		+
<i>Sesleria coerulea</i>	1	1	2
Übrige			
<i>Polygonum viviparum</i>	+	+	+ ^o
<i>Salix retusa</i>	1	1	2
<i>Thalictrum alpinum</i>	+	+	
<i>Arabis pumila</i>		+	+
<i>Carex ornithopodioides</i>			+
<i>Viola calcarata</i>			+
<i>Selaginella selaginoides</i>			+
<i>Veronica aphylla</i>			+
Moose (v. a. <i>Tortella tortuosa</i>)	+ ^o	+	1
Vegetationsdeckung	10%	75%	75%

Bei völlig bewachsenen Erdzungen, wie sie z. B. an der Baumgrenze oberhalb Alp la Schera zu beobachten sind, verringern sich die Unterschiede zwischen Rücken und

Schneegleiten stark beansprucht.
 Systeme der Spaliersträucher

allen längerer Schneebedeckung.
 lt auch häufig feuchtigkeitslie-
 rlanden an der Basis der Zunge.
 von austretendem Erdmaterial
 immer noch vorhandene differen-
 ne. Rücken- und Flankenvege-
 asen, wobei die Flanken etwas
 bestehen. Eine bestimmte An-
 en. Die Basisvegetation weicht
 rker ab. In unmittelbarer Um-
 die sich bei grösserer Versauc-
 eiche Tabelle).

vegetation auf Fop da Buffalora.

**n Stirn und Mulde
 Flanke**

+	
1	+
	1
2	1-2
+	1
+	+
	+
1-2	1
	+
1	1
	+
+	
2	4
	+
1	2
+	+ ^o
1	2
+	
+	+
	+
	+
	+
+	1
75%	75%

Baumgrenze oberhalb Alp la
 ehiede zwischen Rücken und

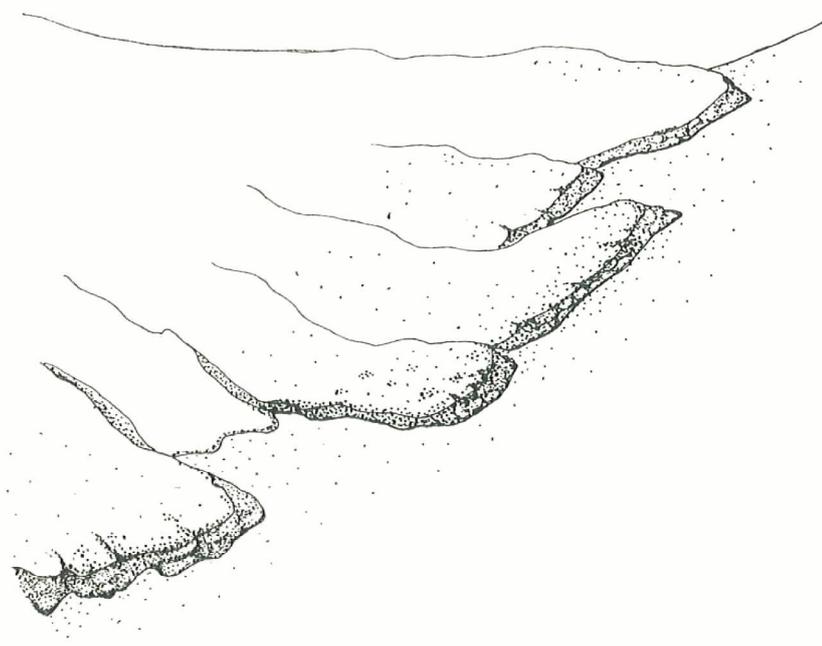


Fig. 7

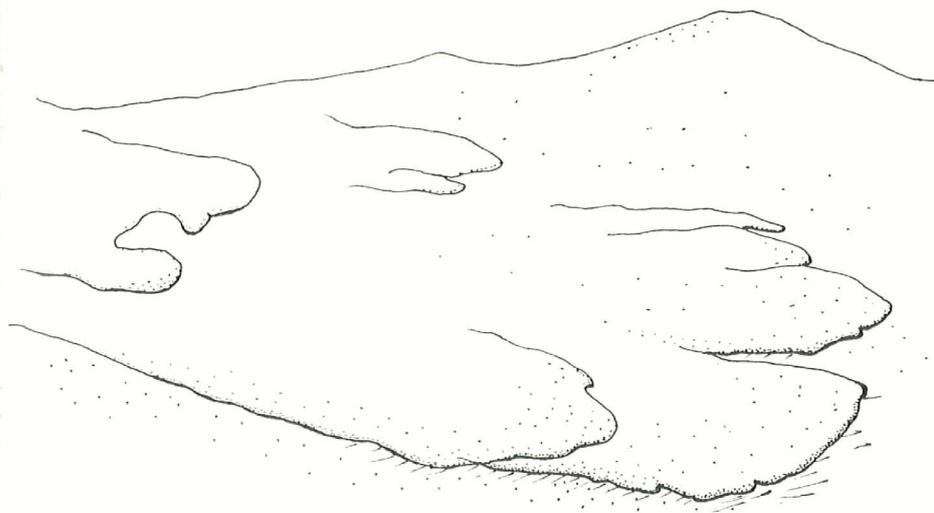


Fig. 8

Flanken. Die basalen Stellen zeigen auch hier **grössere Durchfeuchtung** (*Pinguicula alpina*, *Tofieldia calyculata*, *Parnassia palustris*), z.T. beginnende **Versauerung** des Standortes (*Vaccinium uliginosum*).

b) Erdströme mit flachen, wenig gegliederten Endzungen

Korngrösse und Dichte der **Beschotterung** auf den **Rückenflächen** nehmen gegen die oberen Zonen stark zu. In **stirnnahen** Flächen dominiert aber offener **Feinerdeboden** mit mehr oder weniger zufällig verteilter Vegetation.

Unter den diese Erdströme **besiedelnden** Pflanzen dominieren die **Spalierweiden**, während Gräser und Seggen und auch *Dryas octopetala* keine **Rolle** spielen.

Im Val Nügli wurden folgende Arten festgestellt:

	Stirn	Rücken: 24° geneigt
<i>Salix retusa</i>	3 (ssp. <i>retusa</i>)	+ (ssp. <i>serpyllifolia</i>)
<i>Salix reticulata</i>	3	1
<i>Salix herbacea</i>	2	1
<i>Ranunculus alpester</i>	1	+
<i>Saxifraga caesia</i>	+	+
<i>Achillea atrata</i>	1	+
<i>Polygonum viviparum</i>	1	+
<i>Sesleria coerulea</i>	+	
<i>Silene acaulis</i>	1	+
<i>Arabis pumila</i>	1	+
<i>Taraxacum alpinum</i>	+	+
<i>Carex firma</i>	+	+
<i>Soldanella alpina</i>	+	—
<i>Festuca pumila</i>	—	+
<i>Carex ornithopodioides</i>	—	r
<i>Gentiana brachyphylla</i>	—	r
Moose	2	
Vegetationsdeckung	75%	3%

Moose kommen nur an **der** Basis der Zungen vor.

Diese höher gelegenen **Fliesserdzungen** stehen in ihrer Vegetation dem *Salicetum retuso-reticulatae* nahe.

Auf **flachern** Abschnitten **entwickelt** sich, **wegen** der längeren Schneebedeckung, auf diesen Böden das *Arabidetum coeruleae* mit *Arabis coerulea*, *Hutchinsia alpina*, *Saxifraga stellaris*, *Veronica alpina* und *Moehringia ciliata*. So z.B. im obersten Val Botsch, wo die **Erdzungen** nur wenig über einem Quellaustritt enden.

D. Vegetation der Textur- und Strukturböden

Textur- und Strukturböden zeigen beide eine auffällige polygonale Musterung der Erdoberfläche. Bei Texturböden kommt die Musterung durch Trockenrisse der oberen Erdschichten zustande. Strukturböden besitzen als Begrenzung der Felder aus **kleinen** Steinen bestehende Rahmen (FURRER 1954).

Die Vegetation der **Texturböden** zeigt enge Beziehungen zu der **besondern** morphologischen Ausbildung der Oberfläche. Am besten können diese auf den **Feinerdeansamm-**

Durchfeuchtung (*Pinguicula*
beginnende Versauerung des

ckenflächen nehmen gegen die
er offener Feinerdeboden mit

ominieren die Spalierweiden,
eine Rolle spielen.

Rücken: 24° geneigt
+ (ssp. *serpyllifolia*)

l

l

+

+

+

+

—

+

+

+

+

—

+

r

r

—

3%

er Vegetation dem *Salicetum*

geren Schneebedeckung, auf
ea, *Hutchinsia alpina*, *Saxi-*
z. B. im obersten Val Botsch,
len.

ukturböden

ge polygonale Musterung der
urch Trockenrisse der oberen
azung der Felder aus kleinen

n zu der besondern morpho-
ese auf den Feinerdeansamm-

lungen in kleinen Vertiefungen beobachtet werden. Die Besiedlung erfolgt immer von den Rissen aus. Sie bilden in ihrer Tiefe ein ausgezeichnetes Keimbeet für Jungpflanzen, die hier die nötige Feuchtigkeit und mikroklimatischen Schutz finden (Abb. 13, 14).

An initialen Stadien wurden in diesen Rissen nur folgende vier Arten festgestellt:

Ranunculus alpestris
Hutchinsia alpina

Polygonum viviparum
Sesleria coerulea

Abb. 13.

Karartiger Talhintergrund
des Val Nügli. Zwischen Mo-
ränenwällen liegen dolinen-
artige Vertiefungen, in denen
das Wasser Feinmaterial ab-
lagert. Immer wieder über-
schwemmte Flächen bilden
schwach besiedelte Textur-
polygone aus.

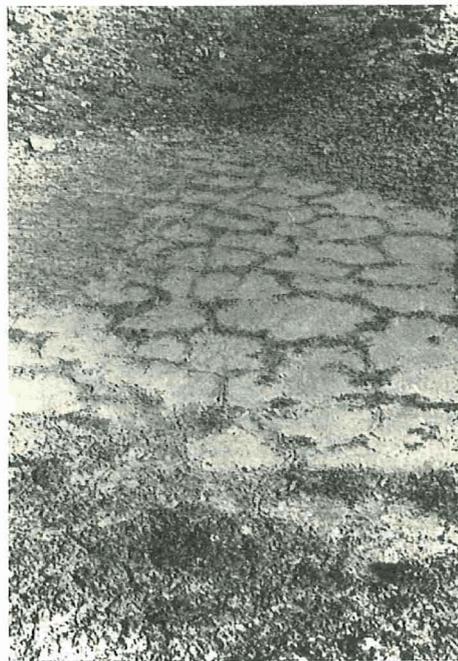


Abb. 14.

Texturpolygone entstehen wegen der Bildung von Trockenrissen im schluffig/sandigen Feinmaterial. Die feuchten Risse sind Keimbeete der initialen Phanerogamenvegetation.

In den **Anfangsstadien** bildet die Vegetation einen grünen Rahmen um die kleinen, **unregelmässigen, polygonalen** Flächen. In Folgestadien, welche höher gelegen sind, dehnt sich die Vegetation **auch** auf die Flächen aus. Es kommen folgende Arten dazu:

Salix herbacea
Saxifraga oppositifolia
Carex atrata
Festuca pumila

Carex firma
Silens acaulis
Taraxacum alpinum
Elyna myosuroides

Mit zunehmendem Vegetationsschluss werden auch die Kryptogamen wichtiger. GIACOMINI (1943) beschreibt ähnliche Texturpolygone vom Kleinen St. Bernhard auf Silikatsubstrat. Er nimmt an, dass die Polygone immer wieder mit frischem Feinmaterial überschwemmt werden, in welchem sich die Risse ständig neu bilden. Dies trifft im Nationalpark vor **allem** für die initialen Stadien zu, in denen die beobachteten Arten meistens erst kurze **Entwicklungszeiten** hinter sich haben. Wenn die **Materialaufschüttungen kleiner** werden, vermögen sich die Arten zu halten und auch die zwischen den Rissen liegenden Flächen zu besiedeln.

Im **Unterschied** zu GIACOMINIS **Beobachtungen** beginnt hier die **Besiedlung** nicht mit Kryptogamen, sie erscheinen erst in recht fortgeschrittenen Stadien.

Die ursprünglichen Risse sind bei fortgeschrittenem Bewuchs immer noch deutlich als stärker besiedelte, **netzartig** verteilte Streifen zu beobachten.

Nach Ansicht von MEINARDUS (1930) erfolgt die Besiedlung in Steinpolygonen deshalb vom Rand aus, weil dort, wegen des geringen Feinmaterialgehaltes, die Frostwirkung klein ist. Für die **Texturpolygone** treffen diese Unterschiede nicht zu. Die **Frostwirkung** ist auf diesen ebenen **Flächen** offensichtlich nur klein, da diese Stellen erst nach der eigentlichen **Frostwechselzeit** ausapern. Die Flächen zeigen keine Aufwölbungen in ihren zentralen **Teilen**.



Abb. 15.

Der Übergang von **Streifenböden** zu **Polygonböden** wird durch die geringe Hängneigung im Sattel (Fuorela Val Fögliä) bewirkt. Die **Vegetation** ist **nur** auf die **Streifenböden** beschränkt.

grünen Rahmen um die kleinen, n, welche höher gelegen sind, kommen folgende Arten dazu:

ma
aulis
m alpinum
osuroides

die Kryptogamen wichtiger, vom Kleinen St. Bernhard auf hier wieder mit frischem Fein-Risse ständig neu bilden. Dies zu, in denen die beobachteten haben. Wenn die Materialaufhalten und auch die zwischen

nimmt hier die Besiedlung nicht rittenen Stadien.

Bewuchs immer noch deutlich bachten.

edlung in Steinpolygonen des-materialgehaltes, die Frostwir-erschiede nicht zu. Die Frost-klein, da diese Stellen erst nach zeigen keine Aufwölbungen in



Um die Frage der Rissbildung nach einer Feinmaterialüberschüttung abzuklären, sind mehrjährige Beobachtungen nötig, die periodisch die Rissbildungen eventuell photometrisch aufnehmen müssten. Die besten Beobachtungsmöglichkeiten bieten sich im obern Val Nügliä.

Die Strukturböden kommen in geringer Ausdehnung an mikroklimatisch ausserordentlich exponierten Stellen vor, so dass sie praktisch vegetationslos bleiben. Möglicherweise ist dieser unbewachsene Zustand eine Voraussetzung für die Herausbildung dieser Strukturen. Einen schwachen Bewuchs zeigen einzig die Streifenböden, in denen sich vor allem *Sesleria coerulea*, *Festuca pumila* und *Silene acaulis* halten können (Abb. 15).

III. ÖKOLOGISCHE DETAILUNTERSUCHUNGEN

A. Korngrößenuntersuchungen

1. Methode

Die Korngrößenuntersuchungen wurden nach **Arbeitsvorschriften** des geographischen Institutes der Universität Zürich ausgeführt.

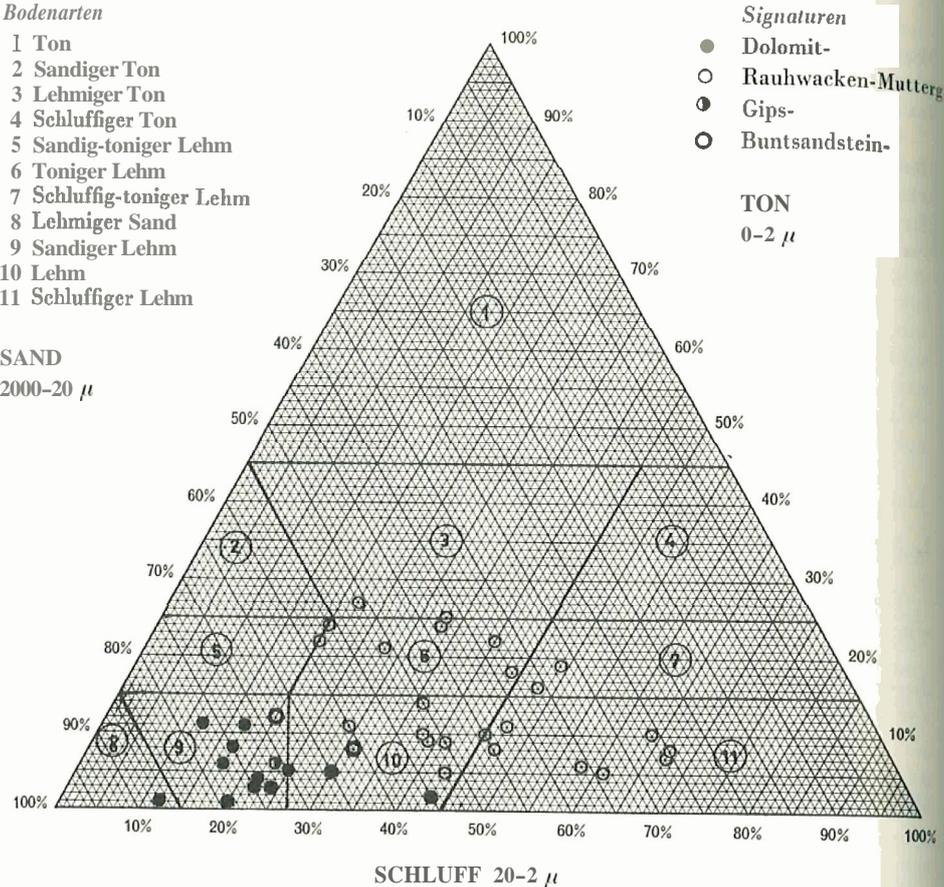
Durch die Analyse wird der **Korngrößenbereich** zwischen 1 und 2000 μ erfasst. Für diesen Bereich genügen Proben von etwa 200 g. (Aus den Profilen wurden jeweils Proben von durchschnittlich 1000 g gesammelt.)

1. Probenvorbereitung. Entfernung des organischen Materials mit zuerst 3 %, dann 30 % H_2O_2 (bis bei 30 % kein Aufschäumen mehr auftritt). Erwärmen der Probe über Bunsenbrenner, bis die Gasentwicklung aufhört.
2. Siebung. Abtrennung der Korngrößenbereiche von 63–2000 μ auf Vibrationsiebmaschine (EML 300). Die einzelnen Siebe (4000, 2000, 1000, 500, 250, 125, 90, 63 μ) sind mit Gummiringen abgedichtet, so dass mit durchfließendem Wasser gearbeitet werden kann. Die Siebung erfolgt solange, bis das austretende Wasser klar ist. Dieses wird in Plastikeimern aufgefangen.
3. Abtrennung der Fraktionen 63 μ durch Sedimentation in den Eimern. Absaugen des überstehenden Wassers. Das **Feinmaterial** wird in Porzellanschalen gespült. Nach erneuter Sedimentation und nachträglichem Absaugen des überstehenden Wassers werden die Siebfraktionen bei 105° im Ofen getrocknet und ausgewogen.
4. Dispergieren des Materials. Nochmalige Peroxidbehandlung zur Entfernung letzter organischer Reste (wie unter 1). 20 g ofentrockenes Material wird quantitativ in 750 ml Erlenmeierkolben gespült, mit 2 g Natriumpyrophosphat versetzt und zur Hälfte mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Die verschlossenen Kolben werden während etwa 12 Stunden geschüttelt, um ein möglichst gutes Dispergieren zu erreichen.
5. Araeometeranalyse. Einfüllen des dispergierten Materials in 1000 ccm Standzylinder. 1 Minute mit Rührstab suspendieren (60 Auf- und Abwärtsbewegungen). Einsetzen des Araeometers. Erste Ablesung 1 Minute nach dem Rühren. Die Sedimentation wurde über 24 h bei einer konstanten Wassertemperatur von 20° verfolgt. Nach der Stocesschen Gleichung lassen sich aus der Dichtebestimmung (Blindwert für 2 g $Na_2P_2O_7$ in 1000 ccm Wasser abziehen) und der gemessenen Zeit die Korngrößen und ihre Mengenteile bestimmen. (Nach Tabellen des geographischen Institutes.)

Bodenarten

- 1 Ton
- 2 Sandiger Ton
- 3 Lehmiger Ton
- 4 Schluffiger Ton
- 5 Sandig-toniger Lehm
- 6 Toniger Lehm
- 7 Schluffig-toniger Lehm
- 8 Lehmiger Sand
- 9 Sandiger Lehm
- 10 Lehm
- 11 Schluffiger Lehm

SAND
2000–20 μ

*Signaturen*

- Dolomit-
- Rauhacken-Muttergestein
- Gips-
- Buntsandstein-

TON
0–2 μ

Fig. 9

6. Darstellung der Ergebnisse. Die einzelnen Korngrößenfraktionen wurden als Summationskurven dargestellt. Dabei sind auf der Abszisse die Korngrößen in μ logarithmisch aufgetragen. Der zugehörige Ordinatenwert bedeutet die Menge in Prozenten, welche aus Teilchen kleinerer Durchmesser besteht, als der Abszissenwert angibt.

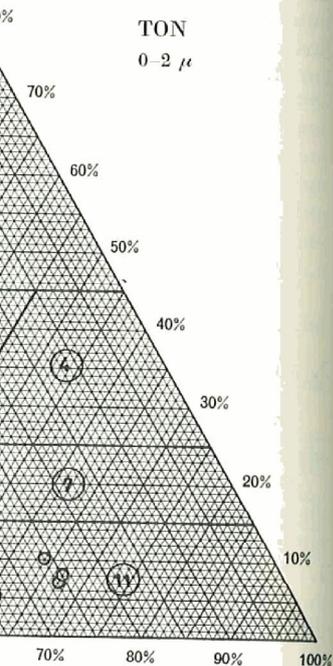
Um Vergleiche besser anstellen zu können, wurden mehrere Kurven in einer Darstellung vereinigt (Einteilung nach der internationalen Korngrössenskala).

2. Bodenarten und Pflanzengesellschaften

Aus der Übersicht der untersuchten Böden (Fig. 9) geht die Zuordnung zu den Bodenarten hervor. (Bodenarten sind durch ihre Korngrössenzusammensetzung [Textur] definiert.) Um die Bodenart und den Zusammenhang zwischen ihr und der Vegetation darzustellen, wurden Dreieckskoordinaten verwendet. Hier mussten Grob- und Feinsandkomponenten zusammengefasst werden.

Dolomitböden einerseits, Rauhacken- und Mergelböden andererseits unterscheiden sich vor allem in den verschiedenen Schluff- und Sandanteilen, während der Tonanteil

- Signaturen
- Dolomit-
 - Rauhwacken-Muttergestein
 - ⊙ Gips-
 - Buntsandstein-



innerhalb der **Rauhwacken-** und **Mergelböden** stark schwankt. Die meisten Proben gehören zu den verschiedenen Arten der Lehme. Die **Dolomitböden** lassen sich fast völlig bei den sandigen Lehmen einordnen. Die Rauhwacken und Mergel zeigen je nach Ton- und Schluffgehalt Zugehörigkeit zu den tonigen Lehmen, den schluffigen Lehmen, den schluffig-tonigen Lehmen oder den Lehmen.

In Fig. 10 sind die Feinmaterial-Summationskurven von Böden verschiedener geologischer Unterlagen dargestellt. Die Proben wurden alle in 10–15 cm Tiefe entnommen. Zwei Extreme bilden die Dolomit- und die **Rauhwackenböden**. Bei **beiden** ist der **Grob-**sandanteil (2000–200 μ) ziemlich klein. Der Dolomitboden zeigt den stärksten Kurvenabfall (= grösster Mengenanteil) in der Feinerdezone (200–20 μ), die Rauhwackenkurve einen ähnlichen Abfall erst in der Schluffphase (20–2 μ). Die übrigen Böden zeigen in allen Korngrössenbereichen \pm gleichmässig verteilte Mengenanteile.

Gipsschichten und Rauhwackenbänke sind im Untersuchungsgebiet meistens vergesellschaftet. Die aus derartig wechsellagernden Schichten hervorgehenden Böden sind in den Hängen infolge der Durchmischung des Feinmaterials durch Wassertransport weder reine Rauhwacken- noch reine Gipsböden.

(Die dargestellten Proben stammen aus Standorten, wo die Gesteine weit genug voneinander getrennt sind, z. B. Alp Prasüra, Alp da Munt, um sich nicht zu mischen.) In der Tabelle der Standortsfaktoren wurden solche Mischböden nicht voneinander geschieden.

Der Zusammenhang zwischen Pflanzengesellschaften und Bodenart wird in Fig. 11 dargestellt. Damit erfährt die qualitative Aussage des die Vegetation beschreibenden Teils eine quantitative Begründung. Auch diese Proben stammen aus 10–15 cm Boden-

Bodentypen

1 Buntsandstein	0–15 cm	4 Gips	5–10 cm
2 Dolomitboden	0–15 cm	5 Muschelkalkboden	0–15 cm
3 Rauhwackeboden	0–15 cm		

Korngrössenfraktionen wurden als Tabelle die Korngrössen in μ log-geordnet, die Menge in Prozenten, der Abszissenwert angibt. mehrere Kurven in einer Darstellung (Korngrössenskala).

Die Zuordnung zu den Bodentypen basierend auf der Bodenzusammensetzung [Textur] zwischen ihr und der Vegetation für muschelkalkböden mussten Grob- und Fein-

Böden andererseits unterscheiden, während der Tonanteil

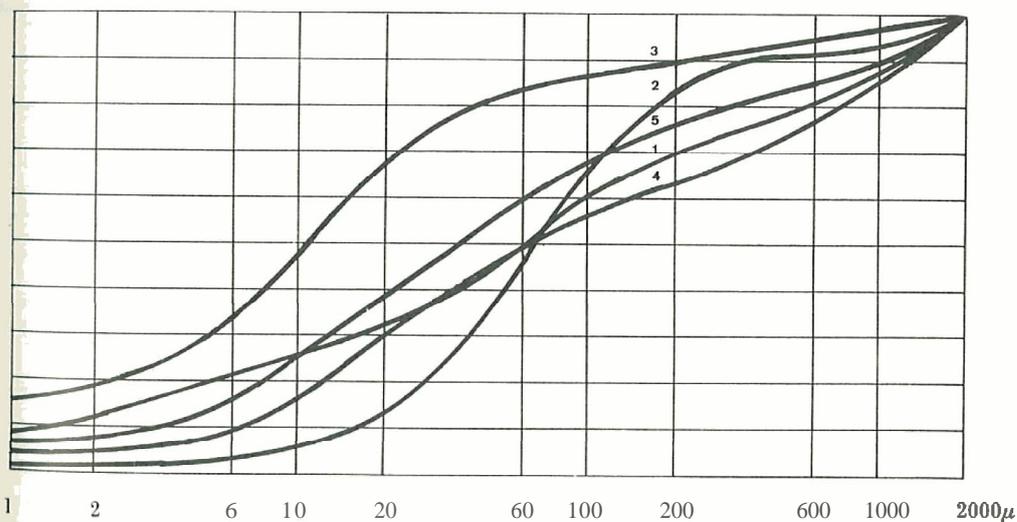


Fig. 10

Fig. 11

Beziehungen Gesellschaft-Korngrösse

- 1 Ausbildung m. S. Schafgarbe
- 3 Lwz.-Grhf.-Pionierstadien
- 5 Lwz.-Erika-Horstseggenrasen (typische Ausbildung)

Edehweiss-Erika-Horstseggenrasen

- 6 Ausbildung mit stachelsp. Segge
- 7 Typische Ausbildung
- 8 Verarmte Ausbildung

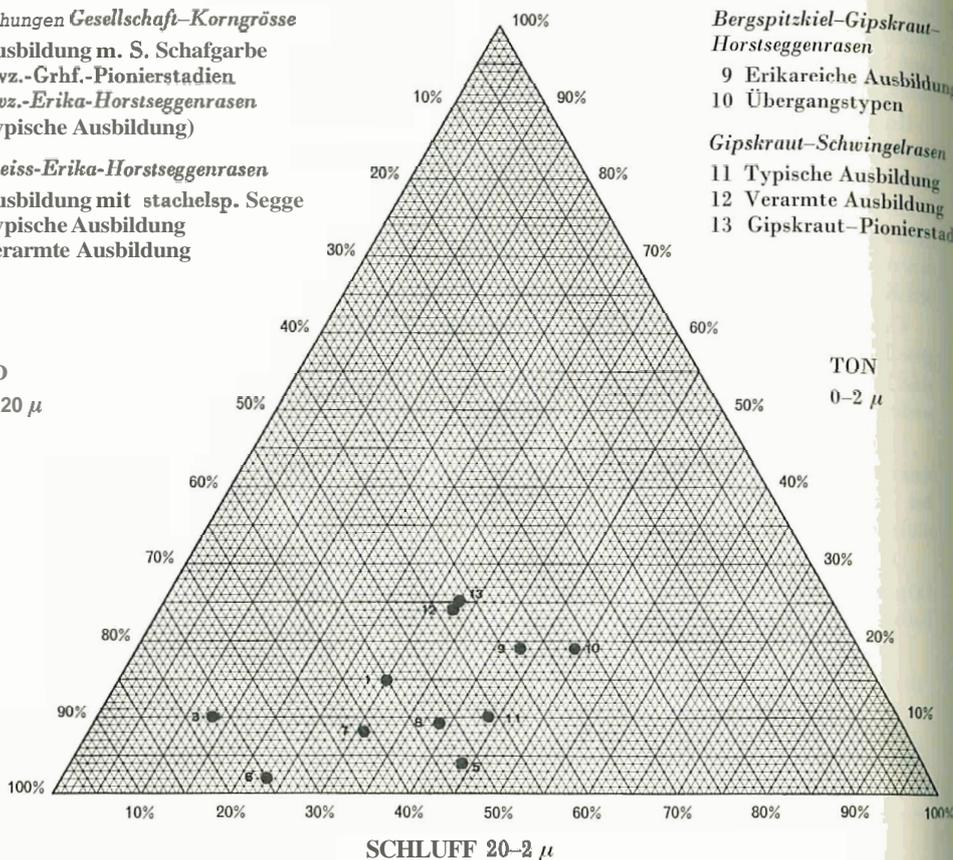
Bergspitzkiel-Gipskraut-Horstseggenrasen

- 9 Erikareiche Ausbildung
- 10 Übergangstypen

Gipskraut-Schwingelrasen

- 11 Typische Ausbildung
- 12 Verarmte Ausbildung
- 13 Gipskraut-Pionierstadien

SAND
2000-20 μ



TON
0-2 μ

tiefe. Der Haupteinschnitt in der Vegetationstabelle fällt mit der Trennungslinie zwischen sandigem Lehm und Lehm zusammen.

Zwischen Dichte der Besiedlung und der Korngrößenverteilung scheinen ebenfalls Beziehungen zu bestehen. In gleicher Höhe, Exposition und auf Böden gleicher petrographischer Zusammensetzung wurden Proben aus initialer, aus weiterentwickelter und aus Girlandenvegetation verglichen. Je dichter die Vegetation wird, desto mehr zeigt sich eine Verlagerung der Korngrößenanteile im Schluffbereich (Fig. 12/13). Dies geschieht vor allem auf Kosten des Tongehaltes. Die Proben aus gut entwickelter Girlandenvegetation zeigen immer einen ausgeprägten Kurvenabfall in einem vom Material abhängigen Korngrößenbereich.

Frisches Verwitterungsmaterial zeigt dagegen meistens einen flachen Kurvenverlauf, was einer gleichmässigen Verteilung der Fraktionen entspricht.

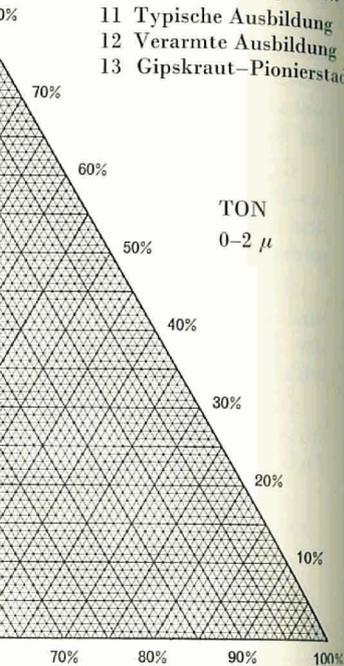
Die zunehmende Besiedlung durch die Vegetation ist der sichtbare Ausdruck einer eigenartigen Entmischung des Bodenmaterials, einer gewissen Bodensortierung. Sortierende Wirkung hat vor allem das Wasser. Zum Vergleich wurde aus einem kleinen Gleithang im obersten Abschnitt der Ova da Stabelchod angeschwemmtes Feinmaterial auf seine Textur hin untersucht (Fig. 14). Es zeigt sich diese deutliche Sortierung im

Bergspitzkiel-Gipskraut-Horstseggenrasen

- 9 Erikareiche Ausbildung
- 10 Übergangstypen

Gipskraut-Schwingelrasen

- 11 Typische Ausbildung
- 12 Verarmte Ausbildung
- 13 Gipskraut-Pionierstadien



Beziehungen zwischen Korngrößen und Vegetation Rauwackeböden

- 1 Pioniervegetation, 1% Deckung
 - 2 Pioniervegetation, 5% Deckung
 - 3 Girlandenvegetation, 10% Deckung
- Alle Proben aus 5-15 cm Bodentiefe

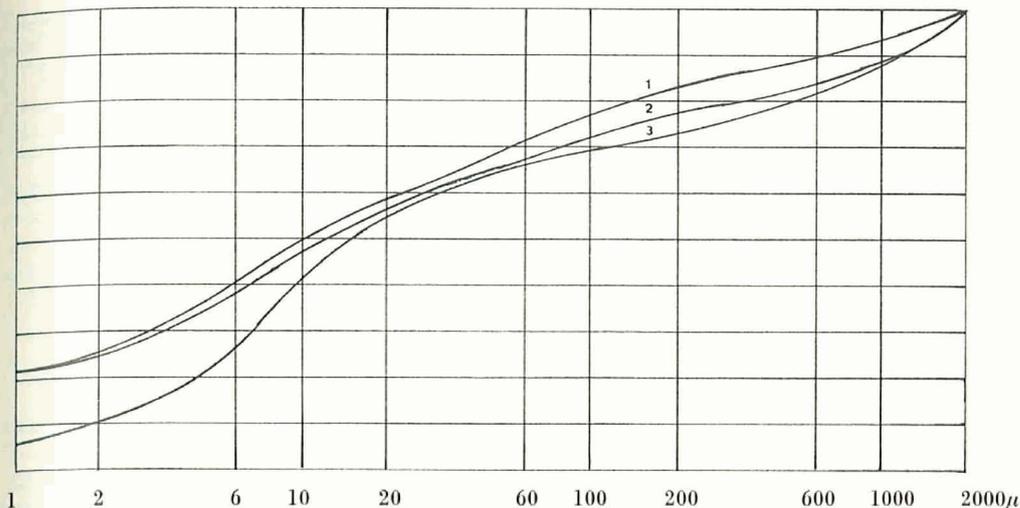


Fig. 12

Korngrößenverteilung in einem ± unbewachsenen Rauwacke/Mergelboden

- Probertiefen: 1: 5 cm
- 2: 10 cm
- 3: 20 cm
- 4: 60 cm

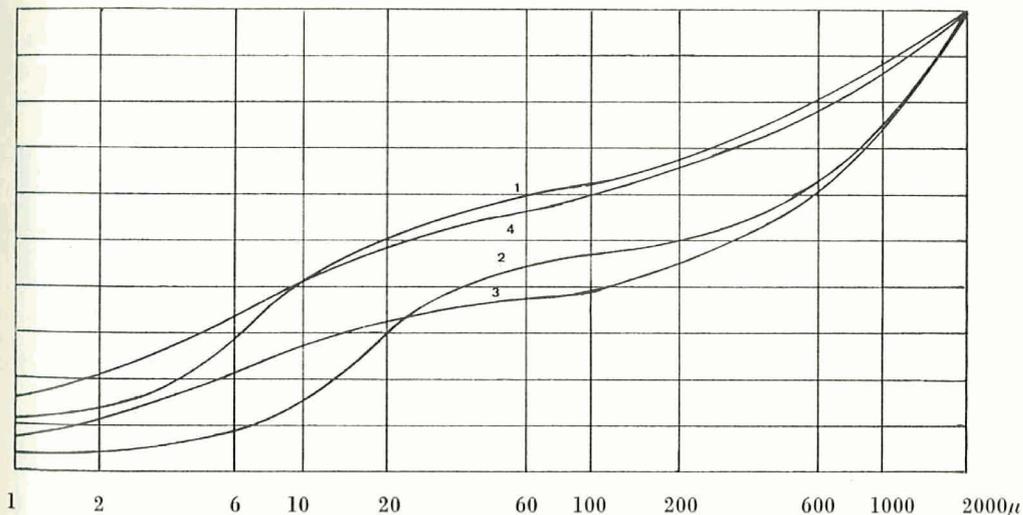


Fig. 13

lt mit der Trennungslinie zwi-
 nverteilung scheinen ebenfalls
 und auf Böden gleicher petro-
 ler, aus weiterentwickelter und
 etation wird, desto mehr zeigt
 Bereich (Fig. 12/13). Dies ge-
 aus gut entwickelter Girlanden-
 fall in einem vom Material ab-
 s einen flachen Kurvenverlauf,
 pricht.
 der sichtbare Ausdruck einer
 ewissen Bodensortierung. Sor-
 reich wurde aus einem kleinen
 angeschwemmtes Feinmaterial
 diese deutliche Sortierung im

Korngrößenverteilung und Wassertransport

- 1 Aus Gleithang der Ova da Stabelchod
- 2 Aus Feinerdetexturpolygonen
- 3 Aus Dolomitgirlande
- 4 Aus Rauhwackengirlande

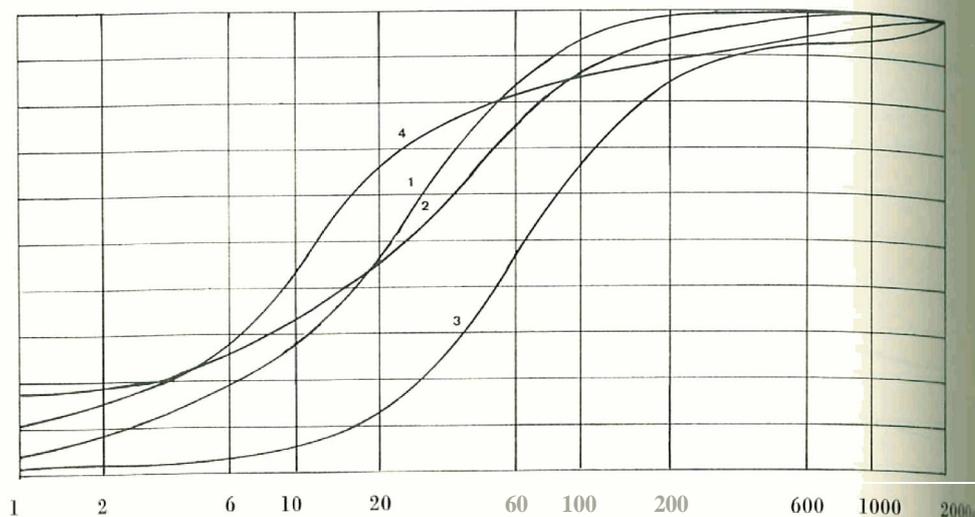


Fig. 14

Feinkies und Schluffbereich. Tonbestandteile und auch Grobkies fehlen beinahe völlig. Grundsätzlich gleich verlaufen auch die Kurven aus den Girlandenböden. Einzig die **Grobsandbereiche** weisen **grössere** Anteile auf. Die Annahme einer Sortierung des Bodenmaterials durch Wassertransport erscheint begründet.

Die Vegetation hemmt diesen Transport. Dadurch wird das Feinmaterial **abgelagert** und infolge der **Durchwurzelung** stabilisiert.

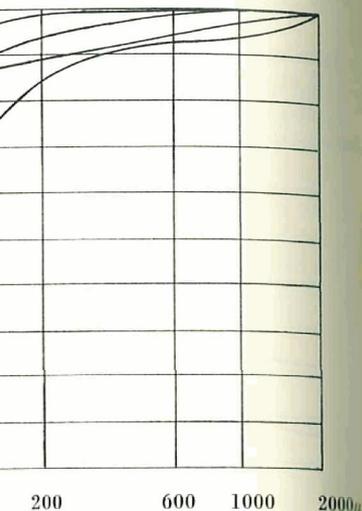
Diese Vorgänge sind im Frühling, unmittelbar nach der Schneeschmelze, **direkt beobachtbar**. Der basale Teil der **Rückenfläche** und auch die Girlandenstirn werden von einer **bis 5 cm mächtigen**, breiartigen Feinerdeschicht überzogen (Abb. 5). Dabei ist die



Abb. 16.

Das **Erdfließen** erstreckt sich über die gesamte Rückenbreite der Girlanden. Es beschränkt sich aber auf die obersten **Erd-schichten** (2 bis 3 cm) und nimmt in der Tiefe rasch ab. In den unteren Teilen der Girlandenrücken ist das **Fliessen grösser als** in oberen Abschnitten.

ng der Ova da Stabelchod
 etexturpolygonen
 girlande
 ckengirlande



Grobkies fehlen beinahe völlig.
 en Girlandenhöden. Einzig die
 ahme einer Sortierung des Bo-
 t.
 rd das Feinmaterial abgelagert

er Schneeschmelze, direkt beob-
 die Girlandestirn werden von
 erzogen (Abb. 5). Dabei ist die



Erscheinung auf den Rauhackerböden viel ausgeprägter als auf den Dolomitsubstra-
 ten. Die so entstandene Übergusschicht lässt sich jederzeit als nur sehr schwach durch-
 wurzelter Feinmaterialhorizont von staubartiger Konsistenz erkennen.

Durch Frostsprengung und Nivation werden während der Regelationsperiode diese
 Flächen von den darüber liegenden Felsen stark überschottert, wobei die Grösse der dar-
 auf liegenden Trümmer gegen unten zunimmt.

Durch diese mehrfache Wirkung von Überschotterung, Feinmaterialtransport und
 Stauung durch die Vegetation lässt sich das Zustandekommen der besonderen Boden-
 zusammensetzung in den Girlandenprofilen verstehen.

Ihrer Genese nach entsprechende Bildungen sind die Feinerdegirlanden. Sie zeigen,
 wie die Texturpolygone, eine vorwiegend feinsandig-schluffige Feinmaterialzusammen-
 setzung ohne Skelettelemente. Eine derartige Bodentextur ist in dieser Situation nur
 als Ablagerung von wassertransportiertem Feinmaterial deutbar. Die auf diese Weise
 entstehenden ähnlichen Girlandenformen tragen zur Stützung obiger Annahme wesent-
 lich bei.

3. Die Verteilung der Korngrößen im Hang (Fig. 15, 16)

In der Profillinie von Fig. 1 wurden in verschiedenen Tiefen Proben entnommen. Da
 das Muttergestein aus langsam verwitterndem Dolomit besteht, ist der Schluff- und
 Tonanteil des Feinmaterials unbedeutend. Unterschiede bleiben vor allem auf den Über-
 gang zwischen Fein- und Grobsanden beschränkt. In der eigentlichen Feinmaterial-
 schicht, dem hauptsächlich Lebensraum der Wurzeln, sind Unterschiede erwartungs-
 gemäss grösser als in tieferen Schichten, wo die relative Lage zum Muttergestein bereits
 eine wichtige Rolle spielt.

Korngrößenverteilung
 im Hang I
 Dolomithoden

1 Hangbasis
 2 Hangmitte
 3 Hangkrete
 Alle Proben aus 10-20 cm Bodentiefe

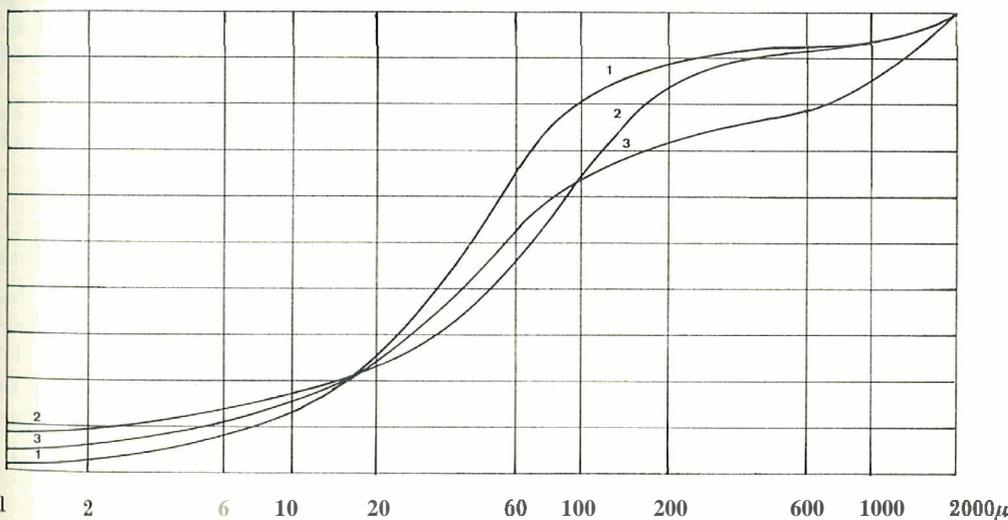


Fig. 15

Korngrößenverteilung
im Hang II
Dolomithoden

1 Hangkrete
2 Hangmitte in Grossgirlande
3 Hangbasis
Alle Proben aus 30–50 cm Bodentiefe

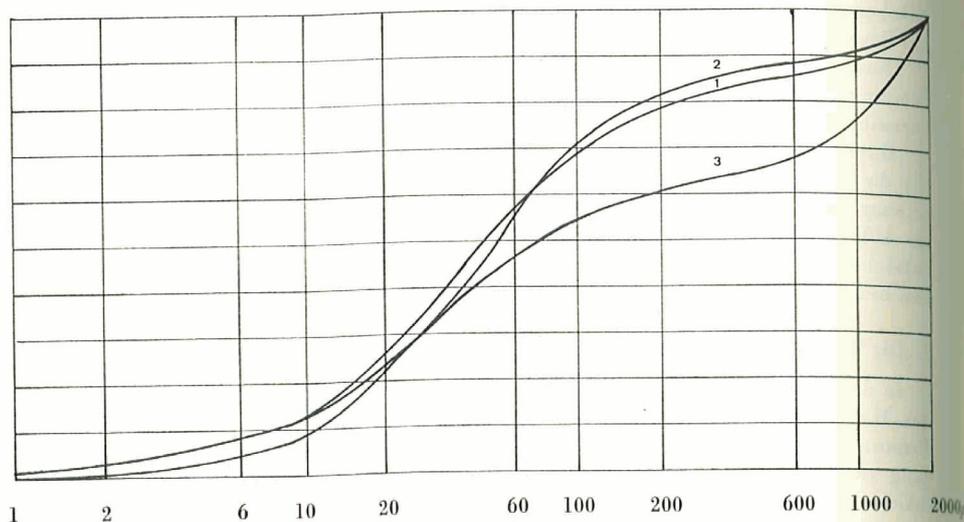


Fig. 16

In den obersten 10–20 cm zeigt sich eine deutliche Zunahme der Feinsandanteile von der Krete bis zur Hangbasis. In den feinen Fraktionen sind die Unterschiede aber entsprechend dem Genauigkeitsgrad der Methode zu gering, um schlüssige Aussagen machen zu können (Fig. 15, 16).

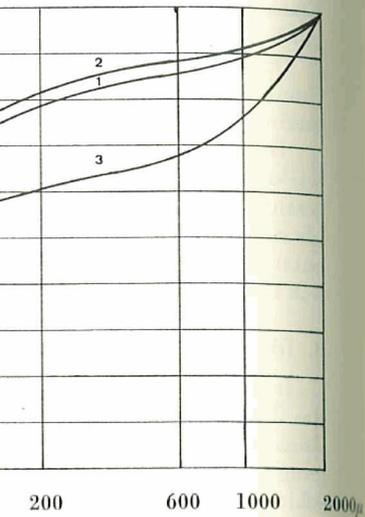
Die materialsortierende Wirkung des Wassers wird aber deutlich, wenn der Kurvenverlauf mit der Lage im Hang verglichen wird. Das Material der Hangbasis zeigt die stärkere Entmischung und die Hangkrete den gleichmässigsten Kurvenverlauf und mit einer \pm gleichmässigen Verteilung der Korngrößen in den Fraktionen.

Kleinstandörtliche Untersuchungen innerhalb einzelner Girlandenprofile zeigen ebenso das typische Vorherrschen bestimmter Korngrößen. In vertikaler Richtung sind die Unterschiede im gleichen Profil grösser, vor allem in der Schlufffraktion, als innerhalb der gleichen Schichthöhe (Fig. 17–19).

Zusammenfassend ergeben die Bodentextur-Untersuchungen folgende Ergebnisse:

1. Die Bodentextur ist stark abhängig von den petrographischen Verhältnissen des Muttergesteins. Dolomitische Böden sind vorwiegend feinsandig, Rauhdecken bilden vorwiegend schluffhaltige Bodenarten aus.
2. Es lassen sich Beziehungen zwischen der Textur und der Vegetation des Bodens aufzeigen. Initiale Besiedlungsstadien werden offenbar von bodenphysikalischen Verhältnissen stark beeinflusst.
3. Die Entstehung der bewurzelten Feinmaterialhorizonte ist wesentlich von der Erosion und Akkumulation des verwitterten Feinmaterials abhängig.
4. Innerhalb der Feinmaterialschicht sind die Unterschiede in der Textur relativ klein.

1 Grossgirlande
s 30-50 cm Bodentiefe



Korngrößen
im Girlandenprofil II
Rauhacken
Girlandenmitte

1: 0- 5 cm
2: 10-15 cm
3: 20-30 cm
4: 30-40 cm

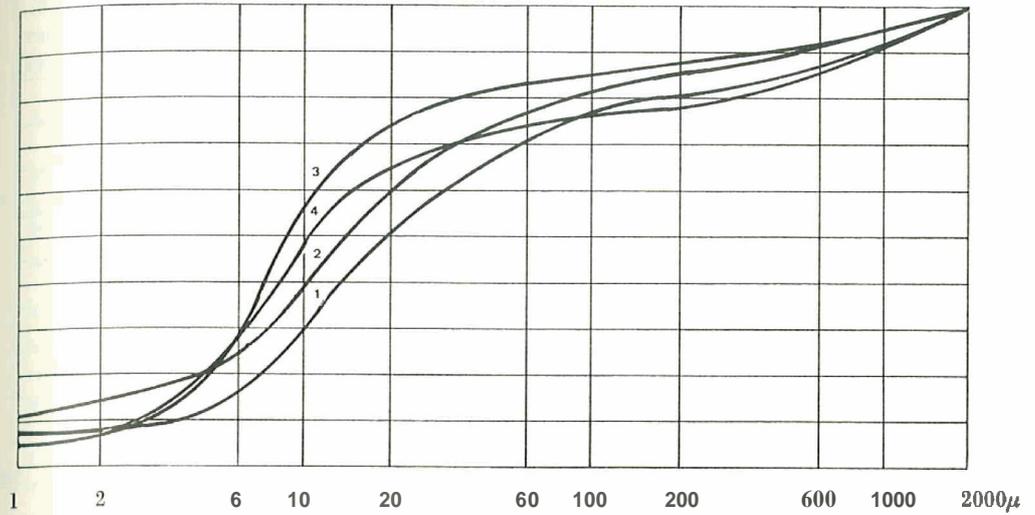


Fig. 17

nahme der **Feinsandanteile** von
ind die Unterschiede aber ent-
g, um schlüssige Aussagen ma-

er deutlich, **wenn** der Kurven-
material der Hangbasis zeigt die
lässigsten Kurvenverlauf und
den Fraktionen.

elner **Girlandenprofile** zeigen
en. In vertikaler Richtung sind
der **Schlufffraktion**, als inner-

chungen folgende Ergebnisse:
graphischen Verhältnissen des
d feinsandig, **Rauhacken** bil-

id der Vegetation des Bodens
bar von **bodenphysikalischen**

zonte ist wesentlich von der
aterials abhängig.

ede in der Textur relativ klein.

Grossgirlandenprofil
auf Dolomitboden
(Profilbild Abb. 4b)

Probentiefen: 1: 5 cm
2: 10 cm
3: 15 cm
4: 40 cm

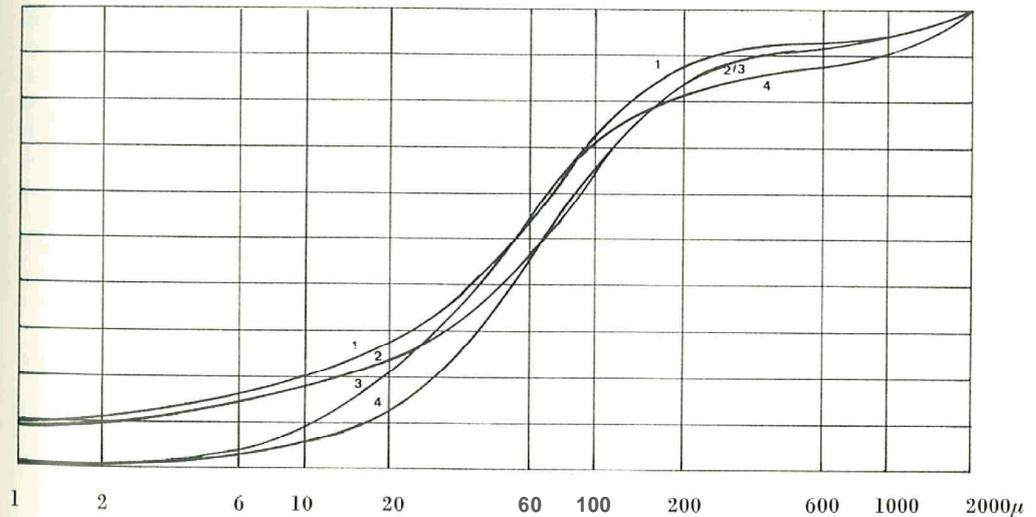


Fig. 18

Korngrößen im Girlandenprofil I
(Rauhwracken)
Längsrichtung

Alle Proben aus 0–10 cm Bodentiefe

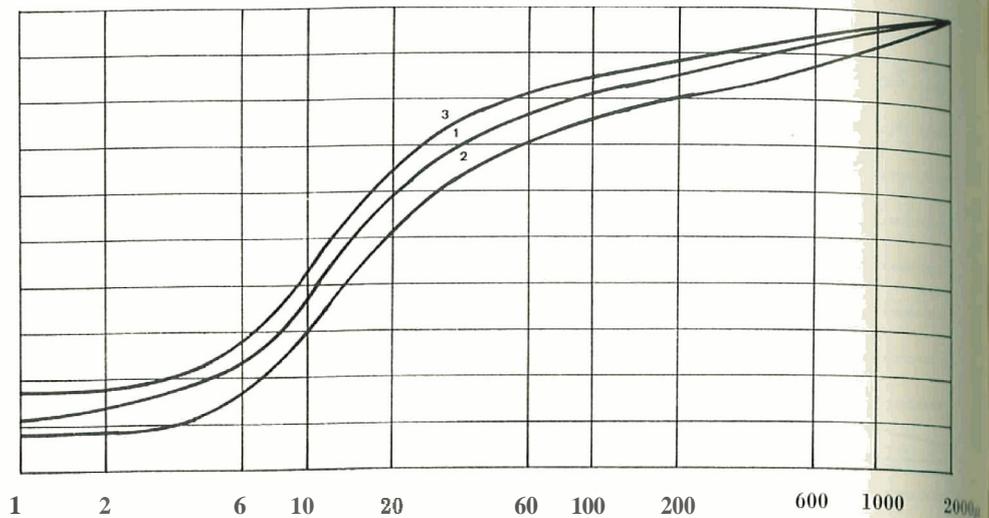


Fig. 19

B. Bodenbewegungen und Girlandenbildung

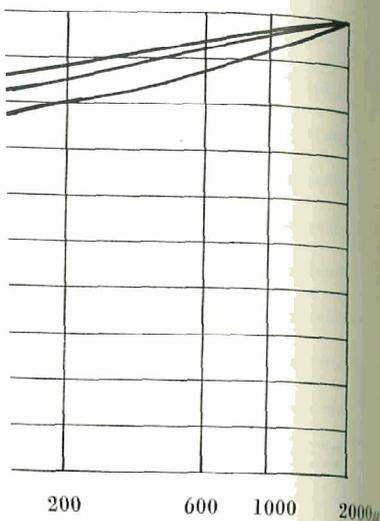
Bodenbewegungen sind die Hauptursache der Girlandenbildung. Diese Ansicht wird von allen Autoren ausgesprochen. Von geomorphologischer Seite wird meistens ein Fließen der Schutt- und Humusmassen infolge Wasserdurchtränkung des Bodens und der Schwerkraftwirkung im Hang beschrieben. Diese Schlüsse werden vor allem aus Beobachtungen in der Arktis gezogen, wo eine oberflächliche Durchnässung dadurch zustande kommt, dass der Permafrost (die Tjäle) das Tauwasser nicht versickern lässt. So kommt es zu einer Vergrößerung des Gewichtes der oberen Erdschichten und zu einer Verringerung der Profilstabilität. Die Tjäle wirkt als Gleitfläche. – Diese Ansicht blieb allerdings nicht unwidersprochen. HÖGBOM (zit. n. FURRER 1954) weist darauf hin, dass deren Oberfläche sehr uneben ist und dass dort besonders grosse «Friktionen» zu erwarten seien.

Im Untersuchungsgebiet wurde in Tiefen bis zu 1 m nie Permafrost festgestellt. Als Gleitfläche und Stauhorizont wurde von FURRER (1954) in einem Beispiel eine anstehende Felsplatte gefunden. In den am häufigsten beobachteten Fällen findet sich aber eine z. T. feinmaterialarme Schuttschicht¹.

Nach FURRER soll die Bodenbewegung des sich talwärts bewegenden Schuttes die Vegetation unter sich einrollen. Die Bewegung soll in einer geschlossenen Vegetationsdecke einsetzen, wobei durch das Rasenwälzen der vegetationsfreie Rücken entsteht und die Humuslinse in den tiefern Bodenschichten gebildet werden soll. Die Wiederbesiedlung des vegetationsfreien Rückens wird durch die Kammeisbildung verhindert. Der Vorgang wird diskontinuierlich, ruckartig bezeichnet.

¹ Es ist aber fraglich, ob diese als Gleithorizont dienen kann.

aus 0–10 cm Bodentiefe



denbildung

denbildung. Diese Ansicht wird von der anderen Seite meistens ein Ergebnis der Durchtränkung des Bodens und der Durchlässigkeit werden vor allem aus der Ursache der Durchnässung dadurch zu Wasser nicht versickern lässt. Die oberen Erdschichten und zu einer Gleitfläche. – Diese Ansicht (MURPHY 1954) weist darauf hin, dass anders grosse «Friktionen» zu

die Permafrost festgestellt. Als in einem Beispiel eine angetroffenen Fällen findet sich aber

orts bewegenden Schuttes die der geschlossenen Vegetations-tationsfreie Rücken entsteht nicht werden soll. Die Wiederbe-merneisbildung verhindert. Der

BROCKMANN-JEROSCH (1925) beschreibt die **Entwicklungsweise** sehr **ähnlich**. In einer schwachen **Erscheinungsform** sollen **Bodenwülste** mit oben konvexen und unten konkaven Formen vorkommen. Die ausgeprägte Erscheinung ist durch **Abreissen** und rasches Abgleiten der Vegetation **charakterisiert**. Die oben konvex abgerissenen **Vegetationspolster** rutschen, durch die **unbewachsene** Erde gestossen, abwärts, stellen sich aufrecht und bilden so die Stirnstufe. Da der basale Rasenteil stabiler ist, kommt es zu einem langsamen Bergabwärtsrollen dieser Vegetationspolster.

Die Vorstellungen dieser beiden Autoren über die **Girlandenbildung** stimmen in der Annahme einer Entstehung aus geschlossener Vegetation durch Rasenwälzen überein.

HÖLLERMANN (1964) nimmt auf Grund der Pflanzenbesiedlung keine rezenten Bewegungen in den Girlandenböden an. Für die hier beobachteten Fälle trifft seine Bemerkung, dass die Terrassen immer in südlicher Richtung, also oftmals schräg, den Hang hinunterlaufen, nicht zu. Solche Angaben finden sich in Arbeiten über die Arktis (z. B. FRÖDIN 1918).

Die bedeutendsten Ergebnisse über Solifluktionserscheinungen stammen aus der Arktis. Hier wurden und werden auch genaue **Messungen** über die **Grösse** der **Solifluktionsbewegungen** durchgeführt (BÜDEL in **Spitzbergen**, WASHBURN in **Grönland**, RAPP in Nordschweden). Die Messbeträge sind erstaunlich klein, **meistens** nur wenige Millimeter im Jahr.

Aus dem Alpengebiet sind bis heute keine Messungen **bekannt**, die **kleinstandörtliche** Bewegungen erfassen. Die arktischen Beobachtungen lassen sich nicht ohne weiteres übertragen, weil:

1. Die **Standortsbedingungen** sowohl in klimatischer als auch in **pedologischer** Hinsicht verschieden sind.
2. In der Literatur über die Arktis keine **Strukturen** gefunden wurden, **die** mit den alpinen **Rasengirlanden** übereinstimmen **würden** (siehe Kap. II).

Die einzigen Messungen von **Bodenbewegungen innerhalb** von **kleinen** Flächen wurden im Zusammenhang mit **Bodenfrostbeobachtungen** in mittleren Höhen des Schwarzwaldes durchgeführt (SCHMID 1955). Aus ökologischen Gründen schien es mir interessant, diese Vorgänge auch in der alpinen **Rasenzone** zu beobachten, **zumal** viele **Autoren** solche **Bewegungen** als wichtige Voraussetzungen für **die** Entstehung der **Girlanden** postulieren.

1. Die **Frostanfälligkeit** des **Bodens**

Sie basiert auf der Bodentextur. Nach RUCKLI (1950) sind **ungleichmässige Bodenarten frostempfindlich**, wenn sie einen Feinmaterialanteil von mehr als $22\% < 75 \mu$ besitzen. Diese Bedingung ist in den untersuchten Böden immer erfüllt. So **können** sie als **eher frostempfindlich** bezeichnet werden (siehe Korngrössenuntersuchungen). Die Textur des Bodens bestimmt das Wasserhaltevermögen. **Feinkörnige** Böden halten in ihren vielen feinen Poren mehr Wasser zurück als grobtexturierte Arten, in deren grossen Poren das **Bodenwasser** rasch abfließt. Wie SCHMID in Versuchen zeigen konnte, gefrieren in derselben Zeiteinheit bei gleichen Temperaturen gleiche Wassermengen, so dass der Frost in feinkörnigen Böden weniger tief eindringt als in grobkörnigen. Die Beobachtung wurde durch Temperaturmessungen bestätigt. Durch den Gefriervorgang steigt in feinkörnigen Böden aus tieferen Horizonten Wasser kapillar nach, so dass die **Volumenvergrösserung** durch Eisbildung ein Vielfaches der aus der ursprünglichen **Wassermenge** zu erwartenden Zunahme sein kann (SCHMID). Beim Auftauen des Eises resultiert so eine stärkere Durchnässung der obersten Bodenschichten.

2. Bodentemperaturen

Die Bodentemperaturen wurden mit einem Thermoelement gemessen. Werden die verlöteten Enden zweier Drähte aus verschiedenen Metallen (hier Kupfer/Konstantan) verschieden stark erwärmt, so entsteht ein Potentialgefälle. Dieses ist mit genügender Genauigkeit der Temperatur direkt proportional. Durch Messung dieser kleinen elektrischen **Spannung** mit einem empfindlichen Galvanometer lässt sich der **Temperaturunterschied zwischen den beiden Lötstellen** feststellen. Wählt man eine Temperatur als konstanten Bezugspunkt (**Eis/Wassergemisch** mit **genau 0°C**), so lässt sich dieses Gerät zur Messung der absoluten **Temperaturwerte** benützen.

Die Sonden zur Messung von **Bodentemperaturen** ist in eine stabile Metallhülse eingebaut, so dass sie **gut** ins **Bodenprofil** gesteckt werden kann. Der Vorteil dieser Methode liegt **darin**, dass diese Sonden leichter als die Bodenthermometer in beliebige Tiefen **eingeführt** werden können. **Ausserdem** wird mit diesen Thermofühlern die **Strahlung bei** der Messung von **Lufttemperaturen** der **Bodenoberfläche** praktisch ausgeschaltet. **Allerdings sind** die Galvanometer **ziemlich** stossempfindlich, was bei Serienmessungen an verschiedenen Standorten in der alpinen Stufe Nachteile mit sich bringt. (Bei Temperaturen, die unter der **Bezugstemperatur** liegen, muss umgepolt werden.)

Serienmessungen wurden an möglichst wolkenlosen Strahlungstagen durchgeführt. Für Dauermessungen wurden in 2 cm Bodentiefe Minimumthermometer eingelegt. Sie mussten durch eine kleine Holzkonstruktion vor Wildtritt geschützt werden. In den **Regelationsperioden** wurden sie in der Regel **alle zwei Wochen** kontrolliert.

Wegen der häufigen Ablesungen mussten die Messstellen gut erreichbar sein. Ausserdem wurde versucht, möglichst verschiedene Standorte zu beobachten. Eine günstige Situation liess sich auf der rechten Talflanke des Val Botsch finden. Hier konnten sehr nahe beisammen die Messungen auf Dolomit- und auf Rauhackeböden durchgeführt werden. Es wurden drei Messstellen eingerichtet und regelmässig Minimumtemperaturen und Frosthebungen abgelesen.

Messstelle 1 auf Rauhackeboden,

Exp. S, 2340 m ü. M., Hangneigung 30°.

Messstelle 2 auf Dolomitboden,

Exp. S, 2340 m ü. M., Hangneigung 30°.

Messstelle 3 auf Rauhackeboden,

Exp. SW, 2360 m ü. M., Hangneigung 30°, ungeschützter Standort, völlig offen gegen Westwinde.

Alle drei Messstellen liegen in einer typisch ausgebildeten Grossgirlandenvegetation. Es wurden Messungen in Bodentiefen von 2, 10, 30 und 50 cm in der Girlandenstirn und auf dem Girlandenrücken durchgeführt. In Fig. 20 ist der Verlauf der Bodentemperatur während der herbstlichen Regelationsperiode dargestellt. Die Messung erfolgte unter guten Strahlungsbedingungen und zeigt die grossen mikroklimatischen Unterschiede zwischen kahlem Girlandenrücken und bewachsener Girlandenstirn.

Der Temperaturverlauf der Stirnteile schwankt innerhalb eines engeren Bereichs als die Temperatur in 10 cm Bodentiefe auf dem unbewachsenen Rückenteil. (Ausser wenigen vor allem nach oben abweichenden Extremwerten in 2 cm Bodentiefe.) Auch bei Temperaturminima unter -5° (knapp über dem unbewachsenen Boden gemessen) sinkt die Temperatur im bewachsenen Boden nicht unter den Gefrierpunkt ab. In bezug auf die oberen Extreme verlaufen die Kurven deutlich flacher als in entsprechenden **Bodentiefen** der **Girlandenrücken**.

element gemessen. Werden Metallen (hier Kupfer/Konstantan) verwendet. Dieses ist mit genügender Genauigkeit durch Messung dieser kleinen Thermometer lässt sich der Temperaturverlauf feststellen. Wählt man eine Temperatur genau 0°C), so lässt sich dieses feststellen.

in eine stabile Metallhülse eingebaut sein kann. Der Vorteil dieser Metallhülse ist, dass die Thermometer in beliebige Richtungen Thermofühlern die Strahlung praktisch ausgeschaltet werden kann, was bei Serienmessungen vorteilhaft ist. (Bei Messungen nachteilig mit sich bringt. (Bei Messungen umgepolt werden.)

über mehrere Tage durchgeführt. Die Thermometer sind in die Erde eingelegt. Sie sind durch einen Schutzblech geschützt. In den verschiedenen Stationen kontrolliert.

gut erreichbar sein. Ausserdem sind sie leicht zu beobachten. Eine günstige Beobachtung finden. Hier konnten sehr gute Beobachtungen durchgeführt werden. Die gemessenen Minimumtemperaturen sind

an Grossgirlandenvegetation. Die Messungen wurden in der Girlandenstirn und in der Rückenlinie durchgeführt. Der Verlauf der Bodentemperatur wurde an verschiedenen Stellen beobachtet. Die Messung erfolgte unter verschiedenen klimatischen Unterschieden an verschiedenen Stellen.

in einem engeren Bereich als in einem weiteren Bereich. (Ausserhalb des Bereiches 2 cm Bodentiefe.) Auch bei verschiedenen Bodentiefen gemessen. Die Messungen erfolgten ab dem Gefrierpunkt ab. In bezug auf die Messungen sind sie

VERLAUF DER BODENTEMPERATUR

23./24. X. 65

Bodentiefe	Girlandenrücken	Girlandenstirn	Lufttemperatur
2 cm	.....	.....	2 cm ü.d. Boden
10 cm	.....	.....	.....
30 cm	.....	.....	.....
50 cm	.....	.....	.....

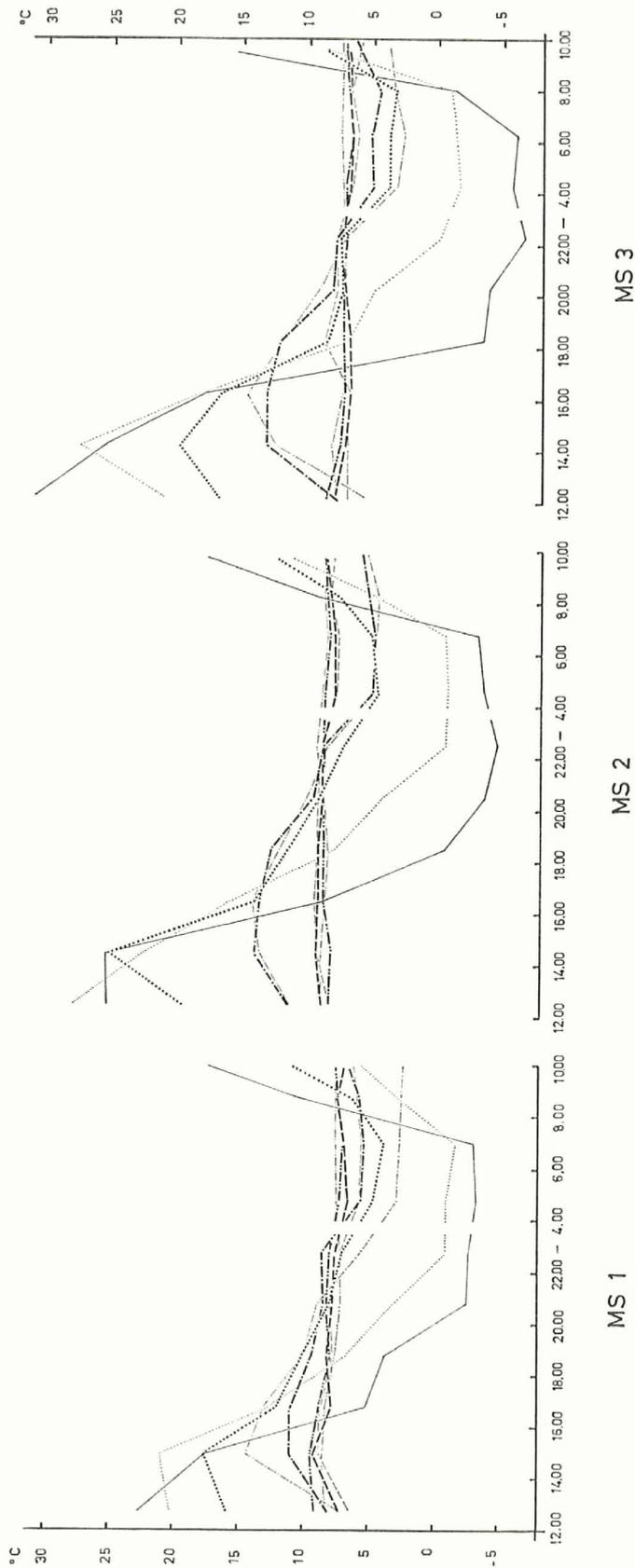


Fig. 20

Erstaunlich ist ebenfalls die nur geringe Eindringtiefe des Bodenfrostes. Dies deckt sich mit der Angabe von J. SCHMID, der die Frosthebungsvorgänge nur in einer «dünnen obersten Bodenschicht» beobachtete. Bei völligem Einfrieren des Bodens spielt die Kammeiswirkung nicht mehr, da aus den darunterliegenden gefrorenen Schichten kein Wasser nachgeliefert werden kann. In nordexponierten Hängen ist die Girlandenbildung denn auch sehr fragmentarisch. Meistens sind es eher wulstartige Strukturen, die hier entstehen.

Die Unterschiede im Verlauf der Temperaturen zwischen den beiden Bodentypen Dolomit und Rauhwacken werden vor allem durch die verschiedene Bodenfarbe bestimmt. Die dunkeln bis fast schwarzen Böden auf Dolomit sind infolge ihrer geringern Reflexion deutlich wärmer als die hellen Böden der Rauhwacken.

Die Minimumtemperaturen, welche während eines Jahres gemessen wurden, bestätigen die oben erwähnte geringe Eindringtiefe des Frostes in diese Böden. In tieferen Lagen nordexponierter Hänge dringt der Frost im Herbst in Böden ein, in denen keine direkte Sonneneinstrahlung mehr möglich ist. Ein Frostwechsel findet hier nicht mehr statt. Der Boden zeigt sich als kompakt gefrorene Masse aus fest aneinander haftenden Teilchen von ausserordentlicher Härte. Nach dem Aferwerden der meist südexponierten Girlandenhänge wurden im Frühjahr 1966 folgende Minimaltemperaturen in 3–5 cm Bodentiefe gemessen:

MS 1: $-2,3^{\circ}$

MS 2: $-2,4^{\circ}$

MS 3: $-3,5^{\circ}$

Die Minustemperaturen während des ganzen Winters sind erstaunlich gering, und sie sind nur durch einen andauernden Schutz einer während der Kälteperiode dauernden Schneebedeckung zu erklären. Ähnliche Werte für Bodentemperaturen unter der winterlichen Schneedecke finden sich auch in der Arbeit von LARCHER (1957). Wie **Beobachtungen** bei den **Temperaturmessungen** gezeigt haben, gefriert das **Bodenwasser** bei diesen kleinen **Temperaturminima höchstens** in den obersten Schichten.

Nach RÜCKLI (zit. nach GEIGER 1961) sinkt der **Gefrierpunkt** mit **abnehmendem Wassergehalt** und **zunehmender Feintextur** und liegt im Boden **unter 0 Grad**.

Die **Temperaturmessungen** zeigen vor **allem** folgende Tatsachen auf:

1. Die bewachsene **Girlandenstirn** ist in **mikroklimatischer** Hinsicht deutlich gegenüber dem **vegetationsfreien Rücken bevorzugt**.
2. Der **Bodenfrost** dringt in diesen **Böden** in **vorwiegender** SE- bis SW-Exposition während des ganzen Jahres nur in die obersten, wenige cm dünnen Erdschichten ein.
3. Dank der grösseren Wärmeabsorptionsfähigkeit werden die dunklen Dolomitmöden deutlich stärker erwärmt als helle Rauhwackenböden.

3. Wassergehalt des Bodens (Tab. 1)

Wassergehaltsbestimmungen wurden nach der **frühjährlichen** Schneeschmelze und vor dem Einwintern durchgeführt. Proben von **50–100 g** wurden in 0–5 cm und 15–30 cm Bodentiefe **entnommen**. Die Proben wurden im Ofen bei 105° bis zur **Gewichtskonstanz** getrocknet. Sie **wurden** in der **Girlandenmitte** oder im oberen Teil des Rückens und unter der Vegetation entnommen.

Die starke Durchfeuchtung des Bodens **nach** der Schneeschmelze kommt in den **Messungen** vom **6. 5. 1965** zum Ausdruck. Probe Ib wurde unter den letzten Resten des schmelzenden Schnees **gesammelt**. Sie zeigt deshalb einen sehr hohen Wassergehalt. Wie

des Bodenfrosts. Dies deckt Vorgänge nur in einer «dünnen» Schicht ab. Das Einfrieren des Bodens spielt die Gefrieren der obersten Schichten kein Problem. Die Länge ist die Girlandenbildung und die Struktur, die hier

zwischen den beiden Bodentypen verschiedene Bodenfarbe beobachtet sind infolge ihrer geringeren Feuchtigkeit.

Jahres gemessen wurden, besonders in diese Böden. In tieferen Schichten in Böden ein, in denen kein Wasserwechsel findet hier nicht mehr aus fest aneinander haftenden Schichten werden der meist südexponierten Böden die Minimaltemperaturen in 3-5 cm

sind erstaunlich gering, und während der Kälteperiode dauernd niedrige Bodentemperaturen unter der Oberfläche von LARCHER (1957). Wie man hat, gefriert das Bodenwasser in den obersten Schichten.

Der Gefrierpunkt mit abnehmendem Abstand zum Boden unter 0 Grad.

Tatsachen auf:

In dieser Hinsicht deutlich gegenüber

unter SE- bis SW-Exposition in dünnen Erdschichten ein. In den dunklen Dolomitböden

Während der Schneeschmelze und wurden in 0-5 cm und 15-30 cm bei 105" bis zur Gewichtsmessung im oberen Teil des Rückens

Während der Schneeschmelze kommt in den unter den letzten Resten des Bodens sehr hohen Wassergehalt. Wie

die übrigen Proben aber zeigen, nimmt der Wassergehalt nach der Schneeschmelze rasch ab. In den ersten drei Proben (6.5.-6.6.1965) ist der Wassergehalt der oberen Feinerdeschicht der Girlandenrücken höher. In den stünnahen, besiedelten Teilen sind die Verhältnisse umgekehrt. Hier spielt wahrscheinlich die Verdunstung durch die Pflanzen und die Ansammlung des hangabwärts fließenden Wassers in den tieferen Bodenschichten eine Rolle.

Während der sommerlichen oder herbstlichen Trockenperioden trocknen die obersten Bodenhorizonte stark aus, tiefere Bodenschichten haben aber durchwegs Wassergehalte über 10 % des Trockengewichtes.

Unerwartet und schwer zu erklären ist der meist höhere Wassergehalt der dunklen Dolomitböden.

Tabelle 1. Wassergehaltsbestimmungen 1965/66

		Datum der Probenentnahme					
		6.5.1965	22.5.1965	6.6.1965	16.10.1965	28.5.1966	12.6.1966
		Wassergehalt in % des Trockengewichtes					
I	0-5 cm Mitte	32,0		29,8			12,5
	15-30 cm	15,1		16,7			10,7
I	0-5 cm oben		18,0		2,0	25,3	
	15-30 cm		15,9		19,5	33,7	
	0-5 cm unten		20,8		1,2	25,9	
	15-30 cm		29,6		16,4	—	
Ib	0-5 cm Mitte	45,7	16,2		7,0	26,5	12,0
	15-30 cm	20,3	29,7		17,8	—	19,1
II	0-5 cm Mitte	29,3		24,5		29,2	8,6
	15-30 cm	10,3		19,0		28,7	12,5
	0-5 cm oben		20,8		5,0		
	15-30 cm		8,2		11,6		
	0-5 cm unten		27,8		8,1		
	15-30 cm		39,0		11,9		
III	0-5 cm Mitte	25,9		24,0		23,1	
	15-30 cm	14,7		14,7		22,8	
	0-5 cm oben		23,8		3,3		
	15-30 cm		13,2		15,4		
	0-5 cm unten		24,4		15,5		
	15-30 cm		20,0		17,0		

4. Bodenbewegungen

Um die Bodenbewegungen zu erfassen, muss zwischen Hebung- und Gleitbewegungen unterschieden werden. Damit ist aber keineswegs eine grundsätzliche Verschiedenheit ausgedrückt, da die Gleitbewegung als solche häufig die Resultierende einer im allgemeinen durch den Frost bewirkten Hebung senkrecht zur Abkühlungsfläche (J. SCHMID) und der Schwerkraft ist. Somit ist diese Unterscheidung nur methodisch begründet.

a) *Frosthebung* (Fig. 21)

Diese Bewegungen sind am einfachsten zu messen. In Anlehnung an J. SCHMIDTS Methoden wurden Messstäbe aus Leichtmetall verwendet, die, je nach Gründigkeit des Bodens, 0,5–1 m tief eingeschlagen wurden. Durch die Hebung des Bodens wird ein Gleiter nach oben geschoben, der eine Metallklemme vor sich herschiebt. Setzt sich der Boden wieder, sinkt wohl der Gleiter wieder ab, die Klemme bleibt aber in ihrer höchsten Lage fixiert. Eine Hebung der ganzen Apparatur trat praktisch nie ein. Die Messstellen wurden mit je drei Messstäben versehen, welche in der Fallinie auf dem Girlandentrücken angeordnet wurden. Für die graphische Darstellung wurden die Mittel aus den drei Messungen berechnet¹. Die gemessenen Werte beziehen sich auf den Stand des bei der vorhergehenden Messung erreichten Bodenniveaus. Sie sind also relativ.

Da die Ablesungen meistens erst einige Tage nach der erfolgten Hebung durchgeführt wurden, war es nicht möglich, sie mit den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens im Moment der Ablesung in Beziehung zu setzen, da diese sich rasch ändern können. Um trotzdem gewisse Hinweise auf die Feuchtigkeit des Bodens im Zeitpunkt der Hebung zu erhalten, wurden die Niederschläge der am nächsten gelegenen Wetterstation Buffalora in den vorangehenden 12, 6, 4 und 2 Tagen angegeben. Die tatsächlichen Werte dürften noch etwas darüber liegen, da der 70 m höher als die Messstellen liegende Totalisator im Val Stabelchod, welches nur durch einen niedrigen Bergrücken vom Val Botsch getrennt ist, eine etwas grössere Jahressumme besitzt. (1280 mm statt 1140 mm; nach UTTINGER im Nationalparkführer.)

Aus diesen Messungen geht der Zusammenhang zwischen Durchfeuchtung des Bodens und Temperatur klar hervor. (Aus dem Verlauf der Bodentemperaturen kann geschlossen werden, dass die unmittelbar an der Bodenoberfläche wirkenden Temperaturen mindestens ein Grad tiefer anzunehmen sind.) Voraussetzungen für Frosthebungen sind gute Durchfeuchtung und Temperaturen, die an der Bodenoberfläche mindestens -1° betragen. Ob diese Bodenhebungen durch wachsendes Kammeis oder durch eine kompakte Bodengefrornis zustande kommen, lässt sich aus den Bodentemperaturminima nur vermuten. So sind Hebungen bei geringen Minustemperaturen sicherlich nur Kammeishebungen. Sinkt die Temperatur bis in Tiefen von 2 cm auf Werte unter -1° , so ist mit einem Einfrieren der ganzen obern Bodenschichten zu rechnen. Kammeishebungen haben sich in dieser Beobachtungsperiode durch relativ grosse Beträge ausgezeichnet. Maximale Werte (bis zu 11 mm) konnten nur nach eindeutigen Kammeisstagen festgestellt werden. Derartig grosse Werte waren aber während der beobachteten drei Regelationsperioden selten.

Während Trockenperioden wurden auch Senkungen des Bodens festgestellt. Sie kommen durch Kontraktion bei der Austrocknung des Bodens zustande. Umgekehrt werden bei dieser Messmethode auch die Quellungen bei erneuter Durchfeuchtung sichtbar. Allerdings sind diese Bewegungen im Vergleich zur Frosthebung im allgemeinen kleiner.

Innerhalb der untersuchten Bodentypen zeigen die Dolomitböden deutlich die kleinste Hebungsaktivität. Die klimatisch ungeschützte Lage der Messstelle 3 kommt in tiefern Bodentemperaturen und grösseren Frosthebungswerten zum Ausdruck.

Einzelheiten über den Verlauf der vertikalen Bodenbewegungen können aus der nachfolgenden Tabelle 2 entnommen werden.

¹ Diese Methode erlaubt eine Ablesegenauigkeit von $\pm \frac{1}{2}$ mm.

essen. In Anlehnung an J. SCHMIDTS
endet, die, je nach Gründigkeit des
die Hebung des Bodens wird ein
e vor sich herschiebt. Setzt sich der
Klemme bleibt aber in ihrer höch-
ur trat praktisch nie ein. Die Mess-
che in der Fallinie auf dem Girlan-
Darstellung wurden die Mittel aus
erte beziehen sich auf den Stand des
niveaus. Sie sind also relativ.

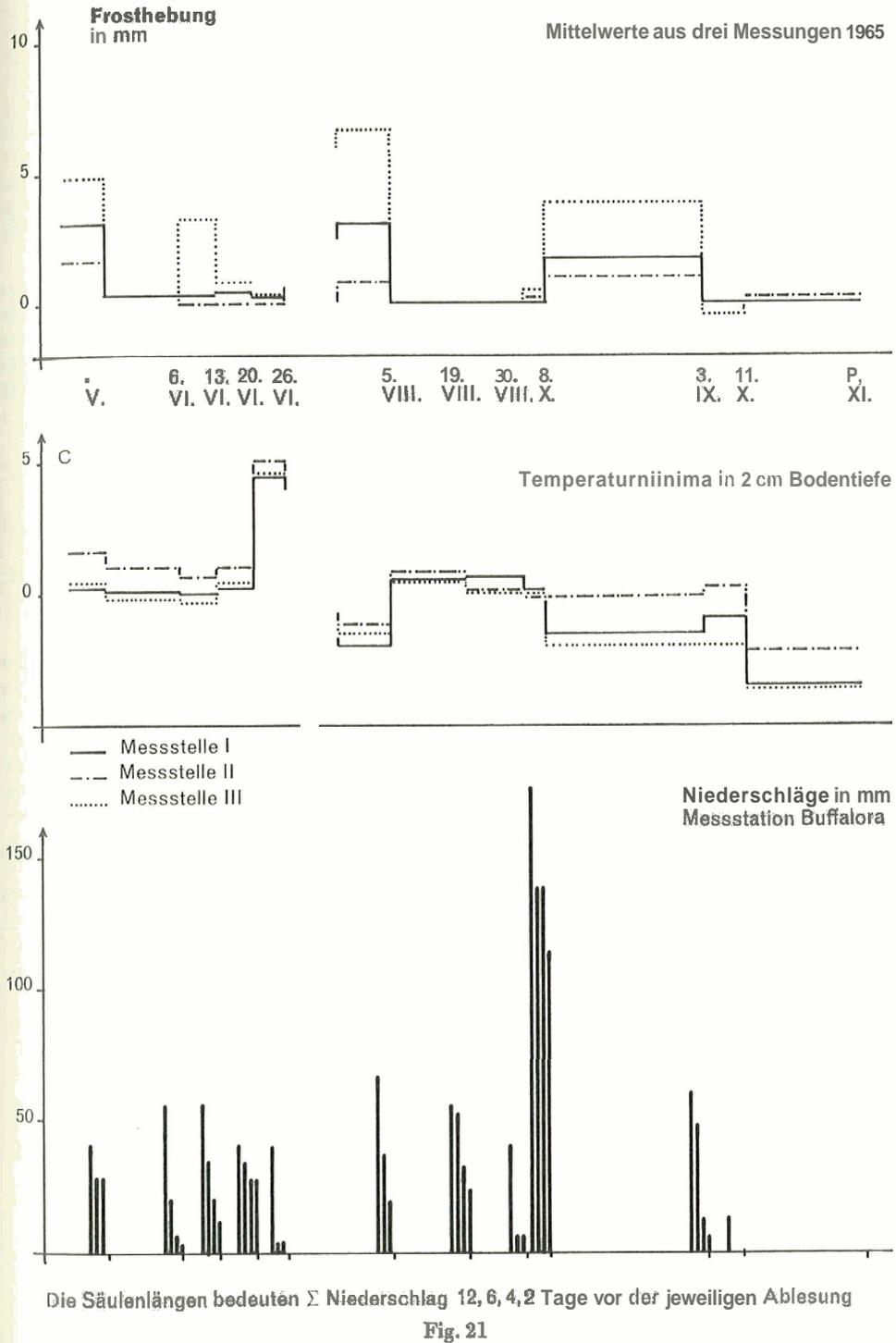
nach der erfolgten Hebung durchge-
richtigkeitsverhältnissen des Bodens
da diese sich rasch ändern können.
t des Bodens im Zeitpunkt der He-
nächsten gelegenen Wetterstation
agen angegeben. Die tatsächlichen
m höher als die Messstellen liegende
inen niedrigen Bergrücken vom Val
e besitzt. (1280 mm statt 1140 mm;

zwischen Durchfeuchtung des Bo-
f der Bodentemperaturen kann ge-
denoberfläche wirkenden Tempera-
) Voraussetzungen für Frosthhebung
die an der Bodenoberfläche minde-
h wachsendes Kammeis oder durch
lässt sich aus den Bodentemper-
erungen Minustemperaturen sicher-
bis in Tiefen von 2 cm auf Werte
obern Bodenschichten zu rechnen.
ngsperiode durch relativ grosse Be-
m) konnten nur nach eindeutigen
Werte waren aber während der be-

ngen des Bodens festgestellt. Sie
des Bodens zustande. Umgekehrt
bei erneuter Durchfeuchtung sicht-
h zur Frosthhebung im allgemeinen

n die Dolomithöden deutlich die
itzte Lage der Messstelle 3 kommt
ebungswerten zum Ausdruck.

Bodenbewegungen können aus der



1/2 mm.

Tabelle 2. Frosthebungs-messungen vom 20. Mai 1965 bis 12. Juni 1966

Datum der Ablesung	T o m u Ib					T o m u				T o m u			
	in °C mm					°C mm				°C mm			
	Messstelle 1					Messstelle 2				Messstelle 3			
20. 5.1965	2	3	2	4	3	0	1	0,5	1	0	-	-	-
21. 5.1965	+1	3	1	1	3	+1,7	-	0,3	2	0	1	3,5	4,5
22. 5.1965	+0,2	3,0	2,5	3,5	5,5	+1,6	1	1	3	+0,4	4,5	5,5	5
6. 6.1965	+0,1	-	-	1	1	+1	-	-	-1	-0,2	-	1	-
13. 6.1965	0	0,5	0,5	-	2,5	+0,6	-	-	-	-0,3	5	3	1,5
20. 6.1965	+0,2	-	1	0,5	-0,5	+1	-	-	-	+0,4	-0,5	-1	-0,5
26. 6.1965	+4,5	-	-0,5	-	-	+5	-	-	-	+4,5	-0,5	-0,5	-
5. 7.1965	-2	3	3	3	5	-1,2	-	1	1,5	-1,5	8	5,3	6,5
19. 7.1965	+0,5	-	-	-	-	-0,8	-	-	-	+0,4	-	-	-
30. 7.1965	+0,6	-	-	-	-	+0,1	-	-	-	0	-	-	-
3. 9.1965	+0,1	-	-	-	-	-0,2	-	-	-	0	1	0,5	-
3.10.1965	-1,5	2	1	2	2	-0,1	-	0,5	2,5	-2	5,0	2,5	4
11.10.1965	-0,9	-	-	-	-	+0,3	-	-	-	-2	-	-0,5	-1
2.11.1965	-3,5	-	-	-	-	-2,2	0,5	-	-	-3,1	-	-	-
27. 5.1966	-2,4	6	1,2	5	-	-1,1	1	1,5	5	-2,6	3	2	5
28. 5.1966	+0,4	6	1,5	2	7	+0,9	-	-	-	-1,6	2	2	4
12. 6.1966	-2,4	7	5	4	9	-2,4	7	3	3	-3,5	11	7	3,5

T = Minimumtemperaturen in 2 cm Bodentiefe

o = oben

m = Mitte in der Girlandenrückenfläche

u = unten

b) Gleitbewegung

Die grösste Schwierigkeit bei der Erfassung von Gleitbewegungen besteht darin, Fixpunkte zu finden, von denen aus eine Vermessung möglich ist. Im allgemeinen stehen nur anstehende Felsen zur Verfügung, wobei aber mit zunehmender Entfernung von ihnen die Messgenauigkeit abnimmt. Von solchen Fixpunkten aus wurden mit einem Stahlmessband und konstantem Messbandzug (5 kp) in der Fallinie und mit Abständen von etwa 6 m Messmarken gesetzt. Diese bestanden aus kegelförmigen Körpern, welche mit einem 10 respektive 20 cm langen Fuss im Boden verankert waren (WASHBURN 1960). Ihre Abstände wurden jeweils vor und nach den Regulationsperioden kontrolliert.

Es zeigte sich aber bereits nach einem Winter, dass die über den Boden ragenden Marken (10 cm) eine offensichtlich auf Schneedruck zurückzuführende Bewegung aufwiesen¹. Deshalb erwiesen sich einzig die Messungen brauchbar, welche die Periode von der Schneeschmelze bis zum erneuten Einschneien erfassten. Die Veränderungen waren aber so klein, dass sie innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Messmethode blieben ($\pm 0,5$ cm). Die Überdeckung der Girlandenrücken mit Feinermaterial nach der Schneeschmelze liess aber in den oberen Bodenschichten Bewegungen vermuten, welche mit dieser Methode nicht erfasst werden konnten.

¹ Diese war häufig sehr klein und äusserte sich nur in einer Schrägstellung der Messkörper. In einigen Fällen war sie aber derart gross, dass die Schleifspur des im Boden verankerten Fusses noch deutlich zu erkennen war.

mi 1966

u	T °C	o mm	m	u
Messstelle 3				
1	0	-	-	-
2	0	1	3,5	4,5
3	+0,4	4,5	5,5	5
-1	-0,2	-	1	-
-	-0,3	5	3	1,5
-	+0,4	-0,5	-1	-0,5
-	+4,5	-0,5	-0,5	-
1,5	-1,5	8	5,3	6,5
-	+0,4	-	-	-
-	0	-	-	-
-	0	1	0,5	-
2,5	-2	5,0	2,5	4
-	-2	-	-0,5	1
-	-3,1	-	-	-
5	-2,6	3	2	5
-	-1,6	2	2	4
3	-3,5	11	7	3,5

Um solche kleinstandörtlichen Veränderungen messen zu können, wurden Messmarken aus 5 und 10 cm langen Stahlstiften im Abstand von 8 cm in den Boden geschlagen. Pro Messstelle wurden je 8 lange und 8 kurze Stifte in 4 Zeilen (A, B, C, D) und 4 Spalten (1, 2, 3, 4) in Form einer quadratischen Matrix angeordnet. Damit die Abstände eingehalten werden konnten, wurde eine Plexiglasplatte (30×30×2 cm) mit vorgebohrtem «Setzmuster» verwendet. Die Platte wurde auf den flachen Boden gelegt, und die Stahlstifte durch die «Führungslöcher» senkrecht zur Bodenoberfläche so tief in den Boden geschlagen, dass der oberste Teil sichtbar blieb. Dieser wurde mit roter Farbe markiert.

Aus praktischen Gründen war es unmöglich, Fixpunkte zu benützen. Entweder wären die Messungen auf unmittelbare Nähe anstehender Felsen beschränkt worden oder aber die Einmessungen eines relativen Fixpunktes ungenauer als die mit dieser Methode erreichbare Genauigkeit ($\pm 0,5$ mm). Deshalb habe ich mich auf die Erfassung der zwischen den einzelnen Stiften beobachtbaren relativen Bewegungen beschränkt. Bei der Auswertung wurden verglichen:

1. Vertikale (a) und horizontale (b) Veränderungen der Abstände zwischen den langen Stiften (Verlängerungen positiv, Verkürzungen negativ).
2. Dasselbe bei den kurzen Stiften.

Die Werte können folgendermassen zustandekommen:

1. Einer der beiden Stifte bleibt stabil. Dann ist die gemessene Differenz gleich der tatsächlichen Bewegung.
2. Beide Stifte bewegen sich. In diesem Fall ist die gemessene Bewegung kleiner oder gleich der tatsächlichen Bewegung.

In keinem Fall wird die Bewegung in ihrem Betrag überschätzt. Dieses Ergebnis wäre an sich nicht völlig befriedigend, hätte es nicht noch eine ökologische Bedeutung. Für Pflanzen, welche in diesen Tiefen wurzeln, spielen vor allem die relativen Bewegungen eine Rolle. Eine sich als Ganzes verschiebende Bodenschicht (z. B. abrutschende Rasenpakete) wirkt sich auf das Wurzelwerk nur wenig aus. Deshalb erlauben diese Bewegungen eine erste Abschätzung der durch diese Gleitbewegung bewirkten besondern Standortverhältnisse (Tab. 3).

Tabelle 3. Gleitbewegungen in mm

a) Vertikal, 10-cm-Marken

	A ₁ -C ₁	B ₂ -D ₂	B ₃ -D ₃	A ₄ -C ₄	+	-	S
1a	2	1	3	1	7	—	7
1b	7	3	8	1	19	—	19
2	4	6	0	0,5	10,5	—	10,5
3a	0	1	0	0,5	1,5	—	1,5
3b	2	2	1,5	-2,5	5,5	2,5	8
4a	-2	0	0,5	-1	0,5	3	3,5
4b	1	0,5	0	4	5,5	—	5,5
5a	3,5	1	1,5	0,5	6,5	—	6,5
5b	4	2,5	4	10	20,5	—	20,5
6a	-1	5	1,5	0	6,5	1	7,5
6b	1	3,5	-7,5	0,5	5	7,5	12,5
7	0	-8	4	-2,5	4	10,5	14,5
					92,0	24,5	116,5

...bewegungen besteht darin, ... möglich ist. Im allgemeinen ste ... mit zunehmender Entfernung ... Fixpunkten aus wurden mit ... p) in der Falllinie und mit Ab ... aus kegelförmigen Körpern, ... den verankert waren (WASH ... den Regulationsperioden kon-

... über den Boden ragenden ... eckzuführende Bewegung auf ... auchbar, welche die Periode ... erfassen. Die Veränderungen ... itsgrenzen der Messmethode ... mit Feinerdematerial nach ... tten Bewegungen vermuten,

...hrägstellung der Messkörper. In ... s im Boden verankerten Fusses

Vertikal, 5-cm-Marken

	A ₁ -A ₄	B ₂ -B ₃	C ₁ -C ₄	D ₂ -D ₃	+	-	S
1 a	3	2	1,5	0,5	7	—	7
1 b	11	6	3	1,5	21,5	—	21,5
2	5,5	5	1	1,5	13	—	13
3 a	0	1	0	-0,5	1	0,5	1,5
3 b	5,5	2	-2	5,5	13	2	15
4 a	-4	5	1	4	10	4	14
4 b	1	0,5	-1,5	-5	1,5	6,5	8
5 a	2	1,5	1,5	1	6	—	6
5 b	14,5	7	0	5	26,5	—	26,5
6 a	3,5	-2,5	0,5	1	5	2,5	7,5
6 b	3,5	8	-4,5	6,5	18	4,5	22,5
7	-1,5	4	8	0	12	1,5	13,5
					134,5	21,5	156,0

b) Horizontal, 10-cm-Marken

	A ₁ -A ₄	B ₂ -B ₃	C ₁ -C ₄	D ₂ -D ₃	+	-	S
1 a	4	0,5	1	1	6,5	—	6,5
1 b	3,5	6	2	1,5	13	—	13
2	1,5	1,5	4	1	8	—	8
3 a	0	0	3	2	5	—	5
3 b	3	0	1,5	3	7,5	—	7,5
4 a	4	-1,5	5,5	-2	9,5	3,5	13
4 b	-1	1	0	0	1	1	2
5 a	3	0	2	0	5	—	5
5 b	1	1	2,5	0,5	5	—	5
6 a	1	2	-8,5	0	3	8,5	11,5
6 b	4	0	-0,5	0,5	4,5	0,5	5
7	3	5	6	0	14	—	14
					82,0	13,5	95,5

Horizontal, 5-cm-Marken

	A ₂ -A ₃	B ₁ -B ₄	C ₂ -C ₃	D ₁ -D ₄	+	-	S
1 a	0,5	2	0	2,5	5	—	5
1 b	2	1	0,5	6	9,5	—	9,5
2	-2	4,5	-3	4	8,5	5	13,5
3 a	0	0,5	0	2	2,5	—	2,5
3 b	3	1,5	1	4	9,5	—	9,5
4 a	0	3	0,5	0,5	4	—	4
4 b	0	1	0	1,5	2,5	—	2,5
5 a	0	2	0	-1,5	2	1,5	3,5
5 b	0	1,5	0	14,5	16	—	16
6 a	0	0,5	1	-0,5	1,5	0,5	2
6 b	0	2	1	3,5	6,5	—	6,5
7	0,5	4	0	2,5	7	—	7
					74,5	7,5	81,5

1. Die
grö
als
we
2. Die
Bo
Fa
Ho
Die
de
Be
Die
Ve
lie
fäl
3. Au
der
der
grö
Bo
tei
Sie
Ül
Se
W
zei

+	—	S
7	—	7
21,5	—	21,5
13	—	13
1	0,5	1,5
13	2	15
10	4	14
1,5	6,5	8
6	—	6
26,5	—	26,5
5	2,5	7,5
18	4,5	22,5
12	1,5	13,5
134,5	21,5	156,0

+	—	S
6,5	—	6,5
13	—	13
8	—	8
5	—	5
7,5	—	7,5
9,5	3,5	13
1	1	2
5	—	5
5	—	5
3	8,5	11,5
4,5	0,5	5
14	—	14
82,0	13,5	95,5

+	—	S
5	—	5
9,5	—	9,5
8,5	5	13,5
2,5	—	2,5
9,5	—	9,5
4	—	4
2,5	—	2,5
2	1,5	3,5
16	—	16
1,5	0,5	2
6,5	—	6,5
7	—	7
74,5	7,5	81,5

	Neigung	Ort	Boden
1a	27	o	R
1b	26	u	R
2	35	m	R
3a	35	o	R
3b	35	o	R
4a	38	*	D
4b	39		D
5a	30	o	D
5b	30	u	D
6a	30	o	D
6b	30	u	D
7	30	u	D

S = Summe der Bewegungen

R = Rauhdecken

D = Dolomit

o = oben

m = **Mitte**

u = unten auf der **Rückenfläche**

* = Abbaugirlande

1. Die **Bodenbewegungen** sind in der Fallinie in den oberen **Bodenhorizonten** deutlich grösser als in tiefern. Der 5 cm mächtige Bodenhorizont zeigt stärkere Bewegungen als die 10 cm dicke Bodenschicht. Im **Girlandenprofil** entspricht dies gleichzeitig der weniger bewurzelten oberen Zone und dem oberen Teil des **Hauptwurzelraumes**.

2. Diese Bewegungen betragen nur wenige Millimeter:

Bodentiefe	5 cm	10 cm
Fallrichtung	3,2 mm	2,4 mm
Horizontale Richtung	1,7 mm	2,0 mm

Die Messungen sind auf die relativen Veränderungen eines Stiftpaares bezogen worden. (Bei einer Vermessung der Abstände, die von Fixpunkten ausgeht, würden die Beträge kaum viel grösser sein.)

Diese Bewegung ist das Resultat einer Herbst- und Frühlingsregulations-Periode. Verglichen mit den vertikalen **Frosthebungen** ist die **Gleitwirkung** sehr klein. Sie liegt wahrscheinlich für die **Pflanzenwurzeln** weitgehend im Rahmen der **Dehnungsfähigkeit** und der Wachstumsgeschwindigkeit des Gewebes.

3. Auf den **Rückenflächen** ist die Bewegung in unteren Teilen viel ausgeprägter als auf den flachgründigen oberen Standorten. In der Fallinie ist die Bewegung unten auf der Rückenfläche in 10 cm Messtiefe durchschnittlich dreimal, in 5 cm sogar **fünffmal** grösser als oben. In hangparalleler Richtung sind grössere Unterschiede nur in 5 cm Bodentiefe zu beobachten. Die Marken auf den oberen Flächenabschnitten weisen teilweise überhaupt keine feststellbaren Bewegungen auf.

Sichtbarer Ausdruck dieser stärkeren Bewegung an der **Girlandenbasis** sind die **Überschüttungen** durch breiiges, durchnässstes Feinmaterial unmittelbar nach der Schneeschmelze. Diese oberflächlich fliessenden Feinmaterialmassen legen aber grössere **Wege** zurück, als aus den Bewegungsmessungen hervorgeht. Dies wurde durch die **zentimetergrossen** Verschiebungen an der Oberfläche liegender, markierter Steine be-

stätigt. Da solche aber auch durch andere Einwirkungen als durch Bewegungen der ganzen Bodenschicht bewegt werden können, sind diese Werte kaum aussagefähig für die Veränderungen der obersten Bodenhorizonte. Ebenso sagen sie ökologisch wenig aus. (In der Grössenordnung ähnliche Messwerte erhielt ELSÄSSER [1966] mit dieser Methode.) Daraus ergibt sich im Feinerdehorizont eine starke Abnahme der Bewegungen von der Bodenoberfläche gegen die tieferen Schichten.

4. Der Zeitpunkt der Bewegung ist nach bisherigen Beobachtungen auf die Regelationsperioden beschränkt, wahrscheinlich sogar vorwiegend auf die Zeit der Schneeschmelze, da dann die grössten Wassermengen im Boden vorhanden sind. Vermessungen, die zwei Wochen nach der Schneeschmelze erneut durchgeführt wurden, zeigten bereits keine Veränderungen der Oberfläche mehr. Diese Untersuchungen sollten allerdings noch über mehrere Perioden durchgeführt werden. Die Bewegungsmessungen geben also den Eindruck einer vorwiegend auf die obersten Bodenschichten beschränkten Bewegung, die mit zunehmender Tiefe und zunehmender Durchwurzelung der Erdschichten abnimmt. Nach Beobachtungen, denen allerdings eine quantitative Grundlage der Verhältnisse im Stirnhereich fehlt, scheint die Bewegung auf die Rückenflächen beschränkt zu sein. Das wären allerdings die konkurrenzärmsten Stellen für eine Besiedlung durch Samen. Da aber diese oberen Bodenschichten durch Bewegung verändert werden, wird das Aufkommen einer geschlossenen Vegetation erschwert oder meistens unmöglich.

5. Einregelungsmessungen

Mit dieser Methode von POSER und HÖVERMANN (1951) können aufgrund der Lageverteilung der Längsachsen des Skeletts zur Falllinie gewisse Anhaltspunkte über die auf den Boden wirkenden Kräfte erhalten werden. Aus jedem Profil wurden 100 Steine in ihrer Lagerung überprüft. Dies geschieht mit Hilfe einer halbkreisförmigen Scheibe, welche drei Richtungssektoren aufweist.

- I Abweichungen bis 30° beidseitig der Mittellinie (= Falllinie des Hanges)
- II Abweichungen von 30–60° beidseitig der Mittellinie
- III Abweichungen von 60–90° beidseitig der Mittellinie
- IV Steiler als 45° aufstehende Steine

Die Steine werden einem dieser drei Sektoren zugeordnet. Die Darstellung (Fig. 22) zeigt den mengenmässigen Anteil der Achsenrichtungen zu einem dieser Sektoren. Links- und Rechtsabweichungen wurden nicht unterschieden, sondern den Anteilen II und III von aussen nach innen symmetrisch zugeordnet. Der Radius beträgt 100 Prozent. FURRER (1965) hat diese Methode durch nochmalige Unterteilung dieser Sektoren und Unterscheidung der Links- und Rechtsabweichung verfeinert. Nach den erwähnten Autoren ist Solifluktionsschutt durch ein Maximum im Sektor I (um 50 %) und ein Minimum im Sektor IV gekennzeichnet.

In den Girlanden auf Rauhwackenböden wird dieses Maximum von 50 % nur in dem darunter liegenden Grobschutthorizont erreicht. In den Feinerdeschichten des Oberbodens unterschieden sich die einzelnen Sektorenabschnitte nur wenig.

Ähnliche Verhältnisse liegen in den Dolomithöden vor, wo in der Feinerdeschicht auch eine auffällig gleichförmige Verteilung auf die Sektoren zu beobachten ist. Die Einregelung der oberflächlich liegenden Steine in die Fallrichtung deutet auf eine hangabwärts gerichtete Bewegung hin. Inwiefern hier die abgleitenden Schneelawinen eine ausrichtende Rolle spielen, ist schwer zu beurteilen.

ungen als durch Bewegungen
 ad diese Werte kaum aussage-
 zonte. Ebenso sagen sie ökolo-
 swerte erhielt ELSÄSSER [1966]
 horizont eine starke Abnahme
 tieferen Schichten.

achtungen auf die Regelations-
 end auf die Zeit der Schnee-
 Boden vorhanden sind. Ver-
 e erneut durchgeführt wurden,
 ehr. Diese Untersuchungen soll-
 hrt werden.

einer vorwiegend auf die ober-
 it zunehmender Tiefe und zu-
 at. Nach Beobachtungen, denen
 ltnisse im Stirnbereich fehlt,
 ähnt zu sein. Das wären aller-
 dlung durch Samen. Da aber
 ert werden, wird das Aufkom-
 ieistens unmöglich.

il) können aufgrund der Lage-
 sse Anhaltspunkte über die auf
 m Profil wurden 100 Steine in
 er halbkreisförmigen Scheibe,

inie (= Fallinie des Hangs)
 inie
 inie

dnet. Die Darstellung (Fig. 22)
 u einem dieser Sektoren. Unks-
 ondern den Anteilen II und III
 Radius beträgt 100 Prozent.
 erteilung dieser Sektoren und
 iniert. Nach den erwähnten Au-
 ktor I (um 50 %) und ein Mini-

Maximum von 50 % nur in dem
 a Feinerdeschichten des Ober-
 itte nur wenig.

or, wo in der Feinerdeschicht
 ktoren zu beobachten ist. Die
 ichtung deutet auf eine hang-
 gleitenden Schneelawinen eine

Fig. 22, 1. Einregelungsmessungen

a) Girlanden auf Rauhackeboden, Hangneigung 30°

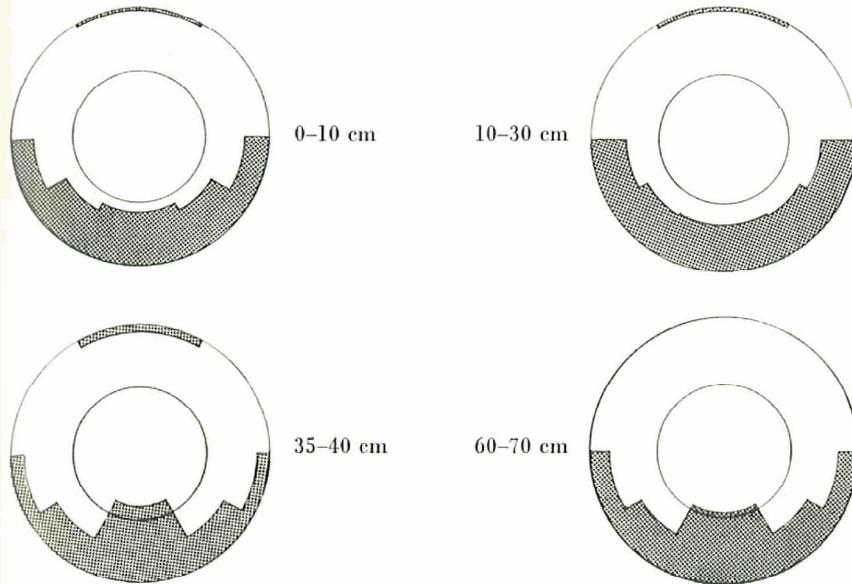
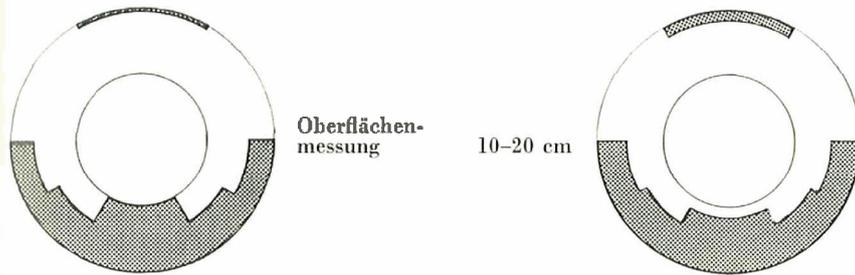


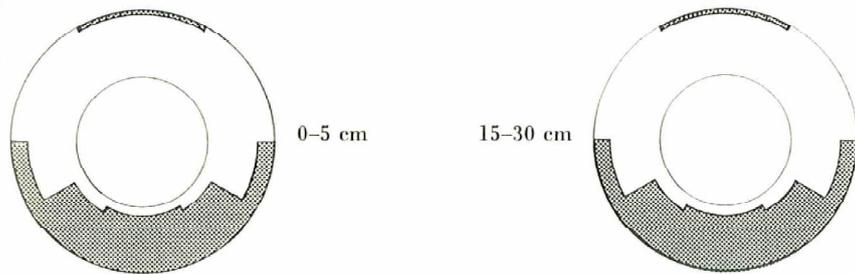
Fig. 22, 2

b) Girlanden auf Dolomithoden, Hangneigung 30°

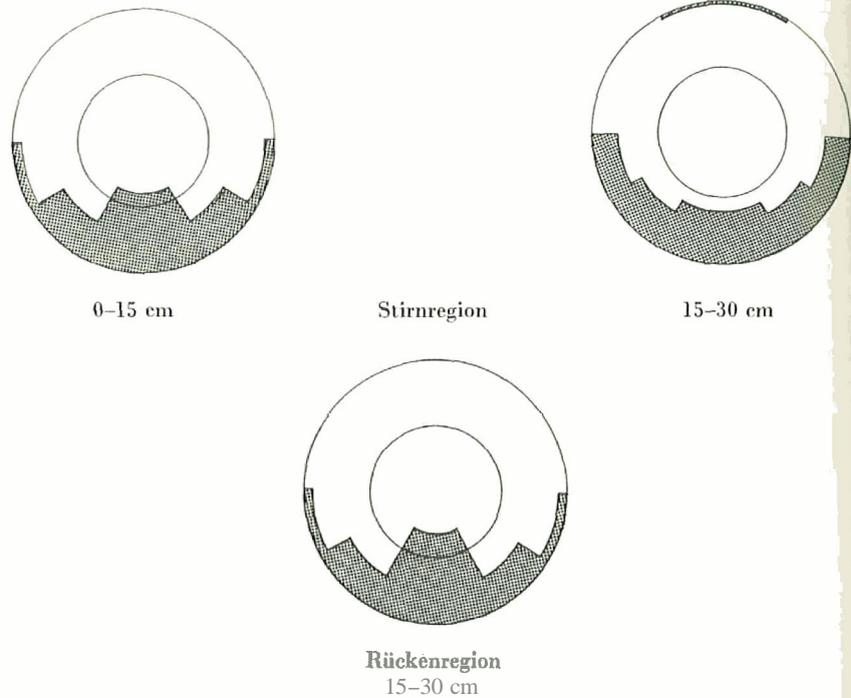


Girlandenbeispiel aus Norwegen, Hangneigung 15°

Dovre Fjeld, 1200 m (Kringla-Hügel bei Avsjoensee), NNE-Exposition



d) Erdstrom (**Fladenform**), Neigung 24° , Exposition SEE
(Val Nüglia, 2600 m Höhe)



Auf die zwei mittleren Sektoren beschränkt sind die Längsachsen der Steine in den Girlanden der **norwegischen Solifunktionshänge**.

Ausgeprägte **Maxima** im Sektor 1 weisen vor allem die Beispiele aus den Erdströmen auf. Die **gleichmässige Verteilung** in 15–30 cm Tiefe der Stirnpartie ist darauf zurückzuführen, dass diese Probe bereits aus **Horizonten** stammt, die unter der Gleitfläche liegen.

Die Messungen deuten auf **Solifunktionsbewegungen** für die **Erdströme** und **wahrscheinlich auch für** die norwegischen Girlanden. (Die nicht völlige Einregelung der **Gerölle** in die **Falllinie** in diesem sonst **ausgesprochen solifunktionsaktiven** Hang kann daher kommen, dass die Girlanden nur wenige Meter **unterhalb** der Hangkrete lagen.) In den **Rasengirlanden** scheint diese **Bewegungsart** aber auf die tiefer liegenden Schichten beschränkt zu sein, während für das **darüber** liegende **Feinmaterial** dem Wassertransport die grösste Bedeutung zukommt.

Ob die **tiefern Geröllschichten** zur Zeit noch bewegungsaktiv sind, kann nur vermutet werden. Eine rezente Bewegung in nicht **erosionsaktiven** Taleinschnitten müsste in der **Stauzone** an der **Hangbasis** zu **erdstromartigen** Wulstbildungen führen. Eindeutige Befunde wurden in typischen **Girlandenhängen** nicht festgestellt, so dass eine stärkere **tiefgründige** Bewegung wenig **wahrscheinlich** ist. Möglicherweise ist sie im Zusammenhang mit der **Vegetationsentwicklung** und der zunehmenden Ausbildung **einer Oberschicht** aus **Feinmaterial** zum Stillstand gekommen.

1. Me

Ein
Rahm
Wirku
lander
Wuch
der se
zuverl
achten
in der
Arten
Im
Zentri
auf M
Woch
wegur
triebe
tunge

2. Er

Du
Somn
vorgä
Winte
leren
die Ve
figkeit
panul
Dritte
stadie
Resist
Vertre
denflä
vegeta
lichen
ten si
octope
Ein
Helian
Arten
gunge
und S
gestre
Vo
überw
Töpfe
rück

C. Das Verhalten der Keimlinge

1. Methoden

Eine Beobachtung der Vegetationsentwicklung über längere Zeiträume kam im Rahmen dieser Arbeit nicht in Frage. Trotzdem wurde versucht, Anhaltspunkte für die Wirkung obiger Faktoren zu erhalten. Ihre Einflüsse auf die Dauervegetation der Girlandenstirn können in diesem Zeitraum nur aus ihrer Anordnung und der besonderen Wuchsform erschlossen werden (siehe Kapitel II). Eine direkte Beobachtung ist aber in der sensibeln Phase, im Keimlingsstadium, auch in kürzeren Zeiträumen möglich. Am zuverlässigsten lassen sich die Keimlinge auf den Flächen der Girlandenrücken beobachten, da hier auf dem offenen Boden die Konkurrenz durch andere Arten zumindest in den frühen Entwicklungsstadien fehlt. Durch die Beobachtung spontan gekeimter Arten und Aussaaten in Töpfen und im Freiland wurde das Problem angegangen.

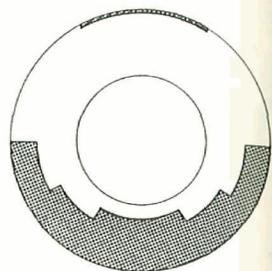
Im Herbst 1965 wurden 10 Kreisflächen von je 30 cm Radius mit einem Pflock im Zentrum markiert. Die vorgefundenen Keimlinge wurden in einer einfachen Lageskizze auf Millimeterpapier eingetragen. Diese Flächen wurden im Frühling 1966 zwei bis drei Wochen nach der Schneeschmelze kontrolliert. Zu diesem Zeitpunkt ist die grösste Bewegungsaktivität vorbei. Es lassen sich die nun einjährigen Pflanzen von früh ausgetriebenen neuen Pflänzchen mit Sicherheit unterscheiden. Das Ergebnis der Beobachtungen findet sich in Tabelle 4.

2. Ergebnisse

Durchschnittlich gehen mehr als die Hälfte der Jungpflanzen, welche im Laufe eines Sommers auskeimen und sich bis in den Herbst halten können, durch die Regelationsvorgänge während des Winters zugrunde. Im Durchschnitt sind vor dem Eintritt der Winterperiode 50 Keimlinge/m², nachher noch 24 Keimlinge/m² anzutreffen, was mittleren Abständen von 7 cm respektive 11 cm entspricht. Aussagekräftig sind aber auch die Verhältnisse vor und nach der Regelationsperiode. Erstaunlich ist die geringe Häufigkeit der *Carex*-Keimlinge im Herbst. *Gramineae*, *Leontodon hispidus* und *Campanula cochleariifolia* machen zusammen mehr als die Hälfte aller Keimlinge aus. Ein Drittel der durch Keimpflanzen vertretenen Arten sind regelmässig in initialen Pionierstadien anzutreffen. Mit Ausnahme von *Gypsophila repens* weisen diese eine sehr hohe Resistenz gegen die Regelationswirkung auf. Die relativ kleine Bedeutung der anderen Vertreter der Pionierarten hängt mit der beschränkten Samenzufuhr auf diesen Girlandenflächen zusammen. Die Pioniervegetation leidet in der gut entwickelten Girlandenvegetation unter der Konkurrenz der übrigen Arten. Das äussert sich vor allem im spärlichen Blüten und damit einer geringen Samenproduktion. Beispiele für dieses Verhalten sind *Gypsophila repens*, *Saxifraga aizoides*, *Campanula cochleariifolia* und *Dryas octopetala*.

Eine überdurchschnittliche Verminderung erfahren die Keimlinge von *Festucapumila*, *Helianthemum alpestre*, *Gypsophila repens* und *Polygala chamaebuxus*. Dies sind alles Arten mit anfangs nur schwachen, langgestreckten Wurzelsystemen, die den **Erdbewegungen** verhältnismässig wenig Widerstand leisten können. (Auch *Festuca*, *Carex firma* und *Sesleria coerulea* besitzen im Keimpflanzenstadium ein wenig verzweigtes, **langgestrecktes Wurzelsystem**.)

Von einigen Arten wurden im Herbst 1964 Samen gesammelt und im Kühlschrank **überwintert**. Im darauffolgenden Frühjahr wurden je 100 Samen bei der Messstelle 1 in Töpfen **ingesät** und je 100 Samen auf 1 **dm² grossen** Flächen in den offenen **Girlandenrücken** eingebracht. Diese Flächen wurden im Frühling und Herbst kontrolliert.



15-30 cm

Längsachsen der Steine in den

Beispiele aus den Erdströmen
Stirnpartie ist darauf zurückzu-
liegen. unter der Gleitfläche liegen.
für die Erdströme und wahr-
ht völlige Einregelung der Ge-
ktionsaktiven Hang kann da-
halb der Hangkrete lagen.) In
die tiefer liegenden Schichten
einmaterial dem Wassertrans-

gsaktiv sind, kann nur vermu-
iven Taleinschnitten müsste in
tbildungen führen. Eindeutige
stgestellt, so dass eine stärkere
herweise ist sie im Zusammen-
enden Ausbildung einer Ober-

Tabelle 4. Spontane Keimlinge in einer Kreisfläche von 30 cm Radius.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	S 1965 S 1966	in %	
<i>Festuca pumila</i>	6 2							1 0		3 0	5 2	15 4	10 6
<i>Sesleria coerulea</i>				2 1	2 1	1 1		1 1			4 3	10 7	7 1
Gramineen*	6 2	1 1	4 2	2 1	2 1	3 1	1 0	1 1	3 0	9 5	32 14	22 21	
<i>Carex cf. sempervirens</i>	2 2			1 0				1 1			4 3	3 5	
<i>Gypsophila repens</i>						3 0			6 1		9 1	6 1	
<i>Minuartia verna</i>								2 1			2 1	1 1	
<i>Sedum atratum</i>			1 0								1 0	1 0	
<i>Saxifraga aizoides</i>									1 1	2 2	3 3	2 5	
<i>Saxifraga caesia</i>				1 0							1 0	1 0	
<i>Anthyllis alpestris</i>					1 0	1 0	2 0	4 3			1 1	9 4	6 6
<i>Polygala alpestris</i>		2 2										2 2	1 5
<i>Polygala chamaebuxus</i>							7 0				7 0	5 0	
<i>Helianthemum alpestre</i>		1 0			1 1	1 0	2 0	4 2			2 0	11 3	8 4
<i>Thymus serpyllum</i>						1 1	2 0				3 1	2 1	
<i>Campanula cochleariifolia</i>				1 0	1 0		7 3	3 2	6 3		18 8	12 12	
<i>Leontodon hispidus</i>		1 1				9 9	5 0	3 0	3 1	14 10	35 21	24 32	
Unbestimmte Keimlinge	1 0	1 0					1 0	1 0	2 5	2 0	8 5	6 8	
Keimlinge/Probefläche	9 4	6 4	5 2	5 1	5 2	18 11	27 3	19 10	21 11	30 18	145 66		

* Grmmineen: *Sesleria coerulea*, *Festuca pumila* und unbestimmte Gramineen.

Der **grösste** Teil der Samen keimte relativ spät aus, **d. h.** erst nach der starken Frühlingsregulation. Dies **schützt** die wenig resistenten **Jungpflanzen**.

Auffallend niedrig waren die **Keimungsraten** der **beiden** Seggen, welche auch **das** spärliche Vorkommen der spontanen **Seggenkeimlinge** teilweise verstehen lassen. **Nach KINZEL** sind Leide Frost- und Lichtkeimer. Da sie bei Temperaturen knapp **unter 0°**

Radius.

7	8	9	10	S 1965	S 1966	in %
1		3	5	15	10	
0		0	2	4	6	
	1		4	10	7	
	1		3	7	1	
1	1	3	9	32	22	
0	1	0	5	14	21	
	1		4	4	3	
	1		3	5		
		6	9	6		
		1	1	1		
	2		2	1		
	1		1	1		
			1	1		
			0	0		
		1	2	3	2	
		1	2	3	5	
			1	1	1	
			0	0		
2	4		1	9	6	
0	3		1	4	6	
				2	1	
				2	5	
7				7	5	
0				0	0	
2	4		2	11	8	
0	2		0	3	4	
2				3	2	
0				1	1	
7	3	6		18	12	
3	2	3		8	12	
5	3	3	14	35	24	
0	0	1	10	21	32	
1	1	2	2	8	6	
0	0	5	0	5	8	
27	19	21	30	145		
3	10	11	18	66		

nmte Gramineen.

h. erst nach der starken Früh-
flanzen.
den Seggen, welche auch das
weise verstehen lassen. Nach
temperaturen knapp unter 0°

Tabelle der Einsaatenkontrolle

	1965 13. VI.	20. VI.	26. VI.	30. VIII.	11. X.	1966 27. V.
<i>Sesleria coerulea</i>						
Topf	—	—	—	9	10	9
Freiland	1	—	—	18	20	4
<i>Festuca pumila</i>						
Topf	—	—	—	47	47	53
Freiland	—	—	—	9	11	7
<i>Carex firma</i>						
Topf	—	—	—	—	—	—
Freiland	—	—	—	2	1	1
<i>Carex sempervirens</i>						
Topf	—	—	—	—	—	—
Freiland	—	—	—	—	1	1
<i>Gypsophila repens</i>						
Topf	—	—	—	12	11	5
Freiland	1	4	1	2	2	—
<i>Anthyllis vulneraria</i>						
Topf	—	—	1	4	4	4
Freiland	—	2	6	11	11	7
<i>Helianthemum alpestre</i>						
Topf	1	4	1	6	6	6
Freiland	4	12	8	3	3	2

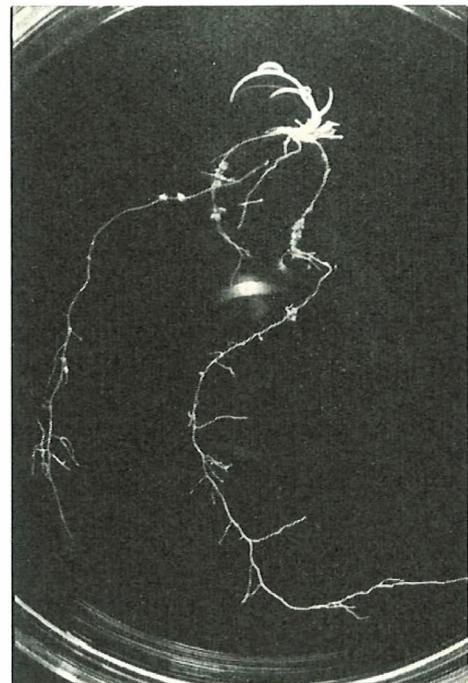


Abb. 17.
Einjährige *Carex-firma*-Jungpflanze. Auffallend
sind die wenigen, schwach verzweigten Wurzeln.

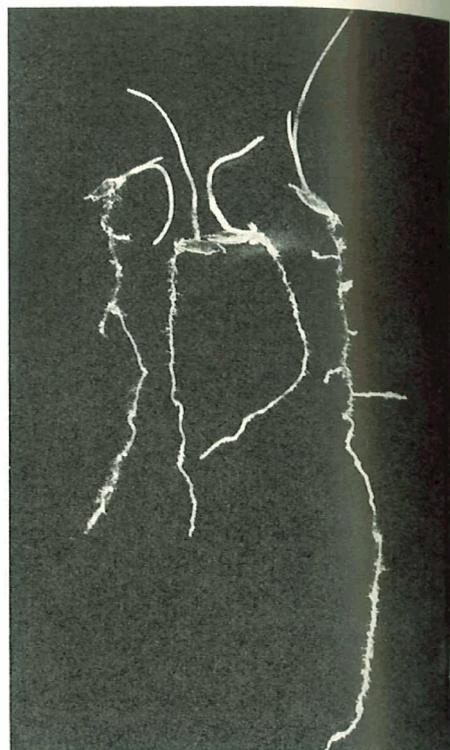


Abb. 18.

Sesleria-coerulea-Keimlinge verankern sich mit einer langen, schwach verzweigten Wurzel.

gelagert: wurden, ist die **Kältewirkung** erfolgt. Der **Lichtmangel** kann eine Folge der **Bodenbewegungen** sein, indem durch sie Samen in tiefere **Bodenschichten** verbracht werden.

In den geschützten Topfstandorten ist die Dezimierung durch die **Regelationswirkung** viel kleiner. Von 78 **Jungpflanzen** waren im folgenden Frühjahr noch 77 vorhanden. (In dieser Zahl sind allerdings noch einige frischgekeimte Pflanzen eingeschlossen.) Im Freiland hingegen haben von 49 Pflanzen nur 22 die **Regelation** überstanden. Das entspricht den mit spontanen Keimlingen gemachten Erfahrungen.

Einige ausgegrabene Pflanzen gaben Anhaltspunkte, in welcher Weise die Bodenbewegungen eine Schädigung bewirken. Arten mit langen unterirdischen Wurzeln zeigten häufig abgeschälte Rindenschichten von der Basis der Rosetten bis in etwa 6–7 mm Tiefe (vor allem bei *Helianthemum alpestre* und *Gypsophila repens*; siehe Abb. 19).

Diese Tiefenwirkung ist bei allen beobachteten Pflanzen gleich gross. Sehr wahrscheinlich entspricht sie der Eindringtiefe des Frostes. Damit wäre diese Beschädigung eine Folge der **Frosthebung**. Die Entstehung lässt sich durch die Annahme einer festen Verankerung der tieferliegenden Wurzelteile im Boden erklären. Das Gefrieren des Bodenwassers bewirkt eine Volumenzunahme. Da sie senkrecht zur Abkühlungsfläche erfolgt, kommt es zur **Frosthebung**. Werden die **unterirdischen Pflanzenteile** von diesem Eismantel umschlossen, so wirken die hebenden Kräfte auch auf sie. Entweder werden sie von den tieferliegenden Organen abgerissen, oder die Rindenschichten werden von den zentralen Geweben abgeschält, wobei die nach oben drängenden Erdmassen an den zurückgehaltenen inneren **Gewebezonen** vorbeigleiten können.

An
festge
Keim
welch
derar
G
den
versc
Euph
syste
ausm
aber

Abb.
Durd
sach
them
(7-9
Besc
Blat
beob
falle

gro
zus
Au
die
1.
2.
3.

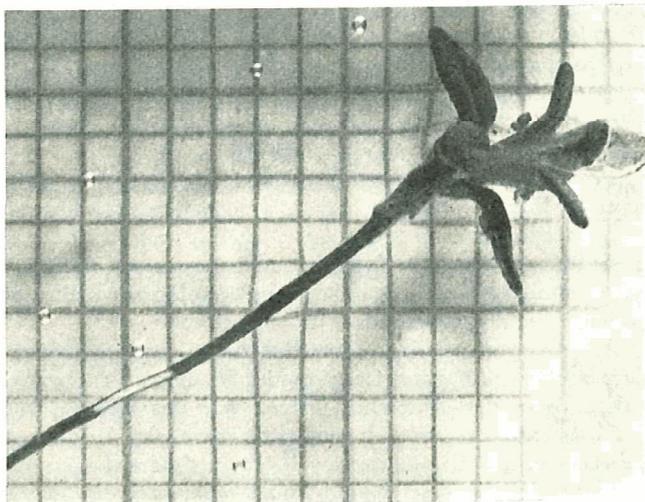
An *Anthyllis*-Keimlingen wurde ein Zusammenquetschen der distalen Wurzelteile festgestellt. Aufgrund dieser Beobachtungen ist anzunehmen, dass die Frosthebung für Keimlinge und Jungpflanzen eine viel grössere Rolle als die Gleitbewegung spielt, bei welcher die Verbindung von Pflanzen und dem sich bewegenden Substrat auch niemals derart eng ist.

Gleitbewegungen wirken vorwiegend durch Überschlüpfen der Pflanzen. Sehr junge, in den obersten Bodenschichten verankerte Keimlinge können dabei völlig unter der Erde verschwinden. Für die kurz nach der Schneeschmelze aufwachsenden Keimlinge von *Euphrasia salisburgensis* stellen diese Bewegungen die Hauptgefahr dar. Ihre Wurzelsysteme sind dünn und sehr flachgründig, so dass ihnen eine Frosthebung nur wenig ausmacht; sie werden einfach mit der Erdschicht emporgehoben. Andererseits sind sie aber einer Bewegung der obersten Erdschichten hilflos ausgeliefert.



Abb. 19.

Durch Frosthebung verursachter Schaden an *Helianthemum alpestre*. Der Abstand (7–9 mm) von der unteren Beschädigungsgrenze bis zur Blattrosette ist bei allen beobachteten Pflanzen auffallend gleich!



ntmangel kann eine Folge der
ere Bodenschichten verbracht

ng durch die Regelationswir-
den Frühjahr noch 77 vorhan-
imite Pflanzen eingeschlossen.)
Regelation überstanden. Das
fahrungen.

n welcher Weise die Bodenbe-
nterirdischen Wurzeln zeigten
osetten bis in etwa 6–7 mm
la repens; siehe Abb. 19).

zen gleich gross. Sehr wahr-
mit wäre diese Beschädigung
urch die Annahme einer festen
erklären. Das Gefrieren des
krecht zur Abkühlungsfläche
chen Pflanzenteile von diesem
uch auf sie. Entweder werden
Rindenschichten werden von
hängenden Erdmassen an den
nnen.

IV. DISKUSSION

A. Vegetation

Die Arten, die die Rasenhänge im Untersuchungsgebiet zusammensetzen, treten in grosser Menge auf. Daher entsteht ein ziemlich eintöniges Vegetationsbild. Die Artenzusammensetzung lässt deutlich den thermophilen Charakter der Vegetation erkennen. Ausser den artspezifischen Xeromorphosen treten einige auffällige Gemeinsamkeiten dieser trockenen Rasengesellschaften hervor:

1. Die Vorherrschaft von Horstseggen und Horstgräsern und das Fehlen der ausläufer-treibenden Arten derselben Verwandtschaftskreise.
2. Der grosse Anteil der verholzten Arten. Diese kommen als Zwerg-, Spalier- oder Halbsträucher vor.
3. Die geringe Bedeutung der krautigen Gewächse.

Solche **Anpassungen** an die **klimatischen** Verhältnisse dieser inneralpinen Trockenzone (BR.-BL.) wirken sich aber noch anders aus. Die umscheideten, sklerenchymreichen Triebe der **Horstgräser und Seggen**, die verholzten Triebe der Sträucher und Spaliere sind gleichzeitig gute **Schutzorgane** gegen Verletzungen durch bewegte Steintrümmer und **Erdmassen**.

Die **Bewurzelung** ist gegenüber den oberirdischen Organen um so **grösser**, je trockener der Standort **ist**. Dadurch wird nicht nur die **Wasserversorgung** auch während der trockenen Perioden **sichergestellt**, sondern auch eine gute Verankerung im Substrat erzielt. Auf **diese** Weise erfolgt eine Anpassung durch gleiche Mittel an zwei grundsätzlich verschiedene **Standortsfaktoren** dieser Vegetation: an die Trockenheit und an die **mechanische Beanspruchung**.

Eine weitere **Besonderheit** dieser Vegetation liegt darin, dass manche Arten fehlen, die **anderwärts** in Rasen **desselben Typs** meist zu finden sind. Im Nationalparkführer werden folgende Beispiele **angeführt**:

Phleum hirsutum, *Carex ferruginea*, *Pulsatilla alpina* ssp. *eualpina*, *Trifolium thalii*, *Trifolium badium*, *Onobrychis viciifolia* ssp. *montana*, *Astragalus frigidus*, *Helianthemum nummularium* ssp. *grandiflorum*¹, *Pedicularis foliosa*, *Campanula thrysoidea* und *Centaurea rhaetica*.

Diese Beispiele lassen sich noch um

Pedicularis verticillata, *Nigritella nigra*, *Hippocrepis comosa*, *Coeloglossum viride* und *Gentiana lutea* vermehren.

Es fällt auf, dass bei vielen Arten für ein gutes Gedeihen die Verbindung ihrer Wurzelsysteme mit anderen Organismen notwendig ist. Wahrscheinlich wirken sich dabei die **Bodenbewegungen besonders unheilvoll aus**.

Am stärksten scheinen diese Rasen von den Leguminosen gemieden zu werden. Eine Voraussetzung für gutes Gedeihen ist bei dieser Gruppe die Symbiose mit N-fixierenden Bakterien in den Wurzelknöllchen. Wie das Beispiel von *Anthyllis vulneraria* zeigt, sind diese ausserordentlich schlecht entwickelt. An der petrographischen Herkunft des Substrats kann dies kaum liegen, da in tiefern Lagen auf denselben Böden *Coronilla vaginalis*, *Hippocrepis comosa* und *Ononis rotundifolia* ausserordentlich gut gedeihen.

Ebenfalls von anderen Organismen abhängig sind die Orchideenarten, die für ihre Keimung und wahrscheinlich auch für ihre weitere Entwicklung auf Pilze angewiesen sind. Auch sie fehlen auf diesen Standorten mit Ausnahme von *Gymnadenia odoratissima*.

Die Vertreter der Gattung *Pedicularis* schliessen sich durch ihren Wurzelparasitismus recht gut an. Als einzige **häufigere halbparasitische** Art ist hier die *Euphrasia salisburgensis* zu nennen. Da sie aber **einjährig** ist, vermag ihr die Regeneration nur wenig **anzuhelfen**. Nach meinen **Beobachtungen kann** sie ausserdem ohne Wurzelparasitismus ihre Samen zur Reife bringen.

B. Zur Entstehung der Girlanden

Eine Zusammenfassung von Vorstellungen über den Vorgang der **Girlandenbildung** wurde im Kapitel IIIB gegeben. Sie stimmen **darin überein**, dass eine Bewegung der gesamten Vegetation und der **Feinerdeschicht** für die **Girlandenbildung** verantwortlich gemacht **wird**. Als Beweis **wird** die «**Humuslinse**» (FURRER) angegeben.

¹ Nach meinen Beobachtungen ist **diese** Art allerdings recht **häufig**.

dieser inneralpinen Trocken-
scheideten, sklerenchymreichen
e der Sträucher und Spaliere
durch bewegte Steintrümmer

anen um so grösser, je trocke-
versorgung auch während der
e Verankerung im Substrat er-
e Mittel an zwei grundsätzlich
die Trockenheit und an die

in, dass manche Arten fehlen,
sind. Im Nationalparkführer

ssp. *eualpina*, *Trifolium thalii*,
agalus frigidus, *Helianthemum*
impanula thrysoidea und *Cen-*

mosa, *Coeloglossum viride* und

a die Verbindung ihrer Wurzel-
heinlich wirken sich dabei die

sen gemieden zu werden. Eine
e Symbiose mit N-fixierenden
on *Anthyllis vulneraria* zeigt,
etrographischen Herkunft des
auf denselben Böden *Coronilla*
usserordentlich gut gedeihen.

Orchideenarten, die für ihre
wicklung auf Pilze angewiesen
von *Gymnadenia odoratissima*.
urch ihren Wurzelparasitismus
st hier die *Euphrasia salisbur-*
e Regulation nur wenig anzu-
ohne Wurzelparasitismus ihre

nden

organg der Girlandenbildung
a, dass eine Bewegung der ge-
andenbildung verantwortlich
R) angegeben.

näufig.

Daraus ergeben sich aber zwei Folgerungen:

1. Die Vegetation müsste beim «Einrollen» (FURRER) in inverse Lage gebracht werden. Abgesehen davon, dass dies bei den vorherrschenden Wurzelsystemen mit plagiotrop wurzelnden Arten nur schwer vorstellbar ist, liessen sich solche Triebe auch nie in inverser Lage beobachten. (Da die Jahresringe basal breiter **angelegt** werden, ist die Lage auch bei schon teilweise vermoderten Trieben noch gut zu erkennen.) **Hangab-**wärts gedrückte Horste werden meistens völlig entwurzelt und stürzen in die Tiefe.
2. Bei einer aktiven Einrollbewegung müsste sich ein U-förmiges **Girlandenprofil** ergeben, wie es z. B. bei Erdströmen oder bei arktischen Solifluktuionsformen zu sehen ist. Die Sigmoidkurvenform der Grossgirlanden widerspricht aber mindestens einer rezenten **Einrollung**, wie FURRER und HÖLLERMANN aus anderen Gründen **ebenfalls** bemerken.
3. Als Hauptindiz der Einrollung wird die Humuslinse aufgeführt. Die Entstehung einer nach vorne zunehmenden Humusschicht lässt sich aber aufgrund der beobachteten Vorgänge erklären:

In initialen Vegetationsstadien erfolgt zunächst eine Stauung des Feinmaterials in girlandenförmigen Wülsten und damit eine Beschränkung der Vegetation auf die feinerreichsten Stirnzonen. Es entstehen die Kleingirlanden. Diese werden mit zunehmendem Auftreten der Horstgräser und Seggen reicher an Feinerde und **vergrössern** sich auch seitlich. Die Pioniervegetation wird durch die starke Wurzelkonkurrenz verdrängt.

Die Stirnvegetation weist mit zunehmender Entwicklung eine stockwerkartige Schichtung auf, wie sie im Kapitel IIA beschrieben wurde. Ihre basalen Teile mit den Erneuerungsknospen geniessen einen mikroklimatischen Schutz, der dem Rücken fehlt. Hier sind Bodenhebungen und Gleitbewegungen in den obersten Schichten aktiv und verhindern eine Besiedlung.

Die Feinerde bewegt sich hangabwärts und deckt die Stirnvegetation zu. Da sich die Gräser und Seggen an diesen Standorten vorwiegend auf der basalen Seite entwickeln, wachsen sie mit zunehmender Aufschüttung talwärts. Die Triebe der verholzten Arten verlängern sich in der beschriebenen Weise. Allseitig wachsende Spaliere wie *Dryas octopetala* verlieren bei der zunehmenden Überschüttung immer mehr an Vitalität und sterben **schliesslich** ab.

Da dieses «Nach-vorne-Wachsen» mit einem **Grössenwachstum** der Pflanzen verbunden ist, werden die anfallenden Humusmengen immer grösser (vor allem bei den Gramineen und Seggen, bei welchen die Wurzelsysteme verhältnismässig kurzlebig sind).

Erosion im oberen **und** Akkumulation im unteren **Teil** führt zur **Verflachung** der Girlandenrücken und zur passiven und aktiven Vergrösserung des Stirnabfalls. Dadurch entstehen immer neue Möglichkeiten der Besiedlung auf den mikroklimatisch bevorzugten und vor Schneedruck geschützten Steilflächen, so dass sich eine stockwerkartige Vegetation entwickelt. Sehr hohe Girlandenfronten vermögen oft dem Druck der dahinterliegenden Erdmassen nicht standzuhalten und brechen in der Mitte auf.

Damit werden die für die Girlandengenese verantwortlichen Bewegungen vorwiegend auf Vorgänge zurückgeführt, die an der Erdoberfläche wirken.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegenden **Untersuchungen** über Soziologie und Ökologie von alpinen **Strukturrasen** wurden 1962–1966 im schweizerischen **Nationalpark** durchgeführt. Die **wichtigsten** Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Vegetation der untersuchten Rasen wird mit **Hilfe** von Differentialarten in **lokale** Gesellschaften gegliedert. In ihrer Gesamtheit gehören sie zum Verband des **Seslerions** (BR.-BL.).
2. Der **Einfluss** der **geologischen** Unterlage für die Vegetation ist in diesen initialen **Besiedlungsphasen** besonders **ausgeprägt**. Vor **allem** ist **innerhalb** der karbonatreichen Muttergesteine der Unterschied zwischen Böden aus feinkörnig verwitterten Rauhwacken und den grobkörnigen Dolomithöden gross.
3. Besonders die Vegetation der Girlanden zeigt eine gesetzmässige Verteilung der Wuchsformen, die den übrigen Strukturrasen fehlt. Sie stellt eine Anpassung an die Umlagerung der oberen Feinerdeschichten durch das Wasser dar.
4. Korngrössenuntersuchungen zeigen deutlich den Unterschied zwischen den vorwiegend schluffhaltigen Rauhwackeböden und den hauptsächlich feinsandhaltigen **Dolomithöden**. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen fortschreitender Besiedlung und zunehmender Materialsortierung in den oberen Bodenhorizonten (**Wurzelräume der Pflanzen**). Die Materialsortierung wird durch das Wasser bewirkt.
5. **Temperaturmessungen** weisen auf die ungünstigen mikroklimatischen Verhältnisse der **Girlandentrücken** hin. Hier finden Frosthebungen statt, welche weitgehend die Besiedlung durch die Vegetation verhindern. Frosthebungsmessungen und Beobachtungen an spontanen und kultivierten Keimlingen geben Hinweise über die **Grössenordnung** dieser Vorgänge.
6. Gleitbewegungen finden nur in den obersten Feinerdeschichten statt.
7. Die Girlandenbildung wird als Ergebnis des Zusammenwirkens von Verlagerungsprozessen des Feinmaterials und zunehmender Besiedlung durch die Pflanzen beschrieben. Es werden dabei standortsabhängige Gleichgewichtszustände erreicht. Bei den andern Strukturrasen (Erdströme, *Carex-firma*-Erdwülste und Texturböden) tritt der oberflächengestaltende Einfluss der Vegetation hinter der geomorphologischen Wirkung stark zurück.

Literaturverzeichnis

- BACH, R., BÖSCH, H., ELLENBERG, H., EUGSTER, H., LÜDI, W., TRÜMPY, R., UTINGER, H., ZOLLER, H., und andere: Durch den schweizerischen **Nationalpark**, ein wissenschaftlicher Führer. Neuchâtel 1966.
- BOESCH, H.: Geologie der zentralen Unterengadiner Dolomiten. Diss. Univ. Zürich 1937.
- BINZ, A.: **Schul- und Exkursionsflora** für die Schweiz. 8. Aufl., bearb. v. A. BECHERER, Basel 1957.
- BRAUN-BLANQUET, J.: **Eine pflanzengeographische** Exkursion durch das Engadin und in den schweizerischen Nationalpark. **Beitr. geobot. Landesaufn. der Schweiz** 4, 1918.
- Schedae ad **Floram Raeticam Exsiccataam. Jahresber. Nat. Ges. Graub., 1918–1925.**
- **Übersicht** der Pflanzengesellschaften Rätians. **Vegetatio** 1, 29–41, 129–146, 285–316; 2, 20–37, 214–237, 341–360.
- Pflanzensoziologie. 3. Auflage, Springer, Wien 1964.
- BRAUN-BLANQUET, J., und JENNY, H.: **Vegetationsentwicklung und Bodenbildung** in der alpinen Stufe der Zentralalpen. **Denkschr. d. Schweiz. Nat. Ges.** 63, 181–349, 1926.
- BRAUN-BLANQUET, J., und RÜBEL, E.: Flora von Graubünden. **Veröff. Geob. Inst. Rübel**, 7, 1932–36.

NG

Ökologie von alpinen Strukturalpen durchgeföhrt. Die wich-

fe von Differentialarten in lo-

etation ist in diesen initialen

st innerhalb der karbonatrei-

aus feinkörnig verwitterten

ss.

gesetzmässige Verteilung der

e stellt eine Anpassung an die

Wasser dar.

terschied zwischen den vor-

aupstächlich feinsandhaltigen

zwischen fortschreitender Be-

den oberen Bodenhorizonten

rd durch das Wasser bewirkt.

ökroklimatischen Verhältnisse

statt, welche weitgehend die

ungsmessungen und Beobach-

en Hinweise über die Grössen-

schichten statt.

enwirkens von Verlagerungs-

llung durch die Pflanzen be-

gewichtszustände erreicht.

-Erdwülste und Texturböden)

on hinter der geomorphologi-

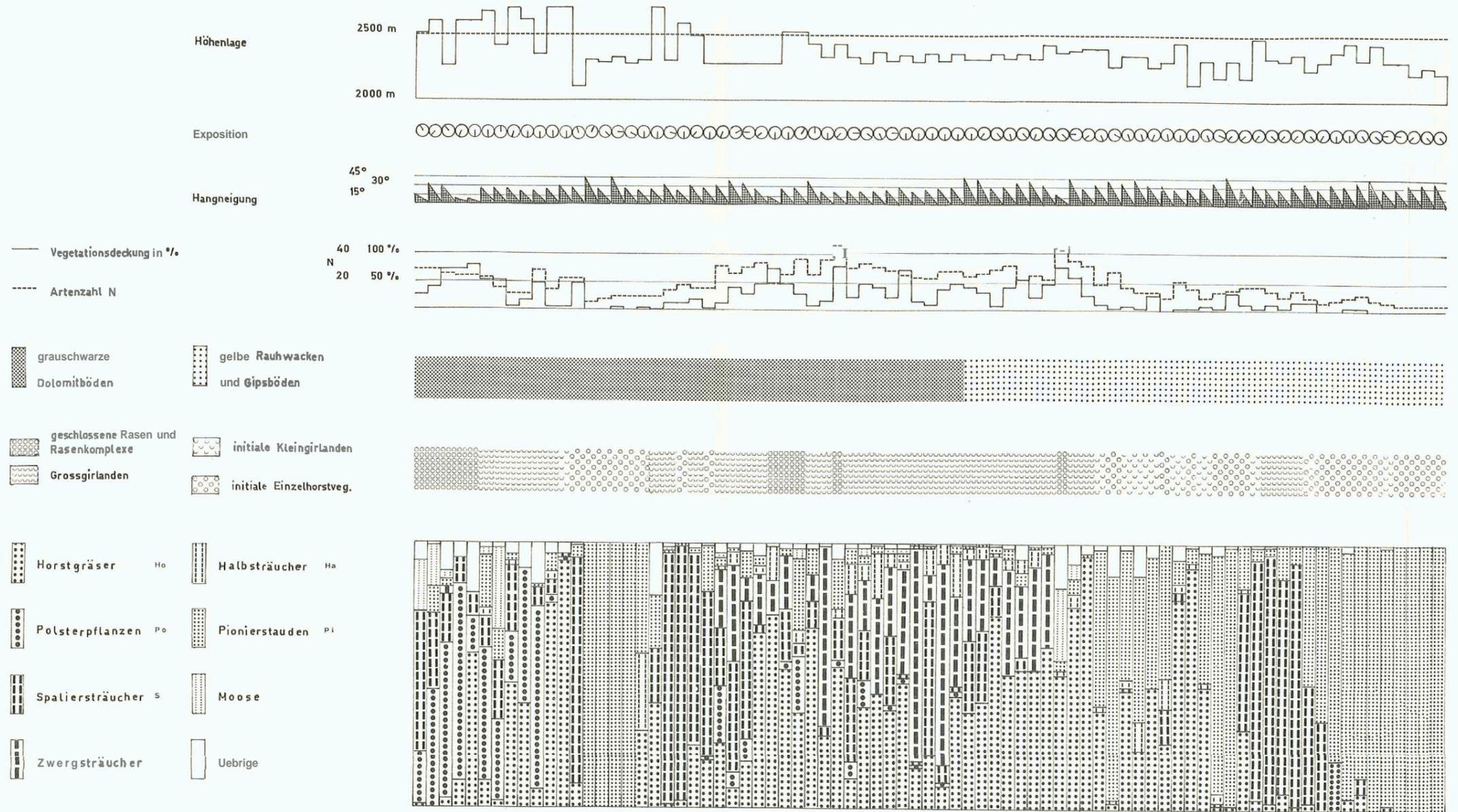
- BRAUN-BLANQUET, J., PALLMANN, H., und BACH, R.: Vegetation und Böden der Wald- und Zwergstrauchgesellschaften (*Vaccinio-Piceetalia*). *Ergeb. wiss. Unters. Schweiz. Nationalparks* 4 (N.F.), 1954.
- BROCKMANN-JEROSCH, H.: Die Vegetation der Schweiz. *Beitr. geobot. Landesaufn. der Schweiz* 12, 1925-1929.
- ELLENBERG, H.: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. Einführung in die Phytologie 4, 1. Teil, Stuttgart 1956.
- Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Einführung in die Phytologie 4, 2. Teil, Stuttgart 1963.
- ELSÄSSER, H.: Untersuchungen an Erdbulten und Strukturböden im Avers. *Dipl.-Arbeit*, Univ. Zürich 1963, unveröffentlicht.
- FABIJANOWSKI, J.: Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen Exposition, Relief, Mikroklima und Vegetation in der Fallätsche bei Zürich. *Beitr. geobot. Landesaufn. d. Schweiz* 29, 1950.
- FURRER, E.: Kleine Pflanzengeographie der Schweiz. 2. Aufl. Zürich 1942.
- FURRER, G.: Solifluktfonnen im schweizerischen Nationalpark. *Ergeb. wiss. Unters. schweiz. Nationalparks* 4 (N.F.), 1954.
- Die Höhenlage von subnivale Bodenformen. *Habilitationschr. Univ. Zürich* 1965.
- FRÖDIN, J.: Über das Verhältnis zwischen Vegetation und Erdfließen in den alpinen Regionen des schwedischen Lapplands. *Lunds universitets årsskrift N.F. Av. 2, Bd. 14, Nr. 24*.
- GEIGER, R.: Klima der bodennahen Luftschicht. Vieweg 1961.
- GIACOMINI, V.: Un esempio di tundra artica a «suolo poligonale» nelle Alpi occidentali. *L'Universo, riv. dell'Ist. Geogr. Milit.* 24, 7, 1943.
- HANSON, H.C.: Vegetation and soil profiles in some solifluction an mound areas in Alaska. *Ecology* 31, No. 4, 606-630, 1950.
- HARTMANN, H.: Studien über die vegetative Fortpflanzung in den Hochalpen. *Jber. naturf. Ges. Graubünden, N.F.* 86, 1955.
- HEDBERG, O.: Features of afroalpine plant ecology. *Acta phytogeographica Suecica* 49, Uppsala 1964.
- HEGI, C.: Flora von Mitteleuropa. 7 Bde., München, teilweise mit Neuaufgaben 1908-1963.
- Alpenflora. 9. Aufl., bearb. v. H. MERXMÜLLER, München 1950.
- HEGG, O.: Untersuchungen zur Pflanzensoziologie und Ökologie im Naturschutzgebiet Hohgant. *Beitr. geobot. Landesaufn. d. Schweiz* 46, 1965.
- HESS, E.: Über die Wuchsformen der alpinen Geröllpflanzen. *Diss. Univ. Zürich* 1909.
- HÖLLERMANN, P.W.: Rezente Verwitterung, Abtragung und Formenschatz in den Zentralalpen am Beispiel des oberen Suldentales (Ortlergruppe). *Zeitschr. f. Geomorph., Suppl.* Bd. 4, 1964.
- JENNY-LIPS, H.: Vegetationsbedingungen und Pflanzengesellschaften auf Felseshutt (Phytosoziologische Untersuchungen in den Glarner Alpen). *Beih. bot. Cbl.* 46, 2. Abt., 119-296, 1930.
- Vegetation der Schweizer Alpen. Zürich 1948.
- KINZEL, W.: Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung. Stuttgart 1920.
- KRAUS, G.: Die Sesleria-Halde. *Verh. d. Phys.-Med. Ges. Würzburg.* XXXVIII (N.F.), 1906.
- Boden und Klima auf kleinstem Raum. Jena 1911.
- KUBIENA, W.L.: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Stuttgart 1953.
- LANDOLT, E.: Unsere Alpenflora. Zollikon-Zürich 1960.
- LANGENHEIM, J.H.: Plant succession on a subalpine Earthflow in Colorado. *Ecology* 37, 301-317, 1956.
- LARCHER, W.: Frostschäden und Frostschutz bei Pflanzen. *Pyramide*, 10, 1953.
- Frosttrocknis an der Waldgrenze und in der alpinen Zwergstrauchheide auf dem Patscherkofel bei Innsbruck. *Veröff. Ferdinandeum Innsbruck* 37, 49-81, 1957.
- Zur winterlichen Erschwerung der Wasserbilanz von Holzpflanzen an den Waldgrenzen. *Ber. natw.-med. Ver., Innsbruck (Festschrift H. GAMS)* 53, 1963.
- LÜDI, W.: Die Pflanzengesellschaften der Lauterbrunnentales und ihre Sukzessionen. *Beitr. geobot. Landesaufn. d. Schweiz* 9, 1921.
- Die Pflanzengesellschaften der Schinigeplatte bei Interlaken und ihre Beziehungen zur Umwelt. *Veröff. geobot. Inst. Rübel, Zürich* 23, 1948.

- Die Neubildung des **Waldes im Lavinar** der Alp La Schera im schweizerischen Nationalpark (Unterengadin). *Ergeb. wiss. Unters. schweiz. Nationalparks* 4 (N. F.), 279–296, 1954.
- MANSBARD, E.**: Herkunft und Vorkommen von gebundenem Stickstoff. *Handbuch der Pflz.-phys.*, VIII, 126 ff., 1958.
- MARKGRAF-DANNENBERG, J.**: Die Gattung *Festuca* in den Bayerischen Alpen. *Ber. Bayer. Bot. Ges. München*, Bd. XXVIII, 1–17, 1950.
- MEINARDUS, W.**: Arktische Böden. *Handbuch d. Bodenlehre*, 3, 1930.
- MÜLLER, S.**: Isländische Thufur und alpine Buckelwiesen. Ein genetischer Vergleich. *Natur und Museum* 7 und 8, 1962.
- NIGGLI, P.**: Tabellen zur Petrographie und zum Gesteinbestimmen. *Mineralogisch-Petrographisches Institut d. ETH*, 1949.
- NORDHAGEN, R.**: Die Vegetation und Flora des Sylvengebietes. I. Die Vegetation. Oslo 1928.
- OBERDORFER, E.**: **Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland und die angrenzenden Gebiete**. Stuttgart 1962 (2. Auflage).
- PAWLOWSKI, B.**: Über die Klimaxassoziation in der alpinen Stufe der Tatra. *Bull. Acad. polon. Sci. et Lettr., Cl. Sci. math.-nat., Sér. B*, 115–146, 1935.
- PEDROTTI, D.**: Osservazioni sulla criomorfologia dei suoli erbosi della Paganella. *Mem. Museo storia Nat. Ven. Tridentina* 10 (2), 447–465, 1955.
- PIETZ, J.**: Beitrag zur Physiologie des Wurzelknöllchenbakteriums. *Zentrbl. f. Bakt. II. Abt.*, Bd. 99, Nr. 1/4, 1938.
- PIROLA, A.**: Flore e **Vegetazione periglaciale sul versante meridionale del Bernina**. *Flora et vegetatio italica. Monogr. sulla Flore e Veg. d'Italia* direkte da V. Giacomini 1959.
- Osservazioni sui cuscinetti erbosi nella valle di Livigno (Alpi Retiche). *Atti Ist. Bot. dell'Università Lab. crittog. Pavia, Serie V, vol. XX*, 1–11, 1962.
- RAPP, A.**: Recent development of mountain slopes in Kärkevagge and surroundings, northern Scandinavia. *Geogr. Ann. Vol. XLII: 2–3, Stockholm* 1961.
- REHDER, H.**: Der Girstel – ein natürlicher Föhrenwaldkomplex am Albis bei Zürich. *Ber. geob. Inst. ETH, Stiftg. Rübel, Zürich* 33, 17–64, 1962.
- RÜBEL, E.**: Alpenmatten-Überwinterungsstadien. *Vcröff. geobot. Inst. Rübel, Zürich* 3, 37–52, 1925.
- SCHAEFFER-SCHACHTSCHABEL**: **Bodenkunde. I. Teil. Lehrbuch der Agrilkulturchemie und Bodenkunde**. 5. Aufl., Stuttgart 1960.
- SCHENK, E.**: Die Mechanik der periglazialen Strukturböden. *Abh. d. Hess. Landesamtes f. Bodenforschg.* 13, 1955.
- SCHINZ und KELLER**: **Flora der Schweiz**. IV. Aufl., Zürich 1923.
- SCHLITTLER, J.**: **Vegetationsstudie des Niederurnertales**. *Mitt. d. Nat. Ges. Glarus, Heft VII*, 1–63, 1945.
- SCHMID, E.**: Die **Wuchsformen** der Diktotyledonen. *Ber. geob. Inst. Rübel, Zürich*, 38–50, 1955.
- Die Erfassung der **Vegetationseinheiten** mit floristischen und epimorphologischen Analysen. *Ber. schweiz. Bot. Ges.* 73, 276–324, 1963.
- SCHMID, J.**: Der Bodenfrost als morphologischer Faktor, Heidelberg 1955.
- SCHRÖTER, C.**: **Das Pflanzenleben der Alpen**. 2. Aufl., Zürich 1926.
- SCHWARZENBACH, F.H.**: Die arktische **Steppe** in den Trockengebieten Ost- und Nordgrönlands. *Ber. d. geobot. Inst. ETH, Stiftg. Rübel, Zürich* 31, 42–64, 1960.
- **Botanische Beobachtungen** in der Nunatakkzone Ostgrönlands zwischen 74° N und 75° N. *Medd. om Gronland* 163, 1–172, Kopenhagen 1961.
- SEIDENFADEN, G.**: Moving soil and vegetation in East Greenland. *Medd. om Gronland* 87, 1–21, 1931.
- SIGAFOOS, R. S.**: Frost action as a primary physical factor in tundra plant communities. *Ecology* 33, 480–487, 1952.
- SIGAFOOS, R. S., and HOPKINS, D. M.**: Frost heaved tussocks in Massachusetts. *Americ. Journ. of Science* 249, 312–317, 1951.
- STEUBING, L.**: **Pflanzenökologisches Praktikum**. Berlin u. Hamburg 1965.
- TROLL, C.**: Strukturböden, Solifluktuion und Frostklima der Erde. *Geol. Rundschau*, Bd. XXXIV, Heft 7/8, 1944.

m schweizerischen Nationalpark
 4 (N.F.), 279-296, 1954.
 kstoff. Handbuch der Pflz.-phys.
 arischen Alpen. Ber. Bayer. Bot.
 1930.
 enetischer Vergleich. Natur und
 nen. Mineralogisch-Petrographi-
 I Die Vegetation. Oslo 1928.
 deutschland und die angrenzen-
 fe der Tatra. Bull. Acad. polon.
 i della Paganella. Mem. Musco
 ms. Zentrbl. f. Bakt. II. Abt.,
 nale del Bernina. Flora et vege-
 Giacomini 1959.
 ni Retiche). Atti Ist. Bot. dell'
 gge and surroundings, northern
 am Albis bei Zürich. Ber. geob.
 . Inst. Rübel, Zürich 3, 37-52,
 : Agrikulturcheinie und Boden-
 d. Hess. Landcsaintes f. Boden-
 d. Nat. Ges. Glarus, Heft VII,
 ist. Rübel, Zürich, 38-50, 1955.
 l epimorphologischen Analysen.
 erg 1955.
 ,
 ieten Ost- und Nordgrönlands.
 1960.
 nds zwischen 74° N und 75° N.
 . Medd. om Grönland 87, 1-21,
 ra plant communities. Ecology
 assachusetts. Americ. Journ. of
 rg 1965.
 Geol. Rundschau, Bd. XXXIV,

- WALTER, H.: Standortslehre. Einführung in die Phytologie 3, 1. Teil, Stuttgart 1960 (2. Aufl.).
 WASHBURN, A. L.: Instrumentation for mass-wasting and patterned-ground studies in Northeast
 Greenland. Biuletyn periglacialny 8, 59-64, Łódz 1960.
 WILSON, J. K.: Leguminous plants and their associated organisms. Cornell Univers. agr. exp.
 station 1939.
 WILSON, J. W.: Vegetation patterns associated with soil movement on Jan Mayen Island. Journ.
 of Ecol. 40, 249-264, 1952.
 ZIMMERMANN, H.: Sedimentologische Untersuchungsmethoden für die Geomorphologie. Dipl.-
 Arb. Univ. Zürich 1959 (unveröffentlicht).
 ZYMNI, H.: Root nodulation of certain species of papilionaceous plants in forest and meadow
 associations at Bialowieza. Frag. florist. et geobot. Ann. VIII, Pars 2, 1962.
 — The nodulation of papilionaceous plants and habitat conditions. Frag. florist. et geobot. Ann. X,
 Pars 2, 1964.
 ZOLLER, H.: Pflanzenkleid der Mergelsteilhänge im Weissensteingebiet. Beitrag zur Kenntnis
 natürlicher Reliktvegetation in der montan-subalpinen Stufe des schweizerischen Juras. Ber.
 geobot. Forsch. inst. Rübel, Zürich 1950, 67-95.
 — Flora des schweizerischen Nationalparks und seiner Umgebung. Ergeb. wiss. Unters. schweiz.
 Nationalparks 9, Heft 51, 1964.
 ZÖTTL, H.: Untersuchungen über das Mikroklima subalpiner Pflanzengesellschaften. Ber. geobot.
 Forsch. inst. Rübel, Zürich 1952, 79-103.

VEGETATION und STANDORTSFAKTOREN



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 77 77 78 79

Stetigkeits- und Gruppentabelle		Netzweiden-Polsterseggenrasen		Löwenzahn-Grannenhafer-Pionierstadien	Löwenzahn-Erica-Horstseggenrasen		Edelweiss-Erica-Horstseggenrasen			Bergspitzkiel-Gipskraut-Horstseggenrasen		Gipskraut-Schwingelrasen		Löwenzahn-Grannenhafer-Pionierstadien
		Ausbildung mit Schwarzer Schaefgarbe	typische Ausbildung	typische Ausbildung	verarmte Ausbildung	typische Ausbildung	Ausbildung mit Stachelspitziger Segge	typische Ausbildung mit vorwiegend Immergrüner Segge	verarmte Ausbildung mit vorwiegend Immergrüner Segge	Erica-reiche Ausbildung	Übergangstypen	typische Ausbildung	verarmte Ausbildung	Gipskraut-Fetthennensteinbrech-reiche Ausbildung
Aufnahmenummern		1-5	6-13	14-19	20-23	24-27	28-32	33-37	38-42	43-49	50-56	57-65	66-74	75-79
Anzahl der Aufnahmen		5	8	6	4	4	5	5	5	7	7	9	9	5
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	Ligusticum mutellina Silene acaulis Achillea atrata Hutchinsia alpina Taraxacum alpinum Carex atrata ssp. nigra	III r III 5,9 IV 0,7 III r III r III 0,1	II r	I r			I 0,1 I 0,1		I r		I 0,1			
B	Salix reticulata Ranunculus alpester	IV 4,4 V 1,5	IV 2,6 IV 1,1	I 0,1 I r		2 r				I 0,1			I r I r I r I 0,1	
C	1 Crepis Jacquini Saxifraga caesia Carex firma	II r IV 0,7 V 28,0	III 0,7 IV 0,1 V 18,7		I 0 11 3 0,1	4 r 4 0,1 3 2,5	IV 0,1 V 1,0 V 1,8	IV 0,1 IV 0,1 IV 4,1	IV r IV 0,1 I 0,1	I r		II r	I r I r I 0,1	
C	2 Gentiana verna Minuartia verna	IV 0,7 III 0,1	IV 0,1 II 0,1	I r		1 0,1 1 r	V r II r	IV 0,1 II 0,1	I 0,1 II 2,5	I r	I 0,1 II r	I r		
D	Carex rupestris Soldanella alpina Agrostis alpina Homogyne alpina	II 0,1 I 15,0	III 0,7 II 0,1 II 1,3 II 0,1			4 r 1 r 2 r	II 1,3 III 0,1 I r	I 2,5 II r III 0,9 III 0,1	I 0,1 I 0,1 I 2,5	I r	II r I 0,1			
E	Gypsophila repens Trisetum distichophyllum Leontodon hispidus Saxifraga aizoides	I 0,1	I 0,1 I r	I r IV r V 0,5 I r	2 r 3 0,1 2 r	3 0,1 4 0,1	I 0,1	III 0,9		II 0,1	V 0,1 I 0,1 IV 0,1 IV 0,1	V 1,1 III 0,1 V 0,5 V 1,3	V 2,3 III 0,1 V 0,9 IV 3,0	V 0,3 IV 0,5 V 0,4 V 1,8 V 1,5
F	Carex mucronata Kerneria saxatilis Aster alpinus Gymnadenia odoratissima Leontopodium alpinum				1 r 1 0,1		V 14,0 II r II r I r V 0,4	II r I 0,1 II 0,1 III 0,1	I r III 0,1 I r III r IV r	I 0,1	I 0,1		I r	
G	Galium pumilum Helianthemum numm. ssp. grd. florum Oxytropis montana			I 0,1					I 0,1		V 0,1 IV 0,4 III 0,1	III 0,1 V 1,3 V 0,5	II r II 0,1	I 0,1
H	Thesium alpinum Polygala alpestris Polygala chamaebuxus				1 r	2 r 1 r	IV r III r II r	V 0,1 III 0,1 IV 0,1	I 0,1 III 0,1 III r	III 0,1 I 0,1 II r	III r II 0,1 II r			

Cirsium acaule		II 1,3			II r	V 0,4	V 2,0	II 0,1	II r	II 1,2		
Globularia cordifolia		I r						V 4,5	IV 0,1			
I	Campanula scheuchzeri	I 0,1	I r			3 r		III 0,9	III 0,1	V r	III 0,1	I r
	Bellidistrum michelii	II r	II 0,1			4 0,7		III 0,9	III r	IV 0,4	III 0,1	
	Bartsia alpina	II 0,1	I 0,1			3 0,1	II 0,1	II 0,1	V r	II r	I 0,1	
	Gentiana campestris	II r	I 0,1			4 0,1	III r	IV 0,1	II r	IV 0,1	III 0,1	II r
	Gentiana clusii	I 2,5	II 1,3			4 0,1	IV 0,1	V 0,1	II r	IV r	II 0,1	I r
K	Hieracium bifidum		II r			2 r		IV 0,1	I r	IV 0,1	I 0,1	
	Carex humilis					3 0,9		IV 7,5	V 4,0	V 4,5	IV 4,0	II 0,9
	Daphne striata					1 r		III 0,1	V 1,1	V 0,6	V 0,5	I 0,1
	Erica carnea	I 2,5	I 0,1			1 0,1		V 11,5	IV 23,4	V 23,7	V 14,8	
L	Carex sempervirens					1 2,5		4 10,1	I r	V 17,9	V 13,7	V 16,0
	Thymus serpyllum ssp. praecox							2 r	I r	III 0,1	IV r	V 0,1
	Carduus defloratus		I r	I 0,1	I 0,1			4 0,1	I 0,1	IV 0,1	III r	V 0,4
M	Euphrasia salisburgensis	I r	II r			2 r		4 0,1	V 0,1	V 0,1	V 0,1	III 0,1
	Biscutella levigata		II 0,1	II r		2 r		2 0,1	IV r	IV 0,1	I r	V 0,1
	Helianthemum alpestre	IV r	II 0,9	I 0,1		4 0,7		4 1,3	IV 0,7	V 5,0	V 0,5	V 1,3
	Anthyllis vulner. ssp. alpestris	IV 2,9	IV 6,0	I r		4 0,7		4 0,7	V 4,0	V 4,5	V 1,1	V 0,4
	Dryas octopetala	IV 8,8	IV 13,5			4 13,5		4 9,0	V 4,0	V 14,2	V 4,5	V 5,9
	Festuca pumila	V 1,9	IV 2,4	II 0,1		4 0,1		2 r	IV 0,1	IV 1,3	V 1,0	V 1,5
	Sesleria coerulea	V 13,8	V 7,1	III 0,1		4 0,7		4 5,6	V 1,0	V 11,1	V 1,1	V 3,3
	Campanula cochleariifolia	I r	IV 0,9	V 0,1		3 r		4 0,7	IV 0,1	V r	V 0,1	V 0,1
	Moose	III 6,8	III 10,0			2 r		4 0,1	V 0,6	IV 1,3	II 1,2	II 1,2
	Polygonum viviparum	V 0,6	IV 0,6			1 0,1		2 0,1	II 0,1	I 0,1		III 0,1
	Salix retusa inkl. ssp. serpyll.	IV 4,5	IV 2,0			2 r		1 r	I 2,5		I 0,1	II r
	Draba aizoides	III r	II 0,1						III 0,1	I 0,1	I 0,1	I 0,1
	Carex ornithopoda	II 1,3	II 1,3			1 r		1 0,1	I 0,1	I 0,1		I 0,1
	Poa alpina	I 0,1	II r						I r			II 0,1
	Sedum atratum	III r	II 0,1							I 0,1		I 0,1
	Selaginella selaginoides	III 0,9	II 0,1					1 0,1		III 0,1		
	Arenaria ciliata	I r	II r						I r			I r
	Erigeron neglectus	I r	I 0,1						I r			I 0,1
	Parnassia palustris	I 9,0								I r	I r	I 0,1
	Linaria alpina			II 0,1				2 r			I r	II 0,1
	Tussilago farfara										I 0,1	II r
	Senecio doronicum								I r	I 0,1		III 0,1
	Phyteuma orbiculare							1 r		I 0,1		III 0,1
	Pinus mugo		I r			1 r		1 r		I 0,1		I 0,1
	Carlina acaulis								I r	I 0,1		II r
	Botrychium lunaria			I r		2 r		1 r				I r
	Ranunculus montanus											II r
	Chrysanthemum leuc. ssp. montanum										I 0,1	III 0,1
	Valeriana montana			II r							III 0,1	II 0,1
	Viola calcarata		II 0,1									II 0,1
	Carex ericetorum					1 r			II r	I 0,1		
	Arabis pumila	II 0,1	II r	I 0,1								
	Carex ferruginea	II 4,6										I 2,5
	Veronica aphylla		I r									II 0,1
	Poa cenisia		I 0,1	II 0,1								
	Silene cucubalus			III 0,1								
	Arctostaphylos alpina	I 0,1	I 0,1					3 0,9		III 1,7	I 0,1	