

GESTEINSBEDINGTE STANDORTS- UND FORMEN- DIFFERENZIERUNG REZENTER PERIGLAZIALERSCHEINUNGEN IN DEN OSTALPEN

Peter FRITZ

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkung	237
2. Allgemeiner Überblick	238
3. Arbeitsgebiete	243
4. Die einzelnen Kräfte und Formen	245
4.1. Klima	245
4.2. Die windbedingte Schneedeckenverteilung	246
4.3. Rasenschälung	249
4.4. Rasengirlanden — gehemmte Solifluktion	
4.5. Der anthropogene Einfluß	255
4.5.1. Quasinatürliche Vorgänge und Formen	256
4.5.2. Überlegungen zur Schadenssanierung	258
4.6. Frostmusterböden	259
4.7. Schutt- und Blockakkumulationen	261
4.8. Doppel- und Reihengrate	264
4.9. Wanderblöcke, Wanderschuttdecken	264
4.10. Glatthänge	265
4.11. Hartrinden bzw. Verwitterungsrinden	265
5. Der höhenzonare Formenwandel und Möglichkeiten der Abgrenzung	266
6. Bemerkungen zum Schrifttum und Schrifttumsverzeichnis	271
7. Verzeichnis und Erläuterung der Bilder	272

1. VORBEMERKUNG

Vorliegende Arbeit faßt die wichtigsten Ergebnisse einer Dissertation zusammen, die 1969 bei H. SPREITZER (Wien) approbiert wurde, wegen ihres großen Umfanges aber bisher nicht publiziert werden konnte. Von verschiedenen Seiten wiederholt zu einer Kurzfassung aufgefordert und entscheidend angeregt durch das m. E. bedeutsame Referat von P. W. HÖLLERMANN am Geographentag zu Innsbruck 1975 wie auch jüngst durch den Beitrag von H. KARRASCH, liegt der vorliegenden Arbeit die Einsicht zugrunde, wenigstens jene Überlegungen und Ergebnisse einem breiteren Kreis zugänglich zu machen, die in zahlreichen Arbeiten zu diesem Thema in letzter Zeit vielleicht noch immer nicht ausreichend klargelegt worden sind.

Dies bedeutet aber, daß andererseits zahlreiche andere Aspekte, die zu diesem Thema üblicherweise behandelt werden (z. B. Wesen und Begriff „periglazial“, Problematik vergleichbarer Untergrenzen und ihr Verlauf in globaler Sicht), sowie

Detailuntersuchungen, etwa mittels Morphometrie, Luftbildauswertung und Kartierung, die üblicherweise der Beweisführung dienen, hier aus Platzgründen weggelassen werden mußten, wofür der Leser um Verständnis gebeten wird.

Die hier vertretenen Auffassungen beruhen auf wiederholten Aufenthalten in den Arbeitsgebieten, vor allem auf oftmaligen *vergleichenden Winter- und Sommerbegehungen* mit Beobachtungen der Standortverhältnisse zu verschiedenen Jahreszeiten. Sollte mit vorliegendem Beitrag die Diskussion neuerdings belebt werden und weiterführenden Erkenntnissen dienen, so wäre dies gewiß im Dienste der gemeinsam voranzutreibenden Forschungsrichtung gelegen.

2. ALLGEMEINER ÜBERBLICK

1. Rezente Periglazialerscheinungen in den Alpen sind alle durch Frost, Frostwechsel, Bodeneis, Schnee, Schneeschmelzwasserwirkung und Wind hervorgerufenen Vorgänge und Formen, die derzeit außerhalb der Gletscher verbreitet und gegen-

Erläuterungen zu Fig. 1:

Mit dieser Darstellung wird versucht, die vielfältigen Möglichkeiten der Verbreitung von rezenten Frostbodenformen im alpinen Gebiet graphisch vor Augen zu führen. Der potentielle Verbreitungsraum aktueller Periglazialerscheinungen ist stark umrandet.

Man erkennt sowohl ein kohärentes Verbreitungsgebiet, das vor allem die Fels-/Schutt- und Rasenstufe umfaßt und das durch Rodung und/oder Beweidung talwärts beträchtlich ausgeweitet sein kann, als auch ein isoliertes fleckenhaftes Auftreten entweder innerhalb der Waldstufe unterhalb der natürlichen Waldgrenze (mit quasinatürlichen Formen) oder auch inselhaft hoch oben an aperen, besonders begünstigten Standorten auf Fels- und Schuttflecken über der klimatischen Schneegrenze.

Ferner erkennt man horizontal übereinander die Wald-, Krummholz-, Rasen-, Schutt- und Nivalstufe. Dabei fällt auf, daß im Kalk die Stufe der alpinen Rasen entweder ganz fehlt oder nur höchst mangelhaft entwickelt sein kann (D 7, D 8).

Die Krummholzstufe kann also unter natürlichen Verhältnissen unmittelbar in die Frostschuttstufe oder auch in Fels-/Schutt-Flecken übergehen (z. B. C 9). Als Musterbeispiel können die Verhältnisse auf der Rax und auf dem Dachstein gelten. Inselhaft innerhalb der Latschenstufe können Schneeflecken (im Kalk meist in Form von Nivationsdolinchen), aber auch Rasen- und Schuttflecken eingeschaltet sein (AB 8, AB 10, C 9).

Sehr häufig ist die obere Krummholzgrenze zwecks Gewinnung von Weideland anthropogen erniedrigt worden (E—J, 7—10), ja die Rodung ist mancherorts sogar noch tiefer, bis in die Waldstufe hinein, erfolgt (H—J, 11—12). Auf den dermaßen geschaffenen Rasenflächen können rezente Periglazialerscheinungen zur Ausbildung gelangen (quasinatürlich im einfachen Sinn), und zwar in Höhenlagen, in denen solche Formen ohne menschliche Rodungstätigkeit von Natur aus nicht möglich gewesen wären. Nach Hinzutreten von Beweidung sind aber sehr häufig erst nach Verletzung der schützenden Rasendecke zusätzliche Initialformen durch Viehhuft geschaffen worden. Beispielsweise lassen sich Rasengirlanden oft deutlich aus Viehgängen ableiten. Der Verbreitungsbereich solcher „quasinatürlicher Frostbodenformen im doppelten Sinne“ (Rodung + Beweidung) kann heute daher von der unteren Fels-/Schutt-Grenze bis zur anthropogen erniedrigten realen Waldgrenze herabreichen (J 7—12).

Völlig gleichartige Verhältnisse wie im Kalk gibt es in dieser Hinsicht auch im Kristallin (K 7—12), weshalb diesbezüglich von Formen- und Formungskonvergenzen gesprochen werden kann. Ein wesentlicher Unterschied besteht allerdings darin, daß im Kristallin von Natur aus stets eine meist recht ausgedehnte Rasenstufe entwickelt ist. Die Beweidung erfolgt aber auch auf solchem Gelände sowohl auf natürlichem als auch auf dem vom Menschen talwärts durch Rodung hinzugewonnenen Rasengelände. Während innerhalb der natürlichen Rasenstufe auch natürliche Solifluktuationsformen auftreten können, sind solche innerhalb des anthropogen gewonnenen Mattengeländes als quasinatürlich anzusprechen. Freilich kommt es auch in der Stufe natürlicher Rasenverbreitung immer wieder zu einer mehr oder minder starken Überprägung und Modifizierung natürlicher Solifluktuationsformen durch Weidevieh, so daß dort letztlich natürliche und quasinatürliche Solifluktuationsformen engstens verflochten, und auf den ersten Blick kaum unterscheidbar, auftreten (K 7—10).

Es kommt im Kristallin, vornehmlich im Schiefer, immer wieder vor, daß ein Stück Rasengelände als Bergmähde eingezäunt wurde, so daß dort das Weidevieh keinen Zutritt hatte und daher auch niemals initiale Bodenverletzungen setzen konnte. Außerhalb des Zaunes sind initiale-weidebedingte Solifluktuationsformen flächenhaft verbreitet, innerhalb des Zaunes, bei gleicher Höhenlage und völlig gleichem Substrat, findet man hingegen nichts dergleichen. Derartige Frostbodenformen sind selbst in beträchtlicher Höhenlage (Sadniggruppe bis 2400 m) als quasinatürlich anzusprechen.

Man findet sie andererseits auch auf natürlichen oder auch anthropogen geschaffenen Raseninseln tief innerhalb der Waldstufe (F—G 11—12, G—H 13—14, L—M 13—14, M—N 11—12).

Daß rezente Formen des Periglazialbereiches in den untersuchten Gebieten der Ostalpen im Kalk allgemein tiefer herabreichen als im Kristallin, wurde in Fig. 1 bewußt nicht graphisch zum Ausdruck gebracht, da es hier zunächst darum ging, nur die grundsätzlichen Möglichkeiten vor Augen zu führen und vor allem die Beziehungen zwischen Gestein, den einzelnen Höhenstufen und dem gravierenden Einfluß von Rodung und Beweidung aufzuzeigen.

Gestelnsbedingte und/oder klimatisch bestimmte Vertikalverschiebungen der einzelnen Höhengürtel bilden einen weiteren Schritt und fallen bereits in die detaillierte Darstellung konkreter Beispiele aus den untersuchten Arbeitsgebieten (vgl. Fig. 11).

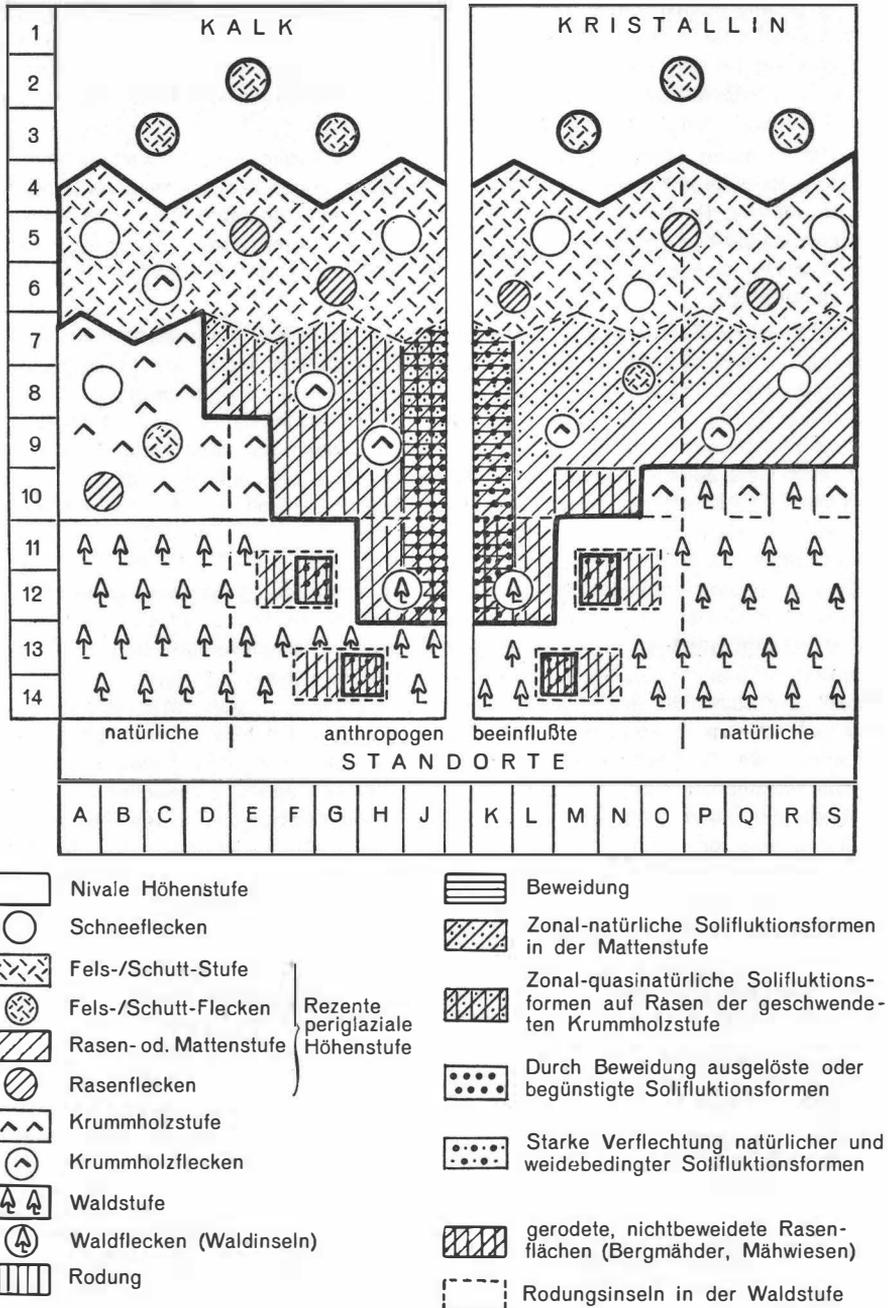


Fig. 1: Verbreitungsmöglichkeiten rezenter Periglazial-Erscheinungen in den Alpen

wärtig geomorphologisch wirksam sind. Man findet sie hauptsächlich im Fels- und Schuttgürtel und in der alpinen Rasenstufe. Im krummholzfremigen Gelände reichen sie mitunter bis zur Waldgrenze herab. Unter anthropogenem Einfluß in Form von Rodung und Beweidung können sie im alpinen Gebiet vereinzelt auch noch erheblich unterhalb der natürlichen Waldgrenze auftreten.

Die rezenten Frostbodenformen sind selbst in ihrem hauptsächlichlichen Verbreitungsgebiet stets eng vergesellschaftet mit anderen Elementen der rezenten Formenbildung, wie z. B. nicht-frostbedingter Massenabwanderung und Abspülung, welche auch in anderen Höhenstufen oder Klimazonen auftreten, jedoch im periglazialen Milieu gemeinsam mit aktuellen Frostbodenformen besonders stark morphologisch wirksam werden.

2. Rezente Periglazialerscheinungen treten in ihrem Hauptverbreitungsgebiet innerhalb eines bestimmten Höhengürtels *flächenhaft*, in ihren Grenzräumen, also oberhalb der Schneegrenze und unterhalb der Waldgrenze, *fleckenhaft* in Erscheinung (vergl. Fig. 1.). Sie sind aber selbst in ihrem sogenannten „flächenhaften“ Verbreitungsbereich, streng genommen, eigentlich auch nur punkthafte Erscheinungen. Das Netz solcher Punkte ist in der Regel allerdings erheblich dichter als im Bereich der „Periglazialflecken“. Unter flächenhafter Verbreitung ist somit das relativ häufige Auftreten von Frostbodenformen in jenem Raum zu verstehen, in welchem weder dauernde Schneebedeckung noch permanentes Gletschereis noch geschlossene oder zusammenhängende Rasenflächen an Ausdehnung überwiegen. Der Raum sogenannter flächenhafter Verbreitung von Frostbodenformen deckt sich weitgehend mit dem vegetationsarmen, mitunter schon recht schneefleckenreichen Fels- und Schuttgürtel unserer Alpen einschließlich jenes Bereiches der Höhenstufe alpiner Rasen, der rein flächenmäßig ein deutliches Überwiegen des rezent-periglazialen bzw. solifluidalen Mikroreliefs aufweist. Dort hingegen, wo eine zusammenhängende perennierende Schneedecke oder Gletschereis einerseits oder Krummholz- bzw. Waldbedeckung andererseits flächenmäßig überwiegen und das zusammenhängende Element darstellen und somit rezente Frostbodenerscheinungen inselhaft eingeschlossen werden, ist von fleckenhafter Verbreitung zu sprechen, die zumeist an besonders günstige Standortfaktoren gebunden ist.

3. Gegenwärtig permanente Eis- und Schneebedeckung einerseits sowie Wald- und Krummholzbedeckung andererseits schließen das Auftreten rezenter Frostbodenformen im untersuchten alpinen Gebiet weitestgehend aus. Solche Räume lassen sich allerdings nicht durch einen einfachen Höhengrenzwert festlegen. Um der Wirklichkeit nur einigermaßen näher zu kommen, können zur höhenzonaren Abgrenzung rezenter Periglazialerscheinungen bestenfalls Höhensäume herangezogen werden, die auf Grund der konkreten Beobachtungen mitunter sehr weit auseinandergezogen sind und daher — im Gegensatz zur Wald- oder Schneegrenze — keinen exakten Aussagewert besitzen. Von weitaus größerer Bedeutung für die effektive quantitative und qualitative Verbreitung von rezenten Frostbodenformen ist das jeweilige *Zusammentreten bestimmter Gunstfaktoren an ganz bestimmten Standorten*.

4. Die Frage der Abgrenzung und die der Verfolgung möglichst gleichwertiger Untergrenzen über verschiedene Gesteinszonen oder gar Klimagebiete hinweg ist ein noch nicht gelöstes Problem (vergl. dazu auch P. W. HÖLLERMANN, 1967). Auf Grund der vorliegenden Arbeit, die sich vergleichend über verschiedene Gesteinszonen und auch ein klimatisch bereits geringfügig abgewandeltes Gebiet hinweg erstreckte, hat es sich deutlich erwiesen, daß je nach Gesteinsart, aber auch in Abhängigkeit vom Relieftyp (Plateau- oder Kettengebirgscharakter) in bestimmten

Gebieten jeweils nur ganz bestimmte Formen zur Ausbildung gelangen, andere hingegen stark zurücktreten.

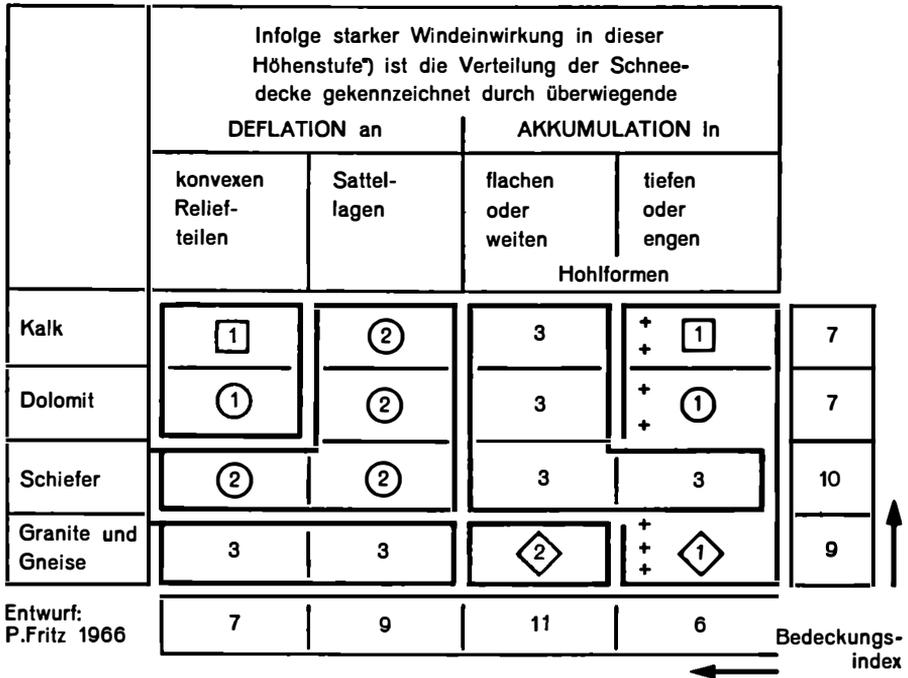
Auf den relativ sanft geböschten Plateaus der *Nördlichen Kalkalpen* sind rezente Periglazialerscheinungen in erster Linie an windexponierte, schneearme Kuppen, Sattellagen und Plateauränder gebunden. Kahlschuttreiche Oberflächenteile findet man hier andererseits aber auch in Hohlformen, jedoch nicht infolge von zuwenig, sondern eindeutig infolge zuviel winterlich überlagernder Schneemassen. Zumeist handelt es sich hierbei um die typischen, häufig asymmetrisch gestalteten Nivationsdolenen, die zugleich dem rezenten Karstformenschatz zugehören.

Ganz ähnliche vegetationsarme bis vegetationslose Schneehohlformen gibt es auch im *grobblockig verwitternden Kristallin* (Granite und Orthogneise). Die typischen Blockrinnen, Blockmulden und Blockmeere sind hier in den unteren Teilen der periglazialen Höhenstufe generell an schneereiche *Hohlformen* gebunden. An konvexen, exponierten Geländeteilen fehlen hingegen rezente Frostbodenformen — im krassen Gegensatz zum Kalk — so gut wie vollständig. Erst in höheren Lagen (über 2400/2600 m) werden auch *Vollformen* des Reliefs allmählich von vegetationslosen Blockanhäufungen eingenommen. Der Überleitungsbereich der Blockmeere von den Hohl- zu den Vollformen kann als wichtiges Kriterium zu einer weiteren Unterteilung der rezent-periglazialen Höhenstufe im grobblockig verwitternden Kristallin herangezogen werden.

Schiefergebiete sind durch eine geschlossene Rasenbedeckung bis in große Höhenlagen gekennzeichnet. Innerhalb der rasenbedeckten Räume beherrschen mit zunehmender Entfernung von der Waldgrenze Formen der gebundenen Solifluktion das Landschaftsbild. Der Übergang zur Frostschuttstufe ist meist außerordentlich scharf ausgeprägt. Der Kampfraum zwischen höhenwärts strebender Vegetation und talwärts drängendem Frostschutt ist vielfach auf nur wenige Höhenmeter beschränkt (Sadniggruppe: um 2600 m). Darüber dehnen sich bis zur Kamm- und Gipfelregion die Bereiche ungebundener bzw. freier Solifluktion aus, sie sind identisch mit den Arealen ausgeprägter rezenter Glatthangbildung.

5. Hier wie auch im Kalk erkennt man somit, daß für die quantitative und qualitative Verbreitung von Frostboden- und Solifluktionsformen neben der absoluten Höhenlage vor allem die jeweiligen *Standortverhältnisse* ausschlaggebend sind, die ganz allgemein bestimmt werden durch das Zusammentreten von einem bestimmten Ausgangsgestein, dem mehr oder minder mächtig darüber liegenden frostanfälligen Feinmaterial, ausreichender Durchfeuchtung und möglichst oftmaliger Frosteinwirkung, welche durch die windbedingte Beseitigung der schützenden winterlichen Schneedecke ganz erheblich begünstigt wird. Somit sind also wind- und zugleich frostexponierte, im Winter wiederholt abgefegte Geländeteile gegenüber geschützten, schneereichen Hohlformen im Hinblick auf die rezente periglaziale Formengebung bevorzugt (vergl. Fig. 2).

6. Unter anthropogener Einflußnahme in Form von Rodung und Beweidung kann die Untergrenze des potentiellen Verbreitungsgebietes erheblich herabgedrückt werden, und zwar entweder flächenhaft-kohärent oder auch insel- und fleckenhaft, d. h. isoliert vom Hauptverbreitungsgebiet. Beides ist in den untersuchten Gebieten der Alpen immer wieder in ganz entscheidendem Maße der Fall. Im Sinne von H. MORTENSEN (1954/55) können auf Grund einer Anregung von H. POSER (Göttlinger Kolloquium 1965) Frostbodenformen, welche auf vom Menschen erst freigemachten oder zumindest stark anthropogen überprägten Arealen verbreitet sind, als „quasinatürlich“ bezeichnet werden.



- 1 ohne Rasendecke (kahl oder fast-kahl)
- 2 fleckenhafte Rasendecke (halbbedeckt, Kampfstufe)
- 3 geschlossene oder fast-geschlossene Rasendecke

obige Relief-, Gesteins- und Vegetationsanteile sind überwiegend vergesellschaftet mit:

- anstehendem Gestein
- Kleinschutt
- ◇ Blockschutt
- + intensive Nivationswirkung

*) zwischen Fels-/Schutt-Stufe und oberer (realer) Waldgrenze.

Fig. 2: Schematische Darstellung der Wechselwirkung zwischen windbedingter Schneedeckenverteilung, Relief und Gestein und der Auswirkung auf den Grad der Vegetationsbedeckung

Erläuterungen zu Fig. 2:

Mit Hilfe des „Bedeckungsindex“ wird versucht, den subjektiven Gesamteindruck wiederzugeben, der sich bei häufiger, vergleichender Betrachtung obiger Gesteins- und Reliefarten ergeben hat, zum Beispiel das auffallende, häufige Zutagetreten von weißleuchtendem Fels und Schutt im Kalk und Dolomit (Index 7) im Vergleich zur relativ stärkeren Begrünung bei

Graniten und Gneisen (9), die durch schleifrige Gesteine noch übertroffen wird (10).

Andererseits weisen (in summa) tiefe und enge Hohlformen die geringste Vegetationsbedeckung auf (Ausnahme bei Schiefer!), mit zunehmender Begrünung folgen konvexe Relieftteile und Sattellagen, während flache und weite Hohlformen stets eine weitgehend geschlossene Rasendecke aufweisen.

7. Beim Vergleich der untersuchten Gebiete haben sich deutliche Unterschiede in der Formenausstattung sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht gezeigt, die grundsätzlich auf folgende Faktoren zurückgeführt werden können:

- a) Relieftyp (Plateau- oder Ketten- bzw. Kargebirgscharakter),
- b) Gesteinstyp (speziell im Hinblick auf Detritusgröße, durchschnittliche Hangneigung und Wasserhaushalt),
- c) klimatische Faktoren (vor allem bodennahes Kleinklima und Windexposition sowie Schneedeckenverteilung und Schneedeckendauer),
- d) Höhenlage (sie bildet gleichsam einen allgemeinen Rahmen, innerhalb dessen die Bedeutung des Standortes entscheidend ist),
- e) Intensität des wechselnden anthropogenen Einflusses.

Eine Zuordnung zum BÜDELschen Schema einer „Klimagenetischen Morphologie“ (1963, S. 269—285) mit Epirovarianz, Petrovarianz, Klimavarianz, Basisdistanz bzw. Hochrelieffluenz und Humaninfluenz ist somit in bemerkenswerter Weise gegeben.

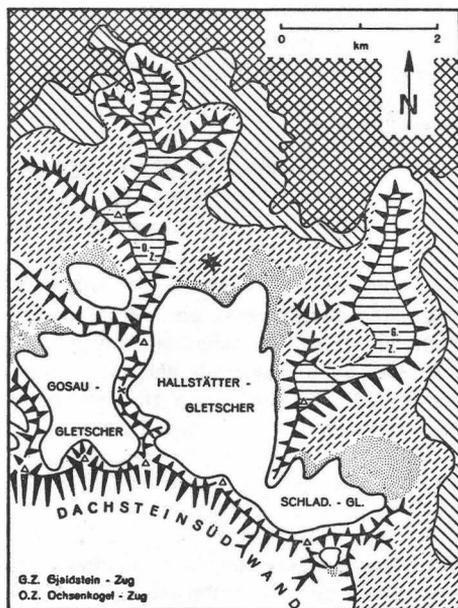
Die angeführten Faktoren bilden auch in den hier untersuchten Gebieten feststehende Elemente des gegenwärtigen Formungsgeschehens, sie variieren und kombinieren sich in der Natur in mannigfachster Weise, sie schaffen dadurch eine Vielzahl verschiedenartigster Formen. Man ist oft eher geneigt, sie als charakteristischen Typus, förmlich als Individuum bestimmter Hochgebirgstypen zu bezeichnen, als zu versuchen, sie gewaltsam in ein möglichst allgemein gültiges Schema eines rein höhenzonaren Formenwandels zu pressen (vergl. P. W. HÖLLERMANN, 1967).

3. ARBEITSGEBIETE

Als Untersuchungsgebiete im Kalk dienten die Schneeberger Alpen (Schneeberg, Rax, Schnealpe), der Hochschwab und die über der Krummholzstufe liegenden Teile des Dachsteinstockes. Diese Gebiete gehören dem Relieftyp der „Raxformen-gruppe“ an, der durch krönende kuppige bis wellige Altlandschaftsformen gekennzeichnet ist, welche von Steilabfällen allseits begrenzt werden. Die Plateaubereiche dieser Kalkstöcke sind jeweils von relativ rauen klimatischen Verhältnissen betroffen, so daß rezente Periglazialerscheinungen *auch ohne unmittelbare Nachbarschaft zu einem rezenten Gletscher* weite Verbreitung finden. Während in den Schneeberger Alpen nur von einem fleckenhaften Auftreten von aktuellen Frostbodenformen gesprochen werden kann (Bilder 1—3), finden wir am Dachstein oberhalb 2350/2400 m bereits eine flächenhafte Verbreitung bei gleichzeitig völligem Zurücktreten der Rasen- und Krummholzbedeckung (Fig. 3). Am Hochschwab wird der Übergang von der flecken- zur flächenhaften Verbreitung nicht mehr erreicht, doch ist dort die wohl noch zusammenhängende Rasendecke bereits ganz erheblich durch Frostböden einerseits und durch Nivationsdolinen andererseits durchlöchert (Bild 10).

Das Gebiet des Hochwechsels, den Schneeberger Alpen unmittelbar benachbart, zeigt trotz annähernd gleicher klimatischer Bedingungen als kristallines Untersuchungsgebiet — bei gleicher Höhenlage wie in den Schneeberger Alpen — keinerlei auch nur annähernd vergleichbare rezente Periglazialerscheinungen. Vor allem günstigere edaphische Faktoren (besserer Wasserhaushalt) bewirken augenscheinlich ein Anheben der Untergrenze um rund 100 m gegenüber dem benachbarten Kalk. Die Verschiebung der Untergrenze um rund 100 m hat sich beim Vergleich zwischen Dachstein und Schladminger Tauern bestätigt. Zwar könnte diese Differenz auch durch ein allgemeines Ansteigen aller Höhengrenzen von den Randketten (Dachstein)

zur Zentralzone (Alpenhauptkamm) motiviert werden, doch besteht dieser deutliche Unterschied im Verlauf der Untergrenze auch innerhalb des Hauptkammes der Niederen Tauern beim Vergleich zwischen dem Kalkspitzenmesozoikum bzw. dem Kalk der Radstätter Tauern mit dem umgebenden Kristallin. Er kann also nur petrographisch-edaphisch begründet werden.



Scharf ausgeprägte Grate und Kämme, steile Felswände mit dominierender Spaltenfrost- und Steinschlagverwitterung, keine Feinmaterialabdeckung, keine Strukturböden.

Hochgelegene, extrem wind- und frostexponierte Plateauflächen (Reste eines tertiären Reliefs) beiderseits des Hallstätter Gletschers weitab von den Vorfeldern, mit weit verbreiteten Strukturbodengroßformen und -kleinformen, vor allem in den feinematerialreichen Schichtkopferben, ferner rezente Wanderschuttdecken und Glatthangbildungen.

Firn- und Eisflächen der heutigen Gletscher

Finematerialreiche Gletschervorfelder (Zungenbecken des Vorstoßes von 1850), relativ lange Schneebedeckung in den ausgedehnten Hohlformen, nur verzelte Vorkommen undeutlicher Strukturbodenkleinformen, Rutschungen an den steilen Innenseiten der Moränenwälle und intensive rinnenhafte Abspülung.

Finematerialarmer, fast vegetationsloser Bereich des nackten Karstes mit weiten Nivationshohlformen bei langer Schneebedeckung.

Übergangsbereich zwischen nacktem und bedecktem Karst mit zunehmender Verbreitung von Krummholzinseln, noch immer dominieren die großen Nivationshohlformen, sie zeigen beginnende Bindung an Schichtkopfmulden.

Bereich vorherrschender Krummholzbedeckung an den konvexen Schichtköpfen, dazwischen schneereiche, meist noch stark verkarstete Schichtkopfmulden, beginnender Übergang zum Krummholzkuppen-Rasenmuldentyp der tieferen Lagen.

Fig. 3: Gliederung der periglazialen Region im Umkreis des Hallstätter-Gletschers — Beziehungen zwischen Relieftyp, Schneedecken- und Vegetationsverteilung und ihre Auswirkungen auf die Standorte rezenter Frostbodenformen

Im Gegensatz zu den plateauhaft gearteten Untersuchungsgebieten der Nördlichen Kalkhochalpen herrscht im Kristallin der Schladminger Tauern der Kargebirgstyp mit schroffen Gratformen, steilen Felshängen, schneereichen Karböden und insgesamt viel steileren Hangneigungen vor, hochgelegene wind- und frostexponierte Flachformen fehlen fast vollständig, die sehr grobblockige Verwitterung der Ortho- und Paragneise zieht ein Dominieren grobblockreicher Schuttakkumulationen nach sich, die eine relativ geringe Tendenz zu solifluidaler Abwanderung erkennen lassen, jedenfalls nicht in einem ähnlichen Ausmaß, wie man sie in den Schiefergebieten, z. B. der Sadniggruppe, findet (Bilder 13—15). Diese südlich des Alpenkammes gelegene Gebirgsgruppe bildet das sechste Untersuchungsgebiet. Zwar herrscht auch hier der Kargebirgstyp vor, im Vergleich zum grobblockig verwitternden Kristallin sind hier die Hänge in der Regel jedoch viel sanfter geböschet. Die meist sehr mächtige, überaus wasserhältige Verwitterungsschicht neigt zu ausgeprägter solifluidaler Abwanderung, und zwar in Form eines solifluidalen Kleinreliefs bis etwa 2300/2350 m, in Gestalt von Rasenloben-Großformen zwischen 2350/2400 m und 2600 m sowie in Erscheinungen ungebundener bzw. freier Solifluktion über 2600 m.

4. DIE EINZELNEN KRÄFTE UND FORMEN

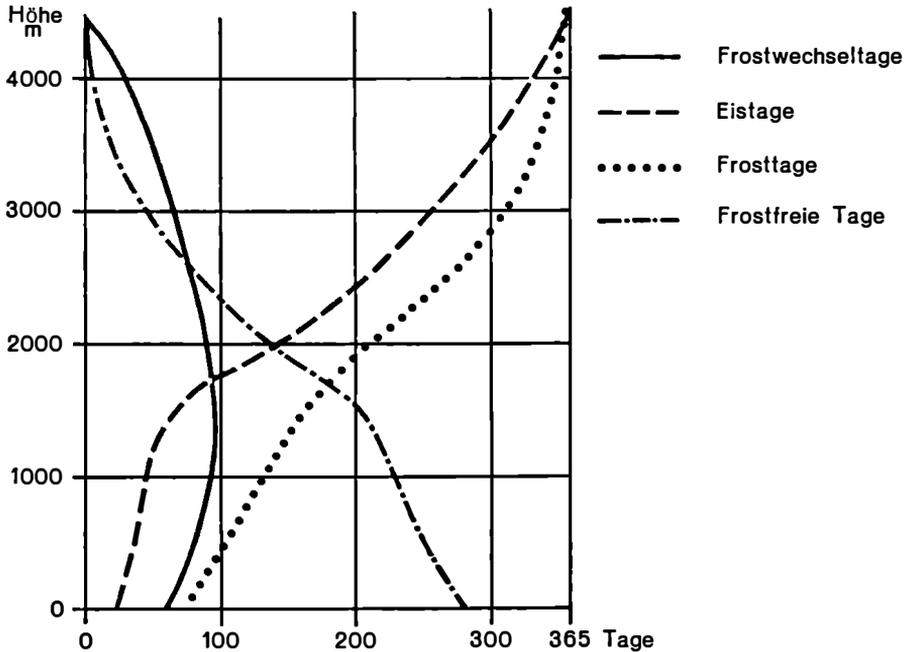
4.1. Klima

Der äußere Rahmen des potentiellen Verbreitungsbereiches von rezenten Periglazialerscheinungen wird durch *klimatische Faktoren* bestimmt. Naturgemäß ist das bodennahe Kleinklima von ausschlaggebender Bedeutung, welches jedoch nicht konform geht mit den Werten des Makroklimas, die aus Hüttenwerten, abgelesen in 2 m Höhe über dem Boden, ermittelt werden. Die Zahl der Frost- und Eistage ist in Bodennähe viel höher als in 2 Meter Hüttenhöhe. Bisher ist noch keine exakt faßbare Beziehung zwischen den Werten des Makroklimas und den tatsächlichen Temperatur- und Strahlungsverhältnissen unmittelbar in Erdbodennähe bekannt.

Auch auf Grund der vorliegenden Arbeit hat es sich bestätigt, daß die Höhenstufe maximaler Frostwechsel entgegen früheren Auffassungen nicht mit der Frostschuttstufe identisch ist. Lediglich die geomorphologisch wirksame Maximalzone des Frostwechsels könnte mit der rezenten periglazialen Höhenstufe gleichgesetzt werden. Die Höhenstufe maximaler Frostwechsel liegt bei etwa 1200 m, das ist also ganz erheblich tiefer als die Untergrenze des rezenten Periglazialgürtels. Die Zahl der frostfreien Tage geht in 1600—1800 m abrupt zurück (Fig. 4). Diese Tatsache kann in *klimatischer* Hinsicht zur Definierung der Untergrenze rezenter Frostbodenerscheinungen herangezogen werden. Es fiel auf, daß die bestausgebildeten Frostbodenformen von allen meinen Arbeitsgebieten dort auftreten, wo in der allgemeinen klimatischen Charakteristik *gewisse kontinentale Züge* erkennbar sind, z. B. die Schneeberger Alpen mit Annäherung an die pannonisch beeinflussten Räume des Wiener Beckens und die Sadniggruppe in Nachbarschaft zur inneralpinen Trockeninsel des oberen Mölltales. Eine Differenzierung in einen maritimen und einen kontinentalen Typ, wie es etwa für die skandinavische Halbinsel so augenfällig nachgewiesen werden konnte, scheint in den untersuchten Gebieten der Ostalpen angedeutet.

Alle an Deflationsvollformen sich vollziehenden Solifluktionvorgänge und Strukturbodenbildungen sind hauptsächlich an Frühjahrsfrostwechsel im Zusammenhang mit optimaler Durchfeuchtung nach der Schneeschmelze gebunden. Bei den übrigen

Standorten vollzieht sich die Hauptaktivität im Anschluß an die höhenwärts sich zurückziehende Schneedecke. Dieser Vorgang reicht — je nach der morphologischen Position des Standortes — zumeist bis tief in den Sommer hinein und kann vereinzelt bis in den Herbst, ja sogar bis unmittelbar vor den frühwinterlichen Frosteinbrüchen und Neuschneefällen andauern.



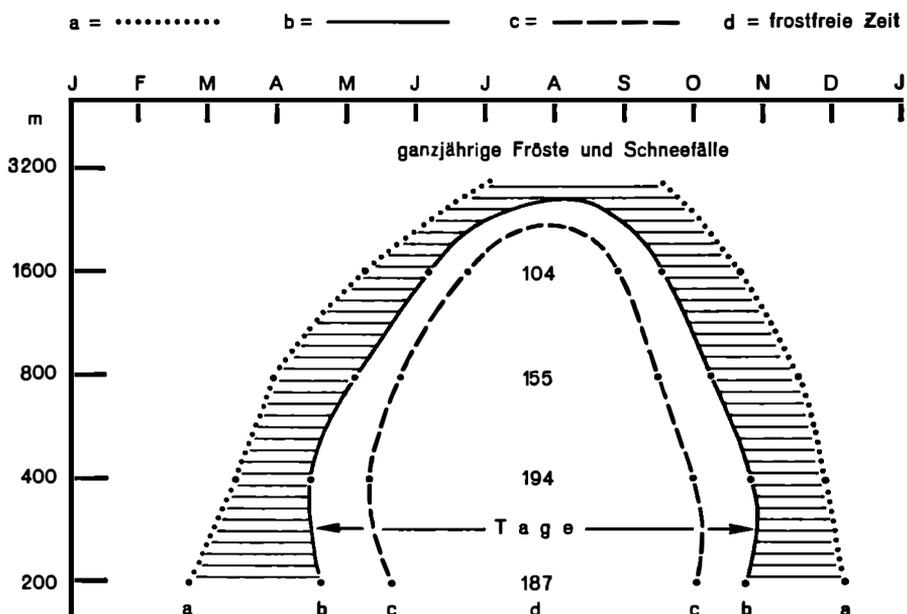
Aus: Klimatographie von Österreich, Band 3,
2. Lieferung Wien 1960, Abb. 37 auf S. 170

Fig. 4 a: Die Abhängigkeit der frostfreien Tage, der Frostwechsel- und Frosttage sowie der Eistage von der Seehöhe in den Ostalpenländern

4.2. Die windbedingte Schneedeckenverteilung

ist für die Standorte rezenter Frostbodenformen von ausschlaggebender Bedeutung. Durch die sprunghaft gesteigerte Windkraft wird oberhalb der Waldgrenze die winterliche Schneedecke derart ungleichmäßig verteilt, daß manche Geländeteile praktisch niemals eine schützende Schneedecke aufweisen, andere hingegen erst relativ sehr spät ausapern (Bilder 1 und 2). Somit gewinnt das Klein- und Kleinstrelief große Bedeutung, während Unterschiede in der aufgetragenen Niederschlagsstärke zurücktreten. Deflationsvollformen stehen den Nivationshohlformen diametral gegenüber (Fig. 5). Erstere werden gerne als „Barflecken“ bezeichnet. Schneebarflecken im Winter und Vegetationsbarflecken im Sommer sind weitestgehend identisch und zugleich bevorzugte Standorte von rezenter Frostbodenformen. Kuppenscheitel, Rücken, Plateauränder und windexponierte Sattellagen werden auf den Hochflächen

der Nördlichen Kalkalpen in der Regel von Rasenschälung und solifluidaler Abwanderung der obersten Bodenschicht in Gestalt von Rasengirlanden eingenommen (Bilder 3—8). Diese tragen vor allem in der Frostwechselperiode unmittelbar im Anschluß an die Schneeschmelze stets rezente, sekundäre Strukturboden-Kleinformen. Oberhalb 2350/2400 m kommen an geeigneten Standorten (hochgelegene, wind- und frostexponierte Verflachungen unmittelbar neben lange Zeit wasserspendenden Schneeflecken) auch Strukturboden-Großformen zur Ausbildung (Fig. 3). Im Hinblick auf Relief und Höhenlage sind solche Standorte von den untersuchten Gebieten nur



Aus: F. Lauscher: Langjährige Durchschnittswerte für Frost und Frostwechsel in Österreich. Wien 1947. Tabelle 5 (Seite D 29)

Fig. 4 b: Frostverhältnisse der Ostalpenländer für einige Höhenlagen

am Dachstein gegeben, im Kristallin fehlen sie infolge starker glazialer Zuschärfung fast völlig, daher treten diese Strukturboden-Großformen, abgesehen von den Gletschervorfeldern, dort merklich zurück.

Die im Winter meist abgefegten kamm- und gipfelnahen Hangpartien werden im Kristallin hingegen von ausgeprägter rezenter Hangglättung betroffen, vor allem über 2500/2600 m. Grobblockig-kristalline Vollformen tieferer Höhenlagen zeigen im Gegensatz etwa zur Rasenschälung im Kalk an gleichartigen Standorten kaum frostbedingte rezente Zerstörung und Abwanderung der oberflächennahen Schichten, offensichtlich weil die winterlichen Frostschäden während der langen sommerlichen Vegetationsperiode im Zusammenhang mit einem viel günstigeren Wasserhaushalt gegenüber dem Kalk stets nachhaltiger wieder vernarben können. Im Kalk mit seinem viel ungünstigeren Wasserhaushalt an konvexen Relieftteilen kann dies in der Regel nicht geschehen.

Zwischen den Deflationsvoll- und Nivationshohlformen finden wir im Kalk infolge einer sehr regelmäßig auftretenden und gleichförmig hohen schützenden Schneedecke an der äußersten natürlichen Obergrenze von Krummholz noch Latscheninseln verbreitet. Sie schließen sich in diesem Übergangsbereich mitunter zu langen Krummholzketten oder Krummholzschnüren zusammen. Oberhalb ihres potentiellen Verbreitungsbereiches (d. i. in den Schneeberger Alpen über 1850/1900 m, am Hochschwab über 1900/1950 m (Bild 4), am Dachstein über ca. 2050/2100 m) treten zusammenhängende breite Rasenbänder an ihre Stelle. Auch sie werden weiter höhenwärts immer mehr eingeengt von deflations- und nivationsbedingtem Frostschutt, bis auch sie schließlich nur mehr die inselhafte Elemente darstellen, kahler Frostschutt hingegen sowohl an den Voll- als auch in den Hohlformen zusammenhängt und flächenmäßig deutlich überwiegt.

Im Kalk sind unter den Nivationsdolinen rein orographisch bedingte (z. B.

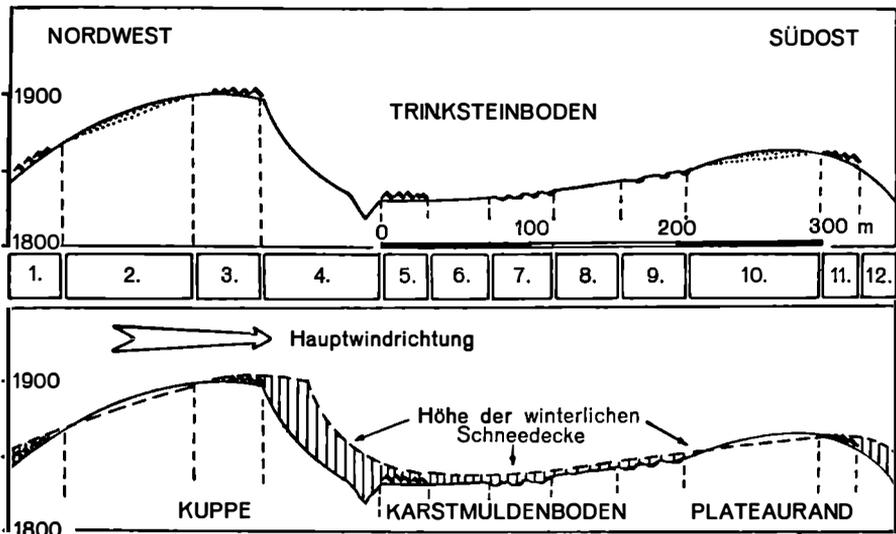


Fig. 5: Typische Formenreihe und Vegetationsabfolge auf der exponierten „Rax-landschaft“ am Beispiel des Trinksteinbodens (Raxalpe, 1860 m)

Erläuterungen zu Fig. 5:

1. Geschlossenes bis Inselhaft aufgelöstes Krummholz mit scharfer Obergrenze.
2. Luvseitiger Deflationshang mit ausgeprägter, meist streifenhafter Rasenschälung und Frostschuttbildung.
3. Krummholzband (Querschnitt) am Übergang zwischen Deflationsvollform und Nivationshohlform.
4. Leeseitige Nivationshohlform im Knick zwischen Kuppe und Karstmuldenboden (Nivationsdolinen und -dolinereihen).
5. Krummholzband am Übergang zwischen Nivationshohlform und meist abgeblasenem Karstmuldenboden.
6. Abschnitt weitgehend geschlossenen Rasens mit vereinzelt Windanrissen.
7. Starke Häufung sichelartiger Rasenschälungsformen entlang eines Touristenweges, tiefe Windsicheln im Rotlehm.
8. Abschnitt weitgehend geschlossenen Rasens mit vereinzelt Windanrissen (ähnlich wie 6).
9. Zunahme von Windanrissen und Rasensicheln mit Annäherung an den ostseitigen Plateaurand, seichtere Rasensicheln in der Pechrendrina.
10. Extrem exponierter Plateaurand mit Frostschuttbildung im anstehenden Kalk und Strukturboden-Kleinformen.
11. Krummholzband (Querschnitt) am Übergang zwischen Deflationsvollform und Hohlform im Lee (ähnlich wie 3.).
12. Ostexponierter Steilabfall des Plateaus mit a. geschlossener Krummholzbedeckung bei geringerer Steilheit; b. Schutthang- und Felswandbildung bei größerer Steilheit (über 50°).

Gipfeldolinen) und kluftbestimmte Formen (z. B. langgestreckte Nivationsgräben) klar zu unterscheiden (Bilder 9 und 10).

Im Kristallin werden bei grobblockig verwitternden Ortho- und Paragneisen ähnliche Hohlformen von Blockinseln, Blockmulden und Blockmeeren eingenommen. Man gewinnt den Eindruck, daß die Schmelzrieselwässer der durch Windwirkung sehr ungleich verteilten Schneedecke sowohl an der Aufdeckung als auch an der Freihaltung solcher Blockakkumulationen entscheidenden Anteil haben. Bei den Blockmeeren handelt es sich innerhalb der hier untersuchten rezent-periglazialen Höhenstufe generell um solche vom scharfkantigen, arktischen Typus. Geringfügige Kantenrundung, sofern sie innerhalb eines einheitlichen Höhengürtels verfolgbar ist, kann auf frühere subkutane Verwitterung bei vorübergehend höher gelegenen Höhengrenzen (wahrscheinlich während der postglazialen Wärmezeit) zurückgeführt werden.

4.3. Rezente Rasenschälung

findet a) an exponierten, windreichen und zugleich schneearmen Standorten statt. Bei schon geringfügiger Hangneigung schließt solifluidale Abwanderung des freigelegten Feinmaterials meist unmittelbar an. b) Aber auch an allen Stellen der alpinen Rasenstufe, an denen durch Mensch oder Weidevieh, etwa entlang häufig begangener Wege, regelmäßig die Rasendecke verletzt wurde oder auch heute noch verletzt wird, greift rezente Rasenschälung um sich. Neben rein anthropogenen Initialformen können auch solche natürlicher Art unterschieden werden, die z. B. durch Steinschlag, erosive Eisabdrängung oder erosive Schneedruckwirkung sowie nach episodischem Kahlfrost entstehen können (Bilder 5—11).

Die heute vielerorts verbreitete Rasenschälung ist aber, wie sich auf Grund der vorliegenden Untersuchung entgegen anderen Auffassungen gezeigt hat, kein irreversibler, in einer Richtung verlaufender Prozeß. Vielmehr zeigt sich innerhalb der Kampfstufe zwischen alpiner Vegetation und Frostschutt ein sehr feines Reagieren auf geringfügige klimatische Schwankungen und/oder Intensitätsschwankungen des anthropogenen Einflusses, z. B. heute beobachtbarer Ausdehnung von Krummholz über noch vor kurzem gut ausgeprägte Rasengirlandenstandorte nach Aussetzung der Beweidung (vergl. Fig. 9).

Im Windkliff von Rasensicheln, das generell zur Hauptwindrichtung hin geöffnet ist, findet intensive Kammeissolifluktion statt. Das Windkliff wird in der Hauptwindrichtung versetzt, sukzessiv kommt es nach Ausbildung eines windresistenten Schuttpflasters sehr häufig zu einer sekundären Überwachung durch anspruchslosere Pioniergesellschaften, die an sich einer in höheren Bereichen beheimateten Vegetationseinheit angehören (Fig. 6).

Rezente Rasenschälung findet man im Prinzip auf allen Gesteinen, jeweils in strenger Abhängigkeit von der morphologischen Position und den lokalen Windverhältnissen. Auf Kristallin und auch über Dolomit vollzieht sich die sekundäre Vegetationsbedeckung aber in der Regel viel schneller als auf Kalk.

Kammeiswirkung ist grundsätzlich nicht streng an die periglaziale Höhenstufe gebunden. Vielmehr tritt es in unserem Klima unabhängig von der Höhenlage, generell dort auf, wo nach Beseitigung der schützenden Vegetationsdecke frostanfälliges Feinmaterial zutage tritt und ausreichende Durchfeuchtung sowie Frost und Frostwechsel hinzutreten, z. B. also auch im Winter auf Ackergelände oder an frischen Weganschnitten in viel tieferen Lagen. Innerhalb der periglazialen Höhenstufe wird durch das allgemeine natürliche Zurücktreten der Vegetationsbedeckung Kammeis freilich unvergleichlich stärker morphologisch wirksam als in den tieferen Lagen. Nicht

nur im Gefolge der zurückschmelzenden Schneedecke, sondern auch unmittelbar nach sommerlichen Wetterstürzen im Hochgebirge (nach Durchfeuchtung der Bodenschicht und anschließender Frosteinwirkung) finden ausgedehnte kammeisbedingte Bodenversetzungen statt. Aber auch an der Lockerung des Feinmaterials für die spätere Abtragung durch Wind und Abspülung ist Kammeis in hohem Maße beteiligt.

Aus dem Zusammentreten natürlicher oder auch anthropogener Rasenverletzung, aus Rasenschälung, Kammeiswirkung und anschließend solifluidalem Abfließen der obersten Bodenschichten entstehen besonders an exponierten Geländeteilen, vornehmlich im Kalk und Dolomit, seltener auch im Schiefer, *Rasengirlanden als Typ-*

Erläuterungen zu Fig. 6:

- A. Vor dem Einsetzen der Rasenschälung ist in der Regel ein reifes Bodenprofil vorhanden, das durch eine dichte Rasendecke vor exogenen Einflüssen gut geschützt ist.
- B. Aus natürlichen oder auch anthropogen bedingten Ursachen wird die schützende Rasendecke oft nur geringfügig verletzt (B./1., 2., 3.). An solchen zunächst punkthaft verteilten Initialformen beginnen Wind, Kammeis und erosive Eiswirkung (beim Gefrieren von Schmelzwasseransammlungen) das Werk der Zerstörung, sofern nicht unmittelbar nach der Verletzung sofort eine Vernerbung der „Wundstelle“ durch Pionierpflanzen erfolgt. Waren die Initialformen ohne Einfluß des Menschen entstanden, so bilden sich in der Folge unter natürlich ablaufenden Prozessen natürliche Formen der gehemmten Solifluktion. Gehen die Initialformen aber auf menschlichen Einfluß zurück (Touristenwege, Bewaldung, auch Radsuren von Karren), so kommt es unter Einwirkung natürlicher Kräfte zur Ausbildung „quasinatürlicher Formen“ i. S. von H. MORTENSEN (1954/55).
- C. Der meist sehr feste Wurzelfilz wird durch kombinierte Wind- und Kammeiswirkung in der Hauptwindrichtung weiter unterhöhlt, als erstes wird stets der feinstmaterialreiche B-Horizont ausgeräumt und schließlich die gesamte Bodendecke tiefer gelegt. An den durch längere Zeit bloßliegenden Kahlstellen werden bald kleine Schuttbrocken durch Frosthhebung an die Oberfläche gebracht (C./b.: beginnende Ausbildung eines windresistenten Schutzpanzers), an den jüngeren, noch feinstmaterialreicheren Abschnitten nahe dem Windkliff sind häufig kleine Trockenrißpolygone zu beobachten; nach Einschwemmung von kleinen Schuttstücken kann es vorübergehend zur Ausbildung kleiner Polygonmuster kommen (C./a.). Das Windkliff wird währenddessen weiterhin in der Hauptwindrichtung erweitert (Bild 3).
- D. Bei weiterem Fortschreiten der Rasenschälung kann nach Ausbildung des Deflationspflasters dieses manchmal durch eine anspruchslosere Pioniervegetation sekundär wiederbesiedelt werden, so daß „a.“ das jeweils vorangehende und „c.“ das jeweils nachfolgende Stadium darstellt. Wenn es zu keiner Wiederbesiedlung kommt, bildet der windresistente Schutzpanzer bereits das Reifestadium. Von der ursprünglichen Rasendecke sind nur mehr einzelne, sichelartige Horste übrig. Durch Hinzutreten neuer Initialformen (C./O und D./OO) wird meist eine neuerliche Abschälung eingeleitet. Im Stadium D. ist bereits eine deutliche, überwiegend solifluidale Abwanderung des freigelegten Feinerde- und Schuttmaterials bemerkbar. An der Luvsseite herrschen Schutt- und Rasenstreifen vor, an der Leeseite über-

wiegen die Rasengirlanden als typische Formen der gehemmten Solifluktion. An den beiden Flanken zwischen Luv und Lee erstrecken sich fast immer schrägliegende Rasen- und Schuttstreifen (siehe auch Fig. 7 sowie Bilder 4—8).

- E. stellt ein gewisses Gleichgewichts- oder auch Endstadium dar. Von der ursprünglichen Rasenbedeckung ist fast nichts mehr erhalten. Der windresistente Steinchenpanzer schützt den darunterliegenden, durch Frosthhebung und Frostsottierung neu entstandenen Feinmaterialhorizont vor weiterer Abtragung. Er übernimmt dadurch praktisch die Funktion der ehemals geschlossenen, schützenden Rasendecke. Die leeseitigen Windkliffe sind in diesem Stadium zur Gänze abgetragen, die zerstörende Windkraft findet hier keinerlei Ansatzpunkte mehr, die solifluidale Abwanderung des durch Rasenschälung freigelegten Detritus wird durch die Rasengirlanden ganz erheblich gehemmt. Nur gelegentlich werden solche sehr feste Rasenbänder vom nachdrängenden Wanderschutt durchgerissen (Bild 6). An der Luvsseite findet hingegen an den nur vorübergehend ausgebildeten, meist viel kleineren Rasen- und Schuttreppen immer wieder eine erneute Unterhöhung durch den Wind statt, bis schließlich auch dort alle Angriffspunkte beseitigt sind und der Schutt, vornehmlich an steileren Hängen, der Hauptwindrichtung entgegen (!), in der Falllinie streifenhaft abfließt (Bild 4). Nicht nur Solifluktion, sondern zusätzlich auch abspülende Wirkung des Niederschlagswassers, besonders etwa bei Gewittern oder Sturzregen, sind dabei von allergrößter Wirksamkeit, und zwar oft so lange, bis eines Tages der nackte Fels zutage tritt.

Das Deflationspflaster kann bei Frostwechseln einwirkung vom darunterliegenden Feinmaterial knospenartig oder auch streifenhaft durchbrochen werden (Aufrierböden nach C. TROLL, 1944); aus diesen zunächst sehr kleinen Feinmaterialzentren entstehen meistens Strukturboden-Kleinformen, sofern die Feinmaterialhäufchen nach Austrocknung vom Wind nicht wieder zerstört und abgetragen werden, was allerdings sehr häufig der Fall ist. Tritt dieser Fall ein, so bildet das Deflationspflaster tatsächlich das Reifestadium.

An der geschützten Leeseite ist dann gelegentlich sekundäre Wiederbesiedlung zu beobachten, und zwar viel häufiger als an der Luvsseite.

Der vegetationslose Schutzpanzer auf den „Terrassetten“ zeigt vornehmlich im Dolomit häufig eine „Sortierung“ (D. BAEDEKER, 1922, sprach von Saigerung), mit größeren Schuttbrocken an der zentralen Innenseite und kleineren Steinchen an der wulstnahen, peripheren Außenseite der Girlandenoberfläche.

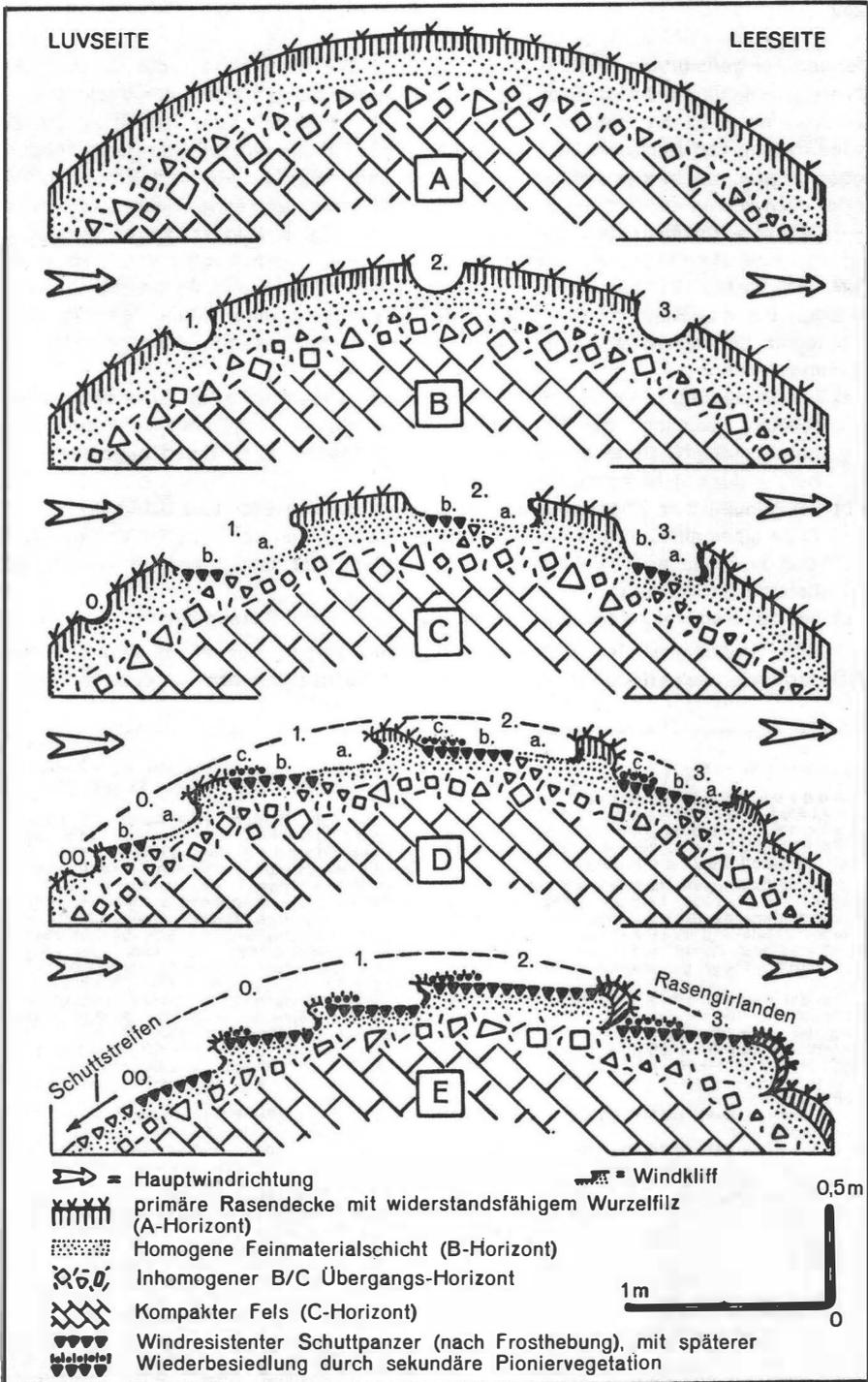


Fig. 6: Schematische Darstellung der Rasenschälung mit anschließender Entstehung von Rasengirlanden und ihre Entwicklung in Luv- und Leelage

formen der gehemmten Solifluktion (Bilder 5—8). Die Rasenbänder, die augenscheinlich das solifluidale Abwandern des durch Rasenschälung freigelegten Frostschuttes zu hemmen trachten, sind in gesetzmäßiger Abhängigkeit von Exposition, Hauptwindrichtung und Hangneigung entweder quer zur Falllinie ausgerichtet (Leegirlanden) oder streifenhaft in der Falllinie ausgezogen (luvseitige Schutt- und Rasenstreifen) oder auch schräg zur Gefällsrichtung angeordnet (bei tangierender Hauptwindrichtung — diagonale Rasenstreifen und Rasengirlanden) (Fig. 8, Bild 7). Treten diese drei Typen, was allerdings selten vorkommt, an einem Standort zusammen, so ergibt sich eine parabelförmige Gruppierung der Rasengirlanden und Rasen- bzw. Schuttstreifen um das Kuppenzentrum mit Öffnung zur Hauptwindrichtung (Fig. 7). Nach Vorliegen der schon erwähnten Initialformen kommt es zur Ausgestaltung von Rasengirlanden:

- a) bei Zerstörung einer ehemals geschlossenen Rasendecke im Zuge eines allgemeinen Absinkens der Höhengrenzen (allgemeine Klimaverschlechterung oder nur Verschlechterung des bodennahen Kleinklimas, z. B. durch allgemeine Zunahme der durchschnittlichen Windstärke),
- b) bei allmählicher Überwachsung der Stirnpartien von Erd- und Schuttströmen im Zuge eines allmählichen Aufwärtswanderns der Höhengrenzen oder Verbesserung des bodennahen Kleinklimas unter Wandlung der ungebundenen in eine gehemmte Solifluktion,
- c) bei weiterem solifluidalem Aufreißen von tonsurierten Rasenpolstern.

Die vegetationsfreien Girlandenoberflächen zeigen vor allem innerhalb der Hauptfrostwechselperiode im Anschluß an die Schneeschmelze im Frühjahr häufig

Erläuterungen zu Fig. 7:

Theoretische Überlegung zum Verlauf von Rasenstreifen und Rasengirlanden in verschiedener Exposition, zusammengefaßt auf einer idealen Kuppe:

Exponierte Kuppen Innerhalb der Mattenstufe tragen hier infolge heftiger Deflation meist keine schützende Schneedecke, sie sind daher starker Frost- und Frostwechselwirkung ausgesetzt und fast immer von Formen der Rasenschälung und der gehemmten Solifluktion bedeckt.

Bei der systematischen Erfassung aller dieser Formen über verschiedene Arbeitsgebiete hinweg ist eine deutliche Gesetzmäßigkeit der Anordnung von Rasenstreifen und Rasengirlanden in Abhängigkeit von der Windexposition und Hangneigung erkennbar. Die beiden Hauptkomponenten sind:

1. linienhafte Rasenschälung in der Hauptwindrichtung und
2. solifluidale Abwanderung des freigelegten Lockermaterials in der Gefällsrichtung.

In Fig. 7 wurde eine ideal gedachte Kuppe im Aufriß und Grundriß dargestellt. Die Hauptwindrichtung für einen bestimmten Geländeteil kann auf Grund gleichorientierter Rasenscheitel auf ebenem Gelände leicht ermittelt werden. Die Intensität der solifluidalen Abtragung ist unter sonst gleichen Verhältnissen auf steilerem Gehänge sicherlich größer als bei geringerer Hangneigung. Für Hangneigungen zwischen 15° und 30° wurde daher ein relativ längerer Vektor, für Neigungen zwischen 0° und 15° ein relativ kürzerer gewählt. Über 30°—35° folgt die solifluidale Abtragung in der Regel nicht mehr der hier aufgezeigten Gesetzmäßigkeit (generell völliges Zurücktreten von Rasengirlanden, Schutt- und Rasenstreifen verlaufen un-

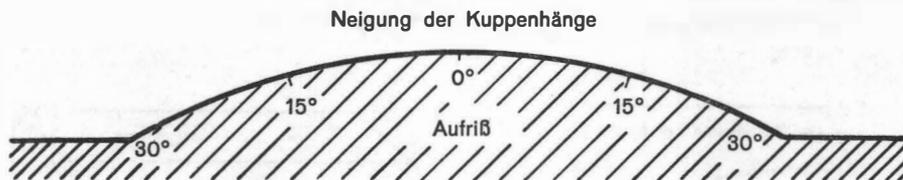
abhängig von der Exposition überwiegend in der Gefällsrichtung, daher Konstruktion nur bis 30°).

Aus den beiden Komponenten Hauptwindrichtung und solifluidale Abwanderung in der Gefällsrichtung wurde nun für verschiedene Punkte auf der Kuppe jeweils das morphologische Resultat (= stark ausgezogene Linie) konstruiert. Es ergeben sich Rasen- bzw. Schuttstreifen an der Luvseite und an den beiden Flanken und Rasengirlanden im Lee, die zusammen eine deutliche parabelförmige Gruppierung um das Kuppenzentrum mit Öffnung zur Hauptwindrichtung zeigen.

An der Luvseite (= Sektor A) treten überwiegend Rasenstreifen parallel zur Falllinie in Erscheinung, da Hauptwindrichtung und Gefällsrichtung weitgehend zusammenfallen — ich bezeichne sie als luvseitige Rasenstreifen.

Bei tangierender Hauptwindrichtung (= Sektor B) weichen Hauptwind- und Solifluktionsrichtung mehr oder minder stark voneinander ab (im Extremfall stehen sie normal zueinander), das morphologische Resultat sind diagonal liegende Rasenstreifen und Rasenhalbgirlanden, mit gleitenden Übergängen zum Sektor A und Sektor C, — ich möchte sie als diagonale Rasenstreifen bzw. Diagonalgirlanden benennen.

An der Leseite der Kuppe (= Sektor C) fallen Hauptwindrichtung und Richtung der solifluidalen Abwanderung ebenfalls wieder weitgehend zusammen, sie sind im Gegensatz zum Sektor A jedoch gleichsinnig gerichtet. Das morphologische Resultat bilden mehr oder minder regelmäßige, bogen- oder zungenförmig ausgebildete Rasengirlanden, die im Hinblick auf die Exposition des Hanges als Leegirlanden zu bezeichnen wären.



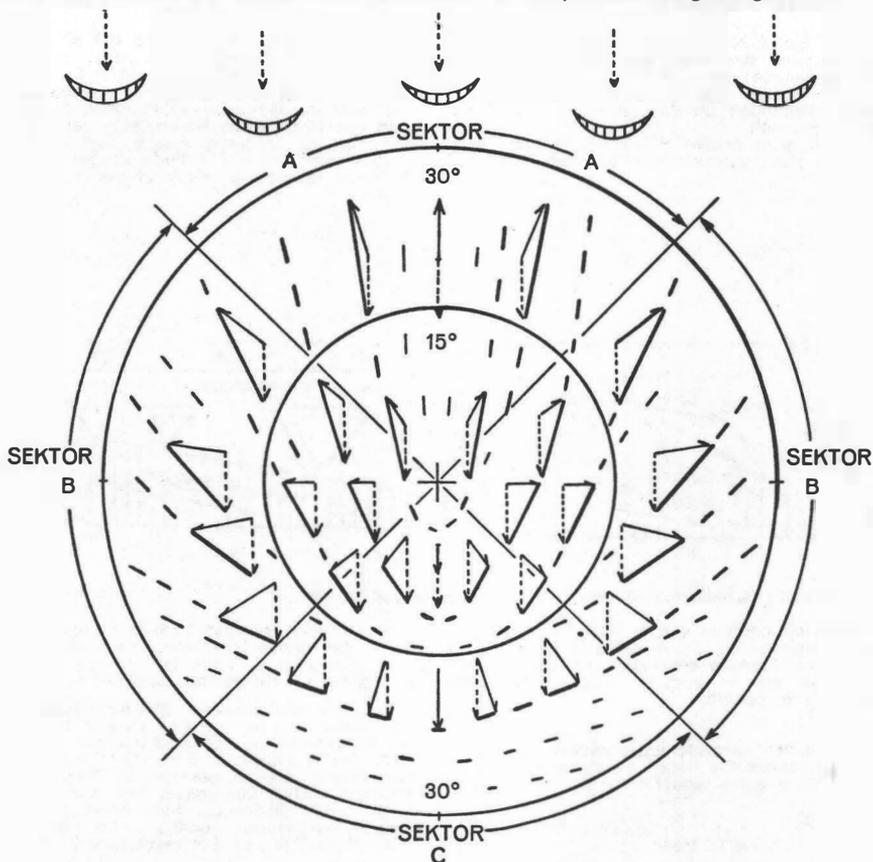
Grundriß:

↓ Hauptwindrichtung

Richtung und ungefähres Ausmaß der solifluidalen Abwanderung in der Falllinie:

- ← a. unter 15° relativ schwächer
- ← b. über 15° relativ stärker

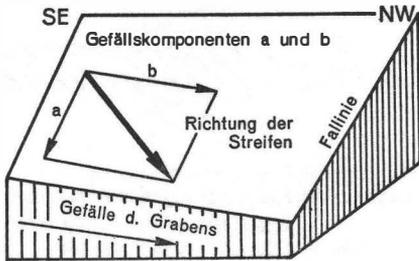
Die Hauptwindrichtung wird durch gleichorientierte Rasenschälungsformen (Rasensicheln) auf ebenem Gelände ermittelt. Sie sind stets zur Hauptwindrichtung hin geöffnet.



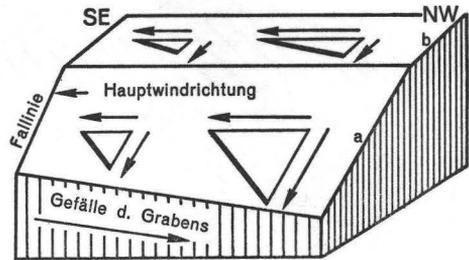
Entwurf und Zeichnung: P.Fritz 1966

Fig. 7: Schematische Darstellung der Erstreckung von Rasenstreifen und Rasengirlanden in verschiedener Exposition, zusammengefaßt auf einer idealen Kuppe

Diagonalstreifen
nach W. KURZ 1963 S. 34



Diagonalgirlanden
nach P. FRITZ 1966



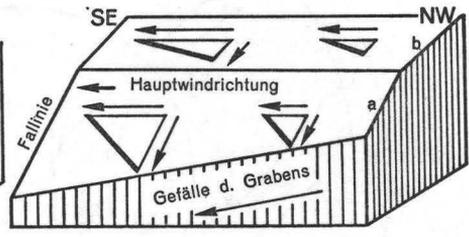
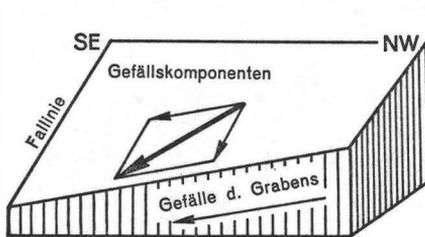
1. Standort: Schneeealpe, Dirlter Schlucht ca. 1700 m

Nach KURZ resultiert die Richtung der Diagonalstreifen aus den Richtungen der beiden Gefällskomponenten.

(Der Einfluß des Grabengefälles auf die darüberliegenden Streifen ist damit aber nicht nachgewiesen!).

Es ist nicht erwähnt, daß der Graben nach NW (zur Hauptwindrichtung) hin geöffnet ist.

Nach meiner Auffassung sind die diagonalen Rasenstreifen und Girlanden das morphologische Resultat aus streifenhafter Rasenschälung in der Hauptwindrichtung und neigungsbedingter Intensität der solifluidalen Abwanderung des freigelegten Materials in der Gefällsrichtung. An steileren Hängen (a) sind die Streifen mehr in der Falllinie ausgerichtet, an flacheren Hängen (b) mehr in der Hauptwindrichtung.



2. Standort: Schneeealpe NE unterhalb Schneeealpenhaus 1700 m

Nach der Deutung von W. KURZ müßten sich die Streifen an diesem Standort in der hier dargestellten Richtung erstrecken. Tatsächlich aber verlaufen sie im rechten Winkel dazu, wie nebenan dargestellt.

Die beiden dargestellten Standorte 1. und 2. auf der Schneeealpe liegen gleich hoch und sind rund 1000 m von einander entfernt.

Die Streifen verlaufen auch in diesem Fall im Sinne der obigen Definition. Das Grabengefälle hat offensichtlich keinerlei Einfluß auf die sich darüber erstreckenden Streifen!

Diese schrägliegenden Streifenformen kommen bei tangierender Hauptwindrichtung zur Ausbildung. Im Lee sind überwiegend symmetrische Vegetations-GIRLANDEN ausgebildet, die oft gleitend in Diagonalstreifen nach KURZ übergehen. Ich möchte diese Formen der gehemmten Solifluktion daher als Diagonal-Girlanden oder DIAGONALE RASENSTREIFEN bezeichnen.

Entwurf: P. FRITZ 1966

Fig. 8: Diagonalstreifen (nach W. KURZ 1963) und Diagonalgirlanden (nach P. FRITZ 1966) an zwei Standorten auf der Schneeealpe

eine sekundäre Musterung in Form von Strukturboden-Kleinformen. Überhaupt fällt die Zeitspanne optimaler solifluidaler Bewegung des Girlandenkörpers in diesen Zeitraum. Die Bewegungen erfolgen diskontinuierlich-ruckartig, relativ kurze Phasen aktiver Bewegung wechseln mit langen inaktiven Perioden (Bild 6).

Gerade im untersuchten alpinen Bereich sind die Rasengirlanden oder zumindest ihre Initialformen durch Viehgangeln vorgezeichnet, so daß man in den meisten Fällen von quasinatürlichen Formen zu sprechen gezwungen ist.

Die Formen der gebundenen Solifluktion (Rasenloben-Klein- und Großformen) sind hauptsächlich auf schieferigen Gesteinen verbreitet. Trotz gänzlicher Rasenbedeckung handelt es zweifelsfrei um rezente Erscheinungen des subkutanen Bodenfließens, die gekennzeichnet sind durch eine besondere Klarheit und Frische der Formen und durch Überwälzen der talseitig gelegenen Bodenprofile (Bild 15). Überdies findet man nicht selten Querrisse in der Bodendecke an der Grenze von sehr gut und weniger gut durchfeuchtetem Material. Hingegen fehlen Auswanderungsnischen oberhalb tropfenförmiger Fließkörper, wie es für Rutschungen und Schlipfe tieferer Lagen typisch ist. Der gesamte Hang — und nicht nur kleine Teile davon — ist offensichtlich in Bewegung.

Größenordnungsmäßig kann die Grenze zwischen Rasenloben-Groß- und Kleinformen bei etwa 1,5 bis 2 m angesetzt werden (mittlerer Durchmesser). Durch die Großformen wird sehr klar die natürliche Untergrenze rezenter Solifluktionsformen im Schiefergebiet markiert. Über diesem Grenzsaum, der in der Sadniggruppe bei 2350/2400 m liegt, treten keine Bergmäher mehr auf. Die Kleinformen hingegen reichen wesentlich tiefer herab, setzen aber innerhalb eingezäunter Bergmäher unmittelbar entlang des Zaunes aus. Sie sind daher unzweifelhaft durch die Trittlinien des Weideviehs zumindest erheblich initiiert, wenn nicht überhaupt ausgelöst, und müssen hier daher als quasinatürliche Formen gelten (vgl. Fig. 1).

In Vergesellschaftung mit den Rasenloben-Großformen über 2350/2400 m können sie hingegen als vorwiegend natürlich gelten, sofern nicht auch dort Viehgangeln noch entscheidenden Einfluß nehmen und eine sekundäre Kleinformung auf den Großformen bewirken.

Die quantitative und qualitative Zunahme von Rasenloben in der Sadniggruppe ist neben der petrographischen Begünstigung durch die mürben Schiefer auch noch in klimatischer Hinsicht begründbar durch die Annäherung an die inneralpine Trockeninsel des oberen Mölltales mit kontinentaleren Temperaturverhältnissen bei einer viel geringeren Andauer einer schützenden Schneedecke und größerer Frostwechselamplitude.

Im Gegensatz zu den Formen der gehemmten Solifluktion, die vor allem an exponierten Vollformen zur Ausbildung gelangen, findet man die Rasenloben hauptsächlich in besonders gut durchfeuchteten Hanghohlförmigen und unmittelbar im Anschluß an langsam abschmelzende, mächtige und langandauernde Leewächten.

4.5. Der anthropogene Einfluß

in Form von Rodung und Beweidung ist gerade in unserem alpinen Gebiet überaus stark und im Hinblick auf die Verbreitung rezenter Periglazialerscheinungen bisher viel zuwenig beachtet worden. Während Wald- und Krummholzbedeckung rezente Frostbodenformen — zumindest in unseren Breiten — weitestgehend ausschließt, wurden durch Schwendung und Rodung unter Herabrücken der natürlichen Obergrenze von Wald und Krummholz die potentiellen Verbreitungsräume erheblich ausgedehnt. Aber nur an besonders frostexponierten Standorten, vor allem auf Kalk

und Dolomit, kam es in der Folge tatsächlich zu Rasenschälung und anschließender solifluidaler Abwanderung oberflächennaher Bodenschichten (quasinatürlich im einfachen Sinn). Meist ist noch Beweidung hinzugetreten. Viehgangeln sind innerhalb der beweideten Rasenstufe ziemlich regelmäßig angelegt, sie überziehen das Gelände wie ein einheitliches Netz. Im Kalk und Dolomit hat vor allem an konvexen wind- und frostexponierten Geländeteilen eine solifluidale Weiterbildung der initialen Viehgangeln stattgefunden. Im Schiefer hingegen sind besonders stark durchfeuchtete Geländehohlformen davon betroffen. Es können demgegenüber aber auch Standorte eine Verdichtung rezenter Frostbodenformen zeigen, die, unabhängig von der morphologischen Position, besonders häufig begangen und daher initial verletzt werden. Im Kalk ist das Umsichgreifen von gehemmter Solifluktion nach Schwenden und/oder Beweidung nicht immer ein sich progressiv ausweitender Prozeß. Häufig werden die reifen Rasengirlanden

- a) entweder unter geringfügiger Besserung des Kleinklimas bald wieder überwachsen oder
- b) nach vorübergehendem oder gänzlichem Aussetzen der Beweidung und der ständigen Rodungstätigkeit wieder vom Krummholz zurückerobert (Fig. 9).

Im grobblockig verwitternden Kristallin ist nach Entwaldung weniger ein Umsichgreifen solifluidaler Vorgänge zu beobachten. Hier werden in der Folge vielmehr Blockhorizonte entweder linienhaft, inselhaft oder flächenhaft freigelegt, woraus Blockrinnen, Blockmulden oder Blockmeere resultieren, die in Höhen unter ca. 2500 m fast immer nur an relativ schneereiche und damit auch schmelzrieselwasserreiche *Hohl*formen des Geländes gebunden sind, während konvexe Geländeteile in der Regel keine nennenswerten Solifluktionsformen erkennen lassen.

4.5.1. Quasinatürliche Vorgänge und Formen

Alle durch Rodung und Beweidung begünstigten oder ausgelösten Frostbodenformen können nach einer Anregung von H. POSER (Göttinger Kolloquium 1965) im Sinne von H. MORTENSEN (1954/55) als *quasinatürliche Erscheinungen* bezeichnet werden, wobei sich auf Grund der vorliegenden Untersuchung eine Unterscheidung in solche im einfachen Sinn (nur Rodung oder nur Beweidung allein) und andere im doppelten Sinne (Rodung und Beweidung) empfiehlt.

Als quasinatürliche Erscheinungen können angesehen werden:

- Windsicheln und Rasenschälung mit Kammeissolifluktion entlang von bevorzugten Touristen- und Weidewegen,
- Rasengirlanden, die sich noch eindeutig aus Viehgangeln ableiten lassen,
- Rasenloben-Kleinformen außerhalb von Bergmähdern oder als sekundär auf-sitzende Gebilde auf Rasenloben-Großformen infolge Beweidung,
- alle Wulst- und Kleinhügelbildungen, die sich unverkennbar entlang von bevorzugten Fahr- und Weidewegen häufen (Bild 12).

Gerade für die vielen Büldenformen erweist sich der Begriff „quasinatürlich“ als sehr geeignet, vor allem dann, wenn die reihenhafte Anordnung der Kleinhügelchen — unabhängig von der Hauptwindrichtung — mit stark frequentierten oder ehemals häufig benutzten Weidewegen genau übereinstimmt. Geländebedingte Engstellen, etwa auf den Karstplateaus der Nördlichen Kalkalpen, können geradezu als Musterbeispiel gelten.

Diese Kleinhügelchen mit einer Höhe von etwa $\frac{1}{2}$ m tragen eine charakteristische Bewachung in Form azidophiler Trockenzeiger, die man auch auf büldenähnlichen

Formen findet, weshalb rein physiognomisch mitunter Verwechslungen vorgekommen sind. Lediglich die Aufgrabung schafft Klarheit. Es sind zu unterscheiden:

- Bültenartige Kleinhügel mit mehr oder weniger stark verwittertem Steinkern als reine Überwachungsformen.
- Kleinhügelchen mit Wurzeln und Holzresten als Kern, ebenfalls durch Überwachung.
- Bülten mit Feinmaterialkern nach Überwachung von Maulwurfshügeln oder Ameisenhaufen.
- Kleinhügelchen als Unebenheiten von Sümpfen, auch ehemaligen, heute längst außer Aktion gesetzten (postglazialen) Alpenmooren.

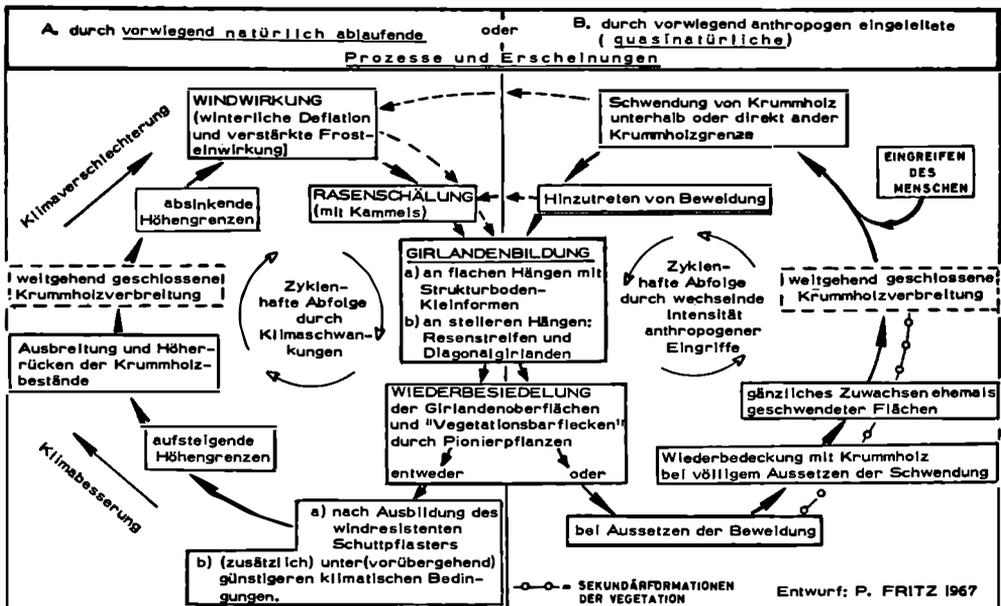


Fig. 9: Möglichkeiten des Entstehens und Vergehens von Rasengirlanden

- Kleinhügel infolge Unterbrechung von Viehgangeln durch erosive Eis-, Wind- oder Kammeiswirkung.
- Bültenformen nach Überwachung von Erdkegelbildungen unter Frosteinfluß i. S. von G. SELZER (1959) und G. HARD (1964).
- „Reine“ Bülten nach frostaktiver Aufblähung von frostgefährdetem Feinmaterial, wobei hauptsächlich das Wurzelgeflecht i. S. von E. SCHENK (1955) ein Rüksinken in die Ausgangsposition verhindert.

Von den Bülten sind Buckelwiesen zu unterscheiden, die heute mit Sicherheit als reine Sonderformen der Verkarstung zu deuten sind. Sie können keinesfalls als Typformen der periglazialen Höhenstufe gelten, sind hier aber keinesfalls selten anzutreffen, vor allem, weil sie infolge Fehlens einer hinderlichen Vegetationsdecke stets gut sichtbar sind.

4.5.2. Überlegungen zur Schadenssanierung

Grundsätzlich ist es wohl nicht möglich, nach einem längeren Zeitraum, in welchem natürliche oder auch quasinatürliche Vorgänge unterschiedlichen Ausmaßes stattgefunden haben, den ursprünglichen Zustand einer Pflanzendecke wiederherzustellen. Doch können bestimmte solifluidale Abtragungsvorgänge, wie häufig zu beobachten ist, auf natürliche Weise zum Stillstand kommen, der Mensch kann diesen Vorgang sogar erheblich unterstützen, vor allem dann, wenn sich eine solche *naturnahe Sanierung* auf Bereiche erstreckt, die innerhalb des natürlich-potentiellen Verbreitungsbereiches von alpinen Rasen und Krummholz liegen, welche zunächst infolge menschlichen Eingriffes aus dem Gleichgewicht gebracht worden waren (Rödung, Beweidung).

Schon allein beim Aussetzen des anthropogenen Einflusses beginnt an einigermaßen geschützten Relieftteilen (mit einer einigermaßen schützenden Schneebedeckung während des Winters) auf natürliche Weise ein Regenerationsprozeß um sich zu greifen, z. B.:

- a) Überwachsen weidebedingter Rasengirlanden durch alpine Rasen und Krummholz,
- b) Überwachsen weidebedingter Büldenformen durch Krummholz.

An extrem wind- und frostexponierten Relieftteilen, auf Deflationskuppen und Deflationskanten, also dort, wo das regelmäßige Fehlen einer schützenden winterlichen Schneedecke das Aufkommen von alpinen Rasen, Zwergsträuchern und Krummholz auch nach völligem Aussetzen der Beweidung unmöglich macht, kann durch relativ einfache Maßnahmen durch den Menschen wirksam nachgeholfen werden. Hauptziel ist die Bildung und Erhaltung einer ausreichend schützenden Schneedecke von 0,5 bis 1 Meter während des ganzen Winters. Dies kann erreicht werden durch Errichtung von niederen Schneezäunen oder auch niederen Steinmauerchen, also mit Material, das der allernächsten Umgebung entnommen werden kann. Ist einmal Vorsorge getroffen, daß sich regelmäßig ausreichend mächtige Wächtenkeile bilden, so darf in Höhenlagen unter 1800 m schon nach kurzer Zeit mit einer Wiederbesiedelung durch Pionierpflanzen und alpine Rasen gerechnet werden. In der Folge ist dann bald mit dem Aufkommen kleiner Krummholzinseln auch an exponierten, aber künstlich mit einer regelmäßigen Schneedecke versorgten Geländeteilen zu rechnen. Dieser Vorgang kann erheblich beschleunigt werden, wenn man etwa Setzlinge zusammen mit einem kleinen Humuspaket gezielt aussetzt, und zwar so, daß sich nach dem Aufkommen der kleinen Krummholzinseln kleine, sich gegenseitig bereits schützende Wächtenkeile bilden, die nach einigen Jahren die vorübergehend aufgestellten Schneezäune überflüssig machen. Es geht also um den Initialeffekt, der zur Ausbildung kleiner, sich gegenseitig schützender Krummholzinseln führt, die dann bald zusammenwachsen und in ihrer flächenhaften Verbreitung in späterer Folge einen überaus wirksamen natürlichen Schutz gegen winterliche Deflation, Frostwechselwirkung und Verkarstung bilden.

Optimal ist freilich der kombinierte Einsatz von sanierenden und präventiven Maßnahmen, d. h. Schutz vor anschließender abermaliger Störung oder gar Zerstörung. Dazu gehören:

- a) Umlegung (Ummarkierung) von Touristenwegen und Weidewegen an windexponierten, konvexen Relieftteilen,
- b) gleichzeitig Aufklärung der „umgeleiteten“ Touristen mittels Informationstafeln, auf denen um Verständnis für solche vorübergehende Maßnahmen geworben wird,

- c) Aussperren von Weidevieh oder auch Touristen mittels Zäunen an besonders gefährdeten, exponierten Stellen, wobei die Absperrungszäune zugleich die Funktion der Schneezäune übernehmen können.
- d) Den möglicherweise auf den Plan tretenden Verfechtern einer „ungestörten Natur“ darf entgegengehalten werden, daß gerade durch solche vorübergehend vom Menschen forcierte Sanierungsmaßnahmen letztlich ein besonders wirksamer Schutz vor weiterer solifluidaler Abtragung und anschließender Verkarstung gewährleistet wird.

Während also an Vollformen des Reliefs auf diese Weise relativ leicht durch den Menschen „nachgeholfen“ werden kann, ist die mächtige Schneeakkumulation in Nivationshohlformen (Schneedolinen), die ebenfalls das Aufkommen einer schützenden Vegetationsdecke entscheidend behindert und Verkarstung zur Folge hat, durch Menschenhand wohl kaum wirksam zu verhindern, sieht man vom gezielten Zuschütten von Dolinen ab. Doch kann schon allein das Plombieren (Zustopfen und Verschmieren) von Ponoren mitunter eine sanierende Entwicklung einleiten.

4.6. Frostmusterböden

Bei den *Musterböden auf ebenem Gelände* sind zu unterscheiden:

a) *Texturböden*, die sowohl aus Trocken- als auch aus Frostrißnetzen hervorgehen können. Man findet sie nur dort, wo völlig homogenes Feinmaterial in ausreichender Mächtigkeit vorhanden ist, und zwar sowohl in der Rasenstufe innerhalb frischer Rasensicheln als auch in der Frostschuttstufe, wo sie mächtige Polygonnetze verschiedener Maschenweite zu bilden imstande sind. Weil aber geeignetes Material und entsprechende Standorte nicht sehr häufig vorkommen, sind diese Formen ebenfalls eher seltene Erscheinungen.

b) *Strukturböden* (Steinring-Groß- und Kleinformen) verdanken einem frostdynamischen Entmischungsvorgang ihre Entstehung. Kleinformen können in allen Höhenlagen des klimatisch-potentiellen Verbreitungsbereiches angetroffen werden, sofern nur die Standortfaktoren es auch zulassen. Eine ausgeprägte Häufung in bestimmten Höhenlagen der periglazialen Region ist entgegen früheren Auffassungen, jedoch in Übereinstimmung mit G. FURRER und P. W. HÖLLERMANN, nicht erkennbar. Lediglich die Standortfaktoren sind ausschlaggebend: Über einer nur wenige Zentimeter mächtigen Feinmaterialauflage können nur Kleinformen zur Ausbildung kommen, nicht aber große Steinringe, denn der Durchmesser der Ringe steht in Beziehung zur Frosteindringungstiefe, die jedoch von der vorhandenen Mächtigkeit abhängig ist. Steinring-Großformen bedürfen eines entsprechend mächtigen Feinmaterialpaketes, und zusätzlich muß ausreichende Durchfeuchtung sowie gute Frostwirkungsmöglichkeit gewährleistet sein. Diese Faktoren sind aber nur sehr bedingt in den Gletschervorfeldern wirklich vorhanden. Vielmehr hat es sich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von G. FURRER immer wieder gezeigt, daß nicht so sehr die Vorfelder, sondern vor allem hochgelegene wind- und frostexponierte Ebenheiten mit ihrer mächtigen Schutt- und Feinmaterialauflage in Nachbarschaft mächtiger, langsam abschmelzender Schneeflecken ganz besonders günstige Standorte darstellen. Solch hochgelegene Flächen waren von allen meinen Untersuchungsgebieten hauptsächlich in der Hochregion des Dachsteins gegeben. Dort zeigte sich denn auch ein klares Überwiegen von Steinring- und Steinnetz-Großformen in exponierter Höhenlage gegenüber einem starken Zurücktreten in den rezenten Gletschervorfeldern (Fig. 10).

Im untersuchten Kristallin von charakteristischem Kar- und Kettengebirgstypus fehlen hochgelegene exponierte Flachformen weitestgehend, daher ist auch die Möglichkeit zur Ausbildung solch typischer Steinring-Großformen gar nicht gegeben, so daß aus diesem Grund eine gewisse Überbewertung rezenter Gletschervorfelder lange Zeit leicht möglich war.

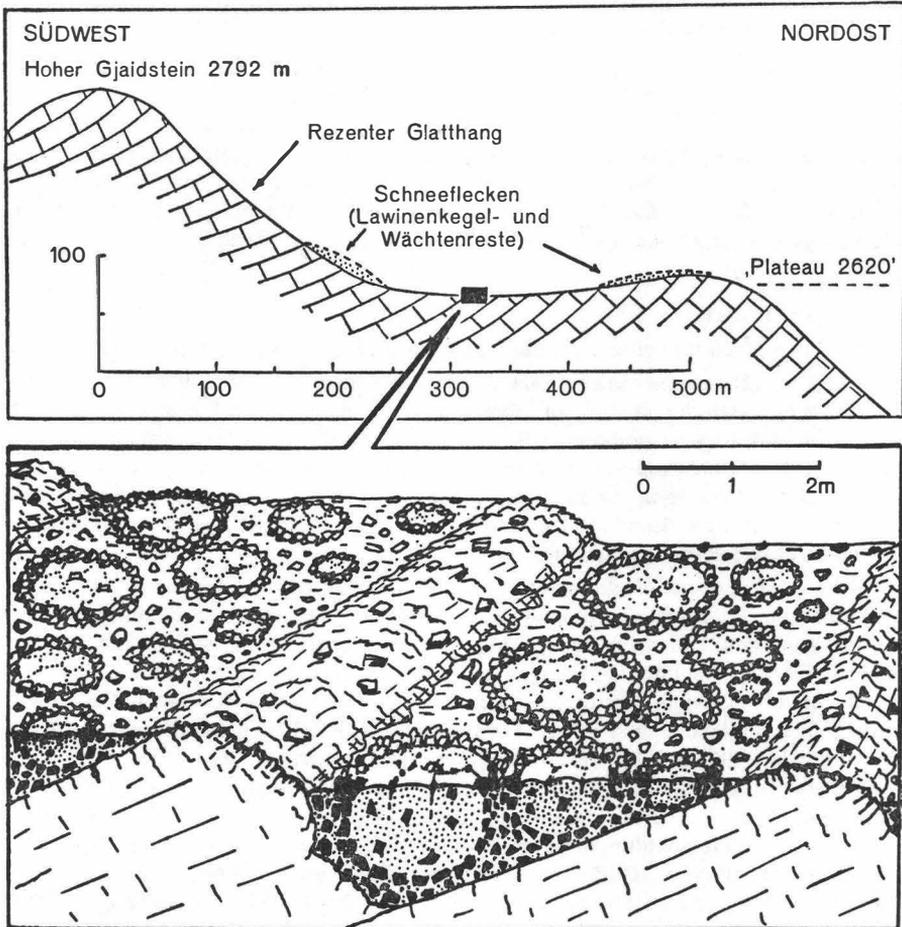


Fig. 10: Die Steinring-Großformen am Gajdstein (Dachsteingebiet)

Erläuterungen zu Fig. 10:

Der Gajdsteinzug verläuft quer zur Hauptwindrichtung und ist extremer Deflation und Frostelnwirkung ausgesetzt. Die gut gebankten Schichtpakete aus Dachsteinkalk werden von alten, tertiären Landoberflächen gekappt und streichen in spitzem Winkel aus. An steileren Hängen bewirkt der scheuernde Wanderschutt eine rezente Hangglättung, an flacheren Gelände-

teilen sind in den Schichtkopferben — je nach der Gründigkeit des Feinmaterials — Steinringe verschiedenster Größe verbreitet. Die Steinring-Großformen weisen häufig eine sekundäre und sogar tertiäre Musterung durch kleinere Strukturböden auf.

Die gute Durchfeuchtung des Feinmaterials erfolgt durch Rieselwässer beim Abschmelzen benachbarter Schneeflecken, die oft bis in den Herbst hinein vorhanden sind.

Bei detaillierter Betrachtung hat es sich überdies gezeigt, daß gerade in den Vorfeldern durch ganz andere Faktoren Pseudosteinnetze und Steinstreifenpseudoformen entstehen können. In Übereinstimmung mit den Beobachtungen von H. SLUPETZKY bleibt der Spaltenschutt in-situ-abschmelzender Gletscherzungen häufig netzförmig liegen. Diese Grobblocknetze verschiedenster Größenordnung werden später durch vom Gletscherbach herangebrachtes Feinmaterial aufgefüllt, wodurch leicht Strukturböden vorgetäuscht werden können, die jedoch niemals durch einen frostdynamischen Entmischungsvorgang geschaffen worden sind, wohl aber durch Frosteinwirkung weiter geformt werden können.

Überraschenderweise war ein deutliches Zurücktreten von Strukturböden in grobblockig verwitterndem Kristallin festzustellen. Im Kristallin der Niederen Tauern konnten bisher überhaupt keine eindeutigen Strukturboden-Großformen gefunden werden. Die erhebliche durchschnittliche Größe der Blöcke in Granit- und Gneisgebieten setzt die Bereitschaft zur Strukturbodenbildung offensichtlich stark herab. Überdies bewirkt eine relativ dichte, bis in große Höhen reichende Rasendecke ein stets baldiges Überwachsen und letztlich eine Inaktivität etwaiger Froststrukturen.

Petrographisch bestimmte, reliefbestimmte und auch vegetationsbedingte Ungunst lassen sich als Hauptursachen für das verschwindend geringe Auftreten rezenter Strukturböden im Kristallin anführen.

Steinpackungsfelder sind hingegen viel häufigere Erscheinungen in der Frostschuttstufe als Strukturböden. Die deutliche Hochkantstellung plattiger Schuttstücke rührt hier nicht von einem frostdynamischen Entmischungsvorgang her, sondern wird durch Pressung entlang bestimmter Drucklinien innerhalb von Wanderschuttdecken und Blockstrommaterial verursacht. Die hochkant gelagerten Schuttstücke sind generell viel stärker aneinandergedreht und ineinander verkeilt als bei echten Steinringen oder Steinstreifen. Daß es sich trotz des oft linearen Verlaufes keinesfalls um Steinstreifen im herkömmlichen Sinn handelt, geht daraus hervor, daß eine Ausrichtung in der Gefällsrichtung, wie es für Steinstreifen typisch ist, hier fast niemals eingehalten wird, ja die mitunter bogenförmigen, konzentrischen Druck- und Pressungslinien verlaufen häufig sogar quer zur Falllinie.

Unter *Musterböden in geneigtem Gelände* sind Steinstreifen, Streifenböden und andere Streifenformen zusammengefaßt. Es lassen sich unterscheiden:

- a) windbestimmte Streifenformen (z. B. streifenhafte Rasenschälung),
- b) schwerkraftbestimmte Streifenformen (typische Steinstreifen, aber auch durch Ausspülung bestimmte oder mitbestimmte Formen),
- c) kombinierte Streifenformen (z. B. diagonale Rasen- oder Schuttstreifen an windexponierten Vollformen bei tangierender Hauptwindrichtung).
- d) Den sonstigen Streifenformen können die oben erwähnten Druck- und Pressungslinien oder auch die Blockstreifen der Vorfelder subsumiert werden.

Andererseits können auch Aufbau- und Zerstörungsformen unterschieden werden. Alle Formen der Rasenschälung sowie der Ab- und Ausspülung sind eindeutige Zerstörungsformen, während z. B. windgestreifte Auffrierböden oder auch Blockstreifen als Aufbauformen aufzufassen wären.

Schließlich ist generell festzustellen, daß gerade im Durchdringungsraum von Rasen- und Schuttstufe besonders häufig Streifenformen anzutreffen sind.

4.7. Die Pflasterböden

sind vor allem im wasserundurchlässigen, grobblockig verwitternden Kristallin beheimatet. Es ergab sich keine Notwendigkeit, die bisher allgemein vertretene Schnee-

drucktheorie auch nur in Zweifel zu ziehen. In der Sadniggruppe wurden ausgedehnte Pflasterböden gefunden, die sich mit einer mehrere Meter breiten Sohle entlang der höchstgelegenen Sammeladern von Bergbächen erstrecken und talwärts dort enden, wo die rückschreitende Erosion mit ihrer kerbenhaften Zerschneidung sich durchzusetzen beginnt, und zwar entweder in Karriegelposition oder auch nur durch die talwärts sich steigernde Wassermenge und damit Wasserkraft bedingt. Ich habe diese langgestreckten Pflasterböden, aus denen talwärts Gerinne hervorgehen, *Pflastersohlentälchen* genannt.

Schuttgirlanden, Schuttwülste und Schuttzungen herrschen dort vor, wo die Vegetationsdecke bereits stark zurücktritt, also vor allem in der Frostschuttstufe. Nicht nur in der Vertikalen, sondern auch in der Abwanderungsrichtung innerhalb von Wanderschuttdecken kommt es augenscheinlich zu einem Sortierungsvorgang, wobei die größeren Schuttbestandteile am unteren Zungenrand ausgestoßen werden (Bild 16). Dort aber beginnen sie auf das nachdrängende Feinmaterial einen bewegungshemmenden Einfluß auszuüben und übernehmen dadurch eine sehr ähnliche Funktion wie die Rasenbänder bei den Rasengirlanden im Rahmen der gehemmten Solifluktion auf Kalk und Dolomit.

Eine Unterscheidung in Groß- und Kleinformen, mit Abgrenzung wie bei den Rasenloben, empfiehlt sich schon aus Gründen einer genaueren Begriffsbestimmung. Die Größe der Formen resultiert aus der Detritusgröße, aus der Mächtigkeit der abwandernden Schuttschicht, aus der Steilheit des Gehänges, den Durchfeuchtungsverhältnissen, dem Nachschub an abwanderndem Material aus einem bergseitig gelegenen „Einzugsbereich“ sowie der Frostexposition, welche auch hier von der windbedingten winterlichen Schneedeckenverteilung bestimmt wird.

Schneeschuttwälle treten im grobblockig verwitternden Kristallin auffallend häufig auf. Positionsmäßig liegen sie am unteren Rand langdauernder bis perennierender Schneeflecken, vornehmlich in SW-, W- und S-Exposition. Im Gegensatz zu Moränen mit mehr oder weniger deutlich kantengerundetem Material sind die Blöcke der Schneeschuttwälle generell scharfkantig. Sie werden, sobald sie über das Schneefeld abgerutscht und am unteren Ende, meist eng verkeilt, zur Ablagerung gekommen sind, nicht mehr durch bewegtes Eis oder auch nur Schneekriechen wesentlich weiter verfrachtet. Interessanterweise treten die Schneeschuttwälle bevorzugt unmittelbar am Fuße von Glatthängen auf, sie zeigen daher einen oft langgestreckten Verlauf quer zum Hanggefälle und haben mitunter auffällige talseitige Ausbuchtungen, die oft bereits blockstromhafte Züge aufweisen können, d. h. stellenweise als selbständig weiterbewegte Schuttkörper aufgefaßt werden müssen.

Die *Schuttkegel und Schutthalden* der untersuchten Höhenstufe tragen, wie nicht anders zu erwarten war, überwiegend rezenten Charakter. Sie sind den gegenwärtigen klimatischen Verhältnissen angepaßt und zeigen keinerlei ausgeprägte Schichtung des Haldenkörpers, wie dies in tieferen Lagen als Zeugnis wechselnden Klimageschehens der Fall ist. Allerdings besteht manchmal ein leichtes Mißverhältnis zwischen dem relativ frisch wirkenden Schuttkörper und der nicht gerade rezentverwitternd wirkenden Wand, die gerade in mittleren Lagen schon stärkere Begrünung zeigt. Die Frische des Haldenkörpers kann meist auf ausklingende Bewegungen an der Oberfläche und auch auf Schneeschmelzwasserwirkung, Lawinentätigkeit, insgesamt also auf rezente Nivationswirkung zurückgeführt werden.

Blockhalden, Blockmulden und Blockmeere sind in erster Linie Typformen des grobblockig verwitternden Kristallins. Je steiler die Rückwand, desto deutlicher ist bei den Blockhalden die Sortierung des Haldenkörpers von oben (fein) nach unten

(grob). Sie sind damit den Sturzhalden unterhalb steil aufragender Kalkwände sehr ähnlich. Eine Unterscheidung in *Hangblockmeere* und *Muldenblockmeere* erscheint deshalb erstrebenswert, weil erstere an Positionen unterhalb einer steiler aufragenden Rückwand gebunden sind, wobei die Rückwand auch schon stark aufgezehrt sein kann, so daß man manchmal geradezu von einem Wandel einer Blockhalde zu einem Hangblockmeer zu sprechen geneigt ist, sobald nämlich die Halde bei Aufzehrung der Rückwand bis zur Firstlinie durchzugreifen beginnt, wie dies vor allem in der relativ schuttreichen Sadniggruppe sehr oft beobachtet werden konnte.

Muldenblockmeere verdanken ihre Entstehung und/oder weitere Freihaltung von randlich vordringender Vegetation hauptsächlich der Nivation infolge mächtiger Schneemengen in Hohlformen, die unter heftiger ausgleichender Windwirkung abgelagert werden.

Während Hangblockmeere durch eine auffallend platte Oberfläche gekennzeichnet sind und Muldenblockmeere, wie der Name sagt, an Muldenlagen gebunden sind, können weitere Blockmeerformen auch eine deutlich fallniengerichtete Ausdehnung in Hanglage mit extremer Längsausdehnung zeigen. Man könnte sie bezeichnenderweise als *Rinnenblockmeere* ansprechen. Die auswaschende Tätigkeit des unmittelbaren Niederschlags- und indirekt wirkenden Schneeschmelzwassers ist hier evident.

Alle hier vertretenen Blockmeerarten sind generell vom scharfkantigen, arktischen Typus. Andeutungsweise Kantenrundung in tieferen Lagen kann, abgesehen von einer transportbedingten Zurundung, auf vorübergehende Vegetationsbedeckung in der postglazialen Wärmezeit zurückgeführt werden.

Rezente Bewegungen von Blockmeeren sind sehr schwer exakt faßbar. Im grobblockig verwitternden, feinmaterialarmen Kristallin sind mögliche rezente Bewegungsbeträge im Gegensatz zu rezenten, feinmaterialreichen Wanderschuttdecken sicherlich nicht erheblich.

Schon rein größenmäßig anderer Natur sind die Verhältnisse bei den rezenten bis subrezentem *Blockströmen* (Blockgletschern), bei denen schon aus dem physiognomischen Befund auf mitunter beträchtliche Eigenbewegungen geschlossen werden muß. Es besteht kein Zweifel, daß gerade die Großformen der Blockgletscher sicherlich aus absterbenden Gletschern hervorgegangen sind, deren Einzugsgebiet von überdurchschnittlich starker Schuttproduktion gekennzeichnet ist. Von einer solchen sind erfahrungsgemäß vor allem die Gebirgszüge in Nachbarschaft inneralpiner Trockenräume betroffen, so etwa auch die Sadniggruppe. Der Verbreitungsbereich aller bisher bekanntgewordenen Blockstromvorkommen zeigt dies deutlich. Von allen meinen Arbeitsgebieten befinden sich in der Sadniggruppe, mit ihrer Nachbarschaft zur inneralpiner Trockeninsel des oberen Mölltales, die meisten Blockstromformen. Es können unterschieden werden:

a) eindeutig aus Endmoränen hervorgegangene, blockstromhaft deformierte Blockwälle, die später eine selbständige Weiterbewegung erfahren haben und die nur *eine* zentrale Zunge, der ehemaligen Gletscherzunge entsprechend, aufweisen.

b) Blockströme mit klar ausgebildeter Dreiteilung in schuttreiches Ursprungsgebiet, Hauptfließzone mit gewaltigen Längswülsten und schließlich Stauregion mit Querwulstbildung und häufig doppellappiger Zunge,

c) eindeutig durch Ausbruch aus Schneeschuttwällen entstandene blockstromhafte, selbständige Weiterbewegungen ohne Zusammenhang mit einem ehemaligen Gletscher.

Viele Fragen sind bei den Blockströmen noch offen, da sie trotz ihrer markan-

ten Erscheinung bisher noch viel zuwenig beachtet und bearbeitet worden sind, von wenigen Arbeiten der Innsbrucker Schule aus allerjüngster Zeit abgesehen.

4.8. Doppel- und Reihengrate

erwiesen sich in hohem Maße an Klüftlinien und Klufscharen gebunden. Eine initiale Anlage nur im Zusammenhang mit einer Hauptwindrichtung (Gratwächtenstufe i. S. von V. PASCHINGER) konnte bisher nicht eindeutig bestätigt werden. Zweifellos werden aber vorhandene Klüfte und Schwächelinien im Gestein durch Wind und Nivation bevorzugt ausgeräumt. Typische Gratwächtenstufen gehen wohl tatsächlich aus Lee-wächten hervor, führen m. E. aber kaum zu einer echten Firstverdoppelung. Die typischen Doppelfirste, die auch in den untersuchten Gebieten häufig vertreten sind, zeigen stets entscheidenden Einfluß von Klüften, und zwar sind es meist Gesteinsrisse und Spalten, die durch rezente Hangzerrung und Hangtektonik nach Abschmelzen hoch- und späteiszeitlicher Gletscher verursacht wurden. Für die hangtektonisch bedingte Anlage spricht auch die Tatsache, daß viele Doppelgratkerben keine oberflächliche Abflußmöglichkeit erkennen lassen, d. h. sie hängen durch und haben keinerlei Beziehung zu einer einheitlichen Hauptwindrichtung.

4.9. Wanderblöcke, Wanderschuttdecken

sind sowohl in der Rasen- als auch in der Frostschuttstufe verbreitet, *Staublöcke* findet man hingegen nur in der Frostschuttstufe. Wanderblöcke bewegen sich im Rahmen der solifluidalen Denudation schneller als das umgebende Feinmaterial, sie zeigen bergwärts eine mehr oder weniger lange, in der Regel sukzessiv bewachsene Gleitbahn und talseitig den charakteristischen Stauchwulst. Da sich an den Staublöcken in konträrer Weise das umgebende Feinmaterial im Verband mit freien Wanderschuttdecken relativ schneller talwärts bewegt, kommt der Stauchwulst an der Bergseite zu liegen, und eine furchenartige Hohlform verläuft unterhalb des meist festsitzenden Blockes talwärts.

Neben diesen Wander- und Staublöcken erwies es sich als nötig, darüber hinaus noch *Schneegleitblöcke* bzw. *Lawinrammblöcke* zu unterscheiden, die keinesfalls durch ihr Eigengewicht allein zu Tal wandern, sondern in erster Linie durch langsam abgleitende Schneemassen oder rasch abgehende Lawinen über die Rasendecke mitgeschleift werden und schließlich tief eingerammt liegenbleiben. Der Stauchwulst ist hier stets ungleich größer als bei den normalen Wanderblöcken, die Gleitbahn ist über viele Meter oder gar Zehner von Metern völlig unbewachsen, was auf einen plötzlich einsetzenden, nicht-kontinuierlichen, aber dann ein für allemal beendeten Abwanderungsvorgang schließen läßt.

Rezente *Wanderschuttdecken* sind durch ihre extrem platte, ausgeglichene Oberfläche, durch die Einregelung länglicher Schuttstücke in der Gefällsrichtung und durch frische Stau- und Staucherscheinungen an feststehenden Hindernissen gekennzeichnet. Optimal ausgebildet sind sie beim Zusammentreten von vegetationsarmem bis vegetationslosem Frostschutt mit ausreichendem Feinmaterialgehalt und ausreichender Mächtigkeit mit einer gewissen Steilheit des Gehänges (je nach Gesteinsart sehr verschieden) und guter Durchfeuchtung sowie Frostwechseleinwirkung. Bevorzugte Standorte sind rezente Glatthänge, Fußpartien von Ufermoränen des Vorstoßes um 1850 und sonstige vereinzelt besonders begünstigte Standorte, wie z. B. Deflationsvollformen im Kalk und Dolomit.

Die Wanderschuttdecken sind im Kristallin wegen der allgemein günstigeren

Durchfeuchtungsverhältnisse gegenüber den Kalkgebieten von weitaus größerer morphologischer Wirksamkeit (Bild 16). Optimale Verbreitung zeigen sie im Schiefer. Die oft beträchtliche Blockgröße im Granit und Gneis wirkt hingegen oft schon hemmend auf die solifluidalen Vorgänge, vor allem bei Wanderschuttdecken von geringerer Mächtigkeit, also weniger als rund $\frac{1}{2}$ Meter.

Hauptträger der Abwanderung sind die unter einer oberflächlichen Grobschutt-schicht verborgenen, stark wasserhaltigen Feinmaterialhorizonte über dem anstehenden Gestein.

4.10. Glatthänge

Die ausgleichende Wirkung dieser flächenhaft sich vollziehenden Massenabwanderung dokumentiert sich an den rezenten und auch subrezentem bis völlig inaktiven *Glatthängen* unserer Alpen. Diese zeigen eine bevorzugte S-, SW-, W- bis NW-Exposition. Zusammen mit den in der Regel viel steileren Karrückwänden der gegen-sinnig exponierten Bergseite bilden sie i. S. von H. SPREITZER ausgeprägte und weit verbreitete asymmetrische Bergrücken. In glazial stark überformten Gebirgs-teilen, insbesondere in Granit- und Gneisgebieten, erscheinen sie den steileren Trogwänden pult- oder dachartig aufgesetzt.

Als Hauptursache der Glättung fand ich entgegen der Auffassung SCHWINNERS nicht so sehr flächenhafte Schneegleitwirkung, sondern vor allem die beträchtliche durchschnittliche *Schneefreiheit während des Winters* infolge Deflation und die da-durch bedingte gesteigerte Einwirkungsmöglichkeit von Frost und Frostwechsel im Zusammenhang mit viel häufiger auftretenden winterlichen Regelationsvorgängen an der Sonn- gegenüber der Schattseite, wobei sich Sonn- und zugleich Wind-exposition gegenseitig günstig beeinflussen. Übereinstimmung besteht mit SCHWINNERS Beobachtungen, wonach alles, was über die windgeglättete Schnee-oberfläche an Glatthängen hinausragt, besonders stark angegriffen und relativ rasch zerstört wird.

Daß die windexponierte Luvseite zugleich auch mit der im Winter öfter ab-tauenden Sonnseite identisch ist, dürfte für die Glatthangbildung ebenfalls von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Glatthänge im Schiefer weisen bedeutend geringere Neigungsverhältnisse auf (8° — 15°) als solche im Granit, Gneis oder auch Kalk (25° — 35°). Über 30° beginnen nackte Glatthangflächen bereits vorzuherrschen. Die Untergrenze rezenter Glatthang-bildung kann in einem groben Durchschnitt bei 2500/2600 m angegeben werden, entscheidend sind aber stets die lokalen orographischen Verhältnisse.

Allgemein liegt diese Untergrenze im grobblockig verwitternden Kristallin etwas tiefer als im Schiefer, im Kalk und Dolomit ist sie nochmals wesentlich tiefer als im grobblockig verwitternden Kristallin. Die Glatthänge sind ganz allgemein mit Annäherung an die wind- und frostexponierten Firstlinien besonders deutlich ausge-bildet. Das sind aber zugleich Standorte, die rein positionsmäßig zumeist über die Eisströme der Hoch- und Späteiszeit hinausgeragt haben konnten. Es ist daher gar nicht auszuschließen, daß viele der heutigen rezenten oder auch schon ruhenden Glatthänge bereits in den Kaltzeiten oder im Spätglazial ihre erste und womöglich sogar entscheidende Formung erfahren haben.

4.11. Hartrinden bzw. Verwitterungsrinden

sind in den untersuchten Gebieten nur selten vertreten. Es hat den Anschein, daß auch sie, ähnlich wie die Blockströme, an die Nachbarschaft inneralpiner Trocken-räume und deren relativ kontinentales Klima gebunden sind.

Bei der Verbreitung von Flechten Innerhalb der periglazialen Höhenstufe hat es sich gezeigt, daß auch ihr Auftreten viel stärker, als bisher bekannt war, von der windbedingten Verteilung der Schneedecke abhängig ist, woraus sich verfeinernde Konsequenzen für ihren Wert als absolutes Chronometer für die Einordnung jüngerer Gletscherstände ergeben.

5. DER HÖHENZONARE FORMENWANDEL MIT ZUNEHMENDER HÖHE UND DIE MÖGLICHKEITEN DER ABGRENZUNG

Als allgemeiner Rahmen kann die Abfolge von

4. *Schnee- und Eisstufe* (Nivalstufe) mit Periglazialflecken,
3. *Fels-/Schuttstufe* (Frostschuttstufe) mit vorwiegend flächenhafter Verbreitung,
2. *Rasenstufe* mit flächen- oder fleckenhafter, vorwiegend gehemmter oder gebundener Solifluktion,
1. *Gehölzstufe* (Wald- und Krummholzstufe) mit natürlichen oder auch vorherrschend quasinatürlichen Periglazialflecken

angesehen werden.

Die grobe Einteilung in vier Hauptgruppen entspricht weitgehend dem „Modell der hypsometrischen (höhenzonalen) Gliederung“ von P. W. HÖLLERMANN (1967), der zwischen 2. und 3. noch einen „Übergangsgürtel“ einschaltet, um der in der Natur tatsächlich vorhandenen tiefen Verzahnung verschiedenster Formenelemente Rechnung zu tragen. Ob es wirklich berechtigt ist, diesen Höhensaum als selbständigen Höhengürtel auszuscheiden, bleibe dahingestellt, da er unter bestimmten Verhältnissen überhaupt nicht vorhanden ist, z. B. im Kalk beim abrupten Übergang von der Krummholz- in die Frostschuttstufe (z. B. Dachstein) oder im Kristallin der Sadniggruppe, wo zwischen den Bereichen der gebundenen und der ungebundenen Solifluktion eine scharfe Grenze besteht und die tatsächliche Durchdringung oft nur wenige Höhenmeter beträgt. Nur im grobblockig verwitternden Kristallin ist ein breiter Verzahnungs- und Durchdringungsraum entwickelt.

Die vier *Hauptstufen* lassen sich auf Grund der vorliegenden Untersuchung in weitere *Teilstufen* gliedern. Die Kriterien dieser Unterteilung sind aber je nach Gesteins- und Relieftyp sehr verschieden. In den Tabellen 1 bis 3 wurde versucht, die einzelnen Teilstufen übersichtlich darzustellen und zu charakterisieren, und zwar nach dem Prinzip, daß jeweils ganz *bestimmte Erscheinungen einsetzen oder aussetzen*. Eine weitgehende und exakt durchführbare Unterteilung ist also auf diese Weise, wie man sieht, durchaus möglich. Bei der Korrelierung mit der höhenzonaren Verbreitung rezent-periglazialer Typformen zeigt sich allerdings, daß eine strenge Zuordnung bestimmter Formen zu bestimmten, eng definierbaren Teilräumen nicht immer möglich ist, weil ja der potentielle Verbreitungsbereich in der Regel viel weiter gespannt ist, die einzelnen Erscheinungen ihr effektives Auftreten aber nur den jeweiligen Standortverhältnissen und nicht einer bestimmten Höhenlage verdanken.

Die hier vorgeschlagene Untergliederung kann nur einen ersten *Versuch* darstellen, eine weitere Verfeinerung ist sicher möglich und auf Grund weiterer detaillierter Untersuchungen anzustreben.

Wie die drei Tabellen, so kann auch Fig. 11 nur einen groben Überblick bieten über den Verlauf der verschiedenen Höhengrenzen in den Untersuchungsgebieten. Die wahren, meist sehr komplexen Verhältnisse lassen sich in so schematisierter Form wohl niemals allseits voll befriedigend zur Darstellung bringen.

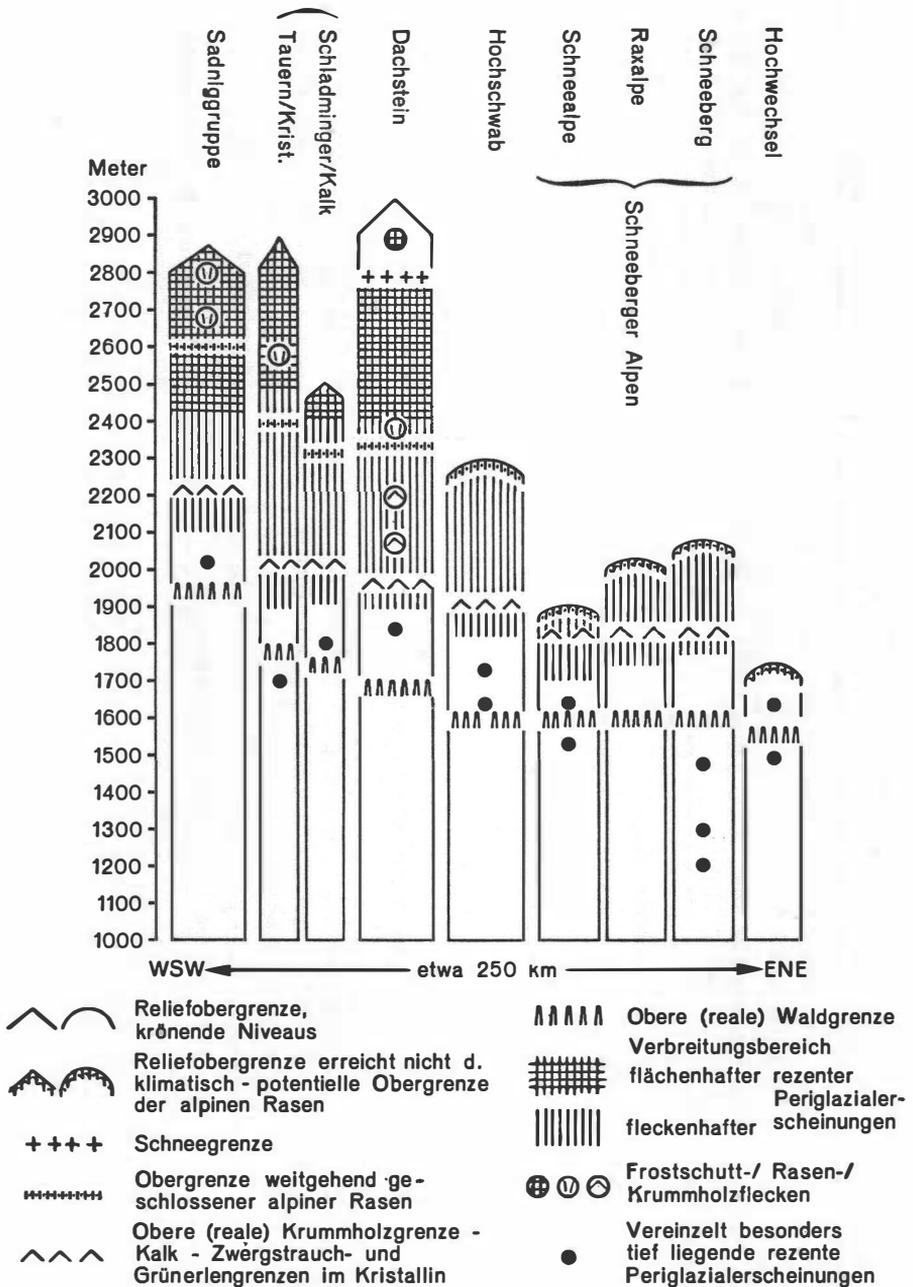


Fig. 11: Höhenstufen und Verbreitungsbereiche rezenter Periglazialerscheinungen in den untersuchten Gebieten

Tabelle 1: Der höhenzonare Formenwandel im KALK und DOLOMIT

Flächenhaft vorherrschend und zusammenhängend:	Charakteristische Merkmale, Einsetzen und Aussetzen von Erscheinungen:	Charakteristische Verbreitung folgender Periglazialerscheinungen:
FIRN und EIS	Firn- und Eisflächen <i>ohne</i> nennenswerte Fels- und Schutt- bzw. Periglazialflecken	Groblockige Frostsprengung, gelegentlich Strukturboden-Kleinformen
	Schnee- und Eisflächen <i>häufig</i> durchbrochen von rezenten Periglazialflecken	Rezente Glatthänge, seichte Wanderschuttdecken, Strukturboden-Groß- und Kleinformen, Pflasterböden, Polygonböden, Kammeissolifluktion
FELS- und SCHUTT-FLÄCHEN, überwiegend vegetationslos	Kahle Fels- und Schuttflächen mit meist perennierenden Schneeflecken, <i>ohne</i> Raseninseln	Wanderschuttdecken, Strukturboden-Groß- und Kleinformen, Rasenschälung
	Kahle Fels- und Schuttflächen <i>mit</i> Raseninseln an den ökologisch günstigsten Orten	Wanderschuttdecken, Strukturboden-Groß- und Kleinformen, Rasenschälung
ALPINE RASEN, zusammenhängend, jedoch kaum flächenhaft dominant	Rasenflächen <i>ohne</i> Krummholzinseln, eingeengt durch deflations- und nivationsbedingten Frostschutt	Rasenschälung, Kammels, Strukturbodenkleinformen, gehemmte Solifluktion aller Art, subrezente Glatthänge
	Rasenflächen <i>mit</i> Krummholzinseln (-ketten, -schnüren) zwischen Deflationsvoll- und Nivationshohlformen.	Rasenschälung, Kammeis, Strukturbodenkleinformen, gehemmte Solifluktion, Auffrierböden, Wanderblöcke
KRUMMHOLZ	Krummholz zwischen kahlschuttreichen Deflationsvoll- und Nivationshohlformen, nur eng begrenzte Raseninseln im Übergangsbereich zwischen beiden	Rasenschälung, Kammeiswirkung, gehemmte Solifluktion (Rasengirlanden) häufig mit sekundären Kleinformen (überwiegend quasinatürliche Erscheinungen)
	Krummholz zwischen Nivationshohlformen mit kaum mehr perennierendem Schnee, bei starkem Zurücktreten der Deflationsvollformen	Nivationswirkung in den schneereichen (Verkarstungs-)Hohlformen
	Wechsel von Krummholzkuppen und Rasenmulden ohne nennenswerte kahle Fels- und Schuttflächen, extrazonale Periglazialflecken	Ausklingen der Nivation talwärts, bergwärts Emporreichen stärkerer anthropogener Einflüsse (Schwendung, Rodung, Beweidung), überwiegend Periglazialflecken
Vorherrschen von Krummholz auf Voll- und auch in Hohlformen		

Entwurf: P. FRITZ 1968

Tabelle 2: Der höhenzonare Formenwandel Im GRANIT und GNEIS

Flächenhaft vorherrschend und zusammenhängend:	Charakteristische Merkmale, Einsetzen und Aussetzen von Erscheinungen:	Charakteristische Verbreitung folgender Periglazialerscheinungen:
FIRN und EIS	Firn- und Eisflächen <i>ohne</i> nennenswerte Fels- und Schutt- bzw. Periglazialflecken	Groblockige Frostsprengung, Blockgrate, Feinmaterialarmut
	Größere Block- und Felsinseln inmitten der Firn- und Eisflächen	Doppelgrate, Glatthänge, Blockhalden, Blockmeere, Wanderschuttdecken
BLOCKSCHUTT und kahler FELS	Blockschutt in Hohl- und an Vollformen, große, meist perennierende Schneeflecken, nur vereinzelt Raseninseln	Blockgrate, Doppelgrate, Glatthänge, rezente Wanderschuttdecken, Blockhalden und -meere, Pflasterböden, Blockströme, Schneeschuttwälle, Wanderblöcke und Staublöcke, Lawinerrammlöcke, Blockmulden, Blockinseln
	Übergreifen des Blockschuttetes von den Hohl- auf die Vollformen, größere Raseninseln vor allem an den Vollformen, Zurücktreten der Schneeflecken, vereinzelt Kantenrundung der Blöcke nach vorübergehend subkutaner Verwitterung	
ALPINE RASEN	Gerade noch Vorherrschen der zusammenhängenden Rasenflächen höhenwärts, blockreiche Hohlformen, vereinzelt Blockstreu auch an konvexen Relieftteilen, <i>keine</i> Gehölzflecken	Subrezente bis inaktive Glatthänge, ebensolche Blockhalden und Blockmeere mit weitgehender Flechtenbedeckung, Blockinseln und -rinnen, Wanderblöcke
	Flächenmäßiges Dominieren der alpinen Rasen mit eingelagerten, isolierten Blockmulden und Blockrinnen, Grünerlen und Waldflecken	
ALPINE ZWERGSTRÄUCHER, GRÜNERLE oder KRUMMHOLZ und WALD	Raseninseln oder auch völlig mit Flechten überzogene inaktive Blockmeere und Blockinseln innerhalb der Gehölzstufe	talwärts allmähliches Ausklingen obiger Erscheinungen
	Weitgehendes Vorherrschen der Wald-, Grünerlen- oder Krummholzbedeckung <i>ohne</i> nennenswertes Zutagetreten von Fels oder Blockschutt	

Entwurf: P. FRITZ 1968

Tabelle 3: Der höhenzonare Formenwandel in SCHIEFERGEBIETEN

Flächenhaft vorherrschend und zusammenhängend:	Charakteristische Merkmale, Einsetzen und Aussetzen von Erscheinungen:	Charakteristische Verbreitung folgender Periglazialerscheinungen:
FIRN und EIS	Firn- und Eisflächen <i>ohne</i> nennenswerte Fels- und Schutt- bzw. Periglazialflecken	Feinmaterialarme Grate, Doppelgrate und Felshänge
	Größere Fels- und Schuttinseln inmitten von Fels- und Eisflächen	Doppelgrate, seichte Wanderschuttdecken, ungebundene Solifluktion
Vegetationslose oder vegetationsarme FELS- und SCHUTTFLÄCHEN	Fels- und Schuttflächen mit großen, meist perennierenden Schneeflecken und vereinzelt Rasenflecken	Rezente Glatthänge mit überwiegend vegetationslosen mächtigen rezenten Wanderschuttdecken, Schneeschuttwälle, Blockströme, Doppelgrate, Staublöcke, Pflasterböden, <i>ungebundene</i> Solifluktion
	Kahle Schuttflächen mit bergwärts auslaufenden Rasenstreifen und Rasenflecken	
<i>scharfe Grenze</i>		
ALPINE RASEN	Weitestgehende Rasenbedeckung, flächenhafte Verbreitung des überwiegend solifluidalen natürlichen Mikroreliefs	<i>Gebundene</i> Solifluktion, vereinzelt Herabgreifen von Schuttstreifen, Rasenloben-Groß- und Kleinformen, Bünten, Wanderblöcke, inaktive Blockströme, Pflasterböden und Pflastersohlentälchen, Überwiegen der Rasenloben-Kleinformen, vereinzelt quasinatürliche Formen
	Rasenflächen ohne Bergmähder, noch innige Verflechtung von Rasenloben-Groß- und Kleinformen, vereinzelt stark solifluidal umgeprägte Viehgangeln	
	<i>natürliche Solifluktionsuntergrenze</i>	
ALPINE ZWERGSTRÄUCHER und WALD	Innerhalb der Bergmähder zeigen die Rasenflächen kein solifluidales Kleinrelief, außerhalb hingegen noch dichtes, überwiegend quasinatürliches solifluidales Mikrorelief	Inaktive Schutthalden, vereinzelt Bünten, Wanderblöcke, vorwiegend quasinatürliche Rasenloben-Kleinformen
	Rasenflächen häufig als Bergmähder umzäunt, jedoch kein nennenswertes solifluidales Kleinrelief beiderseits des Zaunes	Vereinzelt Inaktive Wanderblöcke und durch Beweidung ausgelöste oder begünstigte solifluidale Kleinformen, talwärtiges Ausklingen der quasinatürlichen Formen

Entwurf: P. FRITZ 1968

6. BEMERKUNGEN ZUM SCHRIFTTUM UND SCHRIFTTUMSVERZEICHNIS

Das Schrifttum zum rezent-periglazialen Formenschatz ist weltweit in den letzten Jahren enorm angewachsen und kaum mehr überblickbar. Eine verlässliche Zusammenfassung der „älteren Literatur“ gab C. TROLL in seiner epochalen Arbeit (1944). Für die Alpen wurde dieser Fragenkreis nach dem 2. Weltkrieg von H. POSER (1954) neuerlich aufgegriffen. Sein Schülerkreis, aber auch zahlreiche andere Autoren waren in den vergangenen Jahren immer wieder bemüht, mit einem oft recht umfangreichen Schrifttumsverzeichnis ihre Arbeiten abzustützen, insbesondere wenn es sich um Dissertationen oder Habilitationsschriften handelt. Solche Arbeiten ermöglichen daher in der Regel einen raschen Zugriff auch zum neueren Schrifttum, wie beispielsweise E. DÜRR (1970), P. FRITZ (1969), G. FURRER (1954, 1955, 1959, 1965 a, b, 1970) und sein Schülerkreis, wie K. J. GRAF (1971) und R. FREUND (1972), ferner J. HAGEDORN (1969), P. W. HÖLLERMANN (1964, 1967), H. KARRASCH (1974), D. KELLETAT (1969, 1970), H. STINGL (1969, 1970), G. VORNDRAK (1972), E. VORNDRAK (1969).

Bei Nennung dieser wenigen Arbeiten der letzten Zeit setzt sich der Verfasser möglicherweise dem Vorwurf ungerechtfertigter Willkür aus, es sollte damit allerdings auch keine Wertung verbunden sein, sondern lediglich auf einem vielleicht unkonventionellen Weg aufgezeigt werden, wie man rasch zum gewünschten Gesamtschrifttum gelangen kann.

Das folgende Literaturverzeichnis führt also hauptsächlich Arbeiten an, die

- a) unmittelbar im Text genannt wurden,
- b) als Schlüssel-literatur im obigen Sinne gelten können,
- c) jüngere Arbeiten, die auch bei der Schlüssel-literatur kaum noch verzeichnet sind.

- BODEL J., 1963. Klima-genetische Geomorphologie. Geographische Rundschau: 269—286.
- , 1969. Das System der klima-genetischen Geomorphologie. Erdkunde 23: 165—183.
- , 1971. Das natürliche System der Geomorphologie. Würzburger Geogr. Arb. 34.
- BAEDEKER D., 1922. Beiträge zur Morphologie der Gruppe der Schneeberger Alpen. Geographischer Jahresbericht aus Österreich 12: 5—100.
- DORIGO G., 1971. Die Solifluktionsgrenze in den Alpen. Geograph. Helvetica 26: 140—141.
- DÖRR E., 1970. Kalkalpine Sturzhalden und Sturzschuttbildung in den westlichen Dolomiten. Tübinger Geographische Studien 37.
- FREUND R., 1972. Vergleichende Betrachtung von Kleinformen der Solifluktion im Raume Mittelbündens (Schweiz), auf West-Spitzbergen und am Killmandjaro. Diss., Phil. Fak. II, Univ. Zürich.
- FRITZ P., 1969. Vergleichende Untersuchung der rezenten periglazialen Region im Kristallin und Kalk der Ostalpen (Schneeberger Alpen, Hochschwab, Dachstein, Hochwechsel, Schladminger Tauern, Sadinggruppe). IX und 406 S., 26 Textfig., 6 Karten, 3 Tabellen im Textband; 300 Abb. mit Begleittext im Bildband. Diss., Phil. Fak., Univ. Wien (Schreibmaschinenmanuskript).
- FURRER G., 1954. Solifluktionsformen im Schweizerischen Nationalpark. Inaug.-Diss. Zürich. Ergebnisse der wiss. Untersuchungen des Schweizerischen Nationalparks IV, 29, S. 200—275.
- , 1965. Die Höhenlage der subnivalen Bodenformen, untersucht in den Bündner und Walliser Alpen und verglichen mit den Verhältnissen im oberen Brätdo- und Blafatal (Karakorum). Habilitationsschrift Zürich, 78 S.
- und P. FITZE, 1970. Die Höhenlage von Solifluktionsformen und der Schneegrenze in Graubünden. Geograph. Helvetica 25/1: 153—159.
- GRAF K. J., 1971. Beiträge zur Solifluktion der Bündner Alpen (Schweiz) und in den Anden Perus und Boliviens. Diss., Phil. Fak. II, Univ. Zürich.
- HAGEDORN J., 1969. Beiträge zur Quartär-morphologie griechischer Hochgebirge. Göttinger Geogr. Abh. Heft 50, 135 S.
- HARD G., 1964. Nocheinmal: „Erdkegel“, Ergänzungen zu den Beobachtungen von G. SELTZER 1959. Eiszeltalter und Gegenwart 15: 102—107.
- HÖLLERMANN P. W., 1967. Zur Verbreitung rezenter periglazialer Kleinformen in den Pyrenäen und Ostalpen. Göttinger Geogr. Abh. 40, 198 S.
- , 1975. Probleme der rezenten geomorphologischen Höhenstufung im Rahmen einer vergleichenden Hochgebirgsgeographie. Vortrag, gehalten im Rahmen des 40. Deutschen Geographentages Innsbruck 1975, am 20. Mai 1975.
- KARRASCH H., 1974. Probleme der periglazialen Höhenstufe in den Alpen. Heidelberger Geographische Arbeiten 40, Hans-GRAUL-Festschrift: 15—29.
- KELLETAT D., 1969. Verbreitung und Vergesellschaftung rezenter Periglazialerscheinungen im Apennin. Göttinger Geogr. Abh. 48, 114 S.
- , 1970. Rezente Periglazialerscheinungen im Schottischen Hochland. Göttinger Geogr. Abh. 51: 67—140.
- KURZ W., 1963. Die Landformung der Kalkalpen an der oberen Müz. Geogr. Jahresbericht aus Österreich 29: 1—39.
- LAUSCHER F., 1946. Langjährige Durchschnittswerte für Frost und Frostwechsel in Oster-

- reich. Jahrb. der Zentralanst. f. Meteorologie und Geodynamik (Wien) N. F. 83: D 18—30.
- MORTENSEN H., 1954/55. Die „quasinatürliche“ Oberflächenformung als Forschungsproblem. Wiss. Zeitschr. d. Ernst-Moritz-Arndt-Univ. Greifswald 4 (MAGER-Festschrift): 625—628.
- POSER H., 1954. Die Periglazial-Erscheinungen in der Umgebung der Gletscher des Zemmgrundes. Göttinger Geograph. Abh. 15, II: 125—180.
- SCHENK E., 1955. Die Mechanik der periglazialen Strukturböden. Abh. d. Hessischen Landesamtes f. Bodenforschung 13, 92 S.
- SELZER G., 1959. „Erdkegel“ als heutige Frostbodenbildungen an Rutschhängen des Saarländes. Eiszeitalter und Gegenwart 10: 217—223.
- SPREITZER H., 1960. Hangformung und Asymmetrie der Bergrücken in den Alpen und im Taurus. Zeitschr. f. Geomorphologie N. F. Suppl. Bd. 1: 211—236.
- STINGL H., 1969. Ein periglazialmorphologisches Nord-Süd-Profil durch die Ostalpen. Göttinger Geogr. Abh. 49, 115 S.
- , 1971. Zur Verteilung von Groß- und Miniaturformen von Strukturböden in den Ostalpen. Nachr. d. Akad. d. Wiss. in Göttingen, II. Math.-Physikal. Klasse Nr. 2: 25—40.
- TROLL K., 1944. Strukturböden, Solifluktion und Frostklimate der Erde, Geologische Rundsch. 34: 545—694.
- VORNDRAN E., 1969. Untersuchungen über Schuttentstehung und Ablagerungsformen in der Hochregion der Silvretta (Ostalpen). Schriften d. Geogr. Inst. d. Univ. Kiel 29, 3, 138 S.
- VORNDRAN G., 1972. Kryopedologische Untersuchungen mit Hilfe von Bodentemperaturmessungen (an einem zonalen Strukturboden-vorkommen in der Silvretta). Münchener Geogr. Abh. 6, 70 S.
- WASHBURN A. L., 1973. Periglacial processes and environments. London, 320 S.

7. VERZEICHNIS UND ERLÄUTERUNG DER BILDER

Bild 1:

Raxalpe, Blick vom Weißenkogel nach SW auf Preinerwand (1783 m), rechts im Hintergrund die Heukuppe (2007 m). Aufn.: P. FRITZ 5. 3. 1965.

Bild 2:

Vergleichsaufnahme P. FRITZ 23. 9. 1965. Auf beiden Bildern erkennt man von rechts nach links folgende typische Abfolge, die hauptsächlich durch die windbedingte Schneedeckenverteilung verursacht wird:

1. Krummholzbereich mit „Normalhöhe“ der winterlichen Schneedecke.
2. Abgefegte, krummholzfreie und rasenarme Luvhänge in NW-Exposition.
3. Schmales, aber prägnant durchziehendes Krummholzband im Übergangsbereich zwischen 2. und 4.
4. Viele Meter mächtiger Schneewächtenkell im Lee. Er verhindert Aufkommen von Krummholz und fördert durch Schmelzrieselwässer die Verkarstung, Nivationsdolinen.
5. Krummholzbereich (wie 1.).
6. Deflationskuppen (wie 2.).

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß in dieser Höhenlage das zusammenhängende Element die Krummholzverbreitung ist. Deflationsvoll- und Nivationshöhlenformen sind hier inselhaft isolierte Elemente.

Bild 3:

Raxalpe, rezente Rasenschälung zwischen Neuer Seehütte und Preinerwand (1740 m), Wettersteinkalk, Blickrichtung Süd. Aufn.: P. FRITZ 28. 5. 1964.

Durch lokal besonders heftige Windwirkung, Kammels und auch erosive Eiswirkung (beim Gefrieren von Schmelz- und Niederschlagswasser) wird die bis 30 cm mächtige Bodendecke abgetragen und nicht mehr neu gebildet. Auftauvorgänge (Frostsortierung) und Auswehung des Feinmaterials führen zur Bildung eines windresistenten Schutzpanzers, der bald vor weiterer Abtragung schützt und vereinzelt eine sekundäre Wiederbesiedelung durch Carex firma aufweisen kann.

Vergleichende Beobachtungen über mehrere Jahre ergaben Abtragungsbeträge von wenigen Millimetern pro Jahr.

Bild 4:

Hochschwab, Blick nach SE über die Hirschgrube (1862 m) zum NW-Hang des Zinken (1926 m). Aufn.: P. FRITZ 21. 7. 1966.

Typische Abfolge am Kuppenrelief der Raxformengruppe: Deflationsvollform mit streifenhafter Rasenschälung in Luvlage, Nivationshöhlenform mit Schneerest, dazwischen „neutraler“ Hangteil mit Krummholzinselform und regelmäßig schützender, aber nicht allzu mächtiger Schneedecke. In dieser Höhenlage bilden die alpinen Rasenflächen das zusammenhängende Element.

Im Vordergrund typische luvseitig abgestorbene Krummholzinselform, die sich leeseitig aber noch weiter ausbreitet.

Bild 5:

Schneealpe, oberhalb der Hasensteinwand nördl. Dürrkogel (1720—1730 m), Dolomit, Blickrichtung NE, Hauptwindrichtung von links nach rechts. Aufn.: P. FRITZ 17. 10. 1966.

Die Rasengirlanden (Leegirlanden) gruppieren sich parabelförmig um zwei flache Kuppenzentren. Der soliflukdale Charakter ist eindeutig. Der Standort trägt im Winter infolge heftiger Deflation regelmäßig keine schützende Schneedecke und ist relativ hoher Frostwechselwirkung ausgesetzt. In den kleinsten dolinenhaften Höhlenformen liegen geschlossene Rasen- oder Krummholzinselformen. Das Gelände war seit Jahrhunderten bis in jüngste Vergangenheit bewaldet. Die Initialformen gehen mit Sicherheit auf Bewaldung (Viehhängeln) zurück, die bis unter die Krummholzinselformen verfolgt werden können, welche sich derzeit, nach Aussetzen der Beweidung, stark ausbreiten.

Bild 6:

Detallaufnahme aus dem in Bild 5 beschriebenen Areal. Aufn.: P. FRITZ 30. 5. 1964.

Die solifluktionshemmende Wirkung der alpinen Rasen ist gut sichtbar (gehemmte Solifluktion). Vereinzelt frisch aufgefrorene Feinerdeknospen können sich zu Strukturboden-Kleinformen weiterentwickeln. Auch windgestreifte Auffrierverbände sind häufig zu beobachten. Der Solifluktionvorgang dürfte episodisch-ruckweise vor sich gehen, da an diesen Formen oft jahrelange keine Veränderungen festgestellt werden konnten, sie dann aber plötz-



Bild 1: Winteraufnahme, Bild 2: Sommeraufnahme (Raxalpe 1700 m):
Deflationsvollformen und Nivationshohlformen





Bild 3: Rezente Rasenschälung (Raxalpe 1740 m)

Bild 4: Deflationsvollformen (mit rezenter Rasenschälung) und Nivationshohlform (Hochschwab 1900 m)



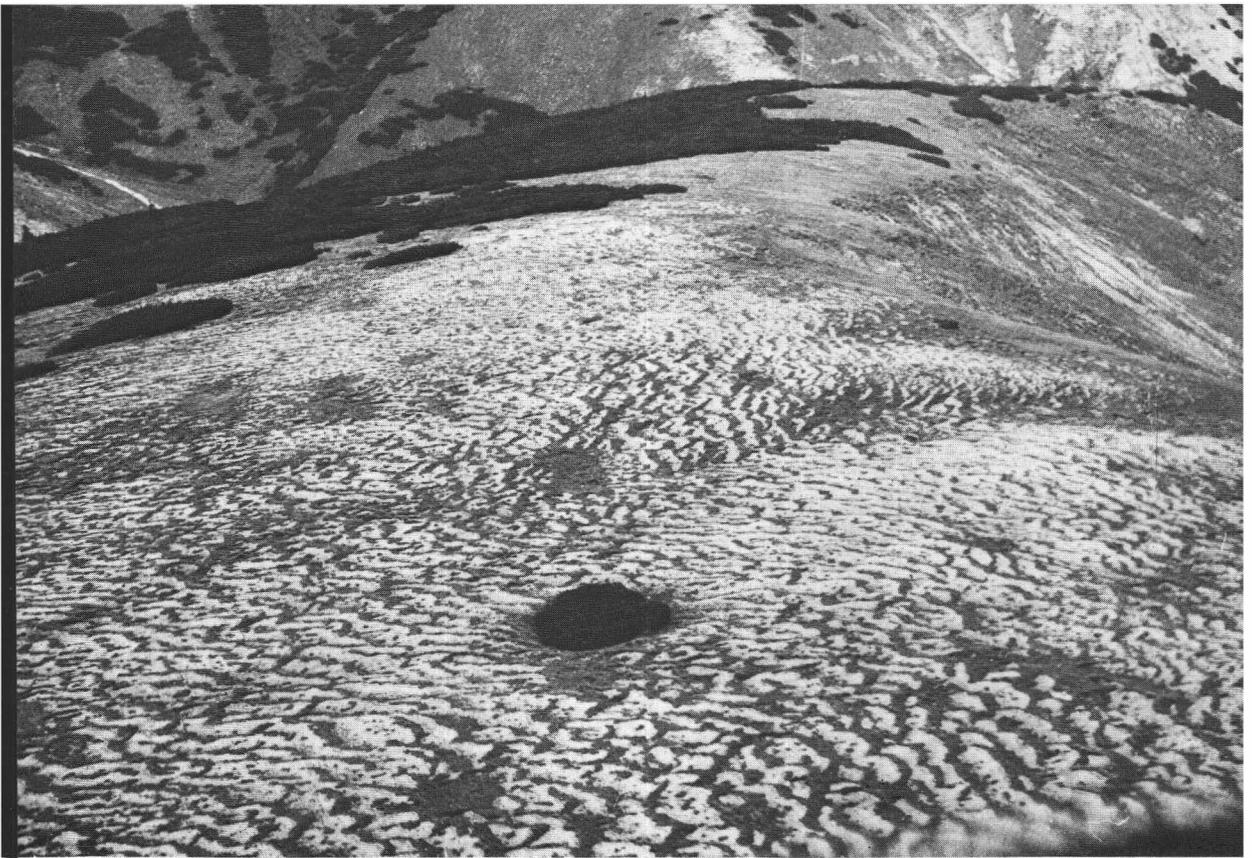


Bild 5: Rasengirlanden (Leegirlanden) im Dolomit (Schneealpe 1720 m)

Bild 6: Rasengirlande (Leegirlande) (Standort wie Bild 5)



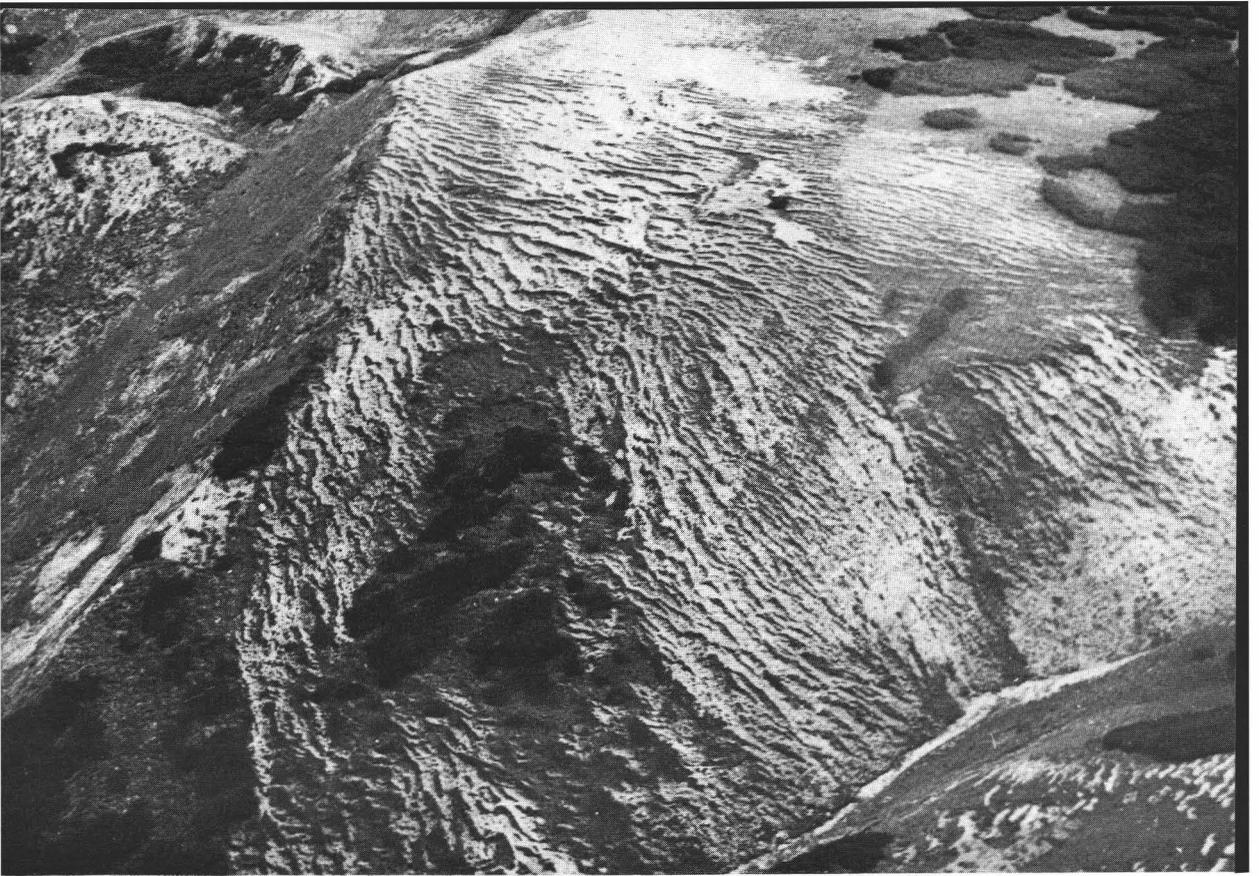


Bild 7: Diagonale Rasenstreifen (Diagonalgirlanden) bei tangierender Hauptwindrichtung (Schneealpe 1700 m)

Bild 8: Deflationssattel in den Radstädter Tauern (Windsfeld 2120 m)





Bild 9: Raxalpe 1700 m bis 1900 m

Bild 10: Hochschwab, Plateaurand 2040 m

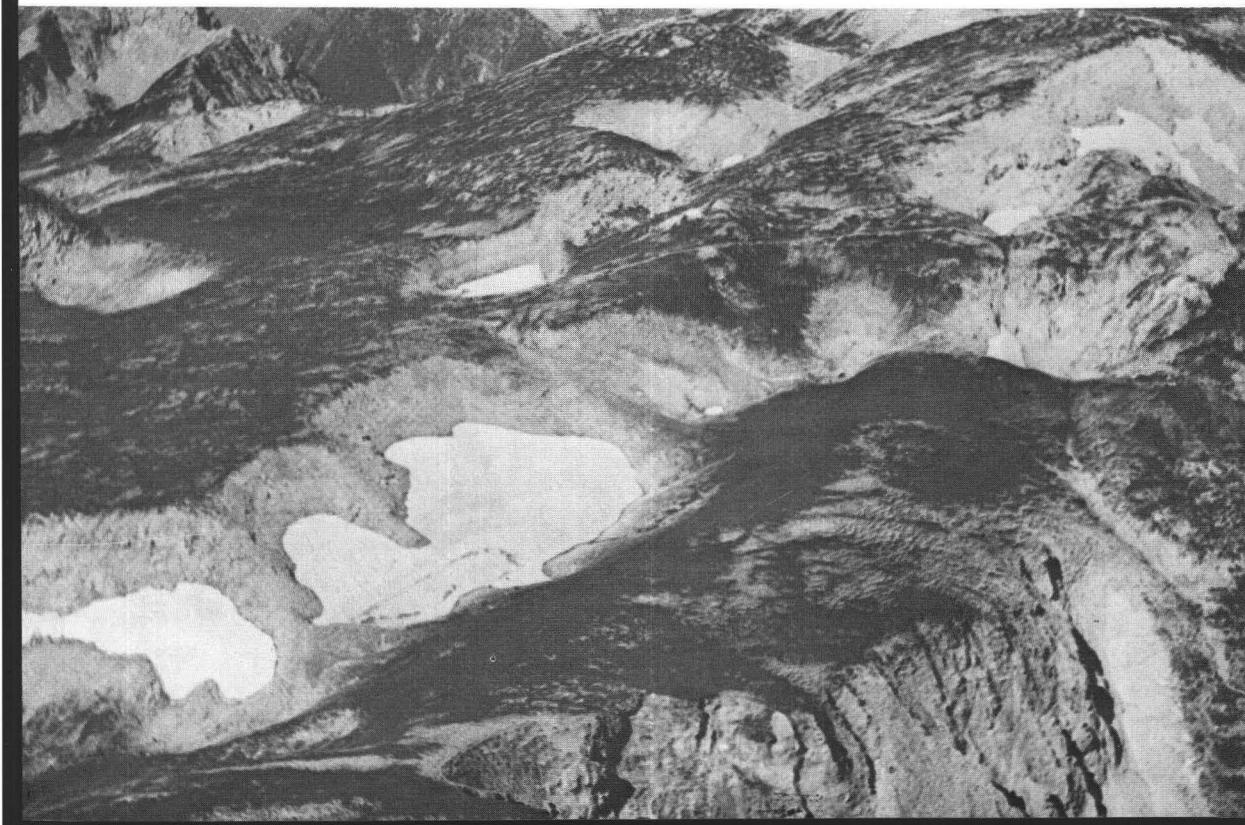




Bild 11: Rasenwälzen durch Schneedruck (Niedere Tauern 2100 m)

Bild 12: Bültenboden (Schneealpe 1780 m)





Bild 13: Reihengrat, luvseitige Rasenschälung, Solifluktion mit Hangglättung, Schiefer, dahinter Altkristallin (Sadniggruppe 2460 m)

Bild 14: Windprallhang, rezente Verwitterung und solifluidale Abwanderung (Sadniggruppe 2550 m)





Bild 15: Wanderschuttdecke im Kalkglimmerschiefer (Sadniggruppe 2714 m)

Bild 16: Wanderschuttdecke im Zentralgneis der Reichenspitzgruppe (2600 m)



lich nicht mehr zu finden waren. Der windresistente Schuttpanzer wird oft von sekundärer Pioniervegetation nach und nach eingenommen.

Bild 7:

Schneealpe, nahe dem östl. Plateaurand nördl. Schauerkogelhaus in 1700—1720 m, Blickrichtung Süd, Hauptwindrichtung von rechts unten nach links oben. Aufn.: P. FRITZ 17. 10. 1966.

Der Hang (Dolomit) wird von der Hauptwindrichtung tangierend erfaßt. Am flacheren Hangteil (oben) erstrecken sich die girlandenhaften Rasenstreifen mehr in der Hauptwindrichtung, bei zunehmender Hangneigung mehr gegen die Falllinie zu, also im Winkel zwischen Hauptwindrichtung und Gefällsrichtung!

Bild 8:

Radstädter Tauern, Windsfeld (2120 m), Blick nach N zum Höllkogel. Aufn.: P. FRITZ 31. 8. 1965.

Das Windsfeld ist als typischer Deflations-sattel starker winterlicher Abblasung und Frost-einwirkung ausgesetzt. Kleinräumiger Gesteinswechsel hat unterschiedliche rezent-periglaziale Typformen zur Folge: Im Dolomit des Vordergrundes erkennt man typische Rasengirlanden, im Hintergrund sind über dem Lantschfeld-Quarzit Rasenloben-Großformen verbreitet, die für schleifrige Gesteine kennzeichnend sind.

Bild 9:

Raxalpe, Blickrichtung ENE über die Taupenalp (1675 m) zum Trlnksteinsattel (1850 m). Aufn.: H. HELFERSTORFER 22. 6. 1963.

Innerhalb der Krummholzstufe erkennt man geschwendete Weldeflächen und Viehtriebwege im Verband mit Almen, die derzeit nicht mehr bestoßen werden. Das Weidegelände wird daher in Form kleiner und kleinster Inseln vom Krummholz nach und nach zurückerobert, während an den windexponierten Deflationskuppen und Luvhängen rezent-periglaziale Abtragung (hier Verkarstung) weiter um sich greift, welche durch die frühere Beweidung zumindest beschleunigend initiiert, wenn nicht überhaupt ausgelöst wurde (quasinatürliche Formen i. S. von MORTENSEN).

Typischer Wechsel von Deflationsvollformen, „neutralen“ Geländeteilen und Nivationshohlformen (hier an Störungslinien gebunden).

Bild 10:

Hochschwab, nahe südl. Plateaurand, „Knope-ter Speikboden“ (2040 m), Blickrichtung NE. Aufn.: P. FRITZ 17. 10. 1966.

Das zusammenhängende Element sind gerade noch die alpinen Rasen, welche von den Nivationshohlformen (Schneedolinien) mehr und mehr eingeengt werden, während an konvexen, wind- und forstexponierten Geländeteilen, vor allem nahe dem Plateaurand, rezente Rasengirlanden und Rasenstreifen verbreitet sind (Deflationskuppen und -kanten).

Bild 11:

Schladinger Tauern, Südhang des Zwiesling (2100 m). Aufn.: P. FRITZ 21. 7. 1965.

Tiefgreifende Zerstörung der Rasen- und Bodendecke durch flächenhaftes Schneegleiten unter Ausbildung von Rasenwalzen und Schneeschubwällen. Natürliche Initialformen für weitere Eingreifen rezent-periglazialer Abtragungsprozesse.

Bild 12:

Schneealpe, Blick von NW auf Karstmuldenboden „Knopperrwiese“ (1780 m), Aufn.: P. FRITZ 17. 10. 1966.

Gerade aus größerer Entfernung erkennt man die klare Häufung der Rasenhügel (Bülten) entlang des Weges (ehem. Weideweg), der kürzeste Verbindung zwischen Schneealpe und der heute nicht mehr bestoßenen Grasboden-Alm. Ähnliche Erscheinungen auf den Karstmuldenböden der „Raxlandschaft“ sind im Verband mit heute meist aufgelassenen Almen sehr häufig zu beobachten. Kein Zusammenhang mit der Hauptwindrichtung!

Bild 13:

Sadniggruppe, Blick von NE auf das Göritzer Törl (2463 m) und den Mohar (2604 m). Vordergrund permotriassische Phyllite, darüber grobblockiger Quarzit und Kalkmarmor des Sadnig-Allkristallins. Aufn.: P. FRITZ 15. 8. 1965.

Links vorne Deflationskante mit Rasenschälung, Mittelgrund Reihengrat mit luvseitiger Rasenschälung und Übergang von freier in gebundene Solifluktion (Rasenloben), dahinter Blockhalden und Blockmeere, die bis zur Kamm- und Gipfellinie durchgreifen.

Bild 14:

Sadniggruppe, westexponierter Windprallhang in 2520—2560 m, SW der Kluidscharte, Schwarzphyllit. Aufn.: P. FRITZ 15. 8. 1965.

Das (im Winter beobachtete) Fehlen einer schützenden Schneedecke bewirkt augenscheinlich eine verstärkte Frostschuttaufbereitung und -abwanderung in Form großer Zungen (Schuttloben), auf denen es im unteren Zungenteil — sekundär aufsitzend — zur Ausbildung von Rasengirlanden kommt (Deflationsattel).

Bild 15:

Sadniggruppe, Wanderschuttdecke mit mächtiger Solifluktionszunge im Butzentörl 2714 m, 10°-geneigter SSW-Hang, Kalkglimmerschiefer, darauf Prasinitplatten. Aufn.: P. FRITZ 12. 8. 1965.

Bei der solifluidalen Abwanderung werden die auf dem Verwitterungsprodukt der Kalkglimmerschiefer schwimmenden Prasinitplatten entlang des Zungenrandes förmlich aufgeblättert, hochkantgestellt, umgedreht und anschließend überwälzt und begraben. Gesteinsbedingt hochrelieflende Rasendecke!

Bild 16:

Reichenspitzzgruppe, typische Wanderschuttdecke im Zentralgneis, E-Hang des Windbachtals in 2600 m. Aufn.: P. FRITZ 21. 8. 1964.

Gesteinsbedingte sehr grobblockige Form von rezenten Wanderschuttdecken, die häufig aus Moränenständen des Vorstoßes von 1850 hervorgehen, wo noch genügend gut durchfeuchtetes Feinmaterial vorhanden ist, in welchem die größeren Schuttbrocken „schwimmen“. Am Außenrand größerer Schuttungen werden größere Blöcke „ausgestoßen“ und bogenförmig abgelagert, wobei sie eine bremsende Wirkung ausüben, während das feinmaterialreichere Zungenzentrum nachdrängt.

Der rezente, mobile Wanderschutt bewirkt Abschleifung und Hangglättung an den konvex hervortretenden Hangteilen, während Hohlformen jeder Art ausgefüllt und ausgeglichen werden.