

JOCH - 70

1970

VERÖFFENTLICHUNGEN DER UNIVERSITÄT INNSBRUCK

46

Alpin-Biologische Studien

geleitet von H. Janetschek und H. Pitschmann

II

Maren Jochimsen

Die Vegetationsentwicklung auf Moränenböden in Abhängigkeit
von einigen Umweltfaktoren



Herausgeber
Universität Innsbruck

**Alpine Forschungsstelle Georgsgurg
der Universität Innsbruck**
810 - 754
VERÖFFENTLICHUNGEN DER UNIVERSITÄT INNSBRUCK

46

ALPIN-BIOLOGISCHE STUDIEN

**Aus dem Institut für Zoologie und dem Institut für Systematische Botanik
und Geobotanik**

Geleitet von Hans J a n e t s c h e k und Hans P i t s c h m a n n

II

Maren Jochimsen

**Die Vegetationsentwicklung auf Moränenböden in Abhängigkeit
von einigen Umweltfaktoren**

1970

**Im Kommissionsverlag der
Österreichischen Kommissionsbuchhandlung
Innsbruck**

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten

© 1970, Universität Innsbruck

**Herstellung:
IBM-Composersatz – Werner Heine**

druck leitner innsbruck

EINLEITUNG

In den Gletschervorfeldern entsteht durch den Rückzug des Eises immer wieder Neuland, das alsbald von der Vegetation in Besitz genommen wird. Da die extreme Lage die Zahl der siedlungsfähigen Arten einschränkt und die Sukzession hemmt, ergibt sich hier die Möglichkeit, die Auseinanderfolge einfacher Pflanzengemeinschaften und ihre Abhängigkeit von den Umweltfaktoren kennenzulernen.

Die ersten Beobachtungen über die Florula der Moränenböden stammen vom Anfang des 19. Jahrhunderts. Aber sowohl in diesen als auch in späteren Arbeiten (s. Literatur) überwiegt die rein beschreibende, floristische Vegetationsanalyse; die ökologische Betrachtung bleibt meist auf kleine Hinweise beschränkt (Ausnahme LÜDI, 1958).

Arbeitsmethoden

Die pflanzliche Besiedlung des Gletschervorfeldes erreicht nur in seltenen, günstigen Fällen einen Deckungsgrad von 100 %. Die allgemein übliche Methode, die Artmächtigkeit zu schätzen, liefert unter diesen Umständen keine befriedigenden Ergebnisse, da meistens nur die niedrigsten Werte der Skala in Betracht kommen. Der unterschiedliche Mengenanteil der einzelnen Arten bliebe auf diese Weise unberücksichtigt. Er ist jedoch entscheidend für die Erfassung des Besiedlungsvorganges. Auch die Notierung der Soziabilität würde keine Abhilfe schaffen. Manche Arten, die einen vergleichsweise höheren Deckungswert erreichen, müssen deshalb nicht gleich horst- oder truppweise auftreten. Um wirklich einen Einblick in das zönotische Geschehen zu bekommen, war eine andere Schätzungsmethode notwendig. Bei ihr dient nicht die Fläche (als Richteinheit galt der Quadratmeter) sondern die Vegetation selbst als Bezugsmaßstab. Sie erhielt in jedem Fall, ob sie aus 5 oder 20 Pflanzen bestand, den Wert 100 zugeteilt. Anschließend wurde der prozentuale Anteil der einzelnen Arten geschätzt (s. a. JOCHIMSEN, 1963).

Anteil an der vorhandenen Vegetation

70 %	5
50 %	4
30 %	3
auffallend vorhanden	2
mehrmals vorhanden	1
vorhanden	+

(! bedeutet mehr als der angegebene Richtwert)

Es mußte in diesem Fall darauf verzichtet werden, daß sich die Aufnahmen in der vorliegenden Form gleichzeitig für übergeordnete soziologische Studien verwenden lassen. Aber die Analyse hat sich, wie auch BRAUN-BLANQUET (1964, S. 23) sagt, in erster Linie nach dem verfolgten Ziel zu richten. Die auf Grund dieser Untersuchung erarbeiteten Pflanzengemeinschaften gelten vorerst als ranglose Vergesellschaftungen. In welcher Weise sie in das pflanzensoziologische System einzuordnen sind, bleibt späteren Ausführungen vorbehalten. Die in den Aufnahmen erscheinenden Arten (Nomenklatur nach EHRENDORFER: "Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas") geben kein lückenloses Bild von der Flora des Gebietes.

Arbeitsgebiet

Die in den Vegetationsperioden 1958–1963 untersuchten Gletschervorfelder (Gaisberg- und Rotmoosferner) liegen im Ötztal bei Obergurgl/Tirol auf einer Höhe zwischen 2300 und 2450 m ü.M. im Bereich der Grasheiden. Das Grundgestein besteht aus leicht verwitternden Schiefergneisen (Biotitplagioklasgneise), in die die Gesteine des Schneebergzuges (Granatglimmerschiefer mit Hornblendezügen und Marmoreinschlüssen) eingeschaltet sind. Auch in den ältesten Abschnitten der Vorfelder ist die Bodenbildung noch nicht so weit fortgeschritten, daß man einwandfrei einen A- und C-Horizont unterscheiden kann. Die Analyse von Bodenproben brachte keine aufschlußreichen Ergebnisse (JOCHIMSEN, 1961).

HAUPTTEIL

I. Entwicklung der Standortsverhältnisse

Die meist graue Eintönigkeit des jungen Gletschervorfeldes verleitet sehr leicht dazu, für das gesamte Gelände die gleichen Standortsbedingungen anzunehmen. Dies trifft jedoch nicht zu. Im soeben vom Eis freigewordenen Neuland kann man zwei (primäre) Standorte unterscheiden:

- a) die Grundmoräne mit ihrem gemischten Schutt, der sowohl Feinsand als auch große Steine enthält und
- b) die blockigen Moränenwälle.

Die Grundmoräne bietet demnach einen günstigeren Siedlungsraum als Moränenwälle oder grobe Schotterrücken. Es muß jedoch der Unterschied zwischen Seiten- und Endmoräne beachtet werden, da sie verschiedenen Einflüssen unterliegen. Während die Endmoräne meistens völlig isoliert im Vorfeld steht, lehnt sich die Seitenmoräne häufig an den Talhang an oder befindet sich doch nur wenig von ihm entfernt. Das am Hang ablaufende Regenwasser, die Bäche, Erdabrisse und Lawinen überformen sie. Die Unebenheiten werden schneller ausgeglichen und Feinmaterial, sei es nun Bodenkrume oder Schwemmsand, abgelagert. Abgesehen von dem größeren Angebot an Samen und Keimlingen, teilweise sogar ganzen Rasenwalzen, die mit den Muren herunterkommen, ist auch die Wasserversorgung weitaus günstiger. Dieser Unterschied wirkt sich bereits auf die Besiedlung aus.

Die Überformung der primären Standorte erfolgt durch Erosion, Überschüttung oder bloße Überrieselung, wobei für die Vegetationsentwicklung entscheidend wird, ob der Einfluß dieser Faktoren dauernd anhält, Schwankungen unterliegt oder überhaupt aufhört. Die genannten Kräfte beginnen ziemlich früh an dem jungen Boden zu arbeiten. Bäche "schneiden" sich ein und gliedern die Schuttfläche in Rücken und Senken. So werden feuchte und trockene Standorte voneinander getrennt. Selbst wenn das Wasser in unmittelbarer Nähe eines Riedels fließt, bleibt dieser in seinen oberen Partien trocken, weil die Feuchtigkeit durch die fehlende kapillare Saugkraft im groben Schutt nicht aufsteigen kann. Die sich daraus ergebende Trockenheit der Rücken wird jedoch durch die

Art des Schuttes modifiziert. Feinsand und Blockschutt sind dem gemischten Material gegenüber im Nachteil, da dieses die Niederschläge länger zu halten vermag. Die kleinen Feinsandinseln zwischen den Steinen werden schnell durchfeuchtet, und gerade die Steine schützen den Boden andererseits vor allzu großer Verdunstung. Während der reine Feinsand reichliche Wassermengen benötigt, um dauernd feucht zu bleiben, vermag der vollkommen blockige oder steinige Schutt überhaupt keinen Niederschlag zu halten.

In den Senken herrscht zwar selten Wassermangel, dafür räumt aber ein Bach oft allen Feinsand aus, so daß sich blockige Rinnen bilden. Auch die bloße Überrieselung hat meistens mehr oder weniger erosiven Charakter, indem sie die Unebenheiten auf weite Flächen hin ausgleicht. Diese Schwemmfächer und -ebenen des Gletscherbaches bzw. der vom Hang abkommenden Gewässer können ebenfalls zum Ablagerungsbereich des vom Wasser mitgeführten Sandes werden. So ergeben sich wieder völlig neue Standorte (sekundär). Häufig geht die Ausbildung einer Feinsandfläche von einer Rinne aus, die im Lauf der Zeit aufgefüllt wird und dadurch den Bach über seine Ufer zwingt. Hält die Sandzufuhr an, so entstehen, weil die Wasserläufe immer wieder verlegt werden, über dem primären Schutt ganze Feinsandflächen. Diese Vorgänge können überall wiederholt und wechselweise auftreten. Daraus mag hervorgehen, wie sehr die Differenzierung des Moränenschuttes auf den Veränderungen eines Einflusses, nämlich des Wasserfaktors, beruht.

II. Entwicklung der Vegetation

Die einzelnen Vegetationsaufnahmen zeigen, in welchem Maße die pflanzliche Besiedlung des Gletschervorfeldes von der Entwicklung der Standorte auf kleinem Raum abhängig ist. Die in der Tabelle zusammengefaßten Aufnahmen wurden nach Gesichtspunkten geordnet, die sowohl den Entwicklungszustand als auch ihre Beziehungen zueinander berücksichtigen.

1. *Saxifraga-aizoides*-Gemeinschaft

Wie aus den beiden Karten hervorgeht besiedelt dieses Vegetationsstadium vor allem die jungen Teile des Gletschervorfeldes, die Bachzone, von Wasser beeinflußte Wuchsorte am Hang und einige isolierte Stellen in den älteren Abschnitten des untersuchten Geländes (Ausführliche Beschreibung 1963).

Trotz seines geringen Bodenalters weist die Vegetation des Standortes 1 eine Deckung von 50 % auf. Die Aufnahme stammt von der Talsohle aus einer zeitweise Wasser führenden Rinne im groben Schutt, in die humusreiches Material vom Hang eingeschwemmt wurde. Die Pflanzengemeinschaft ist auf eine Quellrinne spezialisiert und die Artengarnitur entsprechend klein.

Auf der Aufnahmefläche 2 herrschen etwas veränderte Standortsverhältnisse. Der Anteil des feinen Schuttes hat zugenommen, und die Rinne führt nur episodisch Wasser. So bildete sich eine aus 3 Komponenten bestehende Vegetation: Arten vom Rande fließender Gewässer, Schneetälchenpflanzen und Pioniere des Trockenschuttes.

Die Probefläche 3 liegt in einer schwach ausgebildeten Rinne am Hang. Die starke Neigung des Geländes bedingt eine gewisse Bodenunruhe. Sie verhindert im allgemeinen, ebenso wie mangelhaftes Wasserangebot und grober Schutt, eine rasche Vegetationsbil-

Aufnahme Nr. Deckungsgrad %
 Herkunft (Tal)

<i>Bryum schleicheri</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41						
<i>Desmatoodon latifolius</i>	1	3	+																																												
<i>Campilium pratense</i>																																															
<i>Ditrichum capillaceum</i>																																															
<i>Ditrichum vaginalis</i>																																															
<i>Brachythecium salebrosum</i>																																															
<i>Distichium inclinatum</i>	1																																														
<i>Amblyodon deibatus</i>	1																																														
<i>Philanthes tomentosa</i>	1																																														
<i>Ditrichum flexicule</i>	1																																														
<i>Oxpanocladus vernicosus</i>	1	1																																													
<i>Marchantia polymorpha</i>	2																																														
<i>Bryum spec.</i>	1	2	4	3	1																																										
<i>Pohlia aracilis</i>																																															
<i>Salix herbacea</i>																																															
<i>Gnaphalium supinum</i>																																															
<i>Veronica alpina</i>	1																																														
<i>Polygonum viviparum</i>	1																																														
<i>Saxifraga aizoides</i>	5	3	5	3	1																																										
<i>Epilobium anagallidifolium</i>	1																																														
<i>Salix retusa</i>	2																																														
<i>Arabis caerulea</i>	1																																														
<i>Parnassia palustris</i>	1																																														
<i>Luzula alpina-pilosaa</i>																																															
<i>Carex capillaris</i>	1																																														
<i>Carex sylvatica</i>	2																																														
<i>Carex atrata et euatratia</i>																																															
<i>Veronica bellidoides</i>																																															
<i>Juncus triglumis</i>																																															
<i>Juncus trifidus</i>																																															
<i>Carex frigida</i>																																															
<i>Carex bicolor</i>																																															
<i>Stereocaulon alpinum</i>																																															
<i>Racomitrium canescens</i>	1	1	+	+	1																																										
<i>Tortella inclinata et tortosa</i>	1	1	2	3	1																																										
<i>Polytrichum piliferum</i>	+	+	1																																												
<i>Cladonia pyrenaica</i>	1																																														
<i>Cyanophyceen</i>																																															
<i>Polytrichum juniperinum f. strictum</i>	1																																														
<i>Cetraria islandica</i>																																															
<i>Solorina crocea</i>																																															
<i>Peltigera rufescens</i>																																															
<i>Thamnolia vernicaria</i>																																															
<i>Anthelia spec.</i>																																															
<i>Saxifraga adscendens</i>																																															
<i>Saxifraga moschata</i>																																															
<i>Cerasium abiusifolia</i>																																															
<i>Cerasium cerasoides</i>																																															
<i>Oxyria digyna</i>																																															
<i>Cardamine resedifolia</i>																																															

1 +

dung. Die Ursache für die große Dichte der Pflanzendecke – die im übrigen aus dem gleichen Grunde nur wenig einheitliche Züge trägt – kann daher allein auf dem Einfluß der in unmittelbarer Nähe befindlichen, geschlossenen Vegetation beruhen.

In der Aufnahme 4 gestalten sich die Verhältnisse ähnlich. Die Pioniere sind gewichen, doch die neue Artengemeinschaft ist noch ziemlich heterogen. Auf der Talsohle würde sich unter den gleichen Umständen wahrscheinlich ein Schneeboden ausbilden. Das Auftreten von *Elyna myosuroides* kann als Zeichen dafür gewertet werden, daß schon im jüngsten Vorfeld unter günstigen Bedingungen die Arten des Elynetums mit der Schuttflora zusammentreten.

2. *Cerastium-uniflorum*-Gemeinschaft

Ökologisch gesehen kann die *Cerastium-uniflorum*- von der *Saxifraga-aizoides*-Gemeinschaft gut abgegrenzt werden, obwohl ihre Artengarnituren Gemeinsamkeiten aufweisen. Während die *Saxifraga-aizoides*-Gemeinschaft vor allem junge, feinschuttige Moränenböden besiedelt, die in irgendeiner Weise vom fließenden Wasser beeinflußt werden, entwickelt sich die *Cerastium-uniflorum*-Gemeinschaft auf mehr oder weniger austrocknendem groben Schutt.

Die Aufnahme 5 wurde auf einem feinschuttigen, mit einigen größeren Blöcken besäten Rücken 50 m vom Gletscherende entfernt gemacht. Morphologie und Art des Schuttens lassen eine von Trockenheit gekennzeichnete Pflanzengemeinschaft erwarten. Somit erstaunt die Dominanz von *Pohlia gracilis*. Da dieses Moos jedoch zu den ersten Siedlern gehört, kann es sich, solange die Konkurrenz fehlt, auf den Feinsandflecken zwischen den Steinen ausbreiten. Sie sind aber nur im Bereich der unmittelbar vom Gletscher abfließenden Schmelzwässer ständig feucht. Am Ende dieser Zone beginnt sich der Untergrund zu differenzieren. Ein solches Ausgangsstadium stellt die Aufnahme 5 dar. *Pohlia* muß demnach als Rest der "ersten" Vegetation betrachtet werden. *Racomitrium canescens* und *Polytrichum piliferum* sind Vertreter von trockenen, feinsandigen bis kiesigen Rücken; *Cerastium uniflorum*, *Saxifraga bryoides* und *S. moschata* beanspruchen dagegen nur wenig Feinmaterial und kommen besonders häufig im steinigen Schutt vor. Diese Pflanzen sind ebenso wie *Poa alpina*, *Agrostis rupestris* und *Trifolium pallescens*, die in Bezug auf den Wasserbedarf eine größere ökologische Amplitude besitzen, hervorragende Pioniere. Sie begnügen sich mit einem kleinen Wurzelraum und vertragen Feuchtigkeit und Trockenheit ebenso wie plötzliche Überschwemmungen. Ihre Pioniertätigkeit besteht vor allem in der aufbauenden, den Grundstock für die spätere Pflanzendecke liefernden Wirkung.

Aufnahme 6: Der Wuchsort, gleiches Bodenalter, relativ feiner Schutt ohne Sand, ähnelt dem vorigen. Bedeutungsvoll erscheint der Anstieg des Deckungswertes innerhalb der Artengruppe um *Poa alpina*. Diese im Grunde indifferenten Pflanzen zeigen jedoch bei größerer Feuchtigkeit eine bessere Entwicklung, woraus sich auch z.T. ihr vermehrtes Auftreten in den späteren, an Rasen erinnernden Vegetationsstadien erklärt. Die Ursache für diesen günstigen Zustand der Pflanzendecke dürfte in dem vorüberfließenden Bächlein zu suchen sein, das vermutlich den Zuwachs der Pflanzen durch gelegentliche Überflutungen fördert.

Bei der Probefläche 7 (ebenfalls feiner Schutt mit einigen größeren Steinen und eingeschwemmtem Feinsand) läßt sich die Art der fluviatilen Überformung nicht

eindeutig erkennen. Überrieselung, Aufschüttung und Erosion scheinen einander abzulösen. Das Verhalten der Pflanzen spricht eher für Letzteres. Der Deckungsgrad von *Pohlia* nimmt trotz der Feuchtigkeit ab, weil ihr der Feinsand entzogen wird. *Saxifraga aizoides* und *Epilobium anagallidifolium* sind zwei typische Vertreter dauernd feuchter Böden. Dennoch bleibt der Charakter eines primären, durch gemischten Schutt gekennzeichneten Standortes mit einer Entwicklungstendenz zum "Rasen" gewahrt.

Die Aufnahme 8 stammt aus dem mittleren Abschnitt des Vorfeldes von einem grobblockigen, wallartigen Rücken. Artengarnitur und Deckungsgrad beweisen, daß zwischen der jüngsten Vegetation und dieser Probefläche keine Unterschiede bestehen. Sie setzt sich zur Hauptsache aus Pionieren zusammen. — Bleiben diese Rücken weiterhin vom Wasser unbeeinflußt, dann geht die Veränderung ihres Pflanzenkleides nur allmählich vor sich. Die Arten wandern vom Fuß des Walles die Rinnen hinauf und nehmen zuerst von den günstigeren Senken Besitz.

3. *Trifolium-pallescens*-Gemeinschaft

Sowohl die *Cerastium-uniflorum*- als auch die *Trifolium-pallescens*-Gemeinschaft scheinen jeweils auf eine Talseite beschränkt zu sein. Die Ursache hierfür liegt jedoch in den großräumigen morphologischen Bedingungen. — Die *Trifolium-pallescens*-Gemeinschaft zeigt andererseits in ihrer Artenzusammensetzung auffällige Gemeinsamkeiten mit den bereits genannten Vergesellschaftungen. Sie stellt jedoch ein fortgeschrittenes, auf einen bestimmten Standort spezialisiertes Stadium dar. Der feine Schutt und das ausgeglichenen Relief der verlassenen Bachzone sind für diese Entwicklungsserie besonders geeignet.

Die einheitliche Artengarnitur der Probefläche 9 läßt erkennen, daß der Standort gut ausdifferenziert ist. Die kümmerliche Vitalität der einzelnen Pflanzen auf dieser feinsandig-kiesigen Ebene erklärt sich aus dem Wechsel zwischen Wassermangel und Überflutung, d.h. damit verbundener Ablagerung von Sand. (Der Gletscherbach wird hier zeitweise durch eine Moräne aufgestaut.) Diesen Bedingungen sind nur Pflanzen gewachsen, die die Fähigkeit besitzen aufzustocken. Mehrere Wurzelhorizonte ließen sich vor allem bei *Poa alpina*, den beiden *Artemisien*, *Linaria alpina* und *Saxifraga aizoides* beobachten. — In diesem Fall kommt besonders deutlich zum Ausdruck, welchen Einfluß die physikalische Qualität des Bodens auf die Art des Standortes hat. Kies und feiner Schutt verlieren auch in der Bachzone schnell an Feuchtigkeit, wenn sie nicht mehr überrieselt werden, da ihnen die Kraft fehlt, das Wasser zu binden oder sich mit Hilfe von Kapillarkräften damit zu versorgen.

Auch die grobkiesige, mit einigen Steinen gepflasterte Probefläche 10 liegt noch im Überschwemmungsbereich des Gletscherbaches, während sich der Standort 11 außerhalb dieser Zone befindet. Demzufolge tritt eine Verschiebung in den Dominanzverhältnissen ein, und die Artenzahl nimmt zu.

Sowohl *Stereocaulon alpinum* und *Racomitrium canescens* als auch das Mengenverhältnis der Arten untereinander zeigen, daß der Wuchsstand 12, von der *Saxifraga-aizoides*-Gemeinschaft her gesehen, austrocknet. Andererseits bestehen Beziehungen zu den blockigen und feinschuttigen Wällen, die bei dieser auf den Rändern einer feinschuttigen Rinne gelegenen Fläche nicht verwundern.

Die Aufnahme 13 gibt trotz des geringen Deckungswertes zum ersten Mal einen Hinweis auf die Entwicklungsmöglichkeit zur *Poa-alpina*-Gemeinschaft. Die Probefläche liegt auf

einer aus plattigem Schutt aller Größen bestehenden Ebene. Da keine Beziehungen zur *Saxifraga aizoides*-Gemeinschaft mehr zu erkennen sind und der Hauptteil der Pflanzen Trockenheit anzeigt, ist die Zuordnung zu dieser Entwicklungsserie gerechtfertigt.

4. *Racomitrium-canescens*-Gemeinschaft

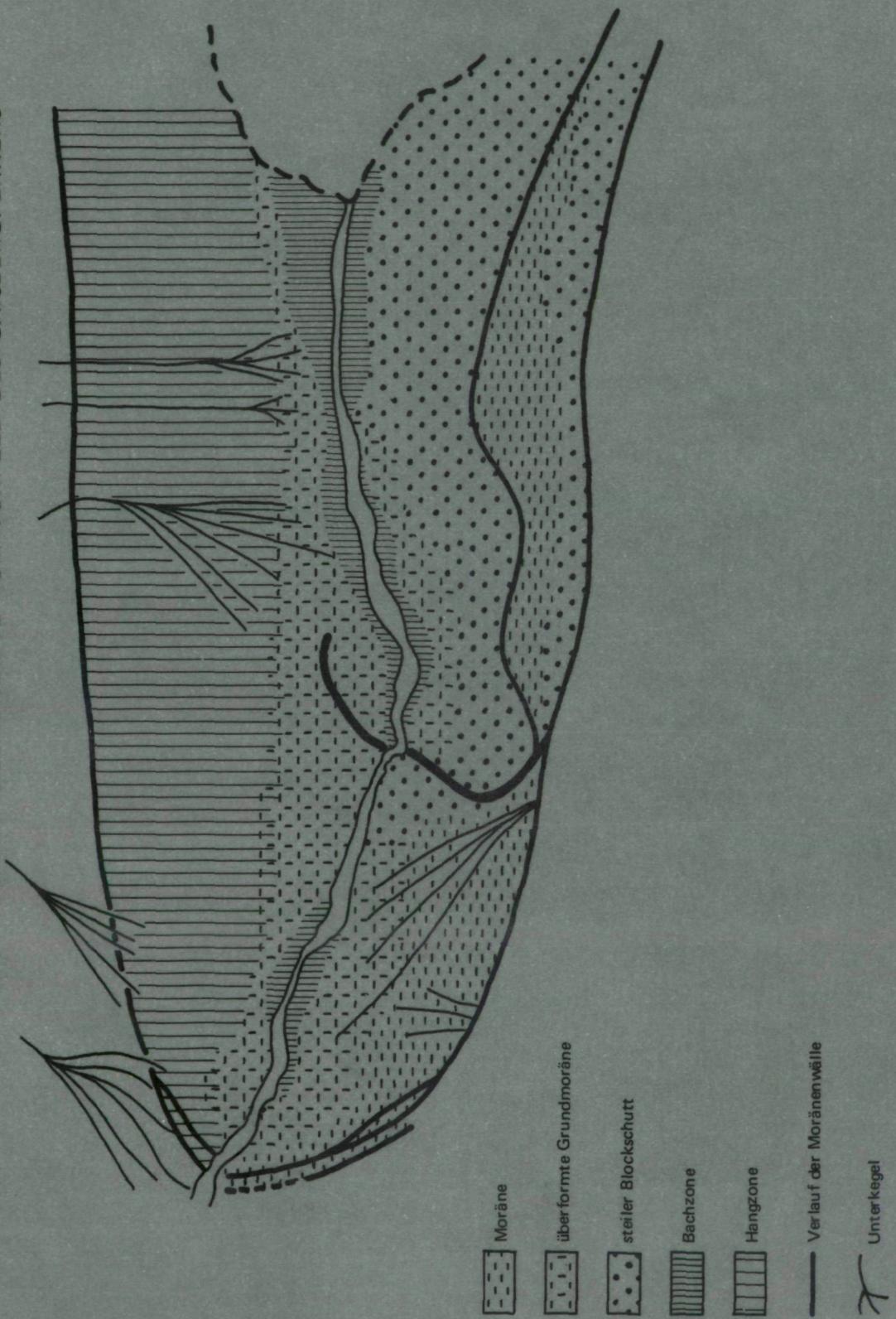
Die *Racomitrium-canescens*-Gemeinschaft stellt eine an ausgesprochene Trockenheit angepaßte Artenkombination dar. Sie kann sich sowohl direkt aus der *Cerastium-unicolorum*- als auch unter entsprechenden Bedingungen aus der *Trifolium-pallescens*-Gemeinschaft entwickeln. Letztere Möglichkeit wird aus folgender Aufnahme (Nr. 14) deutlich. Sie stammt aus dem älteren Teil des Vorfeldes und liegt auf einer durch keine größeren Steine geschützten, kiesigen Ebene (Aufnahme 14). Immer noch sind die Pioniere maßgeblich am Aufbau der Pflanzendecke beteiligt. Daraus läßt sich entnehmen, wie träge die Vegetationsentwicklung abläuft, wenn der Einfluß des Wassers fehlt.

Die ebene, feinkiesige, fast sandige Aufnahmefläche 15 entstand durch die Tätigkeit des Gletscherbaches. Außer *Artemisia genipi* und *Trifolium pallescens* treten keine weiteren Pioniere auf. Zu einer anderen, diese Orte mehr oder weniger kennzeichnenden Artengruppe gehören *Erigeron uniflorus*, *Saxifraga paniculata* und *Veronica fruticans*. Sie scheinen bereits gewisse, aber noch nicht messbare Ansprüche an Boden- und Wasserverhältnisse zu stellen. Das an dieser Stelle fast widersinnig erscheinende Vorkommen von *Salix herbacea* wird folgendermaßen erklärt. Den sich flach im Boden ausbreitenden Wurzeln der Gletscherweide genügen geringmächtige Feinsandschichten, die schnell durchfeuchtet sind und die vielleicht zur Versauerung neigen. In diesem Zusammenhang ist auch das Moos *Tortella inclinata* häufig zu finden.

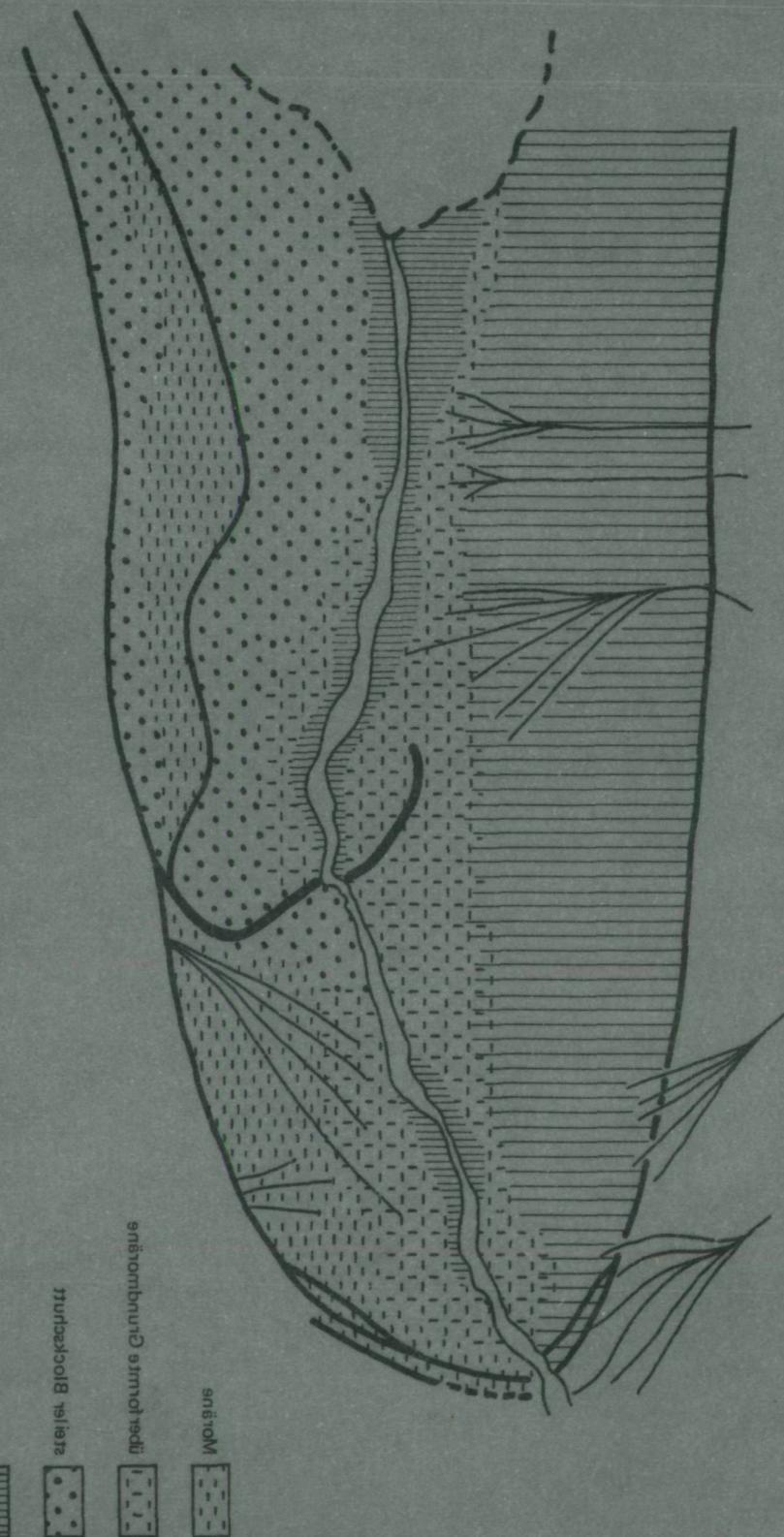
Die Probefläche 16, auf einem feinschuttigen, mit einigen größeren Steinen versehenen Rücken, wurde wahrscheinlich niemals vom Wasser beeinflußt. Die inhomogene Artengarnitur beweist, wie uneinheitlich die Standortsbedingungen auf kleinem Raum sind. Solche Fälle treten in den älteren Abschnitten des Vorfeldes nur dann auf, wenn sich der Boden aus verschiedenen Korngrößen zusammensetzt und ein überformender Faktor fehlt. Das trifft im besonderen Maß für die Grundmoräne zu. Hier entscheidet das Kleinrelief. Die Pioniere behaupten ihre Stellung solange für die sekundären Siedler keine Möglichkeit zu einer umfangreicheren Ausbreitung besteht. Die Vertreter des *Poa-alpina*-Rasens finden in der Nähe der Steine genügend Wurzelraum, an dem auch die Wasserversorgung einigermaßen gesichert erscheint. Und die Schneetälchenarten siedeln bevorzugt auf flachen Sandinseln in Depressionen, in denen sich das Wasser sammelt und die durch die geringe Mächtigkeit der Bodenschicht und die darunterliegende Steinpackung nicht schnell austrocknen. Für die Zugehörigkeit dieser Aufnahme zur trockenen Entwicklungsserie sprechen in diesem Fall die Dominanten.

Die Morphologie der Probefläche 17 ist in jeder Hinsicht mit derjenigen von Nr. 5, 6 und 7 zu vergleichen. In der Artenzusammensetzung macht sich jedoch bereits eine Differenzierung bemerkbar. Dabei wurden vor allem die Vorläufer des Rasens von der Auslese betroffen. Auch *Saxifraga aizoides*, ein Rest aus den Anfängen der Besiedlung und *Arabis caerulea* können nicht darüber hinwegtäuschen, daß die gesamte Artengarnitur eine schlechte Wasserversorgung erkennen läßt. Nur aus diesem Grunde konnten *Racomitrium canescens* und *Stereocaulon alpinum* zur absoluten Herrschaft auf dieser kiesigen Fläche gelangen. Im Ganzen ein Bild, wie man es auch in den älteren Teilen des Vorfeldes auf isoliert stehenden Rücken häufig zu sehen bekommt.

MORPHOLOGISCH-PHYSISCHE KARTE VOM VORFELD DES GAISBERGFERNERS



MORPHOLOGISCHE KARTE VON VORFELD DES GAISBERGFRÄNERS



— WOLFSBERG

— HAUSSBERGNEIS

— BASALT

— WOLFSBERG-BIOTITNEIS

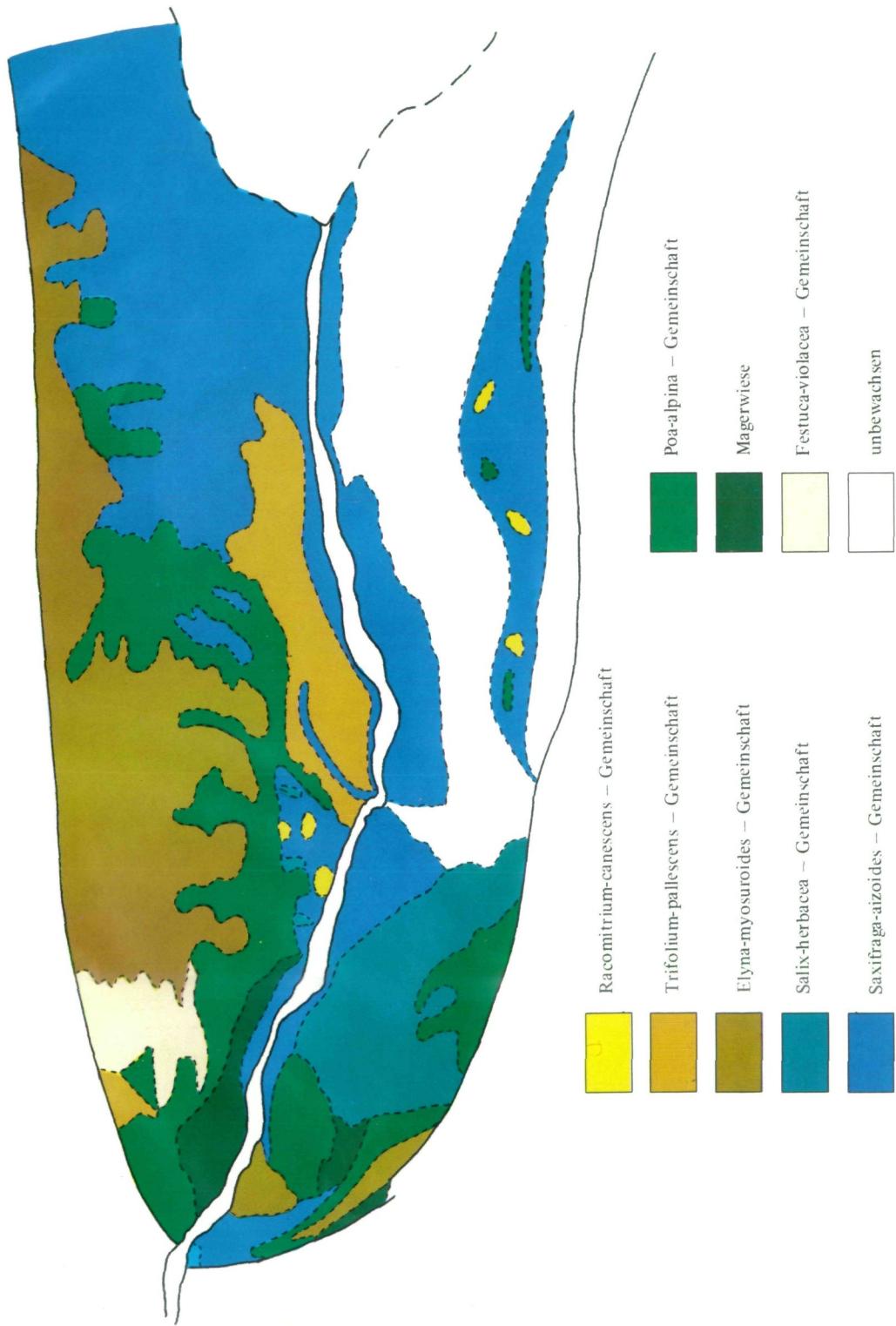
— GRÜNSCHIEFER

— WOLFSBERG

— WOLFSBERG

VEGETATION IM VORFELD DES GAISBERGFERNERS

1 : 5000



Die Aufnahme 18 stammt von einem feinen, geneigten Schuttfächer. Zwar stimmen die Dominanten mit denen der vorigen Probefläche überein, die übrigen Arten deuten jedoch – nicht zuletzt wegen ihrer Vitalität – günstigere Standortsbedingungen an. Außerdem fehlen die typischen Pionerpflanzen vom trockenen Schutt. Diese heterogene Pflanzengemeinschaft ist wahrscheinlich auf folgende Weise entstanden: Auf einer jungen, hin und wieder überrieselten Schuttfläche beginnt sich eine *Poa-alpina*-Gemeinschaft auszubilden. Doch bevor sie einen größeren Deckungsgrad erreicht, hört der Einfluß des Wassers auf. Der feine Schutt bedingt ein schnelles Austrocknen des Bodens. Die genannten Pflanzen breiten sich nur noch langsam aus und überlassen einen großen Teil des Raumes den diesen Bedingungen besonders angepaßten *Racomitrium* und *Stereocaulon*. Die Vegetationsentwicklung kann also, auch wenn sie schon ein fortgeschrittenes Stadium erreicht hat, auf Grund radikaler Veränderungen der Umwelt nicht nur variieren sondern sogar rückläufig werden.

5. *Poa-alpina*-Gemeinschaft

Diese Pflanzengemeinschaft tritt in den verschiedensten Ausbildungen auf, je nachdem aus welchem Stadium sie sich entwickelt. Daraus geht bereits ihre zentrale Bedeutung für den Besiedlungsablauf in diesen beiden Gletschervorfeldern hervor.

Die Aufnahme 19 stellt den Übergang vom reinen Pionierstadium zur *Poa-alpina*-Gemeinschaft dar. Die Fläche liegt neben einer blockigen, wasserführenden Rinne. Der aus kleinen Steinen und einigen größeren Blöcken bestehende Boden erscheint aber trocken. Nur bei hohem Wasserstand befindet er sich im Bereich der Spritzzone, während die feinsandigen Inseln wahrscheinlich eine kapillare Verbindung zum Bach besitzen. Obwohl die Pionerpflanzen, sowohl Siedler des feinen (*Minuartia recurva*, *Arenaria ciliata*, *Cardamine resedifolia*, *Linaria alpina*, *Festuca halleri*) wie des groben Schuttens (*Saxifraga oppositifolia*, *Androsace alpina*, *Saxifraga bryoides*, *Cerastium uniflorum*) das Bild beherrschen, sind durch *Achillea moschata* und *Sibbaldia procumbens* schon Anzeichen einer "rasigen" Entwicklungstendenz gegeben. Das auffällige Vorkommen von *Pohlia* beruht auf der zeitweiligen Überrieselung und Auskleidung der Unebenheiten mit Feinsand. Dieser Stellen bemächtigen sich bei späterer Austrocknung *Racomitrium canescens*, *Polytrichum piliferum* und *Stereocaulon alpinum*.

Die Aufnahme 20 wurde im groben Blockwerk gemacht, das aber bereits fluviatil überformt worden war. Die Artenliste zeigt eine auffallend reine Form der *Poa-alpina*-Gemeinschaft, jenes "rasigen" Stadiums, dessen bezeichnendste Art *Poa alpina* darstellt und dem sich die Vegetationen aller Standorte im Laufe ihrer Entwicklung zur Schlußgesellschaft mehr oder weniger nähern. Außerdem ist hier der seltene Fall eingetreten, daß die Dominanten *Poa alpina*, *Trifolium pallescens*, *Agrostis rupestris* und *Achillea moschata* mit den Leitarten dieser Pflanzengemeinschaft übereinstimmen. Die übrigen Arten deuten auf eine Beziehung zur trockenen Variante der *Poa-alpina*-Gemeinschaft.

Die Probefläche 21 befindet sich in einer kleinen Delle am Hang eines Riedels, dessen Blöcke bereits gut umwachsen sind. Im Charakter der Vegetation macht sich durch die Umgruppierung der Dominanten eine Veränderung bemerkbar, d.h. *Agrostis* und *Trifolium* drängen *Poa* ein wenig in den Hintergrund. Neben den bereits bekannten Pionieren, sie fehlen nie ganz, fällt eine Gruppe von Arten auf, die ihr Hauptvorkommen

meist in sogenannten Schneetälchen haben oder wenigstens höhere Feuchtigkeitsansprüche stellen. *Luzula alpino-pilosa* steht gern an quelligen Orten des Hanges, während *Salix herbacea*, *Gnaphalium supinum* und *Veronica alpina* Wuchsorte mit Staunässe bevorzugen. Ursprünglich stellte die Probefläche 21 eine Rinne dar, die dann teilweise mit Feinsand ausgekleidet wurde und durch ihre muldenartige Form längere Schneedeckung aufweist. – Der Einschlag zum Schneetälchen lässt wahrscheinlich werden, daß sich unter entsprechenden Verhältnissen aus der *Poa-alpina*- eine *Salix-herbacea*-Gemeinschaft entwickeln kann. Eine weitere Komponente ist ebenso von Bedeutung. *Achillea moschata*, *Tanacetum alpinum*, *Trifolium badium* und *Taraxacum alpinum* fallen in der Artenliste zwar nicht ohne weiteres auf, sie gehören jedoch als wesentliche Bestandteile in die kräuterreiche, wiesenartige Variante der *Poa-alpina*-Gemeinschaft.

Der Anschluß der Aufnahme 22 – er hätte auch bei den ersten Pionierstadien erfolgen können – wurde bewußt vorgenommen, um zu zeigen, wie an den verschiedenen Standorten im Laufe der Entwicklung "Poetum"-ähnliche Ausbildungen entstehen. Die Probefläche befindet sich auf der über die Umgebung emporgehobenen, schwach geneigten Grundmoräne vor dem Wall von 1920. Da sie nur solange von Schmelzwässern überrieselt wurde als sich der Gletscher in unmittelbarer Nähe befand, konnte keine strenge Spezialisierung des Standortes stattfinden. Die Vegetation besteht somit aus einer merkwürdigen Zusammensetzung von Pionierarten besonders des Feinschuttet, Vertretern des Schneetälchens und des *Poa-alpina*-Rasens. Zu diesem Bild gehören neben *Tortella inclinata* und *Stereocaulon* auch *Saxifraga paniculata*, *Euphrasia minima*, *Veronica fruticans* und *Gentianella tenella*, die häufig auf älterem, wenig gestörten Moränenschutt wechselnder Korngröße siedeln.

Die weitere Entwicklung der *Poa-alpina*-Gemeinschaft an einem der typischen Standorte geht aus der Aufnahme 23 hervor. Sie wurde auf einem grobblockigen, geneigten und fluviatil überformten Riedel, dessen Vegetation sich bereits verdichtet hat, im ältesten Vorfeld gemacht. Die Artenliste enthält zwar keine neuen Glieder, doch fällt der Verlust der nicht bestandbildenden Pioniere und die Dominanz von *Sibbaldia procumbens* auf. Da *Sibbaldia* in diesem Vorfeldabschnitt überall häufig und reichlich auftritt, darf das vorliegende Stadium als Weiterentwicklung der *Poa-alpina*-Gemeinschaft zur kräuterreichen Wiese, wie sie schon in der Aufnahme 21 angedeutet wurde, aufgefaßt werden.

Am Innenrand des ältesten Moränenwalles (1850) befindet sich die Probefläche 24. Der Zerfall des groben Schuttet und damit die Bodenbildung sind noch nicht sehr weit fortgeschritten, weil jeglicher überformender Faktor fehlte. Entwicklungsmäßig stellt diese Aufnahme ein Stadium zwischen der *Poa-alpina*-Gemeinschaft und einer Magerwiese bzw. einem Nardetum dar. Nur die etwas heterogene Artenzusammensetzung lässt noch erkennen, daß der Ausgangspunkt der Vegetationsbildung auf einem jungen Moränenboden lag.

Auch am äußeren Rand des Moränenwalles – also außerhalb des eigentlichen Gletschervorfeldes – hat die Pflanzendecke, obwohl sie eine große Dichte aufweist, noch nicht den Vegetationsschluß erreicht. Der Wandel in der Artengarnitur (Aufnahme 25) nimmt hier einen größeren Umfang an als auf der vorigen Probefläche. Nur an wenigen Pflanzen lässt sich noch die Herkunft dieser Gemeinschaft ablesen. Die Gräser bestimmen das Bild.

Die Aufnahme 26 wurde außerhalb des Vorfeldes in einer am Hang liegenden, buckligen, geschlossenen Wiese gemacht. Sie dient als Vergleich und soll zeigen, wieweit sich die

Vegetation innerhalb des Vorfeldes bereits der Schlußgesellschaft genähert hat. In den Grundzügen weist die Artengarnitur an entsprechenden Standorten im älteren Vorfeld bereits eine gewisse Ähnlichkeit mit derjenigen der Endgesellschaft auf. Es bedarf eigentlich nur des Vegetationsschlusses und einer Umgruppierung der Dominanten, um den Charakter einer vollausgebildeten Magerwiese oder am Ende eines Nardetums zu erreichen.

6. *Pohlia-gracilis*-Gemeinschaft

Diese Pflanzengemeinschaft stellt ein auf feinsandige Schwemmländer spezialisiertes Pionierstadium dar. In seinem charakteristischsten Zustand ist es als reiner Pohliaboden ausgebildet. — Solange Wasser fließt ist allein *Pohlia gracilis* dazu befähigt, an diesem Standort auszuhalten. Ihre Wuchsform macht deutlich, wie die im Luv des Polsters entstehenden Wirbel, verstärkt durch die Korrosion des Sandes, an dem Rasen nagen, während sich im Lee immer wieder neue Pflanzen entwickeln.

Das Auftreten der Pioniere in der Probefläche 27 erklärt sich aus der unvollständigen Überformung des Bodens. D.h. die Vegetationsentwicklung hatte bereits eingesetzt, bevor der Wuchsstand unter fluviatilen Einfluß geriet. Da einige der Pionierpflanzen wie erwähnt ein gewisses Maß an Überschüttung vertragen, konnten sie diese Periode überdauern. Der auffallende Anteil trockenheitsliebender Arten, allen voran *Racomitrium* gibt andererseits zu erkennen, daß der Einfluß des fließenden Wassers abgenommen hat oder zumindest starken Schwankungen unterliegt. Darauf deutet auch das Auftreten einiger Mitglieder der *Poa-alpina*-Gemeinschaft. Demnach bestehen zur Zeit zwei Entwicklungsmöglichkeiten: die Ausbildung einer *Racomitrium-canescens*- oder einer *Poa-alpina*-Gemeinschaft im weitesten Sinne. Die Entscheidung hängt von den kommenden Einflüssen ab.

In der Aufnahme 28 wird *Pohlia* durch die Konkurrenz neu hinzukommender Arten in den Hintergrund gedrängt. Die Kombination *Luzula alpino-pilosa*, *Poa alpina* und *Agrostis rupestris* einerseits und *Salix herbacea*, *Gnaphalium supinum* und *Veronica alpina* andererseits verraten ein Schwanken der Vegetation zwischen der feuchten Variante der *Poa alpina*- und der *Salix herbacea*-Gemeinschaft. Aber *Anthelia*, die 30 Prozent der Vegetation ausmacht, steht mit diesen Bedingungen nicht im Einklang. Man ist versucht, eine "katastrophale" kurzfristige Überschwemmung anzunehmen. Das wiederum plötzliche Austrocknen der entstandenen Sandinseln verhinderte ein Übergreifen der bereits ansässigen Arten auf diese sterilen Flächen, die daraufhin von *Anthelia* besetzt wurden. Da die Phanerogamen jedoch keine trockene Variante der *Poa-alpina*-Gemeinschaft ausbilden, muß erneut eine normale Wasserversorgung eingesetzt haben, so daß *Anthelia* bald der Konkurrenz zum Opfer fallen wird.

Auch die Pflanzengemeinschaft der Probefläche 29 entwickelte sich im wesentlichen aus einem Pohliaboden. Im Gegensatz zu der vorigen liegt sie jedoch nicht auf einer reinen Schwemmebene sondern auf einem nicht völlig umgeformten Schuttfächer. Überall ragen aus dem Feinsand Steine heraus. Die Artenliste zeigt eine junge, feuchte Variante der *Poa-alpina*-Gemeinschaft. Da der Ausgangspunkt der Entwicklung im Gegensatz zu derjenigen der Aufnahme 21 ein anderer war, kann diese Gemeinschaft auch als trockene Variante eines zur "Pohlia"-Sukzessionsreihe gehörenden Stadiums aufgefaßt werden. Damit wäre der Bogen zur *Poa-alpina*-Gemeinschaft wieder geschlossen und deutlich gemacht, daß sich die in den Anfängen von der primären Schuttserie so vollständig

abweichende Sukzessionsreihe auf den Schwemmländern mit abnehmendem fluviatilen Einfluß und zunehmendem Alter an diese, d.h. an ihr zentrales Stadium angleicht. Der Entwicklungsgang der Vegetation vereinfacht sich.

In ihrer Morphologie erinnert die Probefläche 30 an die vorige Aufnahme; das Wasserangebot ist jedoch reichlicher. In der verdichtenen Vegetation dominiert immer noch *Pohlia gracilis*, aber der große Anteil feuchtigkeitsliebender Phanerogamen zeigt, daß sich die Entwicklung dem Stadium der *Salix-herbacea*-Gemeinschaft nähert. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang das Auftreten von *Racomitrium canescens* in der Form *strictum*, das im Gegensatz zur reinen Art feuchten Feinsand bevorzugt. Die übrigen Arten, Vertreter der kräuterreichen *Poa-alpina*-Gemeinschaft, lassen erkennen, daß auch in dieser Aufnahme Beziehungen zu dem zentralen Stadium der Vegetationsentwicklung bestehen.

Die Genese des Standortes 31 begann vermutlich in einer groben ausgewaschenen Rinne, die später mit Feinsand ausgekleidet wurde. Da außer dem frühsommerlichen Schmelzwasser und den Niederschlägen zeitweise ein kleines Rinnsal vom Hang abkommt, werden vor allem die Schneetälchenarten auf den Feinsandschilden ausgiebig mit Wasser versorgt. *Poa alpina* senkt ihr tiefreichendes Wurzelsystem dagegen in die mit Schwemmsand ausgefüllten Fugen zwischen den Blöcken, weil an diesen Stellen wegen der besseren Ableitungsmöglichkeit in die Tiefe keine Staunässe auftritt. So können Arten mit unterschiedlichen Standortsansprüchen nebeneinander wachsen. Die vorliegende Pflanzengemeinschaft muß wohl als vermittelndes Glied zwischen der *Salix-herbacea*- und der feuchten Variante der *Poa-alpina*-Gemeinschaft aufgefaßt werden. Einige Arten lassen außerdem bereits eine Neigung zur Endgesellschaft erkennen.

7. *Salix-herbacea*-Gemeinschaft

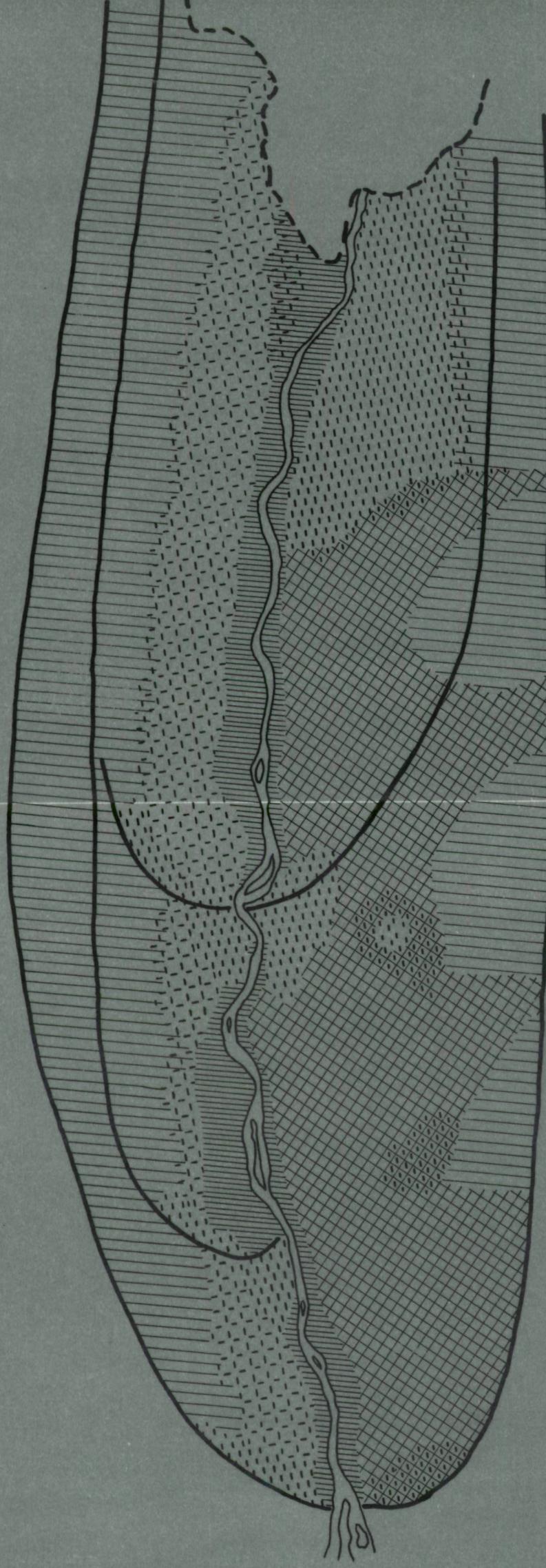
Die *Salix-herbacea*-Gemeinschaft, die keineswegs mit dem *Salicetum* Br. Bl. identisch ist, aber doch wesentliche Merkmale mit diesem gemeinsam hat, entsteht aus der *Pohlia-gracilis*-Gemeinschaft oder der *Saxifraga-aizoides*-Gemeinschaft.

Die Aufnahme 32 gehört Entwicklungsmäßig nicht zu den Schwemmländern im engsten Sinne. In der flachen Mulde vor der 1920iger Moräne hat sich jedoch so viel Feinsand angesammelt, daß nur einzelne Blöcke an der Oberfläche sichtbar sind. Ein Vergleich der Artenlisten ergibt auch in der Besiedlung eine weitgehende Übereinstimmung mit einem Schneetälchen. Bezieht man den Algenüberzug (*Stigonema*, *Phormidium*, *Nostoc*, *Chlamydomonas*, *Cylindrocystis* – insgesamt 40 %) mit ein, so erhöht sich der Deckungsgrad auf 90 %.

Daß nicht immer allein die physikalischen und morphologischen Eigenschaften des Bodens über seine pflanzliche Besiedlung entscheiden, geht aus der Aufnahme 33 hervor. Die Probefläche liegt auf einer fluviatil überformten, aber grobblockigen Ebene, die fast jedes Jahr zum Ablagerungsgebiet einer Lawine wird. So konnte sich ein Schneetälchen entwickeln, dem fast nur noch Pioniere angehören, die auch in der Magerwiese vertreten sind. Auf das Vorkommen von *Elyna myosuroides* muß hier und in den folgenden Aufnahmen hingewiesen werden.

Eine mit der *Salix-herbacea*-Gemeinschaft verwandte Form bildete sich am steilen Hang eines Moränenwalls aus, der in unmittelbarer Nähe vom Gletscherbach durchbrochen wird (Aufnahme 34). Auf Grund dieser Bedingungen ist es verständlich, daß sich so viele

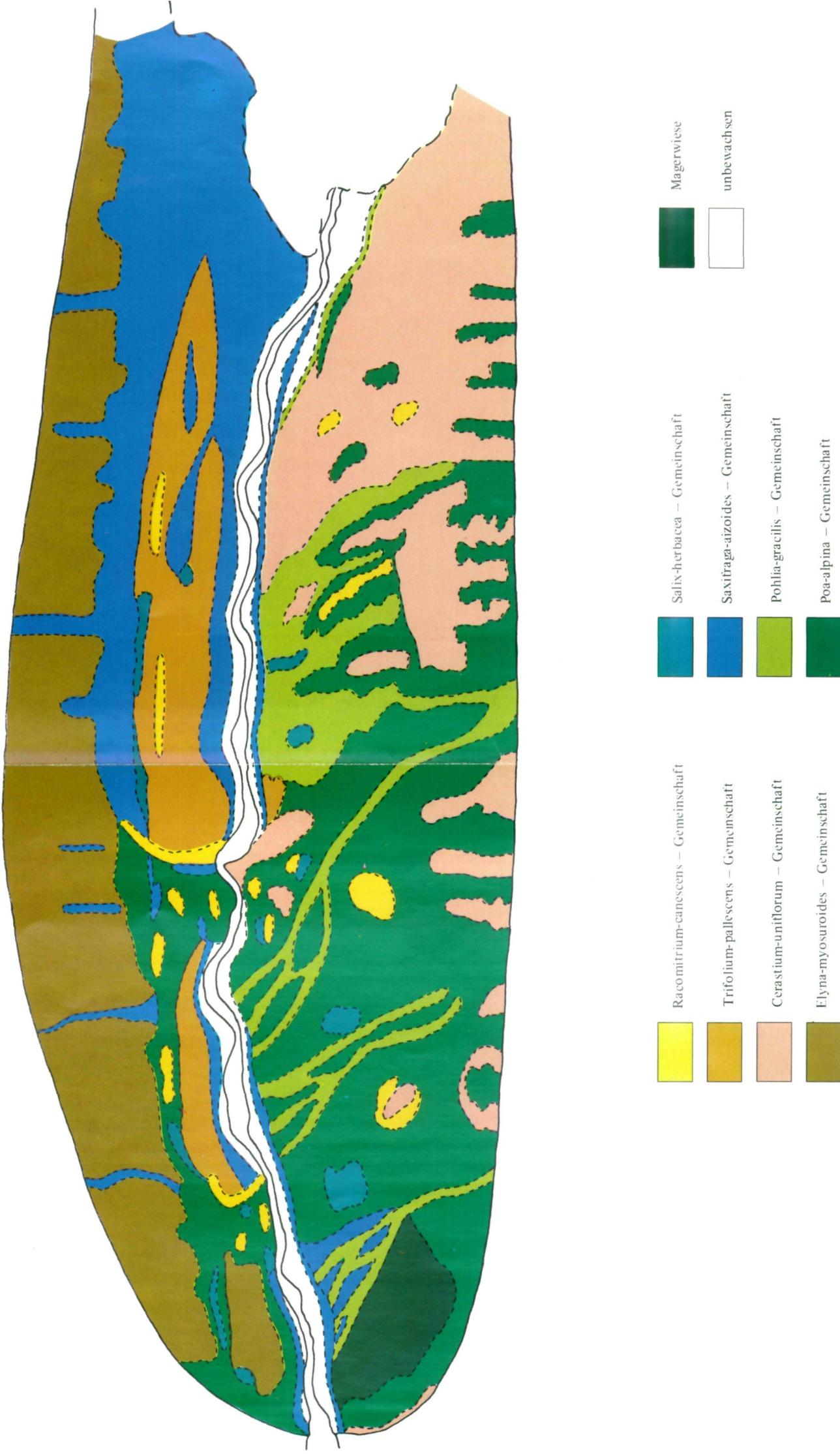
MORPHOLOGISCH-PHYSISCHE KARTE VOM VORFELD DES ROTMOOSFERNERS



- Bachzone
- Schwemmländer
- Hangzone
- Grundmoräne
- fluvial überformte Grundmoräne
- Verlauf der Moränenzüge

VEGETATION IM VORFELD DES ROTMOOSFERNERS

1 : 5000



Pioniere zu halten vermochten. Andererseits begünstigt der bis in den Frühsommer an dieser Stelle verbleibende Schnee die Arten des Salicetums.

Auf der Grundmoräne hat sich in einer von blockigem Schutt umrahmten Mulde (Aufnahme 35) Feinsand angesammelt und eine Art *Salix-herbacea*-Gemeinschaft entwickelt, an der *Elyna myosuroides* wesentlichen Anteil hat. Es scheint eigenartig, daß gerade das Nacktriet, eine der bestandbildenden Arten der alpinen Grasheiden, diese Standorte zum Ausgangspunkt seiner vegetationsformenden Entwicklung wählt. *Elyna* besiedelt jedoch nur diejenigen Stellen, an denen das Feinmaterial keine größeren Ausmaße erreicht. In welchem Maße bereits kleinräumige Standortsveränderungen einen Wandel in der Artengarnitur bedingen, beweist die Aufnahme 36. Sie liegt auf einem innerhalb einer Mulde rundlich erhöhten Fleck. Da die Verhältnisse für *Salix herbacea* nicht mehr optimal sind, übernimmt *Salix serpyllifolia* die Herrschaft. Auch an Hand der übrigen Arten kann man feststellen, daß keine Staunässe auftritt.

8. *Elyna-myosuroides*-Gemeinschaft

In den beiden untersuchten Gletschervorfeldern ergibt sich immer wieder ein auffälliger Zusammenhang zwischen gutem Wasserangebot, zum Teil sogar Staunässe, und dem Auftreten von *Elyna myosuroides*.

In der Aufnahme 37 ist die direkte Ähnlichkeit mit einem Schneeboden verloren gegangen, d.h. das Mengenverhältnis der Arten hat sich verändert, und es entstand ein Übergangsstadium zwischen der *Salix-herbacea*- und der *Elyna-myosuroides*-Gemeinschaft. Die Hauptursache hierfür dürfte im Grobschutt und in dem höheren Bodenalter (am Rande der Moräne von 1850) zu suchen sein.

Ein ähnliches Zwischenstadium, das sich in diesem Fall wohl aus der feuchten Variante einer *Poa-alpina*-Gemeinschaft entwickelte, stellt die Probefläche 38 dar. Der Untergrund besteht aus dem groben Material der Grundmoräne, die hier nur schwach überformt und seit langem nicht mehr vom Wasser beeinflußt wurde.

Die Aufnahmefläche 39 liegt in unmittelbarer Nachbarschaft des Talhanges. Als Folge der starken Neigung des Geländes zeigt der Rasen eine treppenförmige Ausbildung. Obgleich *Elyna* dominiert und nur noch einige Arten der *Salix-herbacea*-Gemeinschaft vertreten sind, kann die Zuordnung dieser Aufnahme zur *Elyna-myosuroides*-Gemeinschaft nur mit einer gewissen Einschränkung erfolgen, da ein Teil der Pflanzen ihre größte Verbreitung in Magerwiesen haben und *Festuca violacea* an manchen Stellen fast reine Bestände bildet.

9. *Festuca-violacea*-Gemeinschaft

Die *Festuca-violacea*-Gemeinschaft tritt im Untersuchungsgebiet nur äußerst selten und lokal beschränkt in reiner Form auf. Diese Verhältnisse lassen vermuten, daß es sich um eine streng spezialisierte Pflanzengemeinschaft handelt. — Die beiden folgenden Aufnahmen stammen vom Rücken der Seitenmoräne, der auf Grund des starken Gefälles von einem zeitweise fließenden Bach sehr in Mitleidenschaft gezogen wird.

In der beschränkten Artenzahl und der hauptsächlich aus Pionieren bestehenden Artengarnitur der Aufnahme 40 kommt die isolierte Stellung und die Trockenheit des Wuchsortes, hervorgerufen durch das eingeschwemmte Feinmaterial, zum Ausdruck. Die besonderen Umweltbedingungen lassen nur diesen Verhältnissen streng angepaßte Arten zu, so daß sich das Bild einer mehr oder weniger stagnierenden *Trifolium-pallescens*-

Gemeinschaft ergibt. Den weiteren Entwicklungsgang deutet das Vorkommen von *Festuca violacea* an.

Er ist in der Aufnahme 41 verwirklicht und zwar ebenfalls in einer trockenen Ausbildung mit *Festuca halleri* und *Poa alpina*. Es handelt sich hier jedoch um steinigen Schutt, wodurch die Bedingungen wesentlich verbessert werden.

SCHLUSS

An Hand von Vegetationsaufnahmen, die entweder nach der Ähnlichkeit der Standortsverhältnisse oder nach dem Entwicklungsgrad der Pflanzendecke geordnet wurden, erfolgte die Beschreibung

- a) von Standortsfaktoren, die sich im Gletschervorfeld ständig verändern,
- b) von Standortsansprüchen einzelner Arten und
- c) der Vegetationsentwicklung auf dem Moränenboden des Untersuchungsgebietes.

Wenn man die wesentlichsten Züge der Sukzession betrachtet, muß man sich bewußt sein, daß die für unser Verständnis notwendigen Abstraktionen niemals das ganze Wesen des natürlichen Geschehens erfassen.

Über den Zeitpunkt der Ansiedlung von Pflanzen entscheidet zuerst der Grad der Bodenunruhe, die ihrerseits sowohl vom Alter des Untergrundes als auch von seiner Korngröße und Neigung abhängig ist. Daneben spielt die Wuchsform der Pioniere und der Einfluß der umliegenden, vollentwickelten Gesellschaften eine Rolle. Entscheidend für den Ablauf der Vegetationsbildung ist jedoch eine anfangs von dieser völlig unabhängige Entwicklung des Standortes. Die Umweltverhältnisse können sich nämlich im Laufe der Zeit an ein und derselben Stelle ändern. Den primären Standort, frischer Moränenschutt, kennzeichnen völlig uneinheitliche Bedingungen. Die Korngröße des Bodens schwankt auf kleinstem Raum, und das Relief ist noch so wenig ausgeprägt, daß kaum Unterschiede in der Wasserversorgung auftreten (Grundmoräne). Dieser Zustand währt aber nur kurze Zeit. Mit wachsender Entfernung vom Gletscher und zunehmendem Alter des Untergrundes beginnen sich allogene Einflüsse bemerkbar zu machen. Jetzt ist vor allem der *Wasserfaktor* – sei es durch Veränderungen der morphologischen Beschaffenheit des Bodens oder indirekt durch Modifizierung des Wasserhaushaltes auf Grund der physikalischen Bodenstruktur – für die Differenzierung der Standorte verantwortlich. Im Unterschied zu den primären stehen die sekundären Standorte der Schwemmländer, die aus der Überformung mit völlig neuen Eigenschaften hervorgehen. Die beiden morphologischen Karten geben die Anfang der 60iger Jahre herrschenden Verhältnisse wieder. Inwieweit die pflanzliche Besiedlung von diesen Bedingungen bestimmt wird, zeigen die entsprechenden Darstellungen für die Vegetation.

Die Entwicklung der Pflanzendecke läuft abhängig von den Umweltfaktoren schnell oder langsam ab. Da es sich bei den einzelnen Pflanzengemeinschaften nicht um stabile Zustände, sondern um jeweilige Entwicklungshöhepunkte handelt, treten Übergänge zwischen diesen Stadien auf, und es entsprechen ihnen keine konstanten Artengarnituren. Sie lassen sich nur am Vorherrschen der Leitart oder einer Gruppe von Pflanzen mit gleicher ökologischer Amplitude erkennen. An keiner Stelle des gesamten Vorfeldes kann man von einer stagnierenden Vegetation sprechen, eher von einem wellenförmigen Verlauf der Besiedlung. Sie strebt einem gewissen Grad von "Vervollkommenung" zu, scheint eine Zeit lang auf ihm zu beharren und löst sich wieder auf. Dabei treffen

differenziertere Verhältnisse eine größere Auslese, die sich in der geringeren Artenzahl ausdrückt, so daß der Deckungsgrad nicht unbedingt etwas über den Entwicklungszustand der Vegetation aussagen muß. Die Stadien fügen sich der Differenzierung des Standortes folgend zu Serien zusammen, wobei man, überspitzt formuliert, eine feuchte, eine trockene und eine zwischen beiden liegende Richtung, die Hauptschuttserie (unbeeinflußte Grundmoräne), unterscheiden kann. Mit dem Beginn des Vegetationsschlusses setzt eine gewisse Unabhängigkeit von den Umweltverhältnissen ein. Die Zahl der Stadien und Arten verringert sich wieder, und es zeichnet sich eine Ähnlichkeit mit den Endgesellschaften außerhalb des Vorfeldes ab. Die entscheidende Bedeutung für die Vegetationsentwicklung kommt in diesen beiden Gletschervorfeldern nicht dem Bodenalter sondern den hydrologischen Verhältnissen zu.

Die Vegetation des primären Standortes lässt noch alle Entwicklungsrichtungen offen. Die Hauptmasse der Arten besitzt einen mehr oder weniger indifferenten Charakter, doch weisen *Pohlia gracilis* einerseits auf die feuchte und *Racomitrium canescens* andererseits auf die trockene Serie hin. Im Grunde genommen bildet die *Saxifraga-aizoides*-Gemeinschaft, die ausnahmslos aus Pionieren besteht, im Untersuchungsgebiet den Ausgangspunkt aller Entwicklungsserien. Dieses in bezeichnender, wenn auch nicht immer dominanter Weise vom Quellsteinbrech charakterisierte Stadium zeigt Varianten sowohl in feuchter wie in trockener Richtung, die sich am Grad der Beimengung entsprechender Arten als Weiterentwicklungen erkennen lassen. Zwischen der *Saxifraga-aizoides*- und der *Cerastium-uniflorum*-Gemeinschaft besteht in der Artenzusammensetzung nur insofern ein Unterschied als letztere eine spezielle Anpassung an die Hauptschuttserie mit ihrer schlechteren Wasserversorgung aufweist. Dabei stellt *Cerastium uniflorum* keineswegs die einzige "Charakterart" dieses Stadiums dar; aber sie fällt mit ihren großen weißen Blüten im Gelände besonders auf.— Bleiben die Bedingungen annähernd gleich, dann verläuft die Entwicklung geradlinig von den Pionierstadien zur *Poa-alpina*-Gemeinschaft. Trocknet der Wuchsstand jedoch aus, so kann sich entweder das Zwischenstadium der *Trifolium-pallescens*-Gemeinschaft oder bei extremem Wassermangel auf feinem Schutt die *Racomitrium-canescens*-Gemeinschaft bilden.

Obwohl sich die *Trifolium-pallescens*-Gemeinschaft noch vollkommen aus Pionieren zusammensetzt, zeigt auch sie bereits eine deutliche Spezialisierung auf den Standort. Sie bevorzugt ebene, durch die Tätigkeit des Gletscherbaches entstandene feinschuttige Flächen, die einen ausgesprochen schlechten Wasserhaushalt aufweisen. Die für die Besiedlung so wirkungsvolle Stellung von *Trifolium pallescens* beruht auf seiner langen, in tiefere Bodenschichten vordringenden Pfahlwurzel mit ihrem wasserspeichernden Gewebe. Das *Trifolium-pallescens*-Stadium geht meist aus der trockenen Variante der *Saxifraga-aizoides*-Gemeinschaft hervor und im weiteren Verlauf der Entwicklung entweder direkt oder über die *Racomitrium-canescens*- in die *Poa-alpina*-Gemeinschaft über. Im allgemeinen läuft diese Besiedlungsserie aber äußerst träge ab.

Die *Racomitrium-canescens*-Gemeinschaft wird vor allem durch die Gruppe der Dominanten charakterisiert. Geringfügige Änderungen in der Korngröße des Bodens und damit verbunden des Wasserhaushaltes rufen bereits einen Wechsel in der Herrschaft hervor. Während *Racomitrium canescens* feinsandigen Boden verlangt, der aber durch im Umkreis verstreutes, gröberes Material vor gänzlichem Austrocknen geschützt ist, nimmt *Stereocaulon alpinum* von jeglichem trockenen Feinschutt Besitz, wobei das Gewicht auf den

Wassermangel und nicht auf die Korngröße gelegt wird. Beide Arten treten zwar schon in den frühen Besiedlungsstadien auf, erreichen aber erst nach einer gewissen Differenzierung des Standortes größere Bedeutung. Mit steigendem Deckungswert dieser Pflanzengemeinschaft nimmt der extreme Wassermangel ab, und die Entwicklung schlägt den Weg zur *Poa-alpina*-Gemeinschaft ein.

Die Sukzession am Rande von Wasserläufen hat für das Untersuchungsgebiet nur beschränkte Bedeutung. Diese aus der Differenzierung des primären Schuttet hervorgehenden Standorte tragen in ihrer reinsten Form immer eine Quellvegetation, in der *Saxifraga aizoides* herrscht. Versiegt das Rinnal jedoch, so entsteht oft mit geringer Annäherung an die *Salix-herbacea*-, eine *Poa-alpina*-Gemeinschaft.

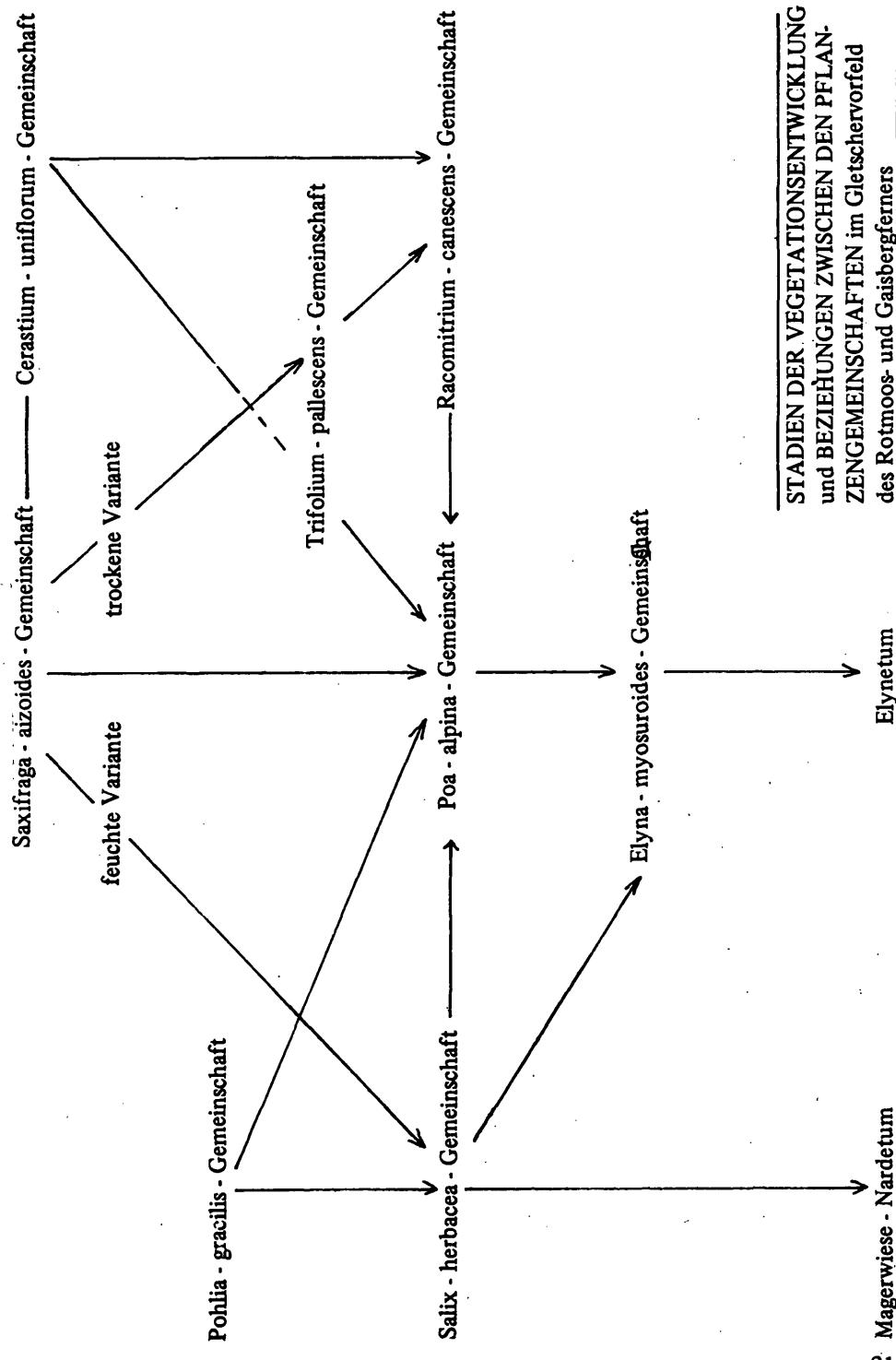
Meistens nimmt die feuchte Serie auf den Schwemmländern ihren Anfang. Schon zu Beginn der Besiedlung sind Anzeichen zur Bildung einer *Pohlia-gracilis*-Vegetation vorhanden. Man könnte also die *Pohlia-gracilis*-Gemeinschaft als an sekundäre Standorte angepaßte Variante des ersten Stadiums auffassen, zumal ihr noch eine Reihe von Pionieren angehört.

Bei anhaltender Staunässe und feinsandigem Boden entsteht im Laufe der Zeit aus dem Pohliaboden ein an das Schneetälchen erinnerndes Stadium, die *Salix-herbacea*-Gemeinschaft, die dann entweder eigenständig oder mit einer gewissen Anlehnung an die *Poa-alpina*-Gemeinschaft in die Endgesellschaft übergeht.

Das zentrale Stadium der Vegetationsentwicklung, die *Poa-alpina*-Gemeinschaft, bildet verschiedene Varianten aus, die sich nach den herrschenden Umweltverhältnissen, oder anders ausgedrückt, nach ihrer entwicklungsmäßigen Herkunft richten. An wasserzugigen Standorten im steinigen Schutt dominiert *Luzula alpino-pilosa*, *Agrostis rupestris* und einige Kräuter, besonders *Trifolium pallescens*, besiedeln feinsandige Schwemmmflächen, so daß diese Variante wegen des Eindrucks, den sie vermittelt, als kräuterreiche Wiesenform bezeichnet wurde. An einen Rasen erinnert dagegen die *Poa-alpina*-Gemeinschaft s. str. mit einem hohen Gehalt an Gräsern und sekundären Siedlern (JOCHIMSEN, 1963). Sie entsteht auf den mehr oder weniger beeinflußten Standorten der Hauptschuttserie und wird erst verständlich, nachdem die Nebenserien erkannt sind.

Mit steigendem Alter der *Poa-alpina*-Gemeinschaft und wachsender Dichte der Pflanzendecke verbessern sich die Standortsbedingungen. Es erscheinen Vorboten der Endgesellschaft, und unter günstigen Verhältnissen kann sich ein Stadium entwickeln, das in seiner Artengarnitur, nicht aber in seinem Aufbau, mit einer Magerwiese oder einem Nardetum übereinstimmt.

Die *Elyna-myosuroides*-Gemeinschaft, eine Vorstufe der eigentlichen Assoziation Elynetum, kann sowohl aus der *Poa-alpina*- wie aus einer dieser nahestehenden *Salix-herbacea*-Gemeinschaft hervorgehen. Böden mit geringer Korngröße und schwacher Wasserzufluhr oder feuchter, mit Feinsand versetzter Grobschutt werden von den Initialstadien bevorzugt. Die Artengarnitur der *Elyna-myosuroides*-Gemeinschaft besitzt, abgesehen von einigen Vertretern des Elynetums, auffallend gemeinsame Züge mit derjenigen der *Poa-alpina*-Gemeinschaft von nicht überformten Grundmoränenböden. Vielleicht spielt (wenn wir die Bodenreaktion außer Acht lassen) auch die Beweidung eine Rolle, da *Elyna* an unzugänglichen Stellen einen weitaus größeren Anteil an der Pflanzendecke hat als dort, wo hin und wieder Schafe grasen. Möglicherweise steht auch das vermehrte Auftreten von *Festuca violacea*, die, eine Pflanzengemeinschaft bildend, auf feinschuttigen, fluvial beeinflußten Böden nur lokale Bedeutung hat, damit in Zusammenhang.



Literaturverzeichnis

- BRAUN-BLANQUET, J. u. Jenny, H., Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. *Denkschr. Schweiz. Nat. Ges.* 63, 2: 183–349, 1926.
- BRAUN-BLANQUET, J., *Pflanzensoziologie*, New York–Wien, 1964
- COAZ, J., Erste Ansiedlung phanerogamer Pflanzen auf vom Gletscher verlassenen Böden. *Mitt. Naturf. Ges. Bern*, 1886: 3–12, 1887.
- COOPER, W.S., The recent ecological history of Glacier Bay, Alaska. *Ecology* 4: 355–365, 1923.
- FAEGRI, K., Über Längenvariationen einiger Gletscher des Jostedalsbre und die dadurch bedingten Pflanzensukzessionen. *Bergens Mus. Arbok*: 1–255, 1933.
- FRIEDEL, H., Boden- und Vegetationsentwicklung im Vorfeld des Rhônegletschers. *Ber. Geobot. Inst. Rübel* 1937: 65–76, 1938.
Die Pflanzenbesiedlung im Vorfeld des Hintereisferrers. *Ztschr. Glkde* 26: 215–239, 1938.
Die alpine Vegetation des oberen Mölltales. *Wiss. AV-H.* 16, 1956.
- HOPPE, D.H., Botanische Reise nach den Salzburgischen, Kärtnerischen und Tirolerischen Alpen. *Bot. Taschenbuch*, Regensburg 1803.
- JOCHIMSEN, M., Die Vegetationsentwicklung in den Vorfeldern des Rotmoos- und Gaisbergferrers im Ötztal. *Diss. Innsbruck* 1961.
Vegetationsentwicklung im hochalpinen Neuland. Beobachtungen an Dauerflächen im Gletschervorfeld, 1958–1962. *Ber. Naturwiss. Med. Ver. Innsbruck*, 53: 109–123, 1963.
- KLEBELSBERG, R.v., Das Vordringen der Hochgebirgsvegetation in den Tiroler Alpen. *Österr. Bot. Ztschr.* 63: 177–186, 241–254, 1913.
- LÜDI, W., Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des Großen Aletschgletschers mit einem Vergleich der Besiedlung im Vorfeld des Rhônegletschers und des Oberen Grindelwaldgletschers. *Ber. Geobot. Inst. Rübel* 1944: 35–112, 1945.
Beobachtungen über die Besiedlung von Gletschervorfeldern in den Schweizer Alpen. *Flora* 146: 386–407, 1958.
- OECHSLIN, M., Beitrag zur Kenntnis der pflanzlichen Besiedlung durch Gletscher freigegebener Grundmoränenböden. *Ber. Nat. Ges. Uri* 4: 27–48, 1935.
- REISIGL, H. u. PITSCHMANN, H., Obere Grenzen von Vegetation und Flora in der Nivalstufe der Zentralen Ötztaler Alpen (Tirol). *Vegetatio* 8: 93–129, 1958.
- SCHMID, E., Vegetationsstudien in den Urner Reusstälern. *Brügel u. Sohn, Ansbach* 1923.
- ZOLLITSCH, B., Die Steinschuttgesellschaften der Alpen unter besonderer Berücksichtigung der Gesellschaften auf Kalkschiefern in dem mittleren und östlichen Zentralalpen. *Ber. Bayr. Bot. Ges.* XL: 5–38, 1968.

